



**HAL**  
open science

## Prothèse d'épaule inversée fracture : résultats cliniques et radiologiques

Lauryl Decroocq

► **To cite this version:**

Lauryl Decroocq. Prothèse d'épaule inversée fracture : résultats cliniques et radiologiques. Médecine humaine et pathologie. 2013. dumas-01023013

**HAL Id: dumas-01023013**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01023013>**

Submitted on 11 Jul 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Prothèse d'épaule inversée fracture

---

Résultats cliniques et radiologiques

**Nice 2013**



# PROTHESE D'EPAULE INVERSEE FRACTURE : RESULTATS CLINIQUES ET RADIOLOGIQUES

## THESE

Présentée et soutenue publiquement à la faculté de Médecine de Nice

Le 04 Octobre 2013

Par

DECROOCQ Lauryl

Née le 09 Septembre 1983 à Draguignan

Interne des Hôpitaux

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

### Examineurs de la thèse :

Monsieur le Professeur Pascal Boileau	Président du jury
Monsieur le Professeur Fernand De Peretti	Assesseur
Monsieur le Professeur Christophe Trojani	Assesseur
Monsieur le Docteur Jacques Tabutin	Assesseur
Monsieur le Professeur Alexandre Rochwerger	Assesseur
Monsieur le Docteur Charles Bessière	Directeur de thèse

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

---

Liste des professeurs au **1er septembre 2013** à la Faculté de Médecine de Nice

<b>Doyen</b>	M. BAQUÉ Patrick
<b>Assesseurs</b>	M. BOILEAU Pascal M. HÉBUTERNE Xavier M. LEVRAUT Jacques
<b>Conservateur de la bibliothèque</b>	M. SCALABRE Grégory
<b>Chef des services administratifs</b>	Mme CALLEA Isabelle
<b>Doyens Honoraires</b>	M. AYRAUD Noël M. RAMPAL Patrick M. BENCHIMOL Daniel

**Professeurs Honoraires**

M. BALAS Daniel	M. MARIANI Roger
M. BLAIVE Bruno	M. MASSEYEFF René
M. BOQUET Patrice	M. MATTEI Mathieu
M. BOURGEON André	M. MOUIEL Jean
M. BOUTTÉ Patrick	Mme MYQUEL Martine
M. BRUNETON Jean-Noël	M. OLLIER Amédée
Mme BUSSIERE Françoise	M. ORTONNE Jean-Paul
M. CHATEL Marcel	M. SCHNEIDER Maurice
M. COUSSEMENT Alain	M. SERRES Jean-Jacques
M. DAR COURT Guy	M. TOUBOL Jacques
M. DELMONT Jean	M. TRAN Dinh Khiem
M. DEMARD François	M. ZIEGLER Gérard
M. DOLISI Claude	
M. FREYCHET Pierre	
M. GÉRARD Jean-Pierre	
M. GILLET Jean-Yves	
M. GRELLIER Patrick	
M. HARTER Michel	
M. INGLES AKIS Jean-André	
M. LALANNE Claude-Michel	
M. LAMBERT Jean-Claude	
M. LAPALUS Philippe	
M. LAZDUNSKI Michel	
M. LEFEBVRE Jean-Claude	
M. LE BAS Pierre	
M. LE FICHOUX Yves	
M. LOUBIERE Robert	

**M.C.A. Honoraire**

Mlle ALLINE Madeleine

**M.C.U. Honoraires**

M. ARNOLD Jacques  
M. BASTERIS Bernard  
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie  
M. EMILIOZZI Roméo  
M. GASTAUD Marcel  
M. GIRARD-PIPAU Fernand  
M. GIUDICELLI Jean  
M. MAGNÉ Jacques  
Mme MEMRAN Nadine  
M. MENGUAL Raymond  
M. POIRÉE Jean-Claude  
Mme ROURE Marie-Claire

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	CAMOUS Jean-Pierre	Thérapeutique (48.04)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DELLAMONICA Pierre	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	EULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick (54.05)	Biologie du Développement et de la Reproduction
M.	FRANCO Alain	Gériatrie et Biologie du vieillissement (53.01)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophthalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénérologie (50.03)
Mme	LEBRETON Élisabeth (50.04)	Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	VAN OBBERGHEN Emmanuel	Biochimie et Biologie Moléculaire (44.01)

## PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

M.	BATT Michel	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

## PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)

M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénérologie (50-03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention
	(46.01)	
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques
	(54.04)	
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

### PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M.	SAUTRON Jean-Baptiste	Médecine Générale
----	-----------------------	-------------------

### MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ALUNNI-PERRET Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
Mme	DONZEAU Michèle	Biologie du Développement et de la Reproduction
	(54.05)	
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	FRANKEN Philippe	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mlle	LANDRAUD Luce	Bactériologie-Virologie (45.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
Mlle	PULCINI Céline	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention
	(46.01)	
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

### **PROFESSEURS ASSOCIÉS**

M.	DIOMANDE Mohenou Isidore	Anatomie et Cytologie Pathologiques
M.	HOFLLIGER Philippe	Médecine Générale
M.	MAKRIS Démosthènes	Pneumologie
M.	PITTET Jean-François	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale

### **MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS**

Mme	CHATTI Kaouthar	Biophysique et Médecine Nucléaire
M.	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M.	PAPA Michel	Médecine Générale

### **PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ**

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	MAGNÉ Jacques	Biophysique
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique

## Remerciements

Monsieur le professeur Boileau, président du jury :

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse, je vous prie de bien vouloir recevoir toute l'expression de ma gratitude pour toutes ces connaissances que vous m'avez fait partager.

Monsieur le professeur De Peretti :

Pour m'avoir fait l'honneur d'être membre de mon jury de thèse, pour m'avoir donné les bases anatomiques indispensables à l'exercice de ce métier depuis la toute première année.

Monsieur le professeur Trojani :

Pour m'avoir fait l'honneur d'être membre de mon jury de thèse, votre charisme m'a toujours impressionné mais malgré tout vous savez rester disponible et à l'écoute de vos élèves.

Monsieur le Docteur Tabutin :

Pour m'avoir fait l'honneur d'être membre de mon jury de thèse, vous m'avez mis le pied à l'étrier en me fournissant les outils nécessaires pour appliquer avec rigueur et efficacité ce métier. Ce ne fut pas tous les jours facile mais quand on tombe il faut toujours se remettre en selle, merci de m'avoir laissé une chance et de croire en moi.

Monsieur le Professeur Rochwerger :

Pour m'avoir fait l'honneur d'être membre de mon jury de thèse, vous m'avez permis avec le Pr Curvale de passer un séjour marseillais enrichissant et très agréable.

Monsieur le Docteur Bessière :

Pour avoir accepté d'être le directeur de cette thèse, pour votre aide et votre soutien dans toutes les étapes de mon cursus. Grâce à vous j'espère ne jamais passer à côté d'une entorse grave du rachis cervical.

A mon frère, qui me supporte depuis toujours, que j'estime au plus haut point et à qui je ne dis pas assez merci d'être ce que tu es, sois sûr que tu auras toujours mon soutien.

A mon papa, à ma maman, qui m'ont toujours soutenu quelles que soient mes décisions, qui m'ont guidé et aidé depuis le début de cette aventure niçoise, je ne vous remercierai jamais assez.

A toute ma famille qu'elle soit Decroocq ou Berni vous êtes là pour moi dans les bons moments comme les moins bons, je regrette de ne pas vous voir autant que je le désirerai.

A toute la famille Taxi, qui m'a adoptée depuis ma naissance, vous êtes ma deuxième famille.

A toute la famille Richaud qui m'a acceptée en son sein, j'espère passer encore de très nombreux bons moments avec vous.

A tous mes amis VIL, qui suivent mon périple depuis la maternelle, ne vous inquiétez pas je vais encore avoir de nombreuses années de jolies photos à vous montrer !

A ma Jumel, il s'en est passé du temps depuis le début à St Jean d'Angély mais les années ne font que renforcer notre amitié, l'éloignement n'a rien changé à l'esprit « jumel ».

A ma cocotte, qui a toujours su trouver les mots qu'il faut pour me faire rire dans n'importe quelle situation. Tu as partagé tant de moments avec moi, mais le plus mythique restera toujours celui du bol qui fuit et du sopalin !!!

A Caro, Ianis, PA, Alexandra, Marianne, Julien, Baptiste et Justine, les copains des réunions mensuelles n'oubliez pas la prochaine c'est le 15.... Hein PA !

A mes amis orthopédistes, mes chefs, mes co-internes, Régis Bernard de Domsure, Alexandre Roux, Thomas D'ollonne, Benoit Bugnas, Khaled Bouacida, Laurent Barresi, docteur Cambas, docteur Vogt, docteur Henin, docteur El Hayek, Solenne Frey, Emilie Roustan, Maxime Challali, Marie-béatrice Hardy, Mikael Djian, Nicolas Morin salvo, Olivier Gastaud, Olivier Rosello, Martin Schram, Marc-olivier Gauci, Maxime Cavallier, Hugo Darmante, Monique Fioravanti, Alexandra Brassac, Youssef Swallem, Souad El Batti, vous avez tous à un moment donné fait partie de mon quotidien et m'avait permis d'évoluer dans cette belle spécialité qu'est la nôtre.

Une dédicace toute particulière à Patrick Gendre qui m'a soutenue dans les moments difficiles du début de mon internat et qui le fait encore maintenant. Je ne sais pas si je serai arrivée où j'en suis maintenant sans toi !

A mes autres professeurs non cités précédemment, Professeur Griffet, Professeur Gugenheim, Professeur Paquis, Professeur Lonjon.

Aux différents chirurgiens qui m'ont permis de passer d'excellents stages hors de ma spécialité, Aline, Eric, Antonio, Massimo, Denys, Stéphane, Domenico, Imed.

Au Docteur Pellegrini et au Docteur Brassard qui m'ont aidé à récolter de précieuses informations pour l'élaboration de cette thèse.

A tous mes autres co-internes que je n'oublie pas, Yohann et Michèle Rouscoff, Charalambos Georgiou, Damien Massalou, Olivier Camuzard, Brannwel Tibi, Florent Pennes, Marine Pougeon, Sophie Simonneau, j'ai adoré travailler à vos côtés de près ou de loin, j'espère que notre collaboration se poursuivra le plus longtemps possible.

A toutes les équipes infirmières, aides-soignantes et secrétaires avec qui j'ai travaillé, merci de votre gentillesse, de votre aide et de votre soutien. Travailler avec des gens compétents et passionnés comme vous est agréable.

Aux compétences du Docteur Giboin, qui probablement inconsciemment m'a amené vers cette chirurgie.... Mais qui n'a pas réussi à me convaincre d'arrêter le cheval.

A tous les gens qui font partis de mon entourage proche ou éloigné mais qui ont su être là pour les moments forts, Patrice, Blanche et Pierre, Paulette, Bibou, Carl et Jo, Catherine, Jean-François.....

Que tous ceux que j'ai oubliés par mégarde, ne s'en offensent pas.

A Adrien, mon ami, mon amour, mon mari, qui a su se faire une place à mes côtés et se rendre indispensable. Je ne le remercierai jamais assez pour le soutien qu'il m'apporte au quotidien, qu'il m'a apporté tout au long de ce travail fastidieux et à l'amour qu'il me porte. Je ne suis pas aussi douée que toi pour dire les choses que je pense alors je finirai seulement par : Je t'aime.

# TABLE DES MATIERES

## PREMIERE PARTIE

I/ Anatomie :.....	15
II/ Classification des fractures : .....	29
III/ Epidémiologie : .....	38
IV/ Traitement :.....	41

## DEUXIEME PARTIE

Introduction .....	66
Matériel et méthodes.....	67
Résultats .....	73
Discussion.....	77
Conclusion .....	80

# Première partie

I/ Anatomie :.....	15
1.1/ Ostéologie : .....	15
1.1.1/ L'omoplate :.....	15
1.1.2/ L'Humérus :.....	16
1.2/ Arthrologie : .....	18
1.3/ Rapports vasculo-nerveux :.....	23
1.3.1/ Rapports vasculaires : .....	23
1.3.2/ Rapports nerveux :.....	25
1.4/ Myologie :.....	26
II/ Classification des fractures : .....	29
2.1/ Classification de Neer :.....	29
2.1.1/ Fracture non déplacée :.....	30
2.1.2/ Fracture à deux fragments (2-Parts) :.....	30
2.1.3/ Fracture à trois fragments : .....	31
2.1.4/ Fractures à quatre fragments : .....	32
2.1.5/ « Fracture-luxation » :.....	32
2.2/ Classification AO :.....	32
2.3/ Classification de Duparc :.....	34
2.3.1/ Fracture extra-articulaire :.....	35
2.3.2/ Fracture articulaire : .....	35
III/ Epidémiologie : .....	38
IV/ Traitement :.....	41
4.1/ Traitement orthopédique : .....	41
4.2/ Traitement chirurgical conservateur: .....	42
4.2.1/ Brochage fasciculé selon Hackethal :.....	42
4.2.2/ Brochage en palmier selon Kapandji : .....	43
4.2.3/ Brochage percutané :.....	45
4.2.4/ Ostéosynthèse par plaque :.....	47

4.2.5/ Enclouage antérograde :.....	49
4.3/ Traitement chirurgical non conservateur .....	54
4.3.1/ Héli arthroplastie :.....	54
4.3.2/ Prothèse totale inversée :.....	56
4.3.3/ Prothèse totale d'épaule inversée « fracture » :.....	59

# I/ Anatomie :

Le membre supérieur est le membre de la préhension et du tact. Il est relié au thorax par la ceinture scapulaire qui comprend la clavicule, l'omoplate et la tête de l'humérus.

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'articulation entre l'humérus et l'omoplate ; l'articulation scapulo-humérale.

Nous verrons successivement son aspect ostéologique, arthrologique, vasculo-nerveux et myologique.

## 1.1/ Ostéologie :

### 1.1.1/ L'omoplate :

C'est un os plat, triangulaire. Il a deux faces, trois bords et trois angles.

La face postérieure est convexe, elle est séparée en un tiers supérieur et deux tiers inférieurs par une saillie, l'épine de l'omoplate. Cette épine se prolonge en dehors par une apophyse, l'acromion. Le tiers supérieur correspond à la fosse sus-épineuse destinée au muscle sus-épineux. Les deux tiers inférieurs correspondent à la fosse sous-épineuse destinée au muscle sous-épineux et au muscle petit rond et grand rond à son bord interne.

La face antérieure est concave, elle se nomme la fosse sous-scapulaire destinée au muscle sous-scapulaire. Cette face « s'articule » avec le thorax. C'est l'articulation scapulo-thoracique utile dans les mouvements de l'épaule que nous décrirons par la suite.

Les trois bords sont respectivement le bord interne ou spinal (rectiligne), le bord supérieur et le bord externe ou axillaire.

Les trois angles sont :

- **L'angle supérieur** : jonction entre le bord interne et le bord supérieur.
- **L'angle inférieur** : jonction entre le bord interne et le bord externe.
- **L'angle antérieur** : jonction entre le bord externe et le bord supérieur. Il présente une surface articulaire ; la cavité glénoïdienne. Elle est ovale à grand diamètre vertical (35mm) et petit diamètre antéro-postérieur (25mm). Elle regarde en dehors, en avant et en haut. Elle est très peu concave. Elle est rattachée au corps de l'omoplate par une portion qui se nomme le col de l'omoplate.

L'omoplate s'articule avec deux os : la clavicule par l'intermédiaire de l'acromion et l'humérus par l'intermédiaire de la cavité glénoïdienne.

### 1.1.2/ L'Humérus :

C'est un os long qui se décompose en trois parties : la diaphyse et les deux extrémités, supérieure et inférieure.

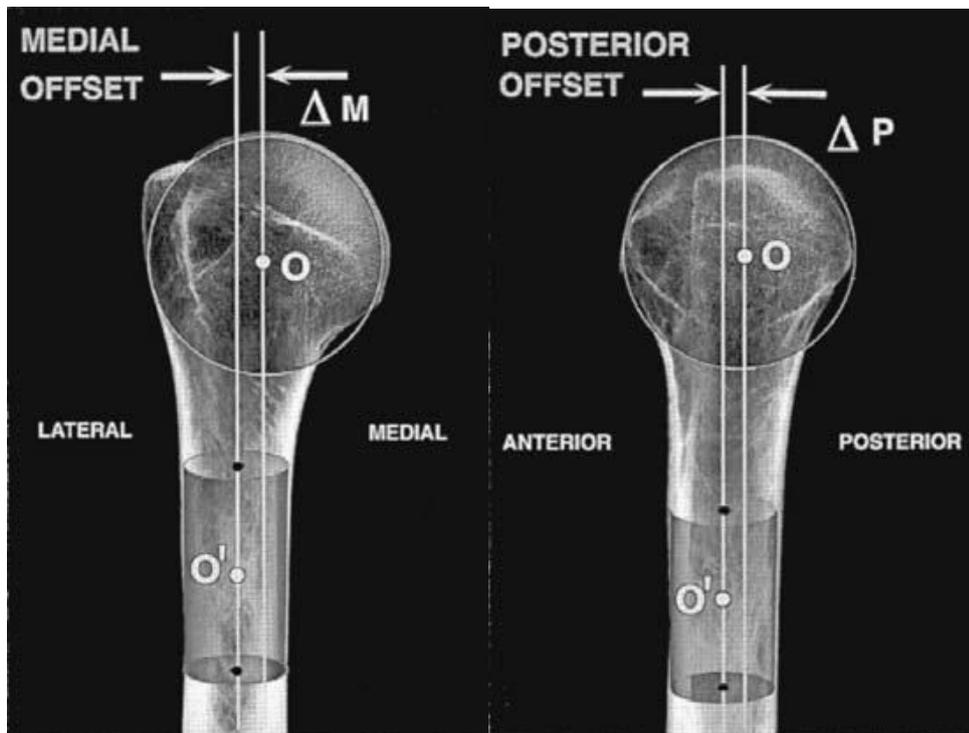
Son extrémité supérieure s'articule avec la cavité glénoïdienne et participe donc à l'articulation scapulo-humérale. C'est un tiers de sphère dont le diamètre vertical est plus grand que le diamètre antéro-postérieur de 3 à 4 millimètres.

Cette extrémité supérieure se nomme la tête humérale et est orientée en haut, en dedans et en arrière. Son anatomie morphologique précise a été étudiée par Boileau et Walch en 1997<sup>5</sup>.

La tête humérale est assimilée à un tiers de sphère de 46.2mm de diamètre en moyenne. Mais ce diamètre est très variable 37.1 à 56.9mm selon les individus.

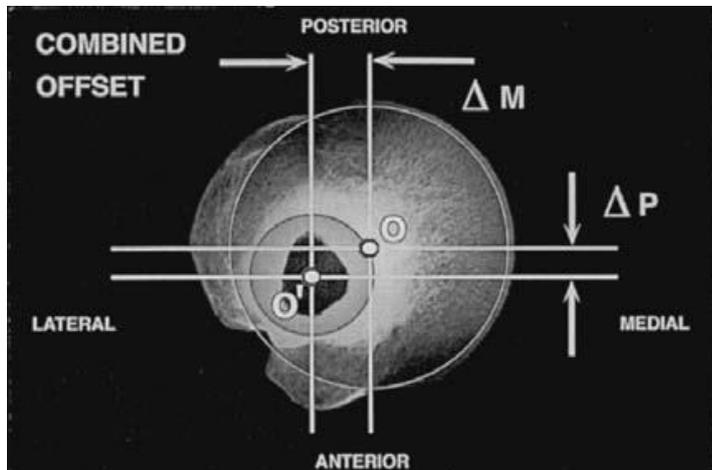
Le centre de la tête humérale n'est pas situé dans l'axe de la diaphyse. Il est situé en dedans (déport médial) d'environ 6.9mm (2.9 à 10.8) et en arrière (déport postérieur) d'environ 2.6mm (Fig1)

Figure 1 : Déport médial et postérieur de la tête humérale



La distance entre le centre de la tête et le centre de la diaphyse s'appelle de déport combiné (Fig2).

Figure 2 : Déport combiné



L'angle cervico-diaphysaire est de  $130^\circ$  en moyenne mais il varie de  $125^\circ$  à  $140^\circ$  selon les individus (Fig3).

La jonction entre la tête humérale et le reste de l'extrémité supérieure de l'humérus se fait par le col anatomique. En dehors du col anatomique et juste avant la diaphyse on trouve deux saillies osseuses. Il s'agit en avant du trochin et en arrière du trochiter. Entre ces deux saillies, se forme une gouttière, la gouttière bicipitale dans laquelle passe la longue portion du biceps (Fig3).

Figure 3 : Angle cervico-diaphysaire et extrémité supérieure de l'humérus

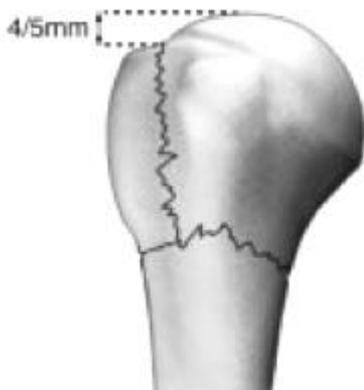


Sur le trochin s'insère le sous-scapulaire.

Le trochiter supporte à sa partie postéro-supérieure trois facettes. Une facette supérieure qui reçoit l'insertion du muscle sus-épineux, une facette moyenne qui reçoit celle du muscle sous-épineux et une facette inférieure qui reçoit celle du petit rond.

Le trochiter n'est jamais au-dessus du sommet de la tête. Il y a toujours une distance d'environ 4-5mm entre le sommet de la tête humérale et le sommet du trochiter (Fig4).

**Figure 4 : Différence sommet trochiter et sommet tête humérale**



Lors de la mise en place d'une prothèse, il convient de restituer ces particularités anatomiques afin d'obtenir une fonctionnalité optimale de l'épaule.

