



Laboratoire de Recherches Orthopédiques  
UPRESA CNRS 7052



Diplôme Universitaire de Chirurgie du Membre Supérieur

## Prothèses totales du coude :

Principaux concepts

Indications et Résultats dans le coude rhumatoïde

Complications des PTC

Didier Hannouche

**Service de Chirurgie Orthopédique  
Hôpital Lariboisière, Paris**



# Introduction

---

- Les PTC suscitent un intérêt grandissant
- Domaine en plein essor avec une croissance annuelle de 8% en France (indications de traumatologie)
- Expérience cependant limitée par rapport aux PTH et PTG: 316 PTC / an en France en 2004 (80000 PTH / an)
- Indication principale : Coude rhumatoïde, mais réduction des indications avec le développement de nouvelles thérapeutiques (MTX, anti-TNF)



# Amélioration des résultats des prothèses actuelles

---

- Meilleure connaissance de l'anatomie, de la cinématique et de la biomécanique du coude
- Analyse des premiers échecs retentissants
- Expérience obtenue à partir de la chirurgie prothétique du genou
- Amélioration de la qualité des matériaux utilisés, des techniques d'ancrage (utilisation du PMMA par Dee en 1970)
- Amélioration de la technique opératoire (voie d'abord, importance de la technique de cimentage)

Résultats proches de ceux de la PTH et PTG dans la PR

# Historique

---

- Premiers essais de Boerema en 1941

*Acta Chir Scand, 1942, 86, 511-24*

- Prothèse humérale massive en Vitallium  
(Venable 1952 , puis Barr et Eaton 1965)
- Prothèse ulnaire massive en Vitallium



Schlein 1970

# Historique

L'histoire courante des PTC débute avec Dee (1970) et Mazas-de la Caffinière (1973)

- prothèse charnière
- charnière rigide métallique
- ancrage des tiges par le PMMA (Charnley, 1963)
- résection des 2 épicondyles
- reconstruction difficile en cas de descellement
- Depuis, très nombreux modèles à charnière avec un seul degré de liberté (Pritchard-Mark, McKee, Schlein...)



# Historique

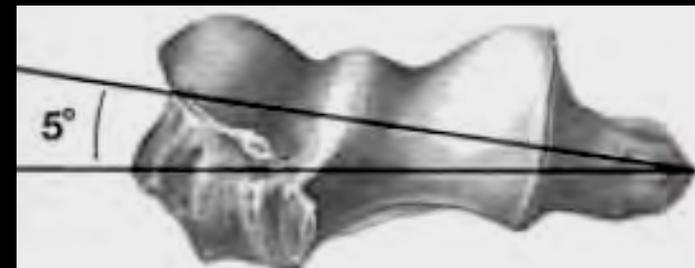
---

- Abandon des prothèses à charnière contrainte
  - Taux prohibitif de descellements précoces  
40% échecs a 3 ans *Souter WA, Orthop Clin North Am 1973;4*
  - Deux concepts mécaniques, deux familles d'implants :
    - Les prothèses à glissement peu contraintes
    - Les prothèses à charnière semi-contraintes (« floppy ou sloppy hinge »)
    - 3ème génération d'implants ...
- >> Amélioration considérable des résultats  
>> Problèmes persistants liés instabilité et descellement

# REPERES ANATOMIQUES DU COUDE

## Axe de la trochlée

- Axe de la trochlée 4-8° de valgus par rapport axe de l'humérus
- 3-8° de rotation médiale par rapport axe bi-épicondylien
  - > Risque de positionnement de la pièce humérale en rotation externe



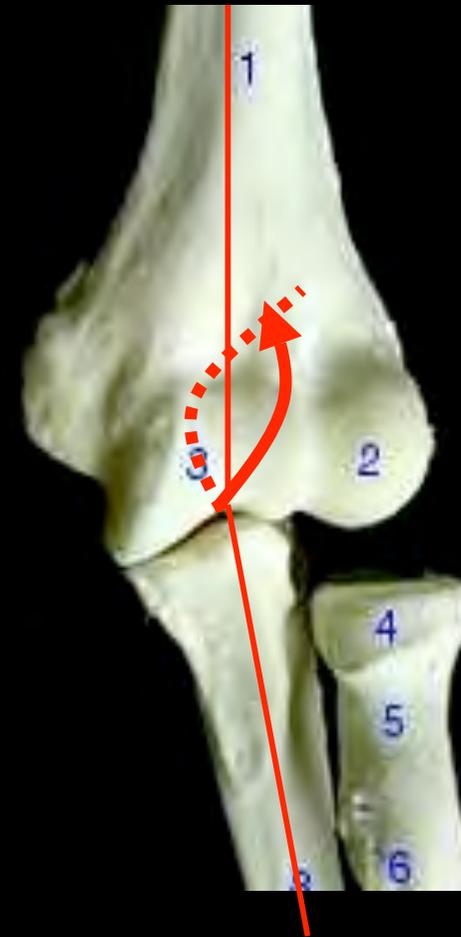
- Le valgus trochléen explique le valgus physiologique (angle huméro-ulnaire) en position d'extension

- Angle en extension :

11-14° homme, 13-16° femme

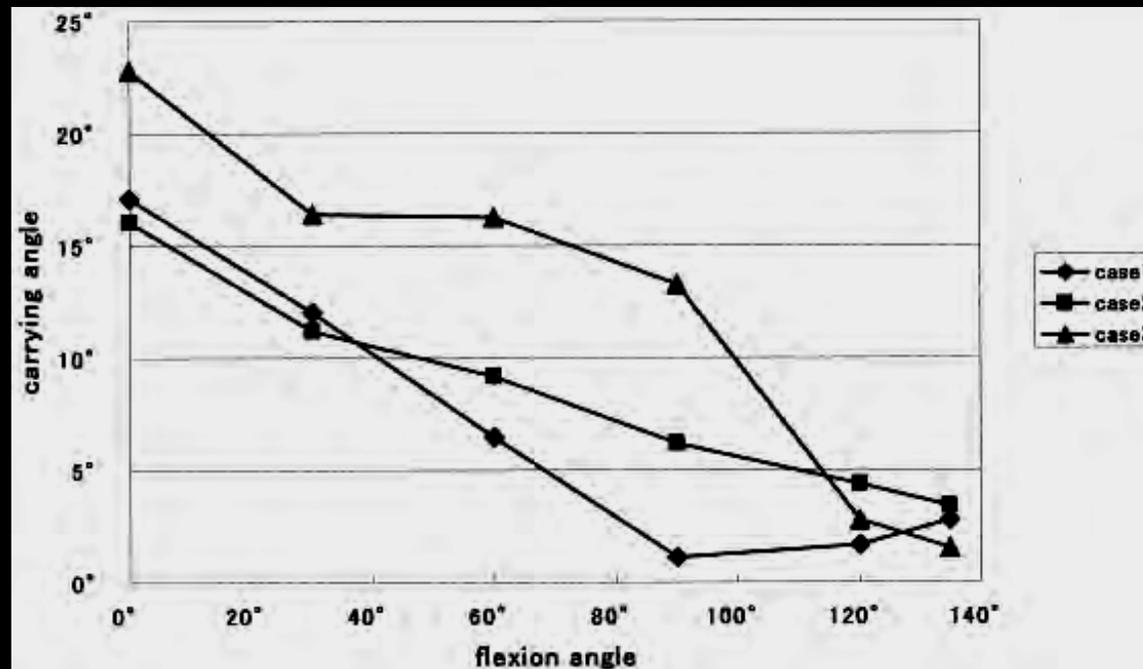
- Le sillon de la trochlée a une forme hélicoïdale (antéro-latéral, postéro-médial), responsable du cubitus valgus en extension et de l'alignement bras/avant-bras en flexion

