

UNIVERSITÉ DU DROIT ET DE LA SANTÉ - LILLE 2

**FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année : 2013

**THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**FRACTURES COMPLEXES DE L'EXTRÉMITÉ DISTALE  
DE L'HUMÉRUS CHEZ LE SUJET ÂGÉ.  
QUEL EST LE TRAITEMENT OPTIMAL ?**

Présentée et soutenue publiquement le 12 Avril 2013

*Par Guillaume Nédellec*

**Jury**

**Président :** Monsieur le Professeur Christian FONTAINE

**Assesseurs :** Monsieur le Professeur Carlos MAYNOU

Monsieur le Docteur Guillaume WAVREILLE

Monsieur le Docteur Guillaume STROUK

**Directeur de Thèse :** Monsieur le Professeur Christophe CHANTELOT

Travail de la clinique d'orthopédie-traumatologie

CHRU Lille

# Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ANATOMIE DU COUDE</b>	<b>4</b>
2.1	ANATOMIE DESCRIPTIVE . . . . .	5
2.1.1	L'extrémité distale de l'humérus . . . . .	5
2.1.2	Architecture interne de l'humérus distal . . . . .	8
2.1.2.1	Corps de l'humérus . . . . .	8
2.1.2.2	L'extrémité distale de l'humérus . . . . .	9
2.1.3	La tête radiale . . . . .	11
2.1.4	L'ulna proximale . . . . .	12
2.1.5	Moyens de stabilité . . . . .	13
2.1.5.1	Capsule articulaire et membrane synoviale . . . . .	13
2.1.5.2	Structures ligamentaires . . . . .	13
2.1.5.2.1	Le ligament collatéral médial . . . . .	13
2.1.5.2.2	Le complexe ligamentaire collatéral latéral . . . . .	15
2.1.6	Vascularisation artérielle . . . . .	16
2.1.6.1	Vascularisation artérielle générale à partir de la partie distale du bras . . . . .	16
2.1.6.2	Vascularisation artérielle de l'humérus distal « extra-osseuse »	17
2.1.6.3	Vascularisation artérielle de l'humérus distal « intra-osseuse »	18
2.1.7	Rapports de l'humérus distal aux nerfs régionaux . . . . .	19
2.2	ANATOMIE FONCTIONNELLE . . . . .	22
2.2.1	Cinématique . . . . .	22

2.2.1.1	Mouvement de flexion-extension . . . . .	22
2.2.1.1.1	Axe de rotation . . . . .	22
2.2.1.1.2	Valgus physiologique du coude . . . . .	23
2.2.1.1.3	Amplitude de flexion-extension, facteurs limitatifs et muscles moteurs . . . . .	23
2.2.1.2	Mouvement de pronation-supination . . . . .	25
2.2.1.3	Mouvement de latéralité . . . . .	25
2.2.1.4	Secteur fonctionnel utile . . . . .	26
2.2.2	Stabilité du coude . . . . .	27
2.2.2.1	Stabilité offerte par les structures osseuses . . . . .	27
2.2.2.1.1	Articulation huméro-ulnaire : Olécrane . . . . .	27
2.2.2.1.2	Articulation huméro-ulnaire : Coronoïde . . . . .	28
2.2.2.1.3	Articulation huméro-radiale : Tête radiale . . . . .	28
2.2.2.2	Stabilité offerte par les tissus mous . . . . .	29
2.2.3	Contraintes articulaires . . . . .	29
2.2.3.1	Etudes des forces durant la flexion du coude . . . . .	30
2.2.3.2	Etudes des forces durant l'extension du coude . . . . .	32
2.2.3.3	Etude des forces de torsion : abduction et adduction . . . . .	32
2.2.3.4	Transmission des forces le long de l'avant-bras et en cas de chute	33
2.3	SYNTHÈSE . . . . .	35
<b>3</b>	<b>LES FRACTURES DE L'HUMÉRUS DISTAL</b>	<b>36</b>
3.1	EPIDÉMIOLOGIE DES FRACTURES DE L'HUMÉRUS DISTAL . . . . .	37
3.1.1	Données épidémiologiques globales . . . . .	37
3.1.1.1	Prévalence, incidence et âge moyen . . . . .	37
3.1.1.2	Recherche du type de traumatisme initial . . . . .	37
3.1.1.3	Répartition selon le type de fracture . . . . .	38
3.1.1.4	Prévalence, incidence et âge moyen chez le sujet ostéoporotique	38
3.2	PHYSIOPATHOLOGIE DES FRACTURES DE L'HUMÉRUS DISTAL . . . . .	39
3.2.1	Etude « In Vitro » . . . . .	39
3.2.1.1	Fractures supracondyliennes et transcondyliennes . . . . .	40

3.2.1.2	Fractures intercondyliennes . . . . .	40
3.2.1.3	Fractures parcellaires articulaires (capitulum) . . . . .	40
3.2.1.4	Fractures condyliennes . . . . .	40
3.2.2	Mécanismes de fractures chez le sujet ostéoporotique . . . . .	41
3.3	DIAGNOSTIC DES FRACTURES DE L'EXTRÉMITÉ DISTALE DE L'HUMÉRUS . . .	42
3.3.1	Diagnostic clinique . . . . .	42
3.3.2	Diagnostic radiologique . . . . .	43
3.4	CLASSIFICATION DES FRACTURES DE L'EXTRÉMITÉ DISTALE DE L'HUMÉRUS	45
3.4.1	Classification de Riseborough et Radin (1969) . . . . .	46
3.4.2	Classification de la S.O.F.C.O.T de Lecestre (1979) . . . . .	47
3.4.3	Classification de Mehne et Matta (1992) . . . . .	49
3.4.4	Classification de Davies et Stanley (2006) . . . . .	50
3.4.5	Classification de l'AO-OTA (2007) . . . . .	51
3.4.6	Classification des fractures articulaires frontales de Dubberley (2006) .	52
3.4.7	Quelle classification faut-il utiliser? . . . . .	54
3.5	TECHNIQUES CHIRURGICALES . . . . .	55
3.5.1	Les voies d'abord du coude . . . . .	56
3.5.1.1	Voies d'abord postérieures . . . . .	56
3.5.1.1.1	Installation et incision cutanée . . . . .	56
3.5.1.1.2	Discision du Triceps : Campbell et Gschwend . . . . .	58
3.5.1.1.3	Discision du triceps et lambeau aponévrotique en « langue » :	
	Van Gorder . . . . .	59
3.5.1.1.4	Décollement et translation du triceps : voie de Bryan-	
	Morrey . . . . .	61
3.5.1.1.5	Voie paratricipitale : Alonso-Llames . . . . .	62
3.5.1.1.6	Voies transolécrâniennes . . . . .	63
3.5.1.1.7	Voie « TRAP » : Triceps-Reflecting Anconeus Pedicle	64
3.5.1.1.8	Comparaison des différentes voies d'abord postérieures	65
3.5.1.2	Voie d'abord latérale et médiale . . . . .	67
3.5.1.2.1	Voie latérale : Kocher . . . . .	67

3.5.1.2.2	Voie médiale : Hotchkiss « over-the-top » . . . . .	68
3.5.2	Les principes d'ostéosynthèse . . . . .	69
3.5.2.1	Quel matériel et quelle position choisir? . . . . .	70
3.5.2.1.1	Deux plaques parallèles ou deux plaques orthogonales? . . . . .	70
3.5.2.1.2	Plaques à vis verrouillées ou non? Anatomiques ou non? . . . . .	71
3.5.2.1.3	Quel système d'ostéosynthèse devons-nous choisir? . . . . .	72
3.5.2.2	Principes de base et objectifs techniques . . . . .	72
3.5.2.3	Techniques opératoires et rééducation . . . . .	74
3.5.2.3.1	Etape 1 : Réduction des surfaces articulaires . . . . .	74
3.5.2.3.2	Etape 2 : Application des plaques et synthèse temporaire . . . . .	75
3.5.2.3.3	Etape 3 : Fixation distale des plaques . . . . .	77
3.5.2.3.4	Etape 4 : Mise en compression du trait supracondylien . . . . .	77
3.5.2.3.5	Etape 5 : Fixation finale . . . . .	78
3.5.2.3.6	Soins post-opératoires et rééducation . . . . .	78
3.5.3	Technique de remplacement articulaire en traumatologie - Prothèse totale de coude . . . . .	78
3.5.3.1	Indications des prothèses totales de coude en traumatologie . . . . .	79
3.5.3.2	Choix de la prothèse . . . . .	79
3.5.3.3	Techniques opératoires et rééducation . . . . .	81
3.5.3.3.1	Technique de pose en condition traumatique . . . . .	81
3.5.3.3.2	Rééducation . . . . .	84
3.5.4	Complication des fractures distales de l'humérus . . . . .	84
3.5.4.1	Complications générales . . . . .	84
3.5.4.1.1	Infectieuses . . . . .	84
3.5.4.1.2	Neurologiques . . . . .	84
3.5.4.1.3	Ossifications hétérotopiques . . . . .	85
3.5.4.1.4	Raideurs . . . . .	85
3.5.4.2	Complications propres aux ostéosynthèses . . . . .	85

3.5.4.2.1	Pseudarthrose aseptique . . . . .	85
3.5.4.2.2	Les déplacements secondaires . . . . .	86
3.5.4.2.3	Les fractures du matériel de synthèse . . . . .	86
3.5.4.2.4	Les cals vicieux . . . . .	86
3.5.4.2.5	Autres complications . . . . .	86
3.5.4.3	Complications spécifiques des prothèses . . . . .	87
3.5.4.3.1	Descellement aseptique des implants . . . . .	87
3.5.4.3.2	Fractures périprothétiques . . . . .	88
3.5.4.3.3	Faillite du matériel . . . . .	88
3.5.4.3.4	Instabilité . . . . .	89
<b>4</b>	<b>ÉTUDE DES FRACTURES DISTALES DE L'HUMÉRUS AU CHRU</b>	<b>90</b>
4.1	MATÉRIEL ET MÉTHODES . . . . .	91
4.1.1	Méthodologie . . . . .	91
4.1.2	Critère d'analyse du patient et de sa fracture . . . . .	91
4.1.3	Critères d'analyse de l'intervention . . . . .	93
4.1.3.1	Moyens thérapeutiques . . . . .	93
4.1.3.1.1	Traitement orthopédique . . . . .	93
4.1.3.1.2	Traitements chirurgicaux . . . . .	94
4.1.3.2	Evaluation clinique au dernier recul . . . . .	95
4.1.3.3	Évaluation radiologique au dernier recul . . . . .	96
4.1.3.3.1	Pour les traitements orthopédiques et pour les ostéo- synthèses . . . . .	96
4.1.3.3.2	Pour les arthroplasties . . . . .	97
4.1.4	Analyse statistique . . . . .	98
4.2	RÉSULTATS . . . . .	100
4.2.1	Présentation de la série . . . . .	100
4.2.1.1	Données épidémiologiques . . . . .	100
4.2.2	Données cliniques . . . . .	102
4.2.3	Données thérapeutiques . . . . .	105
4.2.3.1	Présentation générale . . . . .	105

4.2.3.2	Traitement orthopédique . . . . .	105
4.2.3.3	Les ostéosynthèses . . . . .	106
4.2.3.3.1	Fixateur externe . . . . .	106
4.2.3.3.2	Les ostéosynthèses . . . . .	107
4.2.3.3.3	Les prothèses totales de coude . . . . .	109
4.2.4	Résultats . . . . .	110
4.2.4.1	Traitement orthopédique . . . . .	110
4.2.4.2	Traitement chirurgical : ostéosynthèses . . . . .	111
4.2.4.2.1	Résultats des fixateurs externes . . . . .	111
4.2.4.2.2	Résultats des ostéosynthèses . . . . .	112
4.2.4.2.3	Résultats des prothèses totales de coude . . . . .	116
4.2.5	Analyse statistique . . . . .	123
4.2.5.1	Série globale . . . . .	123
4.2.5.1.1	Selon le type de fracture . . . . .	123
4.2.5.1.2	Selon l'ostéoporose . . . . .	123
4.2.5.1.3	Comparaison du score de Katz initial et final . . . . .	124
4.2.5.1.4	Influence de la voie d'abord . . . . .	124
4.2.5.1.5	Influence du temps opératoire et du délai de prise en charge . . . . .	124
4.2.5.1.6	Résultat du MEPS . . . . .	125
4.2.5.1.7	Prise d'AINS et ossifications hétérotopiques . . . . .	125
4.2.5.1.8	Comparaison des résultats du MEPS des patients repris chirurgicalement avec les patients non repris . . . . .	126
4.2.5.2	Analyse de la série ostéosynthèse . . . . .	126
4.2.5.3	Série des prothèses de Coonrad-Morrey . . . . .	131
4.2.6	Comparaison groupe ostéosynthèse / groupe prothèse . . . . .	133
4.3	DISCUSSION . . . . .	134
4.3.1	A propos des résultats de la série globale . . . . .	134
4.3.1.1	Épidémiologie . . . . .	134
4.3.1.2	Notion sur l'ostéoporose . . . . .	134

4.3.1.3	Type de fractures . . . . .	135
4.3.1.4	Lésions associées pouvant influencer les résultats . . . . .	135
4.3.1.4.1	Fractures ouvertes . . . . .	135
4.3.1.4.2	Lésions nerveuses . . . . .	136
4.3.1.5	Délai de prise en charge . . . . .	137
4.3.1.6	Quel est donc le patient type? . . . . .	137
4.3.2	A propos du traitement orthopédique . . . . .	137
4.3.3	Que pouvons nous attendre des ostéosynthèses? . . . . .	138
4.3.3.1	Les résultats . . . . .	140
4.3.3.2	A propos du choix de la voie d'abord . . . . .	140
4.3.3.3	Quel matériel choisir? . . . . .	141
4.3.3.4	A propos des complications . . . . .	142
4.3.3.5	Etudes des résultats radiologiques . . . . .	143
4.3.4	Qu'en est-il des prothèses totales de coude? . . . . .	144
4.3.4.1	Nos résultats . . . . .	144
4.3.4.2	Choix de l'implant . . . . .	144
4.3.4.3	Revue de la littérature et comparaison . . . . .	145
4.3.5	Ostéosynthèse ou Prothèse : que choisir? . . . . .	150
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>155</b>
	<b>Références</b>	<b>159</b>
<b>A</b>	<b>Classification de l'AO-OTA complète</b>	<b>173</b>
<b>B</b>	<b>Questionnaire du Quick DASH</b>	<b>176</b>
<b>C</b>	<b>Résultats radiologiques et complications</b>	<b>178</b>

# Chapitre 1

## INTRODUCTION

---

Les fractures de l'humérus distal sont souvent des fractures intra-articulaires accompagnées d'une comminution importante. En y ajoutant la complexité anatomique du coude, on comprend aisément pourquoi la prise en charge chirurgicale de ces fractures est un véritable « casse-tête » pour les orthopédistes<sup>1</sup>. Chez les sujets âgés, la qualité osseuse parfois médiocre vient alourdir la difficulté<sup>2</sup>. Enfin, pour clore le tableau, le coude est une articulation ne supportant que très mal l'immobilisation<sup>3;4</sup>.

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus restent des fractures peu fréquentes, représentant 2 % de l'ensemble des fractures de l'adulte<sup>5</sup>. Leurs nombres ne cessent d'augmenter dans les populations âgées et pourraient selon certains auteurs tripler dans les vingt ans à venir<sup>6</sup>.

Le caractère relativement rare de ces fractures crée une source de débat quant aux méthodes appropriées de traitement. Le traitement orthopédique, de part ses résultats insatisfaisants<sup>3;7;8</sup>, est maintenant abandonné. Les principes traditionnels d'ostéosynthèse à foyer ouvert restent actuellement recommandés par la communauté scientifique, avec quelques modifications techniques récentes<sup>9;10</sup>. Cependant l'ostéosynthèse ne se fait pas sans complication et sans résultats décevants. Le taux de complications reporté atteint régulièrement 30 %<sup>11;12;13;14;15</sup>. L'ostéosynthèse doit de plus être assez stable pour permettre une rééducation précoce, seule garante d'un bon résultat<sup>16</sup>. Dans le cadre de la traumatologie du sujet âgé, la comminution et la qualité osseuse peuvent rendre la synthèse tout bonnement impossible. Pour ces différentes raisons, certains auteurs plaident pour la mise en place d'une prothèse totale de coude en première intention<sup>2;5;17;18;19;20;21</sup>. Quelques études vont dans ce sens et montrent que cette option est viable. Mais cette technique chirurgicale présente elle-aussi des complications et demande des restrictions d'activités.

Le devenir des ostéosynthèses des fractures de l'extrémité distale de l'humérus est à présent bien connu. Cette remarque n'est pas vraie pour les prothèses ; les résultats et le devenir à long terme sont encore à évaluer dans le cadre de leurs utilisations en traumatologie. Enfin très peu d'études<sup>21;22;23;24;25</sup> font une comparaison des deux techniques.

Le but de cette étude est donc d'évaluer et de comparer les résultats fonctionnels à moyen terme des fractures humérales traitées orthopédiquement, par ostéosynthèses et par arthroplasties dans une population de plus de 65 ans.

Si l'on opte pour une ostéosynthèse, de nombreuses questions sont à résoudre : quelle voie d'abord utiliser ? Quel matériel faut-il employer ?

Dans le cadre des arthroplasties, est-on en droit de proposer cette technique chirurgicale ? Quel en sera le devenir ?

Ces questions permettent de définir une indication optimale à ces fractures en prenant en compte l'état de santé global du patient.

Ce travail permet aussi de réaliser une étude épidémiologique et une image de nos pratiques chirurgicales sur une période de 11 ans.

# Chapitre 2

## ANATOMIE DU COUDE

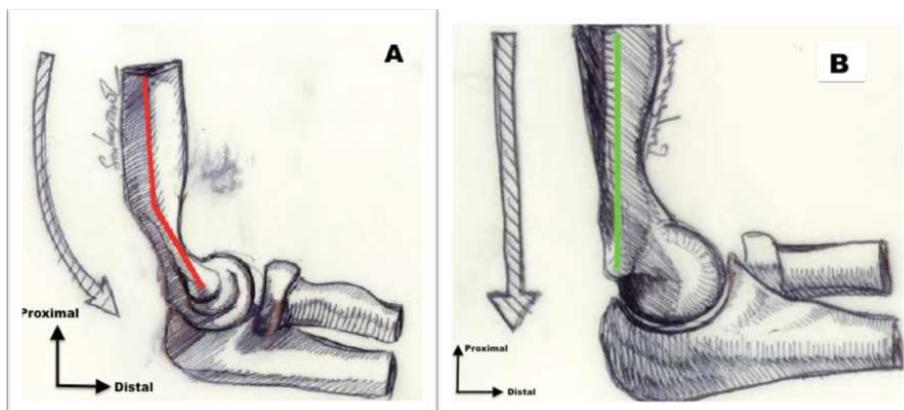
---

## 2.1 Anatomie descriptive

Le coude est un complexe articulaire ne possédant qu'une seule cavité articulaire mais composé, d'un point de vue morphologique, de trois articulations distinctes. Celles-ci permettent deux fonctions essentielles que sont la flexion-extension et la rotation de l'avant-bras ou pronation-supination. Ce chapitre propose un rappel de notions anatomiques générales principalement sur l'extrémité distale de l'humérus mais aussi, d'éléments nouveaux permettant déjà quelques digressions.

### 2.1.1 L'extrémité distale de l'humérus

L'extrémité distale de l'humérus est en continuité directe avec le corps de l'humérus. La partie distale du corps de l'humérus est triangulaire à la coupe et possède donc trois faces : une postérieure, une antéromédiale et une antérolatérale. La face antéromédiale et la face antérolatérale divergent pour former les deux piliers mécaniques (ou colonnes) de soutien de l'extrémité distale humérale. Ils donnent ainsi la forme caractéristique de l'extrémité distale de l'humérus en fourche à deux branches asymétriques<sup>26</sup>.



**Figure 2.1** – *Dessin de profil du coude (avec l'autorisation du Dr M. Soubeyrand)*

**A** : *Vue de la colonne latérale, déjetée vers l'avant*

**B** : *Vue de la colonne médiale, rectiligne*

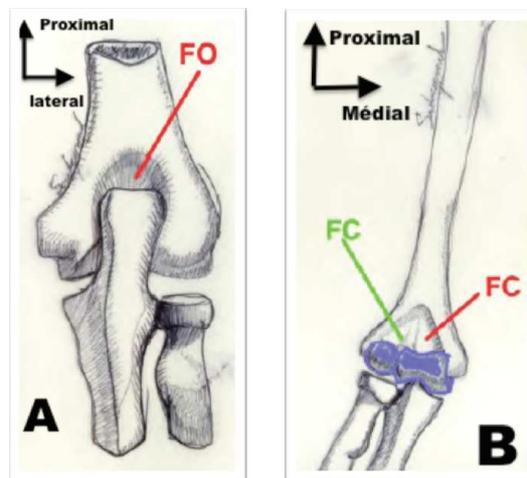
La colonne médiale (crête supracondylienne médiale) est rectiligne et se termine par l'épicondyle médial, très saillant et facilement palpable. L'épicondyle médial et la crête supracondylienne médiale sont le lieu d'insertion des muscles fléchisseurs de l'avant-bras<sup>27</sup>. La colonne latérale (crête supracondylienne latérale) est déjetée vers l'avant, plus épaisse. Elle mène à l'épicondyle latéral après avoir donné insertion au muscle brachio-radial puis au muscle long

extenseur du carpe (Fig.2.1).

L'extrémité distale de l'humérus est aplatie d'avant en arrière et recourbée légèrement en avant<sup>28</sup>. Elle présente deux portions :

- \* Une portion articulaire appelée condyle huméral
- \* Une portion para-articulaire constituée par les deux épicondyles et par trois fossettes ((Fig.2.2).

En effet, la divergence des colonnes crée une zone de faiblesse centrale constituée par la fosse olécrânienne en arrière et par la fosse radiale et coronoïdienne en avant. Ce sont des zones dépourvues de cartilage où l'épaisseur de l'os est pellucide. Il peut même y exister une perforation olécrânienne.

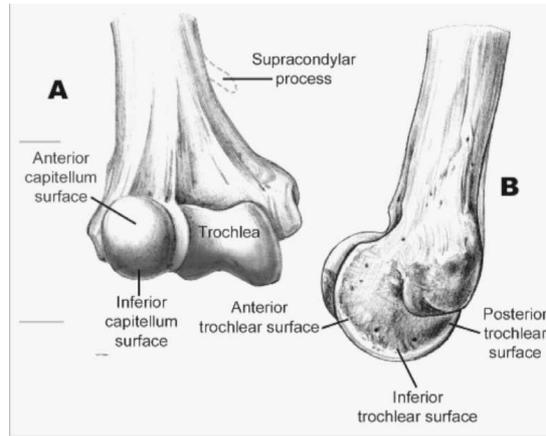


**Figure 2.2** – Dessins de face du coude (avec l'autorisation du Dr M. Soubeyrand)  
**A** : Vue postérieure avec la fosse olécrânienne (FO)  
**B** : Vue antérieure avec les fosses radiales (FC vert) et coronoïdienne (FC rouge)

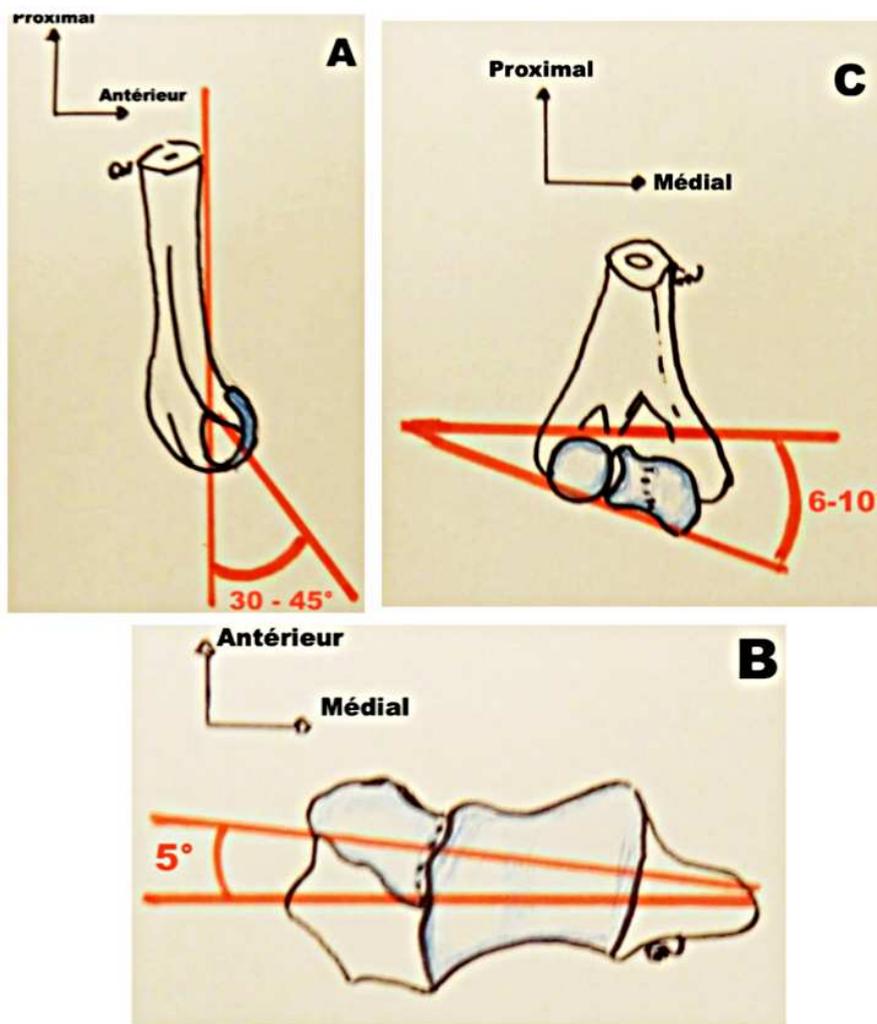
Le condyle huméral est une saillie articulaire comprenant la trochlée médiale et le capitulum latéral. Entre les deux, on trouve la zone capitulo-trochléaire (Fig. 2.3).

Le capitulum est antérieur et latéral et a la forme d'une demi-sphère quasiment parfaite. Il possède une surface articulaire répondant à la fovea radiale, exclusivement antérieure et inférieure<sup>29</sup>. La surface est recouverte de cartilage hyalin sur 2 mm d'épaisseur.

La trochlée a une forme de poulie asymétrique répondant à l'incisure trochléaire. Elle est constituée d'un versant médial large et saillant, d'un versant latéral et d'une gorge à trajet hélicoïdal dans un axe antérolatéral à postéromédial. La surface articulaire est recouverte de cartilage sur un arc de cercle de 300°<sup>30</sup>.



**Figure 2.3** – Vue antérieure **A** et Profil médial **B** de l'extrémité distale de l'humérus (d'après Bain et Mehta<sup>29</sup>)



**Figure 2.4** – Orientation angulaire du condyle huméral  
**A** : Angle d'antéversion articulaire  
**B** : Plan transversal  
**C** : Plan frontal

La zone capitulotrochléaire correspond à la surface inclinée allant du bord latéral de la trochlée au capitulum. Elle permet l'articulation avec le rebord de la fovéa radiale.

Dans son ensemble, le condyle huméral est déjeté vers l'avant et forme un angle de 30 à 45°<sup>26;31</sup> avec l'axe de la diaphyse. Dans le plan transversal, le condyle huméral est en rotation médiale d'environ 5°<sup>29;31</sup>. La surface articulaire est oblique en haut et en dedans d'environ 6° à 10°<sup>32</sup> par rapport à l'axe biépicondylien (Fig. 2.4).

## 2.1.2 Architecture interne de l'humérus distal

### 2.1.2.1 Corps de l'humérus

La corps de l'humérus est constitué d'un canal médullaire entouré d'une corticale compacte épaisse. La largeur du canal médullaire varie selon la hauteur de coupe de l'humérus et selon le sexe. En effet, chez l'homme comme chez la femme, le diamètre antéropostérieur augmente de façon significative sur une hauteur (section axiale en partant de l'épicondyle) de 100 mm. A l'inverse, le diamètre médiolatéral ne varie pas sur les 100 premiers millimètres et décroît ensuite jusqu'au point 150 mm chez l'homme. Il n'est pas noté de variations significatives chez la femme<sup>33</sup>. (voir la table 2.1).

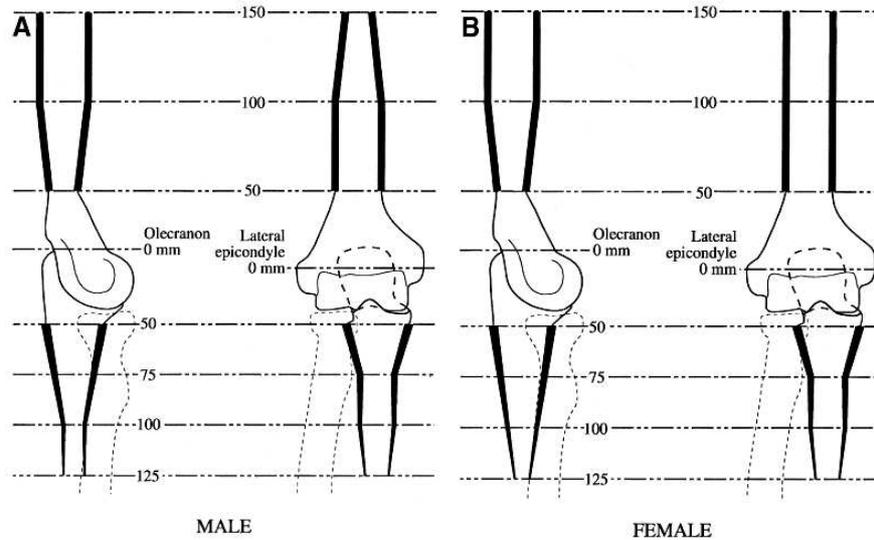
PARAMÈTRES	HAUTEUR DE SECTION AXIALE À PARTIR DE L'ÉPICONDYLE LATÉRAL (mm)	HOMME (mm)	FEMME (mm)
DIAMÈTRE MINIMAL	50	9,8	9,4
	100	12,1	9,7
	150	11,9	10,3
DIAMÈTRE ANTÉRO-POSTÉRIEUR	50	10,5	10,1
	100	13,4	13,0
	150	14,4	11,9
DIAMÈTRE MÉDIO-LATÉRAL	50	13,0	10,9
	100	12,6	10,4
	150	11,5	10,8

**Table 2.1** – *Mesure du diamètre du canal médullaire huméral distal (d'après Golberg et al.<sup>33</sup>)*

L'épaisseur des corticales ne varie pas selon la hauteur de coupe. L'épaisseur des corticales diaphysaires est, en moyenne, de 4 mm chez l'homme et de 3 mm chez la femme.

Ces données ont une implication directe lors de la pose d'une prothèse de coude ainsi que sur le dessin des tiges humérales. Le canal médullaire distal étant plus fin, c'est lui qui dictera et limitera la taille de l'implant huméral (Fig. 2.5). Il paraît donc important, afin de planifier la taille de l'implant huméral, de mesurer le diamètre du canal médullaire à sa partie distale

et sur un cliché de profil. Ceci permet de tenir compte uniquement du diamètre limitatif antéropostérieur.



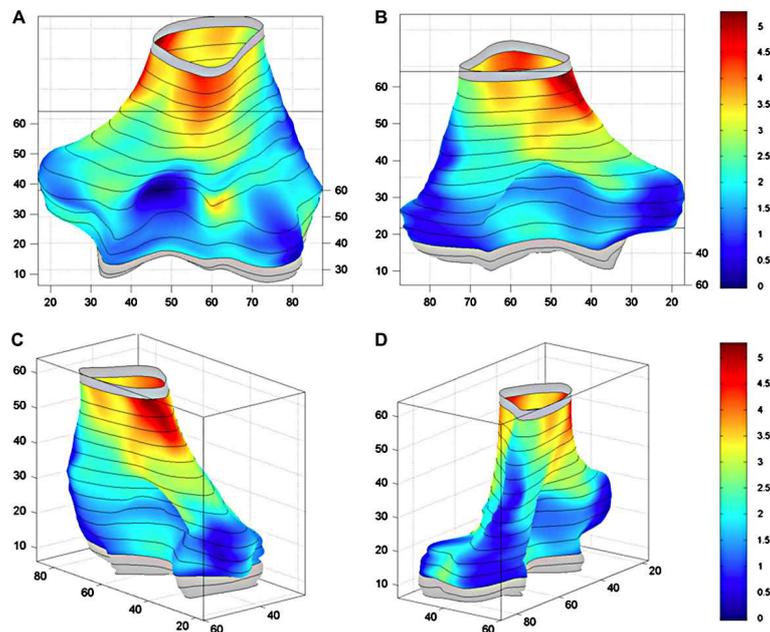
**Figure 2.5** – Diagramme schématisé représentant le diamètre huméral ainsi que l'épaisseur des corticales (d'après Golberg et al.<sup>33</sup>)

Le dessin de la tige humérale de la plupart des prothèses est effilé et conique. Cependant, ce dessin est connu pour fragiliser la partie proximale des tiges et causer pendant la polymérisation du ciment un risque accru de fracture du ciment et de descellement<sup>34</sup>. On peut donc penser qu'une tige cylindrique dont la taille serait basée sur la partie distale du canal médullaire permettrait, en étant plus épaisse et donc plus rigide, de réduire le taux de fracture d'implant reporté dans de nombreuses séries<sup>35</sup>.

### 2.1.2.2 L'extrémité distale de l'humérus

L'extrémité distale est formée d'os spongieux recouvert d'une mince couche d'os compact. La mesure de la densité minérale osseuse au niveau de l'humérus distal indique que les femmes présentent une densité inférieure à celle des hommes. Cette différence n'est pas significative<sup>36</sup>. Par ailleurs, la densité minérale osseuse décroît sensiblement de l'extrémité distale du corps huméral jusqu'à l'extrémité distale. Il existe au niveau de celle-ci, de véritables zones de faiblesse (Fig. 2.6). En effet, la mesure de la densité osseuse trabéculaire montre qu'en zone infracondylienne les densités les plus basses sont retrouvées au niveau de la colonne latérale<sup>37</sup>. La partie postérolatérale du capitulum est la zone où les valeurs les plus basses sont retrouvées<sup>38</sup>. A l'inverse, les parties antérieures, qu'elles soient latérales ou médiales, présentent les

densités les plus importantes. La colonne médiale présente une densité supérieure à la colonne latérale : en moyenne de 31 % au niveau infracondylien et de 36 % au niveau supracondylien. Des résultats comparables sont retrouvés pour la mesure de l'épaisseur corticale<sup>36</sup>.



**Figure 2.6** – Schéma de l'épaisseur des corticales de l'humérus distal (d'après Diederichs et al.<sup>36</sup>). L'épaisseur est représentée selon différentes couleurs allant du bleu foncé (épaisseur de 0 à 0,5 mm) jusqu'au rouge (épaisseur > 5 mm)

**A** : Vue antérieure

**B** : Vue Postérieure

**C** : Vue latérale

**D** : Vue médiale

A noter, l'épaisseur minimale de la corticale du capitulum et de la partie distale de la colonne latérale.

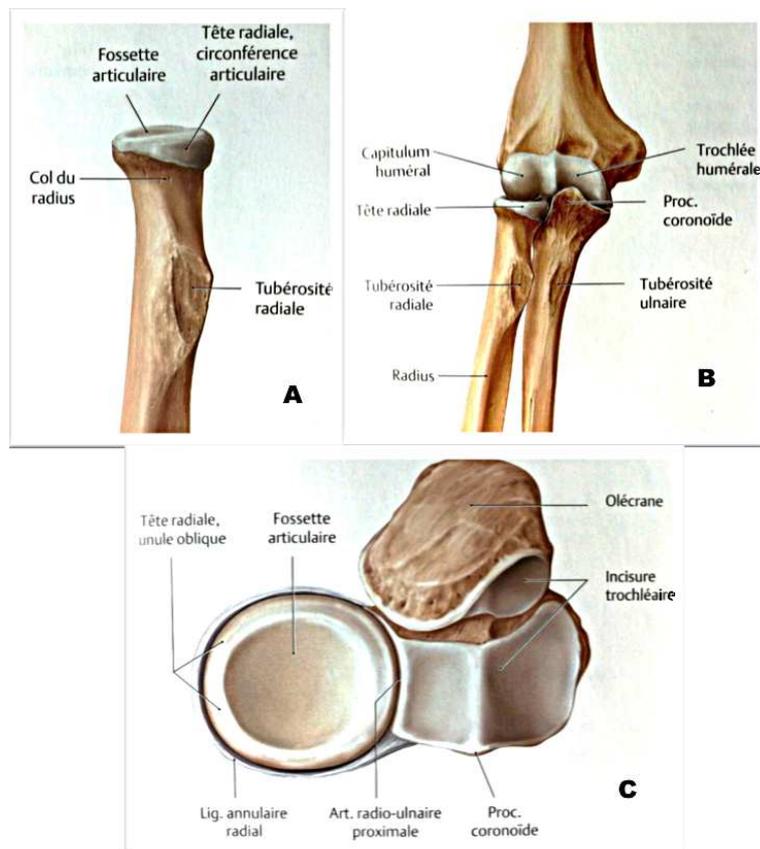
Quelles que soient les zones de l'humérus distal, les densités les plus faibles sont, en règle générale, retrouvées chez les femmes âgées.

Le concept d'hétérogénéité de densité et d'épaisseur des corticales de l'humérus distal est fondamental à comprendre. Cette analyse explique les échecs d'ostéosynthèse chez les sujets âgés. Ces notions permettent aussi d'appréhender les meilleures techniques d'ostéosynthèse.

Il est connu que la tenue des vis de synthèse est directement corrélée à la densité de l'os trabéculaire<sup>39;40</sup>. De plus, la densité minérale ainsi que l'épaisseur des corticales ne font que diminuer du corps de l'humérus vers l'articulation. C'est pourquoi, il n'est pas rare d'observer des démontages d'ostéosynthèse dans les fractures basses de l'humérus (surtout si elles sont comminutives) où il est seulement possible de placer un faible nombre (1 à 3) de vis métaphysaires. Ces démontages sont d'autant plus nombreux que les vis sont ancrées dans l'os trabéculaire de la zone du capitulum. Si on y associe le fait que la colonne latérale ne

possède pas un stock osseux suffisant pour un ancrage solide, on comprend aisément la problématique de la synthèse des fractures de l'extrémité distale de l'humérus et encore plus si l'os est porotique.

Il paraît donc logique, au vu des données architecturales, de placer la plaque soutenant la colonne latérale à la partie latérale de la colonne. Ceci rend possible la mise en place de vis longues permettant un ancrage solide dans la partie médiale en passant par la zone centrale de la trochlée. O'Driscoll recommande ce principe ainsi que l'utilisation des vis les plus longues possibles, permettant d'éviter la zone du capitulum<sup>9</sup>.



**Figure 2.7** – Tête radiale et articulation humérorradiale (d'après Schünke et al.<sup>41</sup>)

**A** : Vue antérieure de la tête radiale

**B** : Vue antérieure du coude

**C** : Vue supérieure de la tête radiale

### 2.1.3 La tête radiale

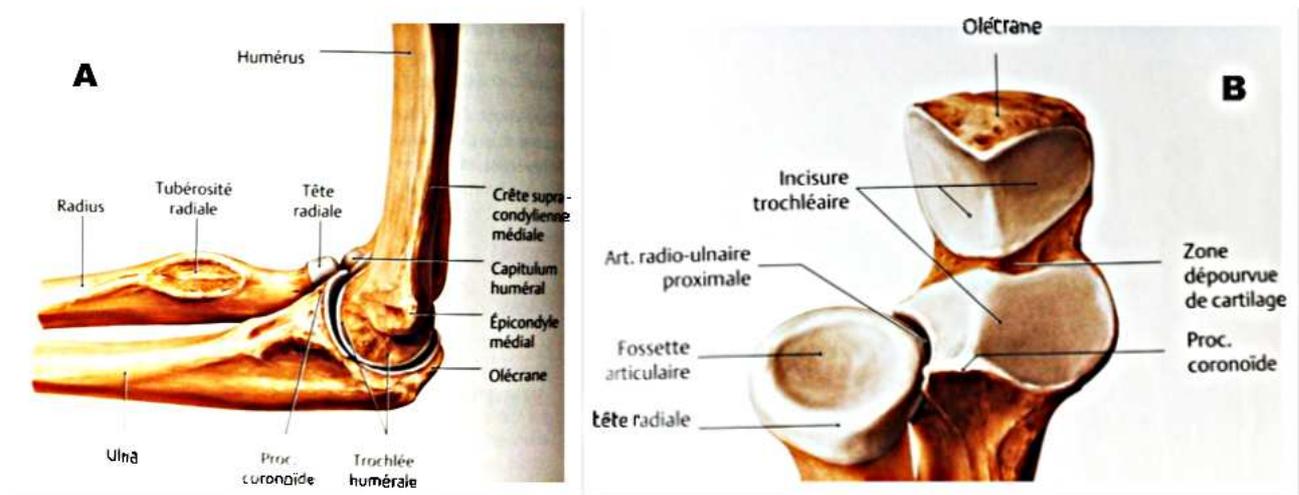
La partie proximale du radius est représentée par la tête radiale (Fig.2.7). Elle s'articule à la fois avec le capitulum et avec l'incisure radiale de l'ulna.

L'articulation humérorradiale est de type sphéroïde.

La tête correspond à un segment de cylindre imparfait, à grosse extrémité médiale. La face supérieure de la tête est excavée, recouverte de cartilage et répond au capitulum. Le rebord médial s'articule avec la zone capitulotrochléaire. La partie périphérique de la tête radiale répond au ligament annulaire et à l'incisure radiale de l'ulna et forme l'articulation radio-ulnaire proximale qui est de type trochoïde.

### 2.1.4 L'ulna proximale

L'extrémité proximale de l'ulna est volumineuse. Elle comprend le processus coronoïde et l'olécrane qui forme à eux deux la surface articulaire appelée incisure trochléaire (Fig. 2.8).



**Figure 2.8** – L'ulna proximale (d'après Schünke et al.<sup>41</sup>)

**A** : Vue médiale du coude montrant l'articulation huméro-ulnaire

**B** : Vue ventrocrâniale des os de l'avant-bras mettant en évidence la complexité de l'incisure trochléaire

Cette concavité s'articule avec la trochlée humérale en une articulation de type ginglyme « . C'est le miroir du diabol ».

Elle présente deux versants : latéral et médial séparés par une crête longitudinale mousse qui répond à la gorge trochléenne. Il existe un sillon transversal sans cartilage à la jonction des surfaces verticales (olécrane) et horizontales (processus coronoïde).

L'incisure trochléaire est déjetée vers l'arrière de 30° et réalise un angle en valgus de 4° par rapport au corps de l'os ulnaire. L'orientation de la surface de 30° vers l'arrière répond à celle de l'humérus de 30° vers l'avant, permettant ainsi une congruence parfaite et donc une stabilité optimale en extension<sup>42</sup>.

## 2.1.5 Moyens de stabilité

Les moyens de stabilité au niveau du coude sont constitués de :

- La congruence articulaire (moyen passif de stabilité)
- La capsule et les ligaments (moyen passif de stabilité)
- Les éléments musculotendineux (moyen actif de stabilité)

### 2.1.5.1 Capsule articulaire et membrane synoviale

La capsule articulaire forme un manchon fibreux autour de l'articulation du coude. Elle s'insère à proximité du cartilage articulaire, excepté au niveau de la coronoïde, du col du radius, des fosses : coronoïdienne, radiale et olécrânienne. La capsule antérieure est la plus résistante et est tendue en extension. Elle intervient principalement dans la stabilité du coude en traction lorsque le coude est en extension.

La capacité maximale du coude se situe aux alentours de 60° de flexion où elle est de 25 à 30 mL<sup>31</sup>.

### 2.1.5.2 Structures ligamentaires

#### 2.1.5.2.1 Le ligament collatéral médial (Fig. 2.9A et 2.10B)

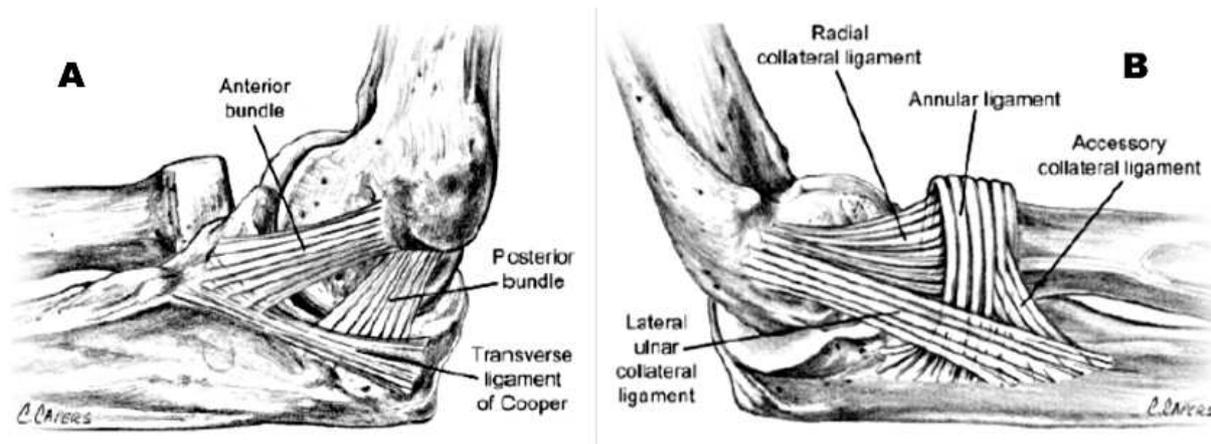
Il est composé de 3 faisceaux : antérieur, postérieur et transverse.

Le faisceau antérieur est la partie la plus importante et la plus résistante<sup>43</sup> du ligament collatéral médial (biomécaniquement). Il peut lui même être subdivisé en 2 parties :

- Un fascicule antérieur extracapsulaire, long, inséré à la face inférieure de l'épicondyle médial jusqu'à la face médiale du processus coronoïde.
- Un fascicule postérieur, intracapsulaire, court, inséré à la partie distale de l'épicondyle médial jusqu'à la face médiale du processus coronoïde le long de l'insertion capsulaire.

Le faisceau antérieur se termine au niveau de la partie médiale du processus coronoïde en débordant légèrement sur l'ulna. Il mesure environ 27 mm de longueur et 4 à 5 mm d'épaisseur<sup>29</sup>.

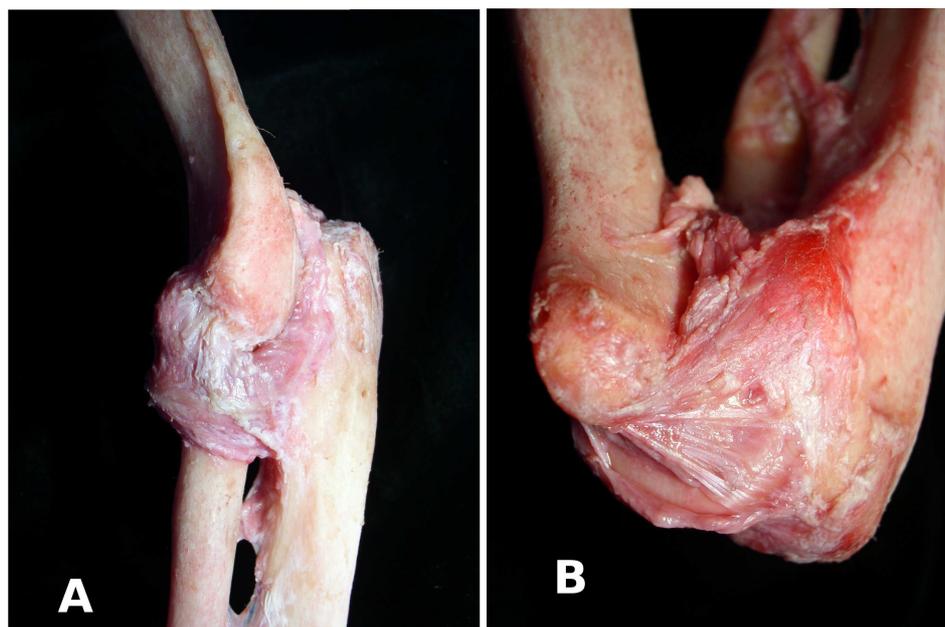
Le faisceau postérieur (de Berdinet) du ligament collatéral ulnaire naît de l'épicondyle médial, en position inférieure et postérieure à l'axe de rotation du coude. Il s'étale en éventail sur le bord médial de l'olécrane. Il est tendu en flexion<sup>44</sup>. Il mesure 24 mm sur 5-6 mm. Ce



**Figure 2.9** – Les plans ligamentaires médiaux (A) et latéraux (B) du coude en vue de profil (d'après Bain et Metha<sup>29</sup>)

faisceau est le plancher du canal dans lequel glisse le nerf ulnaire.

Le faisceau arciforme (de Cooper) est tendu de la coronoïde à l'olécrane. Il ne contribue probablement pas à la stabilité du coude au vu de ses insertions uniquement ulnaires mais contient un grand nombre de récepteurs proprioceptifs. Ils renseignent sur les contraintes d'ouverture de l'incisure trochléaire.



**Figure 2.10** – Photographies du complexe ligamentaire collatéral latéral (A) et ligament collatéral médial (B) – Laboratoire d'anatomie de Lille / Pr C. Fontaine (avec l'autorisation du Dr G. Wavreille)

Ainsi le ligament collatéral médial via ses différentes parties est constamment tendu au cours de la flexion-extension. Le ligament collatéral ulnaire est le principal frein aux contraintes en valgus entre 20° et 120° de flexion. Le faisceau antérieur se tend de l'extension complète à

85° de flexion. Le faisceau postérieur est en tension au delà de 55° de flexion<sup>45</sup>. La congruence articulaire est le stabilisateur principal de ces contraintes en valgus sous 20° de flexion et au dessus de 120° de flexion. La section isolée du ligament collatéral médial provoque une instabilité majeure du coude en valgus quelque soit le degré de pronation-supination. L'instabilité est d'ailleurs la plus importante aux alentours de 70° de flexion<sup>46;47</sup>.

#### **2.1.5.2.2 Le complexe ligamentaire collatéral latéral (Fig. 2.9B et 2.10A)**

La description anatomique du plan ligamentaire latéral du coude est moins uniforme que celle du ligament collatéral ulnaire<sup>48</sup>. Cependant, il est admis qu'il soit composé de quatre structures distinctes<sup>49</sup> :

- le ligament radial collatéral latéral,
- le ligament ulnaire collatéral latéral,
- le ligament annulaire du radius,
- le ligament accessoire collatéral latéral.

Cette structure ligamentaire doit être décrite comme un «  $\Delta$  ».

Le ligament radial collatéral latéral ou faisceau antérolatéral débute au niveau de l'épicondyle latéral, ses fibres se mélangent sans distinction avec le ligament annulaire. Il renforce donc la face latérale du ligament annulaire du radius.

Le ligament annulaire du radius, fibrocartilage, représente la base du triangle. Il est tendu entre les bords antérieur et postérieur de l'incisure radiale de l'ulna. Il entoure la tête radiale sans s'y insérer. C'est un stabilisateur du coude aux mouvements de varus et de valgus<sup>50</sup>.

Le ligament accessoire collatéral latéral possède une insertion avec des fibres communes à celles du ligament annulaire et se termine sur la crête supinatrice. Sa fonction est la stabilisation de la tête radiale dans son logement lors des mouvements de varus forcés.

Enfin, le ligament ulnaire collatéral latéral ou faisceau postérieur est composé de deux parties<sup>51</sup>. Une première partie s'insère sur l'épicondyle latéral et va jusqu'au ligament annulaire où ses fibres se confondent avec lui<sup>52;53</sup>. La deuxième partie débute au ligament annulaire et se poursuit jusqu'à la crête du muscle supinateur. Il est recouvert par le muscle anconé dont le rôle stabilisateur dynamique postérolatéral et organe proprioceptif semblent être sous-estimés. Ce ligament est le stabilisateur latéral principal de l'articulation huméro-ulnaire. Il contribue fortement à la stabilité du coude dans les mouvements rotatoires et en varus. O'Driscoll a

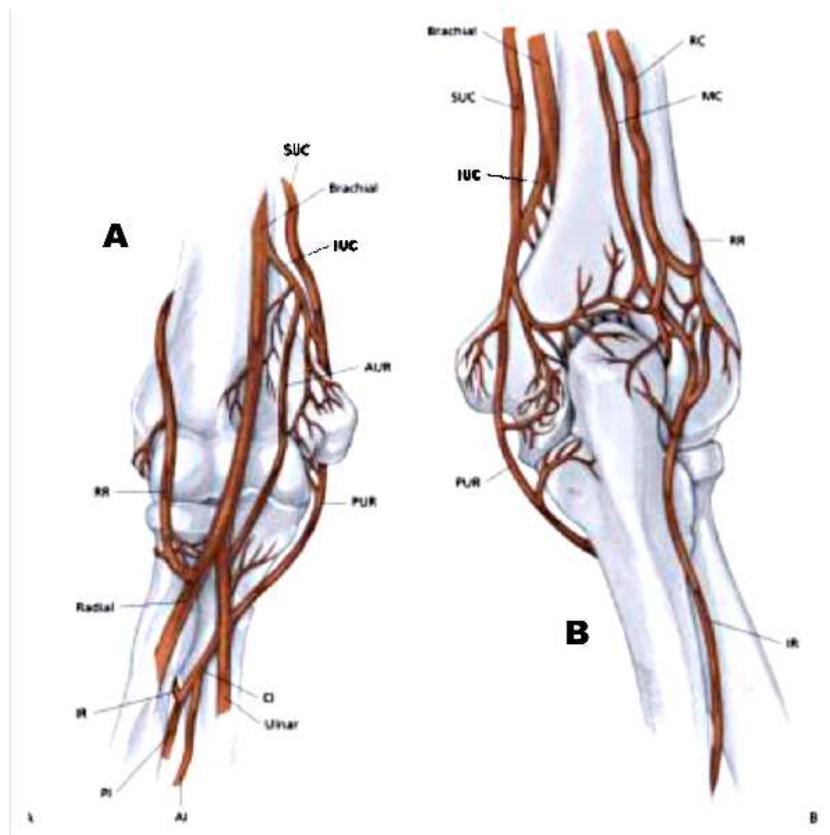
démonstré que sa lésion développait à elle seule une instabilité rotatoire postérolatérale<sup>54</sup>.

## 2.1.6 Vascularisation artérielle

### 2.1.6.1 Vascularisation artérielle générale à partir de la partie distale du bras

La vascularisation du coude est bien connue et s'organise selon un schéma cohérent basé sur trois arcades artérielles : médiale, latérale et postérieure<sup>55</sup>.

Le réseau péri-articulaire médial est formé par la réunion des artères collatérale ulnaire supérieure et collatérale ulnaire inférieure, branches collatérales de l'artère brachiale. Elles s'anastomosent au-dessus de l'épicondyle médial avec les rameaux antérieurs et postérieurs de l'artère récurrente ulnaire, branche collatérale de l'artère ulnaire.



**Figure 2.11** – Vascularisation artérielle extra- et intra-osseuse du coude, vue antérieure d'un coude droit (A) et vue postérieure d'un coude droit (B). (d'après Doyle et al.<sup>56</sup>)

**A.** SUC : Collatérale ulnaire supérieure. IUC : Collatérale ulnaire inférieure. AUR et PUR : Récurrente ulnaire antérieure et postérieure. CI : interosseuse commune. AI et PI : branches interosseuses antérieure et postérieure. RR : Récurrente radiale

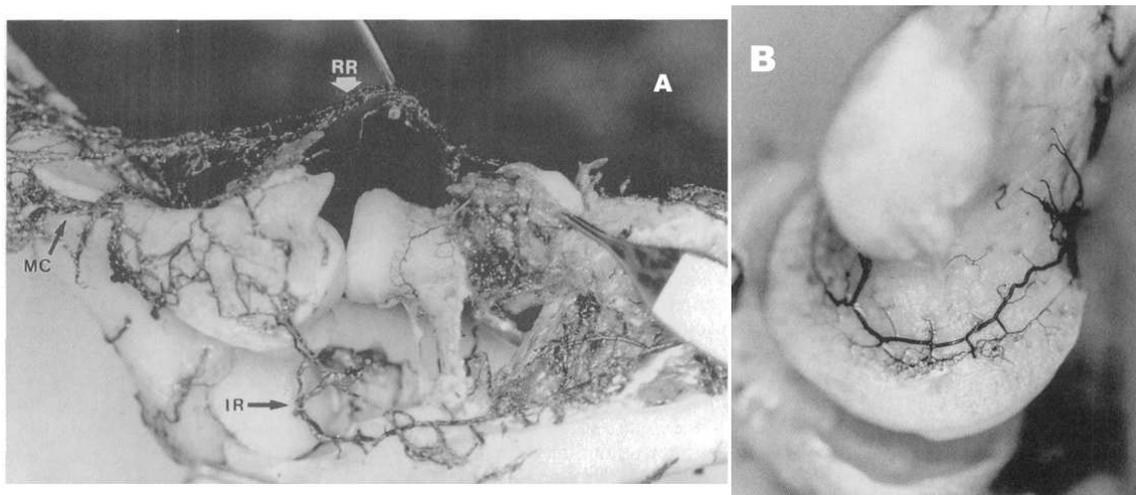
**B.** : RC et MC : Branches collatérales radiale et médiale. IR : Récurrente interosseuse

Le réseau péri-articulaire latéral est formé par les artères collatérale moyenne et collatérale radiale, branches descendantes de l'artère brachiale profonde. Celles-ci s'anastomosent avec

l'artère récurrente radiale, branche ascendante collatérale de l'artère radiale et par l'artère interosseuse récurrente, branche ascendante de l'artère interosseuse postérieure. Cette anastomose est localisée à la face postérieure de l'épicondyle latéral.

L'anastomose supra-olécraniennne ou arcade postérieure est formée par la réunion proximale des artères collatérales moyenne, ulnaire supérieure et radiale et par l'arrivée distale de l'artère récurrente interosseuse<sup>56</sup> (Fig.2.11).

### 2.1.6.2 Vascularisation artérielle de l'humérus distal « extra-osseuse »



**Figure 2.12** – Photographies de coude cadavérique après injection artérielle de latex et débridement chimique (d'après Yamaguchi et al.<sup>55</sup>)

**A.** Vue latérale du coude. IR : artère récurrente interosseuse. RR : artère récurrente radiale. MC : artère collatérale moyenne.