A la jonction entre les deux tubérosités et la diaphyse se trouve le col chirurgical de l'humérus. Il porte ce nom car il est souvent le siège de fracture.

## ***1.2/ Arthrologie :***

La ceinture scapulaire se divise en 5 articulations ; trois vraies et deux fausses.

Trois vraies articulations :

- Articulation scapulo-humérale
- Articulation acromio-claviculaire
- Articulation sterno-costoclaviculaire

Deux fausses articulations qui sont des plans de glissement jouant un rôle dans la mobilité de l'épaule :

- Articulation scapulo-thoracique
- Articulation sous-deltoïdienne.

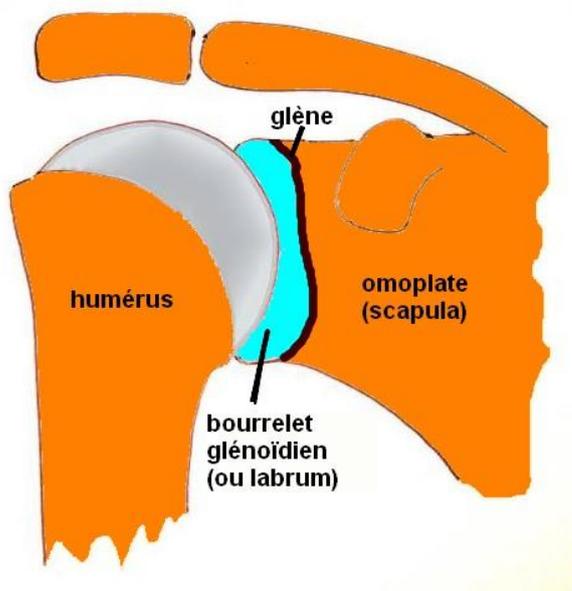
Nous nous intéresserons aux articulations scapulo-humérale, scapulo-thoracique et sous-deltoïdienne.

L'articulation scapulo-humérale se fait entre la tête humérale et la cavité glénoïdienne. Ces deux surfaces sont encroûtées de cartilage hyalin. Comme cela a été décrit plus haut, la tête humérale est un tiers de sphère et la cavité glénoïdienne est une surface quasiment plane. A cela vient s'ajouter des diamètres différents. En effet le diamètre vertical et antéro-postérieur de la tête humérale sont nettement plus grands que ceux de la glène.

Il y a donc un défaut de congruence entre ces deux surfaces.

Pour pallier à cela, la surface de la glène est élargie par un bourrelet inséré à son pourtour. Il se nomme le bourrelet glénoïdien. Il est fibrocartilagineux et comporte trois faces. Une insérée à la glène, une libre, articulaire et une externe sur laquelle va s'insérer la capsule articulaire (Fig 5).

**Figure 5 : Articulation gléno-humérale**

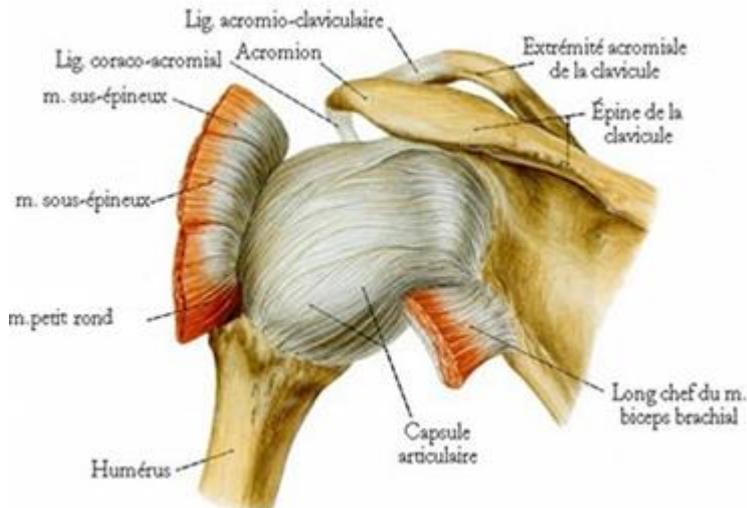


Les moyens d'union ligamentaire de cette articulation sont la capsule, le ligament coraco-huméral et les ligaments gléno-huméraux.

La capsule est un manchon qui s'insère la face externe du bourrelet glénoïdien et va jusqu'au col de l'humérus. A la face supérieure de l'humérus elle s'insère sur le col anatomique alors

qu'à sa face inférieure elle va s'insérer beaucoup plus bas, jusqu'à la face inférieure du col chirurgical. C'est cette insertion basse qui lui permet de suivre le mouvement en élévation et abduction de l'épaule (Fig 6).

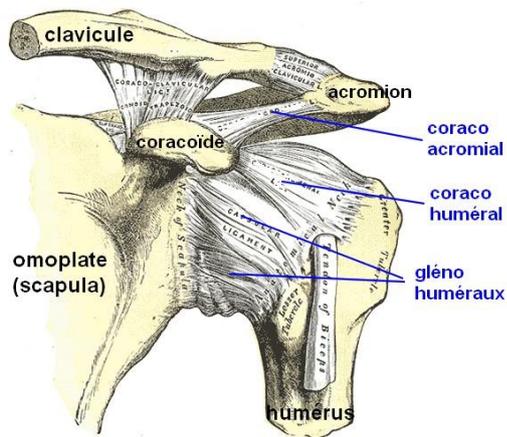
**Figure 6 : Capsule articulaire**



Le ligament coraco-huméral vient renforcer la capsule dans sa partie antéro-supérieure. Il est tendu entre l'apophyse coracoïde et le trochiter. Son trajet est oblique en dehors et en bas.

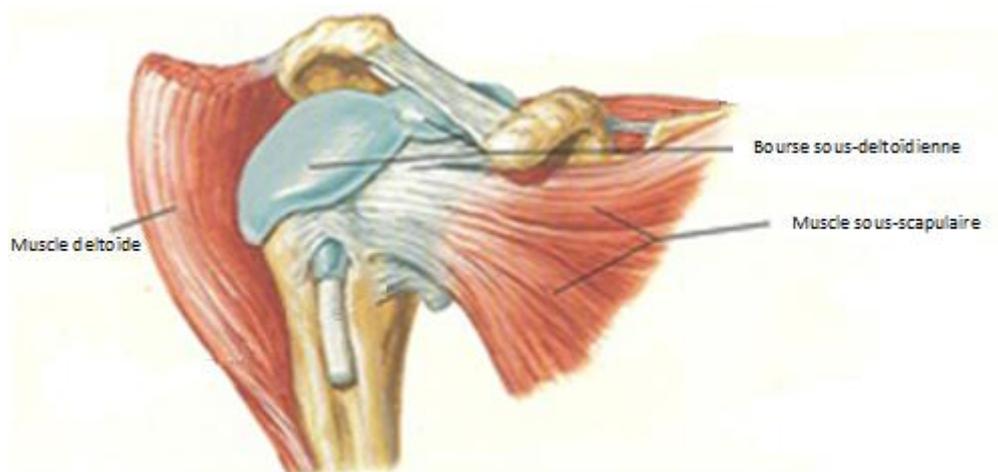
A la face antérieure les trois ligaments gléno-huméraux viennent renforcer la capsule. Le ligament gléno-huméral supérieur s'insère sur le tubercule glénoïdien supérieur et est horizontal jusqu'au trochin. Le ligament gléno-huméral moyen s'insère également sur le tubercule glénoïdien supérieur mais son trajet est oblique en bas et en dehors jusqu'à la partie basse du trochin. Enfin le ligament gléno-huméral inférieur, s'insère sur le tubercule glénoïdien inférieur et se dirige en bas et en dehors jusqu'à la partie antérieure et inférieure du col chirurgical (Fig 7).

**Figure 7 : Ligaments renforts de la capsule**



L'articulation sous-deltoïdienne se fait entre la partie supérieure des muscles de la coiffe des rotateurs et la partie inférieure du deltoïde par l'intermédiaire de la bourse sous deltoïdienne (Fig 8).

**Figure 8 : Articulation sous-deltoïdienne**

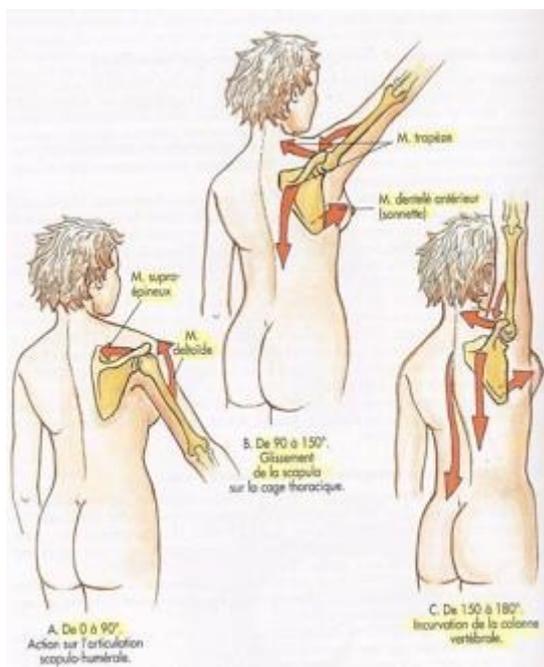


L'articulation scapulo-thoracique se fait entre la face antérieure du muscle sous-scapulaire et la face postérieure des muscles grand dentelé et dorsaux. Elle permet d'avoir une abduction complète.

L'épaule est une articulation très mobile et elle peut fournir trois mouvements fondamentaux : abduction/adduction, flexion/extension, rotation externe/interne.

Le mouvement d'abduction se divise en trois phases. La première de 0 à 90° se fait dans l'articulation gléno-humérale. Mais lorsque le bras est en position à 90° le trochiter vient au contact du bourrelet glénoïdien et le mouvement est bloqué. La deuxième phase commence alors pour la poursuite du mouvement. A ce moment-là, il se fait dans l'articulation scapulo-thoracique et c'est la scapula qui bascule en bas et en dehors et donc change l'orientation de la glène. Pour augmenter encore l'amplitude du mouvement dans les derniers degrés la colonne vertébrale s'incurve, c'est la troisième phase (Fig 9).

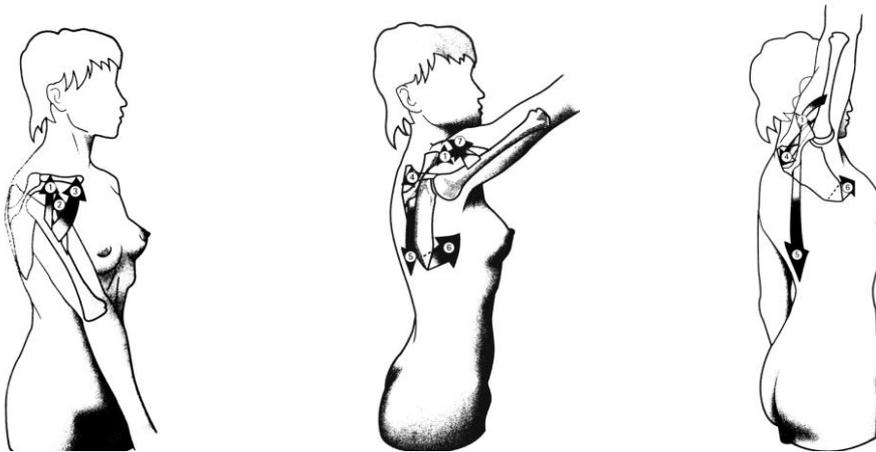
**Figure 9 : Abduction**



Les mouvements de flexion et d'extension se font autour d'un axe transversal qui passe par le centre de la glène. Dans le mouvement d'extension le trochiter se déplace en haut et en avant et limite encore l'amplitude du mouvement. Elle est de 30 à 35° alors que le mouvement de flexion peut atteindre les 180°.

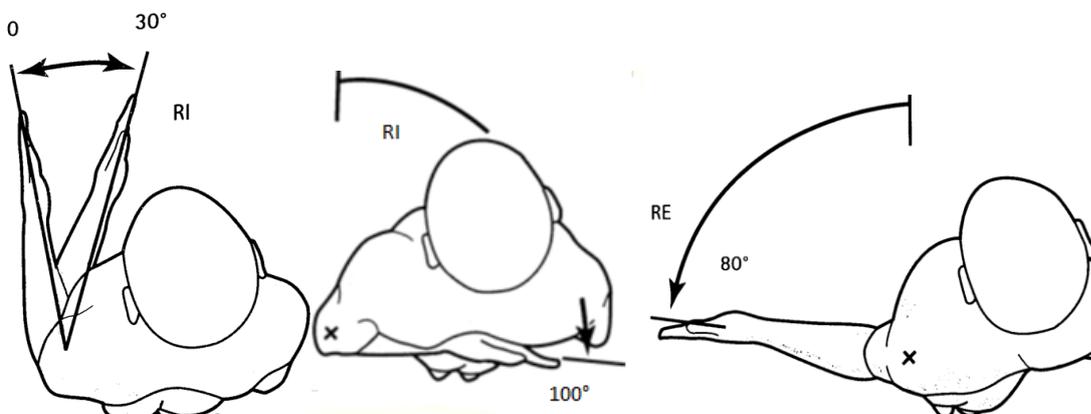
La flexion comme l'abduction peut être décomposée en trois phases. La première phase s'effectue dans l'articulation scapulo-humérale, de 0 à 50°. Elle est possible grâce à l'action combinée des muscles deltoïde antérieur, coraco-brachial et du faisceau claviculaire du grand pectoral. La deuxième phase met en jeu l'articulation scapulo-thoracique, avec un mouvement de bascule de la scapula qui oriente la glène en haut et en avant et permet d'atteindre les 120° d'antépuulsion. Le troisième temps de la flexion, permet d'aller jusqu'à 180° et nécessite à ce moment-là l'inclinaison latérale du rachis (Fig 10).

**Figure 10 : Flexion**



La rotation se fait autour d'un axe longitudinal. L'amplitude du mouvement est calculée à partir de la position de référence coude au corps à 90° de flexion. La rotation externe est en moyenne de 80° et l'interne de 100/110° mais pour l'atteindre il faut faire passer l'avant-bras derrière le tronc (Fig 11).

**Figure 11 : Rotations**



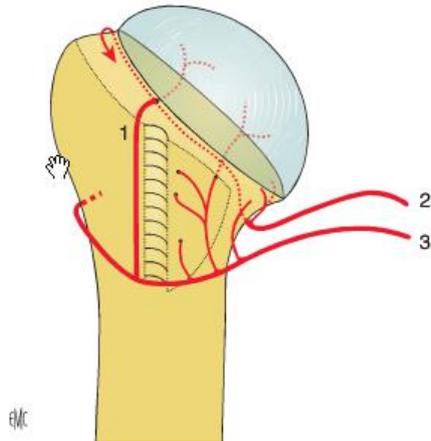
## ***1.3/ Rapports vasculo-nerveux :***

### **1.3.1/ Rapports vasculaires :**

La connaissance de la vascularisation de la tête humérale permet d'appréhender le risque de nécrose lors de fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus.

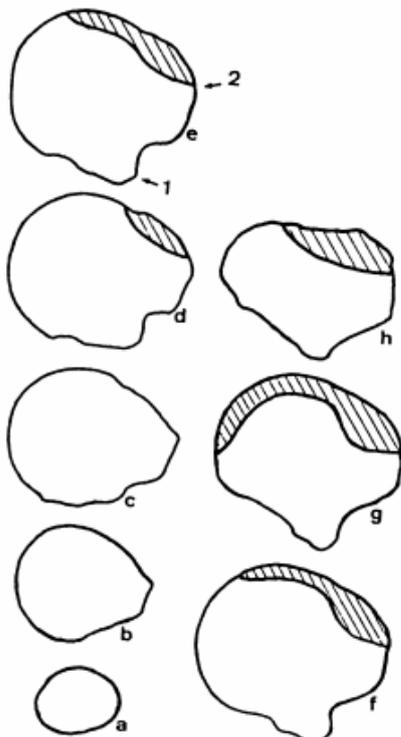
Elle est assurée de manière partagée par l'artère circonflexe antérieure et postérieure, ces deux artères naissant de l'artère axillaire (Fig 12).

**Figure 12 : 1/Branche antérolatérale ascendante, 2/Artère circonflexe postérieure, 3/Artère circonflexe antérieure**



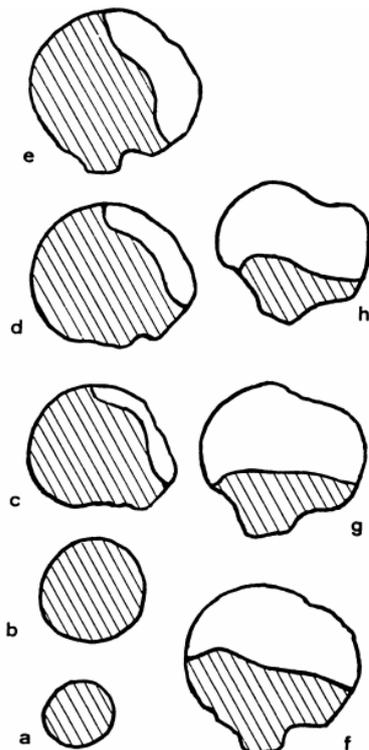
L'artère circonflexe postérieure vascularise seulement la portion postérieure du trochiter et une petite partie postéro-inférieure de la tête humérale (Fig 13).

**Figure 13 : Territoire de vascularisation de l'artère circonflexe postérieure**



En revanche l'artère circonflexe antérieure donne une branche très importante, l'artère ascendante latérale. Elle suit le rebord latéral de la gouttière bicipitale sous le tendon du long biceps accolée au périoste et elle pénètre dans l'épiphyse au sommet de cette gouttière. Dans l'épiphyse elle prend un trajet arciforme postéro-interne d'où son nom artère arquée. Cette branche ascendante vascularise la plus grande partie de la tête humérale<sup>29</sup> (Fig 14).

**Figure 14 : Territoire de vascularisation de l'artère circonflexe antérieure**



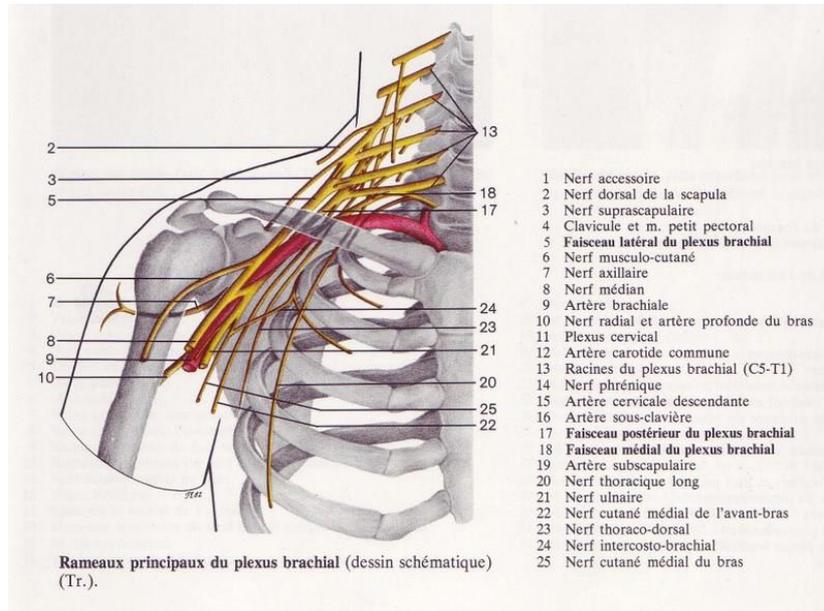
La disposition de cette artère et son territoire étendu, laisse présager un risque important de nécrose céphalique post-traumatique lorsqu'elle est lésée par le trait de fracture. Mais des études ont montré qu'il existe de nombreuses anastomoses intra-osseuse entre l'artère circonflexe antérieure et postérieure<sup>8,29</sup>. Ces anastomoses permettent une revascularisation de la tête humérale après rupture de la branche ascendante de l'artère circonflexe antérieure si le pédicule circonflexe postérieur est préservé. C'est le cas dans les fractures du col chirurgical isolé. Ce n'est par contre pas le cas dans les fractures à quatre fragments.

### **1.3.2/ Rapports nerveux :**

Le plexus brachial est à proximité (Fig 15), c'est pour cela qu'il est souvent lésé (67% d'atteintes électromyographiques ont été retrouvées<sup>57</sup>). Ces atteintes concernent le plus

souvent le nerf axillaire et le nerf suprascapulaire. Elles sont plus fréquentes en cas de fracture déplacée.

**Figure 15 : Rapports Nerveux**



Le testing du nerf axillaire est souvent difficile en cas de fracture. Sa branche sensitive peut être intacte alors que la branche motrice est atteinte<sup>2</sup>. Un testing sensitif et moteur est nécessaire et indispensable pour évaluer l'atteinte nerveuse exacte.

### **1.4/ Myologie :**

Les muscles de l'épaule sont : le deltoïde, le sus-épineux, le sous-épineux, le petit rond et le sous-scapulaire. Les muscles sous-scapulaire, sus-épineux, sous-épineux et petit rond font partie de la coiffe des rotateurs.

Le muscle sous-scapulaire (Fig 16) prend naissance au bord spinal de l'omoplate, et occupe sa face antérieure ; dans la fosse sous-scapulaire. Son tendon passe sous l'apophyse coracoïde et vient s'insérer sur le trochin. Ce muscle est rotateur interne.

**Figure 16 : Muscle sous-scapulaire**



Le muscle sus-épineux (Fig 17) est dans la fosse sus-épineuse. Son tendon s'insère sur la facette supérieure du trochiter. C'est un muscle élévateur et rotateur externe.

**Figure 17 : muscle sus-épineux**



Le muscle sous-épineux (Fig 18) est dans la fosse sous-épineuse. Il prend naissance sur les deux tiers interne de la fosse. Son tendon s'insère ensuite sur la facette moyenne du trochiter. C'est un muscle rotateur externe.