Valgus physiologique  
« Carrying angle »



## Étude IRM

- Décroissance linéaire progressive de l'angle huméro-ulnaire entre l'extension et la flexion



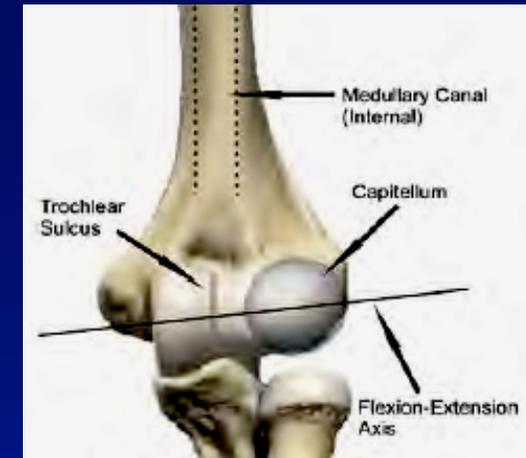
- Antéversion de la palette humérale de 30° par rapport à l'axe longitudinal de l'Humérus
  - angle variable en fonction du sexe et de la taille
  - plus important chez les femmes de petite taille (45°, Ewald)



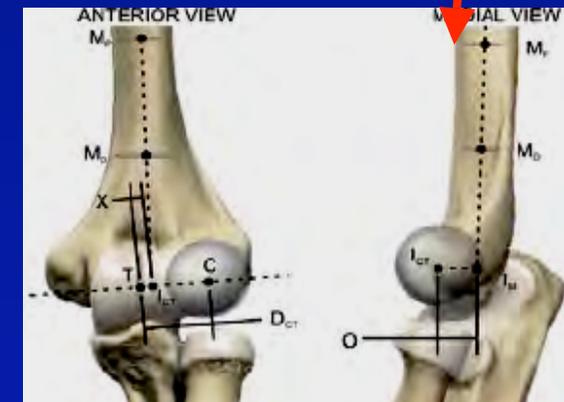
# Etude scannographique

- **Déport antérieur (offset) :**  
 $9.5 \pm 2.3$  mm (H) et  $7.5 \pm 1.2$  mm (F)  $p < 0.01$
- **DCT (centre trochlée et centre capitellum) :**  
 $21.9 \pm 1.9$  mm (H) et  $18.6 \pm 2.0$  mm (F)  
Reflète la taille de l'implant huméral
- **Axe humérus situé a distance DCT x X :**  
 $X = 0.090 \pm 0.025$  (H) et  $X = 0.170 \pm .020$  (F)

>> Pas de relation offset et DCT  
et donc entre offset et la taille de l'implant  
>> Intérêt d'une gamme d'implant faisant  
varier le diamètre DCT et l'offset

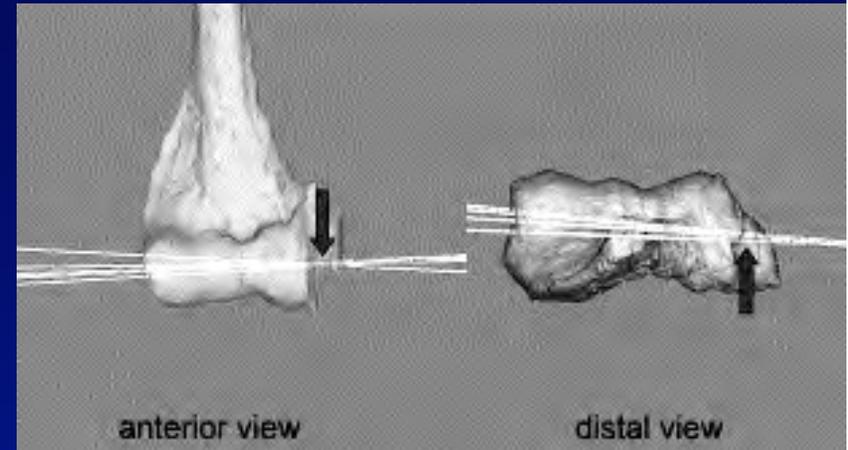


Situé dans le  
prolongement de la  
corticale antérieure



# Axe de rotation

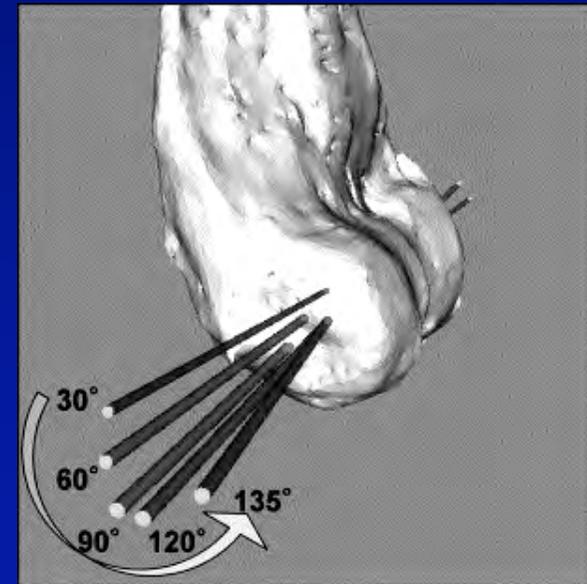
- **Axe de rotation du coude :**  
globalement situé entre le centre du capitellum et bord antérieur et inférieur de l'épicondyle médial



- **Angle moyen entre axe de rotation et l'axe de l'humeurs =  $85,5^\circ$**

- **Axe de rotation n'est pas fixe :**

Il décrit un cône à sommet interne de la position d'extension à la flexion



Le coude ne fonctionne pas comme une charnière rigide

# Connaître les contraintes du coude normal

- Articulation contrainte du fait de la conformité des pièces osseuses
- Lors de la F/E, les forces transmises peuvent agir en compression-distraktion, cisaillement, en flexion
- Les forces dépendent de la charge, de la force résultante de l'action des m. art. (15 m), de la longueur des bras de leviers au bout desquelles agissent les forces

## Contraintes maximales mesurées au niveau du coude dans activités quotidiennes

- Soulèvement d'une charge a hauteur de la tête (5-10 N.m)
- Position main-nuque homo-
- ou controlaterale

Table 8  
Ranking of each activity for levels of rotation, forces, moments, velocities and accelerations

