



*ABBREVIATIONS*



## Liste des Abréviations

|              |   |
|--------------|---|
| <b>ECMES</b> | : Embrochage centromédullaire élastique stable. |
| <b>AVP</b>   | : Accident de la voie publique.                 |
| <b>TDM</b>   | : Tomodensitométrie.                            |
| <b>TC</b>    | : Traumatisme crânien.                          |
| <b>FE</b>    | : Fixateur externe.                             |
| <b>CM</b>    | : Canal médullaire.                             |
| <b>AG</b>    | : Anesthésie générale.                          |
| <b>RAA</b>   | : Rhumatisme articulaire aigue                  |



*PLAN*



|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| <b>INTRODUCTION</b>               | <b>1</b> |
| <b>MATÉRIEL ET MÉTHODE</b>        | <b>3</b> |
| I. Matériel                       | 4        |
| II. Méthode                       | 4        |
| 1. Critères d'inclusion           | 4        |
| 2. Critères d'exclusion           | 4        |
| 3. Collecte des données           | 5        |
| 4. Méthodes d'évaluation          | 5        |
| <b>RÉSULTATS</b>                  | <b>7</b> |
| I. Données épidémiologiques       | 8        |
| 1. Age                            | 8        |
| 2. Sexe                           | 8        |
| 3. Latéralité                     | 8        |
| 4. Antécédents                    | 8        |
| 5. Accident causal                | 9        |
| 6. Mécanisme                      | 10       |
| II. Données Cliniques             | 10       |
| 1. Côté atteint                   | 10       |
| 2. Signes cliniques               | 11       |
| 3. Ouverture cutanée              | 11       |
| 4. Lésions vasculo-nerveuses      | 11       |
| 5. Lésions associées              | 11       |
| III. Données radiologiques        | 12       |
| 1. Localisation des fractures     | 12       |
| 2. Type de fracture               | 16       |
| IV. Données thérapeutiques        | 17       |
| 1. Prise en charge pré-opératoire | 17       |
| 2. Prise en charge chirurgicale   | 17       |
| V. Suites postopératoires         | 18       |
| 1. Immobilisation complémentaire  | 18       |
| 2. Durée d'hospitalisation        | 18       |
| VI. Complications précoces        | 18       |
| 1. Complications per-opératoires  | 18       |
| 2. Complications infectieuses     | 18       |
| 3. Problèmes des broches          | 18       |
| VII. Complications tardives       | 19       |

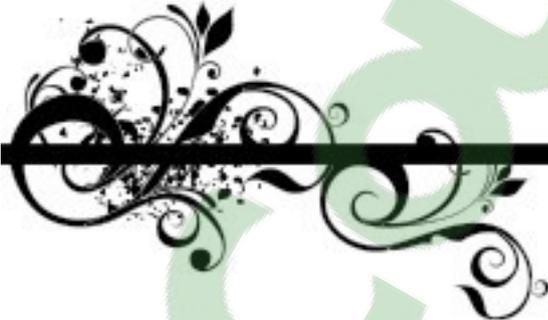
|  |           |
|--|-----------|
| 1. Cal vicieux .....   | 19        |
| 2. Pseudarthrose et retard de consolidation.....                                       | 19        |
| VIII. Evolution et résultat final.....   | 19        |
| 1. Evolution.....  | 19        |
| 2. Evaluation .....  | 21        |
| 3. Résultats globaux.....  | 21        |
| <b>DISCUSSION.....</b>   | <b>23</b> |
| I. Rappel historique .....   | 24        |
| II. Rappel anatomique .....  | 26        |
| III. Principes généraux et spécificités des fractures des os longs chez l'enfant ..... | 34        |
| 1. Particularités des fractures chez l'enfant .....                                    | 34        |
| 2. Formation et croissance de l'humérus proximal .....                                 | 35        |
| 3. Processus de consolidation des fractures chez l'enfant .....                        | 36        |
| 4. Possibilités de remodelage et séquelles possibles .....                             | 38        |
| IV. Anatomopathologie .....  | 41        |
| V. Données épidémiologiques.....   | 44        |
| 1. Age .....   | 44        |
| 2. Sex-ratio .....   | 44        |
| 3. Causes du traumatisme .....   | 45        |
| VI. Données cliniques .....  | 45        |
| 1. Côté atteint .....  | 45        |
| 2. Signes cliniques .....  | 46        |
| 3. Ouverture cutanée .....   | 46        |
| 4. Lésions vasculo-nerveuses.....  | 47        |
| 5. Lésions associées .....   | 47        |
| VII. Données radiologiques.....  | 47        |
| VIII. Données thérapeutiques de l'ECMES .....  | 48        |
| 1. Définition .....  | 48        |
| 2. Bases biomécaniques .....   | 48        |
| 3. ECMES et consolidation .....  | 50        |
| 4. Technique chirurgicale de l'ECMES .....   | 52        |
| IX. Complications.....   | 69        |
| 1. Complications précoces .....  | 69        |
| 2. Problèmes des broches .....   | 70        |
| 3. Complications tardives .....  | 71        |
| X. Evolution.....  | 72        |
| 1. Recul .....   | 72        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2. Ablation du matériel d'ostéosynthèse.....   | 72        |
| 3. Evaluation .....  | 73        |
| XI. Intérêt et avantage de l'ECMES.....  | 73        |
| 1. Avantages .....   | 73        |
| 2. Limites .....   | 74        |
| XII. Comparaison de l'ECMES avec les autres moyens thérapeutiques des fractures<br>de l'humérus..... | 74        |
| 1. Traitement orthopédique.....  | 74        |
| 2. Traitement chirurgical.....   | 75        |
| <br>   |           |
| <b>CONCLUSION.....</b>   | <b>77</b> |
| <br>   |           |
| <b>ANNEXES .....</b>   | <b>79</b> |
| <br>   |           |
| <b>RÉSUMÉS.....</b>  | <b>84</b> |
| <br>   |           |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>  | <b>88</b> |



---

# *INTRODUCTION*



---

Les fractures de l'humérus en dehors du coude sont rares chez les enfants et représentent 3 % de l'ensemble des fractures. Elles sont surtout l'apanage de l'adolescent.

Les caractéristiques anatomiques de l'humérus proximal expliquent en grande partie les différentes présentations des fractures, ainsi que leurs complications puis l'évolution ultérieure.

Au niveau de l'humérus proximal elles seront volontiers métaphysaires avec un potentiel de consolidation remarquable. Au niveau diaphysaire, elles exposent le nerf radial, et le potentiel de remodelage est moins bon.

La prise en charge thérapeutique était conservatrice, faisant appel au traitement orthopédique. Depuis 1985, avec l'avènement de l'embrochage centro-médullaire élastique stable (ECMES), la chirurgie occupe une plus grande place, même si le choix entre les deux stratégies thérapeutiques reste débattu et qu'aucun consensus n'a pu être trouvé.

L'embrochage centromédullaire élastique stable est une technique idéalement adaptée aux conditions particulières de l'enfant. Il est peu agressif et réalise une ostéosynthèse souple, élastique, et apporte une solution de stabilité efficace.