**Figure 18 : Muscle sous-épineux**



Le muscle petit-rond (Fig 19) est dans la fosse sous-épineuse. Il prend naissance en dessous du muscle sous-épineux et au bord externe de l'omoplate. Son tendon s'insère sur la facette inférieure du trochiter. C'est un muscle rotateur externe.

**Figure 19 : Muscle petit rond**



Le muscle deltoïde recouvre la coiffe des rotateurs et s'articule avec elle par l'intermédiaire de la bourse sous-deltaïdienne. Il comporte trois chefs. Il s'insère sur la clavicule (chef antérieur), l'acromion (chef moyen) et l'épine de l'omoplate (chef postérieur), puis se dirige en bas en dehors et en avant jusqu'à son insertion sur l'humérus, le V deltoïdien. C'est un muscle abducteur et élévateur du bras qui complète l'action des muscles de la coiffe des rotateurs. Le chef moyen a une utilité fonctionnelle majeure<sup>27</sup>. Il doit donc être préservé lors des voies d'abord de la chirurgie de l'extrémité supérieure de l'humérus.

## **II/ Classification des fractures :**

Classification : c'est l'action d'individualiser au sein d'un ensemble des regroupements méthodiques en classes, sous-classes, ... selon une logique et des critères définis.

Une classification pour être utilisable doit être fiable et reproductible. Pour l'extrémité supérieure de l'épaule il existe plusieurs classifications.

### ***2.1/ Classification de Neer :***

Cette classification a été décrite en 1970<sup>44</sup> à partir d'une étude anatomique sur 300 fractures (Tableau I). Elle ne se base pas sur le niveau de la fracture ou sur le mécanisme mais sur la présence ou l'absence d'un déplacement d'un ou plusieurs fragments.

L'extrémité supérieure de l'humérus est séparée en 4 fragments :

- La tête humérale
- Le trochiter
- Le trochin
- La diaphyse humérale

Tableau I : Classification de Neer

	2-part	3-part	4-part	Articular Surface
Anatomical Neck				
Surgical Neck				
Greater Tuberosity				
Lesser Tuberosity				
Fracture-Dislocation	Anterior 			
	Posterior 			
Head-Splitting				

MINIMAL  
DISPLACEMENT



### 2.1.1/ Fracture non déplacée :

Toutes fractures incluses dans ce groupe ne doivent pas présenter un déplacement supérieur à 1 cm ou l'angulation supérieure à 45° quel que soit le nombre de fragment.

Elles représentent 85% des fractures. Ce sont des fractures à bon pronostic car l'absence du déplacement ne provoque pas de lésion de la vascularisation.

### 2.1.2/ Fracture à deux fragments (2-Parts) :

Quatre entités sont identifiables en fonction du segment touché :

#### 2.1.2.1/ Fracture du col anatomique :

Il s'agit d'une fracture du col anatomique seul, sans lésion des tubérosités. Cette fracture est rare mais elle est à fort risque de nécrose de la tête humérale.

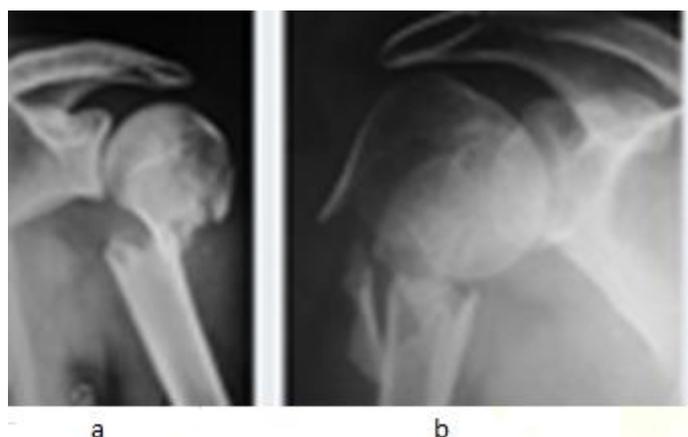
### **2.1.2.2/ Fracture du col chirurgical :**

Le trait de fracture se situe sous les tubérosités mais il n'y a pas de fracture de l'une d'elles. Les attaches de la coiffe des rotateurs sont intactes, le segment proximal reste donc en position neutre. La diaphyse est déplacée sous l'action du muscle grand pectoral.

Trois types de déplacement ont été retrouvés :

- a) Fracture du col chirurgical impactée : l'angulation est supérieure à 45°. Le périoste postérieur est le plus souvent conservé, ce qui permet une réduction par manœuvres externes et une stabilité du foyer de fracture.
- b) Fracture du col chirurgical désengrenée (Fig 20a) : on retrouve un déplacement antérieur et médial de la diaphyse. Ce type de fracture est instable et à fort risque de nécrose de la tête humérale et de pseudarthrose.
- c) Fracture comminutive du col chirurgical (Fig 20b)

**Figure 20 : a/ fracture du col chirurgical désengrenée, b/ fracture comminutive du col chirurgical**



### **2.1.2.3/ Fracture du trochiter :**

Cette fracture correspond à un déplacement de plus de 1 cm ou une angulation de plus de 45° du trochiter. Elle équivaut à une lésion de la coiffe des rotateurs.

### **2.1.2.4/ Fracture du trochin :**

Il s'agit d'une fracture de la petite tubérosité.

### **2.1.3/ Fracture à trois fragments :**

Il s'agit d'une fracture du col chirurgical associée à une fracture d'une des tubérosités :

### **2.1.3.1/ Fracture col chirurgical et trochiter :**

Le trochin est en continuité avec la tête humérale. La tête est déplacée en rotation interne, sous l'effet de la contraction du muscle sous scapulaire inséré sur celle-ci.

### **2.1.3.2/ Fracture col chirurgical et trochin :**

Le trochiter reste en continuité avec la tête humérale, elle est donc déplacée en rotation externe et abduction sous l'effet du sus-épineux.

Malgré le déplacement, la persistance de cette continuité d'une des deux tubérosités permet à la tête humérale de rester vascularisée.

### **2.1.4/ Fractures à quatre fragments :**

Il s'agit d'une fracture associant une fracture du col chirurgical et une fracture des deux tubérosités. Le trait de fracture inter-tubérositaire étant situé en regard de la gouttière bicipitale.

Dans ce cas-là, la vascularisation de la tête humérale ne peut pas être assurée. Il existe un risque majeur de nécrose.

### **2.1.5/ « Fracture-luxation » :**

Ces fractures sont associées à une vraie luxation. Elles associent donc à la fracture les lésions engendrées par la luxation ; comme des lésions ligamentaires et nerveuses.

La luxation peut être antéro-inférieure ou postérieure.

Il peut s'agir de fractures à deux, trois ou quatre fragments. Les fractures à quatre fragments sont à risque important de nécrose de la tête humérale.

Il existe un type particulier de fracture luxation ; la fracture « head-splitting ». Il s'agit d'un impact central qui fracture la tête humérale en deux parties, une antérieure et une postérieure. La surface articulaire est séparée en deux morceaux plus ou moins comminutif. C'est une fracture de très mauvais pronostic.

## ***2.2/ Classification AO :***

Cette classification a été initiée en 1958 lors de la création de l'AO (Association suisse pour l'étude de l'ostéosynthèse)(Tableau II). Cette association a été créée pour permettre à tout chirurgien de réaliser de façon optimale les ostéosynthèses des fractures. Pour obtenir une évaluation correcte de ces ostéosynthèses il était nécessaire d'évaluer également les fractures à traiter.

Une première publication a été réalisée en 1980. L'ouvrage définitif a été publié en 1987<sup>43</sup>.

Cette classification divise les os long en trois segments (proximal, diaphysaire et distal) et au sein de chaque segment osseux elle individualise trois types.

Pour l'extrémité supérieure de l'humérus il s'agit du segment 1.

**Tableau II : Classification AO**

<b>Unifocal extra-articular</b> 	<b>11-A1</b> tuberosity  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-A2</b> impacted metaphyseal  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-A3</b> non-impacted metaphyseal  <i>i</i> ▶ proceed
<b>Bifocal extra-articular</b> 	<b>11-B1</b> with metaphyseal impaction  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-B2</b> without metaphyseal impaction  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-B3</b> with glenohumeral dislocation  <i>i</i> ▶ proceed
<b>Bifocal</b> 	<b>11-C1</b> with slight displacement  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-C2</b> impacted with marked displacement  <i>i</i> ▶ proceed	<b>11-C3</b> dislocated  <i>i</i> ▶ proceed

Trois types sont définis :

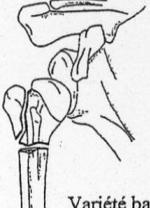
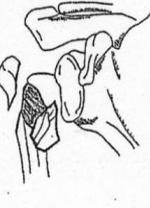
- Type A** : Extra-articulaire unifocale
- Type B** : Extra-articulaire bifocale
- Type C** : Articulaire

Les sous-groupes sont définis en fonction du déplacement mais les règles ne sont pas clairement établies.

### 2.3/ Classification de Duparc :

Cette classification regroupe les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus en deux groupes : fractures extra-articulaires et fractures articulaires<sup>24</sup> (Tableau III).

Tableau III : Classification de Duparc

Fractures extra-articulaires Col chirurgical		 Variété basse ⊕ trochiter	 Variété haute ⊕ trochiter
Fracture articulaire Col anatomique			
Fractures céphalotubérositaires	 Type I	 Type II	 Type III
Type IV (Fractures luxations)	 Luxation antérieure	 Luxation postérieure	 Tête désengrenée
Fractures céphalométaphysaires ou Fractures de l'encoche	 2 fragments		 3 fragments

### **2.3.1/ Fracture extra-articulaire :**

Elles se divisent en trois possibilités : fracture du col chirurgical, fracture d'une des deux des tubérosités ; trochiter ou trochin.

### **2.3.2/ Fracture articulaire :**

Elles se divisent en trois sous-groupes.

#### **2.3.2.1/ Fracture céphalique :**

Il s'agit d'une fracture du col anatomique pure. Le massif des tubérosités est intact mais du fait de sa localisation elle isole complètement la tête humérale de l'apport vasculaire. Elle est à fort risque de nécrose de la tête humérale.

Elle peut être engrenée ou libre. C'est une fracture rare.

#### **2.3.2.2/ Fracture céphalo-tubérositaire :**

La tête humérale est isolée par un trait passant en dedans de l'insertion capsulaire, l'isolant donc de toute connexion vasculaire. Elle est toujours basculée en arrière.

Le massif tubérositaire est le plus souvent refendu en regard de la gouttière bicipitale, exceptionnellement il peut être intact.

Le trait diaphysaire est souvent comminatif. La diaphyse est séparée de la tête humérale et des deux tubérosités.

Il existe quatre types de fracture céphalo-tubérositaire en fonction du degré d'impaction de la tête sur la diaphyse et de l'existence ou non d'une luxation de la tête humérale.

- **Type 1** : la fracture est à quatre fragments mais avec un déplacement minime. La tête est légèrement basculée, le trait inter-tubérositaire n'est que très peu déplacé. Il existe un diastasis gléno-huméral supérieur.

- **Type 2** : le déplacement des tubérosités est important mais la tête reste impactée sur la diaphyse.

- **Type 3** : la tête humérale est désolidarisée de la diaphyse. Elle reste en face de la glène. La diaphyse est souvent luxée dans le creux axillaire.

- **Type 4** : il s'agit d'une fracture-luxation, elle peut être postérieure ou antérieure. Il y a deux possibilités : soit la tête humérale reste engrenée sur la diaphyse et n'est plus en face de la glène, soit la tête est totalement libre et est éjectée en avant ou en arrière de la glène alors que les tubérosités et la diaphyse restent en face de celle-ci.

### 2.3.2.3/ Fracture céphalo-métaphysaire :

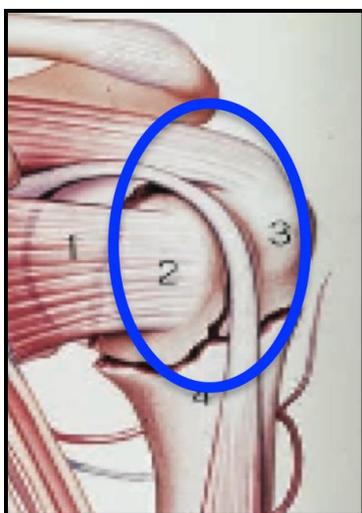
C'est la fracture verticale de l'encoche traumatique des luxations. Lors de la luxation antéro-inférieure de l'épaule la tête humérale glisse sur le rebord antérieur de la glène, ce qui provoque une encoche. Cette encoche se situe à la jonction entre le trochiter et la tête humérale. Elle est le point de départ du trait de fracture qui se prolonge ensuite vers la corticale métaphysaire externe, détachant ainsi le trochiter. Le trochin reste solidaire de la tête humérale et le trochiter de la diaphyse.

Pour les luxations postérieures le principe est le même mais à l'inverse. Elles sont beaucoup plus rares.

Parmi toutes ces classifications aucune ne se semble pouvoir être désignée comme le « gold standard » en raison d'une trop faible reproductibilité inter et intra-observateur.

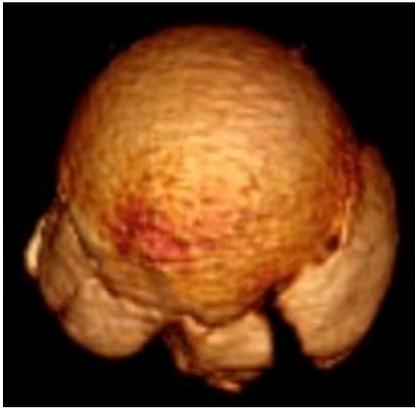
Cependant dans le service la classification la plus utilisée est la classification de Neer. A laquelle une modification a été apportée suite à une étude du service<sup>22</sup>. Dans la description des fractures de l'extrémité proximale de l'humérus selon Neer, le trait de fracture horizontal se situe au niveau du col chirurgical et le trait de fracture vertical inter-tubérositaire se situe autour de la gouttière bicipitale (Fig 21).

**Figure 21 : Schéma des lignes de fractures selon Neer**



Nous nous sommes rendu compte qu'en fait le trait vertical avait une topographie reproductible et passait en arrière de la gouttière bicipitale dans 89% des cas, à une distance moyenne de 13.1mm (Fig 22).

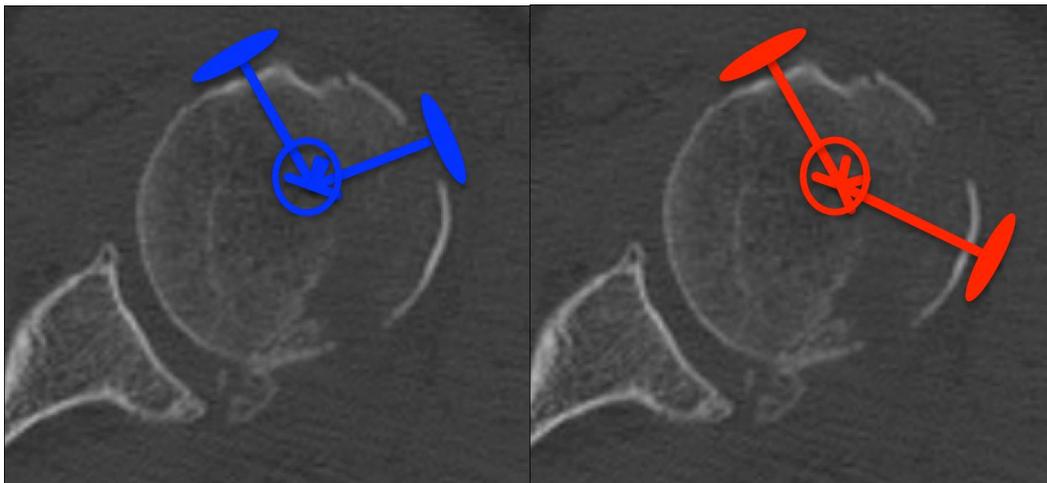
**Figure 22 : trait inter-tubérositaire en arrière de la gouttière bicipitale**



Cette observation a une implication directe lors de la prise en charge chirurgicale par ostéosynthèse de ces fractures. Le trait de fracture étant en arrière de la gouttière il se propage dans le tendon du sus-épineux et non dans l'intervalle des rotateurs comme le décrivait Neer.

Les principes de base de l'ostéosynthèse imposent aux vis d'être perpendiculaires au trait de fracture. Donc pour obtenir une fixation des tubérosités stable il faut mettre en place une vis dans le trochin en dedans de la gouttière bicipitale et une dans le trochiter en dehors de la gouttière. L'angle entre les deux vis doit donc toujours être supérieur à 90° sinon la vis du plan frontal tombe dans le foyer de fracture (Fig 23).

**Figure 23 : 1 / angle de 90° et 2/ angle de visée des vis pour une compression optimale du foyer de fracture (selon les principes d'ostéosynthèse de l'AO)**



1

2

### III/ Epidémiologie :

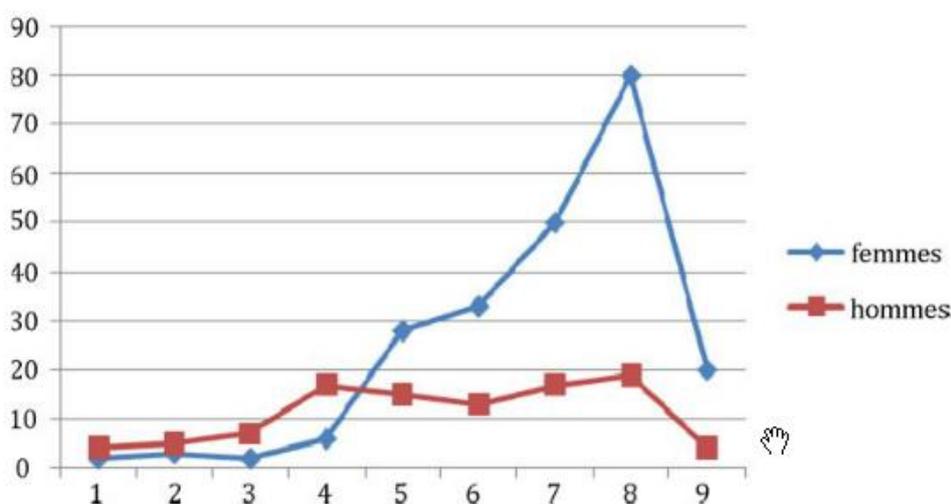
La fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus est la septième fracture de l'adulte et devient la troisième après soixante-cinq ans, derrière la fracture du poignet et du col du fémur. En effet les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus correspondent à 10% des fractures chez les personnes âgées de plus de soixante-cinq ans<sup>14</sup>.

Cette fracture devient un problème de santé publique au même titre que la fracture du col du fémur (Loi n°2004-806 du 9 Août 2004 relative à la politique de santé publique).

La population type présentant ce type de fracture a été identifiée. Il s'agit principalement de femmes (70-75% des cas) âgées de plus de 65 ans<sup>17,36,40,53</sup>.

Il existe une croissance exponentielle du taux de fracture chez les femmes à partir de 50 ans. Et un pic de prévalence des fractures est retrouvé lors de la huitième décennie seulement chez les femmes (Fig 24).

Figure 24 : Prévalence des fractures en fonction de l'âge et du sexe



Les mécanismes fracturaires ont également pu être identifiés<sup>17</sup>.

- Il s'agit de :
- Chute de sa hauteur : 87%
  - Chute violente : 4%
  - Accident sportif : 4%
  - Agression : 1%

Ils ne sont pas répartis de façon identique chez les hommes et les femmes. C'est ce que Roux A. et al<sup>53</sup> ont démontrés dans leur étude réalisée à Nice en 2011 (Tableau IV).

**Tableau IV : Mécanismes de fracture**

<b>Mécanisme</b>	<b>Total</b>	<b>Homme</b>	<b>Femme</b>
Chute de sa hauteur	189	37	152
Chute violente	17	7	10
Accident de la voie publique	34	18	16
Agression	9	3	6

La chute de sa hauteur est le mécanisme fracturaire chez 82% des femmes alors qu'il représente seulement 55% de celui des hommes.

De même le mécanisme fracturaire est dépendant de l'âge du patient<sup>16</sup>. Chez les personnes âgées, le mécanisme le plus souvent retrouvé est la chute de sa hauteur (Tableau V).

**Tableau V : Mécanisme de fracture en fonction de l'âge**

<b>Mécanisme</b>	<b>Age (année)</b>
Chute de sa hauteur	69
Chute violente	54
Accident de la voie publique	46
Agression	44
Accident sportif	33

L'étude du type de fracture a permis de se rendre compte qu'il existe une corrélation entre ce dernier et l'âge du patient.

En dessous de cinquante ans la moitié des fractures est considérée comme non déplacée selon la classification de Neer (Neer 1)<sup>17,53</sup>; le reste étant majoritairement des fractures à deux fragments. Au-delà de 65 ans apparaissent des fractures à trois et quatre fragments (Neer 8,9,10,12,13). Plus l'âge avance, plus le nombre de fractures non déplacées diminue au profit des fractures à trois et quatre fragments et plus la complexité de ces fractures augmente.

Pour toutes ces fractures le taux de traitement chirurgicaux est faible (3% à 20% selon les études). En effet chez les personnes jeunes il y a majoritairement des fractures non

déplacées ne nécessitant pas de traitement chirurgical et les personnes âgées ; chez qui le taux de fractures déplacées est le plus important, présentent souvent des contre-indications anesthésiques du fait de leurs co-morbidités.

De nombreux facteurs de risque ont été répertoriés<sup>13,53</sup>. Les deux principaux sont l'ostéoporose et les antécédents personnels de chute dans l'année écoulée. A ceux-ci viennent s'ajouter :

- Fracture du col du fémur chez la mère,
- Activité physique faible,
- Difficultés à la marche,
- Altération de la vue et de l'ouïe,
- Problèmes neurologiques (Maladie de Parkinson et épilepsie),
- Diabète insulino-dépendant,
- Médication,
- Index de masse corporelle élevé,
- Dépression
- Alcool et tabac.