Activity	Rotations	Forces	Moments	Joint velocity	Joint acceleration	Overall total	Overall ranking
Opposite axilla	4	6	8	5	5	28	5
Opposite side of neck	2	3	6	2	2	15	3
Head side and back	1	4	3=	3	3	14	2
Eat hand to mouth	10	9	10	7	7	43	9
Eat with spoon	8	10	9	9	9	45	10
Drink from mug	9	7	3=	10	10	39	8
Answer telephone	5	5	3=	8	8	29	6
Brush left of head	6	8	7	6	6	33	7
Block—shoulder height	7	2	2	4	4	19	4
Block—head height	3	1	1	1	1	7	1

- Intensité de ces contraintes peut être très élevée

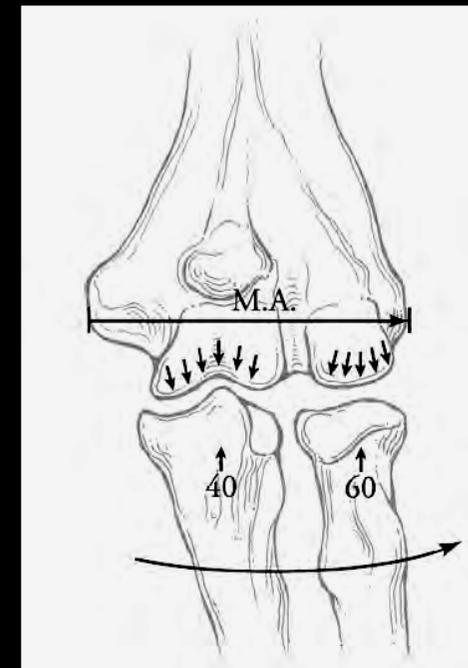
2,5-6 fois le poids du corps (Davis), 10-20 fois le poids tenu à la main (Walker)

- 60% des contraintes en compression passent par l'articulation huméro-radiale et 40% par l'articulation huméro-ulnaire

> plaide en faveur de l'implantation d'une prothèse radiale

- Au niveau de la trochlée, contraintes axiales exercées lors de la F / E et transmises par l'intermédiaire de l'axe à la pièce humérale ont une direction principalement antéro-postérieure

> Translation postérieure de la pièce humérale et d'une bascule antérieure de la tige



# Concepts biomécaniques des PTC

Bien distinguer....



- Prothèse charnière et prothèse à glissement
- Prothèse contrainte et prothèse semi-contrainte
- Une prothèse à glissement peut être très contrainte
- La prothèse non contrainte n'existe pas...

# LES PROTHÈSES À GLISSEMENT

- Prothèses non couplées, Multiples dessins
- Resurfaçage de 2 ou 3 articulations ou Resurfaçage huméral
- Encastrement des implants qui sont plus ou moins congruents
- **Avantage théorique** : réduire le risque de descellement (échappement et diminution contraintes interface os-ciment)
- **Limites** :
  - Intégrité structures capsulo-ligamentaires périphériques pour la stabilité
  - Nécessité d'un bon stock osseux (ancrage condylien)



# CLASSIFICATION

## PTC à glissement

1- les PTC de resurfaçage avec ancrage condylien pur (Roper-Tuke, Wadsworth)

- s'embôitent sur l'épiphyse
- PE ulnaire ou huméral (W)



Roper-Tuke

2- les PTC de resurfaçage avec ancrage centromédullaire (Capitellocondylar, Kudo)



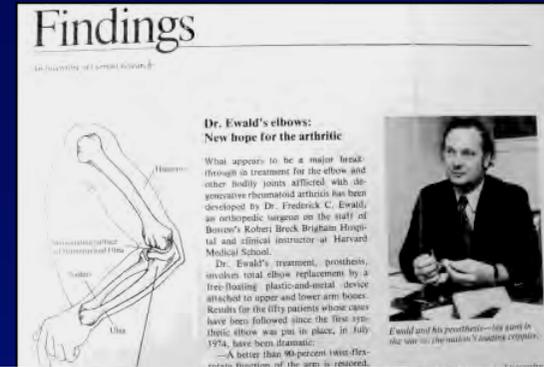
Capitellocondylar (Ewald)

# Prothèse Capitellocondylar

- Un des premiers modèles (1974)
- Très utilisée aux États-Unis
- Initialement proposée avec une tête radiale
- Modification du dessin de l'implant sur le versant ulnaire:
  - implant moins congruent
  - à tige longue ou courte
  - Hauteur variable (régler la tension ligamentaire)

202 Prothèses Capitellocondylar dans la polyarthrite rhumatoïde:

69 mois de recul moyen : 1,5% de descellements, 3,5% de luxations (Ewald, 1993)



Harvard Medical Journal



## Capitellocondylar total elbow replacement in rheumatoid arthritis. Long-term results

FC Ewald, ED Simunas, JA Sullivan, WH Thomas, RD Scott, P. Poss, TS Tuomihall and CB Sledge  
*J. Bone Joint Surg. Am.* 75:496-507, 1993.

## Prothèse de Kudo

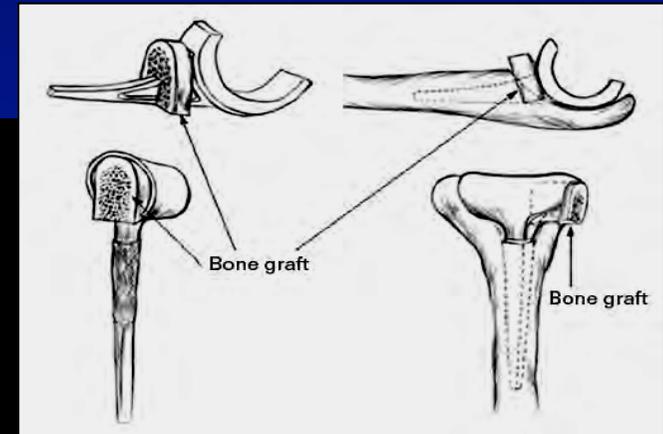
- Kudo 2 : Ruptures de tige
- Kudo 4 : Complications avec tige en alliage de titane (métallose, rupture de tige)
- Kudo 5 :
  - Cr Co non cimentée sur humérus
  - Cimentée ou non sur ulna
  - Full PE ou metal-back sur l'ulna
- Évolution de l'implant >> *i*BP



'Instrumenting Bone Preserving'

## Prothèse de Kudo

- Largement utilisée dans la polyarthrite rhumatoïde, y compris stade 5 de Larsen
- Autogreffe osseuse dans la partie creuse de la prothèse humérale, et autour de la pièce ulnaire



### Kudo type-5 total elbow arthroplasty in mutilating rheumatoid arthritis

A 5- TO 11-YEAR FOLLOW-UP

*Mori T, 2006*

- PR sévère, 11 patients, recul 7 ans, Aucun descellement
- Meilleure stabilité en cas de flectum résiduel (30°)
- Préservation ou reconstruction du plan capsulo-ligamentaire latéral

**Alumina ceramic total elbow arthroplasty in rheumatoid elbows  
– 3 to 13 years follow-up of 57 elbows –**

Inoue H, Nishida K, Miyazawa S, Kishimoto M  
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, Okayama University Medical School,  
Okayama, JAPAN