Il consiste en l'introduction de deux broches élastiques dans la métaphyse osseuse la plus éloignée du foyer de fracture. Les broches sont béquillées et cintrées, ce qui permet à la fois d'orienter le sens de leur pénétration dans l'os et de créer un système géométrique élastique et résistant [1]. Cette méthode a bénéficié des avantages biologiques (respect de la vascularisation périostée) et mécaniques (broches) ; ce qui fait d'elle une méthode chirurgicale particulièrement adaptée aux fractures de l'humérus chez l'enfant.

Bien que l'ECMES soit fréquemment utilisé, très peu d'études ont évalué les résultats de ce traitement dans les fractures humérales chez l'enfant [2].

Nous nous proposons d'analyser 40 dossiers de fractures de l'humérus, en dehors du coude, traitées par embrochage centromédullaire élastique stable, colligés dans le service d'orthopédie pédiatrique à l'hôpital mère enfant au centre hospitalier universitaire Mohammed VI de Marrakech sur une période de 5 ans allant de Janvier 2009 à Décembre 2014.



## **I. Matériel :**

Notre étude rétrospective concerne une série de 40 cas de fractures de l'humérus en dehors du coude, traitées par ECMES.

Il s'agit d'une série colligée au service d'orthopédie pédiatrique du CHU Mohammed VI de Marrakech sur une durée de 06 ans, étalée de janvier 2009 à Décembre 2014.

## **II. Méthode :**

### **1. Critères d'inclusion**

Sont inclus dans notre étude, tout enfant opéré dans le service d'orthopédie pédiatrique entre Janvier 2009 et Décembre 2014, pour une fracture de l'humérus en dehors du coude, et ayant bénéficié d'une ostéosynthèse par ECMES.

### **2. Critères d'exclusion**

Ont été exclus de cette étude :

- Les patients sortis contre avis médical.
- les patients ayant une fracture sur os pathologique.
- Les patients ayant une fracture du coude.
- Les patients ayant une fracture de l'humérus traitée orthopédiquement ou par une technique chirurgicale autre que l'ECMES

### **3. Collecte des données**

Pour le recueil des données, nous avons utilisé le dossier médical, et rempli pour chaque cas une fiche d'exploitation qui vise à préciser les renseignements épidémiologiques, cliniques, radiologiques, la technique opératoire et l'évolution ainsi que la recherche de complications [annexe1].

### **4. Méthode d'évaluation**

L'évaluation des résultats tient compte des données cliniques et radiologiques. Les critères utilisés sont inspirés des scores prédéfinis :

Pour évaluer les résultats des fractures diaphysaires, nous avons utilisé la classification de Stewart et Hundley modifiée (tableau I), qui est un score à la fois anatomique et fonctionnel en se basant sur :

- L'existence d'une douleur résiduelle.
- La mobilité.
- L'alignement.

**Tableau I : Evaluation fonctionnelle la classification de Stewart et Hundley modifiée**

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Très bon</b>  | Absence de douleur<br>Mobilité normale de l'épaule et du coude<br>Bon alignement radiologique                           |
| <b>Bon</b>       | Pas de douleur ou douleur climatique<br>Raideur de l'épaule et du coude inférieure à 20°<br>Cal vicieux inférieur à 20° |
| <b>Assez bon</b> | Douleur peu importante<br>Raideur de l'épaule et du coude entre 20 et 40°<br>Cal vicieux supérieur 20°                  |
| <b>Mauvais</b>   | Douleur persistante<br>Raideur de l'épaule et du coude supérieure à 40°<br>Pseudarthrose                                |

Pour l'évaluation des fractures métaphysaires, nous avons eu recours au Constant Shoulder Score [annexe 2]. Un score appliqué sur l'épaule de façon comparative avec le côté controlatéral.

- L'existence d'une douleur résiduelle.
- L'activité physique.
- La position de la main : au niveau du ventre, xyphoïde, cou, menton et la tête.
- La force d'abduction.
- L'amplitude de flexion.
- L'amplitude d'abduction.
- Les amplitudes de rotations interne et externe.



---

*RÉSULTATS*



---

## **I. Données épidémiologiques :**

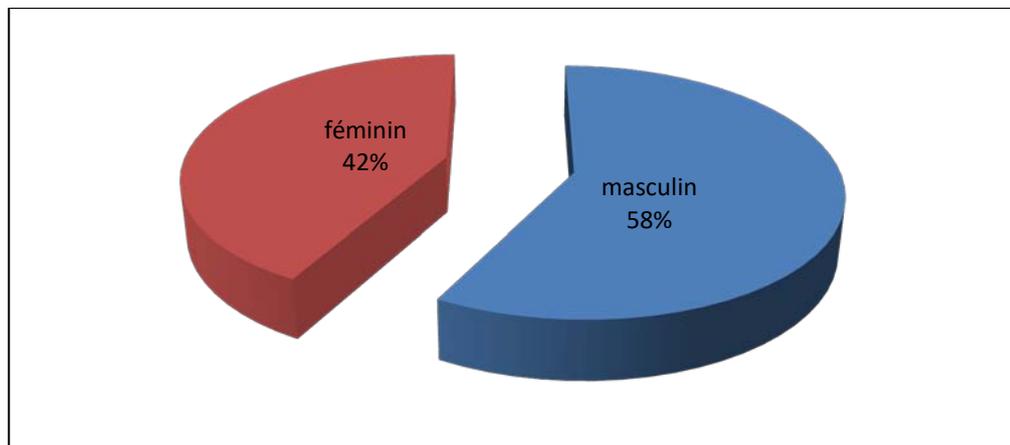
### **1. Age :**

L'âge moyen était de 9.15 ans avec des extrêmes de 5 à 14 ans.

La répartition par tranche d'âge montre un pic à 7 ans .

### **2. Sexe :**

La prédominance masculine était nette dans notre série, avec 23 garçons soit 58% des cas et 17 filles soit 42% des cas (figure 1). Le sexe ratio était de 1.37.



**Figure 1 : répartition de nos patients en fonction du sexe**

### **3. Latéralité :**

Dans notre série, 29 patients étaient droitiers contre 11 patients gauchers.

### **4. Antécédents :**

#### **4.1. Médicaux :**

Un patient était suivi pour RAA.

Un patient était suivi pour anémie ferriprive sous traitement martial.

#### 4.2. Chirurgicaux :

Aucun de nos patients n'avait été opéré auparavant.