De plus la prévalence des fractures augmente pendant les mois « froids »<sup>17,40</sup>.

Quelques facteurs protecteurs ont été retrouvés mais sont peu nombreux par rapport aux facteurs de risque<sup>13</sup>.

- Il s'agit de :
- Prise d'un traitement hormonal substitutif
  - Prise de calcium
  - Prise de diurétiques
  - Pratique d'une activité physique régulière

Les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus se retrouvent donc majoritairement chez les personnes âgées et lors de mécanisme à faible cinétique. L'épidémiologie des fractures de l'adulte a évolué depuis les années 1970-1980. En effet à cette époque, le traitement des fractures provoquées par des mécanismes à haute énergie chez les jeunes s'est développé. Actuellement, avec l'apparition des lois de sécurité routière et de l'amélioration de la sécurité des véhicules, le taux de ces fractures a nettement diminué. En contrepartie le vieillissement de la population a engendré une nouvelle population sujette aux fractures. Ces patients ostéoporotiques nécessitent que l'on adapte les techniques chirurgicales et le matériel<sup>15</sup>.

## **IV/ Traitement :**

La conduite à tenir devant ces fractures n'a pas encore été établie de manière stricte. Une revue de la littérature de 1969-1999 a été publiée en 2001 par A. Misra et al.<sup>41</sup> et n'a pas permis de conclure à une prise en charge optimale.

### ***4.1/ Traitement orthopédique :***

Il consiste en une immobilisation du membre fracturé pendant 2 à 6 semaines selon les habitudes du service de prise en charge avec des radiographies de contrôle régulière. A la suite de cette immobilisation une rééducation est réalisée.

Différentes possibilités d'immobilisation sont possibles et diffèrent selon les habitudes de service :

- Hennequin
- Dujarrier
- Echarpe contre écharpe
- Attelle en rotation neutre
- Attelle d'abduction
- Plâtre thoraco-brachial

La décision d'une prise en charge orthopédique dépend de plusieurs facteurs<sup>45</sup>. L'âge du patient, ses comorbidités, les autres fractures associées, l'importance du déplacement, l'association à une luxation sont les principaux facteurs pris en compte avant la décision finale du traitement.

Les patients âgés avec de nombreuses comorbidités sont les candidats principaux au traitement orthopédique.

L'expérience du chirurgien pèse également dans la balance de la décision thérapeutique. En effet un chirurgien spécialiste de l'épaule pose une indication opératoire dans 49% des cas (toutes fractures confondues) alors qu'un non spécialiste dans 26% des cas<sup>45</sup>.

Un traitement orthopédique vaut mieux qu'un mauvais traitement chirurgical. Il faut donc s'attacher à poser les bonnes indications au bon moment.

Les patients sont satisfaits du résultat fonctionnel du traitement orthopédique. Court-brown trouve un score fonctionnel de Neer à 87% pour les fractures A2.2<sup>18</sup> et 80.6% pour les fractures B1.1<sup>16</sup>.

Cependant malgré les bons résultats retrouvés, des études ont montré qu'il existe une différence selon le type de fracture.

S. Rasmussen et al.<sup>47</sup> ont montré que les fractures à deux fragments selon la classification de Neer avaient de meilleurs résultats que celles à trois et quatre fragments. Tout comme J. Richou et al.<sup>50</sup> ont obtenu de meilleurs résultats dans les fractures extra-articulaires.

Le problème rencontré avec le traitement orthopédique est que la consolidation se fait rarement en position anatomique. Le plus souvent la déformation se fait en varus<sup>46</sup>. Notre expérience dans le service est que le cal vicieux retrouvé après un traitement orthopédique se fait en varus et rotation interne. Cette déformation entraînant une limitation de la rotation externe nous a fait choisir une immobilisation par une attelle en rotation neutre lors du traitement orthopédique de ces fractures, notamment les fractures à trois et quatre fragments.

Chez les personnes âgées la varisation est plus importante. Ce problème affecte la mobilité de l'épaule notamment en abduction et rotation externe. Il ne faut pas oublier que la kinésithérapie fait partie intégrante du traitement orthopédique et participe à l'amélioration des amplitudes articulaires et du score fonctionnel de l'épaule<sup>18</sup>.

## ***4.2/ Traitement chirurgical conservateur:***

### **4.2.1/ Brochage fasciculé selon Hackethal :**

Il a décrit cette technique en 1961<sup>30</sup>. Elle permet l'ostéosynthèse de fracture de la diaphyse humérale et du col chirurgical de l'humérus à foyer fermé.

Pour réaliser cette ostéosynthèse, le patient est en décubitus dorsal et son avant-bras est placé sur un appui au-dessus du thorax. La réduction du foyer de fracture se fait par traction sur l'avant-bras.

L'incision se fait en transtricipitale, elle débute 1cm sous la pointe de l'olécrâne et se prolonge postéro-médialement vers l'épaule sur 4-5cm. Le forage de la diaphyse se fait à 1cm au-dessus de la fossette olécrânienne. Des broches de Kirchner (trois à quatre) sont enfoncées dans l'os spongieux de la tête humérale jusqu'à 5mm sous le cartilage articulaire. Elles sont disposées de manière divergente dans la tête humérale.

Cette technique crée des enraidissements du coude du fait de la localisation de son incision et les mobilités de l'épaule sont également limitées. Les complications possibles sont la migration des broches à travers le cartilage de la tête humérale et des déplacements secondaires par balayage des broches entraînant des pseudarthroses.

Pour éviter les risques de migration des broches Le Huec JC et al.<sup>38</sup> en 1992 ont modifié le matériel utilisé pour l'ostéosynthèse. Ils ont utilisé un clou à pointe dentée permettant un

ancrage épiphysaire plus efficace ainsi qu'un crochet distal empêchant également la migration proximale. Dans leur série de 41 patients ils n'ont eu aucune migration de broche.

En 2001, Descamps PY et al.<sup>23</sup> se sont aussi attardés sur le moyen de diminuer le risque de migration des broches. Pour cela ils ont réalisé une étude cadavérique et proposent d'augmenter le nombre de broches de Kirchner par rapport à la technique initiale. Ils vont jusqu'à mettre huit broches sans que cela n'ait un impact sur l'os spongieux de la tête humérale sous réserve que les broches soient bien divergentes. Le taux de migration est diminué. Dans la même étude ils ont évalué si l'augmentation du nombre de broche pouvait diminuer le risque de déplacement secondaire. C'est le cas mais les forces à exercer sur l'humérus pour induire un déplacement sont encore très faibles. Cette conclusion confirme que malgré l'augmentation du nombre de broche, la rééducation post-opératoire doit être très douce dans les trois premières semaines.

#### **4.2.2/ Brochage en palmier selon Kapandji :**

Cette technique a été décrite par A.Kapandji<sup>34</sup> en 1974. Elle consiste en un embrochage percutané à foyer fermé par trois broches.

Tout d'abord, la fracture est réduite par manœuvres externes. Ensuite les broches sont introduites à la pointe du V deltoïdien et se dirigent vers la tête humérale. Elles se fixent dans l'os sous-chondral de celle-ci et ne doivent en aucun cas dépasser le cartilage. Elles sont disposées de manière divergente dans la tête.

Cette technique est indiquée pour les fractures à deux fragments (col chirurgical déplacé) et à trois fragments peu déplacées chez le sujet jeune. Il ne faut pas l'utiliser dans le cas de fracture très déplacée et comminutive et chez des patients très ostéoporotiques.

Les études retrouvent des résultats satisfaisants mais avec malgré tout un risque important de complications. En 2002 Le Bellec Y. et al<sup>37</sup> retrouvait dans sa série de 31 patients 70.9% d'excellents et bons résultats mais 48.4% de complications.

Les complications le plus souvent retrouvées sont la migration intra articulaire des broches, la paralysie du nerf radial, la fracture au point d'entrée des broches et le risque de déplacement secondaire.

En 2011, El-Alfy BS<sup>25</sup> propose une technique modifiée de kapandji dans laquelle le point d'entrée des broches se fait au-dessus du V deltoïdien à 3-5 cm minimum sous le foyer de fracture. Les patients sont satisfaits dans 83% des cas mais avec un taux de satisfaction meilleur pour les fractures à deux fragments (Fig 25).

Figure 25 : Technique modifié de Kapandji par El-Alfy BS

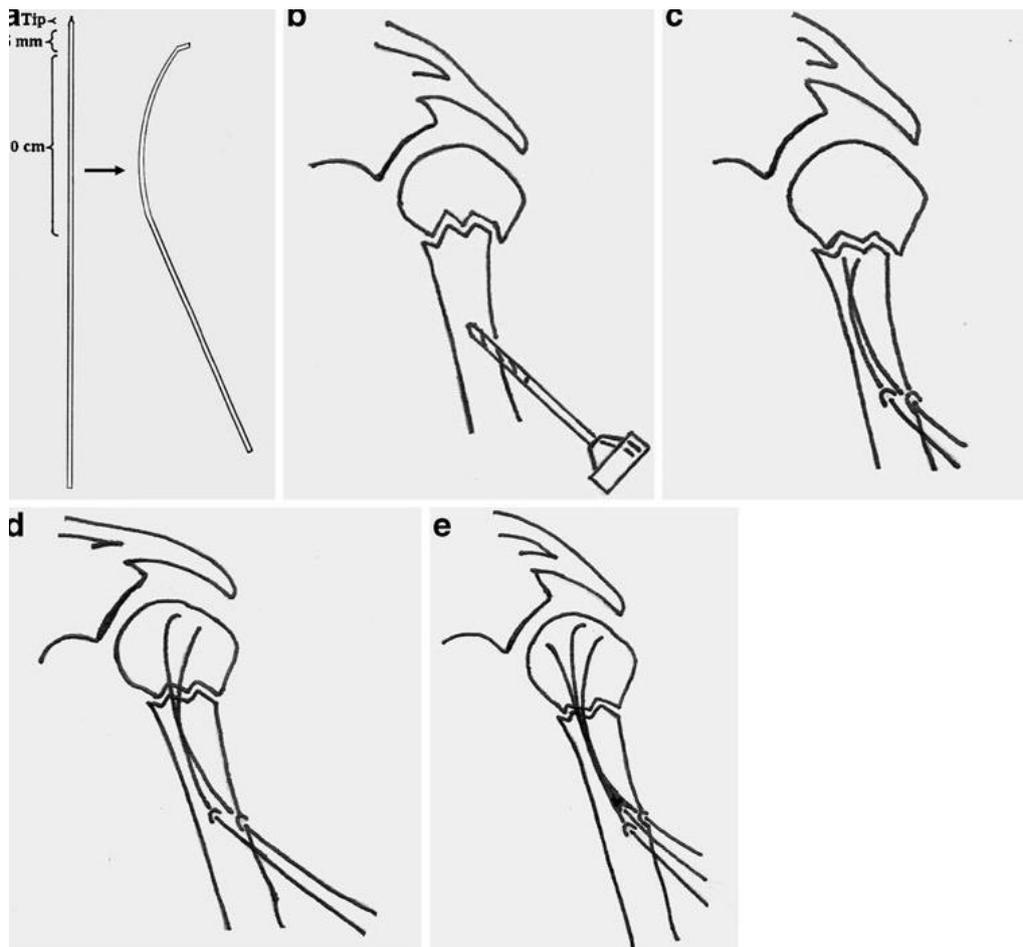


Figure 26 : a : fracture 3 fragments, b : brochage kapandji modifié, c résultat à 1 an de recul



Il ne retrouve pas de fracture au point d'entrée des broches, ni de paralysie radiale (Fig 26). Il a tout de même un cas de migration de broche et un cas de cal vicieux de 20° en varus.

La technique de kapandji a deux avantages ; elle est peu invasive et simple. De plus elle a un avantage par rapport à la technique de Hackethal. Elle permet de faire une incision loin du

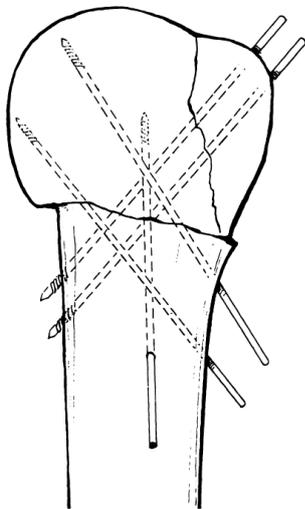
coude et donc permet de ne pas l'enraidir et de plus elle est moins délétère sur l'appareil extenseur.

### 4.2.3/ Brochage percutané :

Cette technique a commencé à être « évoquée » par Böhler en 1968. C'est Jaberg<sup>33</sup> qui a vraiment établi les grands principes de cette chirurgie. C'est une chirurgie percutanée qui permet un abord mini-invasif permettant de préserver les tissus mous et donc de diminuer la morbidité chirurgicale. Elle permet aussi de diminuer le risque d'ostéonécrose de la tête humérale.

L'intervention se réalise après avoir effectué une réduction de la fracture à foyer fermé. Par des abords mini-invasif, on introduit des broches qui vont permettre de réduire les différents fragments et de les fixer entre eux. La composante céphalique est réduite en premier et par effet de ligamentotaxis cela permet de réduire les tubérosités. La tête humérale est tenue par des broches latérales (en général deux) s'insérant au niveau du V deltoïdien et ayant un trajet ascendant. Le trochiter est ensuite fixé par des broches (deux le plus souvent) qui s'insèrent au pôle supérieur et ont un trajet descendant. Le trochin est réduit et fixé en dernier par une seule broche de trajet antéro-postérieur (Fig 27).

**Figure 27 : Brochage percutané selon Jaberg**



Resch<sup>49</sup> a légèrement modifié la technique puisque à la place des broches il utilise des vis canulées (Fig 28).

**Figure 28 : Technique modifiée selon Resch**



Cette technique est réservée pour des fractures à deux fragments, trois fragments et quatre fragments peu déplacées. Elle est à proscrire pour les fractures à quatre fragments très déplacées, les fractures-luxations, les fractures articulaires et chez les patients très ostéoporotiques<sup>48</sup>.

Les patients trouvent le résultat de leur chirurgie bon ou excellent dans 70% des cas<sup>26,33</sup>. Malgré tout 30% des patients sont mécontents ou déçus de la chirurgie. Le taux de constant pondéré est évalué en moyenne selon les études entre 80 et 90%<sup>26,48,49</sup>. Mais il faut noter un meilleur taux pour les fractures à deux et trois fragments par rapport aux fractures à quatre fragments.

Le taux de nécrose de la tête humérale n'est pas nul, il est variable selon les études. Il est aux alentours de 10%<sup>48,49</sup>. Là aussi, il est plus élevé lorsqu'il s'agit de fracture à quatre fragments. Il augmente également avec l'importance du déplacement.

Les deux autres complications également observées sont une migration des broches ainsi qu'une perte de réduction. Elles se retrouvent le plus souvent chez les personnes âgées avec un os ostéoporotique<sup>26,48</sup>.

Très peu d'étude ont à déplorer des problèmes vasculo-nerveux mais cette technique n'est pas sans risque comme le montre l'étude anatomique de Rowles et al.<sup>52</sup> en 2001. En effet la mise en place des broches de réduction et de maintien de la tête humérale comporte un risque pour la branche antérieure du nerf axillaire, de plus si elles sont trop distales au-delà du V deltoïdien elles risquent de léser le nerf radial. Les broches destinées au trochiter sont un risque pour le nerf axillaire et l'artère circonflexe postérieure et celles destinées au trochin le sont pour le tendon du long biceps, la veine céphalique et le nerf musculo-cutané. Cette étude a permis de définir une seule zone sans danger pour les broches céphalique. Sa

limite distale est la pointe du V deltoïdien et la proximale est le point situé à deux fois la distance pôle supérieur de la tête-ligne sous le massif trochantérien. Pour les autres broches il n'existe pas de zone sans danger.

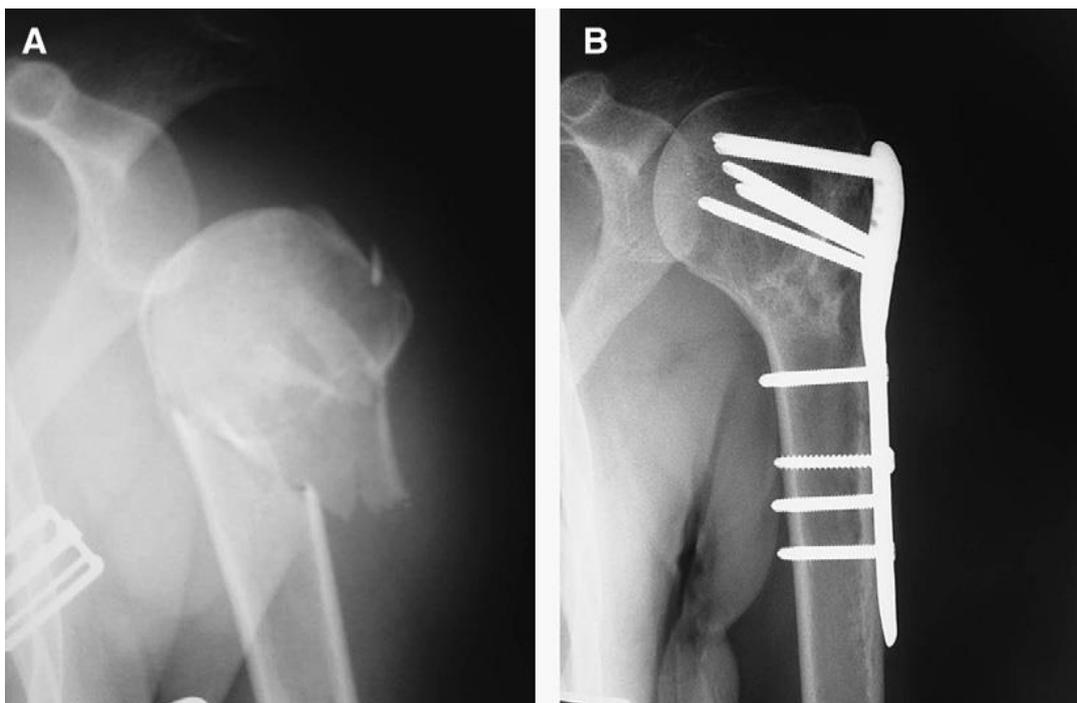
C'est donc une technique attrayante par le fait qu'elle minimise les risques par rapport à un abord direct mais elle n'est pas sans risque et nécessite une bonne évaluation de la fracture.

#### 4.2.4/ Ostéosynthèse par plaque :

Il existe plusieurs types de plaque mais le principe est le même pour toutes. Le foyer de fracture est abordé, il est réduit en position anatomique et la plaque est posée en neutralisation (Fig 29). Les tubérosités sont fixées à l'aide de fils passés dans la plaque.

Deux voies d'abord sont possibles ; la voie delto-pectorale et la voie supéro-externe. La voie delto-pectorale est celle préconisée dans cette chirurgie, elle permet d'aborder et de réduire correctement la métaphyse. Hepp et al.<sup>32</sup> ont comparé ces deux voies d'abord et a confirmé que cette voie d'abord en plus d'être confortable pour la chirurgie était plus bénéfique pour le patient. En effet à un an post-opératoire le score de constant était de 81% pour la voie delto-pectorale et de 73.1% pour la voie supéro-externe. Pour ce qui concerne les mobilités, la voie delto-pectorale permet des amplitudes plus grandes de façon significative en élévation antérieure active et en abduction. Les valeurs en rotation externe sont également meilleures pour la voie delto-pectorale mais de façon non significative.

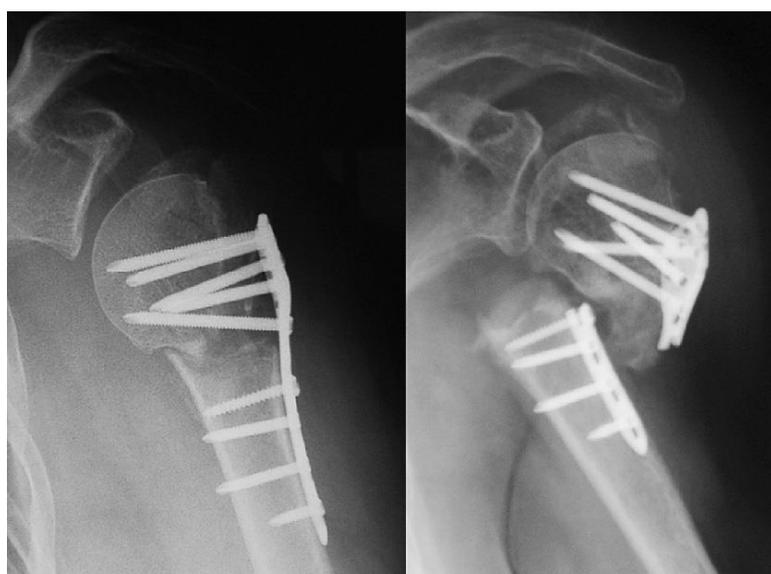
**Figure 29 : a : Fracture comminutive du col chirurgical, b : réduction anatomique et plaque en neutralisation**



La technique percutanée est également possible. Elle a été décrite par Rouleau et al. en 2009<sup>51</sup>. Tout d'abord la réduction se fait par manœuvres externes avec contrôle par fluoroscopique et ensuite par mini-abord. Une incision antérolatérale depuis la pointe de l'acromion est réalisée sur une longueur de 3-4cm. Elle permet d'exposer la tête humérale et les tubérosités. Le nerf axillaire est identifié par palpation manuelle après digitoclasie. Si le nerf est impossible à repérer la voie percutanée doit être abandonnée au profit d'une voie d'abord classique. Ensuite la réduction est perfectionnée à l'aide de rugine. La plaque est glissée le long de l'humérus en protégeant le nerf axillaire et elle est ensuite fixée. Une deuxième incision est réalisée en regard des trous distaux. Le score de constant retrouvé lors du suivi post-opératoire à un recul minimum de un an est de 80 et le DASH de 26. Les mobilités en élévation antérieure active et en abduction sont respectivement de 113° et 100°. Sur 27 patients revus, 18 ont consolidé en position anatomique et 9 avec un cal vicieux (2 en valgus et 7 en varus). Il n'a été retrouvé aucune nécrose de la tête humérale.