A noter : les artères perforantes à la partie postérieure de l'épicondyle latérale

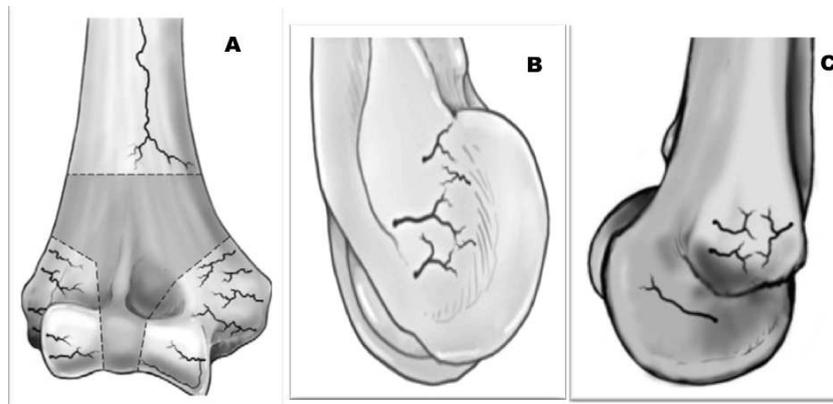
**B.** Vue de la trochlée. A noter : Le cercle artériel formé par l'artère collatérale ulnaire inférieure

L'épicondyle latéral reçoit des branches antérieures provenant de l'artère collatérale radiale et des vaisseaux postérieurs provenant de l'anastomose péri-articulaire latérale<sup>55</sup> (Fig. 2.12A). L'épicondyle médial présente un schéma similaire avec des branches antérieures issues de l'artère collatérale ulnaire inférieure et postérieure provenant du réseau péri-articulaire médial.

Le capitulum est uniquement alimenté par des branches postérieures issues du réseau péri-articulaire latéral. Quant à la trochlée, celle-ci est irriguée par l'artère collatérale ulnaire inférieure qui descend de manière circonférentielle à la partie médiale de la trochlée pour s'anastomoser avec l'artère collatérale ulnaire supérieure (Fig.2.12B).

### 2.1.6.3 Vascularisation artérielle de l'humérus distal « intra-osseuse »

Un vaisseau unique large, l'artère nourricière de l'humérus (d'un diamètre supérieur à 0,75 mm) pénètre la corticale antéromédiale du corps de l'humérus à environ 11,4 cm de l'épicondyle médial. Il n'existe pas de vaisseaux perforants postérieurs. Ce vaisseau chemine en position intra-osseuse et se termine à 3-4 cm de la fosse olécranienne<sup>57</sup>. Des vaisseaux provenant de cette unique artère divergent vers les épicondyles. Leurs terminaisons surviennent avant l'entrée des vaisseaux perforants des épicondyles. La colonne métaphysaire médiale reçoit des vaisseaux perforants par sa partie antérieure (par le cercle artériel vu précédemment) et postérieure (rapport de 2/1) (Fig. 2.12B et 2.13A) alors que la colonne latérale ne reçoit ses vaisseaux que par sa partie postérieure (Fig. 2.13B et 2.14A).



**Figure 2.13** – Vue schématique de la vascularisation intra-osseuse de l'humérus distal. (d'après Kimball et al.<sup>57</sup>)

**A** antérieure

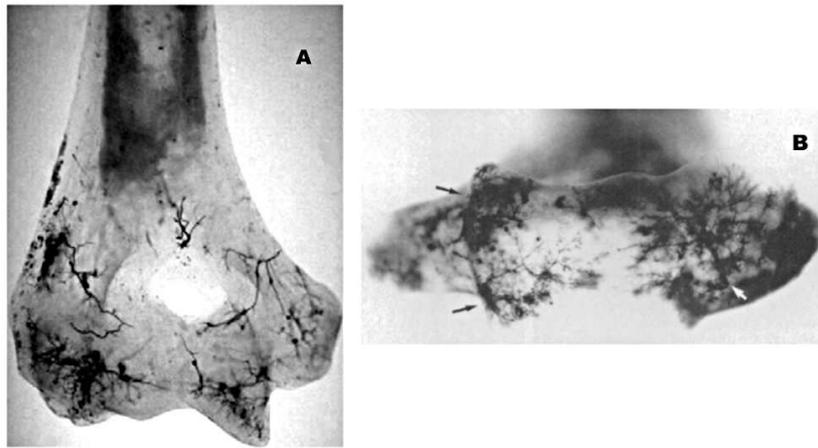
**B** latérale

**C** médiale

Noter la zone hypovasculaire (gris foncé) entre les condyles. Sur la vue latérale, l'entrée postérieure des perforantes

Il existe des artères perforantes très distales pénétrant l'épiphyse médiale et cheminant dans la trochlée, sans aucune anastomose avec les perforantes de la colonne médiale. Les artères intra-osseuses vascularisent une zone bien précise et n'ont que très peu d'anastomoses. Ceci explique l'existence de zones hypovasculaires. Celles-ci se situent entre la perforante diaphysaire et les artères perforantes métaphysaires (zone supracondylienne) mais aussi au niveau de la partie centrale de la trochlée (Fig. 2.13A, 2.14A et 2.14B).

Il est important de savoir que la nutrition artérielle de l'humérus distal ne dépend que d'une seule artère diaphysaire et de vaisseaux perforants segmentaires antérieurs ou postérieurs pour



**Figure 2.14** – Photographie de l’humérus distal sur os cadavérique après injection de latex et d’encre de chine. Préparation des échantillons par la technique de Spalteholtz modifiée.

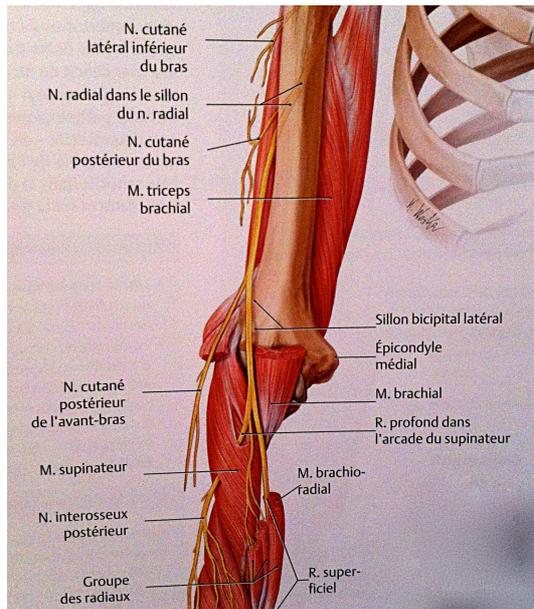
**A** : Vue postérieure (d’après Kimball et al.<sup>57</sup>) où l’on peut noter la prédominance postérieure de la vascularisation latérale, ainsi que la zone hypo-vasculaire entre les deux colonnes

**B** : Vue axiale (d’après Yamaguchi et al.<sup>55</sup>). La partie médiale de la trochlée est vascularisée par des artères de petits calibres en comparaison à la partie latérale. Il n’existe pas d’anastomose ce qui explique la zone quasi-avasculaire au niveau de la gorge de la trochlée.

les parties médiales et latérales. Ceci peut expliquer la fréquence non nulle des pseudarthroses humérales (2 à 5 %) <sup>31</sup> ou nécroses <sup>58</sup> survenant dans l’immense majorité des cas dans les zones hypovasculaires. Par ailleurs, il convient d’être prudent, au vu de ces données, au déperiochage intempestif lors du traitement chirurgical des fractures de l’humérus distal pouvant être source de iatrogénie.

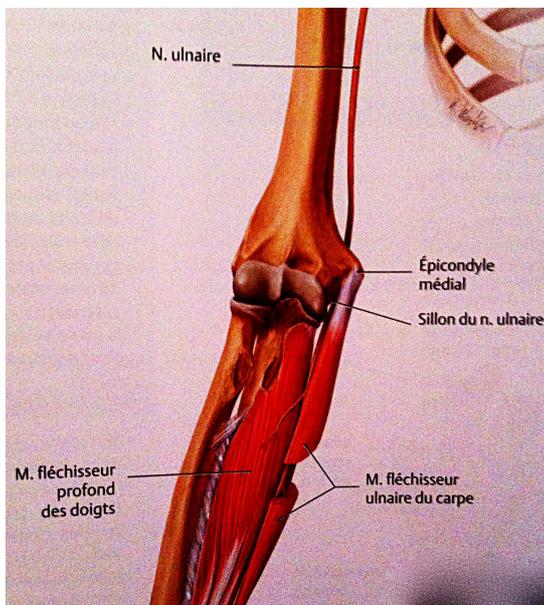
### 2.1.7 Rapports de l’humérus distal aux nerfs régionaux

Je ne donnerai ici qu’un aperçu connu des trajets nerveux autour du coude, étayé par des dessins anatomiques (Fig. 2.15 à 2.18). Toutefois, il est important de noter que le nerf le plus fréquemment lésé dans le cadre des fractures distales de l’humérus est le nerf ulnaire.



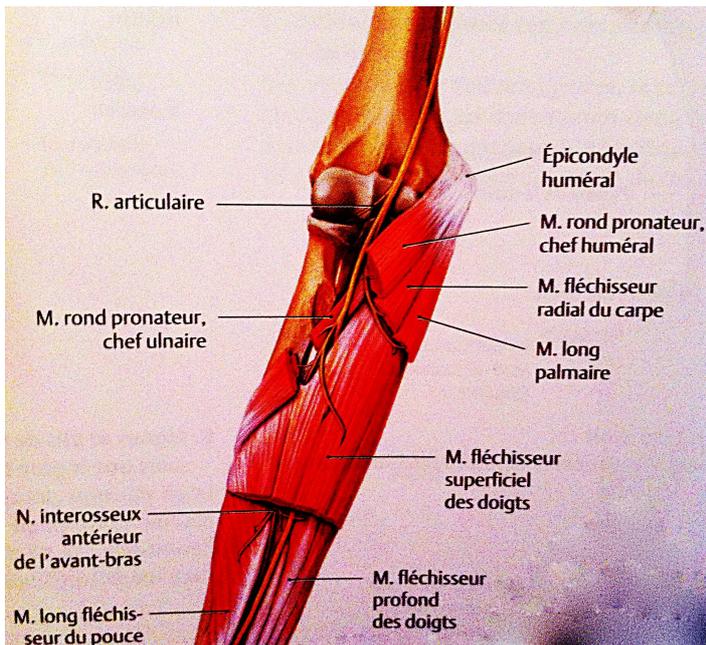
*A la partie moyenne du bras, le nerf radial se situe à la face postérieure de l'humérus dans le sillon du nerf radial. Après avoir traversé le septum intermusculaire latéral, environ à 10 cm de l'épicondyle latéral, il passe entre le muscle brachioradial et le muscle brachial (sillon bicipital latéral) et se divise en rameau profond et superficiel. Le rameau profond traverse le muscle supinateur entre ses deux faisceaux et se termine par le nerf interosseux postérieur. Le rameau superficiel chemine sous le muscle brachioradial jusqu'au tiers distal de l'avant-bras où il passe sur la face dorsale pour se résoudre en rameaux cutanés.*

**Figure 2.15** – Trajet du nerf radial (d'après Schünke et al.<sup>41</sup>)



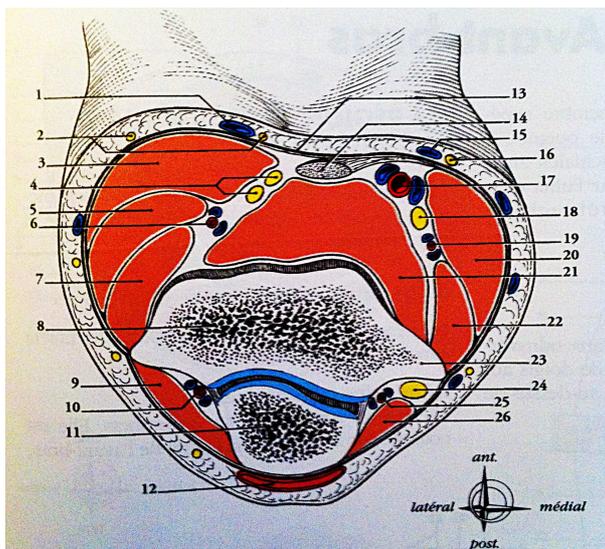
*Le nerf ulnaire traverse le septum intermusculaire médial à la partie moyenne du bras puis chemine entre le septum et le chef médial du triceps brachial. Il gagne le coude qu'il parcourt du côté médial, enfoui dans le sillon du nerf ulnaire derrière l'épicondyle médial. Puis il s'engage sous l'arcade unissant les deux chefs du muscle fléchisseur ulnaire du carpe pour rejoindre l'avant-bras et gagner, sous ce dernier muscle, le carpe.*

**Figure 2.16** – Trajet du nerf ulnaire (d'après Schünke et al.<sup>42</sup>)



*Le nerf médian passe dans le sillon bicipital médial au-dessus de l'artère brachiale et rejoint l'avant-bras entre les deux chefs du muscle rond pronateur.*

**Figure 2.17** – Trajet du nerf médian (d'après Schünke et al.<sup>41</sup>)



- 2 : rameaux du nerf musculo-cutané
- 4 : rameaux profond et superficiel du nerf radial
- 16 : nerf cutané médial de l'avant-bras
- 18 : nerf médian
- 24 : nerf ulnaire

**Figure 2.18** – Coupe au niveau du coude (d'après Kamina<sup>28</sup>)

## 2.2 Anatomie fonctionnelle

Le coude est l'articulation du membre supérieur permettant la jonction mécanique entre le bras et l'avant-bras. La main, extrémité active, peut donc grâce au coude, être portée plus ou moins loin du corps. Cette articulation est nécessaire dans nos activités quotidiennes qu'elles soient professionnelles ou de loisirs. Il faut donc que le coude soit à la fois mobile et stable. Mais l'articulation du coude rentre aussi en jeu dans des fonctions essentielles comme l'alimentation. En effet, la flexion du coude permet de porter la main à la bouche. On voit donc rapidement l'implication que peut avoir cette articulation sur le niveau de dépendance des patients traumatisés du coude.

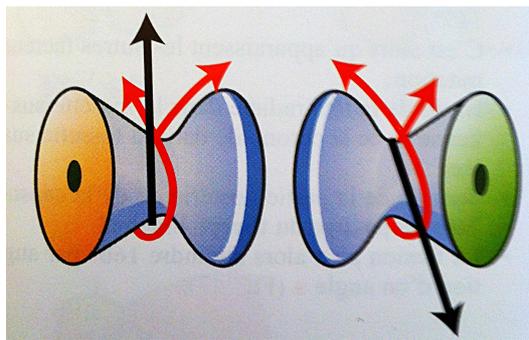
La connaissance de l'anatomie fonctionnelle du coude est donc un prérequis capital pour le choix d'un traitement optimal.

### 2.2.1 Cinématique

#### 2.2.1.1 Mouvement de flexion-extension

##### 2.2.1.1.1 Axe de rotation

D'une manière basique, l'articulation du coude peut être considérée comme un système de charnière. Cependant, Morrey<sup>59</sup> dans une étude déjà ancienne, prouve que le modèle de la charnière n'est pas entièrement juste.



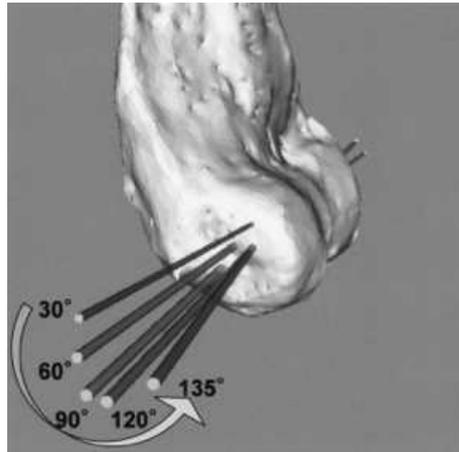
**Figure 2.19** – *Vue schématique de la trochlée et de l'axe hélicoïdal de flexion-extension (d'après Kapandji<sup>26</sup>)*

*La première vue est antérieure et montre une gorge verticale.*

*Le deuxième schéma est une vue postérieure. Il montre une gorge oblique en bas et en dehors.*

La flexion n'est pas un mouvement linéaire (comme dans une charnière) mais un mouvement plus complexe de type hélicoïdal<sup>60</sup>. Celui-ci est attribué à l'obliquité de la gorge de la

trochlée (Fig. 2.19). L'axe instantané de rotation varie selon la position de flexion-extension du coude ((Fig. 2.20). L'axe de rotation moyen peut donc être calculé : il est de  $12,7^\circ$  dans un plan frontal et de  $4,6^\circ$  dans le plan horizontal. Dans les deux plans, les axes moyens sont situés à proximité d'une ligne joignant le centre de la trochlée et du capitulum<sup>61</sup>. On considère donc que l'axe de rotation est une ligne passant au centre de la trochlée. Il faut tout de même garder à l'esprit que les variations inter et intra-individuelles sont importantes.



**Figure 2.20** – *Le point de l'axe de rotation moyen sur le condyle latéral se présente un mouvement anti-horaire. Il se déplace d'abord vers l'avant entre 0 et  $60^\circ$  puis revient en arrière. (d'après Goto et al.<sup>62</sup>.)*

#### 2.2.1.1.2 Valgus physiologique du coude

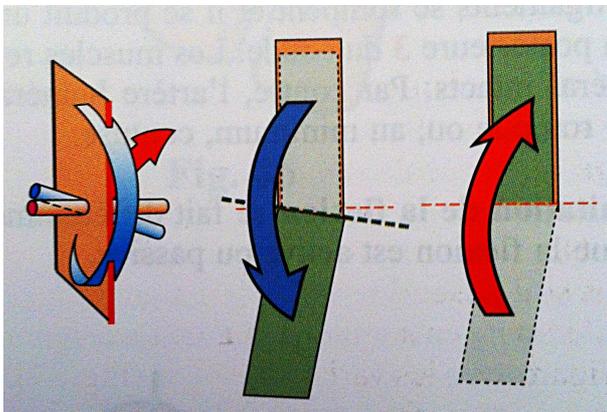
La bascule de la trochlée en valgus ainsi que l'obliquité de la gorge de la trochlée sont responsables de ce que les anglais appellent le « carrying angle »<sup>63</sup> et que nous connaissons sous le terme de « cubitus valgus » ou « valgus physiologique » (Fig. 2.21 et 2.22). En effet, cette géométrie particulière entraîne, lorsque l'avant-bras est en extension et supination, un angle moyen (axe du bras et axe de l'avant-bras) de  $6,5^\circ$  [ $0-14^\circ$ ] chez l'homme et de  $13^\circ$  chez la femme [ $4-20^\circ$ ]<sup>64;65</sup>.

#### 2.2.1.1.3 Amplitude de flexion-extension, facteurs limitatifs et muscles moteurs

La position de référence pour la mesure des amplitudes est la suivante : axe de l'avant-bras dans le prolongement de l'axe du bras. La position de référence correspond donc à l'extension complète. Cependant, chez les femmes et les enfants, la laxité ligamentaire permet une extension minimale de 5 à  $10^\circ$ . L'amplitude de flexion active est de 140 à  $145^\circ$ . La flexion passive va jusqu'à  $160^\circ$ . La limitation de l'extension est déterminée par :



**Figure 2.21** – Dessin de l'angle de valgus physiologique en position de flexion et d'extension. (Dessin de M.Soubeyrand)



*Dans l'extension, la partie postérieure de la gorge de la trochlée est en rapport avec l'incisure trochléaire. L'avant-bras est donc oblique en bas et en dehors (angle de valgus physiologique)*

*En flexion, c'est la partie antérieure de la gorge qui impose la direction de l'avant-bras. La gorge est verticale, l'avant-bras se projette donc exactement devant le bras.*

**Figure 2.22** – Schéma explicatif du valgus physiologique. (d'après Kapandji<sup>26</sup>)

- Le contact de l'olécrane dans la fosse olécrânienne,
- La mise en tension de la capsule articulaire antérieure et des faisceaux antérieurs des ligaments collatéraux.

La flexion est bloquée :

- Si elle est active, par le contact des masses musculaires antérieures brachiales et anté-brachiales, durcies par la contraction volontaire.
- Si elle est passive, ces mêmes masses musculaires peuvent « s'écraser » au delà de 145°.

Il reste donc :

- La butée de la tête radiale et du processus coronoïde
- La tension de la capsule postérieure et des faisceaux postérieurs des ligaments collatéraux
- La tension passive du muscle triceps brachial

Brièvement, les muscles moteurs de la flexion sont :

- Le muscle brachial
- Le muscle biceps brachial
- Le muscle brachioradial
- Accessoires : muscle fléchisseur radial du carpe et le muscle rond pronateur

Concernant l'extension, le muscle principal est le triceps brachial.

### 2.2.1.2 Mouvement de pronation-supination

La pronation-supination est le mouvement de rotation de l'avant-bras autour d'un axe globalement longitudinal. Ce mouvement est possible grâce à la mise en jeu de l'articulation radio-ulnaire proximale et de l'articulation radio-ulnaire distale, solidaires entre elles par la membrane interosseuse antébrachiale.

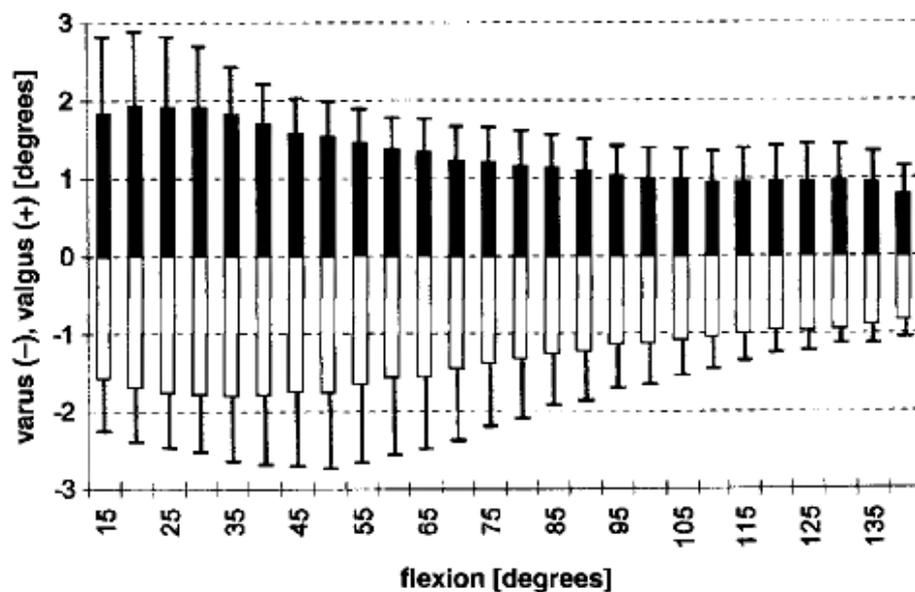
Ce mouvement doit être étudié avec le coude fléchi à  $90^\circ$  afin d'éliminer toute participation rotatoire de l'épaule.

La position fonctionnelle correspond donc à un coude fixé et fléchi à  $90^\circ$ , main située dans un plan vertical, parallèle au plan sagittal (pouce vers le haut). Les amplitudes de référence sont les suivantes :

- Pronation :  $85^\circ$
- Supination :  $90^\circ$

### 2.2.1.3 Mouvement de latéralité

Le coude permet aussi des mouvements de latéralité dans le plan frontal ainsi que des mouvements de rotation axiale. O'Driscoll, dans une étude<sup>66</sup> déjà ancienne, retrouvait des valeurs de  $2,7^\circ \pm 1,5^\circ$  de laxité en varus- valgus et de  $4,4^\circ \pm 1,7^\circ$  de rotation ulnaire (Mv-v = 1,2 Nm). Cependant, des études<sup>67;68</sup> plus récentes, prouvent que les valeurs des mouvements de latéralité varient selon les positions de pronation-supination et de flexion-extension de l'avant-bras. La laxité est la plus importante avec le coude proche de  $20^\circ$  de flexion (Mv-v = 2,2 Nm, correspondant au poids de l'avant-bras)<sup>68</sup>. La laxité décroît de 50% à partir d'une flexion de  $100^\circ$  (Mv-v = 0,5 Nm)<sup>60</sup> (Fig.2.23).



**Figure 2.23** – (d’après Bottlang et al.<sup>60</sup>) Déviation en valgus et varus pendant la flexion du coude lors de l’application d’une force de moment  $Mv-v = 0,5 \text{ Nm}$ .

Entre  $15^\circ$  et  $40^\circ$  de flexion, la laxité en varus-valgus se situe aux alentours de  $5^\circ$ . A partir de  $100^\circ$  de flexion, celle-ci a diminué de moitié.

#### 2.2.1.4 Secteur fonctionnel utile

Il est important de noter que l’ensemble des mobilités du coude n’est généralement pas utilisé pour réaliser les activités de la vie courante. La notion de secteur fonctionnel utile en découle. Morrey et al.<sup>69</sup>, grâce à un goniomètre électronique tri-axial, a pu mesurer les amplitudes nécessaires lors d’activités quotidiennes. Je transcris les valeurs trouvées, d’après son article, pour les soins personnels et l’hygiène (Tableau 2.2) ainsi que pour les activités quotidiennes (Tableau 2.3). Il s’agit de valeurs très intéressantes à avoir en mémoire pour notre pratique quotidienne.

POSITION DE LA MAIN	FLEXION DU COUDE ( $^\circ$ )	ROTATION DE L’AVANT-BRAS ( $^\circ$ )	
		Supination	Pronation
Tête (Vertex)	$118,6 \pm 6,1$	$46,6 \pm 16,0$	–
Tête (Occiput)	$144 \pm 7,0$	$2,0 \pm 23$	–
Chemise (Taille)	$100,4 \pm 13,2$	$11,9 \pm 23,8$	–
Chemise (Poitrine)	$120,0 \pm 8,2$	$29,4 \pm 19,2$	–
Chemise (Cou)	$134,7 \pm 5,2$	$40,9 \pm 16,3$	–
Sacrum	$69,7 \pm 12,4$	$55,8 \pm 20,1$	–
Chaussures	$16,0 \pm 6,3$	–	$19,0 \pm 17,2$

**Table 2.2** – Position du coude durant les activités d’hygiène et de soins personnels (d’après Morrey et al.<sup>69</sup>)

ACTIVITÉS	FLEXION MOYENNE (°)			ROTATION MOYENNE (°)		
	Min	Max	Arc	Pro	Sup*	Arc
Verser une carafe	35,6	58,3	22,7	42,9	21,9	64,8
Mettre un verre à la bouche	44,8	130	85,2	10,1	13,4	23,5
Couper avec un couteau	89,2	106,7	17,5	41,9	-26,9	15,0
Mettre la fourchette à la bouche	85,1	128,3	43,2	10,4	51,8	62,2
Téléphoner	42,8	133,6	92,8	40,9	22,6	63,5
Lire un journal	77,9	104,3	26,4	48,8	-7,3	41,5
Se lever d'une chaise	20,3	94,5	74,2	33,8	-9,5	24,3
Ouvrir une porte	24,0	57,4	33,4	35,4	23,4	58,8

**Table 2.3** – Degrés nécessaires au coude pour la réalisation d'activités quotidiennes (d'après Morrey et al<sup>69</sup>) (\* les valeurs négatives sont des valeurs de pronation).

Pro = Pronation, Sup = Supination, Arc = Arc de mobilité

De ces constats, il est donc possible de décrire un secteur fonctionnel utile pour le coude se situant entre 30° et 130° de flexion, 50° de pronation et 55° de supination, soit un arc de mobilité de 105° de rotation.

## 2.2.2 Stabilité du coude

Le coude est l'une des articulations les plus congruentes et donc l'une des plus stable. Ce constat est le résultat de la résistance aux contraintes des structures capsulo-ligamentaires et osseuses.

### 2.2.2.1 Stabilité offerte par les structures osseuses

#### 2.2.2.1.1 Articulation huméro-ulnaire : Olécrane

L'olécrane a un rôle fondamental dans la stabilité du coude. An *et al.*<sup>70</sup>, dans une série de résection séquentielle de l'olécrane (25%, 50%, 75% et 100%) ont démontré qu'il existait une relation entre le niveau de résection de l'olécrane et le déplacement du coude en varus-valgus. Ils concluent que 50% de l'olécrane peut être réséqué sans risque d'instabilité.

Une étude plus récente (sur coudes cadavériques intacts), conduite par Bell *et al.*<sup>71</sup>, présente des mesures plus fines. Les auteurs confirment la relation entre résection et augmentation des mouvements de latéralité (Fig.2.24A). Ils montrent que la stabilité du coude lors de la flexion, avant-bras en pronation est maintenue jusqu'à 75 % de résection. Par contre, il existe deux caps importants quand l'avant-bras est en supination : entre 37,5 % et 50 % et au delà de

75% de résection (Fig. 2.24B). La résection peut donc se faire jusqu'à 75 % avec une stabilité « raisonnable » (de 70 % par rapport à un coude intact). Au delà de 75 % de résection de l'olécrane, la chute abrupte de la stabilité est expliquée par la section (conjointe) du faisceau antérieur du ligament collatéral médial, stabilisateur essentiel du coude.

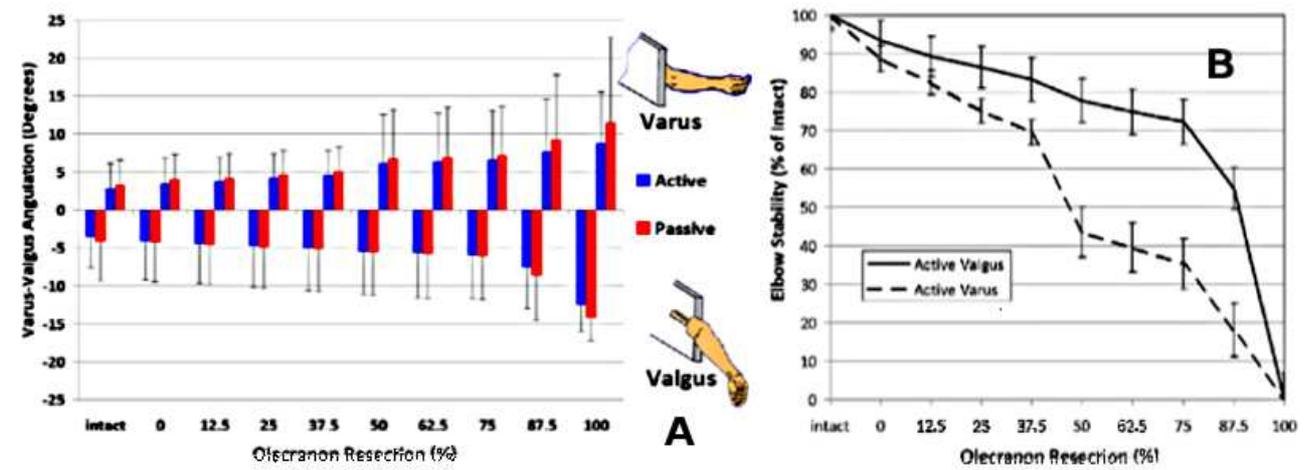


Figure 2.24 – (d'après Bell et al.<sup>71</sup>)

**A** Angle de varus-valgus moyen lors des mouvements passif et actif de flexion, avant-bras en pronation ou supination. On peut noter l'augmentation progressive des mouvements de latéralité avec l'augmentation de la résection.

**B** Stabilité du coude par rapport au coude intact (exprimée en pourcentage) pour chaque étape de résection de l'olécrane

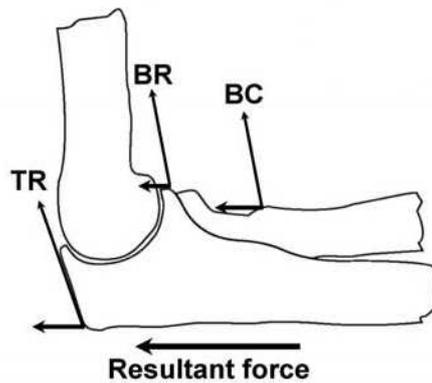
### 2.2.2.1.2 Articulation huméro-ulnaire : Coronoïde

Les données cliniques le prouvent bien : la coronoïde a un rôle majeur dans la stabilité du coude par sa fonction de butée empêchant le déplacement postérieur de l'avant-bras. En effet, les muscles fléchisseurs (brachial et biceps) et extenseurs (triceps) produisent lors de la contraction une force dont une composante vectorielle est orientée vers l'arrière (Fig. 2.25).

Une étude de résection de coronoïde a aussi été réalisée. Celle-ci démontre que la plus grande stabilité est obtenue en flexion et qu'au moins 50% de la coronoïde est nécessaire pour conserver une articulation huméro-ulnaire stable en extension<sup>72</sup>. En cas de lésion associée de la tête radiale, le niveau de coronoïde nécessaire est de plus de 70 % pour maintenir l'articulation congruente<sup>73</sup>.

### 2.2.2.1.3 Articulation huméro-radiale : Tête radiale

Le rôle de la tête radiale dans la stabilité aux contraintes en valgus a longtemps été sur-estimé. Le principal frein aux contraintes en valgus est le ligament collatéral médial. La tête



**Figure 2.25** – Quand le coude se fléchit ou s'étend, les muscles moteurs majeurs (TR : Triceps, BR : Brachial, BC : Biceps) produisent une force postérieure, expliquant les luxations postérieures lorsque la coronoïde est lésée. (d'après Morrey et An<sup>72</sup>)

radiale n'offre aucun frein supplémentaire aux contraintes lorsque ce ligament est intact. Si le ligament est incompetent, la tête radiale n'est de toute façon pas suffisante pour contenir seule les contraintes en valgus. On considère donc que la tête radiale est un stabilisateur secondaire<sup>43;74</sup> du coude aux contraintes en valgus. La tête radiale permet aussi d'éviter le déplacement postérieur de l'avant-bras ; rôle de butée qu'elle partage avec la coronoïde.

### 2.2.2.2 Stabilité offerte par les tissus mous

Les données concernant les structures capsulo-ligamentaires ont déjà été discutées dans la première partie sur l'anatomie descriptive : je renvoie donc au chapitre 2.1.5 : « moyens de stabilité du coude ».

Il ne faut pas oublier, bien sûr, les structures musculaires, au nombre de 15, croisant le coude et qui par leurs contractions créent des forces de compression stabilisatrice. Les muscles ont donc un vrai rôle de stabilisateur « actif » du coude<sup>75;76</sup>.

### 2.2.3 Contraintes articulaires

Bien que le membre supérieur soit considéré comme membre « non portant », les articulations reçoivent des contraintes importantes, comparables à celles du membre inférieur (bien sûr après avoir ajusté les forces à la taille des os et des surfaces articulaires concernées).

Les forces de contrainte transmises à l'articulation du coude lors des mouvements sont aussi bien en compression ou distraction, en cisaillement ou en torsion. Elles sont transmises par l'intermédiaire des surfaces articulaires, des structures ligamentaires et des insertions mus-

culaires.

Ces forces dépendent de nombreux paramètres :

- Le poids de la charge de l'effecteur (main) et le poids du bras (pesanteur),
- De la force musculaire résultante pour maintenir la position, ce qu'on appelle les tensions (N).
- De la longueur des bras de levier (m) (distance séparant la charge de l'axe de mouvement du coude), permettant de calculer le moment du mouvement (N m)

Le membre supérieur, de part sa finesse et sa longueur, impose à la main la réalisation d'activités éloignées des axes de rotation des articulations. Les muscles doivent donc bénéficier d'un bras de levier important. Malheureusement les muscles du membre supérieur agissent avec un véritable désavantage mécanique : le bras de levier par rapport au coude est faible. Ce constat implique, pour garder l'équilibre des moments, un renforcement considérable de leurs tensions. Par conséquent les forces appliquées aux articulations sont bien plus importantes que celles liées à la charge. De plus, il faut y ajouter les actions antagonistes des muscles para-articulaires permettant de garder le coude stable et congruent, et créant des forces de compression<sup>77</sup>.

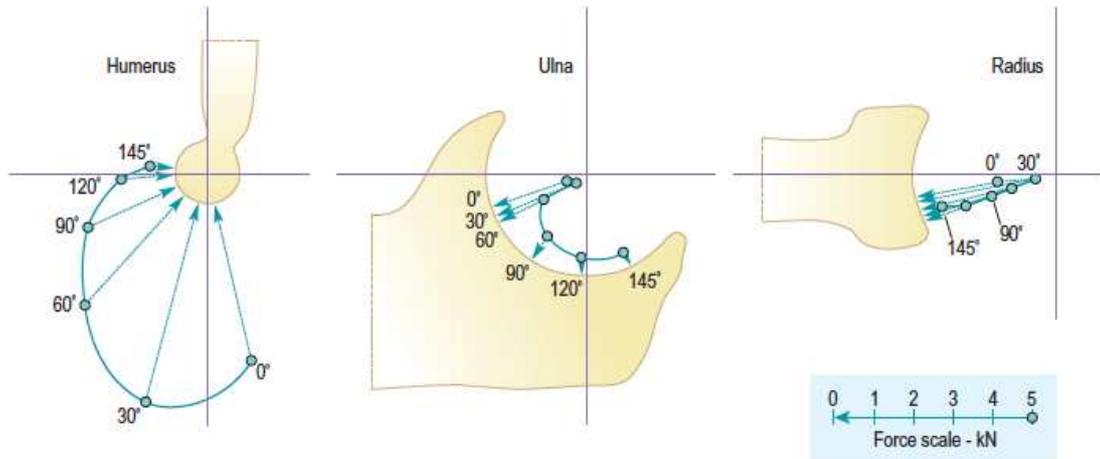
L'étude de ces forces de contrainte se révèle être très difficile, au vu de la complexité des mouvements du coude, des actions conjointes des autres articulations, de la résistance propre de chaque structure anatomique, et par le nombre de muscles mis en jeu. Les études reposent donc sur des modèles prenant en compte un type de mouvement et les co-contractions musculaires qui lui sont nécessaires.

### **2.2.3.1 Etudes des forces durant la flexion du coude**

Une première étude<sup>78</sup> a créé un modèle prenant en compte l'action du biceps sur un coude fléchi à 90° avec la main tenant une charge. Les résultats montrent que le biceps produit une force sept fois supérieure au poids de la charge ce qui crée une résultante de six fois la charge à l'extrémité distale de l'humérus. Cette étude, même si elle simplifie énormément le mouvement de flexion, montre à quel point les contraintes sont démultipliées par rapport au poids de la charge.

En réalité, quatre muscles principaux permettent la flexion (biceps, brachial, brachioradial

et rond pronateur) avec une terminaison pour trois d'entre eux proximale à l'avant-bras. De plus, ils activent aussi pour certains des mouvements de rotation de l'avant-bras.



**Figure 2.26** – Action des forces sur l'humérus distal, l'incisure trochléaire et la tête radiale pendant une flexion isométrique maximale. Les flèches pointent la zone de la surface articulaire impliquée, l'intensité de la force et sa direction (d'après Amis et Miller<sup>79</sup>)

La combinaison de la tension de ces muscles crée une force résultante au niveau de l'articulation distale de l'humérus se déplaçant sur sa surface selon le degré de flexion (Fig. 2.26). Les forces les plus importantes exercées sur la surface de l'humérus distal sont retrouvées entre l'extension et 60° de flexion<sup>79;80</sup> ; elles diminuent à partir de 90° de flexion. Les forces transmises via la tête radiale sont maximales entre 0° et 30°<sup>81</sup> et augmentent en pronation.

Les forces s'appliquant au niveau du coude peuvent être jusqu'à 15 fois celle de la charge portée dans la main. En considérant la force isométrique maximale pour la main (250 N) et en appliquant ce ratio, on arrive à une force résultante égale à quatre fois le poids du corps (3 kN)<sup>77</sup>.

Ces données biomécaniques permettent de mieux comprendre les faits cliniques, principalement par la compréhension de la direction des forces au niveau de l'extrémité distale de l'humérus. Les forces sont principalement orientées vers l'arrière et le haut. Cette direction explique le positionnement du composant huméral descellé des prothèses de coude : la partie distale migrant en postérieur alors que la partie proximale part en avant. De plus, les muscles croisant l'articulation créent des forces compressives sur les surfaces articulaires. Ces muscles s'insèrent principalement au niveau des épicondyles et leurs tensions produisent une force orientée vers l'avant et vers la partie distale du membre supérieur. Le condyle latéral tend donc à la rotation médiale alors que le condyle médial a tendance à la rotation latérale.

La réunion de ces deux forces, l'une postérieure/distale à la partie centrale de l'articulation et l'autre antérieure/proximale à ses deux extrémités latérales, explique la prévalence importante des fractures articulaires complexes de l'humérus (sus et intercondyliennes) et la difficulté à obtenir des synthèses solides<sup>77</sup>.

### 2.2.3.2 Etudes des forces durant l'extension du coude

L'extension du coude se fait presque entièrement par la contraction du triceps. L'articulation huméro-ulnaire en supporte presque toute la charge (Fig. 2.27). Les forces appliquées au coude sont très importantes lorsque l'on passe d'une position fléchi à l'extension complète. Le triceps possède un bras de levier très petit (20 mm) ce qui explique que les forces s'exerçant sur la trochlée puissent être égales à 20 fois la charge dans la main<sup>80</sup>.

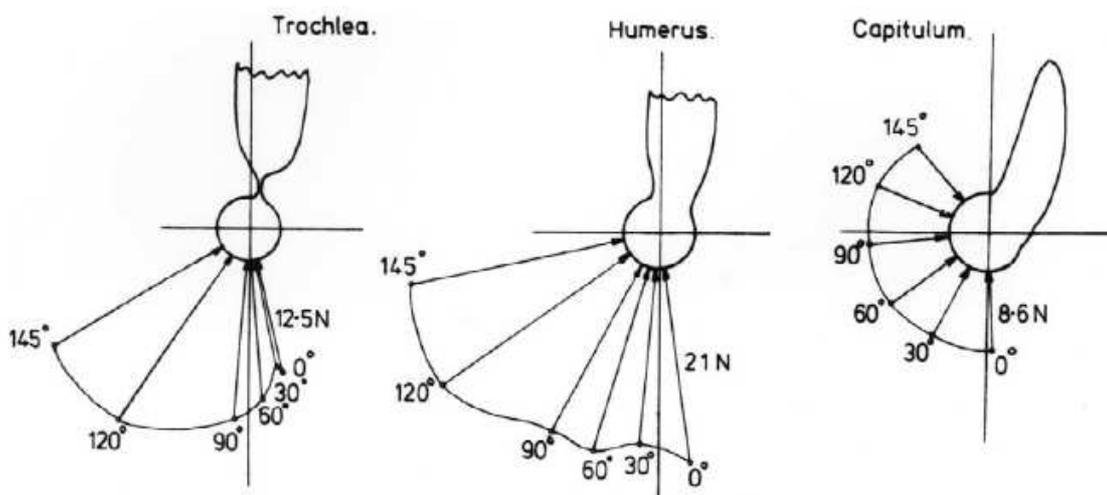


Figure 2.27 – Forces transmises lors de l'extension (d'après Morrey et An<sup>72</sup>)

### 2.2.3.3 Etude des forces de torsion : abduction et adduction

Les forces transmises au coude lors du valgus ou du varus sont plus facilement visualisées lors des mouvements de rotation latérale et de rotation médiale de l'épaule avec un coude fléchi à 90° (la rotation médiale étant plus puissante que la rotation latérale). Chez l'adulte jeune, la rotation médiale produit sur l'humérus un moment de 65 Nm. Le coude, pour garder l'équilibre, doit compenser par un moment égal et opposé (Fig. 2.28). Cette force correspond à des contraintes en tension au niveau du ligament collatéral médial et à des contraintes en compression au niveau de la tête radiale. On peut la calculer ; elle représente environ 6 fois la

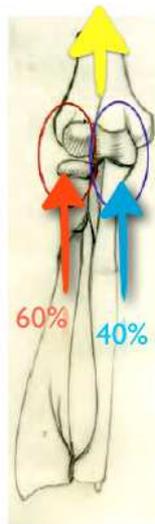
charge dans le ligament et 8 fois au niveau de la tête radiale<sup>77</sup>.



**Figure 2.28** – Schématisation de la rotation médiale et des forces résultantes. (d'après Amis<sup>77</sup>)

#### 2.2.3.4 Transmission des forces le long de l'avant-bras et en cas de chute

Les études classiques<sup>82</sup> rapportent que 60 % des forces transmises par la main passent par le capitulum via la tête radiale et 40 % par l'articulation huméro-ulnaire (Fig. 2.29).



**Figure 2.29** – Schéma de transmission des forces de la main au coude. (Dessin de M. Soubeyrand)

D'autres travaux<sup>72</sup> ont prouvé que la transmission des forces variait selon la position de flexion-extension. En flexion, les forces sont transmises de manière égale entre la trochlée et le capitulum, alors qu'en extension 40 à 50 % de la force est transmise via l'articulation huméro-ulnaire. Cependant une étude<sup>83</sup> faite sur des sujets tombant sur la main a permis de constater que les sujets prenaient une posture spéciale au membre supérieur pour se rattraper : coude

fléchi à  $15^\circ$ , avant-bras en légère pronation, épaule fléchie en abduction et rotation médiale. Cette position permet de dissiper l'énergie produite par la flexion forcée du coude, l'étirement du triceps, la rétraction de l'épaule mettant en tension le muscle grand pectoral. Un sujet tombant en extension complète crée un bloc rigide qui ne peut dissiper l'énergie. Ce mécanisme est l'un de ceux en cause dans les fractures intéressant le coude.

## 2.3 Synthèse

- Le complexe articulaire du coude est composé de trois articulations : huméro-ulnaire, huméroradiale et radio-ulnaire proximale. Il permet deux types de mouvements la flexion-extension et la pronation-supination.
- L'arc de mobilité fonctionnel du coude est de  $30^\circ$  à  $130^\circ$  en flexion-extension et de  $50^\circ$  en pronation et supination. Ces mobilités permettent la plupart des gestes de la vie quotidienne.
- L'axe de rotation en flexion-extension est situé au centre de la trochlée et au centre du capitulum sur une vue latérale.
- Le coude change constamment de centre de rotation au cours de la flexion-extension et ne peut donc être considéré comme une simple charnière.
- Le valgus physiologique du coude est défini par l'angle formé entre l'axe anatomique de l'ulna et de l'humérus. Il est compris entre  $10^\circ$  et  $15^\circ$  de valgus.
- Le stabilisateur primaire au stress en valgus est le faisceau antérieur du ligament collatéral médial. La tête radiale n'est qu'un stabilisateur secondaire. Le principal stabilisateur en varus est l'articulation huméro-ulnaire. Le ligament collatéral latéral empêche l'instabilité rotatoire postérolatérale du coude.
- Le fléchisseur principal du coude est le muscle brachial, l'extenseur principal le triceps brachial. Le muscle anconé est un stabilisateur actif du coude.
- Les forces sur l'articulation du coude résultantes à l'action des muscles péri-articulaires peuvent être de trois fois le poids du corps lors d'activités quotidiennes.

## Chapitre 3

# LES FRACTURES DE L'HUMÉRUS DISTAL

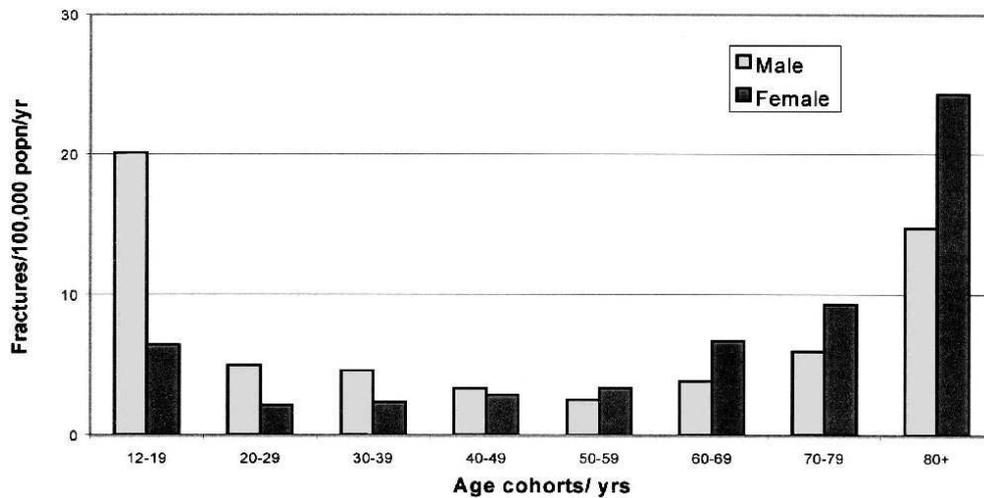
---

## 3.1 Epidémiologie des fractures de l'humérus distal

### 3.1.1 Données épidémiologiques globales

#### 3.1.1.1 Prévalence, incidence et âge moyen

Les fractures de l'humérus distal restent relativement rares chez l'adulte, représentant environ 2 % de l'ensemble des fractures<sup>31</sup> et environ 30 % de l'ensemble des fractures intéressant l'humérus<sup>84</sup>. L'étude du registre national Ecossais nous apporte des données épidémiologiques très intéressantes<sup>85</sup> par l'importance de la population étudiée (595 000 personnes). L'incidence globale retrouvée des fractures de l'humérus distal est de 5.7/100 000/an avec une distribution bimodale : le premier pic d'incidence se situe chez l'homme de 12 à 19 ans, le deuxième pic se retrouve chez la femme de plus de 80 ans (Fig. 3.1).



**Figure 3.1** – Tableau d'incidence des fractures de l'humérus distal selon l'âge et le sexe (d'après Robinson et al.<sup>85</sup>)

Il est trouvé un âge moyen de fracture de 36.8 ans [12–87] chez l'homme et de 59.7 ans [13–99] chez la femme.

#### 3.1.1.2 Recherche du type de traumatisme initial

La chute simple est le traumatisme initial le plus fréquemment trouvé chez le sujet « entre deux âges » et « âgé » avec un âge moyen de 57 ans. Le ratio homme/femme est de 0,6 pour 1. Le sujet jeune se distingue par le type de traumatisme : accidents de la route, accidents sportifs, chute à haute énergie, ... et par la prédominance du sexe masculin<sup>85</sup>.

### 3.1.1.3 Répartition selon le type de fracture

TYPES DE FRACTURE (AO)	RÉPARTITION (%)	AGE MOYEN (Année)	RATIO (H / F)
A	38,7	4,6 [12-93]	1,5 / 1
B	24,1	40,7 [13-93]	0,9 / 1
C	37,2	52,7 [13-99]	0,7 / 1

**Table 3.1** – Types de fracture de l’humérus distal selon la classification de l’AO (d’après Robinson et al.<sup>85</sup>).

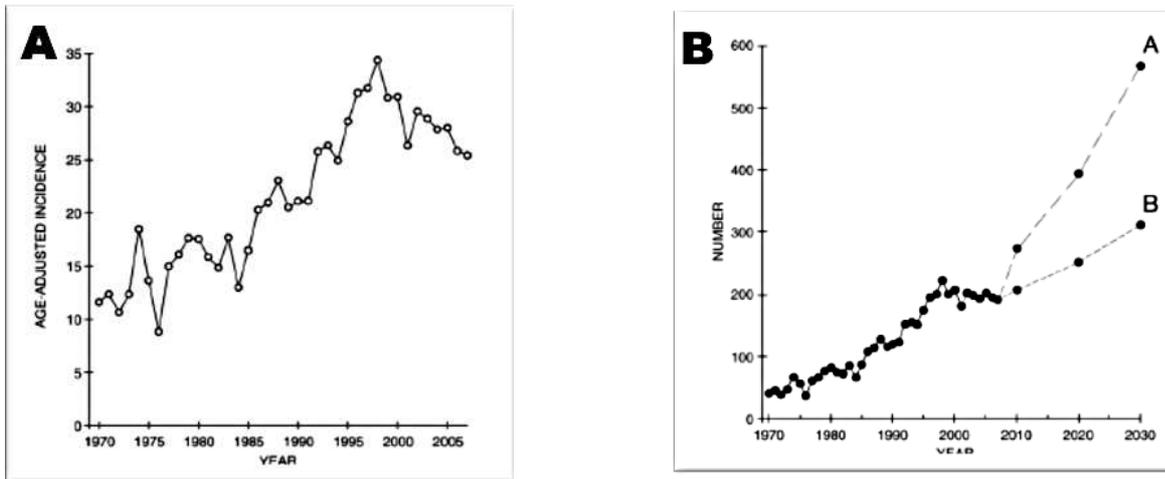
Concernant la classification de l’AO : se reporter à la section 3.4.5 et à la figure 3.13

### 3.1.1.4 Prévalence, incidence et âge moyen chez le sujet ostéoporotique

Les informations épidémiologiques concernant les fractures de l’humérus distal sont rares et ce d’autant plus chez le sujet âgé. La proportion de fractures de l’humérus distal représente environ 5 % des fractures ostéoporotiques chez le patient de plus de 60 ans. Cette proportion décroît à environ 2 % à partir de 80 ans<sup>86;87</sup>. Les données du registre hospitalier national finlandais sont disponibles et une étude prend en compte les données spécifiques concernant les fractures de l’humérus distal chez la femme âgée<sup>6</sup>. Les auteurs de cette étude ont choisi comme critères d’inclusion : les fractures à basse énergie survenant chez les femmes de plus de 60 ans, admises pour traitement dans un centre hospitalier, entre les années 1970 et 2007. Le nombre annuel de fractures de l’humérus distal ainsi que l’incidence (ajustée à l’âge des femmes) augmente de 15.5 % par an entre les années 1970 et 1998. Les incidences respectives sont de 12/100 000/an (en 1979) et 34/100 000/an (en 1998). Ces chiffres diminuent jusqu’à atteindre une incidence de 25/100 000/an en 2007 (Fig. 3.2A). Le point crucial est représenté par les prévisions faites pour 2030. Elles prévoient un nombre de fractures de l’humérus distal chez la femme de plus de 60 ans trois fois plus important qu’en 2007 (Fig. 3.2B).

L’âge moyen de survenue des fractures dans cette population est croissante sur les 30 dernières années.

Ces prévisions sont intéressantes à garder en mémoire. Nous devons savoir que les fractures ostéoporotiques sont une cause fréquente et importante d’augmentation des coûts médicaux et d’invalidité dans les pays développés<sup>88</sup>. Pour exemple, le coût des fractures ostéoporotiques était estimé aux Etats-Unis à 17 milliards de dollars par an en 2001 (pour comparaison, le



**Figure 3.2** – d’après Palvanen et al.<sup>6</sup>

**A** : Incidence ajustée à l’âge des fractures de l’humérus distal à basse énergie chez la femme de plus de 60 ans entre 1970 et 2007 en Finlande.

**B** : Données prévisionnelles du nombre de fractures de l’humérus distal dans la même population, en prenant en compte (ligne A) une croissance comparable aux années 1970 – 2007 (ligne B) une incidence stabilisée au niveau de l’année 2007

déficit de la sécurité sociale française en 2012 s’élève à 17 milliards de dollars) et à 4 à 6 millions de journées d’hospitalisation en 1995<sup>89</sup>.

Quelques autres chiffres viennent de Suisse. Pendant l’année 2007, la durée moyenne de séjour pour une fracture ostéoporotique était de 11 jours pour un coût total de 310 millions d’euros<sup>90</sup>. Les fractures ostéoporotiques sont donc un réel enjeu de santé publique au vu des coûts faramineux qu’elles engendrent. Parmi ces fractures, celles de l’humérus distal (surtout si leur nombre croît d’un facteur 3) représenteront une part du budget alloué à la santé non négligeable.

## 3.2 Physiopathologie des fractures de l’humérus distal

### 3.2.1 Etude « In Vitro »

La littérature médicale traitant du mécanisme de la survenue de fractures de l’humérus distal est relativement pauvre et les hypothèses sont variées. Malheureusement le chirurgien a un intérêt tout particulier à la connaissance de la physiopathologie. Elle lui permet d’orienter l’interrogatoire du patient et la demande d’examens complémentaires. Une étude cadavérique offre cependant des pistes intéressantes à la compréhension de ces fractures<sup>91</sup> ainsi qu’un schéma explicatif.

### **3.2.1.1 Fractures supracondyliennes et transcondyliennes**

Les fractures supracondyliennes en extension résultent le plus souvent d'un impact direct sur un coude fléchi entre  $40^\circ$  et  $60^\circ$ . Le fragment distal est alors déplacé en postérieur. Le trait est oblique, postérieur en proximal et antérieur en distal.

Les impacts indirects (chute sur la main) avec des contraintes passant par l'ulna et le radius, entraînent des fractures des os de l'avant-bras, bien que ce mécanisme fût longtemps retenu comme la cause des fractures supracondyliennes.

Les fractures en flexion et les fractures transcondyliennes se retrouvent elles-aussi dans le cadre des chocs directs. Le coude est fléchi entre  $115^\circ$  et  $145^\circ$  et l'impact a lieu à la partie la plus proximale de l'humérus. Le choc produit des contraintes de direction antéro-postérieure, rompant l'humérus en deux fragments.

### **3.2.1.2 Fractures intercondyliennes**

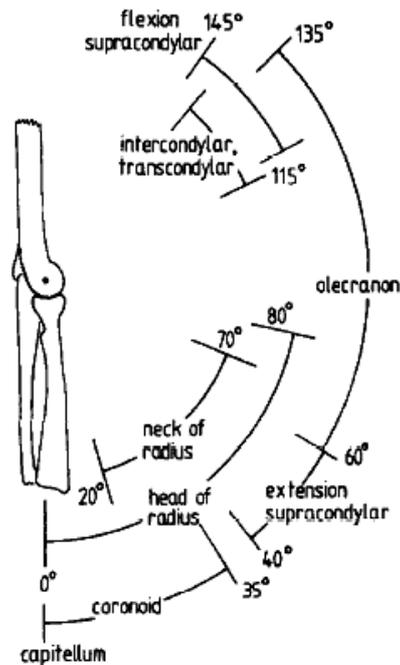
Les contraintes sont transmises par la partie proximale de l'ulna dans une direction postéro-antérieure sur un coude, là aussi, fléchi entre  $115^\circ$  et  $135^\circ$ . Elles résultent de l'enfoncement longitudinal de l'incisure trochléaire dans la gorge de la trochlée<sup>31;91</sup>. Le mécanisme de contrainte axiale, coude en extension, où l'apophyse coronoïde vient séparer le condyle, n'apparaît pas comme la cause la plus fréquente dans les études « in-vitro ».

### **3.2.1.3 Fractures parcellaires articulaires (capitulum)**

Différents mécanismes sont décrits pour expliquer ces fractures. Elles peuvent résulter d'une chute sur la main avant-bras tendu où la tête radiale joue le rôle d'un piston sur le condyle. Un traumatisme direct sur le coude peut aussi en être la cause : la tête radiale poussant le condyle vers l'arrière, le coude fléchi proche de  $90^\circ$ <sup>92</sup>.