« SKC-1 prosthesis »

- 57 coudes rhumatoïdes
- Aucun cas de fracture d'implant
- 3 instabilités
- 93,8% à 10 ans en prenant le descellement comme critère d'échec

**Modular NSK**

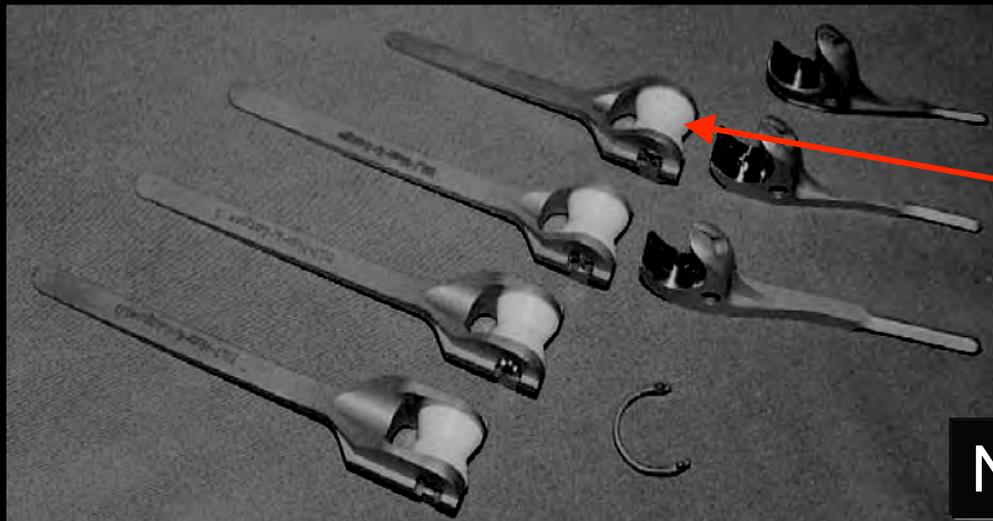
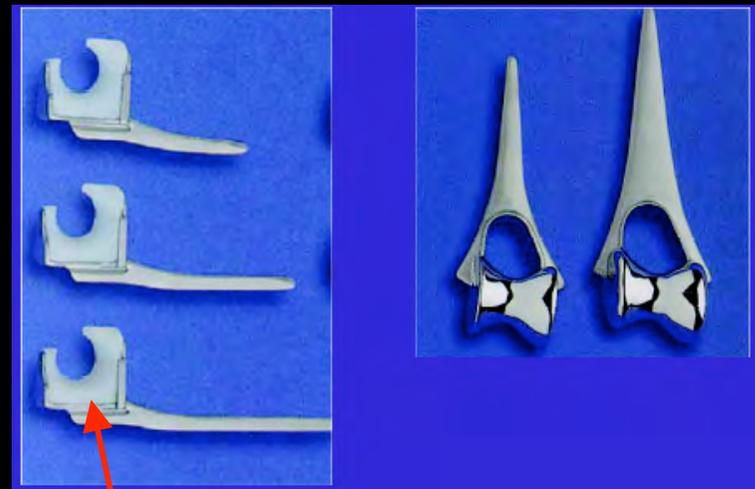


# CLASSIFICATION

## PTC à glissement

3- les PTC avec trochlée pleine et ancrage centro-médullaire (Guépar 1, Souter-Strathclyde, Norway Elbow System)

Souter-Strathclyde



PE

Norway Elbow System

## Prothèse Souter-Strathclyde



- Ancrage épiphyso-métaphysaire, court ou long sur l'humérus et l'ulna
- Trochlée flanquée de 2 ergots latéraux qui s'encastrent dans les masses latérales
- Implant ulnaire en PE avec ou sans metal-back (utile en cas défaut osseux métaphysaire)
- Possibilité de tiges de reprise mais peu utiles
- Résultats à long terme uniquement connus dans la PR (Rozing)

## Prothèse Souter-Strathclyde

- Résection stock osseux important
- Difficulté de positionnement



### Mesure de la migration infra-radiologique des implants par radio-stéréométrie (billes de vitallium et de tantale)

- 18 coudes rhumatoïdes
- Implants à risque = migration de plus de 0,4 mm
- 8 migrations précoces à 2 ans sur 18 prothèses

## Prothèse Norway Elbow System

- Depuis 1982
- Tiges humérale et ulnaire en TA6V
- Polyéthylène huméral
- Abandon du couple Ti/PE pour les autres articulations...
- Existe en version charnière ou à glissement (adjonction d'un anneau)



### THE NORWAY ELBOW REPLACEMENT

DESIGN, TECHNIQUE AND RESULTS AFTER NINE YEARS

FINN RISUNG

*Risung, 1997*

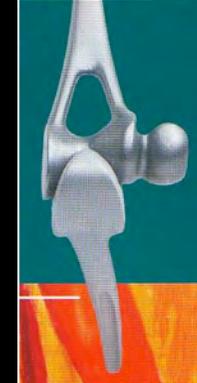
- 118 PTC pour coude rhumatoïde
- Recul moyen de 4,3 ans
- Résultats connus pour 80 patients; Taux d'échec de 3,4%

# CLASSIFICATION

PTC à glissement

4- les PTC avec implant radial  
(Pritchard ERS, Guépar 2,  
Sorbie-Questor)

Trochlée pleine



GUEPAR

Pritchard ERS

Trochlée vide



Sorbie-Questor

# Avantages théoriques

- Réduire risque de descellement
- Mais existe des descellement massifs

***Sjoden GO, Acta Orthop Scand, 1995;66***

- Polyarthrite rhumatoïde
- 19 Prothèses de Souter-Strathclyde à 5 ans de recul moyen
- 6 descellements (dont 4 migrations)

***Little CP, JBJS, 2005, 87A (11)***

- Comparaison de 3 implants (Kudo et Souter-Strathclyde)
- 82% et 81% de survie à 5 ans, significativement inférieure à Coonrad-Morrey



- Raisons invoquées :
  - Géométrie, dessin des pièces
  - Degré de contrainte des prothèses
  - Matériau, défaut de cimentage des tiges...