L'ostéosynthèse par plaque à vis verrouillées est la plus répandue actuellement. C'est une ostéosynthèse rigide qui résiste à des forces de rotation et de flexion très importantes<sup>54</sup>. Cela permet une bonne tenue du montage mais entraîne aussi un taux de complications non négligeables. Si l'ostéosynthèse et la mise en place de la plaque ne sont pas réalisées de manière correcte, le retentissement clinique est important. En effet lors de son étude des échecs et des complications de cette technique chirurgicale en 2010, Clavert et al.<sup>14</sup> retrouve un taux de complication de 10%. Les complications sont de deux types, complications liées à l'acte chirurgical (mauvaise réduction, conflit sous-acromial) et celles liées à l'implant lui-même (pseudarthrose et rupture de plaque dues à la rigidité de l'implant)(Fig 30).

**Figure 30 : a/ pseudarthrose, b/ rupture de plaque**



a

b

Le taux de complications liées à une erreur dans la technique chirurgicale est de 16.4%. Toutes ces complications impliquent significativement le résultat post-opératoire. Si la réduction est anatomique le score de constant est de 69.4 alors qu'il est de seulement 53.7 s'il existe un défaut de réduction. Il en est de même pour le conflit sous acromial ; le score de constant est de 31.6 lorsqu'il existe. Le taux de pseudarthrose est de 5.5% et les patients qui sont dans ce cas ont un score de constant à 45.3.

Une revue de la littérature a été réalisée en 2009 par Thanasas et al.<sup>56</sup> et a permis d'évaluer les résultats selon le type de fracture. En effet, ce type d'ostéosynthèse est utilisé dans tous les types de fracture. Dans près de la moitié des cas (40.1%) elle a été indiquée pour des fractures à trois fragments. Le score de constant se péjore avec l'augmentation de la gravité de la fracture ; il est en moyenne de 76.9 pour les fractures à deux fragments, 75.8 pour celles à trois fragments et 67.6 pour celles à 4 fragments. Les complications retrouvées sont la nécrose de la tête humérale (7.9%), la pseudarthrose (1.6%), l'infection (1.9%), le conflit acromio-claviculaire (2.2%), le déplacement secondaire et le défaut de réduction (12.2%). Toutes ces complications ont entraîné des reprises chirurgicales, le taux est de 13.7%. La reprise chirurgicale a été indiquée pour : défaut de réduction et déplacement secondaire dans 31% des cas, nécrose de la tête humérale dans 21% des cas, rupture de plaque et de vis dans 20% des cas, infection dans 14.4% des cas et pseudarthrose dans 8.8% des cas. Seule la reprise pour défaut de réduction peut être évitée. Mais même en dehors de cette complication le taux de reprise est non négligeable.

Toutes ces complications ne sont pas les seules à influencer les résultats fonctionnels. L'âge joue un rôle primordial également. Deux études ont comparé les résultats. Handschin<sup>31</sup> trouve un score de constant à 62 chez les personnes de moins de 60 ans et 49 chez celles supérieures à 60 ans. Clavert<sup>13</sup> trouve également une différence significative avec un score de constant à 70.5 pour les moins de 65 ans et 54.7 pour les plus de 65 ans. Le principal problème chez les patients âgés est la traversée de la tête humérale par les vis plus fréquente du fait de l'effondrement osseux lié à l'ostéoporose. C'est un paramètre important à prendre en compte surtout de nos jours.

L'ostéosynthèse par plaque à vis verrouillées est stable et rigide donc intéressante car il y a moins de risques de débricolage du montage. Toutefois elle comporte des risques chez les patients ostéoporotiques avec un stock osseux minime.

#### **4.2.5/ Enclouage antérograde :**

Il existe deux sortes principales de clou, les clous droits et courbes. Ils sont introduits à l'extrémité supérieure de l'humérus. Pour le clou droit, le point d'entrée est exactement dans l'axe de la diaphyse, en zone cartilagineuse et il permet de passer à travers la coiffe des rotateurs en zone musculaire bien vascularisée<sup>20</sup>. Même si ce clou droit évite de léser la partie tendineuse de la coiffe, un non-respect de la technique opératoire entraîne un mauvais positionnement du clou (Fig 31). Pour le clou courbe, le point d'entrée se situe à la

partie supérieure du trochiter, en dehors du cartilage mais passe en pleine zone d'insertion de la coiffe des rotateurs.

**Figure 31 : clou d'épaule droit, point d'insertion trop latéral**



Le clou est indiqué dans toutes les sortes de fractures et sa mise en place est adaptée selon chaque type<sup>21</sup>. La technique percutanée par un abord minime pré-acromiale est indiquée dans les fractures du col chirurgical et les fractures à trois fragments peu déplacées. La réduction par manœuvres externes doit être obtenue avant le début de l'intervention et contrôlée par amplificateur de brillance. La technique standard avec une voie d'abord de 6 à 10 cm dans le sens des fibres du deltoïde permet de réduire de façon anatomique les différents fragments. Elle est indiquée pour les fractures à 3 fragments déplacées et irréductibles ainsi que les fractures à 4 fragments. Pour les fractures très comminutives il existe une dernière possibilité, la technique du bilboquet qui nécessite une voie d'abord standard. Elle consiste à mettre en place le clou dans la diaphyse humérale et à le fixer en premier en distal ; la fracture n'étant pas encore réduite. Le clou est placé à la bonne hauteur quand l'orifice de vis proximal le plus distal est placé juste au-dessus de la corticale interne du fragment diaphysaire. Dans un deuxième temps l'extrémité supérieure de l'humérus est « reconstruite » autour de l'extrémité proximale du clou, en s'efforçant de réduire et de fixer les tubérosités de façon anatomique par ostéosutures.

Une variante de la technique du bilboquet consiste en reconstruire dans un premier temps l'extrémité supérieure avec les tubérosités. Ainsi réduite la tête est maintenue en place en face de la glène par une broche temporaire et le clou est inséré de manière « classique ». C'est la crucifixion.

Les résultats fonctionnels de ce type de chirurgie sont bons à excellent dans 52.8% des cas selon une étude de O.Boughebi et al.<sup>7</sup>. Les résultats dépendent de la réduction de la fracture. Le score de constant pondéré est de 88.7% si la fracture est correctement réduite alors qu'il est de 75.6% si ce n'est pas le cas. Le type de fracture influence également le résultat clinique. Plus la fracture est déplacée et complexe moins le résultat post-opératoire sera bon<sup>21,42</sup>. Le score de constant reste malgré tout au-dessus de 70% dans toutes les études et quel que soit le type de fracture. Un défaut de réduction, surtout pour les fractures à quatre fragments, dans tous les plans de l'espace, ainsi qu'un défaut de hauteur du trochiter par rapport à l'extrémité supérieure de la tête humérale influencent de manière néfaste les résultats fonctionnels<sup>19</sup>. Si l'angle d'inclinaison de la tête humérale de face ( $\alpha F$ ) est compris entre 30° et 60° pour une valeur normale de 45° le score de constant pondéré sera de 87% et l'élévation antérieure active de 132° alors qu'ils ne seront respectivement que de 76% et 119° si l'angle n'est pas situé dans cette fourchette. Pour ce qui est de l'angle d'inclinaison de profil ( $\alpha P$ ) la valeur normale est 30° et une fourchette entre 15° et 45° est acceptable. Si ces valeurs sont respectées le score de constant sera de 90% et l'élévation de 135° alors qu'ils ne seront respectivement que de 76% et 120° si l'angle est en-dehors de la fourchette normale. Le dernier critère de réduction qui doit être respecté est la hauteur du trochiter par rapport à la hauteur de la tête humérale. Il joue un rôle dans l'abduction. Sa valeur normale est comprise entre -5mm et +5mm. Si ce critère est respecté le score de constant sera de 86% et l'abduction de 126°, alors que s'il ne l'est pas, l'abduction sera de 115° (score de constant inchangé).

En ce qui concernent les résultats chez les personnes de plus de 75 ans, le score de constant est tout de même de 60 (constant pondéré 89%). La consolidation est bonne malgré l'ostéoporose<sup>21</sup>. Il est quand même contre-indiqué en cas d'ostéoporose majeure<sup>7</sup>.

Les complications principales de ce type d'ostéosynthèse sont la migration ou la casse des vis proximales, le conflit sous acromial créé par un enfouissement du clou insuffisant et l'ostéonécrose de la tête humérale. Les problèmes dus aux vis proximales sont résolus avec leur ablation et n'influencent pas le résultat définitif<sup>7</sup>. Le conflit sous-acromial correspond au début de la courbe d'apprentissage de mise en place du clou et il n'existe pas si le clou est enfoui de 5mm en dessous de la corticale<sup>20</sup>. Le taux de nécrose varie selon les études entre 6 et 12%<sup>19,21,42</sup>. Elle est le plus souvent retrouvée lors de fractures à quatre fragments et comminutives très déplacées. La nécrose n'est pas toujours synonyme de mauvais résultats malgré tout<sup>7</sup>. Si elle est douloureuse, on peut reprendre le patient par une arthroplastie.

Le taux de pseudarthrose est faible voire inexistant dans toutes les études.

Cette technique chirurgicale permet d'obtenir un montage stable permettant une consolidation dans la majorité des cas et une rééducation précoce. La mise en place est simple et les différentes possibilités d'abord de la fracture permet de s'adapter à tous les types. De plus, cette technique ne pose pas de souci si le patient nécessite une reprise chirurgicale par prothèse.

Dans le service un nouveau clou avec dessin adapté pour une fixation optimale des tubérosités a été développé<sup>3</sup>. Le profil du clou et le positionnement des vis ont été choisis en se basant sur des études tridimensionnelles de l'extrémité supérieure de l'humérus proximal sain<sup>4</sup> ainsi que sur l'étude réalisée dans le service démontrant que le trait de fracture inter-tubérositaire se trouve dans 89% des cas en arrière de la gouttière bicipitale<sup>22</sup> (cf paragraphe 2.3.2.3) Il s'agit du clou Aequalis™ Tornier. C'est un clou droit, court (130mm), et canulé pour une utilisation percutanée. Son diamètre proximal est de 9mm et son diamètre distal de 8mm (Fig 32).

**Figure 32 : clou Aequalis rectiligne**



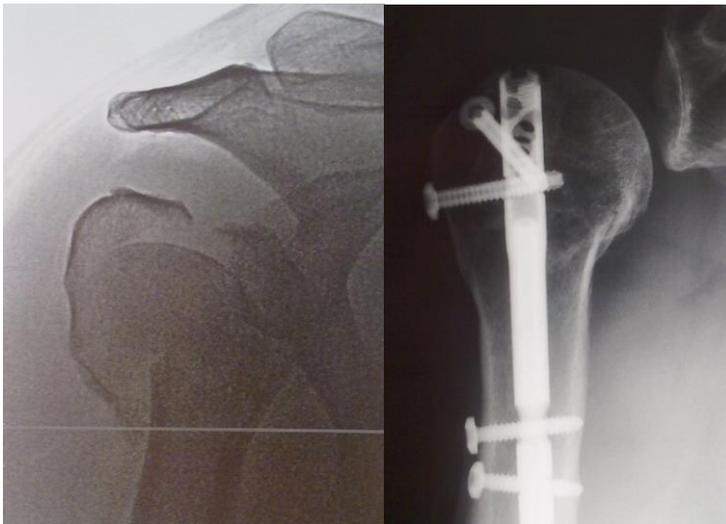
Les vis proximales sont utilisées pour fixer les tubérosités et non la calotte céphalique comme dans les autres clous actuellement présents sur le marché. Il est possible de mettre 4 vis proximales. Deux orientées d'arrière en avant pour la fixation du trochiter, une antéro-postérieure pour celle du trochin et une latéro-médiale pour éviter la chute en varus de la calotte céphalique. Toutes ces vis sont verrouillées et donc des vis courtes permettent d'assurer la stabilité du montage. L'association de vis courtes à une orientation vers les tubérosités et non en regard de la glène prévient du risque de pénétration articulaire des vis dans les cas de nécrose de la tête humérale (Fig33).

**Figure 33 : orientation des 4 vis de verrouillage proximal**



Les résultats post-opératoires cliniques de ce clou<sup>3</sup> sont satisfaisants avec un score de constant pondéré de 81% en moyenne et un SSV à 80%. Les mobilités sont restaurées (élévation 132° en moyenne et rotation externe 37°)<sup>3</sup>. D'un point de vu radiologique un cal vicieux post-opératoire en varus a été retrouvé dans seulement 16% des cas (Fig 34).

**Figure 34 : résultats clou Aequalis pour fracture à 4 fragments**



La décision thérapeutique d'un traitement conservateur dans le service se fait pour des fractures à deux fragments et à trois fragments impactées quel que soit l'âge du patient et enfin pour des fractures à quatre fragments désengrenées uniquement chez les patients jeunes. Cette ostéosynthèse se fait par un clou d'épaule court.

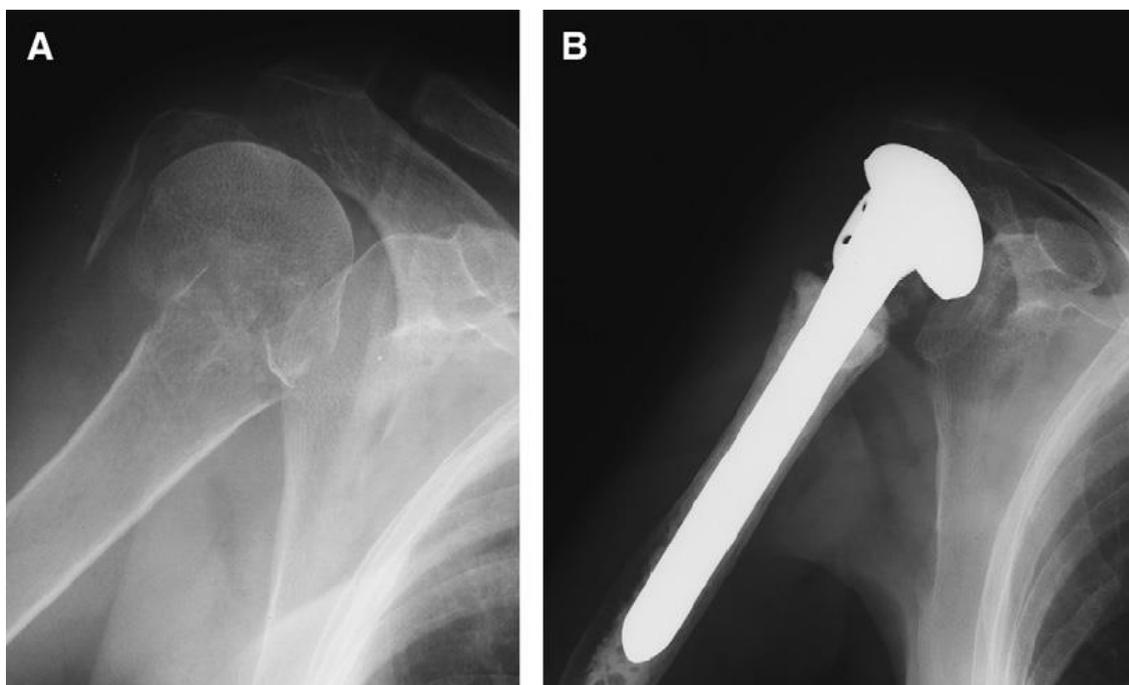
### **4.3/ Traitement chirurgical non conservateur**

Pour les fractures trois et quatre fragments, lorsque le chirurgien évalue que le risque de nécrose de la tête humérale est trop important il peut être amené à choisir un traitement arthroplastique. Il est tout de même à réserver aux patients âgés.

#### **4.3.1/ Hémi arthroplastie :**

L'enjeu de ce type de chirurgie est de reconstruire de façon anatomique l'extrémité supérieure de l'humérus autour de la prothèse (Fig 35). En effet si les tubérosités sont mal positionnées en post-opératoire ou migrent et consolident en mauvaise position ou se lysent cela entraîne des résultats fonctionnels nettement moins bons<sup>4</sup>.

**Figure 35 : a : fracture 3 fragments, b : hémiarthroplastie**



La mise en place de cette prothèse permet d'obtenir des mobilités aux alentours de 100° d'élévation antérieure active, 20-30° de rotation externe<sup>1,4</sup>. Les patients sont très satisfaits et satisfaits dans 50% des cas. Cela laisse tout de même une insatisfaction chez 50% des patients traités. Certains se sont donc posé la question si dans ce cas il n'était pas plus intéressant de choisir pour ces patients le traitement orthopédique, Olerud et al. ont réalisé une étude randomisée en 2011<sup>46</sup>. Ils ont évalué les résultats fonctionnels grâce au score de constant, aux mobilités ainsi que les résultats sur la qualité de vie des patients avec le score de DASH. Ils n'ont pas retrouvé de différence significative entre les deux groupes en ce qui concernent le score de constant et les mobilités. En revanche la qualité de vie était évaluée comme bien meilleure chez les patients opérés que chez ceux laissés en traitement

orthopédique. Le score de DASH était respectivement de 30 chez les patients opérés et de 36.9 chez ceux non opérés. Ils ont donc conclu que le risque chirurgical pouvait être pris si le patient était en demande d'une fonctionnalité importante de l'épaule et que son état de santé le permettait.

Malgré cela il n'est tout de même pas acceptable d'obtenir si peu de résultats satisfaisants avec un type de chirurgie. Boileau et al. ont mis en évidence les causes de ces échecs<sup>4</sup>. Les risques de mauvais résultats sont liés à une consolidation des tubérosités en position non anatomique. Ce mauvais positionnement est obtenu de différente manière : soit par une malposition initiale en post-opératoire, soit par migration. Le taux de malposition initiale est de 27% dans son étude et celui de migration secondaire est de 23%. Au total 50% des patients sont victimes d'une consolidation en mauvaise position des tubérosités et ce sont tous ces patients qui sont insatisfaits de la chirurgie. La mauvaise position initiale des tubérosités est due à la difficulté de les replacer à la bonne hauteur lorsqu'il n'y a plus de repères. Pour ce qui est de la migration secondaire deux facteurs de risques ont été identifiés : la malposition de la prothèse et l'âge supérieur à 75 ans chez la femme.

Lors de l'utilisation des prothèses hémiarthroplastiques classiques trois erreurs techniques ont été relevées<sup>6</sup> : médialisation excessive de l'humérus, mauvaise hauteur de la prothèse et rétroversion exagérée.

Toutes ces observations ont permis de se rendre compte qu'une modification du dessin de la prothèse serait bénéfique sur les résultats cliniques en permettant une mise en place en meilleure position de la prothèse et des tubérosités. Une nouvelle prothèse dédiée aux fractures a été mise au point, la prothèse Aequalis tige fracture avec un ancillaire spécifique<sup>35</sup> (Fig 36). La tige de cette prothèse est plus fine donc elle permet de réduire plus facilement les tubérosités autour. Elle possède deux atouts qui augmentent son ostéo-intégration métaphysaire : la présence d'une fenêtre permettant la mise en place d'une greffe osseuse et un revêtement en hydroxyapatite. Elle a une tête modulaire qui permet d'adapter l'offset de la tige et donc de diminuer le risque de médialisation excessive. L'ancillaire spécifique de cette prothèse permet de résoudre les problèmes de hauteur de tige ainsi que de rétroversion.

Figure 36 : a/ fracture 4 fragments, b/ prothèse Aequalis



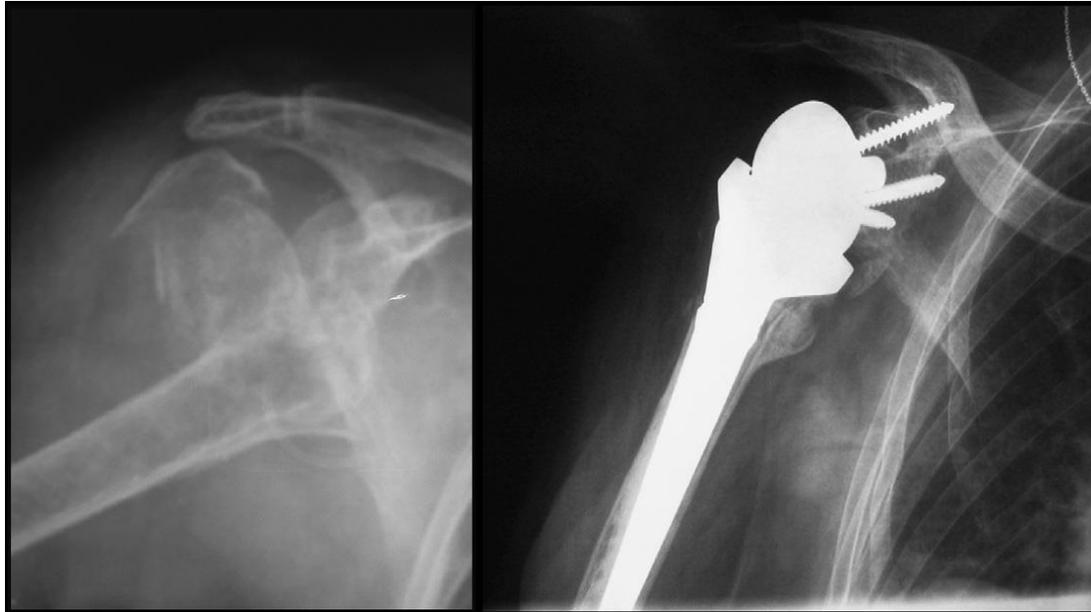
En plus de ce nouveau dessin, la migration des tubérosités peut être diminuée si elles sont ostéosynthésées correctement. Pour cela une technique a été décrite par ostéosuture avec quatre double cerclages horizontaux et deux « tension-band » verticaux<sup>6</sup>.