### **3.2.1.4 Fractures condyliennes**

Un large éventail de mécanismes est trouvé dans la littérature (Fig1 3.3) : des avulsions ligamentaires, des impacts directs, ou encore des mécanismes de billot intéressant l'olécrane, l'apophyse coronoïde ou la tête radiale.



**Figure 3.3** – Lésions selon l'arc de mobilité du coude trouvées expérimentalement (d'après Amis et Miller<sup>91</sup>)

### 3.2.2 Mécanismes de fractures chez le sujet ostéoporotique

Les fractures ostéoporotiques résultent de chutes simples avec une cinétique faible. Les forces transmises ne devraient cependant pas être suffisantes pour causer une fracture. La qualité osseuse ne permet pas de supporter ces contraintes même de faible énergie. Aucune étude ne s'intéresse spécifiquement aux fractures de l'extrémité distale de l'humérus. Elles englobent l'ensemble des fractures du coude.

Le patient type présentant une fracture de fragilité du coude est (les chiffres entre parenthèses donnent les résultats d'une étude portant sur 65 patients ostéoporotiques ayant présenté une fracture<sup>93</sup>) :

- une femme (86 %)
- indépendante dans ses activités quotidiennes ou présentant quelques difficultés mais sans nécessité d'une aide extérieure (83 %)
- avec un Mini Mental Statut (MMS) normal (85 %)
- une vision diminuée (83 %)
- ayant déjà présenté une fracture dans 75 % des cas.

Le sens de la chute n'a que peu d'importance dans la survenue de la fracture. La chute « fracturaire » qu'elle survienne en avant (26 %), en arrière (17 %) ou sur le côté (40 %),

présente systématiquement un impact direct au niveau du coude. De plus, il est observé chez la majorité de ces patients un hématome récent au niveau du point d'impact.

## 3.3 Diagnostic des fractures de l'extrémité distale de l'humérus

### 3.3.1 Diagnostic clinique

Deux cas de figure peuvent se présenter :

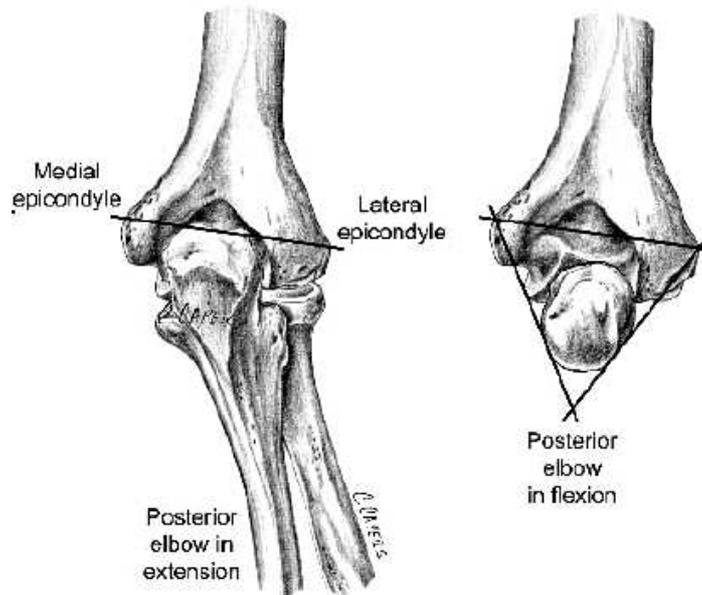
- Soit il s'agit d'un monotraumatisme : le patient arrive au service d'accueil des urgences (SAU) par ses propres moyens ou en véhicule léger.
- Soit il s'agit d'un polytraumatisme : l'examen du coude viendra après la prise en charge des lésions vitales souvent associées.

Le premier cas reste heureusement le plus fréquent dans les fractures de l'humérus distal chez le sujet âgé. Il faudra tout fr même réaliser un examen médical complet chez ces patients aux antécédents souvent lourds et polymédiqués. Une évaluation rapide du niveau d'autonomie (index de Katz<sup>94</sup>) est nécessaire chez ces patients et pourra orienter le choix du traitement.

L'interrogatoire s'attachera à retrouver le mécanisme du traumatisme ainsi que les circonstances de survenue. Il faudra s'attarder sur le terrain particulier du patient : l'âge du patient, les antécédents (fracturaires), les allergies connues, les traitements en cours (notamment anticoagulants), la validation de la vaccination antitétanique. Une mesure de la douleur par l'échelle visuelle analogique (EVA) sur un coude immobilisé devra avoir lieu au plus vite et déboucher sur la prescription d'antalgiques adaptés.

L'inspection du coude recherche une déformation évidente, une augmentation de volume liée à de l'œdème ou un hématome. Parfois l'aspect du coude n'est pas modifié et seule l'attitude des traumatisés du membre supérieur ainsi que l'impotence fonctionnelle nous orientent. La palpation doit être douce et prudente. Une douleur exquise peut être recherchée à la palpation des reliefs osseux. Bien souvent, l'œdème gêne la palpation des repères classiques que sont les épicondyles et l'olécrane. Ils doivent être alignés en extension réalisant la ligne de Hunter et forment le triangle de Nélaton en flexion (Fig. 3.4). L'impotence fonctionnelle en flexion-

extension est notée (en prenant compte de la douleur). Les points d'insertion ligamentaire et la tête radiale sont aussi, palpés en réalisant des mouvements de pronation-supination.



**Figure 3.4** – *Ligne de Hunter et triangle de Nélaton (d'après Bain et Mehta<sup>29</sup>)*

Il faut bien sûr rechercher les lésions associées : l'ouverture cutanée, les complications vasculaires (coloration du membre, prise des pouls, temps de recoloration pulpaire), les complications nerveuses ainsi que les fractures étagées.

Dans le cadre des fractures de l'humérus distal, il peut être trouvé : un coup de hache postérieur, un élargissement antéro-postérieur du coude, une saillie du segment proximal au niveau du pli de flexion, un avant-bras semblant plus court ainsi qu'une ecchymose locale.

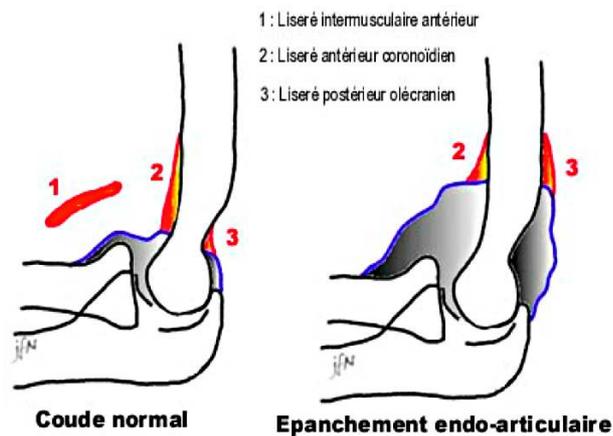
### 3.3.2 Diagnostic radiologique

En première intention, un cliché de radiographie standard avec deux incidences orthogonales (face et profil) sera réalisé (fig. 3.5). Ce bilan permet déjà de se poser plusieurs questions :

- Existe-t-il un traumatisme évident : fractures, luxation ?
- Les liserés graisseux sont-ils normaux ? Le signe du voile (liseré antérieur) signe une hémarthrose (Fig. 3.6).
- La ligne passant par l'axe du radius et par le capitulum croise-t-elle la tête radiale ?
- La ligne humérale antérieure est-elle normale ? Au moins un tiers du capitulum doit être situé en avant d'une ligne suivant la corticale antérieure de l'humérus.



**Figure 3.5** – Radiographie standard du coude de face et de profil – Radiographies normales

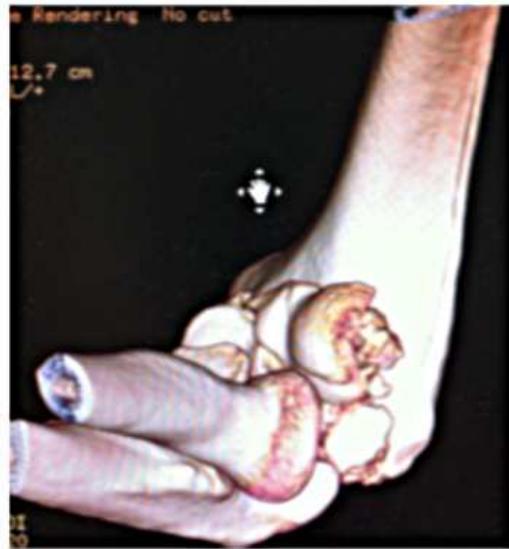


**Figure 3.6** – Liseré graisseux du coude

Malheureusement les clichés réalisés aux urgences sont souvent de qualité médiocre : immobilisation dans une gouttière plus ou moins radio-transparente, extension limitée par la douleur, incidences non strictes. Ces radiographies permettent cependant un premier bilan

lésionnel.

En cas de doute et de non concordance entre la radiographie et l'examen clinique, il sera utile de pratiquer un tomodensitométrie du coude avec reconstruction 3D (Fig. 3.7). Celle-ci s'avère d'ailleurs absolument nécessaire dans le cadre des fractures parcellaires du condyle. Il sera, dans tous les cas, obligatoire de réaliser des clichés de bonne qualité au bloc opératoire, sous anesthésie et d'y associer un cliché en traction permettant l'étude optimale du trait de fracture et de la comminution articulaire.



**Figure 3.7** – Tomodensitométrie avec reconstruction 3D d'une fracture articulaire parcellaire à trait frontal Dubberley 2a

Au terme de ce bilan, il doit être possible :

- de préciser le type de fracture
- l'existence de lésions associées
- et de déterminer la stratégie thérapeutique optimale.

### **3.4 Classification des fractures de l'extrémité distale de l'humérus**

Les systèmes de classification ont un objectif commun : permettre une aide efficace au choix thérapeutique. Ils ont aussi comme rôle d'être un outil d'évaluation bien utile aux publications scientifiques.

Plusieurs critères apparaissent nécessaires dans une classification des fractures. Celle-ci doit être compréhensible, transmissible, reproductible, limitée à une région anatomique spécifique, et doit inclure l'ensemble des types lésionnels.

L'humérus distal est, comme nous l'avons déjà vu, une région anatomique complexe aussi bien en terme de description qu'en terme de traitement des fractures. De plus, le traitement de ces fractures a considérablement changé en trente ans, passant de l'abstention thérapeutique à des techniques chirurgicales de réduction à ciel ouvert voir à des arthroplasties. Ces modifications thérapeutiques ont entraîné la création de nombreuses classifications, essentiellement descriptives en fonction du type et du niveau des traits de fracture ainsi que du degré de comminution. Toutes les classifications des fractures de l'extrémité distale de l'humérus sont établies à partir de radiographie standard<sup>95</sup>.

### 3.4.1 Classification de Riseborough et Radin (1969)

Cette classification<sup>8</sup> ne s'intéresse qu'aux fractures articulaires, intercondyliennes en T. Elle décrit quatre types de fractures (Fig. 3.8) :

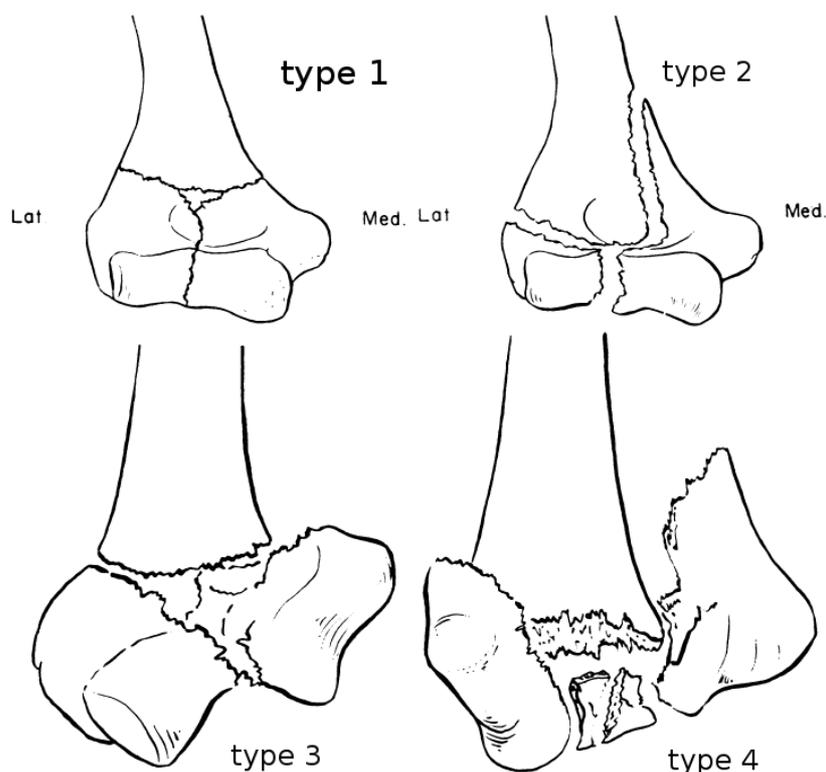
**Type 1** : Fractures avec fragments non déplacés (l'existence de cette fracture est d'ailleurs controversée dans l'article princeps)

**Type 2** : Fractures intercondyliennes avec séparation de la trochlée et du capitulum sans composante rotatoire frontale

**Type 3** : Fractures intercondyliennes avec composante rotatoire dans le déplacement des fragments

**Type 4** : Fractures intercondyliennes avec comminution importante de la surface articulaire et déplacement important des fragments condyliens.

Cette répartition des fractures permet une classification simple, mais qui présente un inconvénient principal : tous les types fracturaires ne sont pas représentés. De nos jours, son intérêt pour le choix thérapeutique paraît limité mais elle date d'une époque où les auteurs concluaient l'article sur l'inutilité de la réduction et de la synthèse à ciel ouvert<sup>8</sup>.



**Figure 3.8** – Classification de Riseborough et Radin<sup>8</sup>. Cette classification prend en compte uniquement les fractures intercondyliennes.

### 3.4.2 Classification de la S.O.F.C.O.T de Leicester (1979)

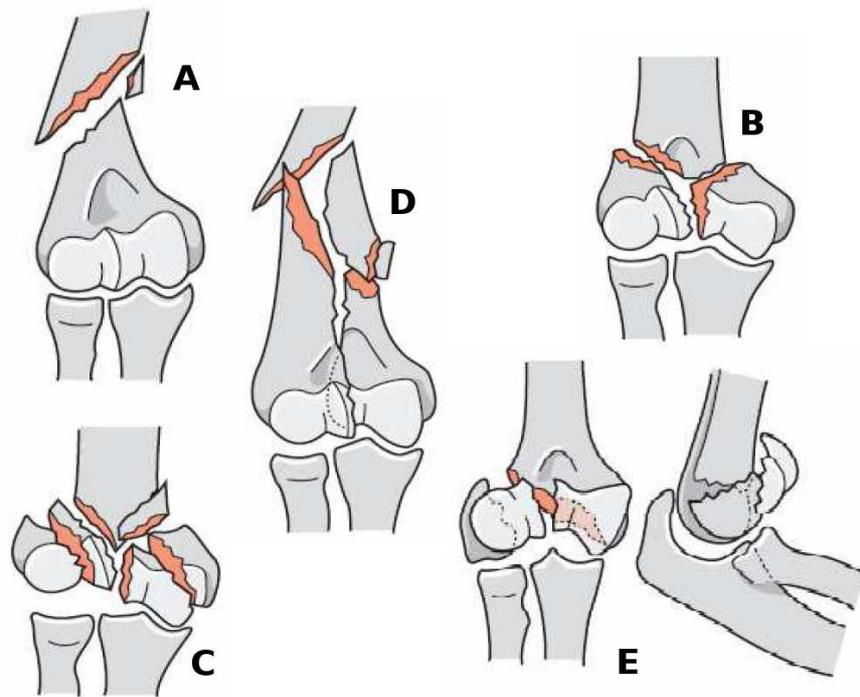
Cette classification est issue d'une table ronde sur les fractures de l'extrémité distale de l'humérus lors du congrès de la Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (S.O.F.C.O.T.) en 1979<sup>96;97</sup>. Elle est la première à distinguer les fractures totales des fractures parcellaires.

Les fractures totales comprennent (Fig. 3.9) :

- les fractures supracondyliennes,
- les fractures sus et intercondyliennes avec ou sans comminution,
- les fractures diaphyso-épiphysaire possédant un trait de refend articulaire remontant jusqu'à la diaphyse humérale,
- les fractures diacolumnaires distales avec l'association d'un trait métaphysaire sagittal et d'un trait frontal condylien

Les fractures parcellaires sont divisées en deux entités différentes : celles au trait de fracture sagittal et celles qui ont un trait de fracture frontal (Fig. 3.10) :

\* Les fractures parcellaires à trait sagittal sont multiples :



**Figure 3.9** – Classification de la S.O.F.C.O.T – Fractures totales

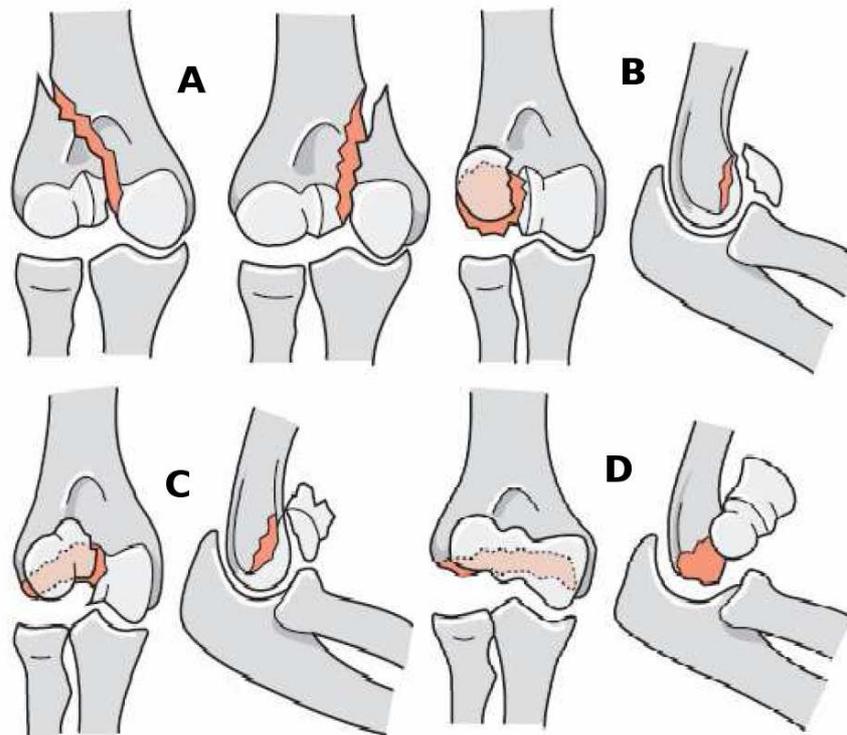
- A : Fracture supracondylienne
- B : Fracture sus et intercondylienne simple
- C : Fracture sus et intercondylienne comminutive
- D : Fracture diaphyso-épiphysaire
- E : Fracture diacolumnaire distale

- Fracture de l'épicondyle latéral
- Fracture du condyle latéral incluant le capitulum
- Fracture de l'épicondyle médial
- Fracture du condyle médial incluant la trochlée

\* Les fractures parcellaires à trait frontal sont décrites selon la taille du fragment décroché :

- Fracture du capitulum (Mouchet),
- Fracture du capitulum emportant la joue latérale de la trochlée (Hahn-Steinthal)
- Fracture diacondylienne emportant l'ensemble du condyle (Kocher)

Cette classification est clairement séduisante. Elle offre une description compréhensible et complète de tous les types fracturaires dont les fractures diaphyso-épiphysaires et les fractures diacolumnaires (que l'on ne retrouve pas dans les autres classifications). Elle permet aussi la classification des lésions selon le pronostic et l'indication opératoire. Elle pêche cependant par sa traduction difficile (principalement anglaise) qui fait qu'elle n'est utilisée qu'en France et qu'elle ne sert pas aux communications scientifiques internationales.



**Figure 3.10** – *Classification de la S.O.F.C.O.T – Fractures parcellaires*

**A** : *Fracture latérale et médiale intra-articulaire*

**B** : *Fracture du capitulum dite de Mouchet*

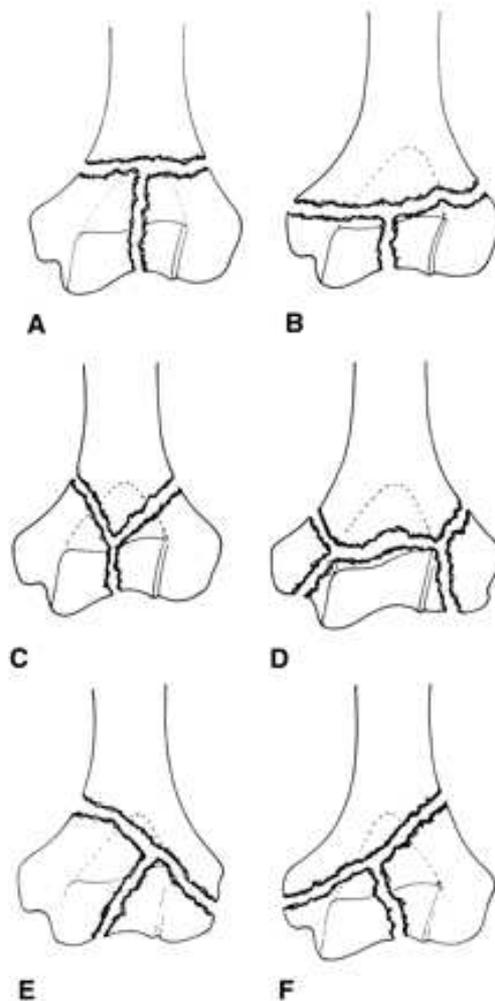
**C** : *Fracture emportant le capitulum, la zone conoïde et la joue latérale de la trochlée dite de Hahn-Steinthal*

**D** : *Fracture diacondylienne de Kocher*

### 3.4.3 Classification de Mehne et Matta (1992)

Cette classification a été rapportée par Jupiter et Mehne<sup>99;98</sup> en se basant sur la visualisation des fractures en peropératoire. Ils font la distinction entre trois types de fractures : extra-articulaire, extra-articulaire mais intra-capsulaire et intra-articulaire. La distinction est aussi faite avec la direction du trait : en T, en Y, en H et en  $\lambda$  et avec la hauteur de celui-ci. Cette classification distingue donc 22 types différents (Fig. 3.11).

Cette classification présente un intérêt majeur car elle facilite la planification opératoire et la réalisation de la fixation interne puisqu'elle prend en compte la hauteur de l'atteinte des condyles. Mais elle est peu intuitive et surtout elle ne prend pas en compte les fractures dont le trait siège dans plusieurs plans y compris le plan frontal<sup>100</sup>. Ces fractures sont importantes à concevoir car elles présentent une difficulté diagnostique et technique.



**Figure 3.11** – *Classification de Mehne et Matta*<sup>98</sup>.  
**A** : *T haut*, **B** *T bas*, **C** : *Y*, **D** : *H*,  
**E** : *Lambda à trait médial*, **F** *Lambda à trait latéral*

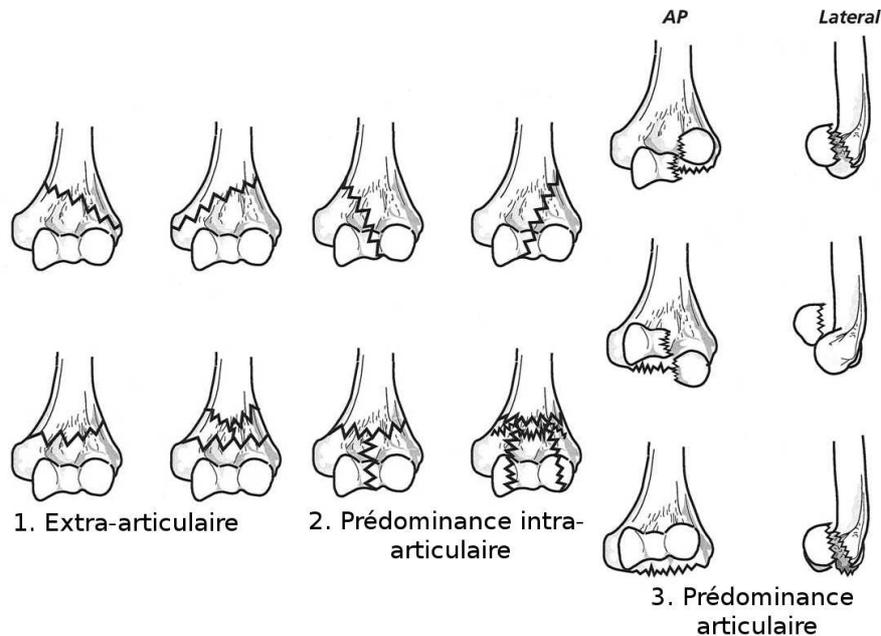
### 3.4.4 Classification de Davies et Stanley (2006)

Cette classification clinique récente a été mise au point afin de guider le chirurgien dans le choix de l'abord et de la technique opératoire<sup>101</sup> (Fig. 3.12).

**Les types 1** représentent les fractures extra-articulaires. Les auteurs conseillent de prendre en charge ses fractures par voie postérieure, sans olécrânatomie pour une ostéosynthèse.

**Les types 2** sont les fractures à trait intra-articulaire. Le trait est à point de départ métaphysaire et se termine au niveau du capitulum ou de la trochlée. Ce groupe de fractures doit être opéré par voie postérieure avec olécrânatomie et ostéosynthèse selon les auteurs.

**Les types 3** sont les fractures à prédominance articulaire dont le trait peut se propager à la métaphyse. Leurs traitements varient selon l'âge, l'arthrose pré-existante et l'ostéoporose. Chez le sujet jeune, les auteurs conseillent une ostéosynthèse par voie postérieure avec



**Figure 3.12** – *Classification de Davies et Stanley*<sup>101</sup>.

olécrânctomie et chez les sujets âgés une prothèse totale de coude.

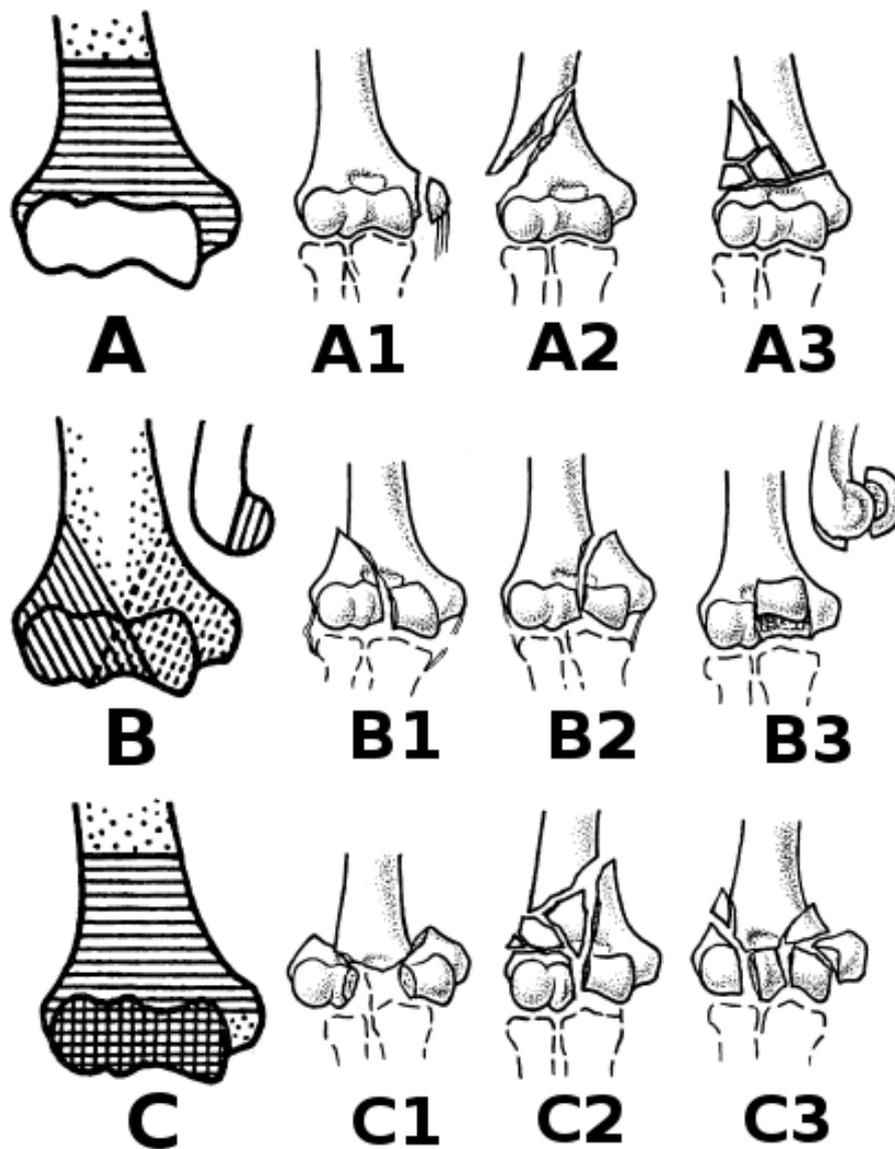
L'intérêt du protocole proposé par les auteurs est limité par le choix (restreint) des voies d'abord et des traitements. Cependant cette classification paraît plutôt simple d'utilisation et présente selon les auteurs une bonne reproductibilité intra et inter-observateur.

### 3.4.5 Classification de l'AO-OTA (2007)

La dernière classification de l'AO-OTA<sup>78</sup><sup>102</sup> (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen – Orthopaedic Trauma Association) est une modification de la première classification proposée par l'AO-OTA il y a 25 ans. La classification initiale provient du mélange de celle de l'AO datant de 1987<sup>103</sup> avec celle de l'AOT datant de 1983<sup>104</sup>. Elle reprend les principes classiques des classifications de l'AO avec un système alphanumérique :

- **A** : Extra-articulaire
- **B** : Partielle
- **C** : Articulaire

Ces trois types sont eux mêmes divisés en 3 groupes (1, 2 et 3) selon le trait de fracture et la comminution. Ces groupes sont aussi divisés en nombreux sous-groupes. Ceci permet d'aboutir à 61 types de fractures différentes (Fig. 3.13).



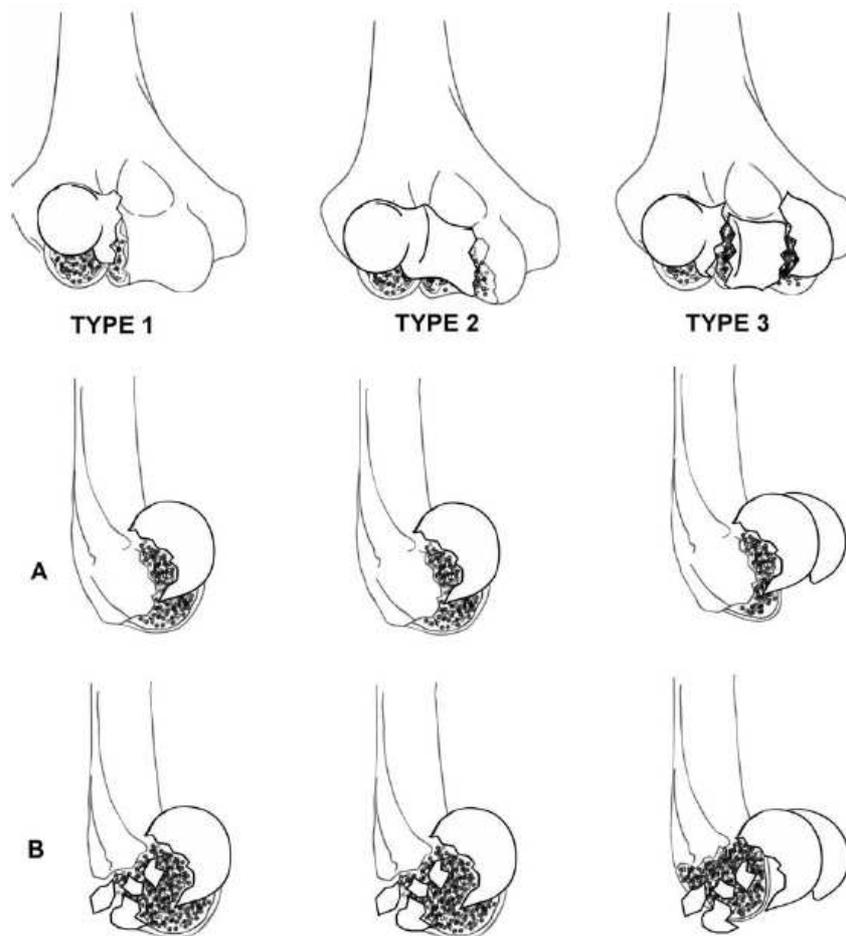
**Figure 3.13** – Classification de l'AO-OTA<sup>102</sup>. La classification complète est mise en annexe A

Cette classification a l'avantage d'être exhaustive et d'avoir une bonne reproductibilité<sup>105</sup>. Cependant, elle reste difficile d'utilisation dans la pratique courante. Un reproche peut lui être fait : celui de mélanger, dans des familles identiques, des fractures à la thérapeutique et au pronostic complètement différents (fracture de type B). Elle reste cependant « La classification » des publications scientifiques.

### 3.4.6 Classification des fractures articulaires frontales de Dubberley (2006)

Différentes classifications spécifiques des fractures frontales de l'extrémité inférieure de l'humérus ont été proposées ; la plus récente est celle proposée par Dubberley en 2006<sup>106</sup>.

Elle décrit l'ensemble des types de fractures, en prenant en compte la part de comminution postérieure du condyle latéral (Fig. 3.14), ce que ne faisait pas la classification de la SOFCOT.



**Figure 3.14** – *Classification des fractures frontales articulaires selon Duberley<sup>106</sup>*

**Le types 1** correspond aux fractures du capitulum s'étendant plus ou moins à la gorge latérale de la trochlée. Ce type correspond aux fractures de Mouchet et de Hahn-Steinthal dont le pronostic et la thérapeutique varient peu.

**Le types 2** englobe les fractures du capitulum et de la trochlée en un seul fragment et correspond aux fractures de Kocher.

**Le types 3** est une fracture du capitulum et de la trochlée plurifragmentaire, type non décrit dans les autres classifications.

**Les sous types A et B** sont rajoutés en cas de présence ou non d'une comminution latérale postérieure.

Cette classification guide, selon les auteurs, le traitement. Les types 1 et 2 peuvent bénéficier d'une voie d'abord latérale de Kocher avec une fixation par vis canulées. Le type 3

requiert une voie d'abord postérieure (ostéotomie olécrânienne pour les auteurs) afin d'avoir un meilleur jour sur l'articulation. Dans tous les cas, les sous-types B doivent bénéficier d'un apport osseux afin de contrer la comminution et donc une fixation rigide par plaque. La classification de Dubberley permet aussi une vision pronostique : les types 1 présentent de meilleurs résultats que les types 3 d'autant plus s'il existe une comminution postérieure.

### 3.4.7 Quelle classification faut-il utiliser ?

Le nombre important de classifications des fractures distales de l'humérus met bien en évidence qu'une classification idéale guidant la thérapeutique, étant pronostic et permettant les publications, n'existe probablement pas encore ! En tout cas, les classifications les plus utilisées dans la littérature médicale sont celle de l'AO-OTA et celle de Dubberley. La classification de la SOFCOT qui paraît si didactique n'est malheureusement utilisée qu'en France.

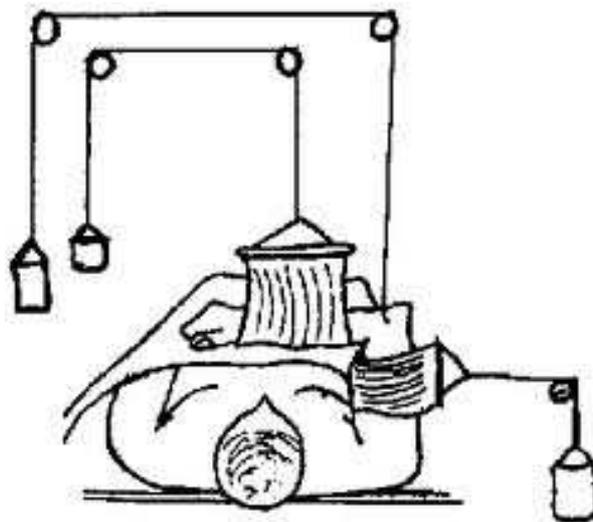
	UTILISATION CLINIQUE	PUBLICATION
Riseborough et Radin	+	+
SOFCOT	+ + +	+
AO-OTA	+	+ + +
Jupiter et Mehne	+ +	+ +
Davies et Stanley	+ +	+
Dubberley	+ + +	+ +

**Table 3.2** – Critères de choix parmi les différentes classifications (d'après Rigal et Mathieu<sup>95</sup>)

Les correspondances entre les classifications sont difficiles à établir au vu de la complexité de certaines fractures. Wainwright *et al.* ont d'ailleurs réalisé une étude comparative<sup>105</sup> (intra et interobservateur) des classifications les plus utilisées dans la littérature anglo-saxonne. La reproductibilité de la classification de Riseborough et Radin était jugée faible. De plus, la moitié des fractures n'y était pas classable. Concernant les classifications de l'AO-OTA (avec les sous-groupes) et Jupiter et Mehne, la reproductibilité était « acceptable ». Pour la classification de l'AO-OTA sans les sous-groupes, la note de reproductibilité diminuait vers « modérée ». Il faut donc rester prudent quant à la valeur que l'on peut donner à une classification.

### 3.5 Techniques chirurgicales

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus sont parmi les fractures de l'adulte les plus complexes à prendre en charge. La complexité anatomique de l'épiphyse, la proximité des nerfs (radial et ulnaire), la grande variété des formes de fractures ont longtemps fait préférer le traitement orthopédique « bag of bones »<sup>107</sup> au traitement chirurgical. Watson-Jones<sup>108</sup> a défendu le concept de réduction par manœuvre externe suivi d'une immobilisation plâtrée, Riseborough<sup>8</sup> celui d'une réduction à l'aide d'une traction transolécrânienne. Decoux *et al.*<sup>109</sup> a utilisé la technique de traction continue selon Leveuf et Godart (Fig. 3.15). Certains prônent même une rééducation immédiate<sup>110</sup> permettant selon eux un remodelage de la surface articulaire. Cependant, les progrès du matériel d'ostéosynthèse ont permis de proposer aux patients des techniques chirurgicales permettant une rééducation précoce, gage de bons résultats<sup>16</sup>. A cette condition, le traitement chirurgical a fait la preuve de sa supériorité<sup>96</sup>. Les différents types de traitement orthopédique doivent donc être conservés en mémoire et utilisés dans des cas bien particuliers où aucun traitement chirurgical ne paraît envisageable (principalement liés aux problèmes d'anesthésie).



**Figure 3.15** – *Traction continue selon Leveuf et Godart : traction du bras au zénith, avant bras fléchi à 90°, poids entre 2 et 4 kg*

De même, je pense que les techniques de résection arthroplastique et l'arthrodèse du coude, aux résultats bien connus, ne doivent plus être discutées d'emblée au vu des bons résultats de la prothèse de coude chez le sujet âgés. Nous envisagerons donc successivement : les différentes voies d'abord, les techniques d'ostéosynthèses et la technique de mise en place des prothèses

totales de coude traumatologiques.

### 3.5.1 Les voies d'abord du coude

#### 3.5.1.1 Voies d'abord postérieures

Les voies d'abord postérieures décrites sont nombreuses dans la littérature. Elles découlent toutes d'une réflexion vis à vis de l'appareil extenseur et de sa réparation, qui doit incontestablement être dépassé pour accéder à l'articulation.

Les voies d'abord postérieures présentent des avantages certains :

- le respect des nerfs sous cutanés
- une meilleure visualisation des surfaces articulaires
- tous les gestes techniques apparaissent possibles par cette approche, ce qui lui vaut la qualification de voie d'abord universelle (universal approach<sup>31;111</sup>) par les auteurs de langues anglaises. Une citation d'O'Driscoll : « the front door of the elbow is the back »

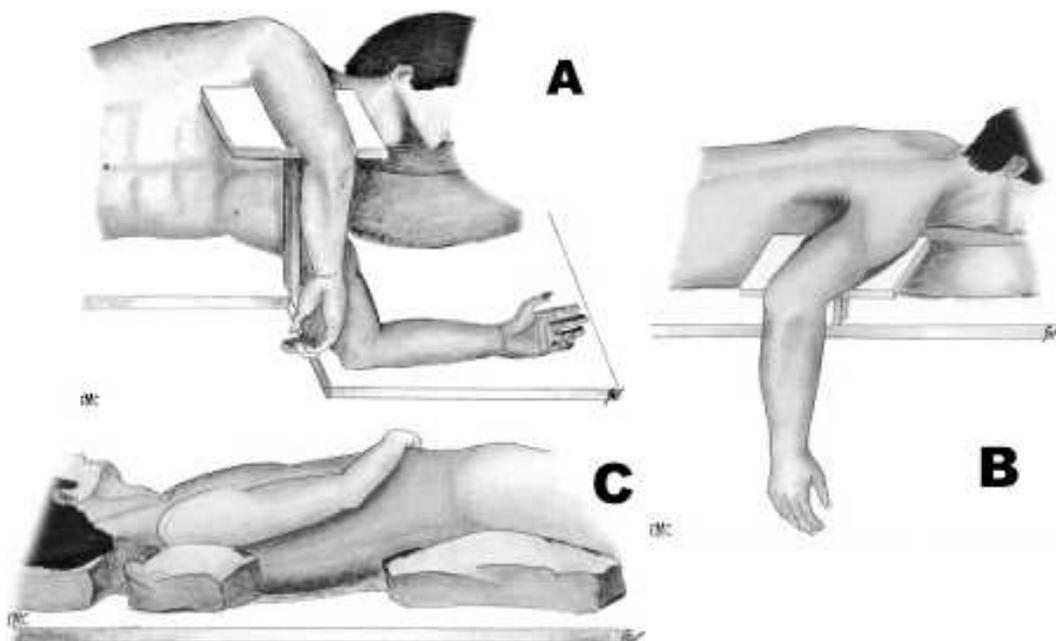
Les voies d'abord postérieures peuvent être classées en quatre catégories différentes suivant la gestion du triceps :

- Discision du triceps
- Décollement et translation du triceps
- Contournement du triceps
- Ostéotomie de l'olécrane ou ténotomie du triceps

##### 3.5.1.1.1 Installation et incision cutanée

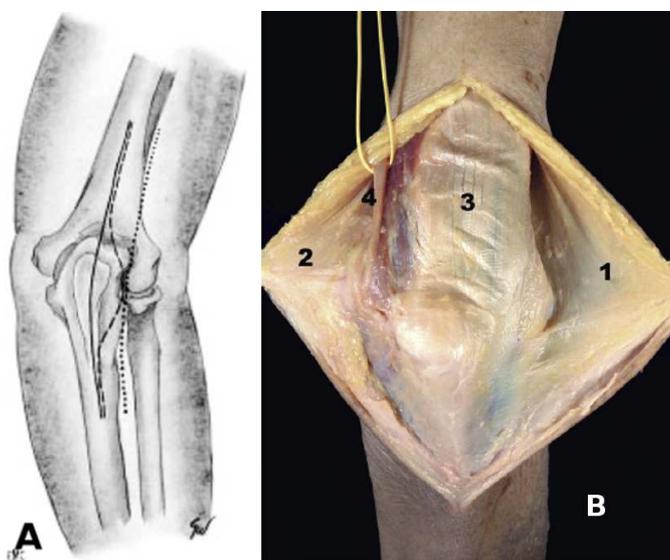
L'installation (Fig. 3.16A) qui nous paraît être la plus simple est celle en décubitus latéral sur le côté opposé au coude opéré. Le bras, muni d'un garrot pneumatique, repose sur un support concave type « appui bras ». L'avant-bras est laissé pendant et le coude se fléchit spontanément à 90°. Il faut faire attention à ce que l'appui ne gêne en rien la flexion durant l'intervention.

D'autres installations sont possibles. Le décubitus ventral (Fig. 3.16B) a le désavantage d'être plus long à installer et requiert une surveillance stricte des points d'appui. Cependant, cette installation permet le champage de la crête iliaque postérieure dans les cas où un apport osseux s'avère nécessaire. Le décubitus dorsal (Fig. 3.16C) est aussi possible : un coussin est



**Figure 3.16** – *Différentes installations possibles (d'après Dos Remedios et al.<sup>112</sup> : A : décubitus latéral, B : décubitus ventral, C : décubitus dorsal*

placé sous la scapula et le bassin, le bras est en adduction, main posée sur la poitrine de l'opéré. Cette installation est recommandée par de nombreux auteurs mais présente selon nous<sup>112</sup>, le désavantage d'un aide opératoire supplémentaire pour maintenir le membre supérieur opéré.



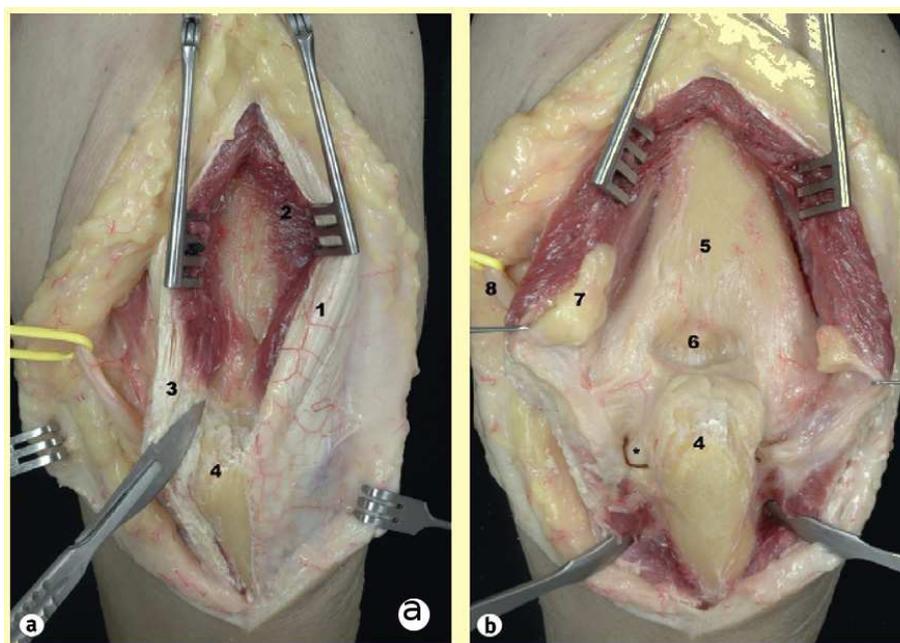
**Figure 3.17** – *A (d'après Dos Remedios et al.<sup>112</sup>) : Incisions cutanées postérieures. B (d'après Sales et al.<sup>113</sup> : Extension latérale et médiale. 1 - lambeau fascio-cutané latéral, 2 - lambeau fascio-cutané médial, 3 - muscle triceps brachial, 4 - nerf ulnaire*

La plupart des incisions cutanées sont longitudinales (Fig. 3.17). L'incision doit être directe comme préconisée par Langenbeck dès 1872 et doit contourner l'olécrane par sa partie latérale, évitant ainsi des douleurs cicatricielles lorsque le coude est posé sur une table. Cependant

Smith<sup>114</sup> propose de contourner l'olécrane par sa partie médiale, permettant ainsi une meilleure cicatrisation ; nous n'en avons malheureusement pas l'expérience. L'abord doit se faire sur environ 8 cm proximal et 6 cm distal en partant de l'articulation.

La dissection se poursuit en profondeur où il est possible de soulever un lambeau fascio-cutané médial et latéral contenant les vaisseaux sous cutanés et permettant la protection de l'innervation sous-cutanée. A présent, nous avons un jour suffisant sur le triceps et il est possible de choisir la manière de le traverser.

### 3.5.1.1.2 Discision du Triceps : Campbell et Gschwend



**Figure 3.18** – Voie d'abord trans-tricipitale (d'après Laakso et al.<sup>115</sup>)

**a** : 1 - l'aponévrose est divisée longitudinalement, 2 - chef médial du triceps, 3 - tendon tricipital, 4 - sommet de l'olécrane

**b** : 7 - le coussinet graisseux de la fosse olécrânienne est laissé solidaire du triceps pour limiter le risque d'adhérence

Campbell<sup>116</sup> a décrit cette voie d'abord en 1932. Celle-ci avait déjà été proposée par Langenbeck en 1864<sup>117</sup>. Le nerf ulnaire doit être individualisé en premier. Elle consiste à réaliser une incision au centre du tendon et de l'aponévrose tricipitale jusqu'au sommet de l'olécrane. Puis on réalise le décollement sous-périosté du muscle fléchisseur ulnaire du carpe en dedans et des muscles anconé et extenseur ulnaire du carpe recouverts du fascia antébrachial, à la partie latérale de l'ulna (Fig.3.18).

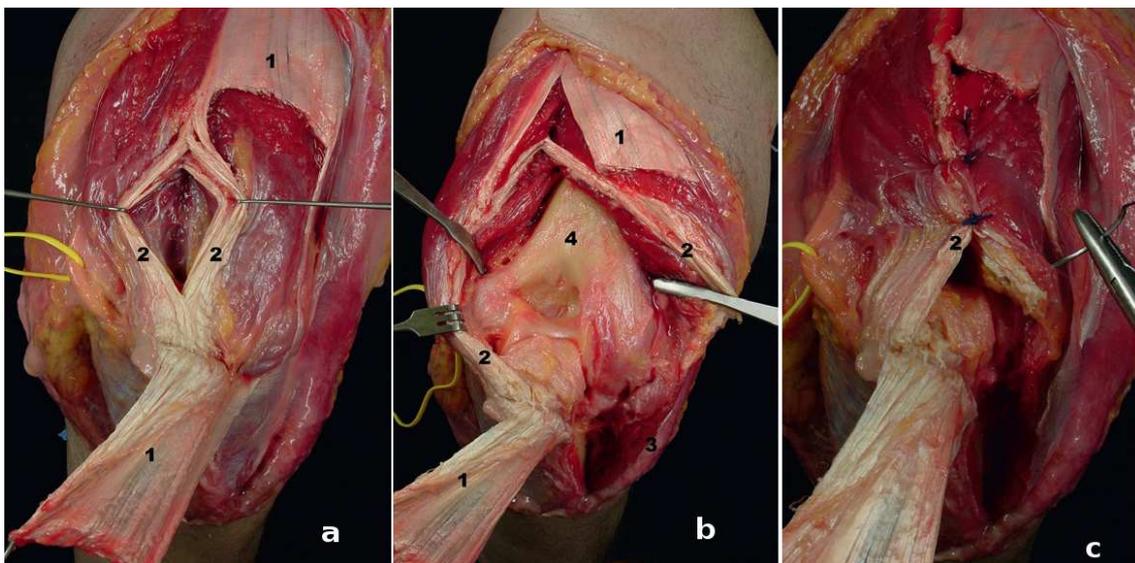
Une modification a été apportée par Gschwend<sup>118</sup> qui recommande la décortication de

l'ulna à la scie oscillante ou à l'ostéotome afin de permettre une meilleure cicatrisation (os-os) du tendon tricipital. La discision du triceps peut se poursuivre en proximal avec prudence pour éviter toute lésion du nerf radial.

En fin d'intervention, les deux lambeaux musculo-aponévrotiques sont réinsérés à l'olécrane par des points transosseux et le tendon tricipital est suturé par des points en X. Un soin tout particulier doit être pris au niveau de la suture au sommet de l'olécrane afin d'éviter toute complication en boutonnière.

### 3.5.1.1.3 Discision du triceps et lambeau aponévrotique en « langue » : Van Gorder

Cette voie d'abord a initialement été décrite par Campbell puis modifiée par Van Gorder<sup>119</sup> puis Wadsworth<sup>120</sup>.



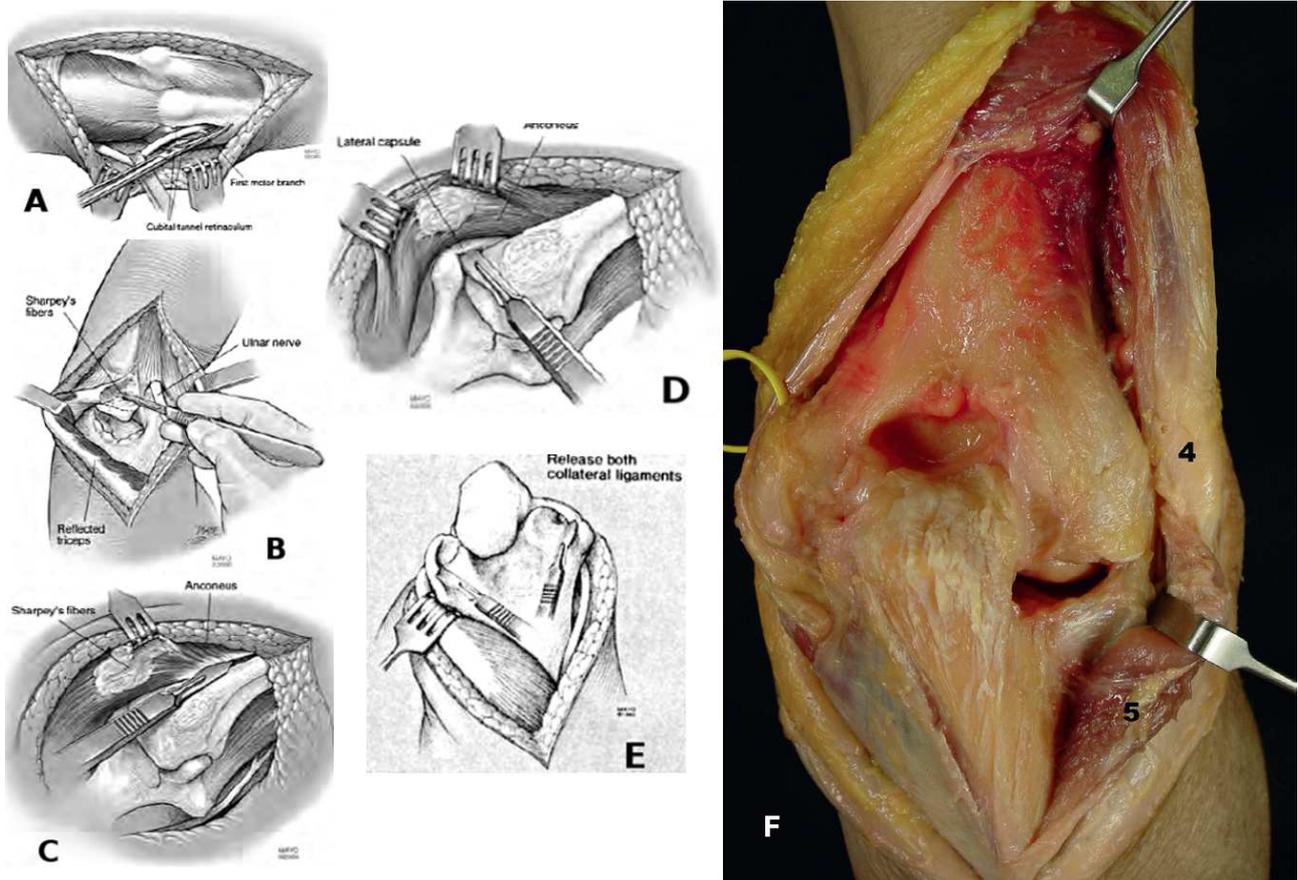
**Figure 3.19** – Lambeau en U renversé selon Van Gorder (d'après Laakso et al.<sup>115</sup>)

**a** : lambeau aponévrotique en langue, à base olécrânienne

**b** : partie tendineuse intra-musculaire

**c** : extension distale par le décrochage de l'anconé

Cette technique a été initialement décrite dans le cadre des luxations chroniques du coude. Le lambeau tricipital permet, par une technique de V-Y, un allongement de l'appareil extenseur. Le fascia et l'aponévrose superficiel du triceps sont incisés en forme de V ou de U sur une dizaine de centimètres afin de créer un lambeau aponévrotique à base olécrânienne. Le lambeau est levé du corps musculaire. Il est important de conserver les fibres de Sharpey tendu entre la partie postérieure du tendon et le sommet de l'olécrane. Le lambeau est conservé



**Figure 3.20** – « *Postero-medial extensile : Bryan–Morrey approach* » (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)

**A** : *Transposition antérieure du nerf ulnaire*

**B** : *Repérage du bord médial du triceps*

**C** : *Le triceps est détaché de la partie postérieure de l'humérus et de l'olécrane*

**D** : *Libération ligamentaire*

**E** : *L'appareil extenseur est récliné au niveau de l'épicondyle latéral*

**F** : *Vue anatomique (d'après Sales et al.<sup>113</sup>) (4) tendon tricipitale en continuité avec (5) le muscle anconé*

pendant toute l'intervention dans une compresse humide afin d'éviter son dessèchement. La partie tendineuse intra-musculaire (zone avasculaire) est visualisée puis incisée longitudinalement permettant l'accès à la partie postérieure de l'articulation (une section en Z peut y être ajoutée en cas de nécessité d'allongement). Le muscle anconé peut ensuite être levé de l'ulna (Fig. 3.19).

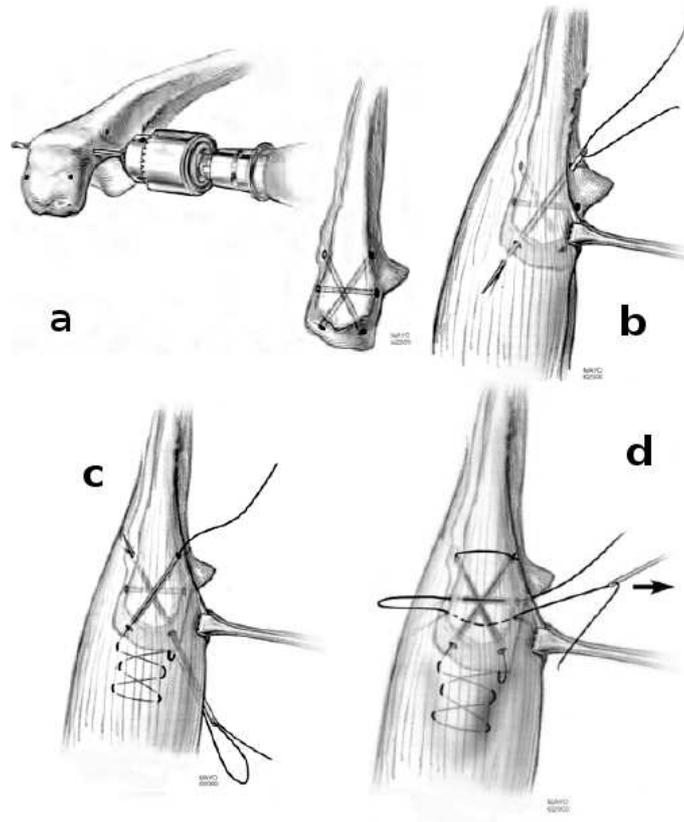
Cette technique permet de conserver la vascularisation du triceps ainsi que son innervation et celle de l'anconé. La technique originale consistait en une section complète du triceps en U qui entraînait un nombre important d'infection profonde et de rupture tricipitale<sup>115</sup> suite à la dévascularisation du muscle.