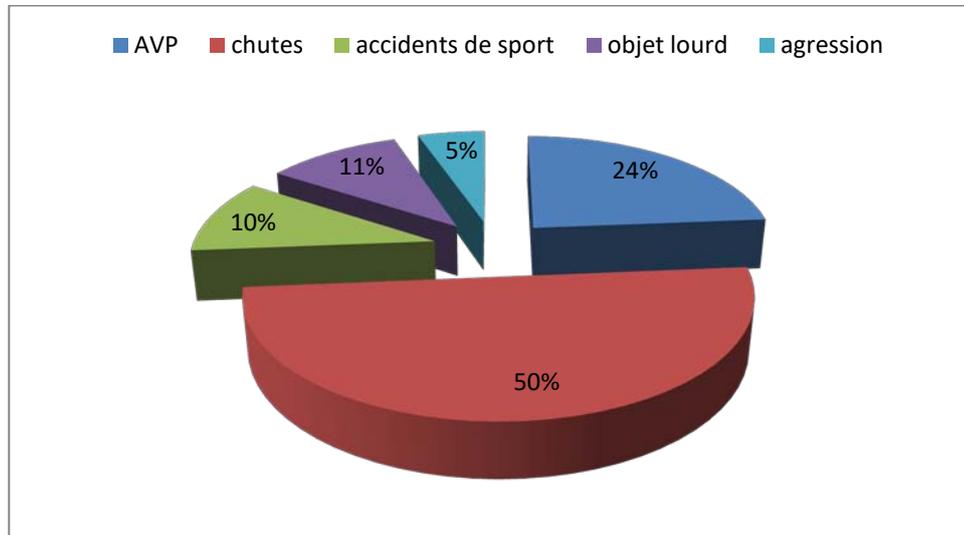
### 5. Accident causal :

Les causes des fractures peuvent être réparties comme suit (figure 2) :

- Les accidents de la voie publique (AVP) : 10 cas.
- Les chutes : 20 cas.

Ces chutes variaient entre des chutes d'arbre, d'un mur, d'escalier et même des chutes de l'enfant de sa hauteur.

- Les accidents de sport : 04 cas.
- Objet lourd : 04 cas.
- Agression : 02 cas.

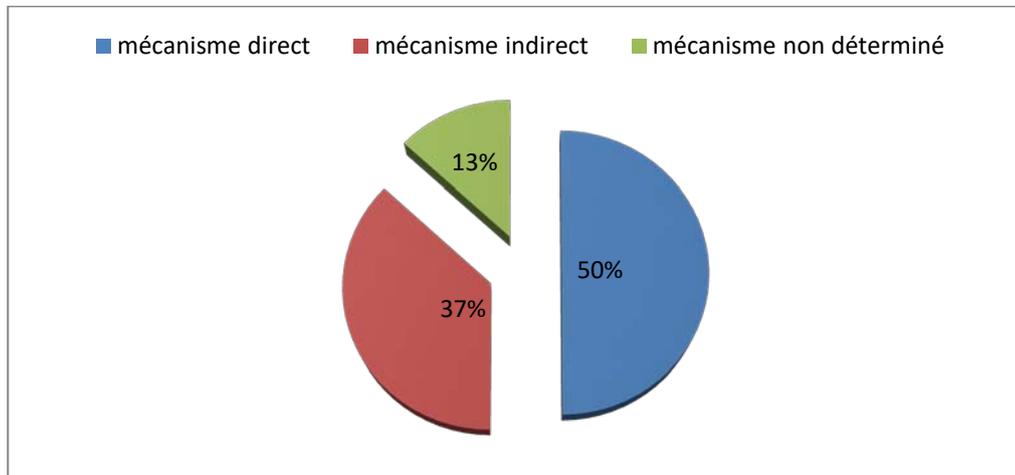


**Figure 2 : Répartition des fractures selon l'agent causal (n=40)**

Les chutes ont constitué la principale étiologie des fractures de l'humérus chez L'enfant.

## 6. Mécanisme :

Le mécanisme était indirect chez 15 enfants, direct chez 20 enfants. Il n'a pas pu être déterminé chez 05 enfants (figure 3).

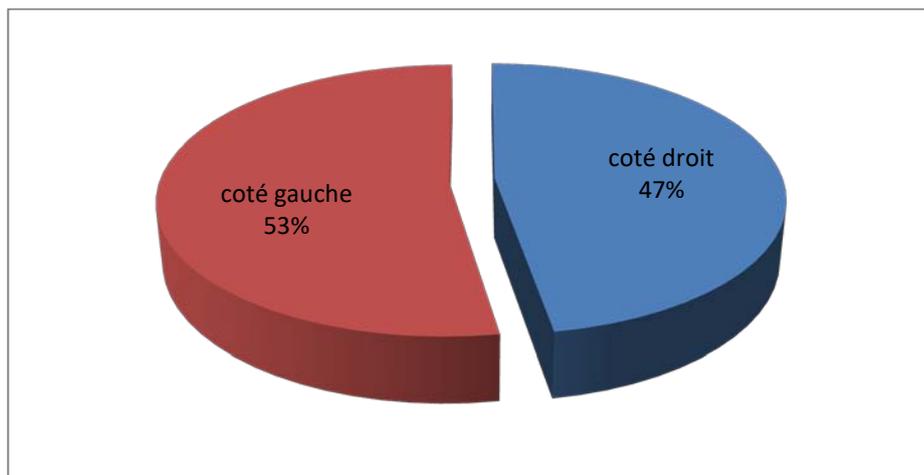


**Figure 3 : Répartition des fractures selon le mécanisme (n=40)**

## II. Données Cliniques :

### 1. Côté atteint

Le côté gauche était atteint dans 21 cas soit 52.63%, le côté droit est atteint dans 19 cas soit 47.36%.



**Figure 4 : Répartition en fonction du côté atteint (n=40)**

## **2. Signes cliniques :**

Tous les patients avaient présenté une douleur post-traumatique associée à une impotence fonctionnelle du membre atteint qui était totale dans 32 cas (soit 80 %) et partielle chez 08 patients (soit 20%).

A l'inspection, la déformation était évidente chez 11 patients soit 28%, l'œdème était constaté chez 17 patients (soit 44.7 %).

## **3. Ouverture cutanée :**

La fracture était ouverte dans 01 cas, classée stade I de CAUCHOIX et DUPARC.

## **4. Lésions vasculo-nerveuses :**

Un patient a présenté une cyanose de l'extrémité avec allongement du temps de recoloration (>3 secondes). La coloration du membre a repris au bloc opératoire après réduction de la fracture.