# INSTABILITE

75 ans, PR

Prothèse de resurfaçage bilatérale (GUEPAR)



*Réparation appareil extenseur par allogreffe tendineuse  
Récidive de la luxation après mobilisation*

Reprise bilatérale par prothèse à charnière

# INSTABILITE

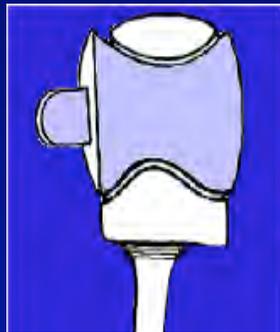
---

*5-10% des patients*

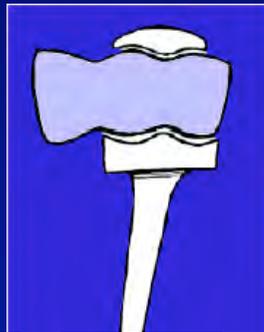
- Distension ou rupture ligamentaire
- Défaut de positionnement des pièces (trouble rotatoire)
- Absence de tête radiale : Reconnue comme facteur de stabilité pour certaines prothèses (Sorbie, capitellocondylar, et unlinked pritchard ERS)
- Offset huméral important (plus fréquent chez les patientes de petite taille (Ewald, JBJS 1993, 75(4))
- Instabilité intrinsèque de la prothèse (prothèse peu contrainte)
  - aspect de la pièce humérale dans le plan coronal
  - rayon de courbure de la pièce ulnaire dans le plan sagittal

## Congruence ne rime pas avec contrainte...

- Étude cadavérique
- Degré de contrainte de 5 modèles de PTC à glissement
- Comparaison avec articulation normale
- Force et moment nécessaires pour entraîner une rotation d'un°



Souter-Strathclyde



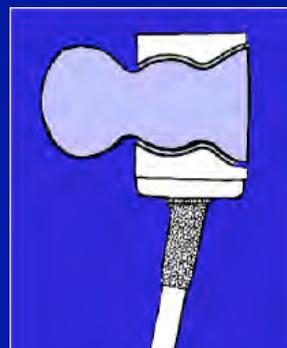
Ewald



Sorbie-Questor

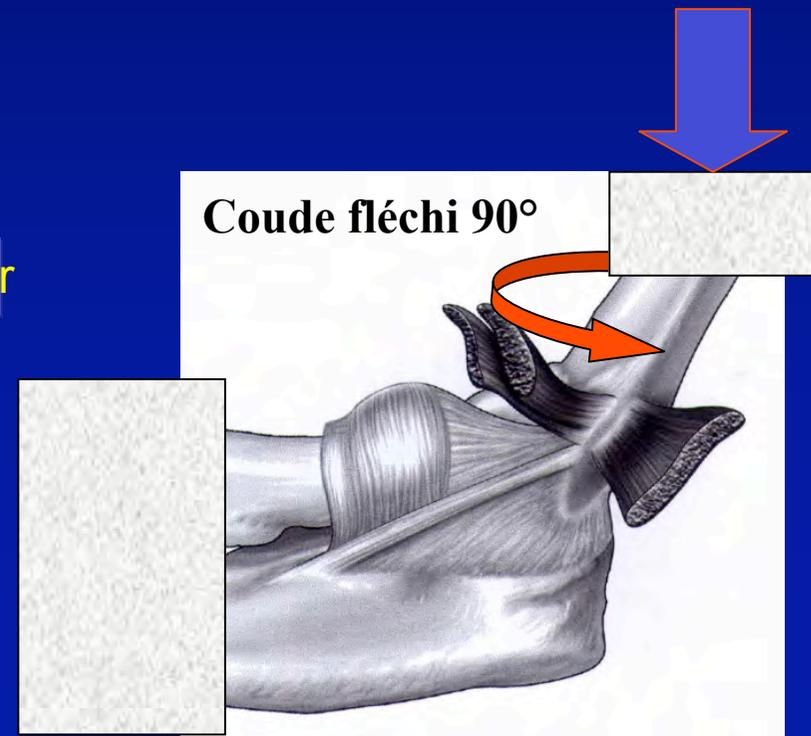


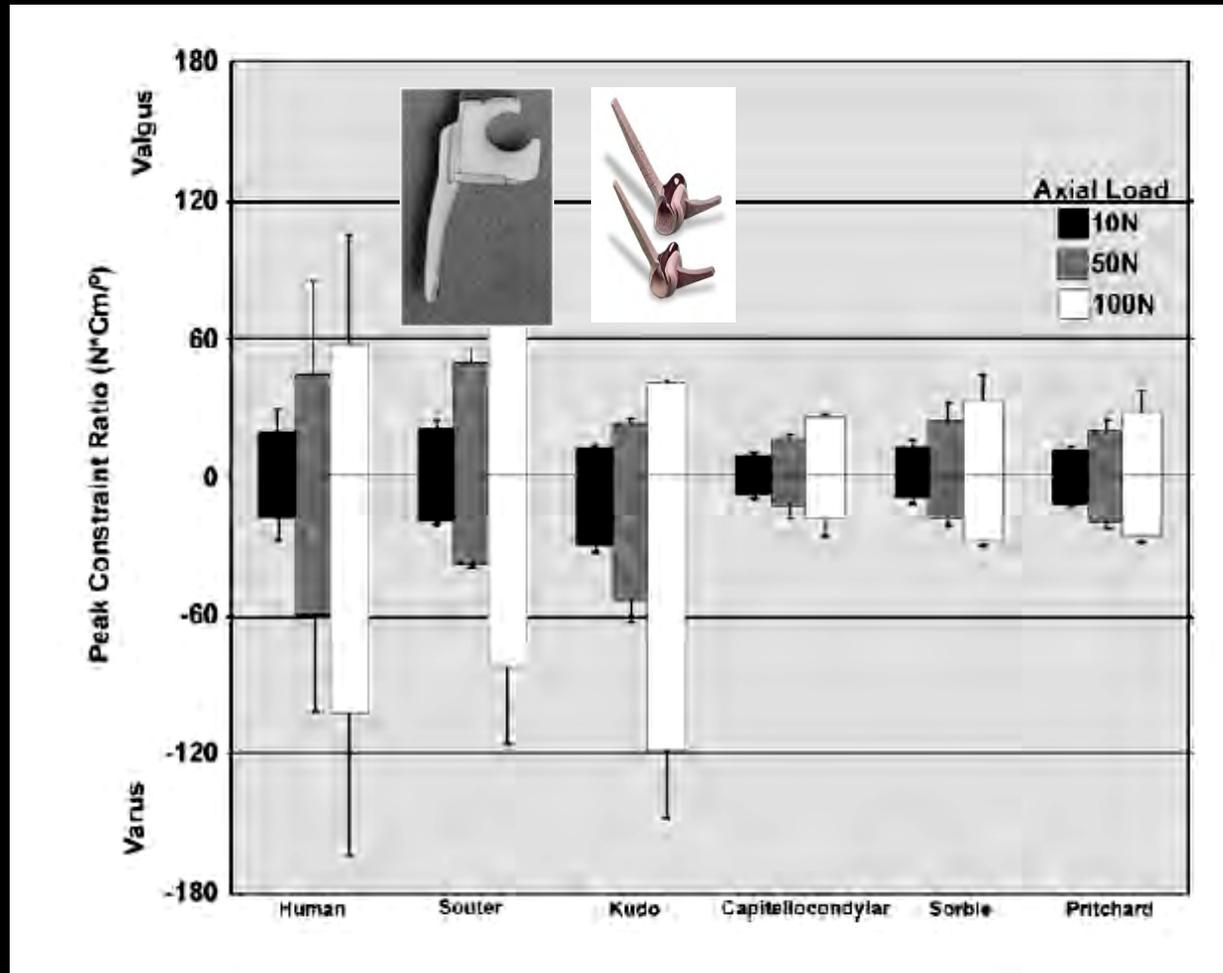
Kudo



Pritchard ERS

Compression axiale  
10, 50, 100 N





**Moment de force nécessaire pour faire pivoter l'humérus d'1° (DD, DH)**

- augmente avec la compression axiale
- proche de celui du coude normal pour prothèses de Souter et kudo
- 2 à 4 fois inférieur avec 3 autres modèles