La réparation est facile. Les deux lambeaux musculaires sont rapprochés, puis le lambeau

aponévrotique est suturé avec ou sans allongement.

#### 3.5.1.1.4 Décollement et translation du triceps : voie de Bryan-Morrey

La voie d'abord postéro-médiale de la Mayo décrite par Bryan et Morrey<sup>121</sup> relève le triceps de sa partie médiale à latérale (Fig. 3.20).



**Figure 3.21** – « criss-cross suture » (d'après Sanchez et Morrey<sup>31</sup>)

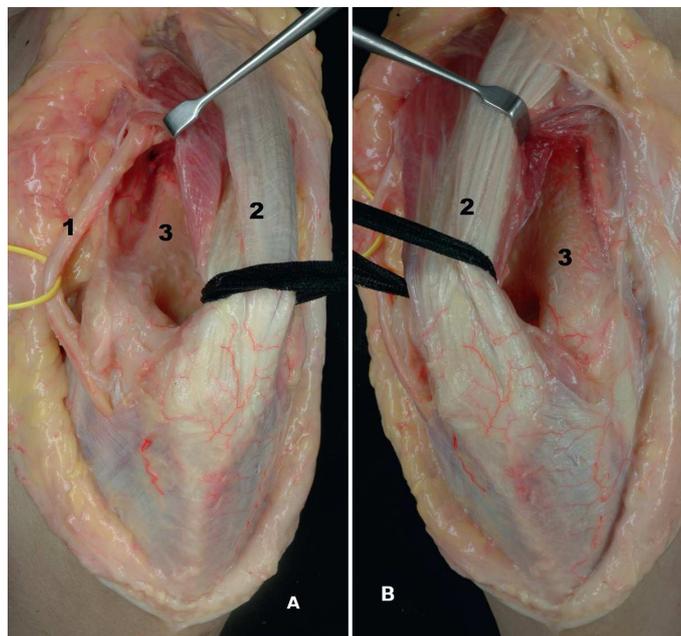
L'abord débute à la partie postéromédiale du bras où le nerf ulnaire doit être transposé en avant, après section du septum intermusculaire médial du bras. Le triceps est relevé dans son ensemble de la partie postérieure de l'humérus. Au niveau de l'olécrane, les fibres de Sharpey sont sectionnées par une dissection sous-périostée, finissant ainsi la libération du triceps. L'abord se poursuit au niveau de l'ulna où, en restant toujours sous-périostée, la partie latérale de l'ulna est visualisée et le muscle anconé peut être levé de ses attaches ulnaires. Ainsi l'appareil extenseur peut être récliné au niveau de l'épicondyle latéral. La désinsertion ligamentaire donne un jour excellent sur l'articulation. Certains auteurs<sup>122</sup> proposent de lever le triceps avec une lame osseuse olécrânienne créant ainsi un lambeau os-anconé. Cet abord a l'avantage de ne pas désinsérer les attaches latérales entre le triceps et les autres tissus mous, et respecte l'innervation et la vascularisation du triceps. Les auteurs proposent une fermeture

qu'ils nomment « criss-cross locked suture »<sup>31</sup> (Fig.3.21).

Trois tunnels de 3 cm de longueur sont réalisés à la mèche au niveau de l'olécrane, dessinant une étoile à six branches. La suture débute par le trou médiodistal, passe à travers le tendon tricipital puis se poursuit dans le second tunnel de proximomédial à distolatéral. Le coude est fléchi à 70° et la suture peut être bloquée. Un deuxième point, transversal à l'olécrane, est réalisé en passant à travers le dernier tunnel.

### 3.5.1.1.5 Voie paratricipitale : Alonso-Llames (Fig. 3.22).

Cette voie d'abord a initialement été décrite par Alonso-Llames en 1972 pour le traitement des fractures supracondyliennes chez l'enfant<sup>117</sup>. Cette voie d'abord présente l'avantage de préserver la continuité du triceps et donc de ne pas nécessiter d'immobilisation de protection post-opératoire. Cependant, la visualisation de l'articulation est moindre ce qui rend le geste opératoire plus compliqué. De plus, les manipulations de l'avant-bras nécessaires à la visualisation articulaire peuvent entraîner une traction excessive sur le nerf ulnaire. Le taux d'hématome post-opératoire serait plus important<sup>123</sup>.



**Figure 3.22** – Voie paratricipitale (d'après Laakso et al.<sup>115</sup>)  
**A** : fenêtre médiale, **B** : fenêtre latérale

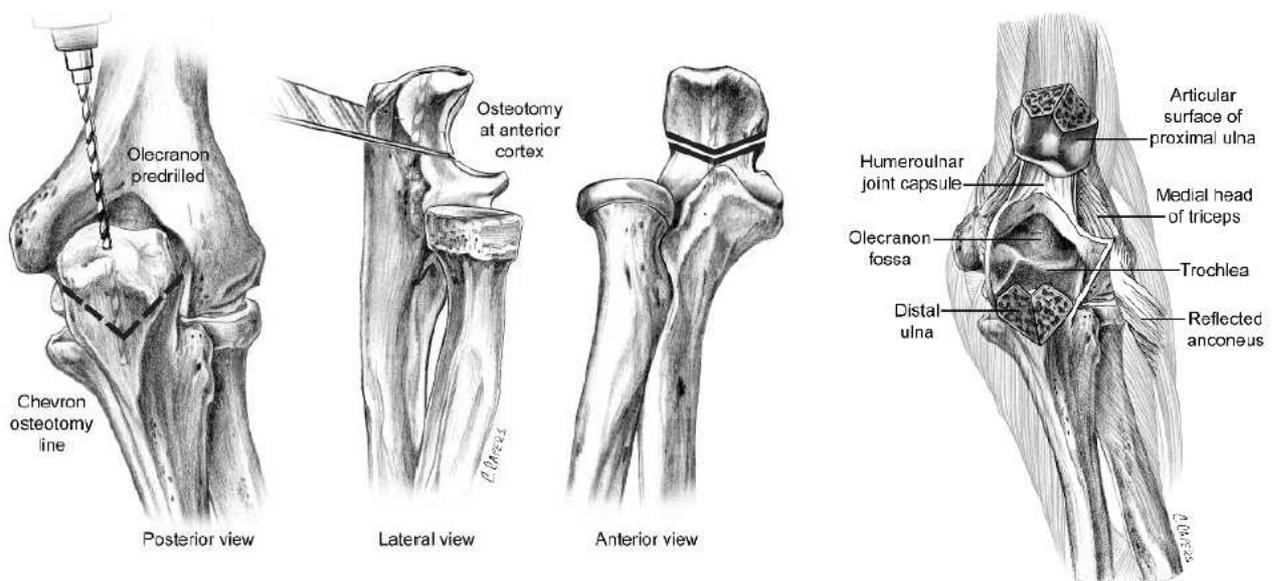
Les bords médiaux et latéraux du triceps sont identifiés puis incisés jusqu'à leur terminaison olécrânienne, afin de lever le triceps de l'humérus. Le nerf ulnaire est bien sûr repéré et protégé pendant l'intervention.

### 3.5.1.1.6 Voies transolécrâniennes

La voie transolécrânienne est la voie de référence pour les fractures de l'extrémité distale de l'humérus défendue par de nombreux auteurs<sup>29;31;124</sup>.

Elle a initialement été décrite par Mac Ausland en 1915<sup>125</sup>. Son avantage majeur est l'excellent jour articulaire offert par rapport aux autres voies postérieures. Cependant le taux de complications vient contrebalancer cet avantage. Le taux de pseudarthrose de l'olécrane est de 30 % et celui de perte de réduction proche de 60 % en utilisant une ostéotomie transverse<sup>126</sup>. Le taux de pseudarthrose diminue entre 5 et 14 % en utilisant une ostéotomie en chevron<sup>107;127;128</sup> universellement recommandée à présent.

Je ne décrirai donc ici que la technique d'ostéotomie intra-articulaire en chevron (Fig. 3.23). Les techniques d'ostéotomie extra-articulaire et intra-articulaire transverse doivent être abandonnées.

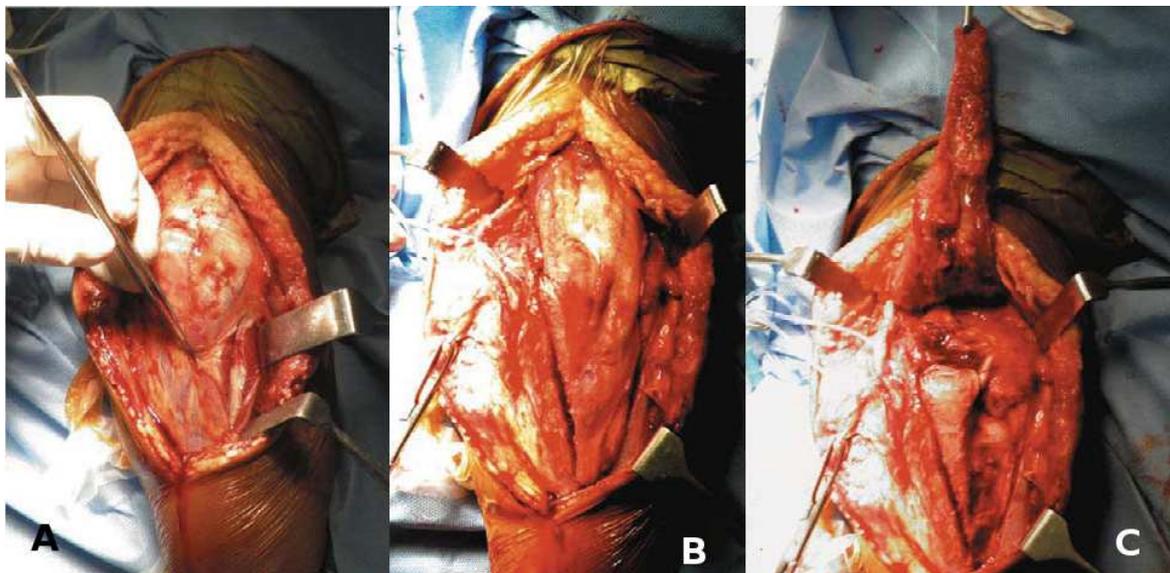


**Figure 3.23** – Ostéotomie trans-olécrânienne en chevron (d'après Bain et Metha<sup>29</sup>)

*Techniques* : le nerf ulnaire est individualisé et protégé tout au long de l'intervention. Le muscle anconé est désinséré de l'olécrane et l'articulation est distractée afin de repérer la portion acartilagineuse de l'incisure trochléaire. Une ostéotomie en chevron à base distale est réalisée à ce niveau. Le trait est débuté à la scie oscillante et terminé à l'aide d'un ostéotome. La capsule ainsi que le faisceau postérieur du ligament collatéral ulnaire sont détachés. De cette manière, le tendon tricépital solidaire du fragment olécranien peut être relevé proximale. Initialement, l'ostéotomie olécrânienne était synthésée à l'aide d'une longue vis spongieuse

transolécrânienne ou par un système de brochage et haubanage, suivi d'une immobilisation de trois semaines. Une étude plus récente<sup>124</sup> semble montrer la supériorité des montages par plaques, diminuant les complications de pseudarthrose de l'olécrane.

### 3.5.1.1.7 Voie « TRAP » : Triceps-Reflecting Anconeus Pedicle



**Figure 3.24** – TRAP. Photographie opératoire d'un coude gauche (d'après Mishra et al.<sup>129</sup>).  
**A** - visualisation de l'espace entre l'anconé et l'extenseur ulnaire du carpe,  
**B** - approche médiale entre le fléchisseur ulnaire du carpe et le périoste,  
**C** - levée du lambeau

Cette voie a été décrite par O'Driscoll en 2000 spécifiquement pour le traitement des fractures distales de l'humérus<sup>130</sup> (Fig.3.24). Elle repose sur l'addition d'une voie de Bryan-Morrey et d'une voie de Kocher. L'abord latéral se déroule entre les muscles anconé et extenseur ulnaire du carpe qui sont séparés. Puis le muscle anconé est détaché de la face postérieure et latérale de l'ulna. La dissection se poursuit en proximal en levant le triceps de l'humérus. L'abord médial est celui de Bryan-Morrey (cf. 3.5.1.1.4). Ainsi en rejoignant les incisions, un lambeau comprenant le triceps et l'anconé en continuité peut être levé. Le lambeau est gardé dans une compresse humide pendant l'intervention. La réparation se fait selon la technique du « criss-cross suture » (Fig. 3.21) .

Cet abord est à présent recommandé par de nombreux auteurs<sup>31;130;129</sup> en remplacement des voies transolécrâniennes. Il permet par ailleurs une rééducation immédiate, gage de bons résultats.

### 3.5.1.1.8 Comparaison des différentes voies d'abord postérieures

#### • Exposition articulaire

Deux études cadavériques<sup>131;132</sup> permettent de chiffrer le pourcentage d'articulation visible lors des différentes voies d'abord postérieures du coude. On remarque que le jour est meilleur lorsque l'on s'affranchit de l'obstacle olécranien. Les résultats sont donnés dans le tableau 3.3.

	PARA- TRICIPITALE	CAMPBELL et VAN GORDER	BRYAN- MORREY	OLÉO- CRANOTOMIE
Dakoure <i>et al.</i> <sup>132</sup>	26 %	37 %		52 %
Willkinson et Stanley <sup>131</sup>		35 %	46 %	57 %

**Table 3.3** – Jour articulaire obtenu (en pourcentage d'articulation totale visualisée) des différentes voies d'abord postérieures

#### • Résistance du triceps brachial à la rupture

Une étude<sup>133</sup> (in vitro) s'attache à comparer la résistance à l'arrachement du triceps après réalisation de trois voies d'abord différentes : transtricipital, Van Gorder et Bryan-Morrey. Les résultats sont significatifs en faveur de la voie de Bryan-Morrey qui possède une réparation plus résistante. Cependant l'ensemble des voies étudiées présente des faiblesses tricipitales, en comparaison au côté controlatéral. Les phénomènes d'élongation puis de rupture surviennent en règle générale au niveau de la parite supérieure de la suture.

#### • Résultat global et tableau récapitulatif des voies d'abord postérieures (tableau 3.5)

Une étude chinoise<sup>134</sup> compare les résultats des ostéosynthèses des fractures de l'humérus distal selon la voie d'abord : Bryan-Morrey ou olécranotomie et selon l'âge. Les résultats apparaissent comme significatifs à partir de 60 ans dans le cadre des fractures intercondyliennes où la voie d'abord par olécranotomie donne de meilleurs résultats globaux.

VOIE D'ABORD	AVANTAGES	COMPLICATIONS	COMMENTAIRES
TRANS-TRICIPITALE	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Visualisation de l'articulation « bonne »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fragilisation de l'appareil extenseur</li> <li>● Risque de boutonnière</li> </ul>	
TRANS-TRICIPITALE + LAMBEAU APONÉVROTIQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Visualisation de l'articulation « bonne »</li> <li>● Possibilité d'allongement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fragilisation de l'appareil extenseur</li> <li>● Rupture tricipitale</li> <li>● Augmentation du risque d'infection<sup>123</sup> (technique originale)</li> </ul>	Décrite initialement pour les rétractions du triceps dans le cadre des luxations chroniques du coude
BRYAN-MORREY	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Visualisation de l'articulation « bonne »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rupture tricipitale et fragilisation de l'appareil extenseur<sup>123</sup></li> </ul>	Appropriée pour la pose de prothèse totale de coude semi-contrainte. La réinsertion trans-osseuse de l'appareil extenseur doit être méticuleuse.
PARATRICIPITALE	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Continuité du triceps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Risque d'étirement du nerf ulnaire</li> <li>● Taux d'hématome<sup>123</sup></li> </ul>	Décrite initialement pour le traitement des fractures supracondyliennes de l'enfant Exposition articulaire médiocre
TRANS-OLÉCRÂNIENNE	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jour articulaire excellent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pseudarthrose de l'olécrane</li> <li>● Perte de réduction</li> </ul>	L'ostéotomie doit être réalisée en chevron et en position intra-articulaire. Il semblerait que les réparations par plaque de l'olécrane donnent de meilleurs résultats. Impossibilité de mettre en place une prothèse.
TRAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Jour articulaire correct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fragilisation de l'appareil extenseur</li> <li>● Rupture tricipitale</li> <li>● Hématome</li> <li>● Ossifications hétérotopiques</li> </ul>	

**Table 3.5** – Tableau récapitulatif des différentes voies d'abord postérieures du coude.

### 3.5.1.2 Voie d'abord latérale et médiale

Le patient est installé pour ces voies en décubitus dorsal avec table à bras. Judet associe les deux voies pour traiter les fractures de l'extrémité distale de l'humérus. Je le cite lors du cours de Garches sur le coude en 2010 « *Profitez des deux larges portes latérales par lequel le coude s'offre à vous. Evitez de le violenter par derrière!* » En effet, l'ouverture de deux fenêtres, antérieure et postérieure, par la voie médiale et latérale, permet d'accéder à l'ensemble des structures du coude sans léser l'appareil extenseur.

#### 3.5.1.2.1 Voie latérale : Kocher

Toutes les voies latérales du coude ont en commun la proximité immédiate du nerf radial. Il est conseillé de mettre l'avant-bras en pronation pour éloigner celui-ci d'environ 1 cm<sup>135</sup>. L'incision débute à la partie proximale, environ trois travers de doigt au dessus de l'épicondyle latéral puis croise celui-ci en s'incurvant et longe la face latérale de l'avant-bras, en regard de la tête radiale. L'incision ne doit pas être trop antérieure afin d'éviter la branche profonde du nerf radial.

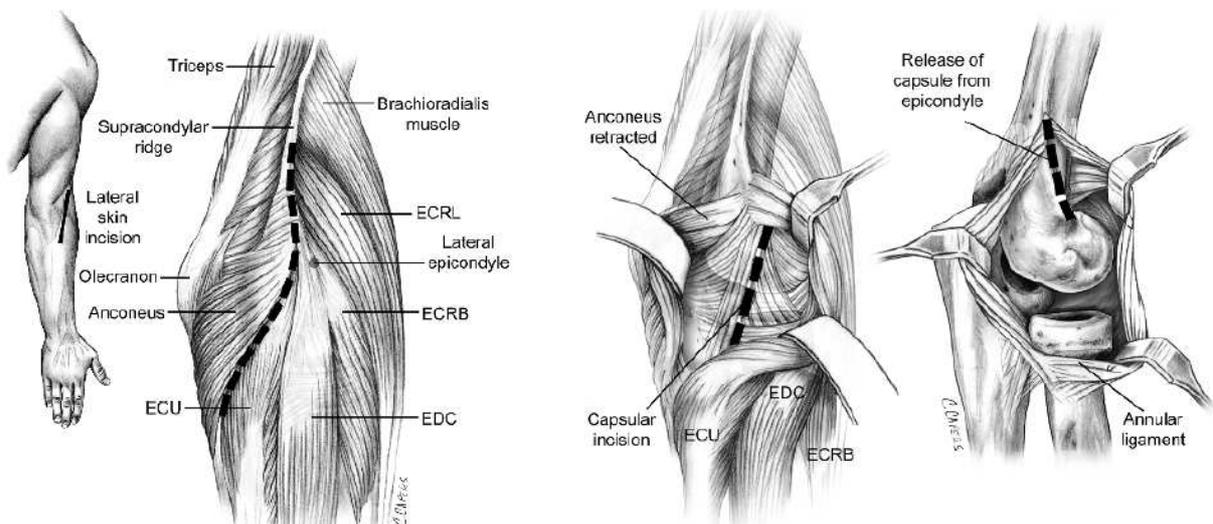


Figure 3.25 – Voie de Kocher (d'après Bain et Mehta<sup>29</sup>).

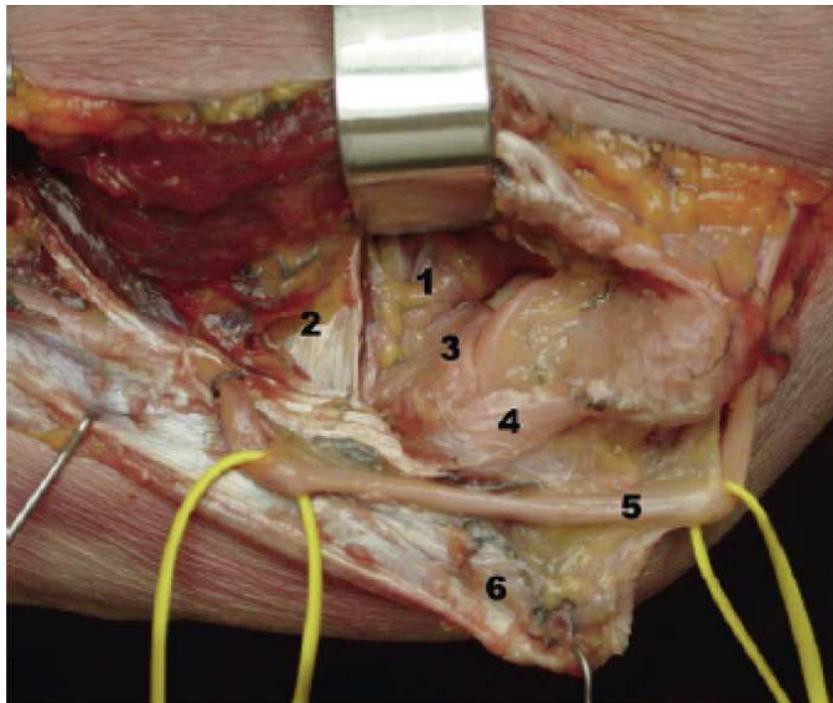
L'abord se poursuit selon la voie décrite par Kocher<sup>29</sup>. Le passage se fait dans l'intervalle entre le triceps en arrière et les muscles brachioradial et long extenseur radial du carpe en avant. Ceci permet d'exposer la partie latérale de l'humérus. L'exposition peut être poursuivie dans l'espace entre l'anconé et l'extenseur ulnaire du carpe permettant, après avoir écarté l'extenseur commun des doigts vers l'avant, une vision complète de la partie latérale de l'articulation (après

capsulotomie et désinsertion du ligament) (Fig. 3.25).

L'abord peut être étendu proximale sur le pilier latéral. On peut de plus dégager une fenêtre antérieure en réalisant la désinsertion sous-périostée du brachioradial et du long extenseur du carpe<sup>136</sup>. Cette voie permet de traiter les fractures distales de l'humérus (intéressant au moins le pilier latéral) avec un bon jour articulaire. Cependant, il est impossible de voir la partie médiale de l'articulation et une voie d'abord unique apparaît donc insuffisante pour traiter les fractures articulaires complexes.

En cas de nécessité, une exposition plus étendue reste possible. Il s'agit de la voie de Kocher modifiée par la Mayo Clinic<sup>31</sup> « extensil posterolateral exposure ». Elle consiste à relever l'appareil extenseur de dehors en dedans, en sectionnant les fibres de Sharpey du sommet de l'olécrane. Le ligament collatéral latéral doit être désinséré et devra donc être réparé en fin d'intervention. Il faut prendre un soin tout particulier à ne pas léser le nerf ulnaire en fin de décollement. Elle correspond à une voie de décollement et translation du triceps, dans le sens opposé à une voie de Bryna-Morrey.

### 3.5.1.2.2 Voie médiale : Hotchkiss « over-the-top »



**Figure 3.26** – Voie de Hotchkiss<sup>111</sup>.

(1) capsule antérieure et (2) muscle brachial écartés, visualisation (3) du processus coronoïde et (4) du ligament collatéral médial.

(5) nerf ulnaire, (6) muscle fléchisseur ulnaire du carpe.

Elle est réalisée pour les synthèses isolées de l'épicondyle médial. Elle est aussi recommandée par T. Judet qui l'associe à une voie d'abord latérale dans le traitement des fractures articulaires de l'extrémité distale de l'humérus. Cette voie correspond à celle décrite par Hotchkiss<sup>137</sup> en 1997.

L'incision se fait à la face médiale du bras et de l'avant-bras en passant en arrière de l'épicondyle médial. Le premier temps réalisé est la transposition antérieure du nerf ulnaire. Ensuite, le repérage de la partie médiale du tendon du triceps et son décollement permettent d'ouvrir la fenêtre postérieure. La fenêtre antérieure est ouverte longitudinalement à la partie moyenne du tendon commun des épicondyliens médiaux. La désinsertion de la moitié antérieure du tendon et la dissection profonde (périostée) du muscle brachial permet un accès à la capsule et à l'articulation huméro-ulnaire antérieure (Fig. 3.26).

### 3.5.2 Les principes d'ostéosynthèse

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus font parties des fractures les plus difficiles à traiter. En effet, comme nous l'avons déjà vu, le condyle huméral présente une anatomie complexe, de petit volume rendant ardu la reconstruction et l'ostéosynthèse en cas de fracture. Il peut s'y ajouter des facteurs de difficultés supplémentaires comme un trait de fracture très distal, la présence de petits fragments, en nombre important (comminution), une qualité d'os sous-chondral médiocre, comme cela est souvent le cas chez les personnes ostéoporotiques.

Le cahier des charges pour obtenir des résultats satisfaisants est connu :

- Ostéosynthèse stable pour rééducation immédiate : c'est probablement le point fondamental à respecter
- Reconstruction des surfaces articulaires
- Reconstruction anatomique de la forme de l'extrémité distale de l'humérus.

L'ostéosynthèse reste donc un véritable challenge pour le chirurgien où l'expérience chirurgicale prend une part importante dans le résultat final.

J'exposerai donc la stratégie à adopter pour la synthèse de ces fractures.

### 3.5.2.1 Quel matériel et quelle position choisir ?

#### 3.5.2.1.1 Deux plaques parallèles ou deux plaques orthogonales ?

De nombreuses techniques ont été décrites pour le traitement de ces fractures : le brochage, le vissage en triangulation, l'ostéosynthèse par une plaque qu'elle soit pré-moulée ou non, postérieure ou latérale<sup>138</sup>. L'avancée des connaissances sur l'architecture et la biomécanique de l'extrémité distale de l'humérus a vu ces techniques disparaître au profit de techniques plus stables représentées par les ostéosyntheses à 2 plaques<sup>125;139</sup> (Fig. 3.27).



**Figure 3.27** – Différentes configurations d'ostéosyntheses. Les deux premières colonnes présentent un montage perpendiculaire, la dernière colonne un montage parallèle (d'après Penzkofer et al.<sup>140</sup>).

Deux écoles sont en vigueur :

- Celle de l'AO décrite par Müller et Allgöwer<sup>125;135</sup>. Elle associe 2 plaques de 3,5 mm montées perpendiculairement (90°).
- Celle de la Mayo Clinic défendue par O'Driscoll<sup>9;31</sup>. Il propose (après avoir utilisé la technique de l'AO pendant 20 ans!) le positionnement des plaques parallèles l'une à l'autre (180°).

La technique de plaques à 90° a longtemps été le « gold standard » dans le traitement des fractures distales de l'humérus. La question se pose donc de savoir quelle est la technique présentant la meilleure stabilité primaire ?

Huit études biomécaniques comparent le positionnement à 90° et celui à 180°. Six études<sup>141;140;142;143;144;</sup> sont en faveur du système parallèle qui montre des propriétés biomécaniques supérieures. Une étude<sup>146</sup> défend la thèse contraire avec un montage à 90° (médial/postéro-latéral) supérieur à celui à 180°. La dernière<sup>147</sup> ne trouve pas de différence significative entre les deux techniques.

Une étude prospective randomisée sur 35 patients, menée par Shin *et al.*<sup>148</sup>, compare elle aussi les deux techniques. Les auteurs retrouvent deux défaillances du matériel (plaque postéro-latérale) contre aucune dans le groupe parallèle mais aucune différence significative sur le résultat final.

Les publications scientifiques tendent donc vers la supériorité du montage parallèle. Mais il faut rester prudent : la majorité des études réalisées sont des études biomécaniques, sans conclusion clinique possible.

L'étude de Stoffel *et al.*<sup>144</sup>, biomécanique, reste intéressante car elle compare les plaques en situation d'ostéoporose avec une nette supériorité des plaques parallèles.

Les ostéosynthèses du sujet âgé doivent donc probablement se faire via un montage parallèle, gage d'une meilleure stabilité<sup>149</sup>.

### **3.5.2.1.2 Plaques à vis verrouillées ou non ? Anatomiques ou non ?**

L'avantage biomécanique offert par les plaques verrouillées dans l'os porotique est à présent bien connu. Qu'en est-il au niveau de l'humérus distal ?

Korner *et al.*<sup>150</sup>, à partir d'un modèle expérimental, ont comparé l'utilisation des plaques verrouillées et non verrouillées dans un montage à 90°. Les plaques verrouillées montrent une supériorité en terme de rigidité et de résistance aux contraintes. Sur le versant clinique, Kaiser *et al.*<sup>14</sup> soulignent l'absence de défaillance du matériel verrouillé essentiellement chez les sujets âgés. L'étude la plus intéressante est probablement celle de Berkes *et al.*<sup>151</sup> qui compare (de manière rétrospective) l'utilisation des deux systèmes. Cette étude ne dégage aucune différence significative en terme de défaillance du matériel, infection ou reprise chirurgicale, ceci sur une cohorte importante de 96 patients.

Pour ce qui est du coût financier des deux systèmes, la balance penche énormément vers

les systèmes classiques : le système verrouillé coûte 348 % de plus que le classique.

Concernant l'utilisation des plaques anatomiques, il n'y a aucune étude comparant l'utilisation de celles-ci versus les plaques à mouler. On peut penser, sans grand risque, que les plaques standards ont l'avantage du coût. Les plaques anatomiques aident à la réduction et permettent un gain de temps non négligeable. La résistance des deux systèmes serait à tester.

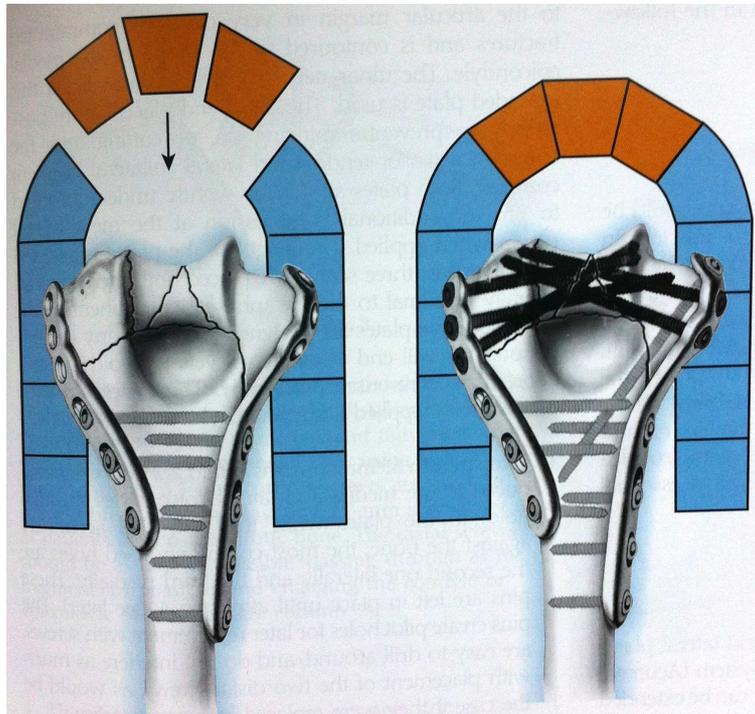
### 3.5.2.1.3 Quel système d'ostéosynthèse devons-nous choisir ?

En conclusion, il faut donc probablement adopter le système de plaques parallèles, anatomiques dites de « reconstruction », 3,5 mm. La question du verrouillage reste pour l'instant sans réponse au vu du faible nombre clinique. O'Driscoll<sup>31</sup> ne croit pas que les vis verrouillées soient nécessaires tant que les prérequis à une bonne ostéosynthèse sont respectés (interdigitation des vis).

### 3.5.2.2 Principes de base et objectifs techniques

Les principes sont les suivants :

- un maximum de fixation dans le fragment distal
- toute la fixation du fragment distal contribue à la stabilité et le corps de l'humérus.

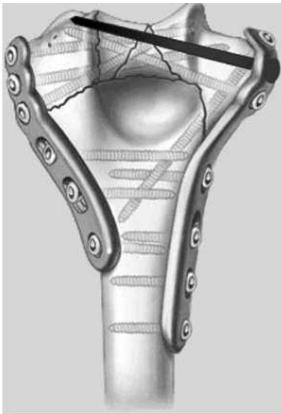


**Figure 3.28** – Concept de fermeture de la clé de voûte par interdigitation des vis permettant une solidité de l'arche entière (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>).

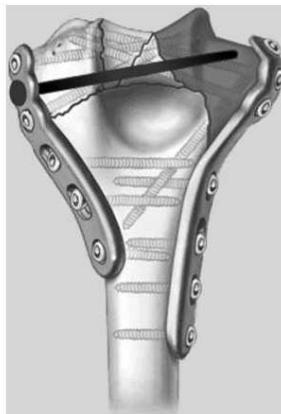
Considérons, l'extrémité distale de l'humérus comme une voûte, la clé de voûte étant représentée par son extrémité distale. Les vis du fragment distal, en nombre suffisant, permettent la formation d'un bloc unique. Ces mêmes vis doivent s'entrecroiser créant ainsi une stabilité supplémentaire à l'extrémité distale de l'humérus. La structure en arche est donc fermée, ce qui permet aux forces de compression de s'équilibrer entre la clé de voûte et les piliers (Fig. 3.28). Une structure monobloc rigide est donc créée.

Les 8 objectifs techniques suivants permettent de respecter ces deux principes<sup>9</sup> :

**Concernant les vis du fragment distal<sup>9</sup>**



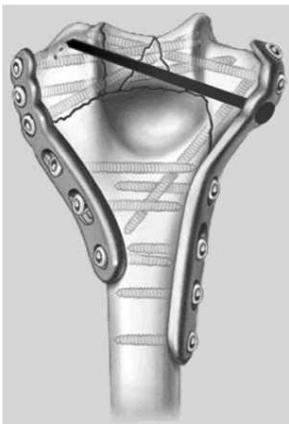
1. Chaque vis doit passer à travers la plaque



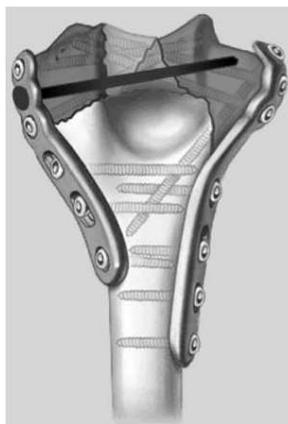
2. Chaque vis doit ramener un fragment du côté opposé à la plaque



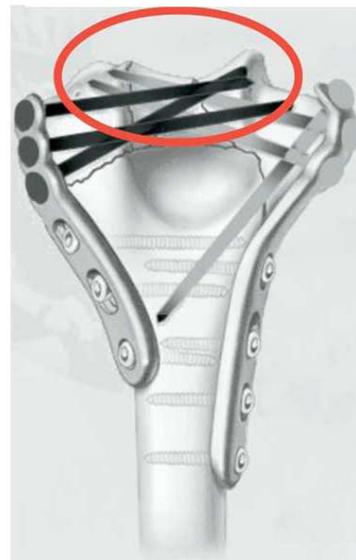
3. Un nombre adéquat de vis doit être placé dans le fragment distal



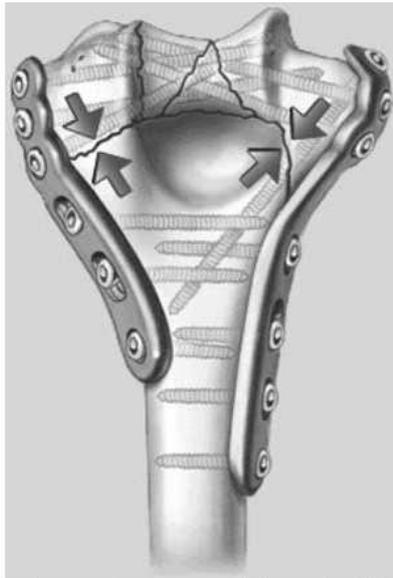
4. Chaque vis doit être aussi longue que possible



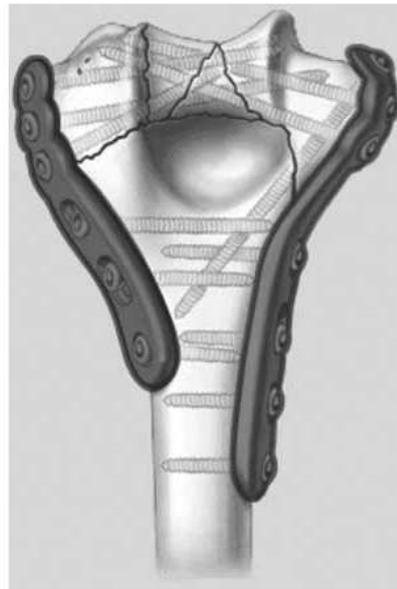
5. Chaque vis doit traverser le plus de fragment possible



6. Les vis doivent s'autobloquer entre elles par interdigitation et créent ainsi une structure rigide



**7. Les plaques doivent être posées de telle manière que la compression soit effective au niveau supracondylien et ce pour les deux colonnes**



**8. Les plaques doivent être assez rigides et assez solides pour résister aux contraintes avant la consolidation**

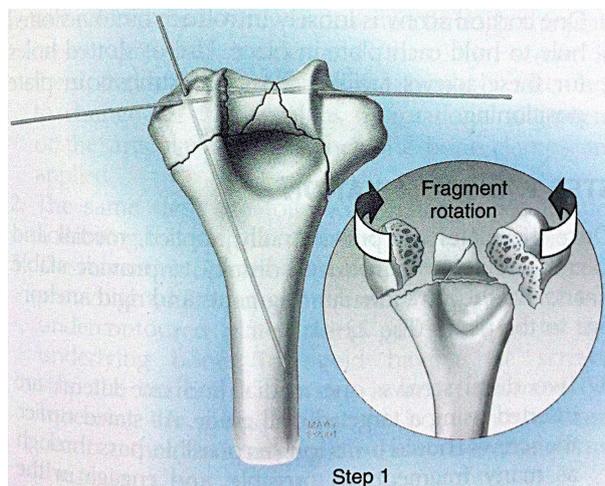
### 3.5.2.3 Techniques opératoires et rééducation

O'Driscoll<sup>31</sup> propose une technique en 5 étapes :

- Réduction des surfaces articulaires
- Application des plaques et synthèse temporaire
- Fixation distale
- Mise en compression du foyer supracondylien
- Fixation finale

#### 3.5.2.3.1 Etape 1 : Réduction des surfaces articulaires

Une fois la fracture correctement exposée, la première étape consiste à reconstruire la surface articulaire. Les fragments latéraux tendent à la rotation (opposée) sous l'action des muscles épicondyliens et doivent donc être retournés pour la réduction. Les fragments articulaires sont fixés de façon temporaire à l'aide de broches de Kirschner (Fig. 3.29). Les broches seront placées de telle manière à ne pas gêner la pose des plaques.



**Figure 3.29** – *Etape 1 - Réduction des surfaces articulaires à l'aide d'un brochage, ne gênant pas l'application des plaques (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)*

Les fragments articulaires sont assemblés dans cet ordre :

- a. La partie antérieure de la trochlée et le capitulum
- b. La partie médiale de la trochlée
- c. Le reste des fragments (postérieurs)

Une ou deux broches peuvent ensuite être utilisées pour aligner le fragment condylien distal au corps de l'humérus.

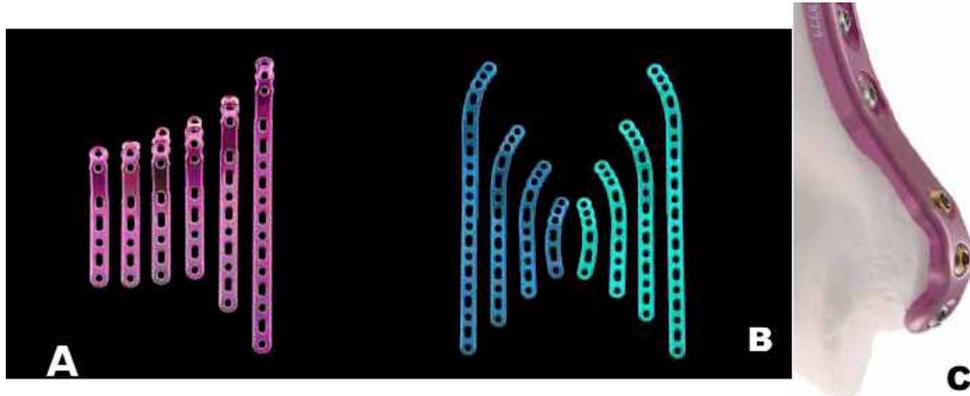
La reconstruction peut ne pas être anatomique lorsqu'il manque des fragments osseux. Dans ce cas, il faut garder en mémoire que la partie antérieure de l'articulation est la plus importante pour la fonction. Pour maintenir la stabilité, il faut au moins reconstruire la trochlée médiale avec la moitié latérale de la trochlée ou le capitulum.

***Trucs et Astuces :***

- Si la comminution est trop importante, l'utilisation de broches de Kirschner de petit diamètre (1 mm) peut s'avérer utile. Celles-ci sont placées dans l'os sous-chondral afin de ne pas gêner les vis. Si elles ne peuvent être retirées en fin de l'intervention, les broches sont coupées à ras.
- Aucune vis « libre », type vis canulée, ne doit être utilisée. Elle gêne le bon positionnement des vis épiphysaires passant par les plaques et n'offre aucune tenue.
- Attention au positionnement des broches afin de ne pas gêner celui des plaques.

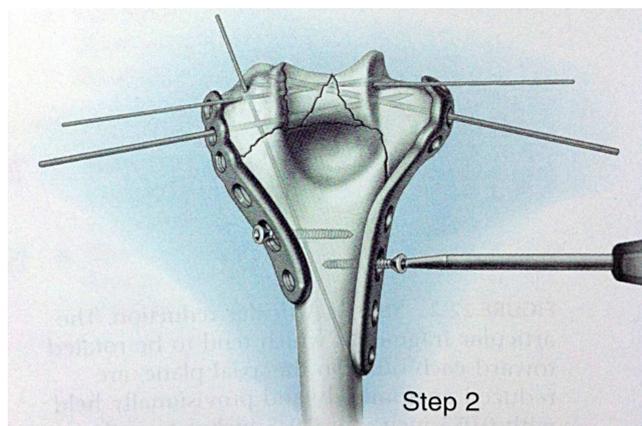
**3.5.2.3.2 Etape 2 : Application des plaques et synthèse temporaire**

Si l'on désire réaliser un montage parallèle, il est important de savoir que les plaques ne sont pas réellement à 180° l'une de l'autre mais plutôt à 150°. La plaque médiale est placée sur la colonne médiale rectiligne et épouse la forme de l'épicondyle médial (Fig. 3.30A et C). Le nerf ulnaire doit bien sûr être transposé afin d'éviter tout conflit avec cette plaque. Elle peut être descendue au ras de l'articulation. La plaque latérale doit épouser l'antéposition de la colonne latérale : les plaques anatomiques ont donc la forme d'un J (Fig. 3.30B). Il faut, en cas d'utilisation de plaques classiques, les cintrer.



**Figure 3.30** – *Plaques anatomiques verrouillées*  
**A et C** - plaque médiale  
**B** - plaque latérale. (Mayo Clinic Congruent Elbow Plate System, Acumed®, Hillsboro, USA)

La longueur des plaques est choisie de telle manière à ce qu'il y ait au moins 3 vis médiales et latérales, proximales au trait de fracture. Les plaques s'arrêtent à deux niveaux différents afin de ménager une zone de transition moins rigide.



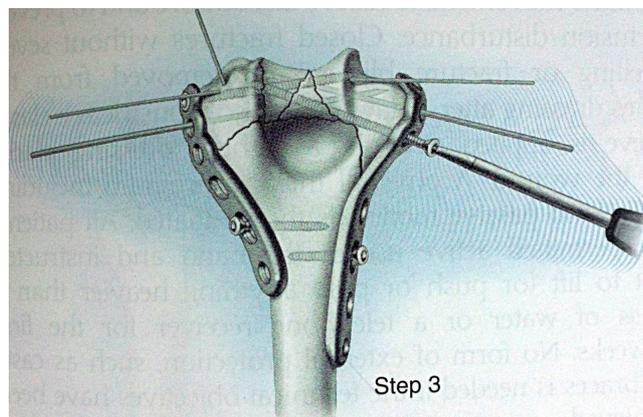
**Figure 3.31** – *Application des plaques et fixation temporaire par 2 broches : une dans chaque épicondyle. Ces broches doivent prendre le chemin des futures vis qui les remplaceront (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)*

Deux broches (2-2,5 mm de diamètre) sont introduites au niveau de l'épicondyle médial et

latéral au travers des plaques. La réduction entre le fragment distal et le corps de l'humérus peut être réalisée. Elle est maintenue grâce à une vis corticale dans chaque plaque. L'utilisation d'un trou oblong permet l'ajustement de la plaque si nécessaire (Fig. 3.31).

### 3.5.2.3.3 Etape 3 : Fixation distale des plaques

Une fois les plaques appliquées, l'extrémité distale est synthésée. Un davier à pointe est utilisé pour mettre en compression les traits de fracture intra-articulaires. Puis les vis les plus longues possibles, passant à travers le maximum de fragments et finissant dans la colonne opposée sont mises en place (Fig. 3.32).



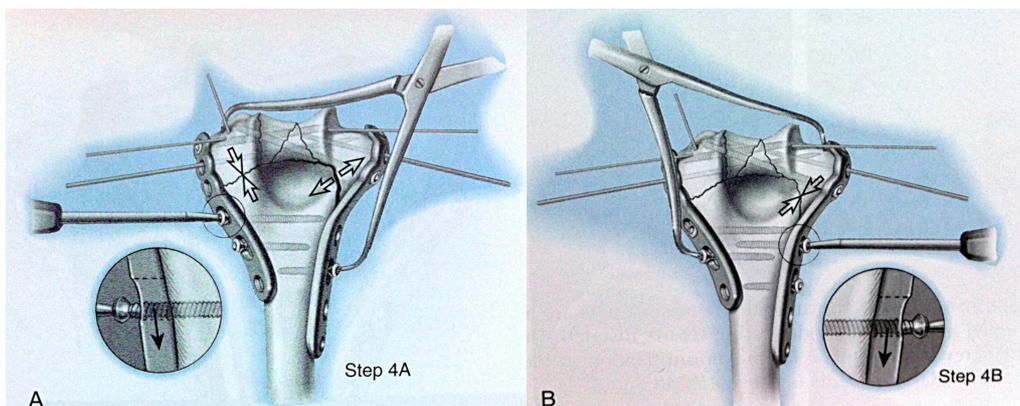
**Figure 3.32** – Les broches épiphysaires sont remplacées par des vis. La position des vis doit respecter les grands principes énumérés plus haut dans le texte (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)

#### *Trucs et Astuces :*

Le trajet des broches épiphysaires permet de faciliter le perçage et la mise en place des vis. Une fois la première vis épiphysaire placée dans les deux plaques, il est conseillé de remettre une broche dans le second trou. Le trajet créé, évite ainsi les autres vis ce qui réduit le bris de matériel au perçage. Le perçage peut être remplacé par la mise en place de broches de gros calibre (2,5 mm de diamètre).

### 3.5.2.3.4 Etape 4 : Mise en compression du trait supracondylien

La vis proximale du trou oblong est desserrée. Un davier à pointe est utilisé : une pointe distale du côté de la vis et l'autre pointe proximale sur la corticale opposée. Le davier est serré, en prenant garde à ne pas créer de trouble angulaire articulaire. Une seconde vis est mise en compression et la première (trou oblong) est resserrée (Fig. 3.33A). La même opération est réalisée de l'autre côté (Fig. 3.33B).



**Figure 3.33** – *Technique de mise en compression du trait supracondylien (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>).*

#### 3.5.2.3.5 Etape 5 : Fixation finale

Le reste des vis est ensuite mis en place. Les broches de Kirchner peuvent être enlevées. La mobilité per-opératoire du coude doit être complète.

#### 3.5.2.3.6 Soins post-opératoires et rééducation

L'équipe de la Mayo Clinic propose en fin d'intervention la conception d'une immobilisation plâtrée temporaire en extension. Le bras est gardé surélevé, en extension pendant 3 jours. Après ce délai, toute immobilisation peut être retirée et le patient peut débuter sa rééducation. Pour notre part, les patients sont immobilisés coude fléchi, sans surélévation du membre. Les patients peuvent se servir de leur main et ont comme consigne de ne pas porter d'objet plus lourd qu'un verre d'eau ou un téléphone, et ce pendant 6 semaines. Des exercices de mobilisation passive continue puis active sont commencés dès que la cicatrisation est acquise.

### 3.5.3 Technique de remplacement articulaire en traumatologie - Prothèse totale de coude

L'objectif d'un patient âgé fracturé est de pouvoir retrouver rapidement un coude indolore et fonctionnel. L'expérience des chirurgiens de la hanche prouve bien à quel point une fracture peut compromettre le niveau de dépendance d'un patient<sup>152</sup>.

Malheureusement, l'ostéosynthèse chez les patients âgés est souvent difficile au vu de la qualité osseuse. Le taux de pseudarthrose est trouvé entre 2 et 10 %<sup>153;154</sup>, souvent à cause d'une faillite du matériel d'ostéosynthèse. C'est pour ces raisons que Cobb et Morrey<sup>17</sup> ont

proposé le remplacement prothétique comme solution chez le sujet âgé. Depuis cette étude, de nombreuses séries ont été publiées afin de poser les indications (patient-type, type de fracture) et les résultats à en attendre.

### 3.5.3.1 Indications des prothèses totales de coude en traumatologie

INDICATIONS	CONTRE-INDICATIONS
<ul style="list-style-type: none"> <li>●Fracture non synthésable</li> <li>●Stock osseux ostéoporotique</li> <li>●Rhumatisme inflammatoire</li> <li>●Rhumatisme inflammatoire</li> <li>●Patient âgé</li> <li>●Sédentarité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Fractures ouvertes et lésions cutanées</li> <li>●Infection</li> <li>●Infection</li> <li>●Atteinte neurologique</li> <li>●Patient non compliant</li> <li>●Démence</li> </ul>

**Table 3.6** – *Indications des prothèses totales de coude en traumatologie*

### 3.5.3.2 Choix de la prothèse

Le but du traitement est de restaurer l'axe de rotation du coude et d'en assurer la stabilité. Les prothèses à charnière, semi-contraintes respectent ce cahier de charges. Trois prothèses de ce type sont disponibles (Fig. 3.34) :

- Coonrad-Morrey : Zimmer® , Warsaw, USA
- Latitude : Tornier® , Saint-Ismier, France
- Discovery : Biomet® , Warsaw, USA

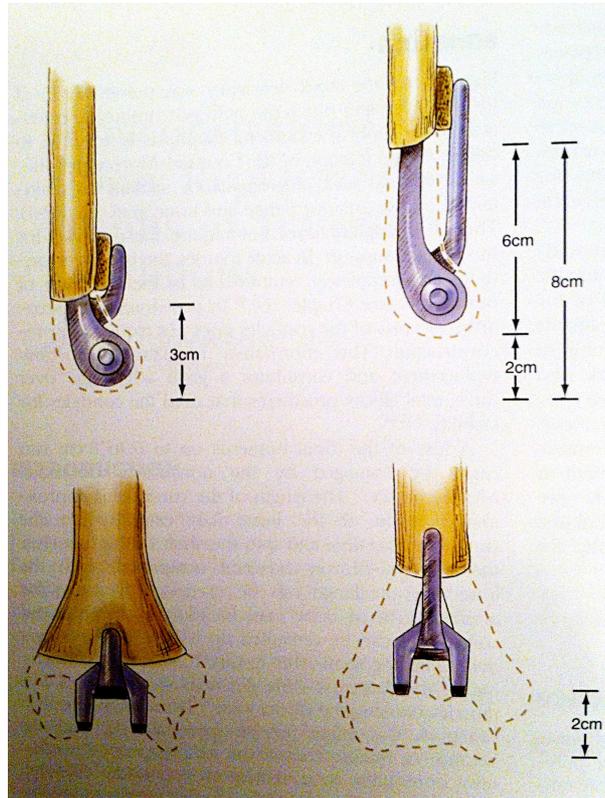


**Figure 3.34** – *Différents types d'implants à charnière semi-contraints*  
**A** : *Coonrad-Morrey*, **B** : *Latitude*, **C** : *Discovery*

Nous utilisons exclusivement l'implant de Coonrad-Morrey dans le cadre de la traumatologie. Ce constat est aussi vrai dans une revue de la littérature internationale où il est largement

utilisé dans cette indication.

Différentes tailles pour la pièce humérale (10, 15, 20 cm de longueur, extra- petit, petit et standard pour la taille) et pour la pièce ulnaire (2 longueurs et 3 tailles) sont disponibles. La présence d'un aileron antérieur permet de résister aux contraintes antéropostérieures et en rotation.



**Figure 3.35** – Quand l'épiphyse distale est réséquée, il existe environ 3 cm de perte osseuse. S'il existe encore 3 autres cm de perte osseuse, l'aileron allongé doit être utilisé (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)

L'implant de Coonrad-Morrey permet, même lorsque la fracture s'étend au-delà de la fosse olécrânienne, de retrouver un axe de rotation anatomique. En effet, la tenue de l'implant huméral se fait de manière diaphysaire et via l'aileron antérieur. L'implantation est possible jusqu'à 8 cm de perte osseuse distale (grâce à l'aileron allongé) (Fig. 3.35). Mc Kee *et al.*<sup>155</sup> ont d'ailleurs démontré que l'excision des piliers huméraux n'avait pas de conséquence sur la force de l'avant-bras, du poignet et de la main, ni sur le Mayo Elbow Performance Score (MEPS).

La prothèse possède une laxité en varus-valgus et en rotation entre 5 et 10°.

Pour tous ces avantages, la prothèse de Coonrad-Morrey est l'implant idéal pour la traumatologie du coude.

*Un mot sur l'hémiarthroplastie de coude (Latitude, Tornier®), Saint-Ismier, France)*

Cette option thérapeutique, séduisante, a été proposée récemment. Il n'existe pour l'instant que quelques séries avec des cohortes peu importantes et des reculs encore faibles<sup>156;157;158</sup>.

Le dessin de l'implant implique la présence des colonnes et elles doivent donc être reconstruites si elles sont fracturées (Fig. 3.36). De plus les structures ligamentaires doivent absolument être intactes.

Les résultats (court terme) semblent être corrects mais de nombreuses complications sont observées : usure olécrânienne, conflit avec le matériel d'ostéosynthèse, instabilité prothétique<sup>159</sup>. Cette option reste donc à valider. Son utilisation me paraît, en tout cas, plus logique dans la prise en charge des séquelles traumatiques qu'à la phase aiguë des fractures de l'extrémité distale de l'humérus.



**Figure 3.36** – Radiographies standards d'une hémi-arthroplastie Latitude® sur fracture (d'après Hathwal et al.<sup>159</sup>)

### 3.5.3.3 Techniques opératoires et rééducation

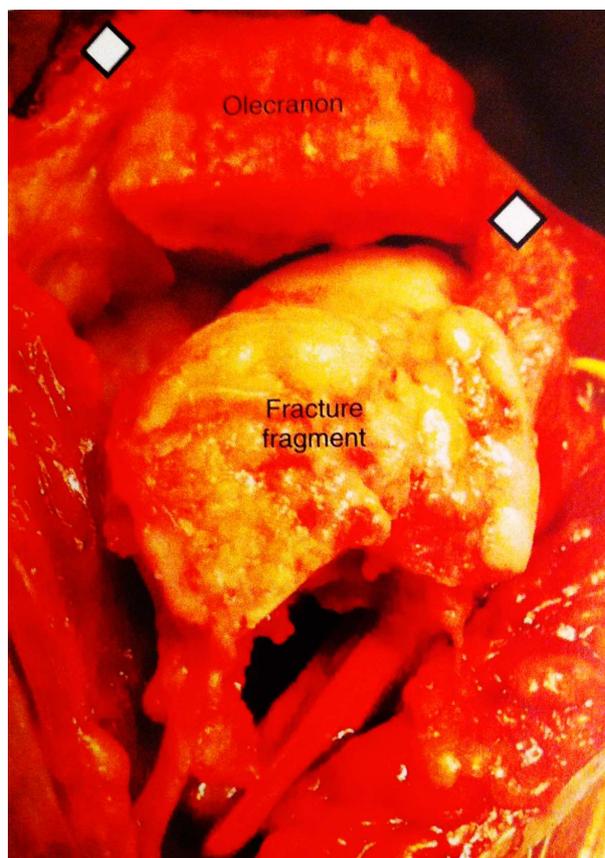
Je ne décrirai ici que la technique pour l'implantation de la prothèse de Coonrad-Morrey au vu de l'utilisation exclusive de celle-ci.

#### 3.5.3.3.1 Technique de pose en condition traumatique

- *Excision des fragments osseux*

Le nerf ulnaire est repéré puis est simplement neurolysé puis protégé. Les fragments osseux fracturés sont excisés après la réalisation de la voie d'abord (Fig. 3.37). Parfois le fragment épicondylien latéral est énucléé et peut être excisé avant l'abord du triceps.

- *Préparation humérale*



**Figure 3.37** – *Vue opératoire des fragments à exciser (d'après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)*

Aucune recoupe osseuse n'est nécessaire. Le canal huméral est préparé avec les différentes tailles de râpes. Les essais sont ensuite réalisés. La longueur de l'implant huméral optimal est de 15 cm. La profondeur d'insertion de l'implant est guidée par la position de l'aileron antérieur qui doit se bloquer au niveau du toit de la fosse coronoïdienne.