## **5. Les lésions associées :**

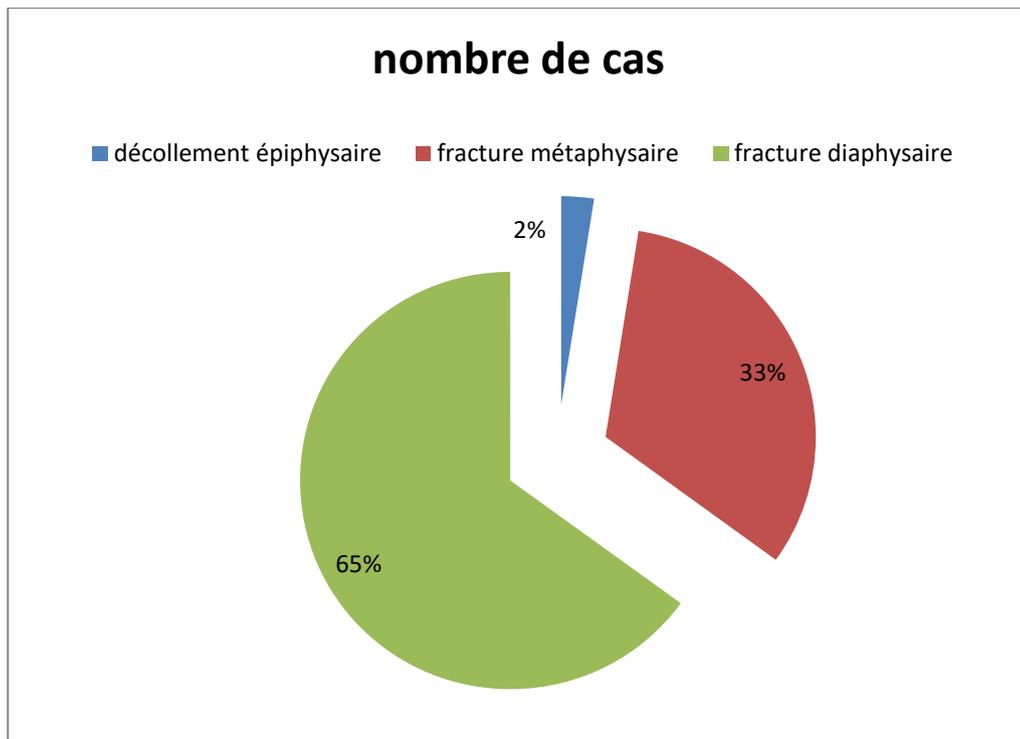
05 enfants (13.6%) présentaient des lésions associées :

- 03 traumatismes crâniens bénins nécessitant une simple surveillance.
- 01 cas de contusion abdominale avec à l'échographie un épanchement abdominal minime sans lésions décelables.
- 01 cas de contusion thoracique sans lésions radiographiques décelables.

### III. Données radiologiques

#### 1. Localisation des fractures

On a noté une prédominance des fractures diaphysaires (65% des cas).



**Figure 5 :** Répartition selon le siège du trait de fracture (n=40)



**Figure 6:** radiographie face d'une fracture décollement épiphysaire stade I de Salter de l'extrémité supérieure de l'humérus.



**Figure7:** radiographie face d'une fracture métaphysaire de l'humérus à trait transversal avec chevauchement des deux fragments.



**Figure 8 :** radiographie face d'une fracture médio diaphysaire de l'humérus à trait spiroïde avec angulation.



**Figure 9 :** radiographie face d'une fracture métaphysaire haute de l'humérus à trait oblique court non déplacée.



**Figure 10** : radiographie face d'une fracture diaphysaire de l'humérus avec 3<sup>ème</sup> fragment.

## 2. Type de fracture :

### 2.1. fractures simples :

On a noté 6 cas de fractures simples (15 % des cas). Le trait de fracture était :

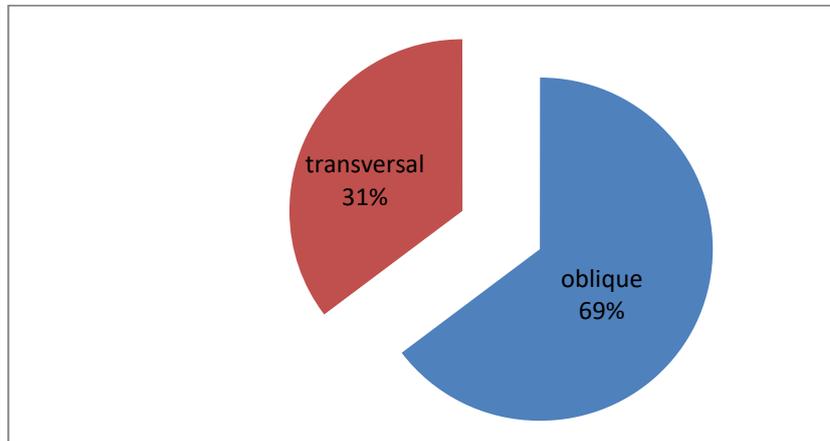


Figure 11 : répartition des fractures selon le type de trait de fracture .

### 2.2. Fractures déplacées :

On a noté 34 cas de fractures déplacées dans notre série soit 85% dont :

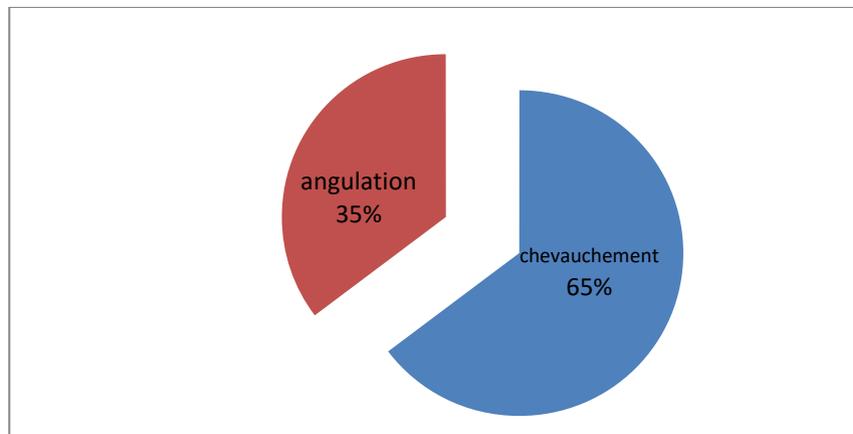


Figure 12 : répartition des fractures déplacées selon le type de trait de fracture.

## **IV. Données thérapeutiques :**

### **1. Prise en charge pré opératoire :**

- Laisser à jeun.
- Tous les patients ont bénéficié d'une attelle plâtrée à but antalgique, et d'un traitement médicamenteux à base de paracétamol par voie intraveineuse ou intrarectal.
- Une antibiothérapie a été administrée par voie intraveineuse chez un seul patient qui présentait une ouverture cutanée punctiforme.

### **2. Prise en charge chirurgicale :**

- le délai avant l'opération était de 8.6h avec des extrêmes allant de [4h-48h]
- la réduction s'est toujours faite sous AG, sous contrôle scopique.
- les broches utilisées étaient des broches en titane de calibre variant entre 20/10 et 30/10
- l'embrochage a été ascendant dans tous les cas, avec mise en place de 2 broches
- L'abord du foyer de fracture a été nécessaire dans 4 cas dûs à une irréductibilité de la fracture par interposition de la longue portion du biceps.

## **V. Suites postopératoires :**

### **1. Immobilisation complémentaire :**

La contention post opératoire a été faite par simple bandage coude au corps de type Dujarrier dans 33 cas, attelle et bandage coude au corps dans 7 cas.

### **2. La durée d'hospitalisation :**

La durée moyenne d'hospitalisation était 3.6 jours avec des extrêmes de [2j-7j].

## **VI. Complications précoces :**

### **1. Complications per-opératoires :**

Aucun incident per-opératoire n'a été noté.

### **2. Complications infectieuses :**

Aucun cas de suppuration sur broches n'a été noté.

### **3. Problèmes des broches :**

#### **3.1. Malposition de la broche :**

Il a été noté dans 2 cas. La radiographie de contrôle postopératoire avait objectivé l'issue d'une broche dans l'articulation. Un repositionnement a été fait le jour même.