# Contrainte des prothèses à glissement

- Notion de « concavity compression »: le degré de contrainte des prothèses augmente avec la charge; cette notion est valable pour tous les modèles
- Importance des ligaments latéraux pour stabiliser les prothèses d'Ewald, Sorbie et Pritchard ERS, qui sont moins contraintes que le coude normal
- Rôle primordial du dessin sur la contrainte de la prothèse
- Des géométries éloignées peuvent donner lieu à des contraintes relativement proches



## Reprise pour instabilité

- 12 patients
- Délai moyen de reprise : 6 ans
- 3 ont garde leur prothèse avec coude fonctionnel, 7 prothèse semi-contrainte, 1 résection arthroplastique, 1 coude luxé
- Reprise difficile : 6 perforations humérales, 4 perforations ulnaires, 2 fractures humérus
- Auteurs suggèrent d'opter pour une ligamentoplastie du LCL, et réparation triceps avant changement des pièces

61 ans

Prothèse de resurfaçage (GUEPAR)

Subluxation chronique puis Luxation incoercible à 4 ans





Recul 1 an

Reprise par prothèse à charnière semi-contrainte

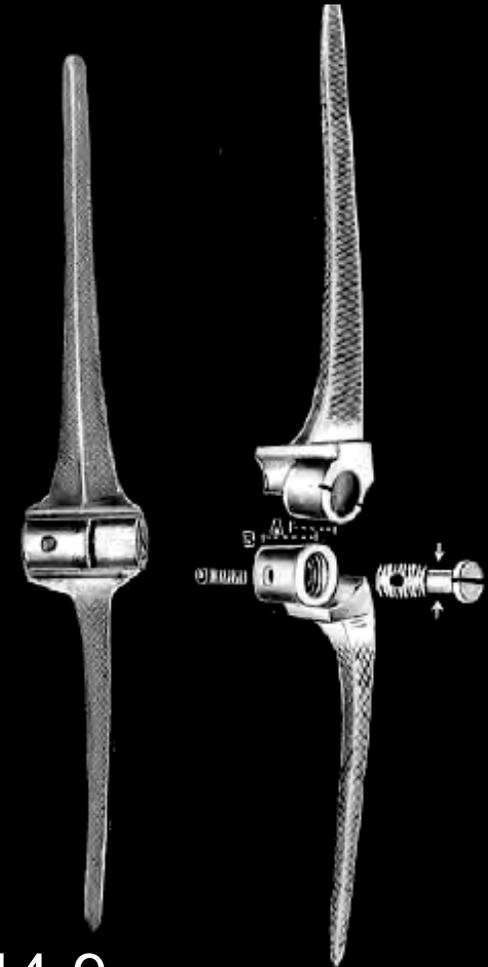
# CLASSIFICATION

## PTC à charnière

Deux composants solidarisés par une charnière en ME/PE

- assure stabilité
- autorise qq degrés de liberté

1- les PTC à « deux » degrés de liberté (Pritchard Mark 2, Baksi, GSB2, Mayo2)  
> F/E et en latéralité



*Baksi, J Bone Joint Surg [Br] 1998;80-B:614-9.*

# CLASSIFICATION

## PTC à charnière

2- les PTC à trois degrés de liberté avec ailerons (GSB III, Coonrad-Morrey)



3- les PTC à trois degrés de liberté sans ailerons (Triaxiale-Osteonics, Solar-Stryker)

## Intérêt des PTC à charnière semi-contrainte

- Stabilité immédiate de la PTC
- Implantation possible en cas de défaut osseux important
- 3 degrés de liberté : F/E, Varus/valgus, Rotation
- Échappement des contraintes: réduction de l'usure de la charnière et des contraintes à l'interface os-ciment
- Si positionnement correct des implants et équilibre ligamentaire est respecté : laxité en varus-valgus du coude est inférieure à celle autorisée par la charnière (laxité structurale) >> réduction risque d'usure de la charnière
- Aileron antérieur permet de réduire contraintes postérieures et rotationnelles

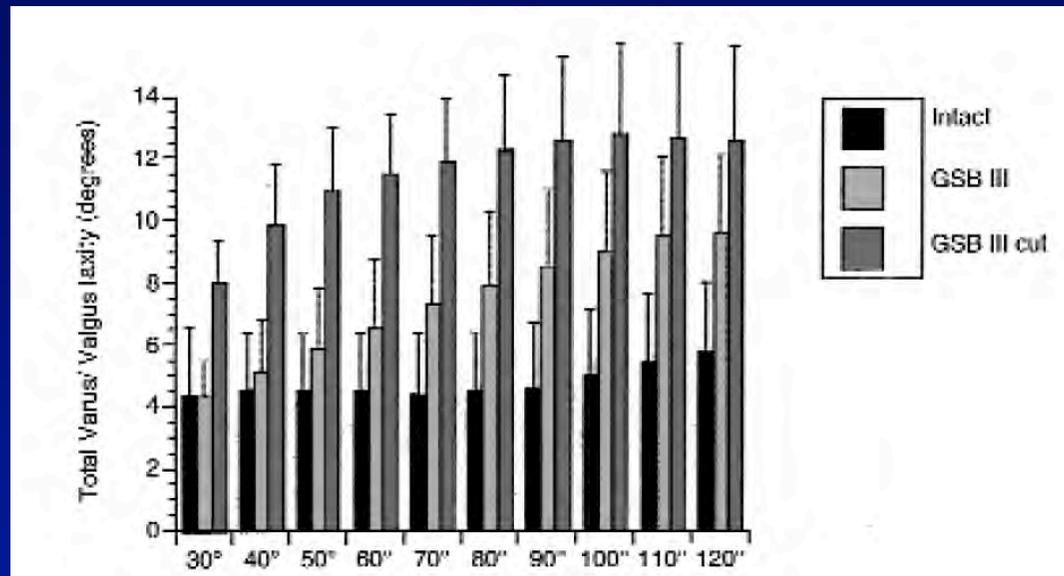
# Prothèse GSB

Depuis 1978  
Développée par Gschwend



- Deux ailerons latéraux s'appuyant en avant et sous les épicondyles pour réduire les contraintes sur l'interface tige humérale-ciment
- Piston de la pièce ulnaire dans la pièce humérale
- Risque de désassemblage en cas de release extensif, et de défaut de positionnement centre de rotation