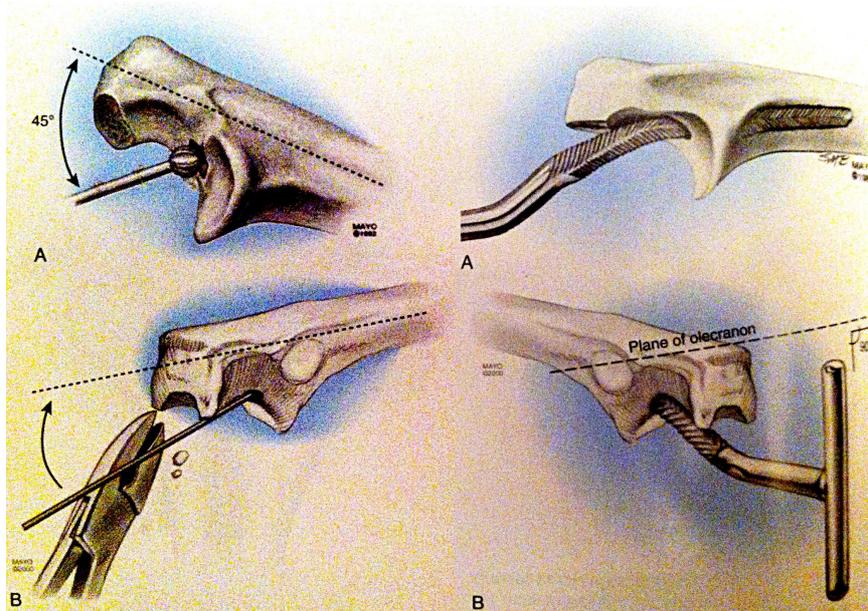
• *Préparation ulnaire*

L'avant-bras est tourné pour mieux exposer la partie médiale de l'incisure trochléaire. Le sommet de l'olécrane est réséqué. Le sommet de la coronoïde doit aussi être réséqué afin d'éviter les phénomènes de conflit avec l'aileron antérieur lors de la flexion.

A l'aide d'une fraise motorisée, le canal ulnaire est ouvert à la base de la coronoïde. Un soin tout particulier doit être pris pour ne pas faire de fausses routes et ne pas créer de lésion du nerf ulnaire. Lorsque le canal est suffisamment ouvert, les râpes ulnaires peuvent être utilisées. Une main doit rester en contact avec la corticale postérieure de l'ulna pour éviter toutes fausses-routes (Fig. 3.38).

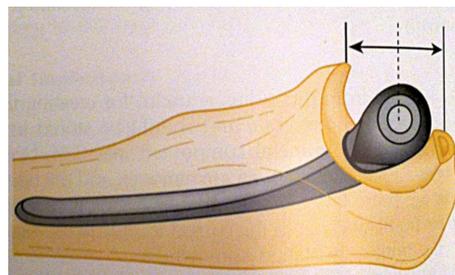
• *Réalisation des essais*

Le composant huméral est introduit en premier, coude fléchi. Puis le composant ulnaire



**Figure 3.38** – Le canal est percée à 45° avec une fraise motorisée, puis l’olécrane est fraisé pour créer un trajet direct avec le canal. Le canal est préparé à l’aide des râpes (d’après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>)

est assemblé à l’humérus. Le centre de rotation du composant ulnaire doit correspondre au centre de l’incisure trochléaire (Fig. 3.39). Le coude est examiné et doit présenter un arc de mobilité complet. En cas de conflit avec le sommet de l’olécrane ou de la coronoïde, ceux-ci doivent être fraisés. En cas de conflit avec la tête radiale, celle-ci est réséquée. Ce fragment peut être utilisé comme greffon sous l’aileron antérieur.



**Figure 3.39** – Le centre du composant ulnaire doit correspondre au centre de l’incisure trochléaire (d’après Morrey et Sanchez-Sotelo<sup>31</sup>).

● *Implants définitifs*

Un obturateur peut être inséré au niveau de l’humérus, ainsi qu’un fragment osseux pour le canal ulnaire. Les fûts sont ensuite lavés et séchés. L’utilisation d’un ciment basse viscosité avec antibiotiques est recommandée. Le ciment est injecté (de préférence au pistolet injecteur) au niveau huméral puis ulnaire. La prothèse définitive est implantée dans le même ordre et de manière semblable aux essais. Elle est assemblée à l’aide de la charnière. Le coude est mis en

extension le temps de la polymérisation du ciment. La voie d'abord peut être fermée sur un redon aspiratif.

### **3.5.3.3.2 Rééducation**

Le coude est placé en extension pendant les 48 premières heures. Puis le patient est autorisé à mobiliser son coude selon la douleur. La flexion active et l'extension contre gravité sont débutées au bout d'un mois. Une simple écharpe est prescrite pour les quatre premières semaines. Des recommandations sont faites aux patients : ne pas porter plus de 500 g les trois premiers mois puis, par la suite, un maximum de 5 kg du côté opéré.

## **3.5.4 Complication des fractures distales de l'humérus**

### **3.5.4.1 Complications générales**

#### **3.5.4.1.1 Infectieuses**

La littérature présente un taux d'infection entre 0 et 12 %<sup>32</sup>. Les infections le plus souvent relatées sont des infections superficielles (Ratio de 6/1<sup>23</sup>). Toutefois, le coude reste une articulation « superficielle » du fait de la proximité du tissu sous-cutané à l'articulation. Il ne faut donc pas hésiter à prélever et à laver en cas de doute.

#### **3.5.4.1.2 Neurologiques**

Les complications neurologiques intéressent en premier lieu le nerf ulnaire suivi par les atteintes du nerf radial (2 % à 7 %)<sup>32</sup>.

L'incidence post-opératoire de lésions du nerf ulnaire est rapportée entre 0 % et 51 % avec une moyenne à 12 % des fractures<sup>85</sup>. Ce chiffre doit être modéré car aucune des études ne traitent avec précision les atteintes pré-existantes (dans le cadre d'une compression ulnaire au coude), les atteintes liées au traumatisme, les atteintes iatrogéniques ainsi que les atteintes à distance de l'intervention. Une étude<sup>160</sup> s'attache à rechercher les facteurs pronostiques de lésions ulnaires. La survenue d'une fracture bicolumnaire plutôt qu'une fracture frontale est le seul facteur significatif de risque de lésion ulnaire. L'attitude chirurgicale vis à vis du nerf ne modifie pas le risque de paralysie.

Si l'atteinte ulnaire ne présente aucun signe de récupération à quatre semaines, il est

conseillé de réaliser un électromyogramme pour typer la lésion et apprécier la récupération.

Les cas de paralysie survenant à distance de l'intervention peuvent être causés par une gêne du matériel posé sur la colonne médiale, un cal vicieux en valgus ou des ossifications hétérotopiques. Le traitement du facteur favorisant ainsi que la transposition antérieure permettent en règle générale la résolution de l'irritation du nerf ulnaire.

#### **3.5.4.1.3 Ossifications hétérotopiques**

L'incidence des ossifications hétérotopiques après fracture de l'extrémité distale de l'humérus est comprise entre 0 % et 49 % dans la littérature avec des taux de ré-opération entre 10 % et 15 %. Cependant ces taux très importants ne reflètent probablement pas la réalité. Il existe une confusion dans la définition des ossifications hétérotopiques dans de nombreuses publications mélangeant : les myosites ossifiantes, les ossifications ectopiques, des ossifications hétérotopiques véritables et entraînant une perte de mobilité<sup>7;161;162</sup>. Le véritable taux se rapproche probablement plus des 10 % dans le cadre des fractures humérales basses.

Les facteurs classiques retrouvés sont : les fractures de tête radiale, la durée prolongée de l'intubation, les traumatismes sévères, le délai entre le traumatisme et la chirurgie, le nombre d'opérations, les brûlures, les atteintes spinales<sup>163</sup>.

#### **3.5.4.1.4 Raideurs**

L'articulation du coude est une articulation propice aux raideurs<sup>164</sup>. La définition de raideur varie selon les auteurs. Elles sont liées aux rétractions capsulo-ligamentaires, aux dégâts cartilagineux, aux comblements des fosses sus-articulaires ainsi qu'à l'adhérence du triceps à la face postérieure de l'humérus. Le seul moyen de les éviter est la mobilisation précoce du coude après chirurgie.

L'arthrolyse chirurgicale peut être envisagée après 6 mois de rééducation bien conduite et en cas de gêne avec un arc de mobilité < 100°.

#### **3.5.4.2 Complications propres aux ostéosynthèses**

##### **3.5.4.2.1 Pseudarthrose aseptique**

L'incidence est comprise entre 2 % et 10 % et entraîne des douleurs, une instabilité du coude, et au final, une limitation du mouvement et de la fonction<sup>125;161</sup>. Le siège de la pseu-

arthrose est souvent celui du trait supracondylien et peut associer une fracture du matériel. Le seul facteur de risque trouvé concerne la qualité de l'ostéosynthèse en terme de rigidité.

L'âge, le sexe, la cause du traumatisme ou encore le type de fracture ne sont pas statistiquement mis en cause dans la survenue de pseudarthrose<sup>154</sup>. Cependant, il y a un rapport direct entre la qualité osseuse et la qualité du montage; l'ostéoporose est obligatoirement à prendre en compte.

Dans un premier temps, le caractère septique de la pseudarthrose doit être éliminé. La prothèse totale de coude est une option thérapeutique intéressante à partir de 60 ans, pour le traitement de ces pseudarthroses.

#### **3.5.4.2.2 Les déplacements secondaires**

C'est une complication classique du traitement par ostéosynthèse. Elle survient plus ou moins rapidement selon la qualité du montage. Les taux de déplacements secondaires sont variables dans les séries allant de 2,5 % à 29 %<sup>165;166</sup>. Ces démontages conduisent inexorablement à une immobilisation (au risque de perdre la mobilité du coude) ou à la reprise chirurgicale.

#### **3.5.4.2.3 Les fractures du matériel de synthèse**

Ces complications sont devenues plus rares depuis l'utilisation de matériel rigide. L'utilisation de plaque tiers de tube est la principale cause de fracture du matériel avec un taux avoisinant 20 % pour Wildburger *et al.*<sup>167</sup>.

#### **3.5.4.2.4 Les cals vicieux**

Les cals vicieux sont fréquents et probablement sous évalués. Ils peuvent être la conséquence d'un défaut de réduction ou d'un déplacement secondaire. Les cals vicieux sagittaux sont surtout l'apanage des fractures supracondyliennes. La présence d'un cal vicieux constitue un facteur péjoratif pour le développement de l'arthrose post-traumatique. Le caractère extra ou intra articulaire du cal ne change pas le risque d'arthrose.

#### **3.5.4.2.5 Autres complications**

La gêne causée par le matériel est fréquente, surtout due à la plaque médiale. Cependant le retrait ne doit pas être trop hâtif afin d'éviter toutes fractures itératives. Le délai recommandé est d'un an. Les plaques anatomiques à vis verrouillées en titane posent le problème

de leur ablation. L'ablation doit être discutée consciencieusement avec le patient en terme de bénéfice/risque.

Les complications à type d'ostéonécrose du condyle, totale ou partielle, sont relativement rares<sup>58</sup>. Pour les éviter, un soin particulier doit être pris pour ne pas endommager les vaisseaux perforants huméraux ainsi que les tissus mous avoisinants. En effet, les muscles profonds tapissant le périoste, possèdent des vaisseaux musculo-périostés qu'il faut dans la mesure du possible respecter<sup>168</sup>.

Les instabilités post-traumatiques sont extrêmement rares<sup>169</sup>. Les causes sont difficilement identifiables : lésions ligamentaires survenues au traumatisme et non réparées ou lésions iatrogéniques.

### 3.5.4.3 Complications spécifiques des prothèses

Il n'existe malheureusement aucune étude spécifique sur les complications des prothèses de coude posées en condition de fracture : les cohortes et le recul ne sont souvent pas suffisants. L'incidence propre de chaque complication ne peut donc pas être connue. Le spectre des complications des prothèses totales de coude est tout de même bien cerné grâce à des études combinant toutes les indications.

#### 3.5.4.3.1 Descellement aseptique des implants

Le descellement aseptique est la complication la plus fréquente des prothèses totales de coude. L'incidence varie bien sûr selon l'indication et le niveau d'activité du patient. La littérature note tout de même des taux de descellement supérieur dans les indications post-traumatiques, fractures et pseudarthrose par rapport aux indications pour arthrose et arthropathie inflammatoire<sup>170;171;172</sup>.

INDICATIONS	« TRAUMATIQUE »(survie)	« PRIMAIRE »(survie)
GILL & AL <sup>170</sup>	81 % à 6,3 ans	97,4 % à 10 ans
GILL & AL <sup>171</sup>	73 % à 3 ans	92 % à 3 ans
	54 % à 5 ans	90 % à 5 ans
SHI & AL <sup>172</sup>	60 % à 7 ans	81 % à 7 ans

**Table 3.7** – *Taux de descellement*

Les prothèses semi-contraintes sont plus à risque de descellement que les prothèses à glis-

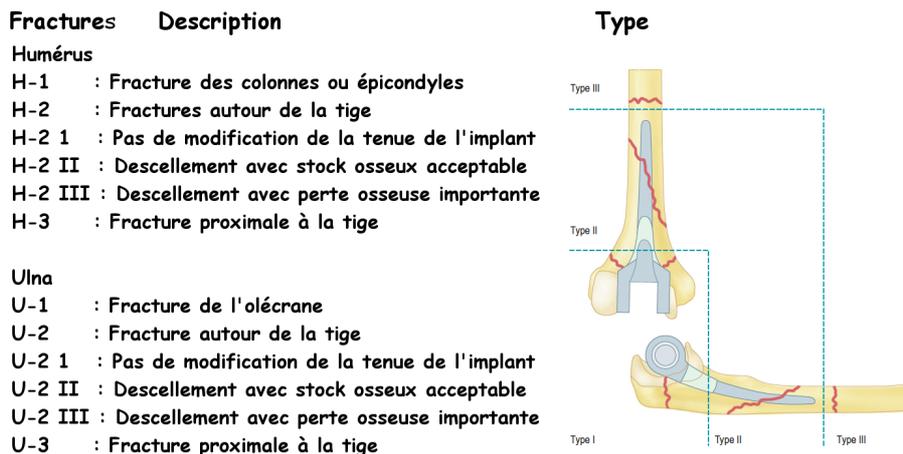
sement, principalement utilisées dans les indications non traumatiques. Ce constat explique probablement ces données.

Le patient relate des douleurs progressives lors de l'utilisation de son membre supérieur puis une perte de fonction. Des crépitements audibles ou palpables peuvent être retrouvés. En cas d'ostéolyse sévère, le risque de fracture périprothétique est réel même pour des traumatismes minimes.

### 3.5.4.3.2 Fractures périprothétiques

Le taux de fractures périprothétiques a été reporté par O'Driscoll à environ 5 % de l'ensemble des implantations de prothèse<sup>173</sup>. La cause traumatique est la principale. L'ostéoporose, le descellement, le « stress shielding », la mauvaise technique, et les patients non-compliants contribuent au risque de fracture périprothétique.

Les fractures peuvent être triées selon la classification de la Mayo Clinic<sup>174</sup> (Fig. 3.40).



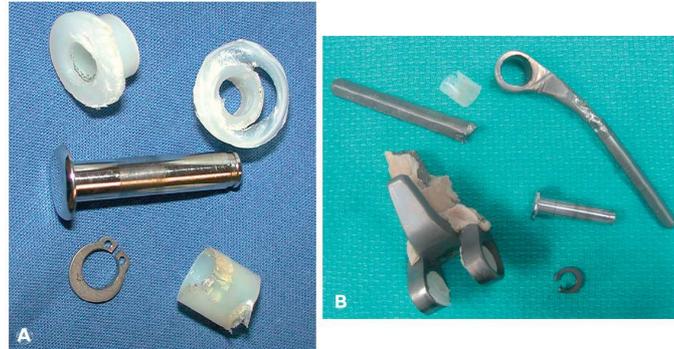
**Figure 3.40** – Classification des fractures périprothétiques de la Mayo Clinic. Les types II-2 et II-3 doivent bénéficier d'un remplacement prothétique par tige longue et d'une synthèse par cerclage (d'après Sanchez-Sotelo et al.<sup>174</sup>)

### 3.5.4.3.3 Faillite du matériel

La faillite du matériel correspond principalement :

- Usure du polyéthylène. L'usure excessive des bagues de polyéthylène peuvent causer des douleurs et une instabilité du coude. Le changement isolé du polyéthylène est estimé à 1,3 %<sup>175</sup> (Fig. 3.41A).
- Usure ou défaut du mécanisme de charnière

- Fracture d'implant. Les fractures de prothèse Coonrad-Morrey sont rarissimes, évaluées à 1,2 % pour le composant ulnaire et 0,65 % pour le composant huméral<sup>176</sup> (Fig. 3.41B). Les cas de fracture de la charnière existent aussi. Cliniquement, le patient présente une douleur relativement croissante, une déformation ainsi qu'une instabilité<sup>177</sup>.



**Figure 3.41** – **A** - Usure des palier en polyéthylène et usure de l'axe de rotation  
**B** - Fracture de l'implant huméral et usure de l'axe (d'après Chan et King<sup>177</sup>)

#### 3.5.4.3.4 Instabilité

Les prothèses à charnières deviennent instables suite au descellement des implants, à la fracture des implants ou à la faillite mécanique de la charnière.

## Chapitre 4

# ÉTUDE DES FRACTURES DISTALES DE L'HUMÉRUS AU CHRU

---

## 4.1 Matériel et Méthodes

L'évaluation des différents traitements est difficile dans le cadre de la traumatologie du sujet âgé. Le devenir fonctionnel à court terme (6 mois) reste le plus souvent accessible. Malheureusement l'évaluation clinique et radiologique de ces patients devient clairement problématique pour le long terme.

### 4.1.1 Méthodologie

Nous avons revu de manière rétrospective une série continue de patients ayant présenté une fracture de l'extrémité distale de l'humérus. L'ensemble des patients a été pris en charge au centre hospitalier régional universitaire de Lille, centre référent en traumatologie, entre le 1<sup>er</sup> janvier 2000 et le 1<sup>er</sup> octobre 2011. Il s'agit d'une série mono-centrique multiopérateurs.

Les critères d'inclusion étaient :

- la survenue d'une fracture de l'extrémité distale de l'humérus
- isolée
- non pathologique
- chez des patients de plus de 65 ans

Le choix a été fait de ne retenir pour les résultats que les dossiers où le recul minimal était de 6 mois et pour lesquels nous possédions des données sur la date de recul maximal ou sur celle du décès.

L'identification des patients était faite par informatique via les codes de la classification commune des actes médicaux (CCAM) et les codes diagnostics de la classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, 10<sup>e</sup> révision (CIM-10).

### 4.1.2 Critère d'analyse du patient et de sa fracture

La première identification du patient est constituée des données usuelles d'état civil : nom, prénom, sexe et le lieu de résidence ainsi que la date du décès dans le cas où le patient est mort avant le début de cette étude. Ensuite, nous avons collecté l'âge lors du traumatisme et le côté dominant. L'état général est évalué par le score de l'American Society of Anesthesiologists (ASA) (Tableau 4.1), l'état mental par le Mini Mentat State (MMS) et l'état fonctionnel par

le score de Katz<sup>94</sup> (Tableau 4.2).

SCORE	ÉTAT DE SANTÉ DU PATIENT
1	Patient sain, en bonne santé
2	Maladie systémique légère, patient présentant une atteinte modérée d'une grande fonction
3	Maladie systémique sévère ou invalidante, patient présentant une atteinte sévère d'une grande fonction qui n'entraîne pas d'incapacité
4	Patient présentant une atteinte sévère d'une grande fonction, invalidante, et qui met en jeu le pronostic vital
5	Patient moribond dont la survie est improbable sans une intervention
6	Patient en état de mort cérébrale, candidat potentiel au don d'organes

**Table 4.1** – *Score ASA*

	AUTONOMIE (1point)	AIDE (0,5 point)	NON AUTONOMIE (0 point)
Se laver	Autonome	Aide partielle	Dépendant
S'habiller	Choix et habillage	Choix OK mais aide	Dépendant
Aller au WC	Autonome	Accompagné	Dépendant
Se déplacer	Autonome	Aide	Grabataire
S'alimenter	Mange seul	Aide à couper ou peler	Dépendant
Continence	Continent	Incontinent occasionnel	Incontinent

**Table 4.2** – *Score de Katz<sup>94</sup>. Patient dépendant si < 3*

Le terrain ostéoporotique a été évalué sur les radiographies pré-opératoires, par l'étude de la trame osseuse : déminéralisation homogène sans signe d'ostéolyse.

Une série d'antécédents est relevée :

- rhumatisme inflammatoire
- arthrose de coude pré-existante
- antécédent de fracture ostéoporotiques
- corticothérapie au long cours
- alcoolisme chronique
- tabagisme non sevré
- pathologie neuro-psychiatrique

La date de la fracture ainsi que le délai de prise en charge sont également saisis. Les

fractures sont classées selon la classification de l'AO/OTA (annexe A). Les fractures incluses étaient :

- A2-3,(supracondylienne trans-métaphysaire ou juxta-épiphysaire), A3 (métaphysaire comminutive)
- B1-2, (trans-trochléaire latérale simple), B1-3 (trans-trochléaire latérale comminutive), B2-2 (trans-trochléaire médiale simple), B2-3 (trans-trochléaire médiale comminutive), B3 (frontal, parcellaire, articulaire)
- C1,(articulaire et métaphysaire simple), C2 (articulaire simple, métaphysaire comminutive), C3 (complète, comminutive)

Ces différents types de l'AO correspondent aux fractures « complexes ». Les fractures extra-articulaires simples et les avulsions ont été exclues.

La notion d'une ouverture cutanée initiale a été recherchée et classée selon la classification de Gustilo et Anderson<sup>178</sup> (Tableau 4.3). Une atteinte neurologique initiale était notée : sensitive, moteur, sensitivo-moteur. Le nerf en question était reporté : médian, ulnaire et/ou radial. L'atteinte vasculaire a également été prise en compte.

GUSTILO	TYPE DE LÉSIONS
I	Ouverture punctiforme de dedans en dehors
II	Ouverture linéaire de plus de 1 cm avec décollement cutané
III	Traumatisme de grande énergie avec lésions sévères des parties molles A : Couverture directe du foyer possible B : Perte de substance étendue rendant impossible une couverture directe C : Lésion artérielle associée nécessitant une réparation

**Table 4.3** – Classification des fractures ouvertes de Gustilo et Anderson<sup>178</sup>

### 4.1.3 Critères d'analyse de l'intervention

#### 4.1.3.1 Moyens thérapeutiques

Cette étude inclut les traitements orthopédiques et les traitements chirurgicaux : ostéosynthèses et arthroplasties.

##### 4.1.3.1.1 Traitement orthopédique

Les différents types de traitement orthopédique recherchés étaient : le plâtre brachio-antébrachio-palmaire (BABP), le coude au corps, l'immobilisation avec une flexion supérieure à 90°, les orthèses articulées.

La durée de l'immobilisation était calculée.

#### 4.1.3.1.2 Traitements chirurgicaux

- *Per opératoire*

Les critères d'analyse suivants ont été recherchés :

- Installation : dorsal, ventral, latéral
- Type de voie d'abord : transolécranienne, Van Gorder, Bryan-Morrey, Gschwend, Médiale, Latérale, Médiale et latérale, Percutanée
- Attitude vis à vis du nerf ulnaire : Ignoré, Neurolysé, Transposé
- Durée de l'intervention en minutes
- Nécessité d'une immobilisation et durée en jours de celle-ci

Concernant les synthèses, la notion d'utilisation de matériel classique ou à verrouillage a été prise en compte. Le type (vis, broches ou plaques), le nombre (une ou deux) et la position (orthogonale ou parallèle) des plaques ont été précisés.

En cas d'utilisation d'un fixateur externe comme technique d'ostéosynthèse, son type (huméro-ulnaire ou huméro-huméral), son caractère articulé ainsi que sa durée de mise en place (en jours) sont notés.

Pour les arthroplasties, le type de prothèse ainsi que la taille du composant huméral et ulnaire sont également saisis ainsi que plusieurs autres considérations qui ont été précisées :

- nécessité d'un obturateur, type de ciment et système de cimentation
- pour les prothèses de Coonrad-Morrey : la pose d'une cale osseuse sous l'aileron antérieur.
- l'attitude vis à vis de la capsule et des ligaments, de la tête radiale et des piliers huméraux
- les complications per-opératoires propres à l'arthroplastie que sont les perforations et les fractures ainsi que leurs traitements

- *Suites opératoires*

Les données concernant l'antibiothérapie post-opératoire, la prise d'anti-inflammatoire non stéroïdien et leurs durées respectives ont été collectées. La durée d'hospitalisation a été saisie. La durée de la rééducation ainsi que la prescription d'un centre de rééducation ont été pris en

compte.

Nous avons décidé d'inclure les complications suivantes : les hématomes, la rupture du triceps, l'infection superficielle et profonde, la désunion cutanée, le déplacement de la fracture, la défaillance du matériel, les luxations huméro-radiale et huméro-ulnaire, le syndrome douloureux régional complexe de type 1 (SDRC 1), les pseudarthroses de la fracture et de l'olécrane et les complications neurologiques. Pour ce dernier point, le traitement suivi ainsi que le délai de reprise ont été précisés. Nous avons considéré que le caractère précoce définit des complications survenues avant la 6<sup>e</sup> semaine et le caractère tardif au-delà.

#### **4.1.3.2 Evaluation clinique au dernier recul**

Les résultats cliniques ont été évalués au plus long recul par :

- a. Le Mayo Elbow Performance Score (MEPS) (Tableau 4.4). Il permet une évaluation subjective, objective et fonctionnelle du résultat clinique<sup>31</sup>. Le MEPS est basé sur l'étude de la mobilité, de la douleur, de la stabilité et de la fonction. L'index de performance permet de classer les résultats en quatre catégories : les excellents (90-100 points), les bons (75-89points), les moyens (60-74 points) et les médiocres (<60 points).
- b. Le Quick Disability of the Arm-Shoulder-Hand<sup>179</sup> (Quick DASH, annexe B). Il s'agit d'une auto-évaluation par le patient de la capacité fonctionnelle de son membre supérieur. Ce score est d'autant meilleur qu'il est bas.
- c. Le score de Katz final
- d. La douleur par l'EVA
- e. Les amplitudes articulaires en flexion-extension et prono-supination
- f. La force musculaire par le test comparatif de la balance en flexion et en extension. Avec ce test, trois résultats sont possibles : normal (80-100 %), modérément diminué (50-80%), fortement diminué (<50 %)
- g. Le risque cutané
- h. Les complications neurologiques
- i. Les reprises chirurgicales et la technique de reprise

DOULEUR (45 pts)	Aucune (45) Légère (30) Modérée (15) Sévère (0)
ARC DE MOBILITÉ (20 pts)	100° (20) 50-100° (15) <50° (5)
STABILITÉ (10 pts)	Stable (10) Modérément stable (5) Instable (laxité > 10°) (0)
CAPACITÉ FONCTIONNELLE (25 pts)	Main bouche = se nourrir (5) Main tête = se coiffer (5) Habillage (5) Hygiène (5) Chaussage (5)

**Table 4.4** – *Mayo Elbow Performance Score*<sup>31</sup>. Score sur 100 points

### 4.1.3.3 Évaluation radiologique au dernier recul

#### 4.1.3.3.1 Pour les traitements orthopédiques et pour les ostéosynthèses

Des clichés de radiographies standards ont été réalisés :

- Profil strict du coude et si possible en flexion et extension maximale
- Face stricte du coude. S’il existe un flessum de coude, les rayons sont tirés perpendiculairement à l’avant-bras
- Face en valgus et extension maximale

Plusieurs points ont été analysés et évalués : la consolidation osseuse, les ossifications hétérotopiques, la défaillance du matériel, la pseudarthrose de l’olécrane. La présence d’un cal vicieux est notée et précisée : articulaire ou non-articulaire, frontal supérieur à 15° et sagittal supérieur à 10°. Les ossifications hétérotopiques sont données selon la classification de Brooker (Tableau 4.5).

GRADE 0	Pas d’ossification
GRADE 1	Îlots condensants dans les parties molles
GRADE 2	Ossifications péri-articulaires avec un espace supérieur à 1 cm
GRADE 3	Ossifications réduisant l’espace entre les surfaces articulaires à moins de 1 cm
GRADE 4	Ponts osseux avec ankylose articulaire.

**Table 4.5** – *Classification des ossifications hétérotopiques de Brooker*

L'arthrose est estimée selon la classification de Broberg et Morrey<sup>180</sup> (Tableau 4.6).

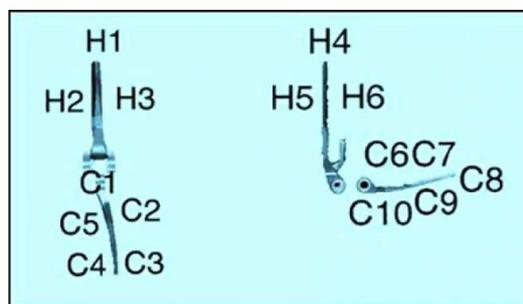
GRADE 0	Articulation normale
GRADE 1	Diminution de l'interligne < 50 %. Formation ostéophytique minimale
GRADE 2	Diminution de l'interligne > 50 %. Formation ostéophytique modérée
GRADE 3	Quasi disparition de l'interligne articulaire

**Table 4.6** – Classification de l'arthrose selon Broberg et Morrey<sup>180</sup>

#### 4.1.3.3.2 Pour les arthroplasties

Différents critères de jugements radiologiques ont été pris en compte. Le positionnement initial des implants était évalué sur le cliché radiologique de face et de profil. Le caractère centré, en valgus ( $5^\circ$ ) ou en varus ( $5^\circ$ ) est calculé sur la face, centré, en recurvatum ( $5^\circ$ ) ou en flectum ( $5^\circ$ ) pour le profil. Le scellement est noté satisfaisant si un manteau de ciment homogène entoure la prothèse ou incorrect lorsqu'il est incomplet ou ne dépassant pas l'extrémité de la tige.

La notion de modification radiologique au dernier recul telle que la présence du greffon osseux antérieur, la migration des implants ou la présence de liserés sont recherchées. Une précision sur la position et la taille des liserés est ajoutée. Conformément au symposium de la SOFCOT 2005 sur les prothèses de coude<sup>181</sup>, les zones d'études des liserés sont de 6 pour l'humérus (H1, H2, H3 de face et H4, H5 et H6 de profil) et de 10 pour l'ulna (C1 à C5 de face et C6 à C10 de profil). Sur chaque zone, le liseré est noté et mesuré : inexistant, inférieur à 1 mm, à 2 mm et évolutif (Fig. 4.1). Le descellement est jugé précoce lorsqu'il survient avant 5 ans.

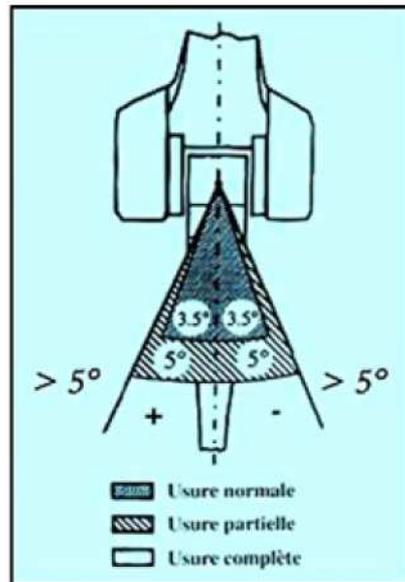


**Figure 4.1** – Méthode de recherche radiographique des liserés autour des prothèses totales de coude (d'après le symposium de la SOFCOT<sup>182</sup>)

Les complications osseuses, qu'elles soient au niveau de l'ulna ou de l'humérus, ont été

individualisées. Il peut s'agir de fracture, de pseudarthrose, d'ostéoporose, de géodes ou d'ossifications. Les complications au niveau des implants incluent les fractures d'implants, les désassemblages et la laxité.

La prothèse de Coonrad-Morrey a bénéficié d'une évaluation spécifique. En effet, l'usure des paliers en polyéthylène peut être mesurée sur les clichés de face par l'angle que fait l'implant ulnaire par rapport à l'implant huméral<sup>170</sup> (voir Fig. 4.2). L'usure est considérée comme absente (angle  $< 3,5^\circ$ ), modérée (entre  $3,5^\circ$  et  $5^\circ$ ) et complète ( $> 5^\circ$ ).



**Figure 4.2** – Méthode d'évaluation radiologique des paliers en polyéthylène de la prothèse de Coonrad-Morrey (d'après Gill & Morrey<sup>170</sup>)

#### 4.1.4 Analyse statistique

L'analyse statistique a été confiée à l'unité de biostatistiques du Pôle de Santé Publique du CHRU de Lille. Le logiciel d'analyse utilisé était SAS software version 9.2 (SAS Institute Inc.®), Cary, NC 25513).

Une analyse descriptive de l'ensemble des données récoltées a été réalisée et les moyennes et les écarts-types des différentes variables quantitatives (les variables qui peuvent prendre des valeurs numériques) ont été extraits. Pour les variables qualitatives, les fréquences (nombre d'individus d'une modalité sur le nombre total d'individus de la population) et les pourcentages sont calculés en fonction des effectifs trouvés.

Un test de  $\chi_2$  était réalisé pour les analyses à deux modalités et l'analyse des tableaux de

contingence pour de petits échantillons a utilisé un test exact de Fisher. Un test de Mann-Whitney sur des variables quantitatives a également été utilisé pour déterminer les tendances temporelles.

L'analyse des variables comportant trois modalités était faite par un test de  $\chi_2$  et un test exact de Fisher lorsque les variables sont qualitatives. Pour des variables quantitatives, c'est un test de Kruskal-Wallis qui est effectué dans l'idée de déterminer si des échantillons indépendants de patients sont issus d'une même population. Pour l'ensemble de ces tests, la différence était significative quand  $p < 0,05$ .

Nous réalisons par ailleurs des tests de corrélation entre différentes variables. Le coefficient de corrélation était nul si égal à 0 et positif lorsqu'il tendait vers 1 ou -1. Un coefficient de corrélation égal à 1 correspondait à une corrélation positive et parfaite; un coefficient de corrélation égal à -1 correspondait à une corrélation négative et parfaite. Le coefficient de corrélation de Spearman (test non paramétrique) a été utilisé dans ce contexte.

Les différentes analyses apparaîtront au fur et à mesure de la présentation des résultats.

## 4.2 Résultats

### 4.2.1 Présentation de la série

#### 4.2.1.1 Données épidémiologiques

Soixante et un dossiers de fractures complexes de l'extrémité distale de l'humérus ont pu être recensés, représentant soixante patients. Une patiente a présenté une fracture de l'extrémité distale de l'humérus gauche en 2006 et droite en 2008.

Le rythme des inclusions est rapporté sur la figure (4.3). Une médiane de 5 [1-10] fractures de l'humérus distal sont traitées par an au CHRU de Lille.

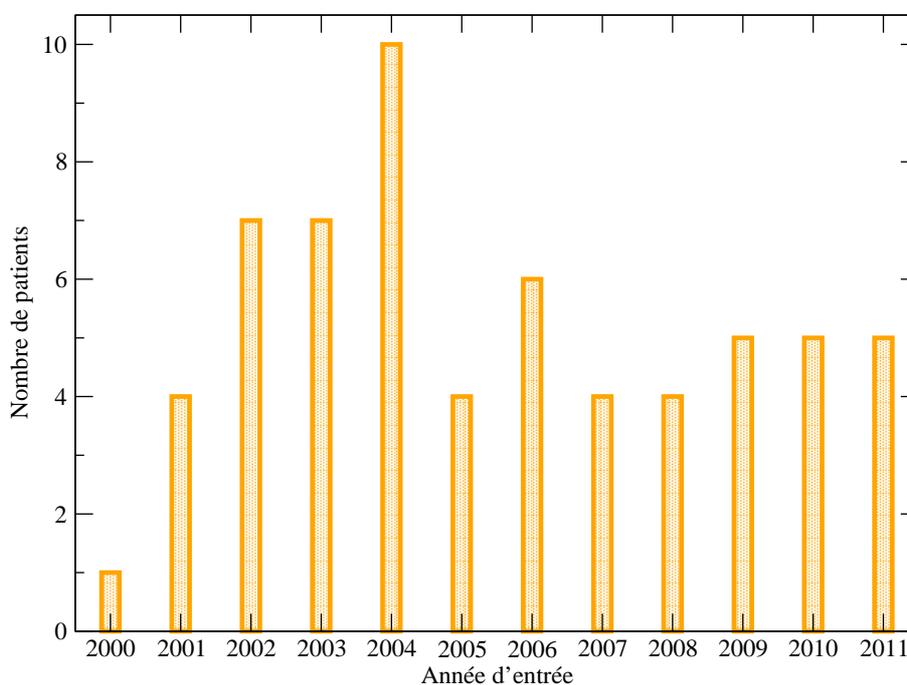


Figure 4.3 – Rythme des inclusions

Sur les 60 patients inclus, 13 sont décédés avant la collecte des résultats (21,7 %) et 5 n'ont pas souhaité de suivi ou ne pouvaient pas se déplacer au CHRU de Lille (8 %). 42 patients inclus dans l'étude ont pu être revus cliniquement avec un recul suffisant. Le taux de révision final est donc de 70 %.

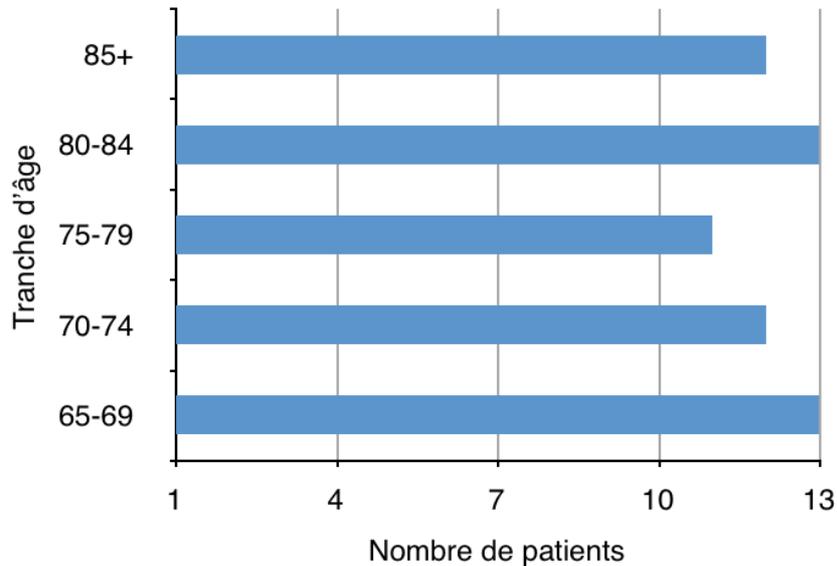
Cette étude rétrospective a un recul moyen lors de l'appréciation des résultats de 54,4 mois [9-126] soit 4 ans et 6 mois.

- Répartition selon l'âge

L'âge moyen de survenue de la fracture humérale est de 77,2 ans [65-100]. L'âge moyen à

la révision clinique est de 79,8 ans [66-99].

La répartition dans la pyramide des âges est presque uniforme (Fig. 4.4).



**Figure 4.4** – *Pyramide des âges de survenue d'une fracture de l'extrémité distale de l'humérus*

L'étude comprend 49 femmes (81,7%) pour 11 hommes (18,3%) soit un sex-ratio homme-femme de 1/4,6. Il n'existe pas de différence significative ( $p = 0,29$ ) entre l'âge des femmes (76 ans [65-90]) et des hommes (75 ans [65-100]) lors du traumatisme.

- *Circonstances du traumatisme*

53 des fractures incluses résultent d'une chute à faible énergie (86,9 %), de la hauteur du patient le plus souvent. Seulement 8 fractures rentrent dans le cadre des traumatismes à haute énergie (13,1 %) : accident de la voie publique (AVP), chute d'un lieu élevé, écrasement.

- *Côté de la fracture*

30 fractures intéressent le côté droit (49,2 %) et 31 le côté gauche (50,8 %). Le côté dominant est atteint dans 24 cas soit 48 % (données disponibles dans 50 dossiers - 82 %)

- *Délai de prise en charge et d'hospitalisation*

Le délai de prise en charge des patients entre l'arrivé au SAU et la thérapeutique est de 1,8 jours [0-14] (résumé dans le tableau 4.7).

Bref < 48 heures	Court < 1 semaine	Long > 1 semaine
50 (82%)	7 (11,5%)	4 (6,5%)

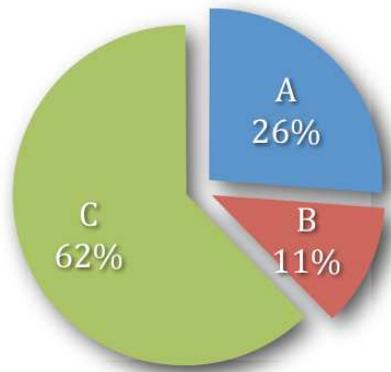
**Table 4.7** – *Délai de prise en charge selon des critères subjectifs de durée*

L'hospitalisation dure, en moyenne, 10,7 jours [3-45]

## 4.2.2 Données cliniques

- Répartition des fractures selon la classification de l'AO/OTA

Le type A représente 16 fractures (26,2 %) ; le type B, 7 fractures (11,5 %) et le type C, 38 fractures (62,3%). La figure (4.5) donne la répartition graphique des fractures et la répartition en sous-groupe de la classification est donnée dans la table (4.8).



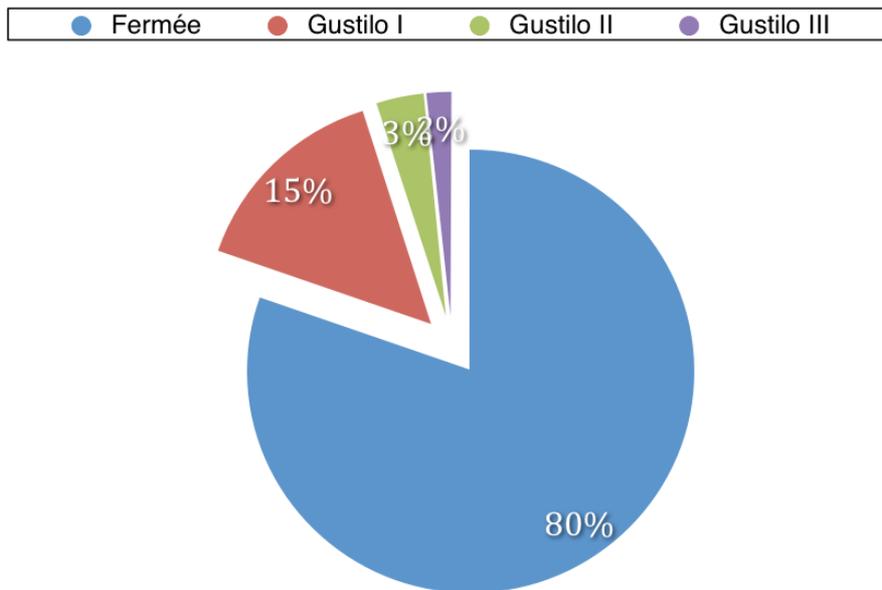
**Figure 4.5** – Répartition des fractures selon la classification AO/OTA

<b>A</b>	A2-3	12
	A3	4
<b>B</b>	B1-2	1
	B1-3	2
	B2-2	1
	B2-3	12
	B3	2
<b>C</b>	C1	11
	C2	8
	C3	19

**Table 4.8** – Répartition en groupe et sous-groupe des fractures selon la classification de l'AO/OTA.

- Ouverture cutanée

12 fractures ouvertes ont été trouvées soit 19,7 % de l'ensemble des fractures. La répartition est la suivante 9 Gustilo I, 2 Gustilo II et 1 Gustilo IIIc (Fig. 4.6). La majorité des ouvertures cutanées dont les deux cas Gustilo II et Gustilo III (75%) sont trouvées dans les fractures de type C. Cependant les ouvertures causées par un traumatisme à haute énergie ne sont présentes que dans 25 % des cas.



**Figure 4.6** – Répartition des fractures selon la classification de Gustilo-Anderson

- *Existence d'une lésion nerveuse pré-opératoire*

5 patients présentent une atteinte nerveuse pré-opératoire. Ces patients sont par ailleurs tous atteints d'une fracture de type C. La répartition selon le type d'atteinte et le nerf en cause est donnée dans le tableau (4.9). Le taux de lésions nerveuses pré-opératoires est donc de 8,2 % dans notre série avec une répartition de 60 % d'atteinte radiale et de 40 % d'atteinte ulnaire.

	Ulnaire	Radial	Médian
Sensitif	1	0	0
Moteur	0	2	0
Sensitivo-moteur	1	1	0
Total	2	3	0

**Table 4.9** – Répartition des atteintes nerveuses selon le type et le nerf lésé.

- *Atteinte vasculaire initiale*

Un seul patient (1,6 %), victime d'un écrasement par machine agricole, a présenté une lésion vasculaire. Il s'agissait d'une lésion de l'artère ulnaire qui a bénéficié d'une suture directe lors de la prise en charge chirurgicale. Les suites opératoires sur le plan vasculaire ont été simples.

- *Evaluation de l'état de santé et d'autonomie des patients*

L'état de santé général, évalué par le score ASA, est relativement satisfaisant avec 73,4 %

de grade 1 ou 2. Les résultats sont représentés sur la figure (4.7).

ASA 1	ASA 2	ASA 3	ASA 4
7 (6,7%)	40 (66,7%)	11 (18,3%)	2 (3,3%)

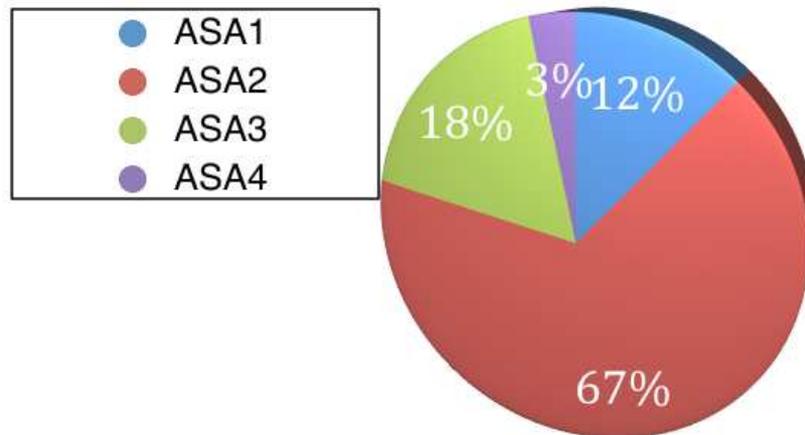


Figure 4.7 – Répartition des patients selon le score ASA

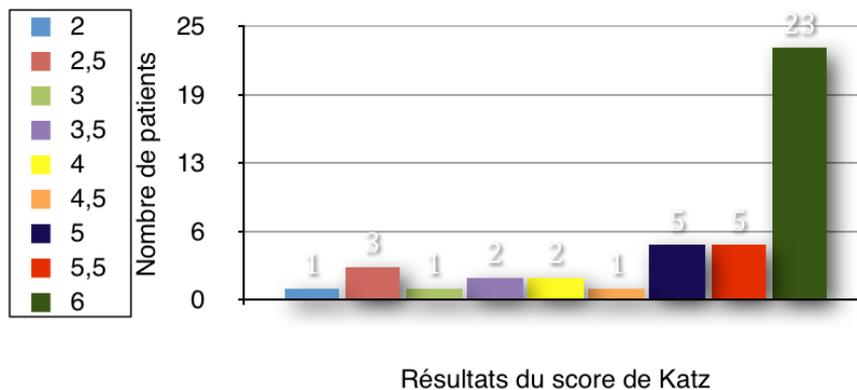


Figure 4.8 – Répartition des patients selon leur score de Katz.

Un score de 6 indique une fonction complète. Un score de 4 indique une altération modérée. Un score de 2, une altération sévère de l'autonomie.

Le lieu de résidence lors du traumatisme ainsi que le score de Katz permettent de juger du niveau d'autonomie des patients (Fig. 4.8). 56 patients (93,3 %) résidaient à leur domicile personnel avec un âge moyen de 76,4 ans, 3 (5 %) en maison de retraite ou foyer logement avec un âge moyen de 85 ans, un seul patient (1,7 %) (c'est la personne la plus âgée de notre série avec 100 ans) en maison médicalisée (long séjour). Le score de Katz a pu être évalué sur 43 dossiers soit 70,5 %. Le score de Katz a une moyenne de  $5,22 \pm 1,1$  sur 6 et une médiane de 4 [2-6]. 53,5 % des patients présentent une autonomie complète.

- *Pathologies associées*

33 patients (55 %) présentent des antécédents associés. La répartition est donnée dans le tableau (4.10).

Rhumatisme inflammatoire	5
Arthrose du coude	3
Antécédent de fracture ostéoporotique	14
Corticothérapie au long cours ( > 3 mois)	4
Alcoolisme chronique non sévère	9
Pathologie neurologique et psychiatrique	16

**Table 4.10** – Répartition des pathologies associées

- *Degré d'ostéoporose*

L'évaluation de la qualité osseuse au moment de la fracture est faite par une lecture des radiographies initiales. 31 (51,6 %) patients présentent une ostéoporose radiologique évidente. L'âge moyen de ces patients est de 77 ans [65-93]. L'ostéoporose radiologique est présente dans 18 fractures de type C (classification de l'AO/OTA) soit 58,1 %. Elles restent les fractures les plus complexes à prendre en charge. En parallèle, l'antécédent de fracture ostéoporotique n'est retrouvé que chez 14 patients (23,3 %).

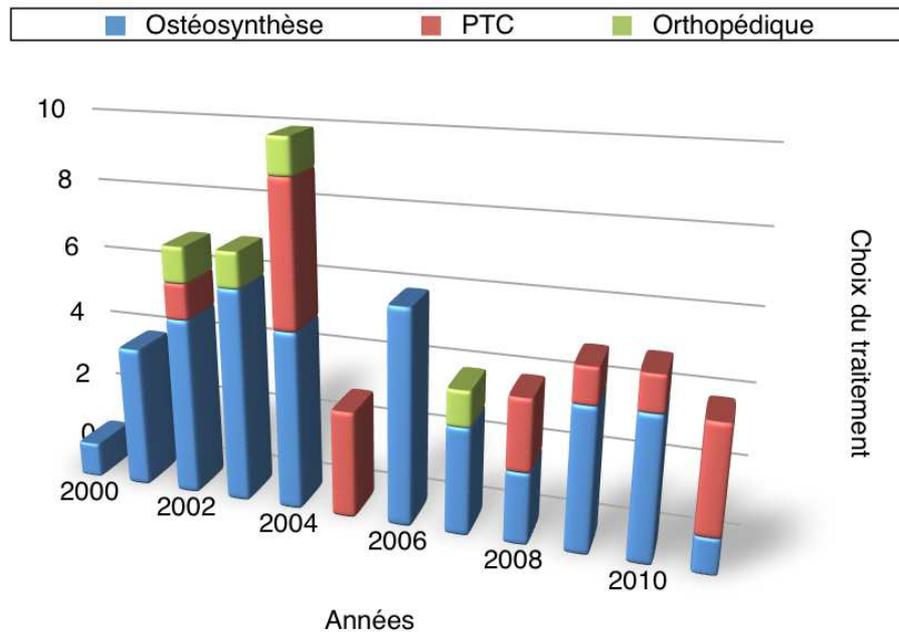
### 4.2.3 Données thérapeutiques

#### 4.2.3.1 Présentation générale

La répartition des différents types de traitements est la suivante : 41 ostéosynthèses (67,2 %), 16 prothèses totales de coude (26,2 %) et 4 traitements orthopédiques (6,6 %). La figure (4.9) montre la répartition des traitements selon les années prises en compte dans l'étude.

#### 4.2.3.2 Traitement orthopédique

Les traitements non chirurgicaux des fractures complexes de l'humérus distal représentent 4 patients dans notre série soit un effectif de 6,6 %. Le traitement orthopédique se résume à trois immobilisations dans un plâtre de type BABP et une immobilisation coude au corps. L'indication a été posée devant 2 fractures du groupe A (A2-3) et 2 fractures C (C1,C2). L'âge moyen est de 80,8 ans [65-98]. 3 patients sur 4 présentent des antécédents. Enfin 3 patients



**Figure 4.9** – Répartition des choix de traitement durant la période étudiée

présentent une ostéoporose radiologique.

L'évaluation du niveau d'autonomie par le score de Katz est en moyenne de 5,33 ; 3 patients sont ASA2 et 1 ASA3.

La durée moyenne d'hospitalisation est de 8 jours [0-14] et la durée d'immobilisation moyenne de 51,5 jours [28-93]. L'immobilisation a été suivie d'une rééducation dans trois cas sur quatre.

#### 4.2.3.3 Les ostéosynthèses

41 coudes ont été traités par ostéosynthèse. 2 patients ont bénéficié d'un fixateur externe et les 39 autres d'une chirurgie à ciel ouvert avec ostéosynthèse.

##### 4.2.3.3.1 Fixateur externe

2 patients (3,3% de la série globale) ont bénéficié d'une prise en charge par fixateur externe huméro-ulnaire, un articulé et l'autre non (voir la table 4.11).

L'intervention a duré en moyenne 53 minutes [40-60]. L'hospitalisation moyenne est de 16,5 jours [15-18]. L'intervention a été suivie de la prescription d'une antibiothérapie supérieure à 48 h dans les 2 cas. Une prescription d'AINS a été faite pour le patient N° 28. Ce patient a présenté une infection profonde des fiches du fixateur externe ayant nécessité son retrait au 66<sup>e</sup> jour post-opératoire.

	Patient 28	Patient 38
Âge	73	80
Fracture	C3	B1-3
Gustilo	0	1
ASA	2	4
Ostéoporose radiologique	1	0
Durée de mise en place (jours)	66	40

**Table 4.11** – *Prise en charge par fixateur externe chez deux patients*

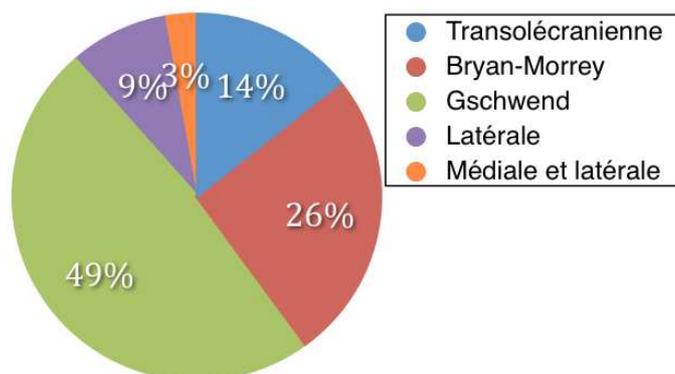
#### 4.2.3.3.2 Les ostéosynthèses

Le groupe ostéosynthèse est composé de 39 patients avec un âge moyen de 74 ans ; la médiane est de 75 ans [65-100].

- *Installation*

37 patients ont été installés en décubitus latéral (94,9 %). Le décubitus dorsal a été proposé à deux patients : fracture B1-2 et B3 par voie latérale.

- *Voie d'abord et attitude vis à vis du nerf ulnaire* (Fig. 4.10 et Tableau 4.12).



**Figure 4.10** – *Répartition des voies d'abord pour ostéosynthèse*

Trans-olécraniennne	5	14,3 %
Trans-tricipitale, Van Gorder	0	0 %
Bryan-Morrey	9	25,7 %
Gschwend	17	48,6 %
Médiale	0	0 %
Latérale	3	8,6 %
Médiale et latérale	1	2,8 %
Percutanée	0	0 %

**Table 4.12** – *Différentes voies d'abord utilisées dans le cadre des ostéosynthèses (résultats disponibles pour 35 dossiers)*

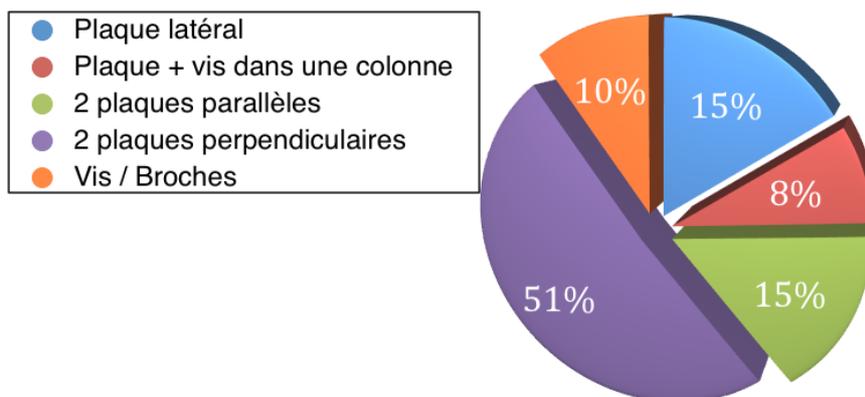
Les données concernant l'attitude vis à vis du nerf ulnaire sont disponibles dans 35 dossiers. Celui-ci a été ignoré dans 7 cas (20 %), neurolysé 27 fois (77,1 %) et seulement transposé une fois (2,9 %). Un patient (N° 17) présentait une atteinte sensitive pré-opératoire du nerf ulnaire. Celui-ci a bénéficié d'une neurolyse pendant l'intervention. Trois autres patients présentaient une atteinte du nerf radial pré-opératoire.

- *Type de matériel utilisé*

Le système d'ostéosynthèse utilisé était non verrouillé dans 28 cas, verrouillé dans 7 cas et mixte dans 4 cas. Le type de synthèse réalisée est donné dans le tableau (4.13) et résumé sur la figure (4.11) ainsi que la répartition propre pour le verrouillage et le type de fracture.

	VEROULLAGE			FRACTURE AO			TOTAL
	Classique	Verouillé	Mixte	A	B	C	
Plaque latérale	4	1	0	2	3	0	5
Plaque + vis dans une colonne	2	1	0	1	0	2	3
2 plaques parallèles	4	0	2	3	0	3	6
2 plaques perpendiculaires	14	5	2	6	0	15	21
Vis ou broches	4			0	3	1	4

**Table 4.13** – *Type de synthèse et système de verrouillage réalisés selon la fracture.*



**Figure 4.11** – *Répartition du type de synthèse réalisée*

- *Données liées à l'hospitalisation*

La durée d'intervention est en moyenne de 109 minutes  $\pm$  38,5 avec une médiane à 107 minutes [46-214]. L'intervention a été suivie d'une hospitalisation de 10,2 jours  $\pm$  6,7 et médiane de 8 jours [3-35]. Pendant cette hospitalisation, 38 patients ont reçu des antibiotiques : 27 moins de 48 heures et 11 plus de 48 heures.