**3.2. Saillie de la broche par la peau :**

Cette complication a été observée dans 6 cas (15% cas)

## **VII. Complications tardives**

**1. Cal vicieux :**

Aucun patient n'a présenté cette complication.

**2. Pseudarthrose et retard de consolidation :**

Dans notre série 3 cas de retard de consolidation ont été notés. Mais aucun cas de pseudarthrose n'a été objectivé.

## **VIII. Évolution et résultat final**

**1. Évolution**

**1.1. Recul**

Les patients étaient suivis en consultation et évalués cliniquement et radiologiquement à une semaine, à la fin du premier mois, au 3<sup>ème</sup> mois, à l'ablation du matériel au 6<sup>ème</sup> mois et à 1 an.



**Figure 13 :** radiographie de contrôle au 3<sup>ème</sup> mois d'une fracture métaphysaire de l'humérus à trait transversal traitée par ECMES ascendant.



**Figure 14 :** radiographie de contrôle au 3<sup>ème</sup> mois d'une fracture diaphysaire de l'humérus avec 3<sup>ème</sup> fragment traité par ECMES ascendant et objectivant un retard de consolidation.

### **1.2. Ablation du matériel d'ostéosynthèse**

L'ablation du matériel d'ostéosynthèse a été réalisée en moyenne à 6.3 mois après l'embrochage avec des extrêmes de 03 et 09 mois. L'intervention a toujours été réalisée sous anesthésie générale, au cours d'une hospitalisation de jour. Toutes les broches ont pu être enlevées sans complication particulière.

## **2. Evaluation :**

L'état fonctionnel du membre supérieur constitue l'un des plus importants critères de jugement des résultats thérapeutiques d'une fracture de l'humérus. La consolidation à elle seule ne constitue pas un bon résultat.

En fait, l'obtention d'un membre à la fois solide et fonctionnel reste le but désiré de tout traitement en pathologie traumatique et orthopédique.

Pour évaluer les résultats des fractures diaphysaires, nous avons utilisé la classification de Stewart et Hundley modifiée [3].

Pour l'évaluation des fractures métaphysaires, nous avons eu recours au Constant Shoulder Score.

## **3. Résultats globaux :**

Dans notre étude, les résultats fonctionnels ont été appréciés chez 37 patients parmi 40 soit 92%. Trois patients ont été perdus de vue.

Les résultats au cours de notre examen de révision selon la classification de Stewart et Hundley modifiée étaient comme suit (tableau II) :

Très bon résultat : 20 cas soit 80%

Bon résultat : 5 cas soit 20%

Les résultats au cours de notre examen de révision selon le Constant Shoulder Score : tous nos patients avaient un score excellent (< 11)

L'activité antérieure a pu être reprise dans des conditions normales chez tous nos malades soit 100%

Enfin il n'y a eu de reprise chirurgicale chez aucun de nos malades.



---

*DISCUSSION*



## **I. Rappel historique :**

Hachethal K.H [4] fut le premier, en 1961, à décrire l'utilisation de broches de Kirchner introduites par la fossette olécrânienne pour réaliser l'ostéosynthèse «souple», à foyer fermé des fractures de la diaphyse humérale.

April G. et Boll P. [5], en 1968, décrivaient l'embrochage centromédullaire à foyer fermé des fractures de l'humérus [6].

Techniquement, les broches centromédullaires étaient utilisées depuis longtemps. Mais comme elles étaient droites, il était très difficile de les guider dans la médullaire et de passer le foyer de fracture. La réduction à foyer fermé était donc quasiment impossible. De plus, ces broches ne permettaient que d'aligner les fragments osseux ; une immobilisation plâtrée d'appoint était nécessaire. C'est l'adaptation des principes mécaniques d'Ender à l'anatomie de l'os de l'enfant qui a permis la mise au point de l'embrochage centromédullaire élastique stable. En utilisant des broches cintrées de calibre adapté ayant des propriétés élastiques, il était possible de les guider pour réaliser, à foyer fermé, des montages peu invasifs, équilibrés et stables [1].

Le premier embrochage utilisant deux broches cintrées, réalisé dans le service de chirurgie pédiatrique au centre hospitalier universitaire de Nancy (chef de service Pr J.PREVOT) a été posé à foyer ouvert, pour fixer des ostéotomies tibiales multiples destinées à corriger une déformation complexe d'origine rachitique. Les premiers montages en traumatologie furent réalisés en 1976 au bloc de neurochirurgie du centre hospitalier universitaire de Nancy, chez des polytraumatisés graves [1]. On améliorait ainsi de façon appréciable le nursing de ces blessés tout en réduisant le nombre de séquelles orthopédiques.

Après plusieurs années, la qualité des résultats obtenus, avec un taux très réduit de complications, a incité à appliquer avec prudence la méthode à quelques fractures isolées du fémur, de l'avant bras et de l'humérus chez des enfants relativement grands [4]. Progressivement, à partir des années 1980, de nombreuses équipes d'orthopédie pédiatrique en

France, puis en Europe et aux Etats-Unis, ont adopté la technique. Peu de modifications techniques ont été apportées depuis les premières publications. Le matériel en revanche a évolué. Les broches de Kirchner utilisées initialement (de qualité mécanique inégale) ont été remplacées par des broches spécialement conçues pour cette technique. Elles sont soit en acier fortement comprimé, soit en titane. Ce dernier offre une meilleure élasticité.

Si le traitement orthopédique garde de nombreuses indications, l'ECMES a trouvé sa place dans les situations où il paraissait insuffisant, celles dans lesquelles il était trop inconfortable, ou imposait une immobilisation trop longue. Les autres moyens d'ostéosynthèse (plaques vissées et clous centromédullaires) sont peu utilisés chez l'enfant, voir même abandonnés. [7;8].

## **II. Rappel anatomique :**

Le bras est la partie du membre supérieur comprise entre l'épaule et le coude. L'humérus, os du bras, présente un certain nombre de particularités [9] ; c'est un os long unique interposé entre deux articulations très mobiles. Il présente un corps et deux extrémités. La diaphyse humérale s'identifie au corps de l'os. Le jeu mécanique lui impose une orientation telle que son extrémité inférieure est située dans un plan frontal, alors que l'extrémité supérieure est orientée selon le plan sagittal. Il en résulte une torsion des travées corticales diaphysaires, qui correspondent à la partie la plus rétrécie de l'os, d'où la présence d'une gouttière radiale. Cette torsion fait que l'humérus est un os particulièrement vulnérable, et le prédispose aux fractures.

### **1. Le squelette :**

#### **1.1. L'extrémité supérieure de l'humérus :**

Elle présente trois saillies: l'une interne articulaire, la tête de l'humérus, et deux non articulaires, le trochiter et le trochin, situé respectivement en dehors et en avant de la tête (Figure15) [10].

##### **a. La tête de l'humérus :**

La tête humérale, à la partie supéro-interne de l'os, est orientée en haut, en arrière et en dedans; elle est palpable à travers le muscle deltoïde lorsque le bras est placé en rotation externe. Elle est limitée en dehors par une rainure circulaire, ou col anatomique. L'axe de la tête et de la diaphyse humérale déterminent un angle de flexion ou d'inclinaison de 130 degrés. Mais l'axe de la tête est également orienté en arrière et en dedans, formant ainsi avec un plan frontal un deuxième angle, de torsion ou de déclinaison, de 15 à 20 degrés.