Cette prothèse spécifique aux fractures a été évaluée par Kontakis et al.<sup>35</sup> en 2009. Ils retrouvent un score de constant moyen à 68.2, une élévation antérieure active de 148.9° et une rotation externe de 25.8°. Dans cette étude 13 patients sur 28 avaient une prothèse et des tubérosités consolidées en bonne position lors de la radiographie de contrôle. Un seul patient de l'étude avait une mauvaise reconstruction de l'articulation gléno-humérale et les résultats fonctionnels post-opératoire étaient moins bons. L'évaluation subjective des patients était meilleure que pour l'hémiarthroplastie standard puisque 24 patients sur 28 étaient très satisfaits ou satisfaits du résultat obtenu.

#### 4.3.2/ Prothèse totale inversée :

Ce type de prothèse a d'abord été utilisé pour le traitement des omarthroses avec rupture massive de la coiffe des rotateurs. Elle utilise pour « fonctionner » le muscle deltoïde. Ensuite ce type de prothèse a été utilisé dans les reprises d'échecs d'hémiarthroplastie avec de bons résultats. Certains chirurgiens l'ont utilisée alors pour les fractures fraîches à trois et quatre fragments de l'extrémité supérieure de l'humérus chez la personne âgée (Fig 37).

Figure 37 : a/ fracture 4 fragments, b/ prothèse totale d'épaule inversée



a

b

Les voies d'abord supérolatérale et deltopectorale sont utilisées. Le risque de luxation est plus élevé dans la voie deltopectorale. Dans un contexte de fracture il est plus élevé en raison de l'hématome et des fractures des tubérosités<sup>55</sup>. La voie supérolatérale est donc préférée. Les tubérosités sont repérées de la même manière que pour les hémiarthroplasties. Le tendon sus-épineux est réséqué, jusqu'à sa jonction tendino-musculaire. Le trochiter est repéré et les insertions du sous-épineux et du petit rond sont préservées. Quatre fils non résorbables sont passés à la jonction tendon-os et le trochiter est rétracté en arrière le temps de la mise en place des implants. En avant le trochin est repéré ainsi que l'insertion du sous-scapulaire, deux fils de traction sont passés à la jonction tendon-os et le trochin est récliné en avant. L'embase glénoïdienne est placée avec un tilt inférieur de 10°. Ensuite le fût huméral est préparé avec des alésoirs de taille croissante. Deux orifices sont réalisés dans la corticale au niveau de la métaphyse et deux fils non résorbables sont passés pour l'ostéosynthèse finale des tubérosités. L'implant huméral est positionné avec 20° de rétroversion et il est cimenté. La hauteur de la prothèse doit permettre de mettre en tension le deltoïde mais pas de façon excessive. Les tubérosités sont fixées en bonne position de la même manière que pour l'hémi-artroplastie<sup>6</sup>. Les fils horizontaux sont passés autour du col de la prothèse, deux pour chaque tubérosité. Il en résulte quatre doubles cerclages. Ensuite le montage est stabilisé par les deux fils verticaux passés au préalable dans la métaphyse.

Les résultats de ces prothèses dans le cadre de fracture sont encourageants. Dans toutes les études, elle permet de récupérer des mobilités permettant d'utiliser le membre sans trop de limitations dans la vie de tous les jours.

Au début les tubérosités étaient systématiquement réséquées. Puisque la prothèse utilise la force du deltoïde on pensait que les tubérosités étaient inutiles. Cazeneuve et al.<sup>12</sup> ont publié une série dans laquelle 42% des patients n'étaient pas satisfaits du résultat post-opératoire car ils étaient gênés dans les gestes quotidiens comme l'habillage, les repas. Ceci était dû au fait qu'ils n'avaient plus de rotation externe. Cette perte de rotation externe a entraîné une perte d'autonomie et une chute dans la dépendance dans 28% des cas. Dans leur étude préliminaire ils obtiennent un score de constant moyen de 55 points. Ce score est affaibli par les mauvais résultats en rotation externe et interne<sup>11</sup>.

Au début également la métaglène était placée au centre de la glène. Ce positionnement entraîne au long court des risques accrus d'encoche inférieure de la glène par conflit<sup>9</sup>. C'est pour cela que l'on préconise un placement de la métaglène affleurant le bord inférieur de la glène.

Lorsque la suture des tubérosités est réalisée les résultats fonctionnels sont meilleurs avec une élévation antérieure active supérieure à 90° mais surtout une rotation externe conservée. Pour Bufquin et al.<sup>9</sup> la rotation externe moyenne obtenue est de 30° et pour Lenarz et al.<sup>37</sup> elle est de 27°.

La prothèse inversée apporte des avantages par rapport à l'hémiarthroplastie. Elle permet d'obtenir des résultats reproductibles. Gallinet et al.<sup>28</sup> dans leur étude comparative retrouve un score de constant à 53 pour les prothèses inversées et seulement de 39 pour les hémiarthroplasties chez une population de patient comparable. Les résultats sont meilleurs et ce même si les tubérosités ont été réséquées. Les mobilités en abduction et élévation antérieure sont respectivement de 91° et 97.5° pour les prothèses inversées et de 60° et 53.5° pour les hémiarthroplasties. Et ces résultats sont beaucoup moins aléatoires pour les prothèses inversées. Par contre les mobilités en rotation sont meilleures pour les hémiarthroplasties mais ceci est à mettre sur le compte de la résection des tubérosités. Dans leur étude malgré l'avancée en âge les résultats ne subissent pas de grande variation pour les prothèses inversées, alors que pour les hémiarthroplasties, plus l'âge avance, moins les résultats sont bons.

Sirveaux et al.<sup>55</sup> qui ont également fait une étude comparative, confirment ces résultats. Même lorsque les tubérosités ne sont pas consolidées, les résultats sont meilleurs avec la prothèse inversée. Cependant ils remarquent tout de même que les résultats de la prothèse inversée dans le cadre des fractures sont moins bons que lorsqu'elle est utilisée pour le traitement de l'omarthrose.

Ceci nous permet donc de conclure que la prothèse inversée pour le traitement des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus est une option non négligeable. Mais que les

résultats peuvent être encore améliorés avec une prothèse spécifique et adaptée dans le cadre des fractures.

### 4.3.3/ Prothèse totale d'épaule inversée

#### « fracture » :

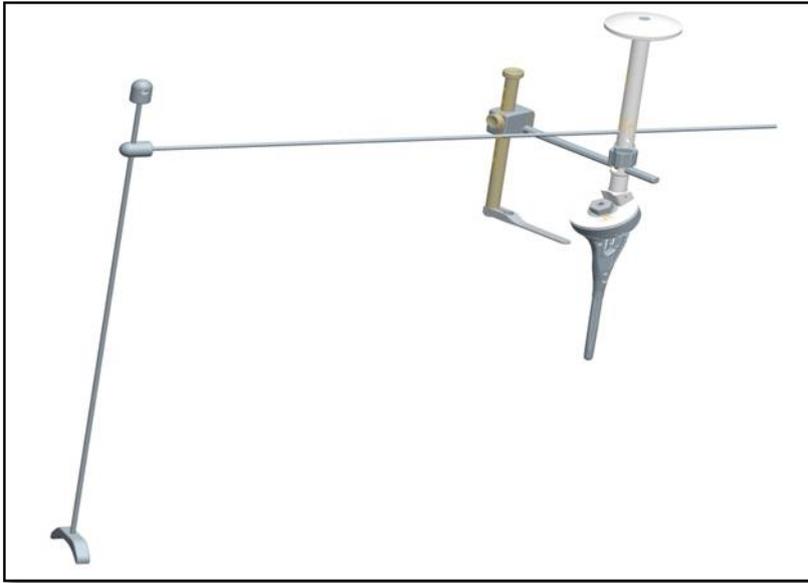
Cette prothèse Aequalis a été pensée pour pallier aux défauts des prothèses inversées classiques. Elle devrait permettre à un os ostéoporotique de consolider correctement autour de la prothèse du fait de son dessin spécifique (Fig 38).

Figure 38 : prothèse Aequalis inversée



Tout d'abord elle est plus fine qu'une prothèse inversée classique pour permettre une préservation de l'os maximale ainsi qu'un positionnement et une fixation des tubérosités sans tension excessive. Un manchon métaphysaire en hydroxyapatite devrait permettre une meilleure ostéointégration et une consolidation correcte des tubérosités. Pour améliorer encore l'ostéointégration une fenêtre est présente dans la métaphyse de la prothèse permettant la mise en place d'un greffon osseux. La fixation des tubérosités au fil autour du col de la prothèse est moins dangereuse puisque le col de la prothèse est lisse. Il y a moins de risque de rupture du fil précoce avant la consolidation en place des tubérosités.

**Figure 39 : a : guide de rétroversion, b : réglette pour la hauteur des tubérosités**



Un ancillaire spécifique facile d'utilisation (Fig 39) a été pensé pour permettre une plus grande reproductibilité dans la mise en place de la prothèse. Un guide de rétroversion et une réglette coulissante, pour mesurer la bonne hauteur de la tige, sont les deux éléments majeurs de cet ancillaire.

La fiabilité et la reproductibilité dans les résultats post-opératoires de ce nouvel implant vont être évaluées dans notre étude développée dans la deuxième partie.

## Références :

1. SA.Antura, JW. Sperling, RH. Cofield. Shoulder hemiarthroplasty for acute fracture of the proximal humerus: a minimum five year follow up. *J.Shoulder Elbow Surg.* 2008, 17 (2); 202-9
2. CM.Ball, T.Steger, LM.Galatz, K.Yamaguchi. The posterior branch of the axillary nerve: an anatomic study. *J. Bone joint Surg (Am)* 2003, 85; 1497-501
3. P.Boileau, T.D'ollonne, P.Clavert, A.Hatzidakis, C.Bessière, N.Bonnevialle, G.Moineau. Intramedullary nail for proximal humerus fractures: an old concept revisited. *Shoulder concepts* 2012. *Arthroscopy, arthroplasty and fractures.* Sauramps medical 2012.
4. P.Boileau, SG.Krishnan, L.Tinsi, G.Walch, JS.Coste, D.Mole. Tuberosity malposition and migration: Reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *J.Shoulder Elbow Surg.* 2002, 12 (5); 401-12
5. P.Boileau, G.Walch. The three dimensional geometry of the proximal humerus. Implications for surgical technique and prosthetic design 1997, 79-B; 857-65
6. P.Boileau, G.Walch. Tuberosity osteosynthesis and hemiarthroplasty for 4-part fractures of the humerus. *Tech. Shoulder Elbow Surg.* 2000
7. O.Boughebri, E.Havet, M.Sanguina, L. Daumas, P.Jacob, B.Zerhly, P.Heinsler. Traitement des fractures de l'extrémité proximale de l'humérus par clou telegraph. Etude prospective de 34 cas. *Rev. Chir orthop.* 2007, 93 ; 325-32
8. CH.Brooks, WJ.Revell, FW.Heatley. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. *J.Bone joint Surg (Br)* 1993, 75 (1); 132-6
9. T.Bufquin, A. Hersan, L.Hubert, P.Massin. Reverse soulder arthroplasty for the treatment of three-and-four part fractures of the proximal humerus in the elderly. A prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J.Bone joint Surg (Br)* 2007, 89-B; 516-20
10. JF.Cazeneuve, DJ. Cristofari. Suivi radiographique de l'arthroplastie inverse Delta III en traumatologie fraiche de l'humérus proximal chez les personnes âgées avec un recul de un à 14ans. *Rev.Chir orthop et traumatologie* 2009, 95 ; 404-8
11. JF.Cazeneuve, DJ.Cristofari. The reverse shoulder prosthesis in the treatment of the proximal humerus in elderly. *J.Bone joint Surg (Br)* 2010, 92-B; 535-9
12. JF.Cazeneuve, DJ.Cristofari. Résultats fonctionnels à long terme des prothèses inversées d'épaule chez le sujet âgé. *Rev. Chir orthop et traumatologie* 2011, 97 ; 567-73
13. SP.Chu, JL.Felsey, TH.Keegan, B.Sternfeld, M.Prill, CP. Quesenberg, et al. Risk factors for proximal humerus fractures. *Am.J.Epidemiol.* 2004, 160(4); 360-7
14. P.Clavert, P.Adam, A.Bevort, F.Bonnomet, JF.Kempf. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J.Shoulder elbow Surg.* 2010, 19; 489-94
15. CM.Court-Brown, B.Caesán. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury, Int.J.Care Injured* 2006, 37; 691-7
16. CM. Court-Brown, H.Cattermale, MM.McQueen. Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus. The results of non-operative treatment. *J.Bone joint Surg (Br)* 2002, 84-B; 504-8
17. CM.Court-Brown, A.Garg, MM.McQueen. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta. Orthop. Scand.* 2001, 72 (4); 365-71

18. CM.Court-Brown, MM.McQueen. The impacted varus (A2.2) proximal humeral fracture. Prediction of outcomes and results of nonoperative treatment in 99 patients. *Acta. Orthop. Scand.* 2004, 75 (6); 736-40
19. C.Cuny, L.Deubelley, O.Touchard, M.Irrazi, P.Beau, A.Berrichi, F.Empereur. Fracture à quatre fragments de l'humérus proximal traitée par enclouage léger anterograde à vis autostables. A propos de 31 cas. *Rev chir orthop.* 2003, 89 ; 507-14
20. C.Cuny, F.Pfeffer, M.Irrazi, M.Channas, F.Empereur, A.Berrichi, P.Metaris, P.Beau. Un nouveau clou verrouillé pour les fractures proximales de l'humérus. Le clou Télégraph : technique et résultats préliminaires. *Rev chir orthop.* 2002, 88 ; 62-7
21. C.Cuny, MM.Sarlat, M.Irrazi, P.Beau, V.Wenger, N.Ionesen, A.Berrichi. The telegraph nail for proximal humeral fractures : a prospective four year study. *J.Shoulder elbow Surg.* 2008, 17; 539-45
22. T.D'ollonne, M.Challali, N.Bronsard, P.Boileau. Tridimensional geometry of proximal humeral fractures: the three and four-part concept revisited. *Shoulder concepts 2012.Arthroscopy, arthroplasty and fractures. Sauramps medical 2012.*
23. PY.Descamps, L.Fabeck, P.Krallis, D.Hardy, PH. Delince. Biomechanical evaluation of Hackethal's intramedullary bundle pin fixation of humeral neck fractures. *Acta. Orthop. Belg.* 2001, 67 (3); 219-25
24. J.Duparc, P.Massin, D.Hunten. Classification des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, Vol. 56, 1996 ; 27-37*
25. BS.El-Alfy. Results of the percutaneous pinning of proximal humerus fractures with a modified palm tree technique. *International orthopaedics (SICOT) 2001, 35; 1343-47*
26. I.Fenichel, A.Oran, G.Burstein. Percutaneous pinning using theeded pins as a treatment option for unstable two and three-part fractures of the proximal humerus : a retrospective study. *I.Orthop (SICOT) 2006, 30; 153-7*
27. O.Gagey, E.Hue. Mechanics of the deltoïde muscle a new approach. *Chir.Orthop 2000, n°375, 250-7*
28. D.Gallinet, P.Clappay, P.Garbuio, T.Tropey, L.Obert. Fracture complexe à trois ou quatre fragments de l'humérus proximal: hémiarthroplastie ou arthroplastie inversée? Etude comparative à propos de 40 cas. *Rev. Chir.Orthop et traumatologie 2009, 95 ; 49-56*
29. C.Gerber, AG.Schneeberger, TS. Vinh. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. *J.Bone joint Surg. (am) 1990, 72(10); 1486-94*
30. KH.Hackethal. 1961.Die bundelInfragefung. Berlin.Springer verlag.
31. AE.Handschir, M.Cardell, C.Cardell, C.Contraldo, O.Trentz, GA. Wanner. Functionnal results of angular-stable plate fixation in displaced proximal humeral fractures. *Injury 2008, 39; 306-13*
32. P.Hepp, J.Theopold, C.Voigt, T.Engel, C.Joster, H.Lill. The surgical approach for locking plate osteosynthesis of displaced proximal humeral fractures influences the funtionnal outcomes. *J.Shoulder elbow Surg.* 2008, 17; 21-8
33. H.Jaberg, JP.Warner, RP.Jakob. Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. *J.Bone joint Surg. (Am) 1992, 74; 508-15*
34. A.Kapandji. Osteosynthesis using the "palm-tree" nail technic in fractures of the surgical neck of the humerus. *Ann.Chir main 1989, 8(1); 39-52*
35. GM.Kontakis, TJ.Tosounidis, Z.Chistoforakis, AG.Hadjipavlov. Early management of complex proximal humeral fractures using the Aequalis fracture prosthesis. A two to five year follow-up report. *J.Bone joint Surg. (Br) 2009, 91-B; 1335-40*

36. B.Kristiansen, G.Barfod, J.Bredesen, J.Erin-madsen, B.Grüm, MW.Horsnaes, et al.  
Epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta. Orthop. Scand.* 1987, 58 (1); 75-7
37. Y.Le Bellec, E.Masmejean, P.Cottias, JY.Alnot, D.Huten. Internal fixation of proximal humerus fracture by "palm-tree" pinning. *Rev. chir. Orthop reparatrice Appar.mot* 2002 Jun. 88(4); 342-8
38. JC.Le Huec, F.Liquois, T. Schaefferbeke, D. Chauveaux, A. Le Rebellier. Ostéosynthèse par broches à prise épiphysaire des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus chez l'adulte. Un à trois ans de recul. *Acta. Orthop. Belg.* 1992, 58 (2) ; 170-5
39. C.Lenarz, Y.Shishani, C.McCuim, RJ.Nowinski, TB. Edwards, R.Gobezic. Is reverse shoulder arthroplasty appropriate for the treatment of fractures in the older patient? Early observations. *Chir. Orthop. Relat.Res* 2011, 469; 3324-31
40. T.Lind, K.Kroner, J.Jensen. The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 1989, 108(5); 285-7
41. A.Misra, R.Kapen, N.Maffulli. Complex proximal humeral fractures in adulte. A Systematic review of management. *Injury* 2001, 32; 363-72
42. WF.Mittemeier, HW.Stedtfeld, A.Ewent, M.Beck, B.Fresch, G.Gradl. Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable anterograde locking nail (Targon PH). *J.Bone joint Surg. (Am)* 2003, 85; 136-46
43. ME.Müller, S.Nazarian, P.Koch. Classification Ao des fractures: les os long. Berlin Heidelberg New York Springer-verlag. 1987
44. CS.Neer. Displaced proximal humeral fractures. Classification and evaluation. *J. Bone joint Surg. (Am)* 1970, 52-A; 1077-89
45. K.Ohike, OC.Lec, H.Malandji, MB.Harris, MS. Torke. Factors associated with the decision for operative versus non-operative treatment of displaced proximal humerus fractures in the elderly. *Injury* 2012
46. P.Olerud, L.Ahregart, J. Ponzer, J.Saving, J.Tidernark. Hemiarthroplasty versus non operative treatment of displaced four-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *J.Shoulder elbow Surg.* 2011, 20; 1025-33
47. S.Rasmussen, I.Huass, J.Dalsgaard, BS.Christensen, E.Holstad. Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment. *Injury* 1992, 23 (1); 41-3
48. H.Resch, C.Hübner, R;Schwaiger. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury* 2001, 32; S-A 25-32
49. H.Resch, P.Povacz, R.Fröhlich, M. Wanbacher. Percutaneous fixation of three an four-part fractures of the proximal humerus. *J.Bone joint Surg (Br)* 1997, 79-B; 295-300
50. J.Richou, F. Le Courganmaison, H.Louboin, G.Moineau, D.Le Nen. Traitement orthopédique des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus. Série prospective de 62 cas. *Ann. Orthop. Ouest* 2007, 39 ; 91-7
51. DM.Rouleau, GY. Laflamme, GK.Berry, EJ. Harrey, J.Delisle, J.Girard. Ostéosynthèse percutanée par plaque auto-bloquante des fractures de l'humérus proximal. *Rev. Chir. Orthop. et Traumatologie* 2009, 95 ; 57-63
52. DJ.Rourles, JE. Magrory. Percutaneous pinning of the proximal part of the humerus. An anatomic study. *J.Bone joint Surg. (Am)* 2001, 83; 1695-9
53. A.Roux, L.Decroocq, s.El Batti, N.Bonnevialle, G.Moineau, C.Trojani, P.Boileau, F.De Peretti. Epidémiologie des fractures de l'humérus proximal traitées dans un centre de traumatologie. *Rev. Chir. Orthop et traumatologie* 2012, 98 ; 648-52

54. PC.Siffri, RD.Peindl, ER.Coley, J.Norton, PM.Connor, JF.Kellen. Biomechanical analysis of blade plate versus locking plate fixation for a proximal humerus fracture : comparison using cadaveric an synthetic humerus. *J.Orthop.Trauma.* 2006 (Sept), 20 (8); 547-54
55. F.Sirveaux, O.Roche, D.Molé. Prothèse d'épaule pour fracture récente de l'humérus proximal. *Rev. Chir. Orthop. et traumatologie* 2010, 96 ; 748-60
56. C.Thanasas, G.Kontakis, A.Argoules, D.Limb, P.Giannoudis. Treatment of proximal humerus fractures with locking plates : a systematic review. *J.Shoulder elbow Surg.* 2009, 18; 837-44
57. CP.Visser, LN.Coene, R.Brand, DL.Tavy. Nerve lesion in proximal humeral fractures. *J.Shoulder elbow Surg.* 2001, 10; 421-7

## DEUXIEME PARTIE

INTRODUCTION.....	66
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	67
<i>Conception de l'étude</i> .....	67
<i>Patients</i> .....	67
<i>La prothèse Aequalis™ inversée fracture</i> .....	68
<i>Technique chirurgicale</i> .....	69
<i>Gestion post-opératoire</i> .....	72
<i>Evaluation clinique</i> .....	73
<i>Evaluation radiologique et scannographique</i> .....	73
<i>Analyse statistique</i> .....	73
RÉSULTATS .....	73
<i>Complications et ré interventions</i> .....	73
<i>Résultats cliniques</i> .....	74
<i>Résultats radiologiques</i> .....	75
<i>Résultats épidémiologiques</i> .....	76
DISCUSSION.....	77
CONCLUSION .....	80

# INTRODUCTION

L'incidence des fractures de l'humérus proximal chez les personnes âgées est en augmentation, et la plupart se produisent à la suite d'un traumatisme à faible énergie, généralement à domicile.