- *Immobilisation et rééducation*

36 patients (92,3 %) ont bénéficié d'une immobilisation post-opératoire pour une durée moyenne de 34,5 jours  $\pm$  18,1 et médiane de 30 jours [15-90] (données disponibles sur 30 patients). L'immobilisation a été suivie d'une rééducation chez 37 patients sur une durée moyenne de 162,5 jours  $\pm$  137,3 et médiane de 120 jours [36-600] (données disponibles sur 17 patients). 9 patients ont bénéficié d'un centre de convalescence/rééducation.

#### 4.2.3.3.3 Les prothèses totales de coude

Le groupe prothèse rassemble 16 patients dont l'âge moyen est de 82,2 ans [65-93]. 14 de ces patients présentent une fracture de type C (87,5 %), les deux autres ont une fracture de type A. Une ostéoporose radiologique est présente chez 9 d'entre eux (56,3 %). Le délai de révision de ce sous-groupe est de 51,9 mois [12-99]

- *Données opératoires*

Les données sont disponibles dans 15 cas (un compte-rendu opératoire restant introuvable). L'intervention a duré en moyenne 82,8 minutes  $\pm$  26,2 avec une médiane à 89 minutes [38-135].

L'ensemble des patients a été installé en décubitus latéral. Le triceps brachial a été abordé par la voie de Gschwend chez la totalité des patients. Le nerf ulnaire a pu être neurolysé dans 14 cas (93,3 %) dont le cas d'atteinte ulnaire pré-opératoire.

L'attitude vis à vis des piliers était unanime : leurs résections étaient la règle. L'appareil ligamentaire collatéral était par conséquent lui aussi désinséré. Une capsulotomie antérieure était réalisée pour permettre le passage de l'aileron antérieur. L'attitude vis à vis de la tête radiale est partagée : 8 conservations pour 7 résections. Aucune greffe osseuse n'a été nécessaire.

La seule prothèse de coude posée dans notre série est la prothèse de Coonrad-Morrey. La répartition de taille des implants est représentée sur les figures (4.12) et (4.13).

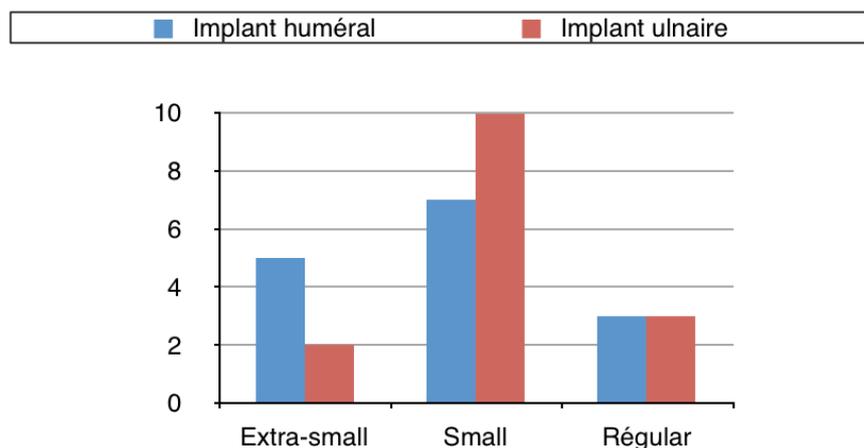
Il n'a jamais été nécessaire d'utiliser l'aileron allongé du composant huméral. Une cale osseuse antérieure a pu être insérée entre l'aileron et la diaphyse dans 9 cas (60 %).

La cimentation était réalisée à l'aide d'une seringue, sans obturateur huméral et ulnaire. Le ciment utilisé a les caractéristiques suivantes : basse viscosité, avec antibiotique.

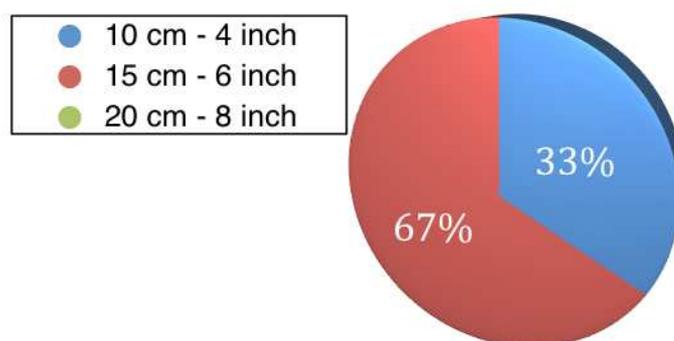
Aucune complication per-opératoire à type de fausse-route ou de fracture n'est relatée.

- *Suites opératoires*

Les patients ont eu une durée moyenne d'hospitalisation de 11,5 jours  $\pm$  10 avec une



**Figure 4.12** – Taille des implants huméraux et ulnaires de la prothèse de Coonrad-Morrey



**Figure 4.13** – Répartition des implants huméraux selon leurs tailles

médiane à 6 jours [5-45]. Pendant leurs hospitalisations, tous ont reçu des antibiotiques : 13 moins de 48 heures et 2 plus de 48h. Deux patients ont pris des AINS en post-opératoire.

Une immobilisation de sortie, coude au corps, a été prescrite chez 7 patients (46 %) pour une période moyenne de 11 jours  $\pm$  13,1 et médiane de 4 jours [2-30]. 15 patients ont bénéficié de soins de rééducation dont 8 en centre de convalescence. La rééducation a été chez l'ensemble des patients inférieure à 3 mois.

## 4.2.4 Résultats

Quelques résultats radiographiques sont présentés en annexe (C).

### 4.2.4.1 Traitement orthopédique

Sur les quatre patients inclus pour le traitement orthopédique, deux patients ont été revus cliniquement. Un patient est décédé et l'autre ne pouvait se déplacer au CHRU de Lille. Le taux de révision est donc de 50 % pour cette partie.

Aucune complication n'a été trouvée pour les traitements orthopédiques. Aucun des patients traités orthopédiquement n'a été repris par une autre technique. Les résultats sont les suivants (tableau 4.14) :

	Patient 12	Patient 19
Âge	98	65
Fracture	C2	A2-3
Délai de révision (mois)	18	97
MEPS (100)	65	100
Flexion (°)	90	130
Extension (°)	-40	0
EVA (100)	4	0
Consolidation	Oui	Oui
Cals vicieux	Oui	Non
Brödberg et Morrey	2	0

**Table 4.14** – Résultats des traitements orthopédiques chez deux patients

Le patient N° 12, présentant une fracture C2, a un résultat moyen avec une évolution arthrosique importante, une raideur et des douleurs. Il présente aux radiographies de contrôle un cal vicieux extra-articulaire dans le plan sagittal et frontal. Le patient N° 19 a des résultats excellents. L'évaluation radiographique met en évidence des ossifications hétérotopiques de classe 1 (îlots) dans la classification de Brooker.

Le faible nombre des patients pris en charge par cette technique ne permet pas d'étude statistique, ni de comparaison avec les autres traitements.

#### 4.2.4.2 Traitement chirurgical : ostéosynthèses

##### 4.2.4.2.1 Résultats des fixateurs externes

Le patient N° 28 est décédé et avait bénéficié auparavant d'une reprise chirurgicale. Ses résultats sont indisponibles.

Dans ce sous-groupe, au vu du nombre de patient, les résultats sont donnés à titre indicatif et ne font pas l'objet d'un travail statistique ou comparatif.

Concernant le patient N° 38, le recul maximal est de 37 mois. Le MEPS est à 85, considéré comme un bon résultat. La flexion atteint 120° et l'extension est déficitaire de 30°. Le quick-DASH est à 31,81 points.

L'évaluation radiologique note une consolidation osseuse acquise mais indique également la présence d'un cal vicieux extra-articulaire sagittal et frontal. L'arthrose est évalué au stade 1 de la classification de Brödberg et Morrey.

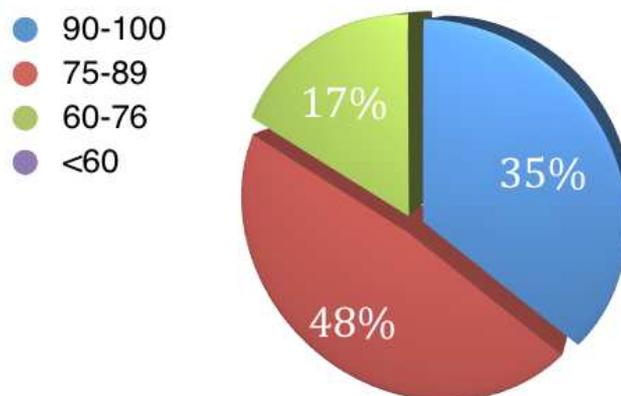
#### 4.2.4.2.2 Résultats des ostéosynthèses

Sur les 39 patients, 7 patients sont décédés avant le recueil des données finales. 3 patients ne souhaitent pas être suivis. 6 patients ont été exclus car ils ont présenté une reprise chirurgicale (les deux autres reprises sont comprises dans le groupe des patients décédés).

Les résultats concernent donc 23 patients sachant que les résultats des patients exclus pour reprise chirurgicale seront donnés à part.

- *Score MEPS et Quick-DASH*

Le score MEPS est en moyenne de 81,6 points  $\pm$  11,8, la médiane est de 80 [60-95]. Il se décompose en 8 excellents résultats, 11 bons résultats, 4 résultats moyens et aucun mauvais résultat (Fig. 4.14 et Tab. 4.15).



**Figure 4.14** – Répartition des résultats selon le score de MEPS

Douleur / 45	33,4 $\pm$ 11,3
Arc de mobilité / 20	16,8 $\pm$ 3,6
Stabilité / 10	9,8 $\pm$ 1,1
Capacité fonctionnelle / 25	21,6 $\pm$ 2,8

**Table 4.15** – Moyenne des composants du score MEPS

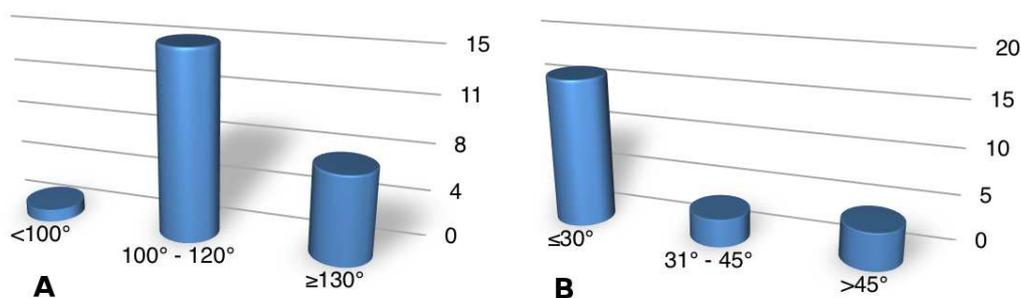
Le quick-DASH moyen est de 26,5  $\pm$  10,5 ; la médiane est de 27,34 [9,1-43,2].

- *Douleur*

La mesure de la douleur selon l'échelle EVA est en moyenne de 1,86  $\pm$  1,81 sur 10.

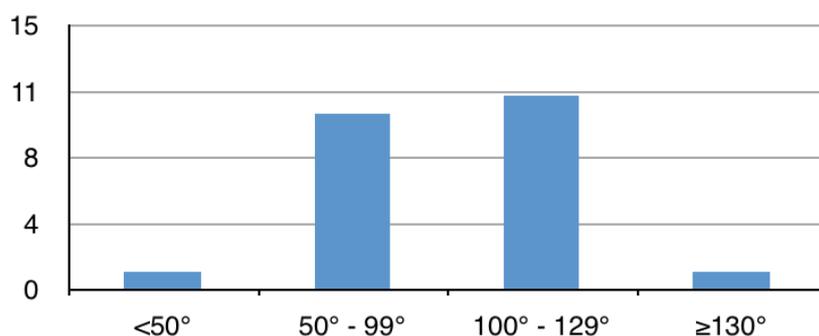
- *Mobilités et force*

La flexion moyenne est de  $119^{\circ} \pm 10,3$  avec une médiane à  $120^{\circ}$  [90-135]. 7 patients présentent une flexion supérieure ou égale à  $130^{\circ}$ . Elle est supérieure à  $100^{\circ}$  dans 22 cas (Fig. 4.15A). Le déficit d'extension moyen est de  $28,7^{\circ} \pm 22,3$  avec une médiane à  $20^{\circ}$  [0-90]. Le déficit d'extension est inférieur à  $30^{\circ}$  chez 16 patients soit 69,6 % des cas (Fig. 4.15B).



**Figure 4.15** – Répartition des patients selon les mobilités **A** en flexion et **B** en extension

L'arc de mobilité moyen est mesuré à  $91,3^{\circ} \pm 26$  avec une médiane de  $100^{\circ}$  [20-135].



**Figure 4.16** – Répartition des patients selon l'arc de mobilité

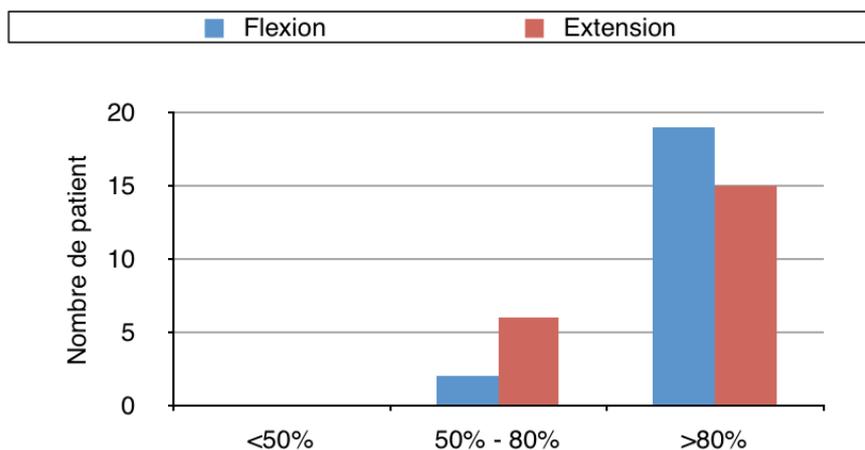
La pronation-supination est normale dans 21 cas. Un patient est limité à  $45^{\circ}$  de pronation et un autre à  $45^{\circ}$  de supination (Fig. 4.16).

La force de flexion est jugée normale dans 19 cas et diminuée modérément (50-80 %) dans 2 cas. Par contre, 6 patients présentent une diminution modérée de leur force d'extension (données disponibles sur 21 patients) (Fig. 4.17).

- *Complications*

Des complications ont été retrouvées chez 19 patients soit un taux de 48,7 %. Le taux de chaque complication est reporté dans le tableau (4.16).

Le taux des complications majeures liées à la chirurgie représente donc 35,9 % (13 patients).



**Figure 4.17** – Répartition des forces de flexion et extension selon le test de la balance

Hématome	1	2,6 %
Rupture du triceps	0	0 %
Infection	0	0 %
Désunion cutanée	1	2,6 %
Déplacement de la fracture	6	15,4 %
Démontage du matériel	9	23,1 %
Luxation huméro-ulnaire ou huméroradiale	0	0 %
SDRC I	3	7,7 %
Pseudarthrose de l'olécranotomie	2	5,1 %
Pseudarthrose du foyer de fracture	2	5,1 %
Atteinte neurologique post opératoire	5	12,8 %

**Table 4.16** – Rapport des complications retrouvées. Sont considérées comme complications mineurs : hématome, désunion cutanée, SDRC I

Concernant les atteintes neurologiques post-opératoires, il existe trois atteintes ulnaires : deux sensitivo-motrices et une sensitive pure, et deux atteintes radiales motrices. Ces atteintes se rajoutent aux quatre atteintes pré-opératoires. A la révision, il ne persiste plus qu'une seule atteinte nerveuse. Elle intéresse le nerf ulnaire et est de type sensitivo-motrice. La lésion du nerf ulnaire n'était pas présente lors de l'accueil de la patiente et a été découverte en post-opératoire.

- *Résultats des patients ayant présenté une complication*

Le traitement des complications a fait l'objet de 8 reprises chirurgicales dont deux précoces (inférieur à 45 jours). Le délai moyen de reprise est de 114,5 jours [8-300]. Elles ont consisté en trois ablations de matériel (AMO), trois changements de matériel : passage d'un système à deux plaques et deux prothèses totales de coude de Coonrad-Morrey (voir le tableau 4.17).

AMO	3 démontages de matériel + déplacements de la fracture
2 Plaques	1 démontage de matériel + déplacement de la fracture 1 pseudarthrose du foyer
PTC	1 démontage de matériel + déplacement de la fracture 1 pseudarthrose du foyer

**Table 4.17** – Indication des reprises chirurgicales

Les résultats respectifs des différents patients sont donnés dans le tableau (4.18).

Patients	15	17	39	41	43	50
Fracture	C3	C3	A3	C2	C3	A3
Type de synthèse	2 plaques 90°	2 plaques 90°	1 plaque latérale	2 plaques 90°	2 plaques 90°	2 plaques 90°
Complication	Démontage	Démontage Pseud-arthrose	Démontage Pseud-arthrose	Démontage Déplacement Fracture Escarre sur matériel	Démontage Déplacement Fracture	Démontage Déplacement Fracture Escarre sur matériel
Délai de reprise (jour)	47	182	180	300	132	57
Type de reprise	2 plaques Greffe osseuse	2 plaques Greffe osseuse	PTC	AMO Lavage	PTC	AMO Lavage
MEPS	95	100	95	55	95	65
EVA	0	0	0	4	0	3
Flexion (°)	130	130	130	90	130	90
Extension (°)	50	15	60	20	25	45
Quick DASH	11,4	6,8	22,5	50	29,5	40,9
Arthrose	1	1		3		2
Modification radiologique			Non		Non	

**Table 4.18** – Résultats des patients 6 patients ré-opérés

Deux patients ont présenté un démontage de leur matériel d'ostéosynthèse et un déplacement de leur fracture. Ils ont par la suite développé une escarre sur le matériel. Une ablation de matériel et un lavage ont été réalisés post-opératoires à 57 jours (N° 50) et 300 jours (N° 41); aucun germe n'a été trouvé.

Deux patients ont développé une pseudarthrose du foyer de fracture. Le premier (N° 39) présentait un démontage de son matériel dès le 21<sup>e</sup> jour post-opératoire et a été repris au 180<sup>e</sup>

jour par la mise en place d'une prothèse de coude. L'autre patient (N° 17) a été opéré au 182<sup>e</sup> jour post-opératoire et a bénéficié d'un changement d'ostéosynthèse associé à une autogreffe iliaque.

Un patient (N° 15) a présenté un démontage précoce de son matériel (plaque médiale). Il a été repris par une nouvelle ostéosynthèse à deux plaques parallèles associée à une autogreffe iliaque.

Enfin, la dernière patiente (N° 43) avait fracturé sa plaque médiale à 15 jours post-opératoires. Aucune reprise immédiate n'a été faite. Elle a donc consolidé en cal vicieux. Une reprise par prothèse a été réalisée 132 jours après sa fracture.

- *Résultats radiologiques*

L'ensemble des patients sont consolidés au dernier recul. Il existe 5 cals vicieux extra-articulaire, 6 cals vicieux articulaires. La répartition dans les plans de l'espace est indiquée dans le tableau (4.19).

	Cal vicieux frontal > 15°	Cal vicieux sagittal > 10°	Dans les deux plans
Cal vicieux extra-articulaire	4	1	0
Cal vicieux articulaire	2	2	2

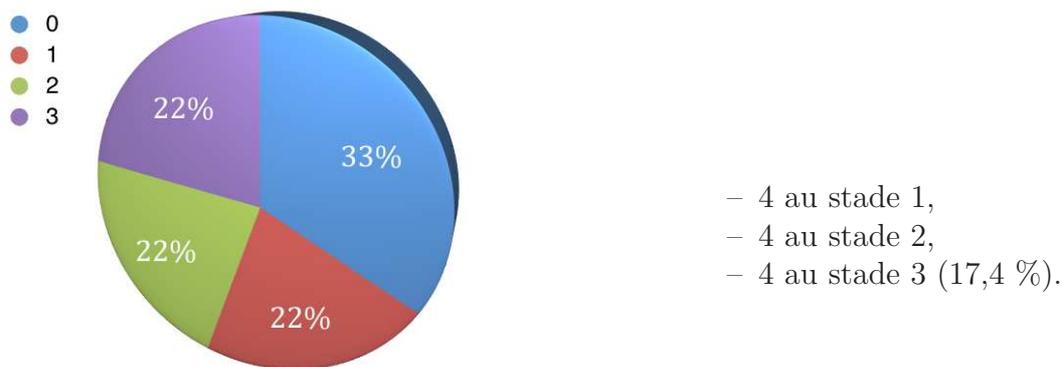
**Table 4.19** – *Différents types de cal vicieux*

7 ossifications hétérotopiques (31,8 %) de grade 1 ou 2 de Brooker ont été trouvées sur les radiographies, sans incidence clinique notable sur le niveau de mobilité. Enfin l'évolution vers l'arthrose selon la classification de Brödberg et Morrey est la suivante (voir la figure 4.18) :

#### 4.2.4.2.3 Résultats des prothèses totales de coude

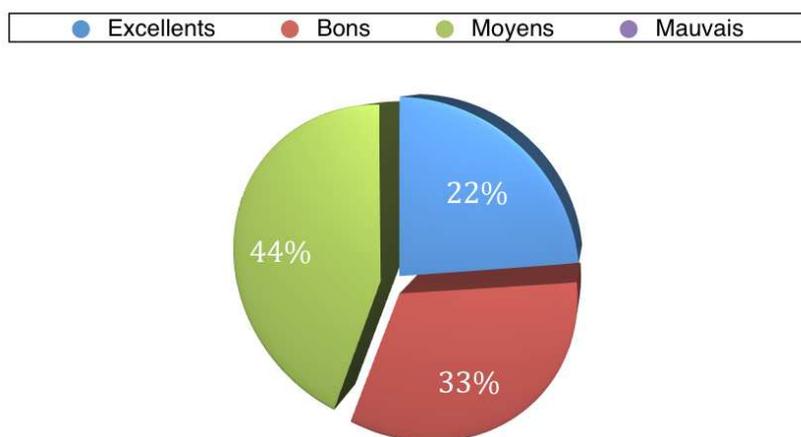
4 patients sont décédés. Un patient n'a pas pu se déplacer pour un problème médical (infarctus du myocarde). Les deux patientes ayant présenté une fracture périprothétique nécessitant un traitement n'ont pas été incluses dans les résultats (leurs résultats sont donnés en fin de chapitre). Les résultats concernent donc 9 patients. Le recul moyen est de 51,9 mois [21-86] dans ce groupe.

- *MEPS - Quick-DASH*



**Figure 4.18** – *Evaluation de l'arthrose selon la classification de Bröddberg-Morrey*

Le score MEPS est en moyenne de  $80 \pm 14,6$  et en médiane de 75 [65-100]. Il se répartit en 2 excellents résultats (100), 3 bons résultats (83,3) et 4 résultats moyens (67,5); aucun mauvais résultat n'est rencontré. La figure (4.19) et le tableau (4.20) résument ces données.



**Figure 4.19** – *Résultat du score MEPS dans le groupe des prothèses totales de coude*

Douleur / 45	$33,3 \pm 10$
Arc de mobilité / 20	$17,2 \pm 2,6$
Stabilité / 10	$8,9 \pm 3,3$
Capacité fonctionnelle / 25	$20,5 \pm 5,3$

**Table 4.20** – *Résultats moyens des composants du score MEPS.*

Le quick-DASH moyen est à  $31,2 \pm 15,1$  et la médiane est à 27,3 [20,45-63,63]. Il est évalué sur 7 patients. Il n'était pas réalisable chez deux patients porteurs de pathologies neurologiques évolués (MMS = 13).

- *Douleur*

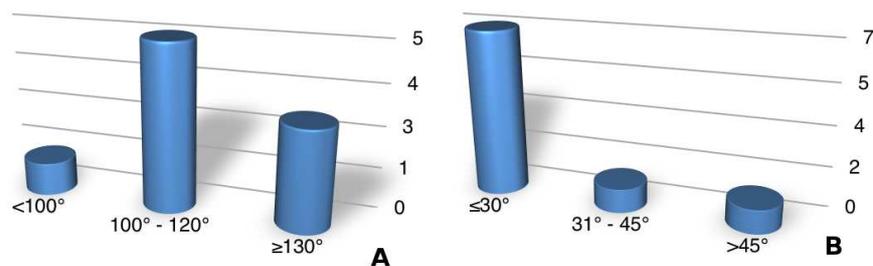
Le niveau de douleur évalué par l'EVA est de  $1,7 \pm 1,4$  et une médiane de 2 [0-4]. 3 patients sont totalement indemnes de douleur (33,3 %) et 4 présentent des douleurs minimales.

- *Stabilité*

Le coude est stable dans tous les cas sauf un. Le cas de laxité correspond en fait à un descellement huméral avec ballonnisation de l'humérus, permettant des mouvements dans l'axe frontal.

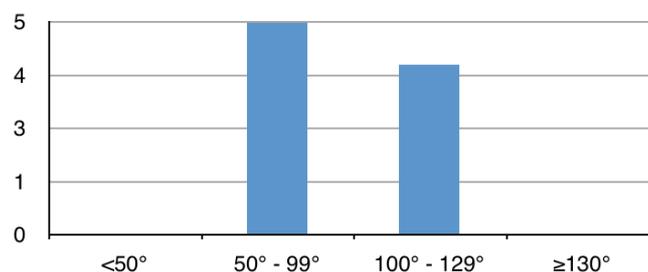
- *Mobilité et force*

La flexion moyenne est de  $121,1^\circ \pm 14,7$  et la médiane est à  $120^\circ$  [90-140]. 3 patients présentent une flexion supérieure ou égale à  $130^\circ$ ; elle est supérieure à  $100^\circ$  dans 8 cas (Fig. 4.20A). Le déficit d'extension moyen est de  $26,1^\circ \pm 13,4$  et médian de 25 [5-50] (Fig. 4.20B) : il est inférieur à  $30^\circ$  chez 7 patients soit 77,8 % des cas.



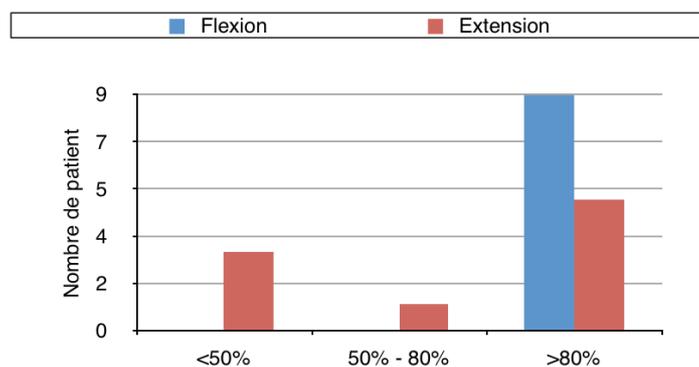
**Figure 4.20** – Répartition des patients selon les mobilités **A** : en flexion, **B** : en extension

L'arc de mobilité moyen est mesuré à  $95^\circ \pm 12$  et la médiane est à  $90^\circ$  [75-110] (Fig. 4.21). La pronation-supination est normale dans tous les cas.



**Figure 4.21** – Répartition des patients selon les mobilités en extension

La force de flexion est jugée normale (80-100 %) chez tous les patients. 6 patients présentent une force d'extension normale ou légèrement diminuée (66,7 %) alors que 3 patients présentent une diminution sévère (Fig. 4.22).



**Figure 4.22** – Répartition des forces de flexion et extension selon le test de la balance

- *Atteinte nerveuse*

Une atteinte du nerf ulnaire, sensitivo-motrice, présente au traumatisme n'a pas récupéré malgré la neurolyse ulnaire lors de l'intervention. Le compte-rendu opératoire relate, chez cette patiente, une contusion du nerf ulnaire avec la présence d'un hématome intra-neural sur un nerf continu. Malgré la neurolyse, la patiente garde une atteinte sensitivo-motrice du nerf ulnaire définitive.

- *Complication clinique*

Un hématome peu important a bénéficié de soins de glaçage et d'une surveillance. Il a régressé spontanément. Aucune autre complication clinique n'est à relever ce qui donne un taux de 6,25 %.

- *Résultats des 2 patientes avec fracture périprothétique*

Enfin, deux fractures sur prothèse humérale sont retrouvées (une H-II-2 et une H-III dans la classification de la Mayo Clinic) : une à 58 jours et l'autre à 602 jours post-opératoires. La première a bénéficié d'une reprise chirurgicale, l'autre d'une immobilisation (voir Fig. 4.23).

La première patiente présentait une fracture type H-III. Celle-ci est survenue dans les suites d'une chute de sa hauteur, 602 jours après l'implantation de sa prothèse. Le traitement, au vu du faible déplacement et de la tenue de l'implant, a été orthopédique par un Sarmiento huméral pendant 2 mois. Ces résultats sont satisfaisants avec l'absence de douleur et une mobilité correcte.

La deuxième patiente a présenté une fracture H-II-2 à 56 jours de sa première fracture. Il n'a pas été retrouvé de traumatisme (l'interrogatoire de cette patiente était difficile : MMS 8/30, Score de Katz a 2/6). Un changement de tige huméral a été réalisé suivi de 3 semaines



**Figure 4.23** – Radiographies standards d'une fracture humérale sur prothèse. Fracture H-II-2 dans la classification de la Mayo Clinic. Reprise chirurgicale par tige longue (8 inch) et cerclage

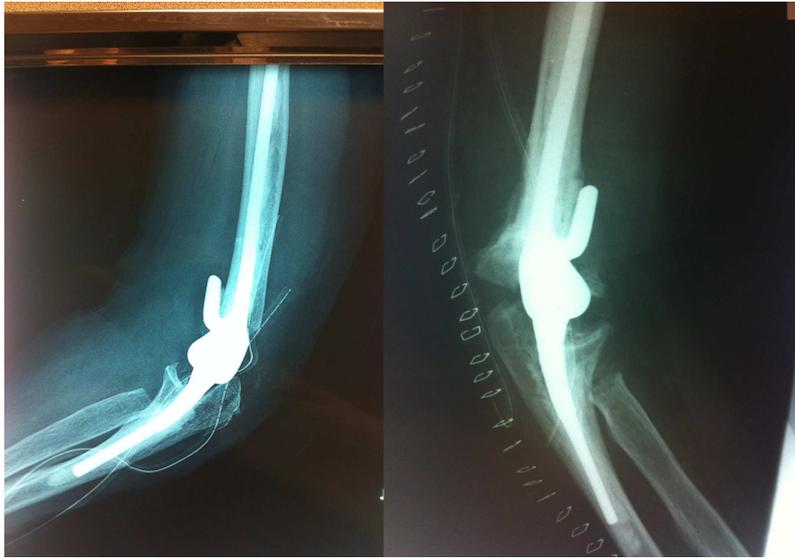
d'immobilisation dans un Dujarier. La patiente a été revue à 21 mois de sa fracture. Le MEPS est à 85 (bon résultat) : douleur modérée (30), arc de mobilité à  $110^\circ$  (20), un coude stable (10) et une capacité fonctionnelle totale (25). La flexion est à  $135^\circ$  et le déficit d'extension à  $15^\circ$ . La pronation-supination est normale. Aucune modification radiologique est notée.

- *Résultats radiologiques*

Le positionnement initial des implants ulnaires et huméraux est jugé normal sur la radiographie de face dans tous les cas. Sur le profil, une pièce humérale est implantée en recurvatum de  $5^\circ$  et une pièce ulnaire en recurvatum de  $5^\circ$  (voir Fig. 4.24).

Le scellement des implants paraît correct dans 7 cas : un scellement huméral et un scellement ulnaire sont jugés insuffisants. Sur les 7 greffons osseux antérieurs, deux ont totalement disparu, quatre sont correctement incorporés et un a migré.

Trois patients présentent une modification radiologique à la révision. Une patiente présente un liseré du composant ulnaire en zone C2 et C6 incomplet et non évolutif ( $<1$  mm). Deux



**Figure 4.24** – Radiographies : Malposition des implants  $> 5^\circ$  de récurvatum. La première radiographie pour l'implant huméral, l'autre pour l'implant ulnaire.

patientes présentent une migration de leur implant huméral. Le premier descellement huméral est retrouvé chez une patiente, sans antécédents, à 7 ans de recul. Le scellement et l'axe des implants étaient jugés normaux. La deuxième patiente est porteuse d'une polyarthrite rhumatoïde et présente un descellement (très) précoce à 15 mois de l'intervention. L'analyse radiographique permet de soulever un probable « impingement » entre la coronoïde et l'aileron antérieur ossifié. Ces deux descellements devront faire l'objet d'une révision d'implant huméral (Fig. 4.25).



**Figure 4.25** – Radiographies : Les deux premières radiographies mettent en évidence un descellement huméral complet avec une ballonnisation humérale antérieure. La troisième montre elle aussi un implant huméral en flexion avec fracture du ciment.

Aucune fracture d'implant, de désassemblage ou d'usure des paliers en polyéthylène n'est à déplorer.

Trois patients présentent des ossifications hétérotopiques de Brooker 1 ou 2 sans retentissement sur la fonction.

- *Récapitulatif*

Il existe donc 3 complications :

- 1 hématome spontanément régressif
- 2 descellements huméraux aseptiques dont un précoce

## 4.2.5 Analyse statistique

### 4.2.5.1 Série globale

#### 4.2.5.1.1 Selon le type de fracture

	A	B	C	<i>p</i>
Nombre de fractures	16 (26,2 %)	7 (11,5 %)	38 (62,3 %)	
Âge moyen (ans)	77,4 [65-100]	87 [65-87]	76,9 [65-98]	
Délai de prise en charge (jours)	1,88 [0-14]	3 [0-9]	1,55 [0-12]	
Traumatisme de faible énergie	14 (26,4 %)	6 (11,3 %)	33 (62,3 %)	1
Ostéoporose radiologique	9 (29,0 %)	4 (12,9 %)	18 (58,1 %)	NS 0,84
Atteinte neurologique présente au traumatisme	0	0	5 (100 %)	effectifs faibles
Atteinte neurologique post-opératoire	1	0	5	effectifs faibles
Ouverture cutanée	2 (16,7 %)	1 (8,3 %)	9 (75 %)	
Type de traitement	12 ORIF 2 PTC 1 ORTHO 1 FE 3 E	6 ORIF 1 ORTHO	21 ORIF 14 PTC 2 ORTHO 1 FE 5 E	NS 0,053 (pour ORIF vs PTC)
MEPS	1 B 1 M	1 E	11 B 7 M	
Présence d'une complication	5 (31,3 %)	3 (42,9 %)	14 (36,8 %)	NS 0,91
Reprise chirurgicale	3 (18,9 %)	1 (14 %)	6 (15,8 %)	
Cals vicieux extra-articulaires	3 (15,8 %)	0	2 (10,5 %)	
Cals vicieux articulaires	0	1 (5,3 %)	5 (26,3 %)	

**Table 4.21** – Répartition des différentes fractures selon les données épidémiologiques et cliniques

Il n'y a pas de corrélation entre la présence d'une complication et le type de fracture. Il en est de même en prenant à part chaque type de complications.

#### 4.2.5.1.2 Selon l'ostéoporose (voir tableau 4.22)

	Non ostéoporotique	Ostéoporotique	<i>p</i>
Durée d'intervention (minutes)	113,3 ± 41,2	88,2 ± 28,2	S 0,03
Durée d'immobilisation (jours)	34,3 ± 23	26,45 ± 15,6	NS 0,32

**Table 4.22** – Influence de l'ostéoporose sur le facteur temps

La survenue d'une complication n'est pas corrélée à la présence d'une ostéoporose radiologique ( $p=0,41$ ). En ne prenant en compte que les démontages de matériels ( $p=0,27$ ), les déplacements de fracture ( $p=0,40$ ), les conclusions restent identiques. Il n'y pas plus de reprise dans le groupe ostéoporotique ( $p=1$ )

La présence d'une ostéoporose est répartie de manière égale chez les patients présentant un cal vicieux, qu'il soit articulaire ou extra-articulaire.

#### 4.2.5.1.3 Comparaison du score de Katz initial et final

Le score de Katz ne s'est pas modifié entre la date de la fracture et la date de révision ( $p=0,09$ ).

#### 4.2.5.1.4 Influence de la voie d'abord

Les effectifs des différentes voies d'abord sont trop faibles pour réaliser une étude statistique.

	TO	BM	Gs	L	M+L
Nombre	4	7	16	1	1
Atteinte neurologique post-opératoire	0	1	5	0	0
Atteinte neurologique persistante	0	0	2	0	0
Force flexion normale (en %)	100	85,7	93,8	100	100
Force extension normale (en %)	25	85,7	68,8	100	0
MEPS	73,8	84,3	80,6	95	85

**Table 4.23** – Influence de la voie d'abord et du nerf ulnaire

Une neurolyse ou une transposition du nerf ulnaire a été réalisée dans 38 cas sur 45. Il n'y a aucun cas de lésion du nerf ulnaire en post-opératoire dans le groupe où le nerf a été ignoré contre 6 dans le groupe neurolyse. Cependant, le test statistique ne montre pas de corrélation positive ( $p=0,57$ ) entre l'attitude vis à vis du nerf ulnaire et la survenue d'un déficit post-opératoire.

#### 4.2.5.1.5 Influence du temps opératoire et du délai de prise en charge

La survenue de complication n'est pas statistiquement corrélée à la durée de l'intervention ( $p=0,27$ ) ou au délai de prise en charge ( $p=0,13$ ).

Le résultat du groupe MEPS n'est pas non plus corrélé ( $p=0,71$  et  $p=0,64$ ).

#### 4.2.5.1.6 Résultat du MEPS

La durée opératoire ( $p=0,71$ ), le délai de prise en charge ( $p=0,64$ ) ne sont pas statistiquement corrélés au résultat final du MEPS.

La survenue d'une complication n'influence pas significativement le résultat final du MEPS ( $p=0,14$ ).

Groupe MEPS	Excellents	Bons	Moyens
Nombre	9	14	8
Complications	4	4	0

**Table 4.24** – *Présence de complications dans les différents groupes du MEPS*

#### 4.2.5.1.7 Prise d'AINS et ossifications hétérotopiques

	0	Ossifications
0	15	7
Prise d'AINS	6	3

**Table 4.25** – *Prise d'AINS et survenue d'une ossification hétérotopique (0=absence)*

La prise d'AINS en post-opératoire immédiat n'est pas statistiquement corrélée avec l'absence de survenue d'une ossification hétérotopique ( $p=1$ ).

#### 4.2.5.1.8 Comparaison des résultats du MEPS des patients repris chirurgicalement avec les patients non repris

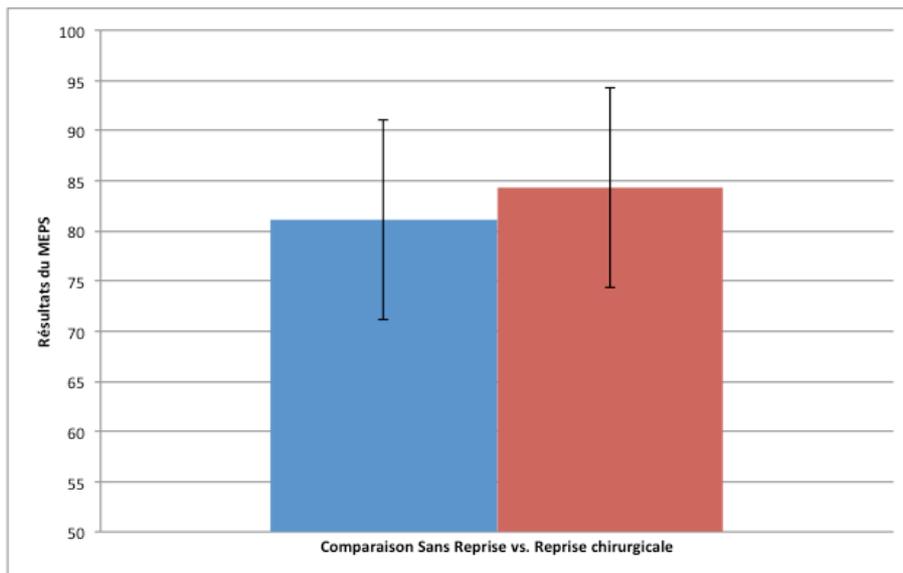


Figure 4.26 – MEPS des patients repris (rouge) et des patients non repris (bleu) (voir Tab. 4.26)

	Groupe 0	Groupe Reprise	<i>p</i>
MEPS moyen	81,1 ± 12,2	84,3 ± 16,1	0,46

Table 4.26 – Corrélation reprise et résultat du MEPS

#### 4.2.5.2 Analyse de la série ostéosynthèse

- Influence du type de fracture (faiblesse des effectifs)

	A	B	C
Trans-olécranienne	0	0	5
Bryan-Morrey	5	1	3
Gschwend	4	1	12
Médiale	1	0	0
Latérale	0	3	0
Médiale	1	2,8 %	0

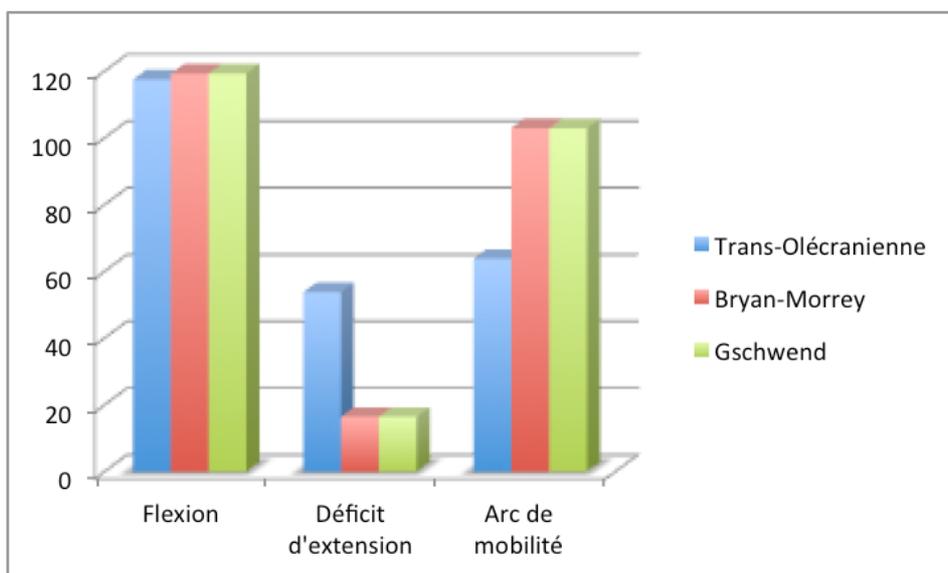
Table 4.27 – Répartition des voies d'abord selon le type de fracture

- Résultats selon le choix de la voie d'abord postérieure (Tableau 4.28 et Fig. 4.27).

L'effectif est trop faible pour réaliser des tests statistiques.

	TO	BM	Gschwend
Flexion (°)	117,5 ± 9,6	119,4 ± 5,6	121,9 ± 15,1
Déficit d'extension (°)	53,75 ± 30,9	15,63 ± 11,2	27,5 ± 20,53
Arc de mobilité (°)	63,8 ± 39	103,8 ± 10,9	96,9 ± 24,9
Force de flexion normale (en %)	100	85,7	85,7
Force d'extension normale (en %)	25	85,7	85,7
MEPS	73,8	84,3	81,3

**Table 4.28** – *Choix de la voie d'abord postérieure*



**Figure 4.27** – *Illustration du tableau 4.28*

- *Influence du verrouillage*

Système	Classique	Verrouillé	<i>p</i>
Nombre	28	11	
Démontage	5	4	0,23
Pseudarthrose	1	1	
MEPS	83,1 ± 11	77,5 ± 11,8	0,42

**Table 4.29** – *Influence du verrouillage*

La réalisation de test statistique n'a pas toujours été possible car les effectifs des complications sont trop petits.

A partir de cette analyse avec les critères testés, il n'y a donc pas de différence significative entre les deux groupes.

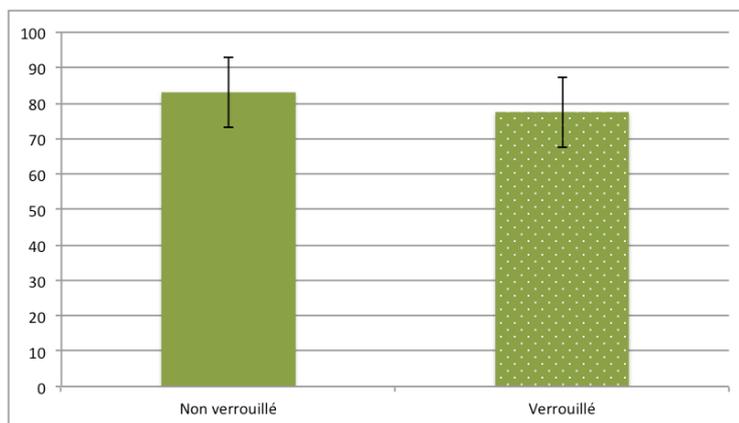


Figure 4.28 – Comparaison des systèmes de fixation selon le MEPS (voir Tab. 4.29)

● Plaques parallèles ou orthogonales ?

Plaques	Parallèles	Orthogonales	<i>p</i>
Nombre	6	20	
Type de fracture	3A/3C	5A/15C	0,33
MEPS	85 ± 9,35	77 ± 14,4	0,31
Taux de complications générales (%)	16,7	55	0,16
Déplacement fracture	0	(4) 20 %	0,54
Démontage matériel	0	(6) 30 %	0,28
Pseudarthrose	0	(1) 5 %	
Reprise	0	(5) 25 %	

Table 4.30 – Résultats pour les plaques parallèles et perpendiculaires

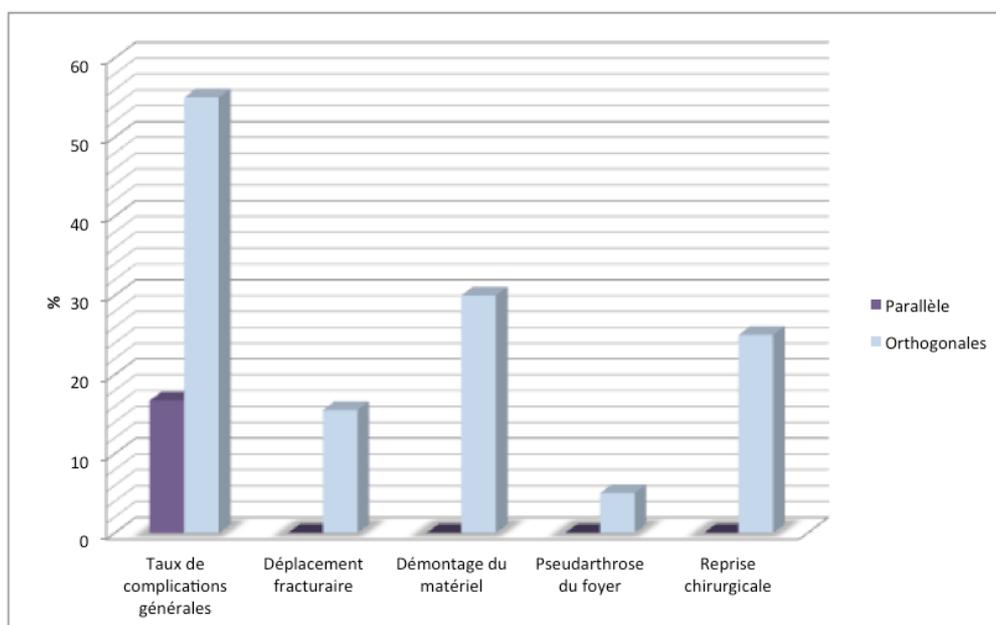


Figure 4.29 – Illustration des résultats du tableau (4.30)

- *Facteurs influençant les résultats du MEPS*

Les résultats du score final du MEPS ne sont pas statistiquement corrélés avec l'âge au moment de la fracture ( $p=0,2$ ), avec le délai de prise en charge ( $p=0,6$ ), avec le score ASA initial ( $p=0,6$ ), avec le score de Katz ( $p=0,3$ ), avec la durée de l'intervention ( $p=0,9$ ) et de l'immobilisation ( $p=0,1$ ).

	A	B	C	$p$
MEPS moyen	$87 \pm 13$	$86,7 \pm 7,6$	$78,6 \pm 11,7$	0,2

**Table 4.31** – *Influence du type de fracture sur le résultat du MEPS*

MEPS MOYEN	Non	Oui	$p$
Ostéoporose radiologique	$85 \pm 13,1$	$78,6 \pm 10,7$	0,14
ATCD fracture ostéoporotique	$83,8 \pm 12,3$	$75 \pm 9,3$	0,12

**Table 4.32** – *Influence du critère ostéoporose sur le résultat du MEPS*

L'analyse du MEPS par rapport aux complications cliniques et radiologiques n'est pas possible au vu de la faiblesse de la fréquence de survenue par rapport à l'effectif total.

	CV extra-articulaire	CV articulaire	Aucun CV
MEPS moyen	$81 \pm 13,4$	$83,3 \pm 14,4$	$83,1 \pm 10,3$

**Table 4.33** – *Résultats du MEPS pour les cal vicieux (CV)*

Brödberg-Morrey	0	1	2	3
MEPS moyen	$82,5 \pm 7,6$	$87,5 \pm 15$	$83,8 \pm 16,5$	$77,5 \pm 14,4$

**Table 4.34** – *Résultats du MEPS selon le niveau d'arthrose et la présence du cal vicieux (CV)*

- *Facteurs influençant les résultats du Quick-DASH*

L'âge au moment de la fracture est directement corrélé au résultat du quick-DASH ( $p=0,003$ ) avec un coefficient de corrélation de 72,2 %. Il en va de même pour le MEPS avec une valeur  $p=0,003$

Tous les autres critères testés avec le quick-DASH ne présentent pas de corrélation significative.

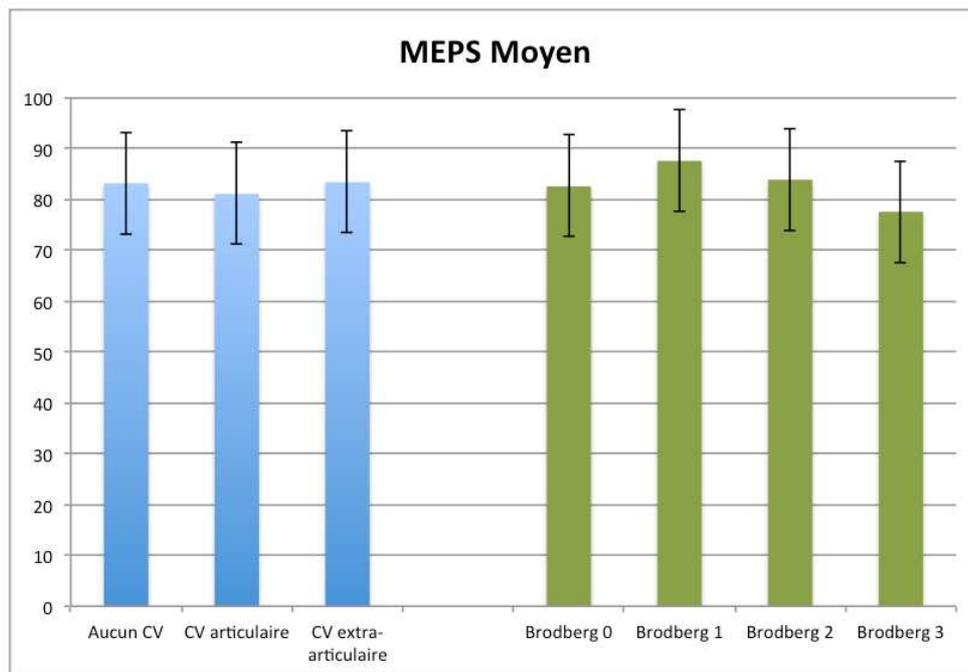


Figure 4.30 – MEPS moyen selon la présence d'un cal vicieux et selon l'évolution arthrosique

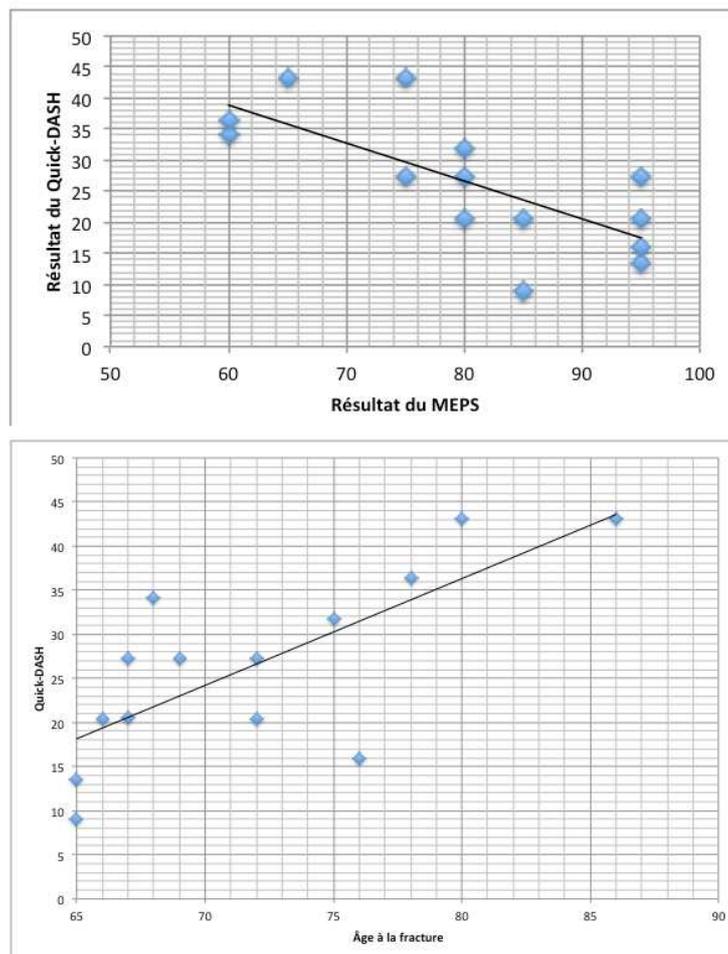


Figure 4.31 – Corrélation entre l'âge, le MEPS et le Quick-DASH

- *Facteurs d'évolution vers l'arthrose*

Les tests statistiques ne peuvent pas être réalisés car les effectifs sont trop faibles.

	A	B	C
Brödberg-Morrey 0	1 (20 %)	0	5 (45,4 %)
Brödberg-Morrey 1	3 (60 %)	0	1 (9,1 %)
Brödberg-Morrey 2	1 (20 %)	2 (100 %)	1 (9,1 %)
Brödberg-Morrey 3	0	0	4 (36,4 %)

**Table 4.35** – *Effet du type de fracture sur l'évolution arthrosique*

BRÖDBERG-MORREY	0	1	2	3
Cal vicieux articulaire	0	1	1	4
Cal vicieux extra-articulaire	2	3	0	0
Cal vicieux frontal	1	3	1	3
Cal vicieux sagittal	1	1	0	3

**Table 4.36** – *Présence d'un cal vicieux et évolution arthrosique*

#### 4.2.5.3 Série des prothèses de Coonrad-Morrey

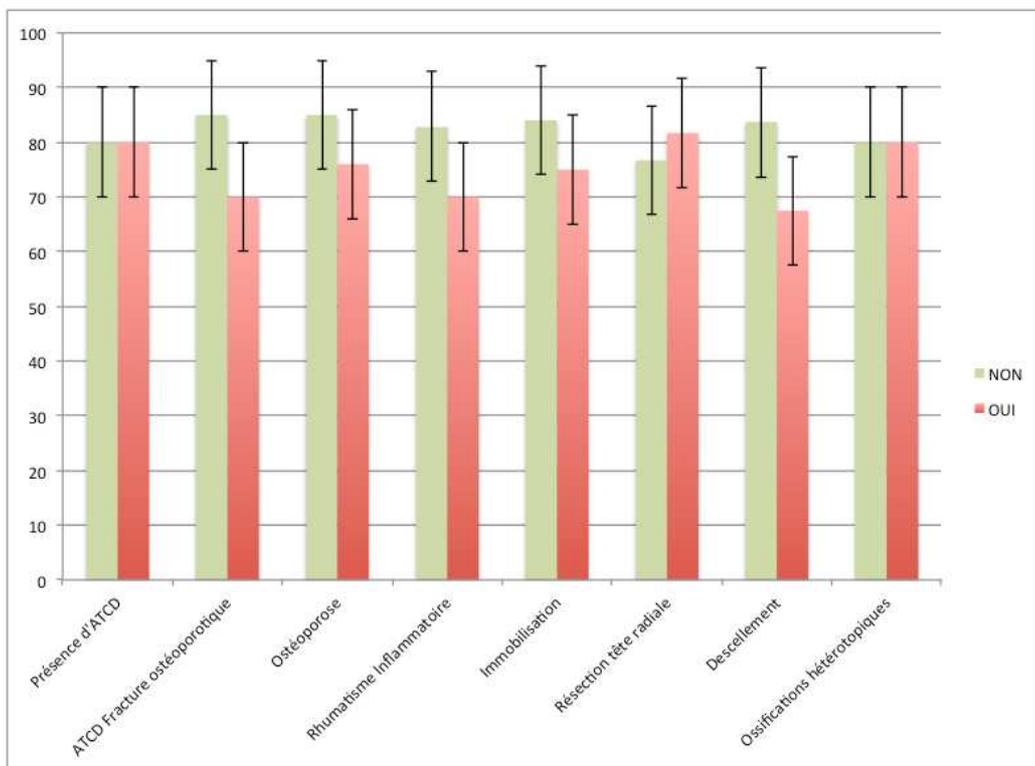
Les résultats sont étudiés sur 9 prothèses ce qui ne permet pas la création de sous-groupe pour l'étude statistique. Les comparaisons sont donc purement descriptives.

- *Résultat du score MEPS et quick-DASH*

Le score MEPS n'est significativement pas corrélé à l'âge de la fracture ( $p=0,9$ ), au délai de prise en charge ( $p=0,3$ ), au score ASA ( $p=0,8$ ) ainsi qu'à la durée d'intervention ( $p=0,6$ ).

	Ostéoporose radiologique		Immobilisation		Descellement	
	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
MEPS (moyen)	5 ± 17,3	76 ± 12,5	84 ± 12,9	75 ± 16,8	83,6 ± 14,6	67,5 ± 3,5
Quick-DASH (moyen)	26,5 ± 6,9	34,7 ± 19,6	25,9 ± 5,7	44,32 ± 27,3	25,9 ± 5,7	44,32 ± 27,3

**Table 4.37** – *Influence de différents critères sur le MEPS et le Quick-DASH*



**Figure 4.32** – Variations du score MEPS selon différents critères

## 4.2.6 Comparaison groupe ostéosynthèse / groupe prothèse

La série rétrospective permet de comparer 29 ostéosynthèses contre 16 arthroplasties.