**b. La grosse tubérosité :**

Appelée trochiter (tuberculum majus), est situé en dehors de la tête, sur le prolongement du bord externe de la diaphyse. Son contour supérieur présente trois facettes d'insertions musculaires pour les rotateurs de l'épaule (Figure15) :

- en haut, le sus-épineux.
- au milieu, le sous-épineux.
- en bas, le petit rond.

**c. La petite tubérosité :**

Ou trochin (tuberculum minus) est situé au-dessous et en avant de la tête. Entre le trochiter et le trochin, descend la gouttière ou coulisse bicipitale, dont les lèvres donnent insertion en dehors, au muscle grand pectoral, en dedans au muscle grand dorsal, puis au muscle grand rond (Figure15).

Entre le grand pectoral et le grand dorsal descend la longue portion du muscle biceps, dans toute l'étendue de la gouttière.

L'extrémité supérieure de l'humérus est séparée de la diaphyse par le col chirurgical, portion rétrécie de l'os, sous jacent au trochiter en dehors, et au bord inférieur du col anatomique en dedans.

**1.2. La diaphyse humérale :**

**a. Les surfaces corticales :**

La face antéro-externe : elle est occupée dans sa partie proximale par la crête rugueuse du V d'insertion deltoïdienne.

La face postérieure : barrée de haut en bas et dedans en dehors par la gouttière du nerf radial.

La face antéro-interne : elle est parcourue en haut par la longue portion du biceps au fond de sa gouttière.

**b. Les bords :**

Le bord latéral et le bord médial :

Ces deux bords sont d'autant plus marqués que l'os se rapproche de son extrémité inférieure. Le bord externe est interrompu dans sa partie moyenne par la gouttière radiale qui passe de la face postérieure à la face externe.

Le bord antérieur :

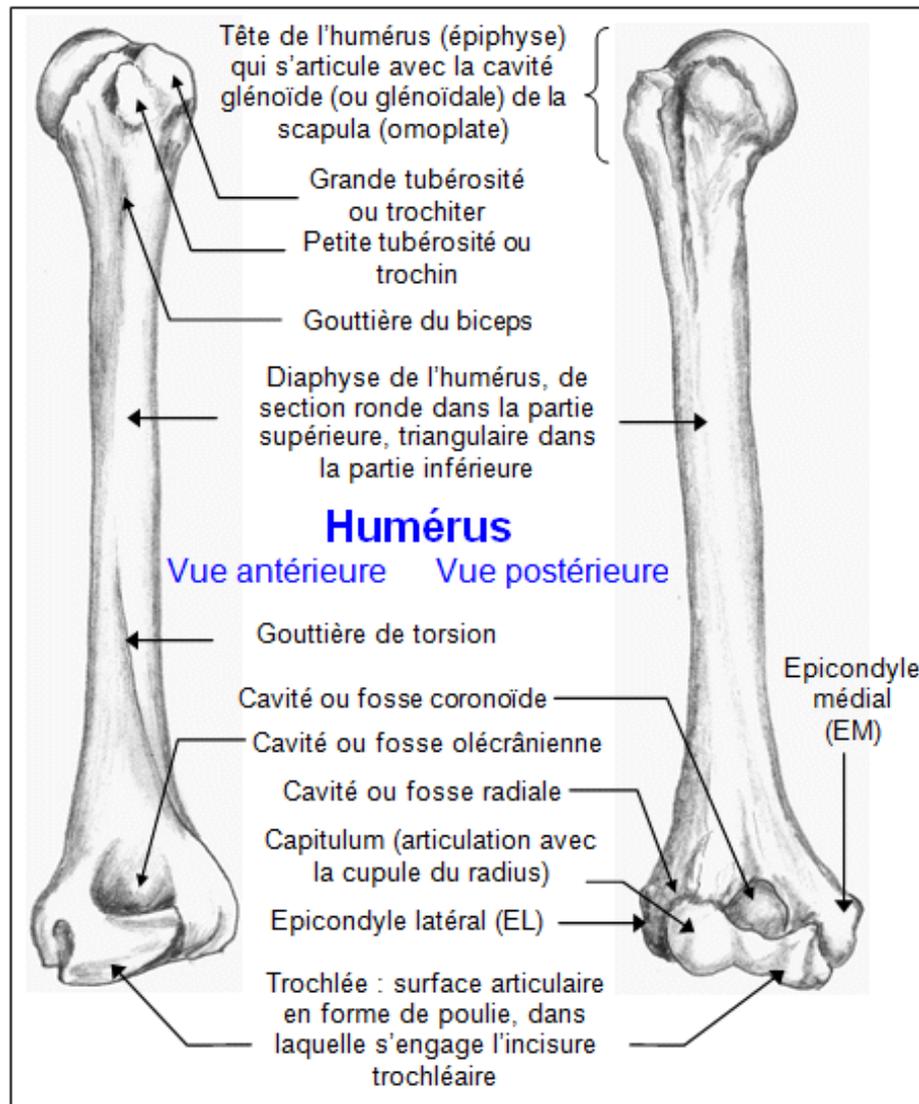
Appelé également ligne âpre, rugueux en haut, il se confond avec la lèvre externe de la coulisse bicipitale.

**c. Le canal médullaire :**

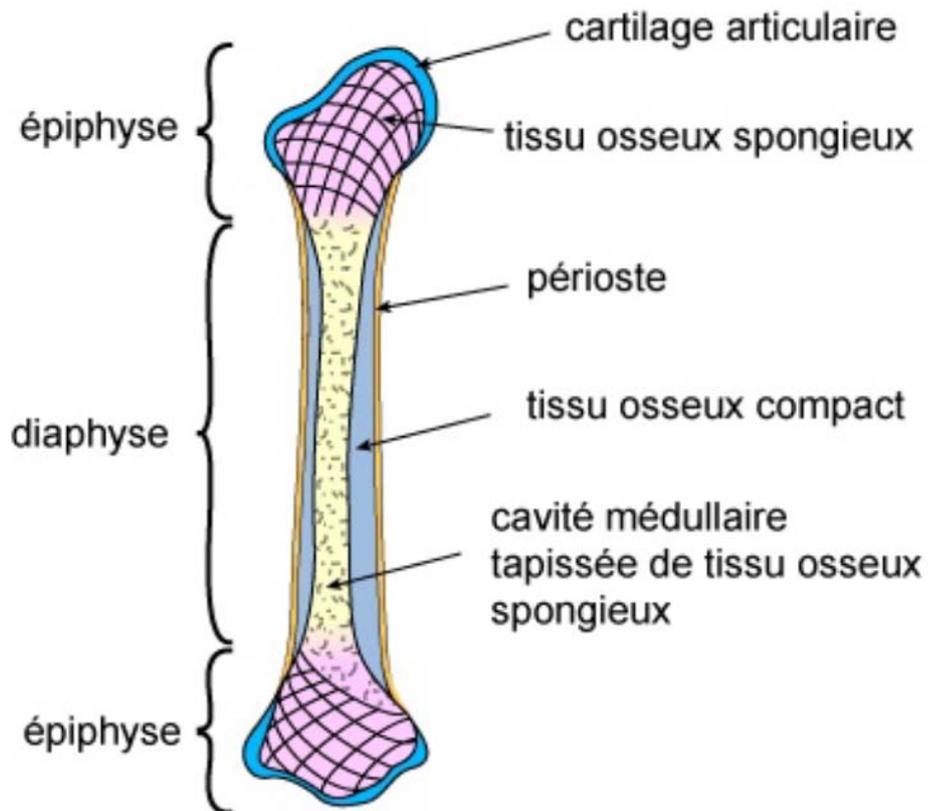
En raison des implications chirurgicales, il faut rappeler que la diaphyse humérale est vrillée sur son axe. Elle comporte une section proximale cylindrique qui tend à s'effacer à la partie distale pour constituer les deux piliers de la palette humérale de structure compacte et triangulaire.