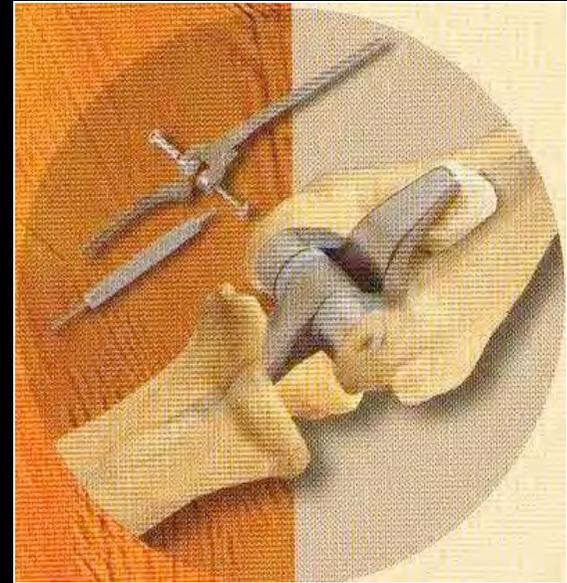
## Importance des structures ligamentaires pour la stabilisation du coude



- Quel que soit le degré de flexion, la laxité en varus/valgus est significativement inférieure quand les ligaments latéraux sont respectés
- Débattement de 12° atteint quand les ligaments sont sectionnés

# Prothèse Coonrad-Morrey

- Développée en 1969
- Modifiée en 78 pour charnière semi-contrainte et 1981 pour l'aileron antérieur s'appuyant sur la partie antérieure de la métaphyse par l'intermédiaire d'un greffon osseux
- Charnière en UHMWPE
  - Varus/valgus de 8° et Laxité rotatoire de 8°
  - Revêtement par projection plasma à partir de 2000

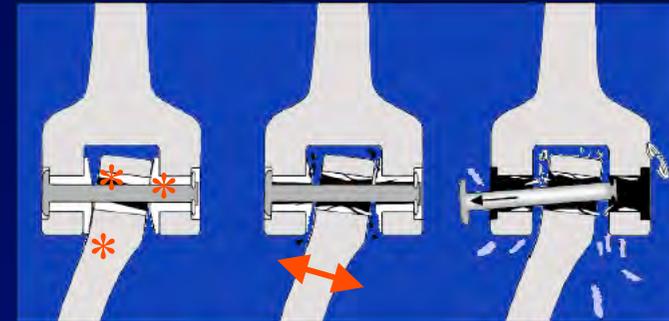


# POLYETHYLENE WEAR AFTER TOTAL ELBOW ARTHROPLASTY

BY BRIAN P. LEE, MD, ROBERT A. ADAMS, RPA, AND BERNARD F. MORREY, MD

*Investigation performed at the Department of Orthopaedic Surgery, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota*

*JBJS Am, 2005*

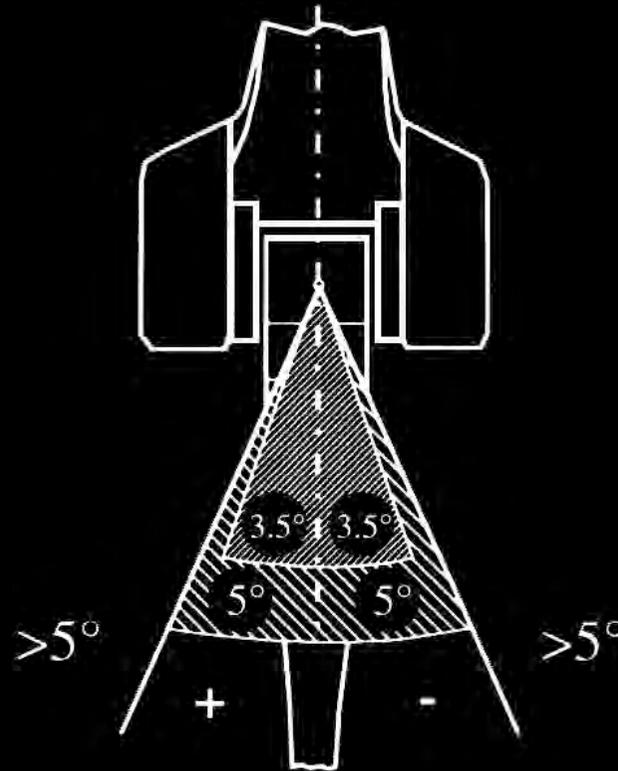


- Apparition récente de ce mode d'échec avec l'amélioration du taux de survie des prothèses charnière
- Sur 919 prothèses entre 1981 et 2000 (PR dans 41%):
  - changement de la charnière dans 1,3% des cas
  - 7,9 ans en moyenne
  - Indication : survenue d'une douleur
  - Absence de symptomatologie conduit simplement a une surveillance car non responsable de liseré ou ostéolyse (# hanche et genou)
  - Facteurs de risques : jeune age, post-traumatique, ostéolyse lors première PTC



# Surveillance de la prothèse par des clichés dynamiques

> 10° : Usure de la charnière



- Normal
- Partial Wear
- Complete Wear

# Prothèses de dernière génération

- Possibilité de convertir une prothèse glissement en prothèse charnière  
*Tornier Latitude, DePuy Acclaim....*
- Conversion peropératoire ou tardive en implant charnière; conversion en prothèse de resurfaçage après cicatrisation ligamentaire
- Modularité de la prothèse: possibilité de 3 offsets pour s'adapter à l'anatomie du patient; positionnement de l'implant huméral après repérage de l'axe de rotation



Tornier Latitude

# Prothèses de dernière génération



Minimally constrained elbow



Prothèse semi-contrainte à double axe de Huene

# Résultats court terme des PTC dans la PR

Comparaison de 3 implants :  
Souter-Strathclyde, Kudo, Coonrad-Morrey

Taux de survie  
5 ans

Échec	Révision pour descellement	Descellement
Souter	85%	81%
Kudo	93%	82%
CM	90%	86%

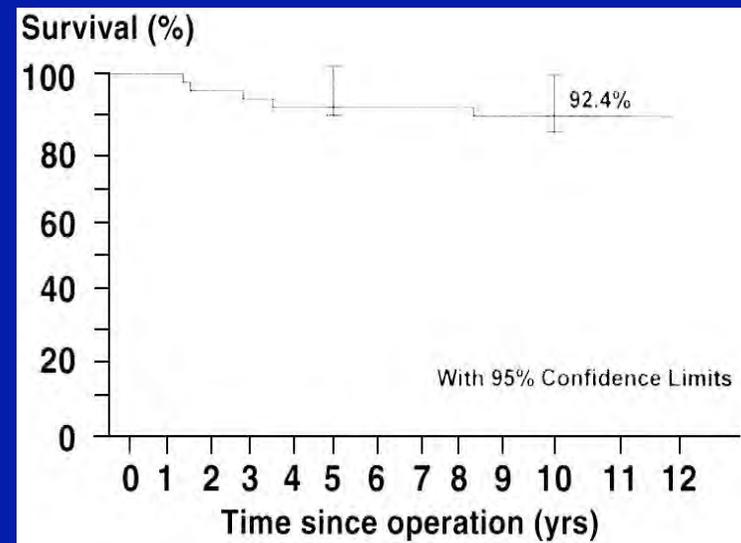
*Little, 2005*

# Résultats long terme des prothèses charnières semi-contraintes

65 coudes rhumatoïdes, recul moyen de 13,5 ans  
Taux de descellement : 4,6%

*Gschwend, 1999*

- 78 coudes rhumatoïdes, recul moyen de 9,6 ans
- Taux de survie actuarielle de **92,4%** (reprise pour descellement)
- 14% de complications (fractures, infections, lésions du nerf ulnaire, fracture de l'implant...)
- 15% d'usure de la charnière