	Ostéosynthèse	Prothèse	<i>p</i>
Nombre de coudes	39	16	
Âge (ans)	74,7	82,2	S (0,001)
Recul moyen (mois)	55,8	51,9	NS (0,84)
Score de Katz moyen	5,6	5,1	NS (0,07)
Taux de patient vivant à leur domicile	100 %	91 %	NS (1)
ASA	2 [2-2]	2 [2-3]	S (0,05)
Patients avec antécédents	17/39	12/16	S (0,04)
Ostéoporose radiologique	19/39	9/16	NS (0,51)
Traumatisme basse énergie	24/29	10 /11	NS (0,66)
Type de fracture	12A/6B/21C	2A/14C	NS (0,53)
Délai de prise en charge (jours)	1,92	1,19	NS (0,99)
Durée d'hospitalisation (jours)	8,5	12,9	NS (0,85)
Durée d'intervention (minutes)	109,6	86,2	S (0,03)
Immobilisation post-opératoire	27/29	6/11	S (0,0006)
Durée d'immobilisation (jours)	37,1	12,2	S (0,003)
MEPS moyen	81	80	NS (0,74)
	<i>7 excellents</i>	<i>2 excellents</i>	NS (0,36)
	<i>11 bons</i>	<i>3 bons</i>	
	<i>4 moyens</i>	<i>4 moyens</i>	
Quick-DASH moyen	26,5	31,8	NS (0,65)
EVA moyenne	1,9	1,7	NS (0,87)
Flexion moyenne (°)	119,1	121,1	NS (0,44)
Déficit d'extension moyen (°)	28,7	26,1	NS (0,91)
Arc de mobilité moyen (°)	91,3	95	NA (1)
Pronation-supination normale	90 %	100 %	NS (1)
Force de flexion normale	90 %	100 %	NS (1)
Force d'extension normale	71 %	55,6 %	NS (0,43)
Complications majeures	13 patients	2 patients	NS (0,1)
Détails	<i>4 Neuro (3U-1R)</i>	<i>1 hématome</i>	
	<i>1 désunion cut</i>	<i>2 descellements</i>	
	<i>6 déplacements fracture</i>		
	<i>7 démontages matériel</i>		
	<i>2 SDRC I</i>		
	<i>pseud olécrane</i>		
	<i>2 pseud fracture</i>		
Taux de reprise chirurgicale pour complication	21,4 %	0 % (22,2 %)	NS (0,3)

**Table 4.38** – Résultats comparés des ostéosynthèses et des arthroplasties. Le taux de reprise des arthroplasties est donné entre parenthèses car les rescellements sont programmés mais pas encore réalisés

## 4.3 Discussion

### 4.3.1 A propos des résultats de la série globale

#### 4.3.1.1 Épidémiologie

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus représentent 1 à 2 %<sup>30</sup> de l'ensemble des fractures de l'adulte. L'incidence de ces fractures dans une population de femme de plus de 60 ans est reportée à 25/100 000 par an<sup>6</sup>.

Dans un centre de traumatologie référent comme le CHRU de Lille, nous ne prenons en charge que 5 à 6 fractures de l'extrémité distale de l'humérus par an dans une population âgée. La répartition de ces fractures est bimodale avec un pic chez le jeune homme entre 12 et 19 ans et un deuxième pic chez la femme âgée de plus de 80 ans<sup>84</sup>. C'est cette tranche de la population qui nous intéresse ici. Les données épidémiologiques de notre série rejoignent celles de la littérature. En effet, l'étude multicentrique réalisée par la Société d'Orthopédie et de Traumatologie de l'Ouest (S.O.O.) en 2007 trouve un âge moyen de 80 ans et une nette prédominance féminine (80%)<sup>23</sup>.

Les patients de cette étude présentent un bon niveau d'autonomie. 93 % d'entre eux vivent à leur domicile et le score de Katz montre que 54 % ont un niveau d'autonomie complet.

#### 4.3.1.2 Notion sur l'ostéoporose

Palvanen *et al.* dans une étude<sup>93</sup> sur le mécanisme de survenue des fractures ostéoporotiques retrouvent un taux très élevé (97 %) de simple chute. Nos résultats relatent un taux de 87 %. Cependant la population étudiée dans notre cas n'est pas entièrement ostéoporotique. En effet, seulement 25 % d'entre eux ont déjà présenté une fracture rentrant dans le cadre des fractures ostéoporotiques. L'analyse « subjective » des radiographies donne un taux un peu plus élevé à 52 % de patients présentant probablement une maladie ostéoporotique.

Nous percevons bien par ces chiffres importants le problème que représente l'ostéoporose. L'ostéoporose est vraiment devenue une « épidémie silencieuse », croissante et représentant environ 150 000 fractures en France en 2007<sup>183</sup>. Une femme sur deux et un homme sur cinq de plus de 50 ans auront une fracture liée à l'ostéoporose au cours de leur vie. Concernant spécifiquement les fractures de l'extrémité distale de l'humérus, leurs taux auront triplé en

2030<sup>6</sup>. Cette évolution s'inscrit dans le cadre global de progression des fractures du sujet âgé<sup>184</sup>. Le coût des fractures ostéoporotiques dans la zone euro représentera 76 milliards d'euros en 2050. Il s'agit donc d'un véritable enjeu de santé publique et le chirurgien orthopédique a un rôle réel à jouer.

Le meilleur signe prédictif de faire une fracture ostéoporotique est le fait d'en avoir déjà présentée une<sup>183</sup>. Le chirurgien est donc en première ligne pour la prévention des fractures. Je pense que son rôle est double :

- celui d'identifier et d'évaluer les fractures dites de fragilité
- celui de référer le patient dans un circuit de soins adapté, à défaut de le prendre en charge directement.

#### **4.3.1.3 Type de fractures**

Les fractures de type C, les plus complexes à traiter, restent majoritaires et représentent 62 % de notre effectif. D'ailleurs 60 % des patients ostéoporotiques présentent une fracture de type C. Ces données concordent avec la littérature<sup>23</sup>. Cependant, il y a un biais de sélection important : nous n'avons retenu dans cette étude que les fractures complexes de l'humérus. Les fractures considérées « simples » comme les avulsions : A1, B1-1, B2-1 et les fractures supracondylienne « simples », A2-1 et A2-2, n'ont pas été incluses dans l'étude. De plus, dans de nombreuses séries, les fractures supracondyliennes ne sont pas incluses et traitées orthopédiquement<sup>185</sup>.

Robinson *et al.*<sup>85</sup> retrouvent, étonnamment, dans leur série de 320 fractures, tout âge confondu, une prédominance de fractures de type A (39 %) et de sous-type A2-3. Je me permets tout de même de minimiser l'impact du biais de sélection de notre étude par l'âge moyen des fractures avulsions qui est de 25 ans. La population touchée est donc bien plus jeune que notre population étudiée.

#### **4.3.1.4 Lésions associées pouvant influencer les résultats**

##### **4.3.1.4.1 Fractures ouvertes**

En utilisant la classification de Gustilo et Anderson, 12 fractures sont ouvertes. Les lésions cutanées sont le plus souvent punctiformes (type 1) (75 %). On retrouve une notion de

fracture ouverte principalement dans les fractures les plus complexes de type C (75 % des ouvertures cutanées). Il est surprenant de noter que la cause principale d'ouverture cutanée est représentée par les chutes simples. Les traumatismes à haute énergie ne représentent que 25 % des ouvertures. Ce fait clinique est reporté dans une étude épidémiologique<sup>85</sup> et nous le vérifions ici.

#### 4.3.1.4.2 Lésions nerveuses

L'incidence des lésions nerveuses est difficile à juger dans la littérature internationale. Les modes de calcul, bien souvent, ne différencient pas les lésions persistantes de celles qui ont régressé. De plus, le moment de survenue du déficit n'est généralement pas précisé. La prévalence moyenne des lésions nerveuses dans les fractures de l'extrémité distale de l'humérus peut être évaluée en compilant les résultats de nombreux articles<sup>85</sup>. Elle s'approche de 12,3 % [0-50,9 %] de lésions transitoires et de 5,4 % [0-15 %] de lésions permanentes. Notre série présente des prévalences comparables : 8,2 % pré-opératoire, 12,3 % de nouvelles lésions en post-opératoire immédiate soit une incidence globale de 17,5 %. La prévalence de lésions permanentes est un peu plus élevée que celle dans la littérature avec un taux de 8,2 % (additionnant les découvertes post-traumatiques et post-opératoires).

Plusieurs points intéressants méritent d'être commentés. Les lésions nerveuses persistantes (quatre lésions ulnaires et une radiale) ont été trouvées pour quatre d'entre elles lors du traumatisme initial. La dernière est apparue en post-opératoire. Le faible nombre de cas ne permet malheureusement pas de tirer des conclusions statistiques. Mais je pense que les lésions persistantes sont le résultat de véritable lésion du nerf lors du traumatisme : axonotmésis ou neurotmésis. Les lésions pré-opératoires du nerf ulnaire doivent peut être faire l'objet d'une inspection systématique. Un hématome intra-neural avait d'ailleurs été trouvé chez une des patientes. Les lésions survenues en post-opératoire immédiat récupèrent plus facilement. Elles sont probablement plus liées à la compression par le garrot pneumatique, la manipulation et la dévascularisation lors de la neurolyse ou lors de la transposition antérieure et correspondent à des cas de neurapraxie. Wiggers *et al.*<sup>160</sup> montre que le seul facteur pronostique d'apparition d'une lésion ulnaire est une fracture intéressant les colonnes. Nous vérifions cette donnée, même sans caractère significatif, avec une atteinte columnaire constante dans les lésions nerveuses.

Le deuxième point intéressant est le taux d'atteinte radiale lors du traumatisme. Aucune

donnée n'est disponible sur l'incidence des lésions du nerf radial lors du traumatisme. La littérature relate surtout les taux importants de lésions ulnaires. L'atteinte radiale au traumatisme est de 4,9 % dans notre série, supérieure à celle du nerf ulnaire. Le nerf radial, dans son trajet au bras, n'est plus séparé du corps de l'humérus par les fibres du chef médial du triceps et du muscle brachial à partir du tiers distal de l'humérus. Il devient donc vulnérable lors des traumatismes intéressant cette partie de l'humérus<sup>186</sup>. Ces lésions ont régressé spontanément dans 80 % des cas.

#### **4.3.1.5 Délai de prise en charge**

Le délai de prise en charge est le délai entre l'arrivée au SAU et le traitement. Ce délai est chiffré à 1,8 jours en moyenne [0-14] avec 80 % des patients traités sous 48 heures. En reprenant les données de 14 articles<sup>2;4;5;11;12;13;14;15;18;187;188;189;190;191;192;193;194;195</sup> mélangeant les prothèses et les synthèses, la durée moyenne est de 6,3 jours [1-11,4] avant traitement. Nos délais de prise en charge font donc partie des délais les plus bas.

Dans notre série, le délai n'influe en rien les résultats finaux mais nous sommes en droit de penser qu'un délai court permet de limiter les douleurs du patient et devient en conséquence un critère de satisfaction de la prise en charge.

#### **4.3.1.6 Quel est donc le patient type ?**

Le patient type est une femme âgée entre 75 et 80 ans, autonome, avec un état général conservé. Elle est atteinte d'ostéoporose et dans les suites d'une chute de sa hauteur, elle présente une fracture fermée sus et intercondylienne, plus ou moins comminutive, de l'extrémité distale de l'humérus.

Cette étude rentre dans le cadre de la traumatologie du sujet âgé et c'est dans ce contexte que nous allons pouvoir discuter l'option thérapeutique entre l'ostéosynthèse et l'arthroplastie.

### **4.3.2 A propos du traitement orthopédique**

Les traitements non chirurgicaux concernent dans notre série un très faible nombre de patient. Le type de fracture et les résultats de nos deux patients sont totalement opposés. Aucune ligne de conduite ne peut donc en être tirée. Cependant la littérature (à présent an-

cienne) nous permet d'évaluer les résultats du traitement orthopédique. Les résultats de ces traitements sont décevants allant de 18 % de patients satisfaits pour Zagorski *et al.*<sup>196</sup> jusqu'à 68 % pour Riseborough et Radin<sup>8</sup>, notamment dans les fractures supra-condyliennes. Le traitement orthopédique donne des résultats constamment médiocre<sup>96</sup> dans les fractures sus et intercondylienne. Il faut y ajouter l'inconfort de l'immobilisation parfois longue (six à douze semaines). Cependant, compte tenu du vieillissement de la population, il est important de conserver ce traitement en mémoire et de ne pas le considérer comme un abandon thérapeutique<sup>23</sup>. Il peut paraître licite de proposer un traitement orthopédique chez des patients très âgés avec des contre-indications anesthésiques dont les besoins fonctionnels sont limités.

### **4.3.3 Que pouvons nous attendre des ostéosynthèses ?**

Dans la littérature, les articles concernant les ostéosynthèses sont nombreux mais ils présentent des résultats sur des séries de patients très hétérogènes. Il est donc difficile de faire des comparaisons entre les articles. Cependant, il existe maintenant quelques séries s'intéressant spécifiquement à la traumatologie du sujet âgé (tableau 4.39). L'âge moyen, de notre série de 39 patients, est de 74 ans, comparable à celui des autres séries.

SERIES	John <i>et al.</i> <sup>197</sup> (1994)	Pereles <i>et al.</i> <sup>198</sup> (1997)	Imatani <i>et al.</i> <sup>199</sup> (2005)	Srinivasan <i>et al.</i> <sup>3</sup> (2005)	Korner <i>et al.</i> <sup>4</sup> (2005)	Proust <i>et al.</i> <sup>12</sup> (2007)	Symposium S.O.O <sup>23</sup> (2007)	Huang <i>et al.</i> <sup>200</sup> (2011)	Ducrot <i>et al.</i> <sup>15</sup> (2012)
Nombre de patients	39	18	17	21	45	34	155	23	43
Système d'ostéosynthèse	Variable		2 plaques	2 plaques	2 plaques	Variable	Variable	2 plaques	Plaque LCP
Age moyen (années)	80	71	78	85	73	77,6	77	78,1	80
Délai moyen traumatisme chirurgical	1				1,5		1,2	>5	
Recul (mois)		39	30	42,2	87	35	33,6	51	30
% de type C	57,1	72	29,4	20	64,4	100		100	
MEPS		89			83	73,3	77	83	85
Patients douloureux	13/39	5/18	4/17			21/34	88/155		
Flexion moyenne (°)			126,2			116	117	112	107
Extension moyenne (°)			20	23,5		38	26	20	23
Arc de mobilité moyen (°)		112		99		80		92	103
Taux de complications		22 %	5,9 %		29 %	56 %	25 %	21,4 %	33 %
Complications	1I, 3DM, 3P, 6N	11OH	1P		N, I, DM	3I, 4N, 4CV, 10P, 1DM, 6OH		1DM, 1R, 1OH, 2A	4I, 9N, 2P, 5OH

**Table 4.39** – Comparaison des séries de patients âgés présentant une fracture complexe de l'extrémité distale de l'humérus traitée par ostéosynthèse.  
*I* : Infection, *N* : atteinte Neurologique, *P* : Pseudarthrose,  
*OH* : Ossification Hétérotopique, *DM* : Défaillance du Matériel, *CV* : Cal Vicieux,  
*A* : dégradation Arthrosique, *R* : Raideur

#### 4.3.3.1 Les résultats

Dans notre série de patients très âgés, les résultats par le score de MEPS sont bons ou excellents dans 75 % des cas avec un MEPS moyen à 81 points. Si l'on compare nos résultats avec les séries déjà publiées et s'intéressant spécialement à la traumatologie du sujet âgé, les résultats apparaissent assez comparable. Les résultats du MEPS oscillent entre 73,3 points pour Proust *et al.*<sup>12</sup> à 89 points pour Pereles *et al.*<sup>198</sup> sur une population légèrement plus jeune (71 ans).

#### 4.3.3.2 A propos du choix de la voie d'abord

Notre série est assez hétérogène quant au choix de la voie d'abord. Les voies de Gschwend, de Bryan-Morrey et l'ostéotomie olécrânienne ont été utilisées préférentiellement. Aucun facteur clinique n'influence le choix de la voie d'abord (non significatif). La voie préférentielle dans la littérature est l'ostéotomie olécrânienne. Le taux de complications de type pseudarthrose de l'olécrane est reporté entre 5 % (pour une ostéotomie en chevron)<sup>201</sup> jusqu'à 30 % (pour une ostéotomie transverse)<sup>126</sup>. Le taux usuel reporté de pseudarthrose est de 14 %. Les résultats de cette voie d'abord dans notre série confirme le risque élevé de pseudarthrose avec un taux de 40 %. Les patients opérés par cette voie gardent en moyenne un déficit d'extension de 53° et une force d'extension normale dans seulement 25 % des cas. Le score du MEPS est de 74 points, nettement inférieur à la moyenne de 81 points des autres voies d'abord. Nous ne recommandons donc pas cette voie pour le traitement des fractures de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé car, entre nos mains elle ne donne pas de bons résultats et présente un inconvénient majeur. La réalisation d'une voie transolécrânienne pose un problème non négligeable dans le cas où il est décidé, à partir de constatations pré-opératoires, de changer d'indication et de mettre en place une prothèse totale du coude. L'ostéosynthèse de l'olécrane devient difficile et la tenue de l'implant ulnaire est probablement diminuée. Néanmoins, nous nous devons de faire notre autocritique : les ostéotomies étaient transversales dans l'ensemble des cas et l'ostéosynthèse finale de l'olécrane se faisait soit à l'aide d'un brochage-haubanage, soit à l'aide d'une longue vis métaphysaire.

Schmidt-Horlohé *et al.*<sup>124</sup> dans une étude récente, rappelle les règles de réalisation de la voie trans-olécrânienne et propose l'utilisation d'une plaque pour fixer l'ostéotomie. Ses résultats

sont comparables à ceux des autres études utilisant des plaques : entre 0 et 6,5 %<sup>107;202</sup>. Il faut donc probablement privilégier un montage par plaque si le choix de la voie d'abord est une ostéotomie trans-olécranienne

#### 4.3.3.3 Quel matériel choisir ?

L'intérêt d'un matériel d'ostéosynthèse verrouillé est à présent bien démontré pour des localisations comme les fractures de l'extrémité distale du fémur<sup>203</sup>, du radius<sup>204</sup> ou l'extrémité proximale du tibia<sup>205</sup>. Ce constat n'est pas le même pour l'extrémité distale de l'humérus. Notre série permet la comparaison de 11 systèmes à verrouillage et de 28 plaques classiques. Nous ne trouvons pas de différence significative entre les deux groupes pour les démontages et pour le résultat selon le score MEPS. Une étude biomécanique<sup>143</sup> et une étude clinique<sup>151</sup> vont dans le même sens. Elles ne montrent aucune supériorité du montage verrouillé dans ce type de fracture.

Le « gold standard » pour l'ostéosynthèse des fractures distales de l'humérus est la mise en place de deux plaques suffisamment rigides pour résister aux contraintes antéropostérieures, médiolatérales et rotatoires s'exerçant sur l'humérus. La controverse reste entière sur la position de ces deux plaques : orthogonales comme le recommande l'AO<sup>206</sup> ou parallèles selon les préceptes d'O'Driscoll<sup>9</sup>. Huit études biomécaniques ont comparées le positionnement orthogonal et parallèle. Six d'entre elles<sup>141;140;142;143;144;145</sup> concluent à une stabilité supérieure des plaques parallèles. Shin *et al.*<sup>148</sup>, dans une étude clinique prospective et randomisée avec une moyenne d'âge de 52,5 ans, ne trouve pas de différence significative sur les résultats finaux. Par contre, il existe deux cas de pseudarthrose avec défaillance du matériel (taux de 11,7 %) dans le groupe « orthogonal », contre aucune défaillance dans le groupe parallèle. Nous avons des conclusions comparables sur une population exclusivement âgée. Il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes, mais le nombre de complications dans le groupe « orthogonal » est bien supérieur à celui dans le groupe « parallèle ». Nous déplorons six démontages de matériel compliqués quatre fois par un déplacement de la fracture et une pseudarthrose. Nous ne relevons aucune complication de ce type dans le groupe « plaques parallèles ». Il n'existe pas de différence du taux de lésions nerveuses postopératoires dans les deux groupes. Néanmoins, il paraît judicieux de transposer systématiquement le nerf ulnaire

vers l'avant s'il est décidée l'utilisation d'un matériel parallèle. L'étude de Stoffel *et al.*<sup>144</sup>, malgré son caractère seulement biomécanique, reste intéressante car elle compare les plaques en situation d'ostéoporose et démontre une nette supériorité des plaques parallèles lorsque l'os est de moindre qualité. De nombreux auteurs recommandent, à présent, la réalisation d'un montage parallèle chez les personnes âgés<sup>144;148;149;161;207;208</sup> et au vu de nos résultats, nous préconisons aussi cette technique.

#### 4.3.3.4 A propos des complications

Nous reportons un taux très important de complications dans notre série. Ces complications surviennent après un ostéosynthèse à deux plaques mais aussi dans les cas de synthèses précaires (une plaque, brochage simple). Il est de 33,3 % pour les complications majeures, légèrement supérieur<sup>23;195;199</sup> voir comparable<sup>12;209</sup> à celui des autres séries étudiant spécifiquement le sujet âgé.

Le taux de déplacement fracturaire avec démontage est de 15,4 %. Il intéresse six patients dont quatre ont fait l'objet d'une reprise chirurgicale (une reprise de synthèse par deux plaques, une prothèse semi-contrainte et deux ablations de matériel). Le symposium de la S.O.O. en 2007 souligne un taux comparable de 16 %. Les études les plus récentes, respectant les principes, à présent connues, d'une ostéosynthèse stable, montrent des taux inférieurs variant entre 0 et 10 %<sup>13;14</sup>. Ces études intéressent une population plus jeune. Cependant les sujets âgés ne semblent pas présenter plus de complications que les sujets jeunes. Nous n'avons pas réussi à mettre en évidence, dans notre étude, une corrélation statistique entre l'âge ( $p=0,51$ ), la présence d'ostéoporose et la survenue d'une complication.

Les pseudarthroses sont au nombre de deux soit un taux de 5,1 %. Elles ont nécessité une reprise chirurgicale par ostéosynthèse et greffe osseuse dans un cas et par prothèse semi-contrainte dans l'autre. Les résultats du MEPS de ces deux patients sont excellents avec respectivement un MEPS à 100 et l'autre à 95.

D'ailleurs, les reprises chirurgicales, qu'elles soient motivées par un déplacement de la fracture ou une pseudarthrose, n'ont pas montré de différence significative sur les résultats du MEPS. Les résultats du MEPS sont moyens (65) et mauvais (55) chez les deux patients réopérés pour un déplacement de fracture avec matériel saillant à la peau par une ablation simple

du matériel. Il ne semble donc pas délétère, en cas de complication, de réaliser une reprise chirurgicale du montage plus ou moins associée à une greffe osseuse. La reprise chirurgicale permet d'ailleurs au patient de présenter un résultat final comparable au groupe initial.

Il y a 12,8 % d'atteintes neurologiques post opératoires dans le groupe ostéosynthèse réparties en trois atteintes ulnaires et deux atteintes radiales. A la révision finale, deux lésions ulnaires « iatrogènes » persistent soit un taux de 5,1 % : un patient ,avec une fracture de type C, neurolysé est traité par deux plaques parallèles, l'autre patiente avec une fracture de type C, neurolysé, est traitée par deux plaques orthogonales et reprise par prothèse semi-contrainte pour déplacement de la fracture. Les taux retranscrits dans les séries sont compris entre 0 et 15 % mais mélangent les lésions initiales, les lésions post-opératoires « iatrogènes », celles qui récupèrent et celles qui persistent.

Aucune infection n'est à déplorer dans cette étude malgré dix fractures ouvertes.

#### **4.3.3.5 Etudes des résultats radiologiques**

De façon assez surprenante, les résultats cliniques ne reflètent pas les résultats radiologiques. En effet, même si tous les patients sont consolidés à la dernière révision, le taux d'anomalie radiologique est très important.

En premier lieu, les cals vicieux articulaires sont retrouvés dans 31,5 % des cas et les cals vicieux extra-articulaires chez 26,3 % des patients. La recherche de corrélations statistiques avec l'arthrose et le résultat du score MEPS n'a pas été possible. De façon descriptive, nous pouvons noter que les cals vicieux articulaires ont entraîné constamment une évolution vers l'arthrose. L'ensemble des stade 3, dans la classification de Brödberg-Morrey, est représenté par les cals articulaires. Il est dorénavant reconnu que les cals vicieux articulaire sont une source d'arthrose post-traumatique du coude<sup>23;210</sup>. Les cals vicieux extra-articulaires semblent moins pourvoyeur d'arthrose avec une évolution arthrosique maximale au stade 1. Les résultats du MEPS montrent d'ailleurs la bonne tolérance clinique des cals vicieux et de l'arthrose post-traumatique de coude dans une population âgée. Van Duijn *et al.*<sup>210</sup> avec un recul à 19 ans, prouve la répercussion minimale de l'arthrose (présente chez 86 % des patients) sur le résultat clinique.

Sept patients présentent, à la révision finale, des ossifications hétérotopiques de grade 1 ou

2 de la classification de Brooker. Ces ossifications n'ont pas eu d'incidence sur le résultat final, ni sur la mobilité. Aucune ossification n'a entraîné une nouvelle intervention pour exérèse. Mais il faut garder à l'esprit que notre population est âgée et qu'elle ne présente que peu de facteurs de risque d'ossification : polytraumatisé, séjour en réanimation, jeune âge. La prise d'anti-inflammatoire non stéroïdien ne semble pas modifier la survenue de ces ossifications ( $p=1$ ), mais les effectifs sont faibles pour pouvoir conclure. Le rôle de l'indométacine dans la prévention des ossifications hétérotopiques n'est pas prouvé pour le coude<sup>210</sup>.

### **4.3.4 Qu'en est-il des prothèses totales de coude ?**

#### **4.3.4.1 Nos résultats**

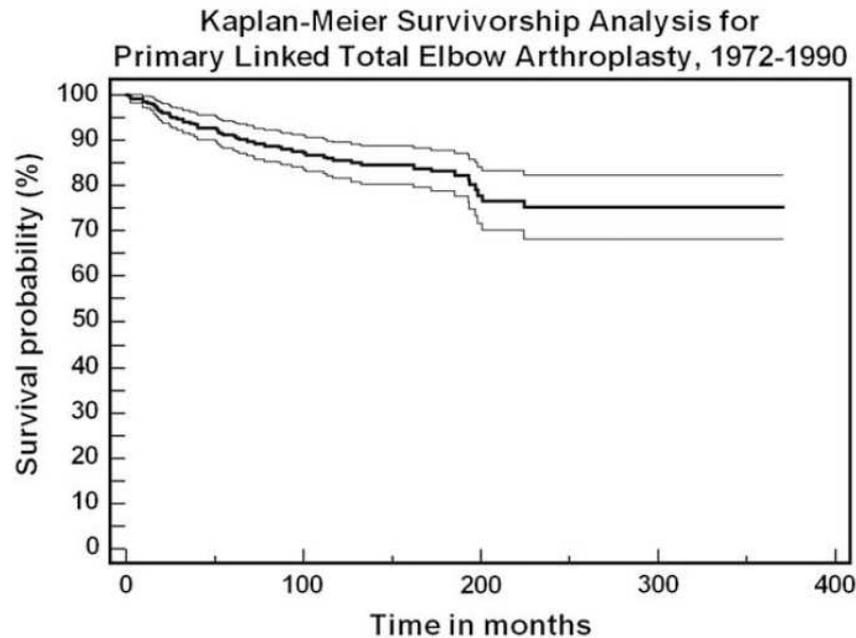
Le traitement des fractures complexes de l'humérus distal chez le sujet âgé a été proposé en premier par Cobb et Morrey<sup>17</sup> en 1997. Cette série, au recul de 3,3 ans, est composée en partie de patients présentant un rhumatisme inflammatoire. Les résultats reportés sont bons ou excellents selon le MEPS. Depuis cette étude princeps, d'autres séries ont évalué cette alternative thérapeutique et démontrent sa viabilité par des résultats très encourageants dans la traumatologie du coude du sujet âgé.

L'expérience de la Mayo Clinic a été revue sept ans plus tard (plus long recul de la littérature) par Kamineni et Morrey<sup>19</sup>. Les résultats cliniques étaient toujours bons, cependant 14 de ces 49 patients présentaient au moins une complication et 10 avaient nécessité une nouvelle intervention dont cinq rescelllements. Les études reportent en effet globalement de très bons résultats cliniques, la nôtre ne déroge pas à la règle avec un MEPS moyen à 80 points : 2 résultats jugés excellents, 3 bons et 4 moyens. Il peut paraître légèrement inférieur au MEPS des autres études, mais nos patients sont plus âgés (82,2 ans de moyenne) et notre recul moyen supérieur.

#### **4.3.4.2 Choix de l'implant**

La prothèse de Coonrad-Morrey est l'implant le plus utilisé dans la traumatologie du sujet âgé. Cette prothèse semi-contrainte répond au mieux au cahier des charges. Le système de charnière lui confère une stabilité intrinsèque. Il n'est pas nécessaire de reconstruire les piliers huméraux qui peuvent être réséqués sans compromettre la force<sup>155</sup> ou la position de l'axe de

flexion-extension. Le devenir à long terme de cette implant est à présent bien connu<sup>211;212;213</sup>. Levy *et al.* démontre que dans une cohorte principalement composée d'implants de Coonrad-Morrey, le taux de survie est de 84 % à 30 ans, toute indication confondue. Le registre norvégien<sup>214</sup> donne des résultats comparables mais montre un risque accru de révision chez les patients dont l'indication de prothèse est traumatologique.



**Figure 4.33** – Courbe de survie (Kaplan-Meier) des implants semi-contraints dont 87 % de prothèses de Coonrad-Morrey, toutes indications confondues, entre 1972 et 1990 (d’après Levy *et al.*<sup>212</sup>).

#### 4.3.4.3 Revue de la littérature et comparaison

Les études publiées concernant l’utilisation des prothèses totales de coude, en langue française et anglaise, sont au nombre de 13<sup>2;5;17;18;187;188;189;190;191;192;193;194;215</sup>. Seules les études, s’intéressant spécifiquement aux prothèses ont été conservées (table 4.42).

Séries	Cobb et Morrey <sup>16</sup> (1997)	Ray <i>et al.</i> <sup>5</sup> (2000)	Gambirasio <i>et al.</i> <sup>184</sup> (2001)	Garcia <i>et al.</i> <sup>2</sup> (2002)	Kamieni et Morrey <sup>17</sup> (2004)	Lee <i>et al.</i> <sup>215</sup> (2006)	Kalogra-anitis <i>et al.</i> <sup>183</sup> (2008)	Prasad et Dent <sup>189</sup> (2008)	Chalidis <i>et al.</i> <sup>185</sup> (2009)	Ali <i>et al.</i> <sup>186</sup> (2010)	Siegler <i>et al.</i> <sup>190</sup> (2010)	Antuna <i>et al.</i> <sup>187</sup> (2012)	Ducrot <i>et al.</i> <sup>188</sup> (2013)
Type de prothèse	CM	CM	CM (Zimmer)	CM	CM	CM	iBP (Biomet)	CM	Discovery (Biomet)	CM	CM	CM	CM
Nbre de coude	21	7	10	16	49	7	9	15	11	20	17	16	15
Âge moy. (années)	72	81,7	84,6	73	67	72,9	73	78	79,6	72	80	76	80
Recul moy. (mois)	40	39	17,8	36	84	24,9	43	52,4	33,6	63,2	34	57	43
Délai opératoire moy. (jours)	7	11,4	6,6	8	5,9		7		4,3	10	3	8	
Durée opératoire moy. (minutes)			146	0									
Durée hospitalisation moy. (jours)	7	11,3	18,9						9,8		8		
Taux de type C	52	57	80	69	78		100		100	70	87	75	75
MEPS	95	92	94	93	93	94,3	95	83	90	92	82,3	73	95
Nombre de patients douloureux	3/20	1/7	2/8	5/16	8/48			7/15		6/20		8/16	6/15
Arc de mobilité moy. (°)	105	102	101	101	107	88,6	>100	93	107	97,5	97	90	97
Flexion moy. (°)	130	129	125,5	125	131	136	113	119	117,3	125	128	117	130
Déficit d'extension en moyenne (°)	25	25,7	23,5	24	24	41,4	12,5	26	10	27,7	32	28	33
Pronation moy. (°)	74		79	70		75,7	>50		60	74		78	
Supination moy. (°)	73		74,5	90		72,9	> 50		61	77,7		75	
Taux global de complications (%)	38	42	30	25	51	14	22,2						
Liserés	0/21	2/7	2/8	1/16	9/49	0/7	1/8	2/15	8/11	1/20	5/17	3/16	7/15
Descellement						0/7		1/15			1/17	3/16	1/15

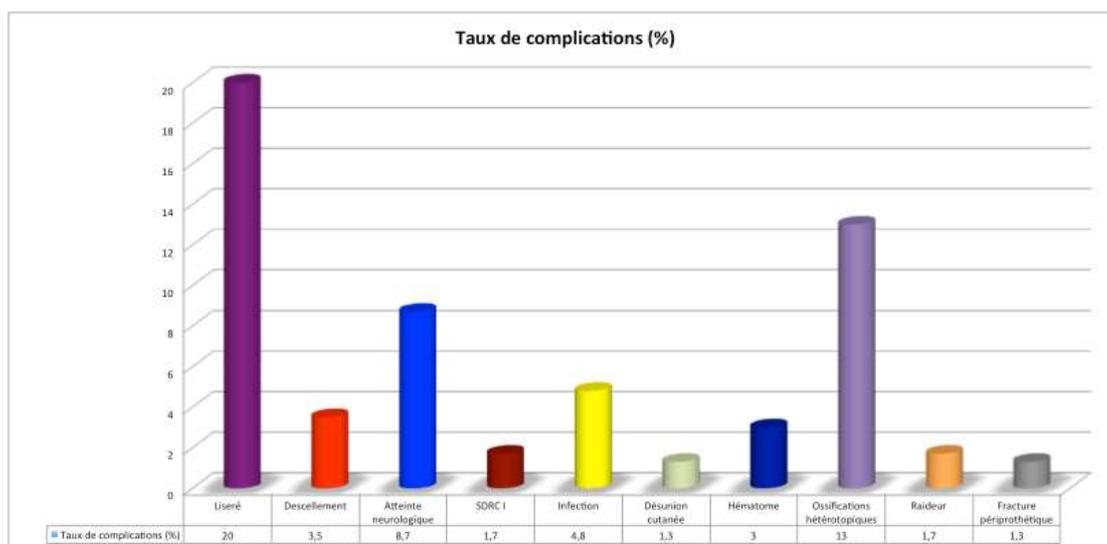
Séries	Cobb et Morrey <sup>16</sup> (1997)	Ray <i>et al.</i> <sup>5</sup> (2000)	Gambirasio <i>et al.</i> <sup>184</sup> (2001)	Garcia <i>et al.</i> <sup>2</sup> (2002)	Kamieni et Morrey <sup>17</sup> (2004)	Lee <i>et al.</i> <sup>215</sup> (2006)	Kalogranitis <i>et al.</i> <sup>183</sup> (2008)	Prasad et Dent <sup>189</sup> (2008)	Chalidis <i>et al.</i> <sup>185</sup> (2009)	Ali <i>et al.</i> <sup>186</sup> (2010)	Siegler <i>et al.</i> <sup>190</sup> (2010)	Antuna <i>et al.</i> <sup>187</sup> (2012)	Ducrot <i>et al.</i> <sup>188</sup> (2013)
Atteinte neurologique	3/20				3/49	0/7			1/11	1/20		8/16	2/15
SDRCI	1/20		1/8		1/49	0/7		1/15					
Infection	1/20	1/7		1/16	1/49	1/7	1/8			1/20		3/16	
Désunion cutanée						0/7				1/17			
Hématome					3/49	0/7					4/17		
Ossifications hétérotopiques			1/8	1/16	7/49	0/7	8/8			2/20	4/17		6/15
Raideur				1/16	2/49	0/7					1/17		
Fracture périprothétique					1/49	0/7			1/11		1/17		
Fracture d'implant	1/21				2/49	0/7							
Taux de réintervention (%)	4,8	0	0	0	20,4	0	0	0	9,1	0	17,6	18,8	0

**Table 4.42** – Revue de la littérature du traitement des fractures de l'extrémité distale de l'humérus par prothèse de coude.

Cette revue de la littérature donne un âge moyen de 76,1 ans et permet d'étudier 230 patients à un recul moyen compris entre 17,8 mois et 84 mois. Le premier point intéressant à noter est le délai moyen entre la fracture et la chirurgie qui se situe à 7 jours [3-11,4]. Notre étude présente un délai médian de 1 jours [0-4]. Ce délai permet au patient âgé de rester le moins longtemps possible hospitalisé, de retourner rapidement à son domicile afin de ne pas compromettre son niveau d'autonomie. D'ailleurs notre score de Katz final ne présente pas de différence significative ( $p=0,12$ ) avec le score initial. Il n'y a donc aucune perte d'autonomie chez nos patients opérés avec une prothèse.

Notre courte série relate deux complications majeures (36 %) et une mineure : un hématome superficiel spontanément résolutif et deux descellements huméraux aseptiques. Au dernier recul, aucune révision chirurgicale n'a été nécessaire mais les deux descellements doivent bénéficier d'une révision de la tige humérale.

La revue de la littérature montre que la mise en place d'une prothèse de coude n'est pas dénuée de complications. Le taux de complication de notre courte série (deux complications majeures) est de 22,2 % ; bien qu'élevé, il n'est pas différent des données de la littérature allant de 22,2 % pour Kalogriantis *et al.*<sup>187</sup> avec 43 mois de recul à 51 % pour Kamineni et Morrey<sup>18</sup> avec 84 mois de recul. Toutes indications confondues et avec une prothèse de Coonrad-Morrey, Schneeberger *et al.*<sup>211</sup> reporte 43 % de complications dont 17 % de descellement.



**Figure 4.34** – Revue de la littérature. Taux de complications dans le cadre des prothèses totales de coude traumatologique. Recul entre 17,8 et 84 mois.

Les complications les plus fréquemment retrouvées sont les lésions ulnaires et les infections

(Fig. 4.34). Nous ne reportons aucune de ces complications. Le taux de descellement est de 3,5 %. Il s'agit d'un taux faible par rapport aux données usuels concernant les prothèses totales de coudes, mais le recul moyen de ces études est faible et ne met donc en évidence que les complications à court terme. Notre étude comporte deux descellements du composant huméral. Une patiente de 66 ans est porteuse d'une polyarthrite rhumatoïde; l'autre patiente âgée de 81 ans est sans antécédent. Aucun facteur n'a pu être mis en évidence expliquant ces complications. Les descellements ont donc un taux de 22 % dans notre série. Le MEPS de ces patients est respectivement de 65 et 75 points : les descellements sont donc mal supportés et devront faire, malgré l'âge des patientes, l'objet d'une révision.

Les fractures périprothétiques restent des événements rares avec un taux de 1,3%. Athwal et Morrey<sup>176</sup>, sur 24 ans d'expérience, ne relatent que 24 cas avec une majorité de fractures intéressant l'ulna (71 %). L'incidence est de 1,2 % pour l'ulna et 0,65 % pour l'humérus. De manière surprenante, nous retrouvons deux fractures périprothétiques, vraisemblablement traumatiques, pour lesquelles un traitement chirurgical (Fig. 4.35) et un traitement orthopédique ont été nécessaires.

Quelques auteurs décrivent de nouvelles méthodes d'arthroplasties dans le traitement des fractures de l'humérus. Kalogrianitis *et al.*<sup>187</sup> utilisent une prothèse à glissement et présentent des résultats excellents à quatre ans de recul. Parallèlement, Adolfsson et Hammer<sup>158</sup> relatent leur expérience avec une hémiarthroplastie de resurfacage et présentent aussi des bons ou excellents résultats avec un recul cependant faible. Les évaluations doivent être poursuivies sur le long-terme afin de juger pleinement le mérite de ces arthroplasties dont la pose paraît tout de même plus contraignante.

Il se dégage des résultats de notre étude et de la revue de la littérature que les prothèses totales de coude et plus spécialement la prothèse de Coonrad-Morrey sont un traitement de choix dans les fractures humérales du sujet âgé, d'autant plus s'il existe des facteurs de risque d'échecs d'une ostéosynthèse : ostéoporose, polyarthrite rhumatoïde, ou une arthrose sous-jacente. Les résultats cliniques sont reproductibles entre les séries et l'arthroplastie permet un retour rapide aux activités quotidiennes évitant ainsi toute perte d'autonomie. Cependant les complications ne sont pas rares. Les taux reportés dans la littérature paraissent variables d'une série à l'autre et selon la durée du recul. La technique chirurgicale doit donc être rigoureuse



**Figure 4.35** – Radiographies standards : Fracture périprothétique humérale. Reprise chirurgicale avec changement d'implant humérale (20 cm) et cerclage. Radiographie à 20 mois post-opératoires.

pour permettre une durée de vie optimale à l'implant. Le patient doit être prévenu des risques et doit respecter les restrictions d'activités<sup>31</sup>. Un suivi régulier doit être instauré, permettant la mise en évidence précoce des signes de descellement.

#### 4.3.5 Ostéosynthèse ou Prothèse : que choisir ?

La perte des fonctions primaires du coude dans les suites d'une fracture entraîne une gêne importante à la réalisation des activités quotidiennes. Pour un sujet âgé, à la mobilité déjà diminuée par des comorbidités, ces traumatismes peuvent compromettre définitivement leur autonomie. Il faut donc pouvoir proposer au sujet âgé un traitement avec les meilleurs résultats possibles, un taux acceptable de complications et de reprise chirurgicale.

Pour répondre à cette question, nous avons successivement étudié les résultats des ostéosynthèses et des prothèses dans la prise en charge des fractures du sujet âgé. Comparons nos

résultats.

Le premier point de discussion tient en la comparaison intrinsèque des deux groupes. En effet le groupe des prothèses est statistiquement ( $p=0,001$ ) plus âgé de 7,5 ans que celui des ostéosynthèses. La répartition selon le score ASA et les antécédents donnent au groupe prothèse un moins bon état général que celui des ostéosynthèses ( $p<0,05$ ). Il reste tout de même comparable vis à vis du niveau d'ostéoporose et du type de fracture, qui sont des critères majeurs de choix. Malgré une population plus jeune et en meilleur état général, les ostéosynthèses donnent des résultats comparables aux prothèses que ce soit au niveau du MEPS, des mobilités, de la force ou des complications. Cependant la mise en place d'une prothèse semble offrir quelques avantages non négligeables. Tout d'abord, la durée d'intervention est diminuée significativement ( $p=0,03$ ) en moyenne de 23,4 minutes . Cette durée représente 25 % du temps total de mise en place d'une prothèse. Le gain est donc important. Il est par ailleurs à présent prouvé pour la chirurgie prothétique du genou<sup>216</sup> que le facteur temps opératoire rentre en compte dans le risque d'infection post-opératoire.

La nécessité d'une immobilisation post-opératoire ainsi que la durée de celle-ci sont aussi fortement en faveur des arthroplasties (respectivement  $p=0,0006$  et  $p=0,03$ ). De plus, l'immobilisation médiane du groupe arthroplastie est de 4 jours [2-30]. Ce résultat est pour nous fondamental car il est prouvé qu'une période d'immobilisation, la plus courte possible, améliore nettement les résultats<sup>217</sup>. L'hospitalisation est connue pour être un facteur de stress pouvant faire entrer dans la dépendance<sup>218</sup>. Nous croyons que l'immobilisation prolongée est aussi un facteur délétère de dépendance iatrogène des patients très âgés. Ce groupe de patients doit, après une intervention chirurgicale, pouvoir regagner rapidement son domicile et reprendre ses activités usuelles. Une immobilisation prolongée entraîne nécessairement un passage par une maison de repos ou un centre de convalescence/rééducation qui devient dès lors synonyme de perte supplémentaire d'autonomie du simple fait des règles « imposées » par l'organisation d'une vie en collectivité.

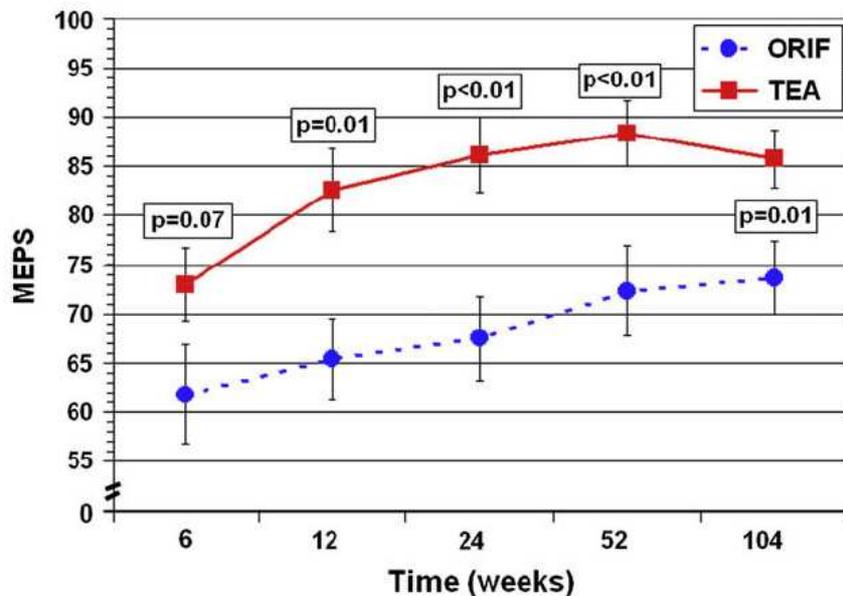
Le taux de complications majeures et de reprises chirurgicales, bien que non significatif, est en faveur des arthroplasties : 53,3 % contre 22,2 % pour les complications et les reprises.

Quatre autres études ont comparé les deux traitements avec un recul compris entre 15 et 48 mois. Notre étude possède le recul clinique le plus important avec 54 mois. La comparaison

est résumée dans le tableau (4.44).

Les études de Frankle *et al.*<sup>25</sup> et de McKee *et al.*<sup>21</sup> plaident pour l'arthroplastie pour le traitement des fractures de l'extrémité distale de l'humérus du sujet âgé et plus particulièrement chez la femme ainsi que le notent Frankle *et al.* Les deux autres études donnent des conclusions plus réservées en rappelant que les deux traitements donnent des bons résultats.

La série de McKee *et al.* possède cependant un avantage méthodologique majeur : elle est prospective et randomisée. Elle démontre le caractère statistiquement significatif de la supériorité des arthroplasties par le MEPS et par le taux de reprise chirurgicale. Elle permet aussi une étude plus fine du MEPS selon la durée post-opératoire (Fig. 4.36). Les auteurs démontrent de manière convaincante que l'arthroplastie permet une récupération plus rapide que l'ostéosynthèse.



**Figure 4.36** – Le MEPS est significativement amélioré à 3 mois (83 vs 65), à 6 mois (96 vs 68), à 1 an (88 vs 72) et à 2 ans (86 vs 73) chez les patients avec prothèses.  
Ligne pleine : Prothèses, ligne pointillée : Ostéosynthèse (dD'après McKee *et al.*<sup>21</sup>)

		Nombre	Durée opératoire (min)	MEPS	Flexion/Extension/Arc (°)	Complications	Taux de complication (%)	Taux de réintervention (%)
Frankle <i>et al.</i> <sup>25</sup> (2003) Rétrospectif 48 mois	Ostéo-synthèse	12	150	87,7	110/30/100	1I, 1R, 3DM, 1OH		25
	PTC	12	90	95	125/15/113	1R, 2N, 1I 1C, 1DM		25
Charisoux <i>et al.</i> <sup>23</sup> (2007) Rétrospectif 28 mois	Ostéo-synthèse	155		77		25 % des patients		13,3
	PTC	36		84	124/27	2I, 8L, 1D, 2F	20	6,1
McKee <i>et al.</i> <sup>21</sup> (2009) Prospectif randomisé 24 mois max	Ostéo-synthèse	15	140	73	123/28/95	1P, 1DM, 7N, 2R, 3C, 1I, 1OH, 4DR	53,3	45
	PTC	25	108	86	133/26/107	5N, 1R, 4C, 3R, 2I, 2OH, 1L	40	15
Egol <i>et al.</i> <sup>22</sup> (2011) Retrospectif 15 mois	Ostéo-synthèse	11	180	85	118/20/98	1P, 2R, 2N		9
	PTC	9	150	79	116/24/92	1L, 1D, 1N, 3L		18
Notre série (2012) Rétrospectif 54 mois	Ostéo-synthèse	39	109,6	81	119/29/91	4N, 1C, 7dm, 2o	53,3	21,4
	PTC	16	86,2	80	121/26/95	1C, (2F), 2D	22,2	0 (22,2)

**Table 4.44** – Résultats comparés des ostéosynthèses et des prothèses dans la littérature (en jaune : différence statistiquement significative)

*P* : Pseudarthrose de la fracture, *DM* : Défaillance du matériel, *N* : Trouble neurologique, *I* : Infection *C* : Problèmes cutanées (hématomes, désunion, nécrose), *R* : Raideur, *OH* : ossifications hétérotopiques (Brooker III), *L* : Liseré, *DR* : Défaut de réduction articulaire, *F* : Fracture per-opératoire et fractures périprothétique

La durée opératoire, telle que nous la mettons en évidence dans notre étude, est en faveur des prothèses.

Les ostéosynthèses permettent, en cas de complications, le passage à une prothèse semi-contrainte. Prasad et Dent<sup>193</sup> comparent les patients qui ont bénéficié d'une prothèse « primaire » et ceux qui l'ont eu en traitement suite à un échec d'ostéosynthèse. Les deux groupes ne présentent pas de différence significative au MEPS ( $p < 0,05$ ). Un risque de descellement était retrouvé chez les patients de moins de 65 ans. Cil *et al.*<sup>219</sup> ont revu 92 coudes ayant bénéficié d'une arthroplastie dans le cadre d'une pseudarthrose de l'humérus distal. Le même risque chez les patients de moins de 65 ans était retrouvé. La survie des implants est de 96 % à 2 ans, 82 % à 5 ans et 65 % entre 10 et 15 ans. Notre population âgée n'est pas une population à risque de complications dans le cadre de l'implantation d'une Coonrad-Morrey en situation post-traumatique. Cette option lui permet d'ailleurs de revenir aux résultats des prothèses posées en urgence.

Les différentes séries comparatives sont principalement limitées par le recul insuffisant pour permettre de tirer quelques conclusions que ce soit sur le devenir à long-terme. L'étude de Kamineni et Morrey<sup>18</sup>, avec 7 ans de recul, prouve bien l'augmentation des événements de descellement prothétique avec le temps. Ces complications donneront probablement à long-terme un désavantage majeur à l'arthroplastie. La question de définition du long-terme dans la traumatologie du coude du sujet âgé reste entière. Un quart de nos patients étaient décédés au recul moyen de 54 mois et la moyenne d'âge des prothèses était de 82 ans sachant que l'espérance de vie des femmes en 2013 est en moyenne de 84,1 ans (Source INSEE). Il faudra donc obligatoirement fixer un délai de jugement des complications pour pouvoir comparer les deux groupes.

Néanmoins l'ensemble des études comparatives, la nôtre y compris, permettent déjà certaines conclusions à court et moyen terme. Nous pensons que l'arthroplastie donne probablement des résultats cliniques aussi bons que les ostéosynthèses mais permet, par une récupération plus rapide, de préserver au maximum le niveau d'autonomie « fragile » des patients âgés. De plus, le taux des complications intrinsèques aux prothèses semble être inférieur. Pour ces raisons, nous la recommandons donc dans la traumatologie du sujet âgé.

# Chapitre 5

## CONCLUSION

---

Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus présentent de réelles difficultés qu'elles soient décisionnelle, chirurgicale ou de gestion des complications. La question du choix du traitement est univoque chez le sujet jeune. Le débat se poursuit chez le sujet âgé où aucune attitude universelle n'a été trouvée. La revue de la littérature ainsi que notre travail donnent une image assez semblable de ce challenge thérapeutique.

Le traitement orthopédique n'a plus lieu d'être discuté, hormis dans les cas où le risque anesthésique fait pencher la balance bénéfice/risque dans le mauvais sens.

Les traitements chirurgicaux donnent d'excellents et bons résultats cliniques dans la majorité des cas mais ne sont pas indemnes de complications dans un tiers des cas. Si une ostéosynthèse est choisie, elle doit suivre des principes rigoureux. Elle doit être assez stable pour permettre de se passer d'une immobilisation post-opératoire et commencer une rééducation immédiate, gage de bons résultats. Cette meilleure stabilité est probablement obtenue à l'aide de deux plaques anatomiques mises de façon parallèle. Au vu de nos résultats, et de manière contraire à la littérature, nous ne pouvons recommander la réalisation d'une voie trans-olécranienne. Cette voie nous paraît trop à risque de complication et empêche le changement d'indication pré-opératoire pour une prothèse ; elle crée une nouvelle zone de faiblesse osseuse pouvant empêcher le concept de rééducation précoce, salvatoire pour un bon résultat.

L'utilisation d'une arthroplastie est à présent une option validée qui doit faire entièrement partie de l'arsenal thérapeutique. Une prothèse semi-contrainte doit être utilisée en priorité. La prothèse de Coonrad-Morrey a notre préférence. En dehors des résultats identiques aux ostéosynthèses, l'arthroplastie permet un retour aux activités quotidiennes probablement plus rapide ; elle limite donc le passage vers la dépendance chez le sujet très âgé. Cependant son taux intrinsèque de complication, dans le cadre de la traumatologie, doit continuer à faire l'objet d'études scientifiques, principalement avec un recul à long-terme, même si, à moyen terme, son taux intrinsèque de complication semble être moindre.

Pour conclure ce travail et répondre à notre question initiale : quel est le traitement optimal ? Nous proposons un algorithme pour guider la prise de décision dans le cadre des fractures de l'extrémité distale de l'humérus du sujet âgé. Cet algorithme propose de répondre à trois questions dont les réponses guident le traitement : concernant l'état général du patient, son autonomie, et sa fracture.

Quel que soit le traitement choisi, le patient doit être prévenu des implications du traitement et doit être suivi régulièrement pour dépister précocement les complications et si nécessaire en proposer le traitement.

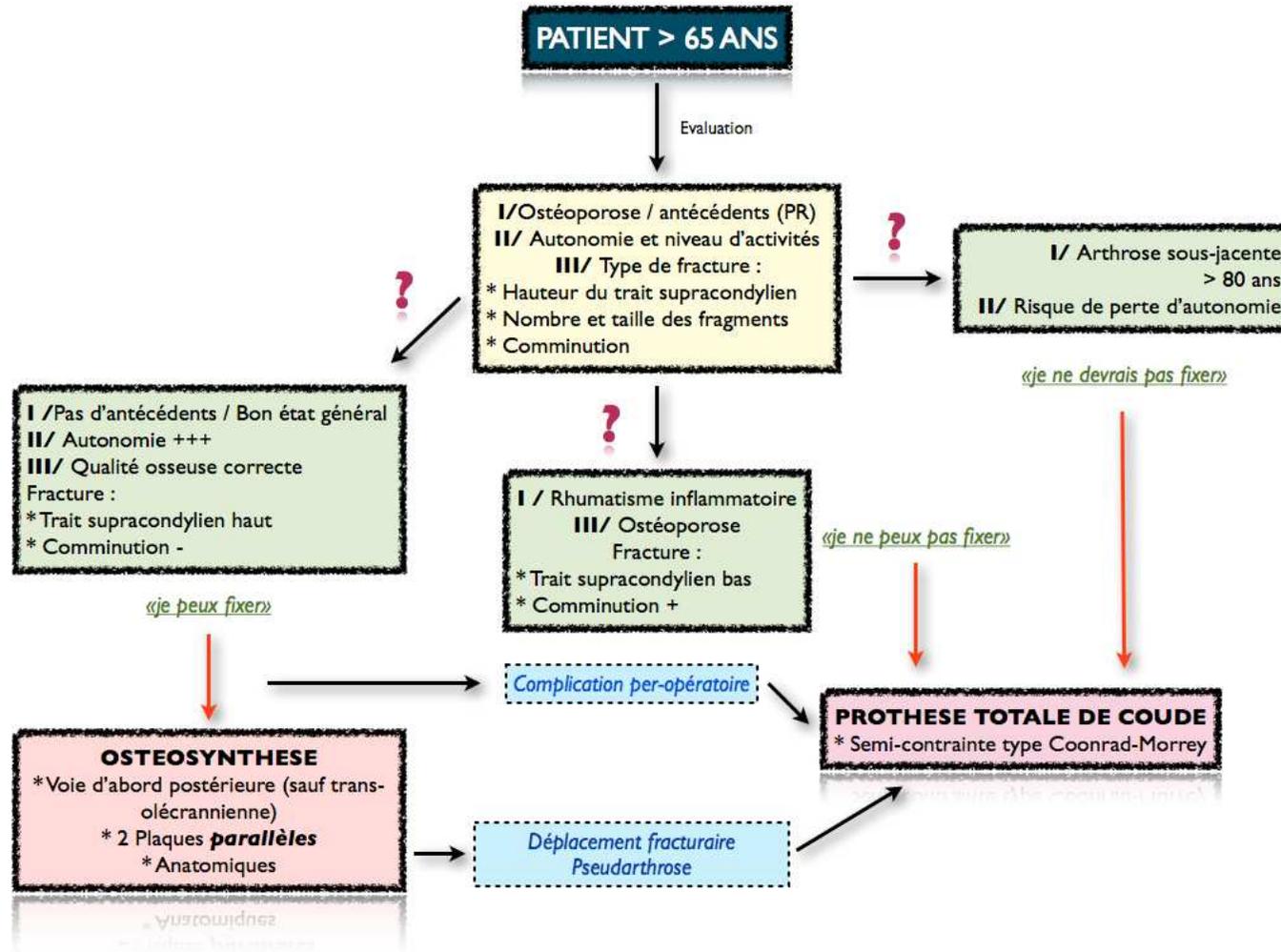


Figure 5.1 – Algorithme décisionnel pour le traitement des fractures distales de l'humérus chez le sujet âgé

# Références

- [1] M. Hausman and A. Panozzo. Treatment of distal humerus fractures in the elderly. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 55–63, 2004.
- [2] J.A. Garcia, R. Mykula, and Stanley D. Complex fractures of the distal humerus in the elderly. the role of total elbow replacement as primary treatment. *The Journal of bone and joint surgery British*, 84 :812–816, 2002.
- [3] K. Srinivasan, M. Agarwal, S.J. Matthews, and Giannoudis P.V. Fractures of the distal humerus in the elderly : is internal fixation the treatment of choice ? *Clinical orthopaedics and related research*, pages 222–230, 2005.
- [4] J. Korner, H. Lill, L.P. Muller, and et al. Distal humerus fractures in elderly patients : results after open reduction and internal fixation. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16 Suppl 2 :573–579, 2005.
- [5] P.S. Ray, K. Kakarlapudi, C. Rajsekhar, and M.S. Bhamra. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *Injury*, 31 :687–692, 2000.
- [6] M. Palvanen, P. Kannus, S. Niemi, and J. Parkkari. Secular trends in distal humeral fractures of elderly women : nationwide statistics in finland between 1970 and 2007. *Bone*, 46 :1355–1358, 2010.
- [7] T.L. Huang, F.Y. Chiu, T.Y. Chuang, and T.H. Chen. The results of open reduction and internal fixation in elderly patients with severe fractures of the distal humerus : a critical analysis of the results. *The Journal of trauma*, 58 :62–69, 2005.
- [8] E.J. Riseborough and E.L. Radin. Intercondylar T fractures of the humerus in the adult. a comparison of operative and non-operative treatment in twenty-nine cases. *J Bone Joint Surg Am.*, 51 :130–141, 1969.
- [9] S.W. O’Driscoll. Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 14 :186S–194S, 2005.
- [10] J. Sanchez-Sotelo, M.E. Torchia, and S.W. O’Driscoll. Complex distal humeral fractures : internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.*, 90 Suppl 2 Pt 1 :31–46, 2008.
- [11] R. Elhage, C. Maynou, P.M. Jugnet, and H. Mestdagh. Long term results of the surgical treatment of bicondylar fractures of the distal humerus extremity in adults. *Chirurgie de la main*, 20 :144–154, 2001.
- [12] J. Proust, A. Oksman, J.L. Charissoux, C. Mabit, and J.P. Arnaud. Intra-articular fracture of the distal humerus : outcome after osteosynthesis in patients over 60. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l’appareil moteur*, 93 :798–806, 2007.