Les données biométriques concernant la diaphyse humérale sont rares. De Mourgues[11] a mesuré chez l'adulte les diamètres endomédullaires transversal et sagittal : respectivement 18 et 17 mm au 1/3 proximal, 12 et 11 mm au 1/3 moyen et 8,5 et 9 mm au 1/3 distal.

La cavité médullaire présente donc un rétrécissement progressif proximo-distal parfois très marqué. Elle est globalement rectiligne dans le plan frontal mais présente une double courbure dans le plan sagittal ; la courbure distale dirigée vers l'avant est la plus marquée.



**Figure 15[10] : vue antérieure et vue postérieure de l'humérus.**

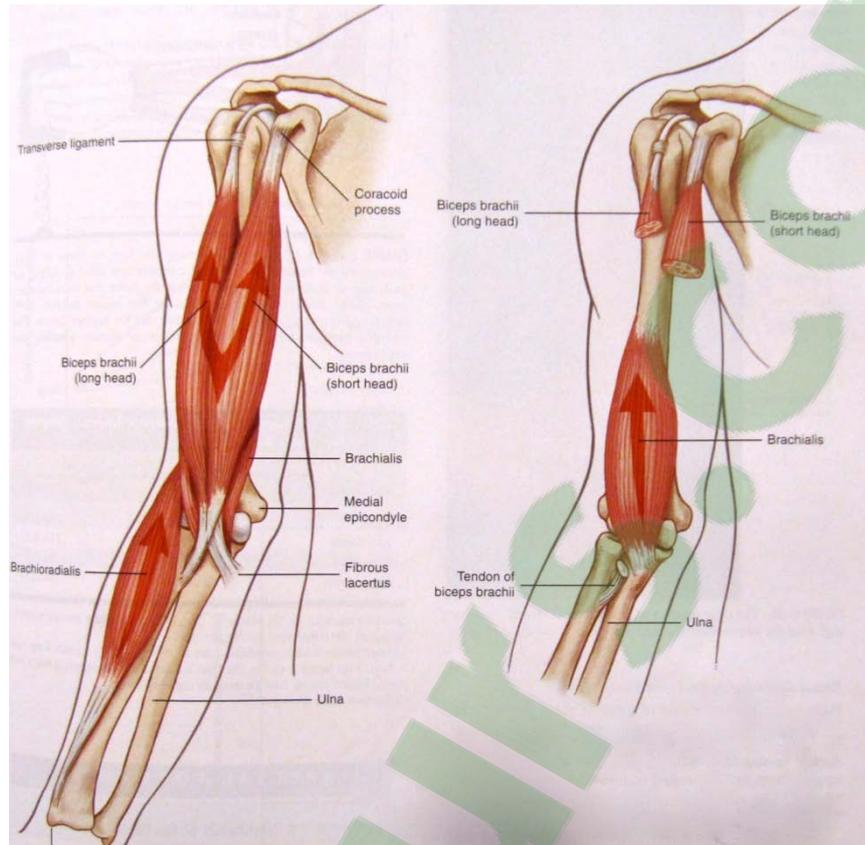


**Figure 16** : Schéma d'une coupe sagittale de l'humérus

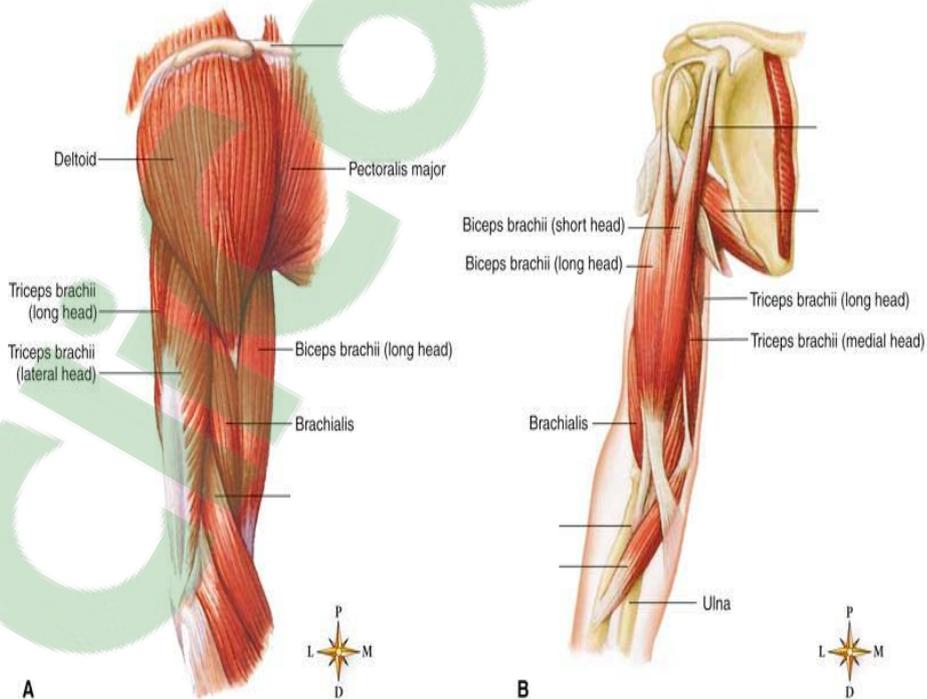
## 2. MUSCULATURE :

Le bras est constitué de deux loges musculaires, antérieure et postérieure. La loge antérieure du bras contient trois muscles : le muscle biceps brachial ; le muscle coracobrachial, et le muscle brachial.

En arrière de l'humérus, innervé par le nerf radial, le muscle triceps brachial.