*Gill, Morrey, 1998*

# COMPLICATIONS

14 à 80 % , taux moyen de 33%

- Infection 4-8%
- Complications cutanées 9%
- Neuropathie ulnaire 3-10%
- Avulsions du triceps 3%

# COMPLICATIONS MECANIQUES

- Usure du polyéthylène
- Instabilité
- Fractures prothétiques
- Fractures péri-prothétiques
- Descellement aseptique
- Ostéolyse
- Désassemblage de la charnière (6-13% 1ers modèles)



# Particularités des reprises de PTC

- Neurolyse-transposition du nerf ulnaire
- Exploration systématique du nerf radial
- Ablation du ciment à l'aide d'instruments US
- Réimplantation d'une prothèse standard ou tige longue
- Intérêt des prothèses à charnière
- Intérêt d'un appui cortical antérieur



## Cas de paralysie du nerf radial après utilisation de systèmes d'ablation de ciment acrylique

- Cimentage : Os: 32.4°C, NR: 28.5°C, Triceps: 26.2°C
- Ablation ciment : Os: 62.8°C, NR: 51.7°C, Triceps: 38.0°C
- Irrigation : Os: 51.0°C, NR: 38.0°C, Triceps: 42.0°C

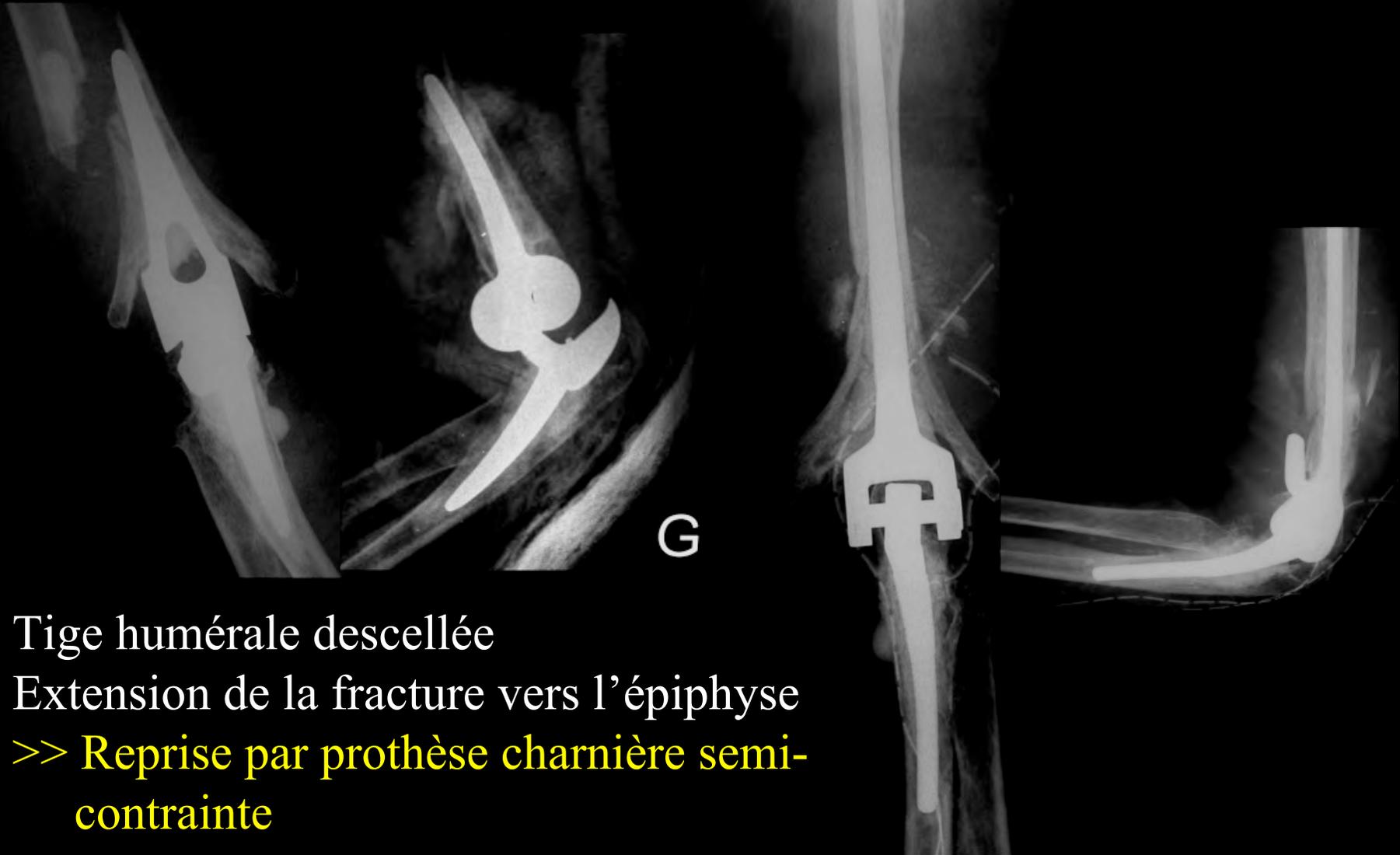
## Reconstruction osseuse

- Reconstruction par allogreffe morcelée
- Par allogreffe structurale (baguettes osseuses)
- Reconstruction epiphysaire par allogreffe massive
- Prothèse massive



78 ans

Fracture péri-prothétique de l'humérus



Tige humérale descellée

Extension de la fracture vers l'épiphyse

>> Reprise par prothèse charnière semi-contrainte



Fracture de l'ulna à 3 mois

Fracture complexe métaphyso-diaphysaire  
Détachement de la coronoïde

Reprise de la pièce ulnaire

Reconstruction de l'ulna par une baguette d'allogreffe



Recul 2 ans

Secteur de mobilité fonctionnel

Consolidation de l'humérus et de l'allogreffe

# CONCLUSIONS

- **Charnière semi-contrainte**

- la plupart des situations en première intention US
- perte de substance osseuse, instabilité ligamentaire, reprise
- importance de la qualité du scellement

- **Prothèse à glissement**

- moins d'usure du PE
- respect du stock osseux
- jeune de moins de 65 ans

Résultats identiques avant et après 50 ans dans la PR

'Taux de descellement comparables' (inférieurs avec les prothèses charnières semi-contraintes?)

*Little, 2005*

# CONCLUSIONS

- Respect anatomie
- Respect de l'axe de rotation du coude
- Privilégier la modularité (différences de taille homme /femme)
- Reproduire l'offset
- S'appuyer sur l'axe de rotation du coude pour positionner implant huméral et éviter ainsi la rotation interne ou externe excessive de l'implant huméral

65 ans, Prothèse charnière semi-contrainte  
Recul 2 ans