- [13] K. Reising, O. Hauschild, P.C. Strohm, and N.P. Suedkamp. Stabilisation of articular fractures of the distal humerus : early experience with a novel perpendicular plate system. *Injury*, 40 :611–617, 2009.
- [14] T. Kaiser, A. Brunner, B. Hohendorff, B. Ulmar, and R. Babst. Treatment of supra- and intra-articular fractures of the distal humerus with the lcp distal humerus plate : a 2-year follow-up. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 20 :206–212, 2011.
- [15] G. Ducrot, F. Bonnomet, P. Adam, A. Di Marco, D. Brinkert, and M. Ehlinger. Traitement des fractures de l’humérus distal par plaque à vis verrouillées LCP DHP chez le sujet de plus de 65 ans. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l’appareil moteur*, pages S334–335, 2012.
- [16] C.A. Manueddu, P. Hoffmeyer, M. Haluzicky, Y. Blanc, and F. Borst. Distal humeral fracture in adults : functional evaluation and measurement of isometric strength. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l’appareil moteur*, 83 :551–560, 1997.
- [17] T.K. Cobb and Morrey B.F. Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *The Journal of bone and joint surgery American*, 79 :826–832, 1997.
- [18] S. Kamineni and B.F. Morrey. Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Joint Surg Am.*, 86-A :940–947, 2004.
- [19] S. Kamineni and B.F. Morrey. Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.*, 87 Suppl 1 :41–50, 2005.
- [20] L.P. Muller, S. Kamineni, P.M. Rommens, and B.F. Morrey. Primary total elbow replacement for fractures of the distal humerus. *Operative Orthopadie und Traumatologie*, 17 :119–142, 2005.
- [21] M.D. McKee, C.J. Veillette, J.A. Hall, and et al. A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction–internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 18 :3–12, 2009.
- [22] K.A. Egol, P. Tsai, O. Vazques, and N.C. Tejwani. Comparison of functional outcomes of total elbow arthroplasty vs plate fixation for distal humerus fractures in osteoporotic elbows. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 40 :67–71, 2011.
- [23] J.L. Charissoux, C. Mabit, J. Fourastier, and et al. Comminuted intra-articular fractures of the distal humerus in elderly patients. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l’appareil moteur*, 94 :S36–62, 2008.
- [24] T.L. Mehlhoff and J.B. Bennett. Distal humeral fractures : fixation versus arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 20 :S97–106, 2011.
- [25] M.A. Frankle, D. Jr. Herscovici, T.G. DiPasquale, M.B. Vasey, and R.W. Sanders. A comparison of open reduction and internal fixation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intraarticular distal humerus fractures in women older than age 65. *J Orthop Trauma*, 17 :473–80, 2003.
- [26] A.I. Kapandji. Le coude. In *Physiologie articulaire : schémas commentés de mécanique humaine*, pages 76–144. Maloine, 2005.
- [27] K.L. Moore and A.F. Dalley. *Anatomie médicale : aspects fondamentaux et applications cliniques*. De Boeck, 2001.

- [28] P. Kamina. *Précis d'anatomie clinique : Anatomie générale, organogénèse des membres, membre supérieur, membre inférieur*. Maloine, 4 edition, 2005.
- [29] G.I. Bain and J.A. Mehta. Anatomy of the elbow joint and surgical approaches. In C.L.J. Baker, K.D. Plancher, and B.F. Morrey, editors, *Operative Treatment of Elbow Injuries*, pages 1–28. Springer, 2001.
- [30] R. Shiba, C. Sorbie, D.W. Siu, J.T. Bryant, T.D.V. Cooke, and H.W. Wevers. Geometry of the humeroulnar joint. *J Orthop Res.*, 6 :897–906, 1988.
- [31] B.F. Morrey and J. Sanchez-Sotelo. *The Elbow and Its Disorders*. Elsevier Limited, Oxford, 4 edition, 2009.
- [32] C. Chantelot and G. Wavreille. Fracture de la palette humérale de l'adulte. In *EMC Appareil Locomoteur*. Paris : Elsevier SAS, 2006.
- [33] S.H. Goldberg, R. Omid, A.N. Nassr, R. Beck, and M.S. Cohen. Osseous anatomy of the distal humerus and proximal ulna : implications for total elbow arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 16 :539–546, 2007.
- [34] R.N. Stauffer. Ten-year follow-up study of total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am.*, 64 :983–990, 1982.
- [35] T.K. Kozak, R.A. Adams, and B.F. Morrey. Total elbow arthroplasty in primary osteoarthritis of the elbow. *The Journal of arthroplasty*, 13 :837–842, 1998.
- [36] G. Diederichs, A.S. Issever, S. Greiner, B. Linke, and J. Korner. Three-dimensional distribution of trabecular bone density and cortical thickness in the distal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 18 :399–407, 2009.
- [37] S.H. Park, S.J. Kim, B.C. Park, and et al. Three-dimensional osseous micro-architecture of the distal humerus : implications for internal fixation of osteoporotic fracture. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 19 :244–250, 2010.
- [38] C.E. Dunham, S.E. Takaki, J.A. Johnson, and C.E. Dunning. Mechanical properties of cancellous bone of the distal humerus. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20 :834–838, 2005.
- [39] M. Reinhold, K. Schwieger, J. Goldhahn, B. Linke, C. Knop, and M. Blauth. Influence of screw positioning in a new anterior spine fixator on implant loosening in osteoporotic vertebrae. *Spine*, 31 :406–413, 2006.
- [40] M.F. Dvorak, T. Pitzen, Q. Zhu, J.D. Gordon, C.G. Fisher, and T.R. Oxland. Anterior cervical plate fixation : a biomechanical study to evaluate the effects of plate design, endplate preparation, and bone mineral density. *Spine*, 30 :294–301, 2005.
- [41] M. Schünke, E. Schulte, J.M. Chevallier, and et al. *Atlas d'anatomie Prométhée : Tome 1, Anatomie générale et système locomoteur*. Maloine, 2006.
- [42] P. Mansat and BF Morrey. La biomécanique du coude in Groupe d'étude de l'épaule et du coude (GEEC). In Y. Allieu, D.F. Gazielly, and D.U. Goutallier, editors, *L'arthroplastie du coude : thème 1996*, pages 35–52. Sauramps Médical, 1997.
- [43] W.D. Regan, S.L. Korinek, B.F. Morrey, and K.N. An. Biomechanical study of ligaments around the elbow joint. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 170–179, 1991.
- [44] F.K. Fuss. The ulnar collateral ligament of the human elbow joint. anatomy, function and biomechanics. *Journal of anatomy*, 175 :203–212, 1991.

- [45] M. Safran, C.S. Ahmad, and N.S. Elattrache. Ulnar collateral ligament of the elbow. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 21 :1381–1395, 2005.
- [46] G.H. Callaway, L.D. Field, X.H. Deng, and et al. Biomechanical evaluation of the medial collateral ligament of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.*, 79 :1223–1231, 1997.
- [47] S. Floris, B.S. Olsen, M. Dalstra, J.O. Sojbjerg, and Sneppen O. The medial collateral ligament of the elbow joint : anatomy and kinematics. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 7 :345–351, 1998.
- [48] J. Imatani, T. Ogura, Y. Morito, H. Hashizume, and H. Inoue. Anatomic and histologic studies of lateral collateral ligament complex of the elbow joint. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 8 :625–627, 1999.
- [49] B.F. Morrey and K.N. An. Functional anatomy of the ligaments of the elbow. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 84–90, 1985.
- [50] J.O. Sojbjerg, J. Ovesen, and C.E. Gundorf. The stability of the elbow following excision of the radial head and transection of the annular ligament. an experimental study. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie*, 106 :248–250, 1987.
- [51] N. Takigawa, J. Ryu, V.L. Kish, M. Kinoshita, and M. Abe. Functional anatomy of the lateral collateral ligament complex of the elbow : morphology and strain. *J Hand Surg Br.*, 30 :143–147, 2005.
- [52] B.S. Olsen, M.T. Vaesel, J.O. Sojbjerg, P. Helmig, and O. Sneppen. Lateral collateral ligament of the elbow joint : anatomy and kinematics. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 5 :103–112, 1996.
- [53] D. Hannouche and T. Begue. Functional anatomy of the lateral collateral ligament complex of the elbow. *Surgical and radiologic anatomy : SRA.*, 21 :187–191, 1999.
- [54] S.W. O’Driscoll, D.F. Bell, and B.F. Morrey. Posterolateral rotatory instability of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.*, 73 :440–446, 1991.
- [55] K. Yamaguchi, F.A. Sweet, R. Bindra, B.F. Morrey, and R.H. Gelberman. The extraosseous and intraosseous arterial anatomy of the adult elbow. *J Bone Joint Surg Am.*, 79 :1653–1662, 1997.
- [56] J.R. Doyle and M.J.U. Botte. *Surgical Anatomy of the Hand and Upper Extremity*. Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
- [57] J.P. Kimball, F. Glowczewskie, and TW.. Wright. Intraosseous blood supply to the distal humerus. *The Journal of hand surgery*, 32 :642–646, 2007.
- [58] J.K. Wiggers and D. Ring. Osteonecrosis after open reduction and internal fixation of a bicondylar fracture of the distal humerus : a report of four cases. *The Journal of hand surgery*, 36 :89–93, 2011.
- [59] B.F. Morrey and E.Y. Chao. Passive motion of the elbow joint. *J Bone Joint Surg Am.*, 58 :501–508, 1976.
- [60] M. Bottlang, S.M. Madey, C.M. Steyers, J.L. Marsh, and T.D. Brown. Assessment of elbow joint kinematics in passive motion by electromagnetic motion tracking. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 18 :195–202, 2000.

- [61] A. Ericson, A. Arndt, A. Stark, P. Wretenberg, and A. Lundberg. Variation in the position and orientation of the elbow flexion axis. *The Journal of bone and joint surgery British*, 85 :538–544, 2003.
- [62] A. Goto, H. Moritomo, T. Murase, and et al. In vivo elbow biomechanical analysis during flexion : three-dimensional motion analysis using magnetic resonance imaging. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 13 :441–447, 2004.
- [63] H.P. Potter. The obliquity of the arm of the female in extension and the relation of the forearm with the upper arm in flexion. *J Anat Lond.*, 29 :488–493, 1895.
- [64] T.E. Keats, R. Teeslink, A.E. Diamond, and J.H. Williams. Normal axial relationships of the major joints. *Radiology*, 87 :904–907, 1966.
- [65] S. Ruparelia, S. Patel, A. Zalawadia, S. Shah, and S.V. Patel. Study of carrying angle and its correlation with various parameters. *NJJRM*, 1 :28–31, 2010.
- [66] S.W. O’Driscoll, K.N. An, S. Korinek, and B.F. Morrey. Kinematics of semiconstrained total elbow arthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery British*, 74 :297–299, 1992.
- [67] S. Pomianowski, S.W. O’Driscoll, P.G. Neale, M.J. Park, B.F. Morrey, and K.N. An. The effect of forearm rotation on laxity and stability of the elbow. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 16 :401–407, 2001.
- [68] S. Tanaka, K.N. An, and B.F. Morrey. Kinematics and laxity of ulno-humeral joint under varus-valgus stress. *J Musculoskel Res.*, 2 :45–54, 1998.
- [69] B.F. Morrey, L.J. Askew, and E.Y. Chao. A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am.*, 63 :872–877, 1981.
- [70] K.N. An, B.F. Morrey, and E.Y. Chao. The effect of partial removal of proximal ulna on elbow constraint. *Clinical orthopaedics and related research.*, pages 270–279, 1986.
- [71] T.H. Bell, L.M. Ferreira, C.P. McDonald, J.A. Johnson, and G.J. King. Contribution of the olecranon to elbow stability : an in vitro biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.*, 92 :949–957, 2010.
- [72] B.F. Morrey and K.N. An. Stability of the elbow : osseous constraints. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al].*, 14 :1745–1785, 2005.
- [73] A.G. Schneeberger, M.M. Sadowski, and H.A. Jacob. Coronoid process and radial head as posterolateral rotatory stabilizers of the elbow. *J Bone Joint Surg Am.*, 86-A :975–982, 2004.
- [74] B.F. Morrey, S. Tanaka, and K.N. An. Valgus stability of the elbow. a definition of primary and secondary constraints. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 187–195, 1991.
- [75] P.A. Davidson, M. Pink, J. Perry, and F.W. Jobe. Functional anatomy of the flexor pronator muscle group in relation to the medial collateral ligament of the elbow. *The American journal of sports medicine*, 23 :245–250, 1995.
- [76] M.C. Park and C.S. Ahmad. Dynamic contributions of the flexor-pronator mass to elbow valgus stability. *J Bone Joint Surg Am.*, 86-A :2268–2274, 2004.
- [77] A.A. Amis. Operative elbow surgery. In D. Stanley and I. Trail, editors, *Biomechanics of the Elbow*, pages 29–44. Elsevier Health Sciences UK, 2011.
- [78] M. Nordin and V.H. Frankel. Basic biomechanics of the musculoskeletal. In M. Nordin and V.H. Frankel, editors, *Biomechanics of the Elbow*, pages 340–357. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

- [79] A.A. Amis and J.H. Miller. Design, development, and clinical trial of a modular elbow replacement incorporating cement-free fixation. *Engineering in medicine*, 13 :175–179, 1984.
- [80] A.A. Amis, D. Dowson, and V. Wright. Elbow joint force predictions for some strenuous isometric actions. *Journal of biomechanics*, 13 :765–775, 1980.
- [81] B.F. Morrey, K.N. An, and T.J. Stormont. Force transmission through the radial head. *J Bone Joint Surg Am.*, 70 :250–256, 1988.
- [82] A.A. Halls and A. Travill. Transmission of pressures across the elbow joint. *The Anatomical record*, 150 :243–247, 1964.
- [83] S. Carlsoo and O. Johansson. Stabilization of and load on the elbow joint in some protective movements. *Acta anatomica*, 48 :224–231, 1962.
- [84] S.H. Rose, L.J. 3rd. Melton, B.F. Morrey, D.M. Ilstrup, and B.L. Riggs. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 24–30, 1982.
- [85] C.M. Robinson, R.M.F. Hill, N. Jacobs, G. Dall, and C.M. Court-Brown. Adult distal humeral metaphyseal fractures : Epidemiology and results of treatment. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 17 :38–47, 2003.
- [86] M.C. Nevitt. Epidemiology of osteoporosis. *Rheumatic diseases clinics of North America*, 20 :535–559, 1994.
- [87] M. Palvanen, S. Niemi, J. Parkkari, and Kannus. P. Osteoporotic fractures of the distal humerus in elderly women. *Annals of internal medicine*, 139 :W–W61, 2003.
- [88] S.R. Cummings and L.J. 3rd. Melton. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet*, 359 :1761–1767, 2002.
- [89] T.J. Hoerger, .K. Downs, M.C. Lakshmanan, and et al. Healthcare use among u.s. women aged 45 and older : total costs and costs for selected postmenopausal health risks. *Journal of women's health & gender-based medicine*, 8 :1077–1089, 1999.
- [90] K. Lippuner, A.W. Popp, P. Schwab, and et al. Fracture hospitalizations between years 2000 and 2007 in switzerland : a trend analysis. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 22 :2487–2497, 2011.
- [91] A.A. Amis and J.H. Miller. The mechanisms of elbow fractures : an investigation using impact tests in vitro. *Injury*, 26 :163–8., 199.
- [92] S.A. Grantham, T.R. Norris, and Bush D.C. Isolated fracture of the humeral capitellum. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 262–269, 1981.
- [93] M. Palvanen, P. Kannus, J. Parkkari, and al. et. The injury mechanisms of osteoporotic upper extremity fractures among older adults : a controlled study of 287 consecutive patients and their 108 controls. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 11 :822–831, 2000.
- [94] S. Katz, A.B. Ford, R.W. Moskowitz, B.A. Jackson, and Jaffe M.W. Studies of illness in the aged. The index of Adl : A standardized measure of biological and psychosocial function. *JAMA. The journal of the American Medical Association*, 185 :914–919, 1963.

- [95] S. Rigal and L. Mathieu. Classification des fractures de la palette humérale de l'adulte. In J.Y. Alnot, C. Fontaine, D. Le Nen, P. Liverneaux, and E. Masméjean, editors, *Cours européen de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main - 2013*. Montpellier, pages 103–108. Sauramps Médical, 2013.
- [96] P. Lecestre, J.Y. Dupont, Jacob A. Lortat, and J.O. Ramadier. Severe fractures of the lower end of the humerus in adults (author's transl). *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 65 :11–23, 1979.
- [97] Lecestre P. Les fractures de l'extrémité inférieure de l'humérus chez l'adulte (table ronde). *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 66(Suppl 11) :21–50, 1980.
- [98] J.B. Jupiter. Internal fixation for fracture about the elbow. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 4 :31–48, 1994.
- [99] J.B. Jupiter and D.K. Mehne. Fractures of the distal humerus. *Orthopaedics*, 15 :825–833, 1992.
- [100] D. Ring, J.B. Jupiter, and L. Gulotta. Articular fractures of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.*, 85-A :232–238, 2003.
- [101] M.B. Davies and D. Stanley. A clinically applicable fracture classification for distal humeral fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 15 :602–608, 2006.
- [102] J.L. Marsh, T.F. Slongo, J. Agel, and al. et. Fracture and dislocation classification compendium - 2007 : Orthopaedic trauma association classification, database and outcomes committee. *J Orthop Trauma.*, 21 :S1–133, 2007.
- [103] M.E. Müller. *Classification AO des fractures : Les os longs*. Springer-Verlag, 1987.
- [104] M.B. Henley, L.B. Bone, and B. Parker. Operative management of intra-articular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma.*, 1 :24–35, 1987.
- [105] A.M. Wainwright, J.R. Williams, and A.J. Carr. Interobserver and intraobserver variation in classification systems for fractures of the distal humerus. *The Journal of bone and joint surgery British*, 82 :636–642, 2000.
- [106] J.H. Dubberley, K.J. Faber, Macdermid. J.C., S.D. Patterson, and G.J. King. Outcome after open reduction and internal fixation of capitellar and trochlear fractures. *J Bone Joint Surg Am.*, 88 :46–54, 2006.
- [107] W.T. Gofton, J.C. Macdermid, S.D. Patterson, K.J. Faber, and G.J. King. Functional outcome of ao type c distal humeral fractures. *The Journal of hand surgery*, 28 :294–308, 2003.
- [108] R. Watson-Jones. *Fractures et lésions articulaires traumatiques*. Delachaux and Niestlé, 1957. Adaptation française d'après la 4e édition anglaise par le professeur J. Roussel (avec la collaboration des Drs Pierre Schoumacher et Monique Pernot et de Mlle Marguerite Tressont).
- [109] P Decoulx, M. Ducloux, J. Hespeel, and J. Decoulx. Fractures of the lower extremity of the humerus in adults (152 cases). *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 50 :263–73, 1964.
- [110] R.F. Brown and R.G. Morgan. Intercondylar T-shaped fractures of the humerus. results in ten cases treated by early mobilisation. *The Journal of bone and joint surgery British*, 53 :425–428, 1971.
- [111] C. Peach and D. Stanley. Surgical approaches to the elbow. *Orthopaedics and Trauma*, 26 :297–302, 2012.

- [112] C. Dos Remedios, G. Wavreille, C. Chantelot, and C. Fontaine. *Voies d'abord du coude*. Paris : Elsevier SAS, 2003.
- [113] J.M. Sales, M. Videla, P. Forcada, M. Llausa, and Nardi. J. Fracturas de los huesos largos, vías de acceso quirúrgico. In J.M. Sales, editor, *Atlas de osteosíntesis*. Barcelona : Elsevier Masson, 2009.
- [114] FM. Smith. *Surgery of the elbow*. Saunders, 1972.
- [115] R.B. Laakso, P. Forcada-Calvet, J.R. Ballesteros-Betancourt, M. Llusà-Pérez, and Antuña S.A. Surgical approaches to the elbow. In D. Stanley and I. Trail, editors, *Operative Elbow Surgery*. Elsevier Health Sciences UK, 2011.
- [116] W.C. Campbell. Incision for exposure of the elbow joint. *Am J Surg.*, 15 :65, 1932.
- [117] M. Alonso-Llames. Bilateraltricipital approach to the elbow. its application in the osteosynthesis of supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop Scandinav*, 43 :479–490, 1972.
- [118] N. Gschwend. Our operative approach to the elbow joint. *Arch Orth Traum Surg.*, 98 :143–146, 1981.
- [119] G.W. Van Gorder. Surgical approach in supracondylar "T" fractures of the humerus requiring open reduction. *J Bone Joint Surg.*, 22 :278–292, 1940.
- [120] T.G. Wadsworth. A modified posterolateral approach to the elbow and proximal radioulnar joints. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 151–153, 1979.
- [121] R.S. Bryan and B.F. Morrey. Extensive posterior exposure of the elbow. a triceps-sparing approach. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 188–192, 1982.
- [122] S.W. Wolfe and C.S. Ranawat. The osteo-anconeus flap. an approach for total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.*, 72 :684–688, 1990.
- [123] B.F. Morrey and J. Sanchez-Sotelo. Approaches for elbow arthroplasty : how to handle the triceps. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 20 :590–596, 2011.
- [124] K. Schmidt-Horlohe, P. Wilde, A. Bonk, L. Becker, and R. Hoffmann. One-third tubular-hook-plate osteosynthesis for olecranon osteotomies in distal humerus type-C fractures : a preliminary report of results and complications. *Injury*, 43 :295–300, 2012.
- [125] J.B. Jupiter, U. Neff, P. Holzach, and M. Allgower. Intercondylar fractures of the humerus. an operative approach. *J Bone Joint Surg Am.*, pages 226–239, 67.
- [126] B.J. Gainor, F. Moussa, and T. Schott. Healing rate of transverse osteotomies of the olecranon used in reconstruction of distal humerus fractures. *Journal of the Southern Orthopaedic Association*, 4 :263–268, 1995.
- [127] J.B. Jupiter. The surgical management of intraarticular fractures of the distal humerus. In B.F. Morrey, editor, *The Elbow : Master Techniques in Orthopaedic Surgery*, pages 65–82. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- [128] A.D. Sane, P.W. Dakoure, CB. Dieme, and et al. Olecranon osteotomy in the treatment of distal humeral fractures in adults : anatomical and functional evaluation of the elbow in 14 cases. *Chirurgie de la main.*, 28 :93–98, 2009.

- [129] P. Mishra, A. Aggarwal, M. Rajagopalan, I. Dhammi, and A.K. Jain. Critical analysis of triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for operative management of intra-articular distal humerus fractures. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 1 :71–80, 2010.
- [130] S.W. O’Driscoll. The triceps-reflecting anconeus pedicle (TRAP) approach for distal humeral fractures and nonunions. *The Orthopedic clinics of North America*, 31 :91–101, 2000.
- [131] J.M. Wilkinson and D. Stanley. Posterior surgical approaches to the elbow : a comparative anatomic study. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 10 :380–382, 2001.
- [132] P.W. Dakoure, A. Ndiaye, J.M. Ndoye, and et al. Posterior surgical approaches to the elbow : a simple method of comparison of the articular exposure. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*, 29 :671–674, 2007.
- [133] M. Guerroudj, J.C. de Longueville, M. Rooze, M. Hinsenkamp, V. Feipel, and F. Schuind. Biomechanical properties of triceps brachii tendon after in vitro simulation of different posterior surgical approaches. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 16 :849–853, 2007.
- [134] G. Chen, Q. Liao, W. Luo, K. Li, Y. Zhao, and D. Zhong. Triceps sparing versus olecranon osteotomy for ORIF analysis of 67 cases of intercondylar fractures of the distal humerus. *Injury*, 42 :366–370, 2011.
- [135] J.C. Strachan and B.W. Ellis. Vulnerability of the posterior interosseous nerve during radial head resection. *The Journal of bone and joint surgery British*, 53 :320–323, 1971.
- [136] K. Tsuge, T. Murakami, Y. Yasunaga, and R.R. Kanaujia. Arthroplasty of the elbow. twenty years’ experience of a new approach. *The Journal of bone and joint surgery British*, 69 :116–120, 1987.
- [137] N.G. Kasparian and R.N. Hotchkiss. Dynamic skeletal fixation in the upper extremity. *Hand clinics*, 13 :643–663, 1997.
- [138] Elhage R. *Fractures récentes de l’extrémité distale de l’humérus chez l’adulte traitées par ostéosynthèse*. PhD thesis, Université Lille 2, 1997. p. 157.
- [139] D.L. Helfet and R.N. Hotchkiss. Internal fixation of the distal humerus : a biomechanical comparison of methods. *J Orthop Trauma*, 4 :260–264, 1990.
- [140] R. Penzkofer, S. Hungerer, F. Wipf, G. von Oldenburg, and P. Augat. Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 25 :972–978, 2010.
- [141] M.W. Arnander, A. Reeves, I.A. MacLeod, T.M. Pinto, and A. Khaleel. A biomechanical comparison of plate configuration in distal humerus fractures. *J Orthop Trauma*, 22 :332–336, 2008.
- [142] E.H. Schemitsch, A.F. Tencer, and M.B. Henley. Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus. *J Orthop Trauma*, 8 :468–475, 1994.
- [143] I. Schuster, J. Korner, M. Arzdorf, K. Schwieger, G. Diederichs, and B. Linke. Mechanical comparison in cadaver specimens of three different 90-degree double-plate osteosyntheses for simulated c2-type distal humerus fractures with varying bone densities. *J Orthop Trauma*, 22 :113–120, 2008.

- [144] K. Stoffel, S. Cunneen, R. Morgan, R. Nicholls, and G. Stachowiak. Comparative stability of perpendicular versus parallel double-locking plating systems in osteoporotic comminuted distal humerus fractures. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 26 :778–784, 2008.
- [145] C.G. Zalavras, M.T. Vercillo, B.J. Jun, K. Otarodifard, Itamura J.M., and Lee T.Q. Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 20 :12–20, 2011.
- [146] S.R. Jacobson, R.R. Glisson, and J.R. Urbaniak. Comparison of distal humerus fracture fixation : a biomechanical study. *Journal of the Southern Orthopaedic Association*, 6 :241–249, 1997.
- [147] A. Schwartz, R. Oka, T. Odell, and A. Mahar. A biomechanical comparison of two different periarticular plating systems for stabilization of complex distal humerus fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 21 :950–955, 2006.
- [148] S.J. Shin, H.S. Sohn, and N.H. Do. A clinical comparison of two different double plating methods for intraarticular distal humerus fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 19 :2–9, 2010.
- [149] M. Vennettilli and G.S. Athwal. Parallel versus orthogonal plating for distal humerus fractures. *The Journal of hand surgery*, 37 :819–820, 2012.
- [150] J. Korner, G. Diederichs, M. Arzendorf, and et al. A biomechanical evaluation of methods of distal humerus fracture fixation using locking compression plates versus conventional reconstruction plates. *J Orthop Trauma*, 18 :286–293, 2004.
- [151] M. Berkes, G. Garrigues, J. Solic, and et al. Locking and non-locking constructs achieve similar radiographic and clinical outcomes for internal fixation of intra-articular distal humerus fractures. *HSS journal : the musculoskeletal journal of Hospital for Special Surgery*, 7 :244–250, 2011.
- [152] K.J. Koval, M.L. Skovron, G.B. Aharonoff, and Zuckerman J.D. Predictors of functional recovery after hip fracture in the elderly. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 22–28, 1998.
- [153] P.K. Beredjiklian, R.N. Hotchkiss, E.A. Athanasian, M.L. Ramsey, and M.A. Katz. Recalcitrant nonunion of the distal humerus : treatment with free vascularized bone grafting. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 134–139, 2005.
- [154] A. Ali, H. Douglas, and D. Stanley. Revision surgery for nonunion after early failure of fixation of fractures of the distal humerus. *The Journal of bone and joint surgery British*, 87 :1107–1110, 2005.
- [155] M.D. McKee, D.M. Pugh, R.R. Richards, E. Pedersen, C. Jones, and E.H. Schemitsch. Effect of humeral condylar resection on strength and functional outcome after semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.*, 85-A :802–807, 2003.
- [156] K.J. Burkhart, S. Nijs, S.G. Mattyasovszky, and et al. Distal humerus hemiarthroplasty of the elbow for comminuted distal humeral fractures in the elderly patient. *The Journal of trauma*, 71 :635–642, 2011.
- [157] E. Argintar, M. Berry, S.J. Narvy, J. Kramer, R. Omid, and Itamura J.M. Hemiarthroplasty for the treatment of distal humerus fractures : Short-term clinical results. *Orthopedics*, 35 :1042–1045, 2012.

- [158] L. Adolfsson and R. Hammer. Elbow hemiarthroplasty for acute reconstruction of intraarticular distal humerus fractures : a preliminary report involving 4 patients. *Acta orthopaedica*, 77 :785–787, 2006.
- [159] G.S. Athwal, T.J. Goetz, J.W. Pollock, and K.J. Faber. Prosthetic replacement for distal humerus fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, 39 :201–12, 2008.
- [160] J.K. Wiggers, K.M. Brouwer, G.T. Helmerhorst, and Ring D. Predictors of diagnosis of ulnar neuropathy after surgically treated distal humerus fractures. *The Journal of hand surgery*, 37 :1168–1172, 2012.
- [161] G.S. Athwal, S.C. Hoxie, D.M. Rispoli, and S.P. Steinmann. Precontoured parallel plate fixation of ao/ota type c distal humerus fractures. *Journal of orthopaedic trauma*, 23 :575–580, 2009.
- [162] H. Kinik, H. Atalar, and E. Mergen. Management of distal humerus fractures in adults. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie*, 119 :467–469, 1999.
- [163] H. 2nd. Hastings and T.J. Graham. The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm. *Hand clinics*, 10 :417–437, 1994.
- [164] C. Chantelot, C. Fontaine, H. Migaud, F. Remy, D. Chapnikoff, and A. Duquenooy. Retrospective study of 23 arthrolyses of the elbow for post-traumatic stiffness : result predicting factors. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 85 :823–827, 1999.
- [165] B.J. Holdsworth and M.M. Mossad. Fractures of the adult distal humerus. elbow function after internal fixation. *The Journal of bone and joint surgery British*, 72 :362–365, 1990.
- [166] J. Sodergard, J. Sandelin, and O. Bostman. Mechanical failures of internal fixation in T and Y fractures of the distal humerus. *The Journal of trauma*, 33 :687–690, 1992.
- [167] R. Wildburger, M. Mahring, and H.P. Hofer. Supraintercondylar fractures of the distal humerus : results of internal fixation. *J Orthop Trauma*, 5 :301–307, 1991.
- [168] G. Wavreille, C. Dos Remedios, C. Chantelot, M. Limousin, and C. Fontaine. Anatomic bases of vascularized elbow joint harvesting to achieve vascularized allograft. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*, 28 :498–510, 2006.
- [169] H.T. Lu, T.G. Guitton, J.T. Capo, and D. Ring. Elbow instability associated with bicolumnar fracture of the distal humerus : report of three cases. *The Journal of hand surgery*, 35 :1126–1129, 2010.
- [170] D.R. Gill and Morrey B.F. The Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty in patients who have rheumatoid arthritis. a ten to fifteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.*, 80 :1327–1335, 1998.
- [171] J. Gille, A. Ince, O. Gonzalez, A. Katzer, and J.F. Loehr. Single-stage revision of peri-prosthetic infection following total elbow replacement. *The Journal of bone and joint surgery British*, 88 :1341–1346, 2006.
- [172] L.L. Shi, D. Zurakowski, D.G. Jones, M.J. Koris, and T.S. Thornhill. Semiconstrained primary and revision total elbow arthroplasty with use of the Coonrad-Morrey prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.*, 89 :1467–1475, 2007.
- [173] S.W. O’Driscoll and Morrey B.F. Periprosthetic fractures about the elbow. *The Orthopedic clinics of North America*, 319–325, 1999.

- [174] J. Sanchez-Sotelo, S. O'Driscoll, and Morrey B.F. Periprosthetic humeral fractures after total elbow arthroplasty : treatment with implant revision and strut allograft augmentation. *J Bone Joint Surg Am.*, 84-A :1642–1650, 2002.
- [175] B.P. Lee, R.A. Adams, and Morrey B.F. Polyethylene wear after total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.*, 87 :1080–7, 2005.
- [176] G.S. Athwal and B.F. Morrey. Revision total elbow arthroplasty for prosthetic fractures. *J Bone Joint Surg Am.*, 88 :2017–2026, 2006.
- [177] R.K.W. Chan and G.J.W. King. The management of the failed total elbow arthroplasty. In D. Stanley and I. Trail, editors, *Operative Elbow Surgery*. Elsevier Health Sciences UK, 2011.
- [178] R.B. Gustilo and Anderson J.T. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones : retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.*, 58 :453–458, 1976.
- [179] L.N. Matheson, J.M. Melhorn, T.G. Mayer, B.R. Theodore, and R.J. Gatchel. Reliability of a visual analog version of the quick dash. *J Bone Joint Surg.*, 88-A :1782–1787, 2006.
- [180] M.A. Bröberg and Morrey B.F. Result of delayed excision of the radial head after fracture. *J Bone Joint Surg.*, 68-A :669–674, 1986.
- [181] B. Augereau and P. Mansat. Les prothèses totales de coude. In *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, volume 91, pages 31–35. Symposium SOFCOT, 2005.
- [182] P. Mansat, V. Lauwers-Cances, and C. Cristini. Méthodologie de la revue des patients. In *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, volume 91, pages 41–45. Symposium SOFCOT sur les prothèses totales de coude, 2005.
- [183] J.M. Feron, T. Thomas, C. Roux, and J. Puget. Osteoporosis and the orthopaedic surgeon in 2007. *Revue de chirurgie orthopédique et reparatrice de l'appareil moteur*, 94 Suppl :S99–107, 2008.
- [184] B.R. Singer, G.J. McLauchlan, C.M. Robinson, and J. Christie. Epidemiology of fractures in 15,000 adults : the influence of age and gender. *The Journal of bone and joint surgery British*, 80 :243–248, 1998.
- [185] A. Soltanpur. Anterior supracondylar fracture of the humerus (felxion type). *The Journal of bone and joint surgery British*, 60B :383–386, 1978.
- [186] M.J. DeFranco and J.N. Lawton. Radial nerve injuries associated with humeral fractures. *The Journal of hand surgery*, 31 :655–663, 2006.
- [187] S. Kalogrianitis, C. Sinopidis, M. El Meligy, A. Rawal, and S.P. Frostick. Unlinked elbow arthroplasty as primary treatment for fractures of the distal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 17 :287–292, 2008.
- [188] R. Gambirasio, N. Riand, R. Stern, and P. Hoffmeyer. Total elbow replacement for complex fractures of the distal humerus. an option for the elderly patient. *The Journal of bone and joint surgery British*, 83 :974–978, 2001.
- [189] B. Chalidis, C. Dimitriou, P. Papadopoulos, G. Petsatodis, and P.V. Giannoudis. Total elbow arthroplasty for the treatment of insufficient distal humeral fractures. a retrospective clinical study and review of the literature. *Injury*, 40 :582–590, 2009.

- [190] A. Ali, S. Shahane, and D. Stanley. Total elbow arthroplasty for distal humeral fractures : indications, surgical approach, technical tips, and outcome. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 19 :53–58, 2010.
- [191] S.A. Antuna, R.B. Laakso, J.L. Barrera, X. Espiga, and A. Ferreres. Linked total elbow arthroplasty as treatment of distal humerus fractures. *Acta orthopaedica Belgica*, 78 :465–472, 2012.
- [192] G. Ducrot, M. Ehlinger, P. Adam, A. Di Marco, P. Clavert, and F. Bonnomet. Complex fractures of the distal humerus in the elderly : Is primary total elbow arthroplasty a valid treatment alternative ? a series of 20 cases. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 99 :10–20, 2013.
- [193] N. Prasad and C. Dent. Outcome of total elbow replacement for distal humeral fractures in the elderly : a comparison of primary surgery and surgery after failed internal fixation or conservative treatment. *The Journal of bone and joint surgery British*, 90 :343–348, 2008.
- [194] J. Siegler. Les prothèses totales de coude : une solution dans la prise en charge des fractures complexes de l’extrémité distale de l’humérus chez le sujet âgé. Mémoire, Limoges, 2010.
- [195] T.L. Huang, F.Y. Chiu, T.Y. Chuang, and T.H. Chen. Surgical treatment of acute displaced fractures of adult distal humerus with reconstruction plate. *Injury*, 35 :1143–1148, 2004.
- [196] J.B. Zagorski, J.J. Jennings, W.E. Burkhalter, and J.W. Uribe. Comminuted intraarticular fractures of the distal humeral condyles. surgical vs. nonsurgical treatment. *Clinical orthopaedics and related research*, pages 197–204, 1986.
- [197] H. John, R. Rosso, U. Neff, A. Bodoky, P. Regazzoni, and F. Harder. Operative treatment of distal humeral fractures in the elderly. *The Journal of bone and joint surgery British*, 76 :793–796, 1994.
- [198] T.R. Pereles, K.J. Koval, M. Gallagher, and H. Rosen. Open reduction and internal fixation of the distal humerus : functional outcome in the elderly. *The Journal of trauma*, 43 :578–584, 1997.
- [199] J. Imatani, T. Ogura, Y. Morito, H. Hashizume, and H. Inoue. Custom ao small T plate for transcondylar fractures of the distal humerus in the elderly. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 14 :611–615, 2005.
- [200] J.I. Huang, M. Paczas, H.A. Hoyer, and H.A. Vallier. Functional outcome after open reduction internal fixation of intra-articular fractures of the distal humerus in the elderly. *J Orthop Trauma*, 25 :259–265, 2011.
- [201] A.D. Sane, P.W. Dakoure, C.B. Dieme, and et al. Olecranon osteotomy in the treatment of distal humeral fractures in adults : anatomical and functional evaluation of the elbow in 14 cases. *Chirurgie de la main*, 28 :93–98, 2009.
- [202] E.A. Hewins, W.T. Gofton, J. Dubberly, J.C. MacDermid, K.J. Faber, and G.J. King. Plate fixation of olecranon osteotomies. *J Orthop Trauma*, pages 58–62, 2007.
- [203] M. Zlowodzki, S. Williamson, P.A. Cole, L.D. Zardiackas, and P.J. Kregor. Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system, angled blade plate, and retrograde intramedullary nail for the internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma*, 18 :494–502, 2004.
- [204] F.A. Liporace, E.N. Kubiak, G.K. Jeong, K. Iesaka, K.A. Egol, and K.J. Koval. A biomechanical comparison of two volar locked plates in a dorsally unstable distal radius fracture model. *The Journal of trauma*, 61 :668–672, 2006.

- [205] P.A. Cole, M. Zlowodzki, and P.J. Kregor. Treatment of proximal tibia fractures using the less invasive stabilization system : surgical experience and early clinical results in 77 fractures. *J Orthop Trauma*, 18 :528–535, 2004.
- [206] M.E. Müller, S.S.M. Perren, M. Allgöwer, and Af. Osteosynthesefragen. *Manual of Internal Fixation : Techniques Recommended by the Ao-Asif Group*. Springer-Verlag, 1991.
- [207] K. Theivendran, P.J. Duggan, and S.C. Deshmukh. Surgical treatment of complex distal humeral fractures : functional outcome after internal fixation using precontoured anatomic plates. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 19 :524–532, 2010.
- [208] E. Rebuzzi, A. Vascellari, and S. Schiavetti. The use of parallel precontoured plates in the treatment of a and c fractures of the distal humerus. *Musculoskelet Surg.*, 94 :9–16, 2010.
- [209] G. Ducrot, F. Bonnomet, P. Adam, and M. Ehlinger. Treatment of distal humerus fractures with LCP DHP locking plates in patients older than 65 years. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 2013.
- [210] J.P. van Duijn, J.N. Doornberg, P. Kloen, Raaymakers E.L.F.B., D.S. Linzel, and Marti R.K. 6 : Intra-articular distal humerus fractures : 12-30 years follow-up. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 16 :e44, 2007.
- [211] A.G. Schneeberger, D.C. Meyer, and E.H. Yian. Coonrad-morrey total elbow replacement for primary and revision surgery : a 2- to 7.5-year follow-up study. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 16 :S47–54, 2007.
- [212] J.C. Levy, M. Loeb, C. Chuinard, R.A. Adams, and B.F. Morrey. Effectiveness of revision following linked versus unlinked total elbow arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 18 :457–62, 2009.
- [213] I. Voloshin, D.W. Schippert, S. Kakar, E.K. Kaye, and B.F. Morrey. Complications of total elbow replacement : a systematic review. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 20 :158–168, 2011.
- [214] B.T. Fevang, S.A. Lie, L.I. Havelin, A. Skredderstuen, and O. Furnes. Results after 562 total elbow replacements : a report from the norwegian arthroplasty register. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 18 :449–456, 2009.
- [215] K.T. Lee, C.H. Lai, and S. Singh. Results of total elbow arthroplasty in the treatment of distal humerus fractures in elderly asian patients. *The Journal of trauma*, 61 :889–892, 2006.
- [216] G. Peersman, R. Laskin, J. Davis, M.G. Peterson, and T. Richart. Prolonged operative time correlates with increased infection rate after total knee arthroplasty. *HSS journal : the musculoskeletal journal of Hospital for Special Surgery*, 2 :70–2, 2006.
- [217] J. Pajarinen and J.M. Bjorkenheim. Operative treatment of type c intercondylar fractures of the distal humerus : results after a mean follow-up of 2 years in a series of 18 patients. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 11 :48–52, 2002.
- [218] M.A. Sager, T. Franke, S.K. Inouye, and et al. Functional outcomes of acute medical illness and hospitalization in older persons. *Archives of internal medicine*, 156 :645–652, 1996.
- [219] A. Cil, C.J. Veillette, J. Sanchez-Sotelo, and B.F. Morrey. Linked elbow replacement : a salvage procedure for distal humeral nonunion. *J. Bone Joint Surg Am.*, 90 :1939–50, 2008.

# Annexe A

## Classification de l'AO-OTA complète

### Subgroups and Qualifications:

Humerus, distal, extra-articular apophyseal avulsion (13-A1)

1. Lateral epicondyle (13-A1.1)

2. Medial epicondyle, non-incarcerated (13-A1.2)

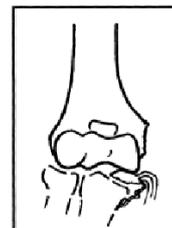
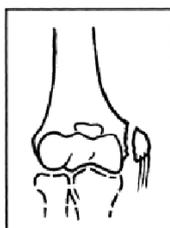
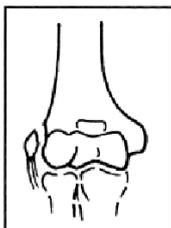
(1) non-displaced

(2) displaced

(3) fragmented

3. Medial epicondyle, incarcerated (13-A1.3)

**A1**



Humerus, distal, extra-articular metaphyseal simple (13-A2)

1. Oblique downwards and inwards (13-A2.1) 2. Oblique downwards and outwards (13-A2.2) 3. Transverse (13-A2.3)  
 (1) transmetaphyseal

(2) juxta-epiphyseal with posterior displacement (Kocher I)

(3) juxta-epiphyseal with anterior displacement (Kocher II)

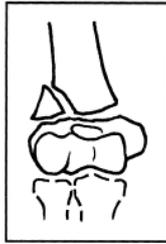
A2



Humerus, distal, extra-articular metaphyseal multifragmentary (13-A3)

1. With intact wedge (13-A3.1) 2. With fragmented wedge (13-A3.2) 3. Complex (13-A3.3)  
 (1) lateral (2) medial (1) lateral (2) medial

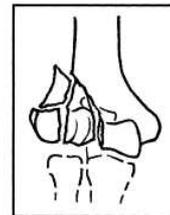
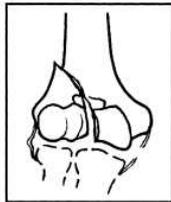
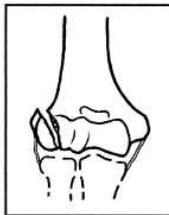
A3



Humerus, distal, partial articular lateral sagittal (13-B1)

1. Capitellum (13-B1.1) 2. Transtrochlear simple (13-B1.2) 3. Transtrochlear multifragmentary (13-B1.3)  
 (1) through the capitellum (Milch I) (1) medial collateral ligament intact (1) epiphysio-metaphyseal  
 (2) between capitellum and trochlea (2) medial collateral ligament ruptured (2) epiphysio-metaphyseal-diaphyseal  
 (3) metaphyseal simple (classic Milch II) lateral condyle (4) metaphyseal wedge (5) metaphysio-diaphyseal

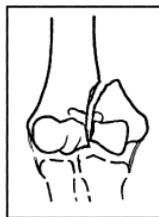
B1



Humerus, distal, partial articular, medial sagittal (13-B2)

1. Transtrochlear simple, through medial side (Milch I) (13-B2.1) 2. Transtrochlear simple, through the groove (13-B2.2) 3. Transtrochlear multifragmentary (13-B2.3)  
 (1) epiphysio-metaphyseal (2) epiphysio-metaphyseal-diaphyseal

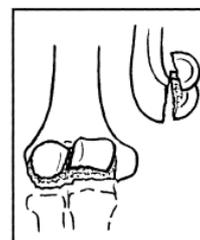
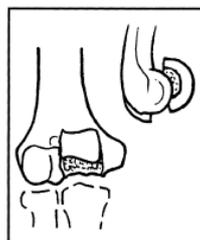
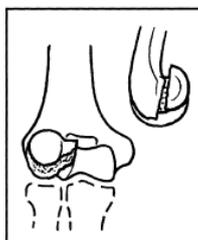
B2



Humerus, distal, partial articular, frontal (13-B3)

1. Capitellum (13-B3.1) 2. Trochlea (13-B3.2) 3. Capitellum and trochlea (13-B3.3)  
 (1) incomplete (Kocher-Lorenz) (1) simple (1) simple  
 (2) complete (Hahn-Steinthal 1) (2) fragmented (2) fragmented  
 (3) with trochlear component (Hahn-Steinthal 2) (4) fragmented

B3

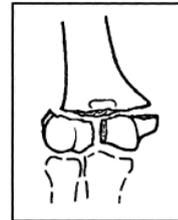
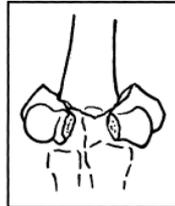
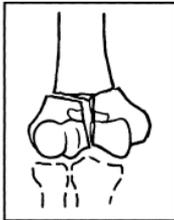


Humerus, distal complete, articular simple, metaphyseal simple (13-C1)

1. With slight displacement (13-C1.1)  
 (1) Y-shaped  
 (2) T-shaped  
 (3) V-shaped
2. With marked displacement (13-C1.2)  
 (1) Y-shaped  
 (2) T-shaped  
 (3) V-shaped

3. T-shaped epiphyseal (13-C1.3)

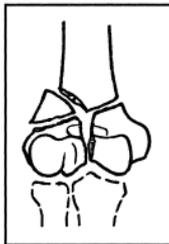
**C1**



Humerus, distal, complete articular simple metaphyseal multifragmentary (13-C2)

1. With intact wedge (13-C2.1)  
 (1) metaphyseal lateral  
 (2) metaphyseal medial  
 (3) metaphysio-diaphyseal-lateral  
 (4) metaphysio-diaphyseal-medial
2. With a fragmented wedge (13-C2.2)  
 (1) metaphyseal lateral  
 (2) metaphyseal medial  
 (3) metaphysio-diaphyseal-lateral  
 (4) metaphysio-diaphyseal-medial
3. Complex (13-C2.3)

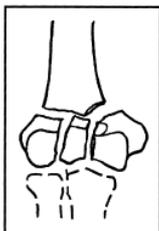
**C2**



Humerus, distal, complete multifragmentary (13-C3)

1. Metaphyseal simple (13-C3.1)
2. Metaphyseal wedge (13-C3.2)  
 (1) intact  
 (2) fragmented
3. Metaphyseal complex (13-C3.3)  
 (1) localized  
 (2) extending into diaphysis

**C3**



# Annexe B

## Questionnaire du Quick DASH

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
Effectuer les tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
Porter des sacs de provisions ou un malette	1	2	3	4	5
Se laver le dos	1	2	3	4	5
Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
Activité de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule, du bras ou de la main (bricolage, tennis, golf, ...)	1	2	3	4	5

	Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
<b>Pendant les 7 derniers jours</b> , à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle géné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins	1	2	3	4	5

	Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
Avez-vous été limité dans votre travail ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main ?	1	2	3	4	5

Veillez évaluer la sévérité des symptômes suivants **durant les 7 derniers jours** (entourez une réponse sur chacune des lignes)

	Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
Douleur de l'épaule, du bras ou de la main ?	1	2	3	4	5
Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5

	Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux dormir
<b>Pendant les 7 derniers jours</b> , votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse) ?	1	2	3	4	5

Le score du Quick DASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.

## Annexe C

# Résultats radiologiques et complications



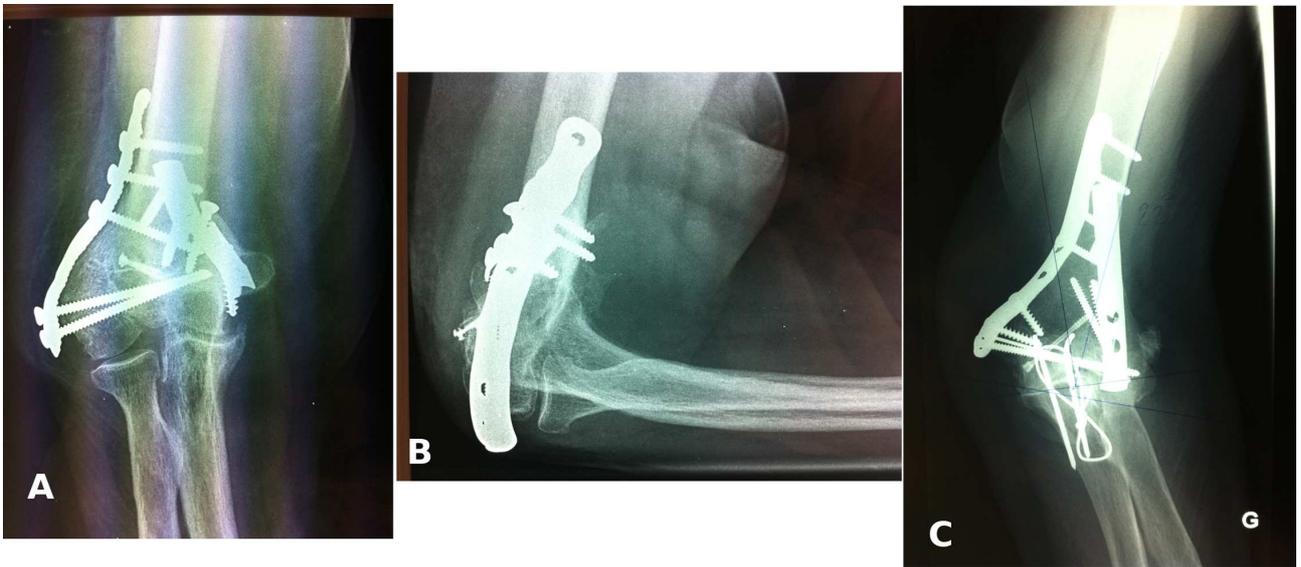
Figure C.1 – Ostéosynthèse fracture C3 par deux plaques selon l'AO : radiographies post-opératoires.



**Figure C.2** – *Fracture C3 : ostéosynthèse par deux plaques à 90°. Psudarthrose du trait supracondylien.*



**Figure C.3** – *Fracture C1. Défaillance du matériel (vis peu nombreuses dans le fragment distal). Déplacement fracturaire et cal vicieux majeur dans les deux plans.*



**Figure C.4** – *Différents types de cals vicieux.*

**A** : *articulaire frontale*, **B** : *mixte sagittal* et **C** : *extra-articulaire frontal*



**Figure C.5** – *Fracture C1 : ostéosynthèse par deux plaques. Consolidation anatomique mais pseudoarthrose de l'olécrane et ascension de celui-ci. Défaillance de la vis de synthèse.*



**Figure C.6** – 1<sup>ère</sup> ligne : fracture A3 basse, indication d'une prothèse de Coonrad-Morrey. Bon résultat.  
 2<sup>ème</sup> ligne : fracture C3, indication d'une prothèse de Coonrad-Morrey

**AUTEUR : Nom : NÉDELLEC Prénom : Guillaume**

**Date de Soutenance : 12 avril 2013**

**Titre de la Thèse : Les fractures complexes de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé. Quel est le traitement optimal ?**

**Thèse : Médecine - Lille 2013**

**Cadre de classement : DES Chirurgie générale, Spécialité : Orthopédie - Traumatologie**

**Mots-clés : Fracture humérale distale, sujet âgé, ostéoporose, arthroplastie, ostéosynthèse, coude**

**RÉSUMÉ :**

**Titre :** Les fractures complexes de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé. Quel est le traitement optimal ?

**Contexte :** Les fractures de l'extrémité distale de l'humérus chez le sujet âgé sont un véritable défi thérapeutique. Le traitement optimal reste encore débattu entre l'ostéosynthèse par plaques et l'arthroplastie. Cette étude rétrospective permet d'évaluer les résultats cliniques et radiologiques des patients âgés après fracture de l'humérus distal. Elle permet également de dresser une image épidémiologique.

**Méthode :** Entre 2000 et 2011, nous avons traité 61 fractures de l'extrémité distale de l'humérus dans une population d'âge moyen de 77,2 ans [65;100]. Les données épidémiologiques et opératoires ont été relevées. Les résultats ont été évalués par le Mayo Elbow Performance Score (MEPS), par l'autoquestionnaire du Quick-Disabilities of the ARM, Shoulder and Hand (Quick-DASH) et par un bilan radiographique. A la révision, 39 patients ont bénéficié d'une ostéosynthèse comme traitement initial, 16 patients d'une arthroplastie semi-contrainte. Ces deux groupes sont étudiés puis comparés

**Résultats :** Le recul moyen est de 54,4 mois [9;126]. La série «ostéosynthèse» comporte 54% de fracture de type C dans la classification AO-OTA. Le MEPS moyen est de 81 points avec des résultats excellents dans 7 cas, bons dans 11 cas et moyens dans 4 cas. La technique de synthèse par plaques parallèles semble donner de meilleurs résultats. 14 patients présentent au moins une complication. Nous déplorons 6 reprises chirurgicales. Les résultats radiographiques mettent en évidence un nombre accru de cals vicieux et d'évolution arthrosique, sans influence statistique sur la fonction. La série «prothèse» comporte 87,5 % de fracture de type C. L'implant de Coonrad-Morrey a été utilisé chez l'ensemble des patients. Les résultats sont aussi très bon avec un MEPS moyen à 80 points : 2 excellents résultats, 3 bons et 4 moyens. 3 patients ont présenté une complication. A la fin de l'étude, aucune reprise chirurgicale n'a été effectuée. Deux patients ont présenté une fracture péri-prothétique traumatique. Les deux groupes, malgré une différence significative d'âge et de niveau de santé général des patients (en défaveur du groupe «prothèse»), ne montrent aucune différence significative en terme de résultats, hormis un temps opératoire plus élevé et la nécessité d'une immobilisation dans le groupe des ostécsynthèses.

**Conclusion :** Le traitement chirurgical des fractures de l'humérus donne des résultats cliniques satisfaisants. Cependant, le taux de complications est très important et implique un tiers des patients. L'utilisation d'une prothèse totale de coude semi-contrainte est un traitement de choix chez le sujet âgé. Les résultats des prothèses sont aussi bons que ceux des ostécsynthèses. De plus, la pose d'une prothèse permet une rééducation précoce et l'absence d'immobilisation, gage d'une autonomie conservée chez les patients âgés.

Néanmoins, nous ne pouvons pas recommander l'arthroplastie de manière systématique chez les patients victimes d'une fracture de l'extrémité distale de l'humérus, avant de connaître les résultats à long terme de ce type de chirurgie. Il paraît en tout cas licite de proposer une arthroplastie, dans le cadre de la géronto-traumatologie, à partir de l'âge de 80 ans.

**Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur Christian FONTAINE

**Assesseurs :** Monsieur le Professeur Carlos MAYNOU  
Monsieur le Professeur Christophe CHANTELOT  
Monsieur le Docteur Guillaume WAVREILLE  
Monsieur le Docteur Guillaume STROUK