Dans le cas de fractures déplacées à 3 ou 4 fragments les chances de survie de la tête humérale sont clairement compromises. Un remplacement prothétique est le plus souvent indiqué. De plus elles peuvent, si elles sont mal prises en charge, entraîner une perte d'autonomie fonctionnelle, en particulier si il s'agit du côté dominant<sup>7</sup>.

Plusieurs possibilités de traitement sont possibles, en particulier l'hémiarthroplastie ou la prothèse totale inversée. Les résultats de l'hémiarthroplastie pour les fractures déplacées de l'humérus proximal chez les patients âgés sont souvent décevants en raison d'une mauvaise consolidation des tubérosités, ainsi que d'une difficulté à suivre correctement la rééducation<sup>1</sup>.

La prothèse totale d'épaule inversée a été initialement conçue par Paul Grammont pour traiter les épaules pseudo-paralytiques dues à une rupture complète de la coiffe des rotateurs associée à une omarthrose<sup>2,5,13</sup>. Plus récemment, la prothèse inversée a été proposée comme une option thérapeutique potentielle dans le cadre des fractures de l'extrémité proximale de l'humérus déplacées à 3 et 4 fragments chez les personnes âgées<sup>7,10,11,12,18</sup>.

Les résultats de cette intervention, à ce jour, ont montré que l'élévation antérieure active du bras en post-opératoire était satisfaisante. Malheureusement, la mobilité en rotation externe est beaucoup moins concluante en raison de la migration et de la lyse des tubérosités<sup>10,11,12</sup>. Par la suite de nombreuses études ont montré que la rotation externe était bien meilleure lorsque le trochiter était consolidé en position anatomique<sup>1,18,19</sup>.

Bien que souhaitable, la consolidation des tubérosités chez les patients âgés, avec une mauvaise qualité osseuse, reste difficile. Le résultat des hémiarthroplasties dans le traitement des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus a été décevant initialement, du fait de l'utilisation de prothèses « classiques » à fort encombrement latéral. Ceci rend difficile le bon positionnement et la consolidation des tubérosités. Une étude récente a montré le bénéfice d'un dessin spécifique d'hémiarthroplastie pour les fractures<sup>15</sup>. L'utilisation de cette tige fracture spécifique permet de doubler le taux de consolidation des tubérosités par rapport à une tige conventionnelle. Basé sur ces résultats cliniques et anatomiques, des principes de conception similaires ont été appliqués lors de l'élaboration d'un nouvel implant huméral pour la prothèse inversée-fracture (tige Aequalis<sup>TM</sup> Tornier). Cette nouvelle tige de prothèse inversée fracture a été conçue pour faciliter le

positionnement anatomique (latéral) du trochiter, laisser une place suffisante pour une greffe osseuse proximale et améliorer la consolidation des tubérosités.

Le but de cette étude était d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques à un suivi minimum de deux ans après l'implantation de ce nouvel implant chez des patients âgés atteints de fractures déplaçées de l'extrémité proximale de l'humérus. L'hypothèse était que le positionnement anatomique des tubérosités et leur fixation optimale, associé à une meilleure ostéo-intégration de la prothèse permet d'obtenir une bonne consolidation des tubérosités. Cette dernière permet d'améliorer les mobilités post-opératoires, notamment en rotation externe et de diminuer les complications de ce type de chirurgie.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### ***Conception de l'étude***

Une étude de cohorte prospective continue multicentrique (Nice, Nancy, Tours, Strasbourg) a été réalisée. Les patients présentant une fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus déplaçée à 3 et 4 fragments, selon la classification de Neer, de plus de 70 ans et ayant été opéré entre Juillet 2008 et Avril 2011 ont été inclus. Ils ont été revus à un an et à deux ans post-opératoire avec un bilan clinique et radiologique pour pouvoir évaluer la pérennisation des résultats. Les patients présentant une infection locale ou une paralysie du nerf axillaire en préopératoire ont été exclus, ces deux problèmes étant des contre-indications absolues à la mise en place de cette prothèse.

### ***Patients***

Entre Juillet 2008 et Avril 2011, 76 patients consécutifs (77 épaules) de 70 ans ou plus ayant présenté une fracture de l'extrémité proximale de l'humérus ont bénéficié d'un traitement chirurgical par une prothèse totale d'épaule inversée fracture. Cette population était composée de soixante-huit femmes et huit hommes. L'âge moyen au moment de la fracture était de 80ans (70-88).

Au recul de un an, 49 patients soit 50 épaules ont pu être évalués. Douze patients sont décédés (15%) au cours de la première année post-opératoire et 6 étaient dans un état de grabatisation avancée empêchant tout examen clinique et radiologique.

Au recul de deux ans, deux patients supplémentaires sont décédés et 3 de plus sont devenus grabataires. Au total 37 patients (38 épaules) ont pu être évalués à un recul supérieur ou égal à deux ans post-opératoire, quatorze patients sont décédés (18%), 9 sont grabataires (11.5%) et 16 sont perdus de vu. L'âge moyen à la chirurgie des 37 patients revus à deux ans de recul, était de 79 ans (70-88). L'intervalle entre le traumatisme et la chirurgie était en

moyenne 9.4 jours (1-23). Le suivi moyen était de 30.6 mois (24-48). Selon la classification de Neer, la fracture était à quatre fragments dans 36 cas, trois fragments dans 2 cas.

## ***La prothèse Aequalis™ inversée fracture***

L'implant huméral a été spécialement conçu pour : faciliter le positionnement anatomique du trochiter, accueillir une greffe osseuse proximale et améliorer ainsi la consolidation des tubérosités (Fig 1).

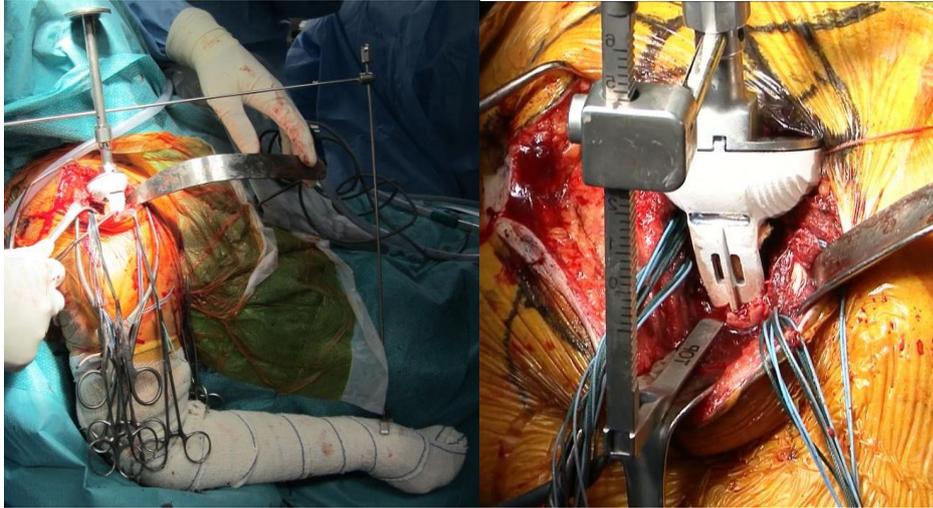
**Figure 1 : Tige Aequalis avec greffe osseuse.**



La tige monobloc est recouverte d'hydroxyapatite à son extrémité proximale pour permettre une meilleure ostéo-intégration. L'extrémité distale est lisse pour permettre de la cimenter dans la diaphyse. La partie médiane du col prothétique est lisse de façon à éviter l'abrasion des fils de suture utilisés pour l'ostéosynthèse des tubérosités. Il existe deux diamètres de polyéthylène, 36 mm ou 42 mm de manière à ce qu'il puisse accueillir la glénosphère sélectionnée. Le polyéthylène est disponible en trois épaisseurs : 6, 9 et 12 mm. La métaglène ainsi que la glénosphère sont les mêmes que celles utilisées dans la prothèse inversée standard. La métaglène est de 29mm de diamètre et a une longueur de plot standard de 15 mm. Une métaglène avec un plot plus long (25 mm) est disponible et peut être utilisée pour améliorer la fixation en cas de fracture de la glène associée. La glénosphère est disponible en 36mm ou en 42mm de diamètre.

L'instrumentation comprend une tige permettant la restauration de la rétroversion et une règle coulissante permettant le réglage de la hauteur de la tige (Fig 2).

**Figure2 : a/ tige de rétroversion, b/ réglette pour réglage de la hauteur des tubérosités**



## ***Technique chirurgicale***

Le patient est placé en position demi-assise. Une approche transdeltoïdienne supérieure a été réalisée dans 64 cas et une approche deltopectorale dans 13 cas.

Dans l'approche transdeltoïdienne supérieure on réalise une ostéotomie antérieure de l'acromion ce qui permet de détacher le deltoïde antérieur sans l'abimer et nous laisse le passage pour réaliser l'intervention. En fin d'intervention il est repositionné au bon endroit et fixé par des points trans-osseux.

Le tendon du sus-épineux est réséqué afin de permettre l'accès à l'intérieur de l'articulation scapulo-humérale. Le chef long du tendon du biceps est tenodésé dans sa gouttière à l'aide d'une suture à travers le ligament huméral transverse. La partie intra-articulaire du tendon est ensuite réséquée.

Deux doubles sutures tressées non résorbables sont passées à travers le tendon du muscle sous-épineux et du muscle petit rond séparément. Deux sutures temporaires sont passées à travers le tendon du muscle sous-scapulaire. Celles-ci sont ensuite utilisées en fin d'intervention comme relais des sutures du sous-épineux et du petit rond à travers le trochin.

Le fragment de la tête humérale est retiré et l'os spongieux de la tête est prélevé pour permettre la greffe osseuse en fin d'intervention.

La préparation de la glène commence par une capsulectomie périphérique, permettant la mise en place de trois écarteurs en forme de fourchette (antérieure, postérieure et

inférieure). L'écarteur inférieur est utilisé pour refouler l'humérus, offrant ainsi une vue claire et dégagée de la surface glénoïdienne.

Un guide est utilisé pour diriger une broche filetée dans la glène avec 10 ° d'inclinaison inférieur. Elle va servir de tige guide. L'alésage de la surface glénoïdienne est effectué avec un alésoir perforé inséré sur la tige guide. Un trou central de 8 mm pour le plot glénoïdien est ensuite percé. La métaglène est impactée et maintenue en place par quatre vis (deux en compression et deux de verrouillage). La glénosphère définitive est impactée et fixée à la métaglène via un cône morse et une vis. Le diamètre choisi de la glénosphère dépend de la taille du patient : une glénosphère de 36 mm de diamètre est généralement utilisé chez les femmes et celle de 42 mm chez les hommes.

La préparation humérale est ensuite effectuée avec le bras placé en adduction et rétropulsion. Des tiges de diamètre croissant sont introduites dans le canal médullaire. On retient celle qui permet le meilleur ajustement à la diaphyse.

La tige d'essai est introduite dans le canal médullaire, on vérifie ensuite sa rétroversion à l'aide du guide de rétroversion de l'ancillaire. Le guide est aligné sur l'avant-bras et une rétroversion de 20° est ainsi donnée systématiquement et avec précision à la prothèse.

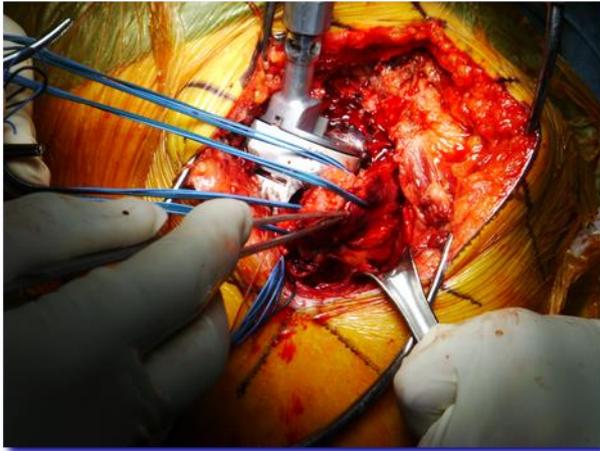
La hauteur de l'implant d'essai est vérifiée en tirant sur les sutures postérieures et en évaluant la réduction du trochiter autour de la prothèse. Celle-ci doit se faire sans tension. La hauteur optimale prothétique est atteinte lorsque le sommet de la prothèse est placé juste au-dessus de l'extrémité supérieure du trochiter (pour retrouver des repères anatomique, la hauteur du sommet de la tête humérale doit dépasser de 4-5mm la hauteur du sommet du trochiter<sup>3</sup>). La règle coulissante est ensuite utilisée pour reproduire la hauteur de la prothèse définitive.

Avant de cimenter, deux trous sont percés latéralement dans la diaphyse de l'humérus proximal et deux fils de suture sont passés à travers en prévision de l'ostéo-suture des tubérosités. Ensuite la tige humérale est cimentée en place, à l'aide d'un petit volume de ciment. Le polyéthylène d'épaisseur adaptée est mis en place.

Dans cette étude 70 patients ont bénéficié d'une taille de glénosphère de 36mm et 7 de 42mm ; 68 d'un polyéthylène de 6mm et 9 d'un polyéthylène de 9mm ; 52 d'une tige de 9mm et 25 d'une tige de 6 ou de 11.

La technique de fixation des tubérosités est identique à celle décrite lors de la mise en place d'une hémiarthroplastie<sup>4</sup>. Six points de suture sont utilisés : quatre cerclages horizontaux et deux sutures verticales « tension-band ». Les légères modifications de la technique originale sont les suivantes: les sutures sont passées doublées afin de les renforcer et elles sont bloquées avec un nœud coulissant particulier : « le Nice Knot ». Elles sont passées autour du col de la prothèse avant la réduction. Une fois toutes les sutures passées la prothèse est réduite (Fig 3).

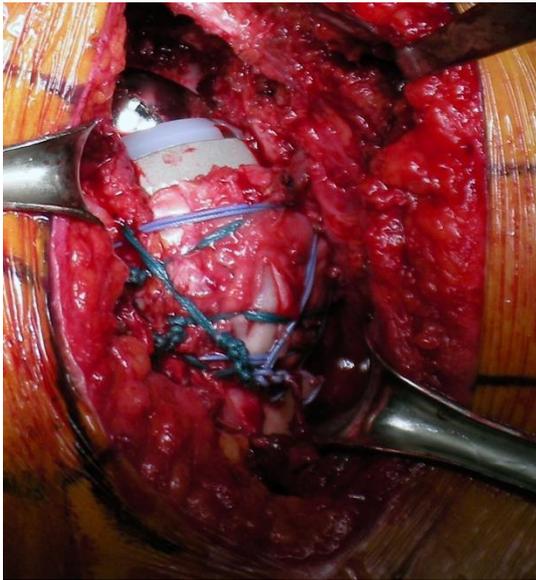
**Figure 3 : Réduction des tubérosités autour de la prothèse**



Le blocage des fils de sutures des tubérosités est effectué le bras placé en rotation neutre. Le trochiter est saisi sans traumatisme et maintenu en traction tandis que le bras est porté en légère rotation externe. Deux des quatre sutures passées autour du col de la prothèse sont liées et réalisent deux cerclages horizontaux qui fixent le trochiter latéralement sur la prothèse.

Les deux sutures horizontales restantes sont ensuite passées à travers le tendon sous-scapulaire en utilisant les sutures temporaires placées précédemment. En liant ces deux points de suture autour des tubérosités deux autres cerclages horizontaux sont créés, refermant de manière efficace « le livre » des tubérosités. Les sutures diaphysaires transosseuses sont ensuite utilisées pour améliorer et neutraliser la fixation en créant deux sutures verticales : une antérieure et l'autre postérieure. Un fil de suture est passé à travers la partie supérieure du tendon sous-scapulaire, tandis que l'autre passe à travers la partie supérieure du sous-épineux (Fig 4).

**Figure 4 : Cerclages horizontaux et haubans verticaux**



Après la fixation des tubérosités, l'amplitude des mouvements, la stabilité et la tension des tissus mous sont évalués.

Comme l'humérus proximal est médialisé, aucune tension supplémentaire n'est provoquée sur les tendons de la coiffe des rotateurs.

Le deltoïde antérieur est solidement rattaché à l'acromion utilisant des sutures non résorbables transosseuses. La fermeture de la plaie est effectuée après la pose d'un drain dans l'espace sous-acromial. A la fin de la procédure, le bras est mis dans une attelle, le plus souvent en rotation neutre.

### ***Gestion post-opératoire***

Le patient sort de l'hôpital deux ou trois jours après la chirurgie. L'immobilisation dans l'attelle est maintenue pendant quatre semaines.

L'auto-rééducation par pendulaire est démarrée immédiatement en post-opératoire (5 fois par jour, 5 minutes à chaque session). Le patient est encouragé à utiliser sa main immédiatement pour les activités de la vie quotidienne comme manger, boire, tenir un journal ou un livre, écrire, etc.

Après quatre semaines, la rééducation avec un kinésithérapeute est débutée. Le travail actif n'est envisagé qu'après avoir récupéré les mobilités passives. La balnéothérapie est encouragée. Le port de charges lourdes n'est autorisé qu'après 3 mois post-opératoire, afin de protéger la consolidation des tubérosités. La reprise du sport est autorisée entre 3 et 6 mois post-opératoire.

## ***Evaluation clinique***

Les différents items évalués étaient : les mobilités actives (élévation antérieure, la rotation interne et externe), la douleur (mesurée sur une échelle visuelle analogique (EVA) de 0 à 10), la fonction de l'épaule et la satisfaction des patients (score de constant<sup>8,9</sup>).

Le score de Constant ajusté a été calculé en pourcentage des valeurs normales de référence appariées pour l'âge et le sexe.

## ***Evaluation radiologique et scannographique***

Les radiographies de face et de profil étaient effectuées à chaque visite. La consolidation des tubérosités, la présence sur la glène d'encoche inférieure (« notch ») ou d'éperon osseux (« spur ») était étudiée. L'encoche glénoïdienne inférieure a été évaluée et classée selon le système de classification Nérot (0 = pas d'encoche, 1 = petite encoche en dessous de la vis inférieure; 2 = encoche moyenne atteignant la vis inférieure; 3 = grande encoche s'étendant au-delà de vis inférieure). L'analyse de la consolidation et du positionnement du trochiter était réalisée par trois observateurs, à l'aide de radiographies pour tous les patients ainsi qu'un scanner pour 15 d'entre eux, effectués à 12 mois et 24 mois après la chirurgie.

## ***Analyse statistique***

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel MedCalc 11.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgique). La distribution de nos données a été analysée avec le test d'Agostino - Pearson. En raison de la petite taille de l'échantillon un test non paramétrique (Mann - Whitney) a été utilisé pour déterminer les différences dans les résultats cliniques et les mobilités actives entre le groupe de consolidation anatomique des tubérosités et le groupe lyse et migration. Les différences épidémiologiques entre ces deux groupes ont été comparées à l'aide du test de Fischer exact. Le niveau de signification a été fixé à 0.05.

# **RÉSULTATS**

## ***Complications et ré interventions***

Aucune instabilité prothétique, ni infection n'ont été observée. Il n'y a pas non plus eu de complication tardive ayant nécessité une reprise chirurgicale. Seulement deux complications précoces sont survenues : un patient avec un hématome (chute au quinzième jour post-opératoire) et un patient avec une embolie pulmonaire (au deuxième jour post-opératoire) ; traitées médicalement avec succès.

## Résultats cliniques

Le résultat fonctionnel comparatif, évalué chez les 49 patients (50 épaules) à un an de recul et les 37 patients (38 épaules) à deux ans de recul, est résumé dans le tableau I.

**Tableau I : Mobilités et score de constant un an et deux ans post-opératoire**

	EAA	RE	RI	Constant
1 an N=50	129° (27-170)	23° (0-50)	5 (0-10)	62 (15-91)
2 ans N=38	135° (10-180)	25° (0-50)	5 (2-10)	62 (28-80)

Les patients revus à un an comme à deux ans ont retrouvé leur autonomie dans les activités de la vie quotidienne et tous étaient satisfaits ou très satisfaits du résultat. L'élévation antérieure active au-dessus de 90° a été rétablie dans 90% des cas, et la rotation externe active a été restaurée dans tous les cas.

L'étude de la fonction de l'épaule des patients chez qui le trochiter est consolidé en position anatomique comparé à celle des patients dont le trochiter est migré ou lysé est résumée dans le tableau II.

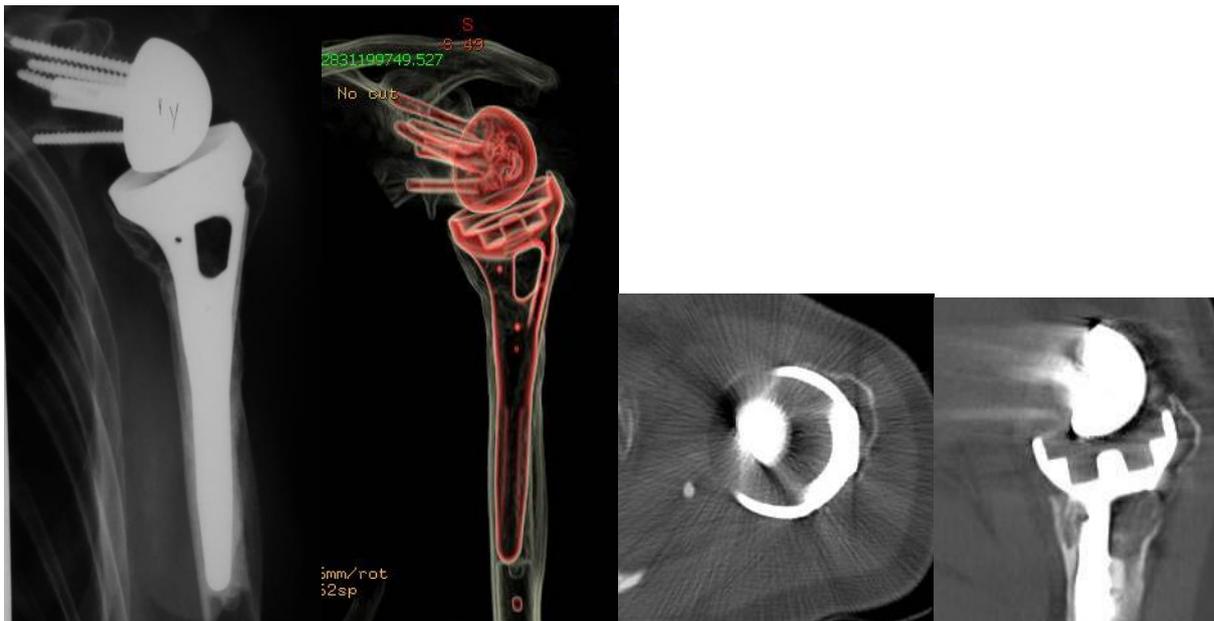
**Tableau II : Comparatif des mobilités en fonction de la consolidation des tubérosités**

	1 an de recul			2 ans de recul		
	N=50			N=38		
	Bonne position N=44	Migration Lyse N=6	p	Bonne position N=33	Migration Lyse N=5	p
EAA	133°	114°	ns	136.6°	124°	ns
RE	25°	11°	0.05	27°	13°	0.05

## Résultats radiologiques

A un an post-opératoire le trochiter est consolidé en position anatomique dans 44 cas sur 50 soit 88% des cas. Ce résultat est stable dans le temps puisqu'à deux ans post-opératoires on retrouve 87% de consolidation. Dans 4 cas, le trochiter est lysé en totalité et dans 2 cas on a observé une migration à un an post-opératoire. Ces mêmes patients se retrouvent à deux ans post-opératoire sauf un qui est devenu grabataire (Fig 5).

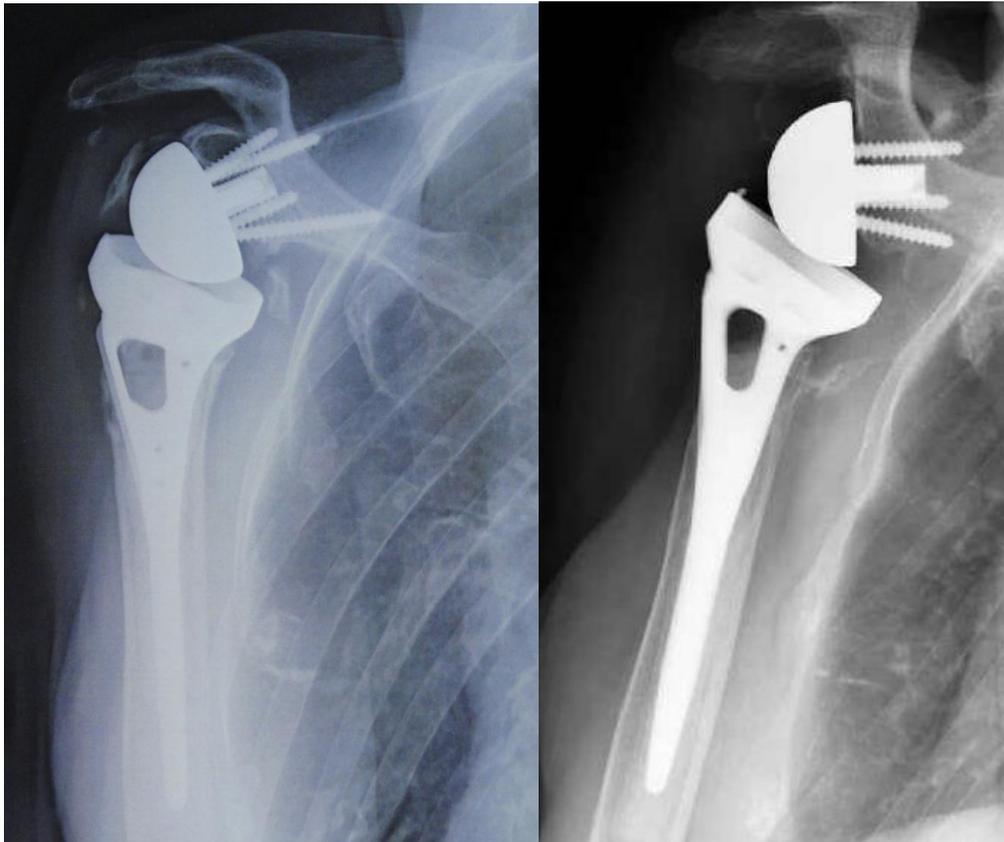
Figure 5 : prothèse inversée fracture (trochiter consolidé)



La rotation externe des patients chez qui le trochiter est consolidé en bonne position est supérieure à celle des patients chez qui le trochiter est migré ou lysé (Fig 6). Ce résultat se retrouve à un an post-opératoire et il se confirme aux deux ans post-opératoires.

Un « notch » de grade 1 est retrouvé chez 7 patients et 15 présentent un éperon glénoïdien inférieur au recul de deux ans. Parmi ces 7 patients, deux ont développé ce notch au cours de la deuxième année post-opératoire, tout comme parmi le 15 patients qui présentent un éperon glénoïdien.

Figure 6 : A/ Migration du trochiter, B/ Lyse complète du trochiter



A

B

## Résultats épidémiologiques

Tableau III : Consolidation du trochiter et facteurs associés

	Position anatomique N=33	Migration et Lyse N=5	p
Age	78.9 (70-85)	81.6 (72-88)	ns
Sexe			
F	29	5	ns
H	4	0	
Voie d'abord			
Supérieure	31	4	ns
Delto-pectorale	2	1	
Neer			
3 fragments	2	0	ns
4 fragments	31	5	

Les données comparatives des deux groupes (consolidation/non consolidation) sont résumées dans le tableau III.

Ni l'étude du délai opératoire, ni celle du score ASA préopératoire n'ont pas permis non plus de différencier les deux groupes.

## DISCUSSION

Cette étude a été réalisée afin de déterminer si cette prothèse conçue pour les fractures de l'extrémité proximale de l'humérus des personnes âgées, couplée à une technique standardisée d'ostéosynthèse des tubérosités, faciliteraient une plus grande consolidation de celles-ci et permettraient de diminuer les complications souvent rencontrées dans ce type de chirurgie. Nos résultats confirment notre hypothèse : en dépit de l'âge avancé des patients, de la physiologie affaiblie et de l'ostéoporose importante, la consolidation des tubérosités a été obtenue dans la plupart des cas permettant la restauration de la rotation externe. Aucune complication classiquement observée (instabilité, infection et ostéolyse de l'humérus proximal) après traitement par prothèse totale d'épaule inversée des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus de la personne âgée n'a été retrouvée dans cette étude<sup>10,11,12,20</sup> (les données de la littérature rapportant le taux de complications post-opératoire sont résumées dans le tableau IV).

**Tableau IV : Traitement par prothèse totale d'épaule inversée des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus**

	N	Age moyen	Tubérosités	Recul	EAA	RE	Instabilité	Infection	Décès
Gallinet et al. <sup>12</sup>	16	74	résection	12 mois	98°	9°	0	2 patients	NA
Bufquin et al. <sup>10</sup>	41	78	ostéosuture	22 mois	97°	30°	1 patient	0	NA
Cazeneuve et al. <sup>11</sup>	36	75	résection	6.6 ans	NA	NA	11%	3%	NA
Lenarz et al. <sup>16</sup>	30	77	ostéosuture	23 mois	139°	27°	0	0	1
Notre étude	38	79	ostéosuture	30 mois	135°	25°	0	0	18%

Cette étude a également permis de montrer, grâce au suivi prospectif des patients, que le résultat clinique et radiographique obtenu à un an post-opératoire restait stable à deux ans de recul.

Les muscles de la coiffe des rotateurs postérieurs jouent un rôle clé dans la restauration de la rotation externe active. La consolidation du trochiter a donc une importance capitale, même dans le cadre des prothèses d'épaule inversées posées pour une fracture. Après l'implantation de prothèses inversées pour fracture, Bufquin et al.<sup>10</sup> ont observé un déplacement secondaire des tubérosités dans 53% des cas. Il a été noté que la récupération de la rotation externe active était meilleure dans les cas où la consolidation du trochiter avait été obtenue. Sirveaux et al.<sup>18</sup> et Gallinet et al.<sup>12</sup> sont arrivés à la même conclusion en se fondant sur leur expérience.

Ce n'est pas surprenant, car bien que la prothèse inversée soit capable de restaurer l'élévation active grâce à son dessin, même lorsque le trochiter est migré ou lysé, elle ne peut pas se substituer à un déficit en muscles rotateurs externes. Comme le centre de rotation est médialisé, l'efficacité du deltoïde postérieur comme un rotateur externe secondaire est réduite. La consolidation du trochiter est donc l'un des principaux objectifs à atteindre dans l'utilisation de la prothèse inversée pour des fractures.

Plusieurs raisons existent pour rattacher les tubérosités et obtenir la consolidation osseuse. Le positionnement des tubérosités permet la restitution de la longueur humérale d'origine, rendant possible la bonne fonction de la prothèse totale inversée (tension du deltoïde optimale). La stabilité de l'articulation est améliorée en fonction de la bonne restitution de l'anatomie de l'humérus proximal diminuant ainsi le risque de luxation. La rotation externe active est obtenue, elle est cruciale pour la réalisation des activités de la vie quotidienne chez les patients âgés.

La prothèse inversée Aequalis™ (Tornier) fracture a des caractéristiques proches de celles de l'hémiarthroplastie Aequalis™ (Tornier) fracture<sup>15</sup>, un implant prouvé pour améliorer le positionnement des tubérosités et leur consolidation<sup>6,8</sup>.

La prothèse est fine, monobloc permettant de préserver au maximum le stock osseux. Les résultats de la prothèse inversée-fracture sont certainement influencés par l'expérience du chirurgien, même si cela n'apparaît pas dans les résultats de cette étude.

Basé sur notre expérience, un certain nombre de trucs et astuces importants sont à noter. L'approche transdeltoïdienne supérieure facilite la préparation de la glène et la réduction du trochiter. La restauration de la longueur humérale est cruciale, elle permet d'éviter l'instabilité prothétique et le notch glénoïdien (La métaglène doit être placée aussi bas que possible ; c'est-à-dire au ras de glène inférieure). Le trochiter doit être positionné en dehors de la prothèse mais pas postérieur (le fragment doit être maintenu sous tension, avec une pince de préhension et le bras placé en rotation externe avant que les sutures horizontales

ne soient bloquées) et la fixation des tubérosités doit être effectuée à l'aide d'une technique standardisée (en utilisant quatre doubles cerclages horizontaux et deux sutures verticales).

Après l'opération, le bras doit être placé dans une attelle en rotation neutre pour détendre les muscles rotateurs externes et réduire la tension sur le trochiter, l'auto-rééducation par pendulaire quotidien doit être commencée le lendemain de l'intervention pour éviter la raideur des tissus mous, la rotation externe active avec un kinésithérapeute doit être évitée pendant 2 mois post-opératoire.

En se basant sur les résultats de cette étude, la prothèse inversée fracture peut être considérée comme une alternative à l'hémiarthroplastie pour certains patients âgés présentant une fracture déplacée et instable de l'humérus proximal. L'utilisation de cette prothèse peut simplifier les soins post-opératoires et permettre une récupération plus rapide.

Des résultats plus prévisibles et stables dans le temps, une meilleure fixation du trochiter, et une meilleure consolidation des fractures sont possibles. Cela est particulièrement le cas pour les patients âgés de plus de 70 ans, les femmes ostéoporotiques, les patients présentant des comorbidités, une mauvaise vascularisation des tissus (les diabétiques, les fumeurs).

Les patients avec une plus grande comminution du trochiter, un os cortical fin, des fractures combinées de la glène et l'humérus et une infiltration graisseuse des muscles de la coiffe des rotateurs (stade Goutallier 3 ou 4) sont également de bons candidats pour la prothèse inversée fracture.

Cependant cette population de patients est également une population fragile, puisque près d'un tiers des patients sont soit décédés (18%), soit grabataires (11.5%) deux ans après la chirurgie.

Le taux de décès que l'on retrouve dans notre étude ne diffère pas des taux retrouvés dans la littérature. Johnell et al.<sup>14</sup> ont révélé un taux de mortalité dans la première année de 13 % chez les patients avec un âge moyen de 75 ans et de 17% dans la deuxième année. Ce taux de mortalité correspond également à celui retrouvé dans l'étude menée dans notre service de traumatologie en 2012<sup>17</sup>, puisqu'il a été retrouvé un taux de 15% à un an de la fracture.

Notre étude présente cependant certaines limites, puisqu'il n'existe pas de groupe contrôle apparié qui aurait permis de comparer les résultats de la prothèse inversée fracture versus l'hémiarthroplastie fracture et le traitement orthopédique. Nous disposons tout de même de plusieurs points forts. Il s'agit d'une étude prospective et multicentrique. La population de patient sélectionnée est homogène et la technique opératoire standardisée.

## CONCLUSION

La modification de la conception de l'implant, couplée avec une technique standardisée pour le rattachement des tubérosités, fournit des résultats anatomiques et fonctionnels fiables, prévisibles et stables dans le temps chez les patients âgés atteints de fractures déplacées de l'humérus proximal traités par prothèse totale inversée.

Malgré l'âge avancé des patients, la consolidation des tubérosités est observée dans la plupart des cas. Cette consolidation des tubérosités est associée à la fois à la récupération de l'élévation active au-dessus du plan de l'horizontale et de la rotation externe active.

Les complications post-opératoires rencontrées avec l'utilisation de prothèses inversées classiques (instabilité, infection) n'ont pas été observées dans cette série. Les bons résultats retrouvés nous encouragent à continuer à utiliser cette prothèse chez des patients de 70 - ans et plus, qui présentent des fractures déplacées de l'humérus proximal.

Le taux élevé de morbi-mortalité post-opératoire est à prendre en considération lors de la décision thérapeutique chez ces patients âgés.

## Références

1. P.Boileau, SG.Krishnan, L.Tinsi, G.Walch, JS.Coste, D.Mole. Tuberosity malposition and migration: Reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *J.Shoulder Elbow Surg.* 2002, 12 (5); 401-12
2. Boileau P, Neyton L. Prothèses inversées pour rupture massive de la coiffe avec ou sans arthrose: analyse critique des résultats fonctionnels. *Rev Chir Orthop.*
3. P.Boileau, G.Walch. The three dimensional geometry of the proximal humerus. Implications for surgical technique and prosthetic design 1997, 79-B; 857-65
4. P.Boileau, G.Walch. Tuberosity osteosynthesis and hemiarthroplasty for 4-part fractures of the humerus. *Tech. Shoulder Elbow Surg.* 2000
5. Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *Journal of shoulder and elbow surgery* Jan-Feb 2005;14(1 Suppl S):147S-161S
6. P.Boileau, M.Winter, A.Cikes, Y.Han, M.Carles, G.Walch, DG.Schwartz. Can surgeons predict what makes a good hemiarthroplasty for fractures? *J.Shoulder elbow surg.* 2013
7. SP.Chu, JL.Felsey, TH.Keegan, B.Sternfeld, M.Prill, CP. Quesenberg, et al. Risk factors for proximal humerus fractures. *Am.J.Epidemiol.* 2004, 160(4); 360-7
8. Constant CR, Gerber C, Emery RJ, Sojbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *Journal of shoulder and elbow surgery.* Mar-Apr 2008;17(2):355-361.
9. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* Jan 1987(214):160-164.
10. T.Buquin, A. Hersan, L.Hubert, P.Massin. Reverse soulder arthroplasty for the treatment of three-and-four part fractures of the proximal humerus in the elderly. A prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J.Bone joint Surg (Br)* 2007, 89-B; 516-20
11. JF.Cazeneuve, DJ.Cristofari. The reverse shoulder prosthesis in the treatment of the proximal humerus in elderly. *J.Bone joint Surg (Br)* 2010, 92-B; 535-9
12. D.Gallinet, P.Clappay, P.Garbuio, T.Trope, L.Obert. Fracture complexe à trois ou quatre fragments de l'humérus proximal: hémiarthroplastie ou arthroplastie inversée? Etude comparative à propos de 40 cas. *Rev. Chir.Orthop et traumatologie* 2009, 95 ; 49-56
13. Grammont PM, Baulot E. Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics.* Jan 1993;16(1):65-68.
14. Johnell O, Kanis JA, Oden A, Sernbo I, Redlund-Johnell I, Petterson C, et al. Mortality after osteoporotic fractures. *Osteoporos Int.* Jan 2004;15(1):38-42.
15. GM.Kontakis, TJ.Tosounidis, Z.Chistoforakis, AG.Hadjipavlov. Early management of complex proximal humeral fractures using the Aequalis fracture prosthesis. A two to five year follow-up report. *J.Bone joint Surg. (Br)* 2009, 91-B; 1335-40
16. C.Lenarz, Y.Shishani, C.McCuum, RJ.Nowinski, TB. Edwards, R.Gobezic. Is reverse shoulder arthroplasty appropriate for the treatment of fractures in the older patient? Early observations. *Chir. Orthop. Relat.Res* 2011, 469; 3324-31
17. A.Roux, L.Decroocq, s.El Batti, N.Bonnevialle, G.Moineau, C.Trojani, P.Boileau, F.De Peretti. Epidémiologie des fractures de l'humérus proximal traitées dans un centre de traumatologie. *Rev. Chir. Orthop et traumatologie* 2012, 98 ; 648-52

18. F.Sirveaux, O.Roche, D.Molé. Prothèse d'épaule pour fracture récente de l'humérus proximal. Rev. Chir. Orthop. et traumatologie 2010, 96 ; 748-60
19. Sirveaux F, Navez G, Favard L, Boileau P, Walch G, Mole D. Reverse prosthesis for acute proximal humerus fracture, the multi-centre study. In: Walch G, Boileau P, Molé D, editors. Reverse Shoulder Arthroplasty, clinical results - complications - revision. Montpellier (France). 2006;Sauramps Medical:73-80.
20. Wall B, Walch G. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures. Hand Clin. Nov 2007;23(4):425-430

## *Serment d'Hippocrate*

*En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.*

*Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*

## Résumé :

**Introduction:** Les patients âgés traités par prothèse totale d'épaule pour fracture de l'extrémité supérieure de l'humérus retrouvent en général une épaule indolore et une élévation satisfaisante. Cependant la consolidation des tubérosités autour de cette prothèse est difficile à obtenir chez ces patients et entraîne une perte de la rotation externe active ainsi que des complications telles que l'instabilité, l'infection ou le descellement. L'hypothèse de cette étude était que la fixation standardisée des tubérosités sur une prothèse spécifique permet d'améliorer les résultats cliniques et de diminuer les complications lors de la prise en charge des fractures de l'humérus proximal du sujet âgé.

**MÉTHODES:** Nous avons inclus 76 patients (77 épaules) dans cette étude prospective continue multicentrique. Quarante-neuf patients (50 épaules) ont pu être revus à un an post-opératoire et trente-sept d'entre eux (38 épaules) ont pu être aussi évalués à deux ans post-opératoires. Quatorze patients (18%) sont décédés et 9 (11.5%) sont devenus grabataires à deux ans de recul. L'implant utilisé était une prothèse inversée spécifique pour fracture, avec un faible encombrement (Aequalis™ Tornier). La technique chirurgicale était standardisée pour le placement de la prothèse (hauteur et rétroversion) ainsi que pour la fixation des tubérosités. Tous les patients étaient évalués cliniquement (mobilités, satisfaction, score de constant) et radiologiquement (radiographie +/- scanner) à un an et à deux ans post-opératoires.

**Résultats:** Le taux de consolidation du trochiter était de 88% (44/50) à un an post-opératoire et ne s'est pas modifié au cours de l'année suivante (86% ; 33/38). Il y a eu deux migrations et quatre résorptions du trochiter. Aucune complication ayant nécessité une reprise chirurgicale n'a été observée. L'élévation antérieure active était en moyenne 129° (27-170), la rotation externe 23° (0-50) à un an post-opératoire. Elle est restée stable à deux ans post-opératoires puisqu'on retrouve des mobilités moyennes respectives de 135° (10-180) et 25° (0-50). La consolidation des tubérosités autour de la prothèse en bonne position était associée à une meilleure rotation externe ( $p < 0.05$ ). Le score de constant était de 62 points (28-82) et 92% (43-140) pour le score de constant pondéré.

**CONCLUSION:** En dépit de l'âge avancé des patients (80 ans en moyenne) et de leur mauvaise qualité osseuse, la consolidation des tubérosités peut être obtenue de façon fiable et reproductible grâce à une technique standardisée d'ostéosuture sur une tige spécifique pour fracture. Cette consolidation a permis une restauration de l'élévation antérieure active et de la rotation externe en diminuant le taux de complications relatif à ce genre de chirurgie. Malgré tout, la population visée reste une population fragile nécessitant une évaluation préopératoire minutieuse.