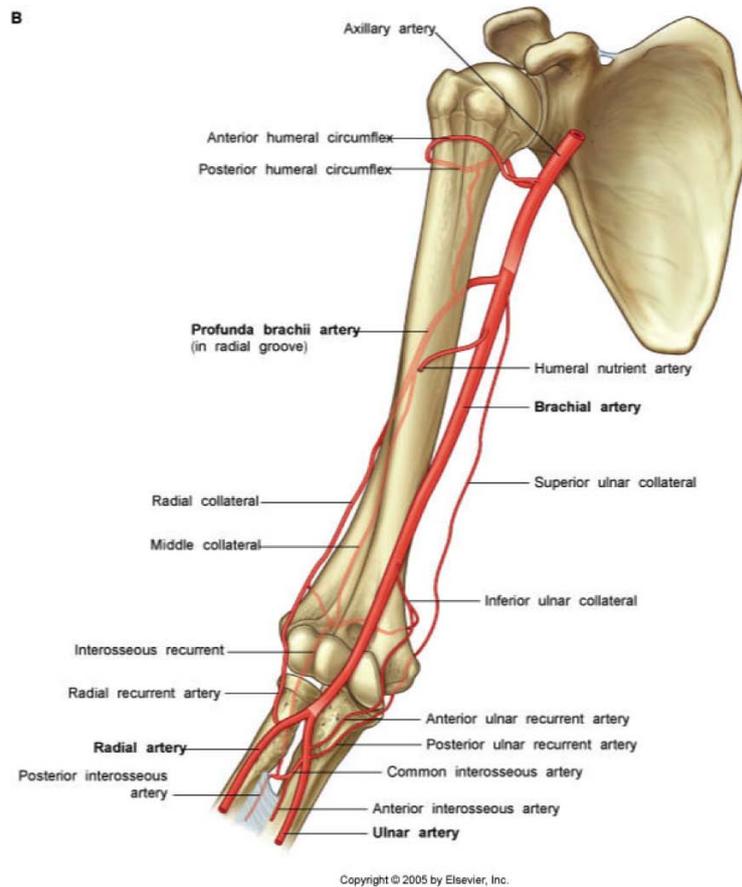
**Figure 17 : schémas des muscles du bras**



**Figure 18 : schémas des muscles du bras**

### 3. Vascularisation :

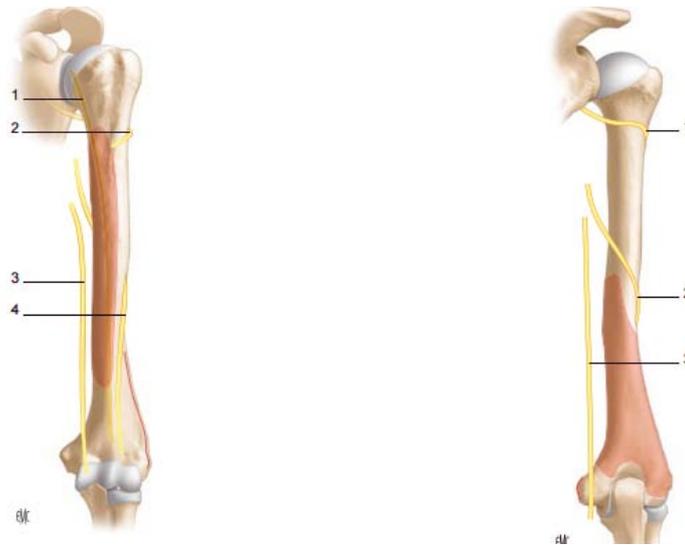
Le bras livre passage, en profondeur, à l'artère brachiale ainsi qu'à la veine brachiale , et en superficie aux veines céphalique et basilique



**Figure 19 : schéma de la vascularisation du bras.**

#### 4. INNERVATION :

En avant et en dedans, pour l'innervation du bras essentiellement : le nerf musculocutané et le nerf cutané médial du bras. Pour l'innervation de l'avant bras et de la main : le nerf cutané médial de l'avant bras, le nerf cubital et le nerf médian. En arrière, le nerf radial qui innerve l'ensemble du membre supérieur.



**Figure 20 : schéma du trajet du nerf radial**

1.Nerf musculocutané , 2.Nerf radial , 3. Nerf ulnaire, 4. Nerf radial

Les rapports étroits du nerf radial avec la face dorsale de la diaphyse humérale contre laquelle il glisse selon un angle de 10 à 15° font partie des données anatomiques classiques (figure 20). En fait, il est quelque peu protégé par des faisceaux musculaires du triceps sauf dans la région supracondylienne à la sortie de sa gouttière de torsion. La traversée de la cloison intermusculaire externe est un point de fixité pour le nerf. Solidaire de la diaphyse, il subira une traction à partir de ce point à l'origine d'une élévation voire d'une section lors d'un mouvement de grande amplitude de l'humérus fracturé.

### **III. Principes généraux et spécificités des fractures des os longs de l'enfant :**

#### **1. Particularités des fractures chez l'enfant:**

Le squelette est initialement une matrice cartilagineuse chez le fœtus. Celle-ci va s'ossifier progressivement au cours du développement fœtal par le milieu des diaphyses. Puis dès le 9ème mois de gestation, les épiphyses vont apparaître dans un ordre immuable, identique chez tous. À la naissance, le squelette est constitué d'os fibrillaire (primaire) à l'exception de la diaphyse fémorale qui contient un os lamellaire avec des ostéocytes. Petit à petit, la masse cartilagineuse va diminuer pour être remplacée par du tissu osseux, de sorte qu'en fin de croissance, la majeure partie de la structure est ossifiée et le cartilage ne persiste que sur les surfaces articulaires.

Ceci engendre des spécificités anatomique, biomécanique et physiologique qui font que le squelette de l'enfant diffère de celui de l'adulte par:

- La présence de cartilages de croissance.
- Un os plus poreux (cortex aréolaire) et moins minéralisé que celui de l'adulte, et donc moins résistant.
- Un os plus hydraté, donc plus plastique et plus élastique.
- Un os possédant une gaine périostée plus épaisse et mieux vascularisée.

Ces caractéristiques osseuses expliquent 4 fractures propres de l'enfant :

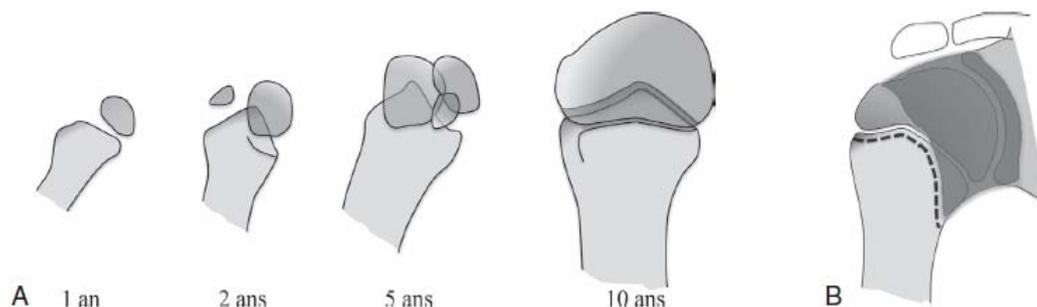
- La fracture métaphysaire en motte de beurre due à la contrainte en compression de l'os diaphysaire dans l'os métaphysaire.
- La fracture plastique diaphysaire qui est une incurvation traumatique sans fracture macroscopique.
- La fracture en bois vert, avec rupture de la corticale convexe et de son périoste.
- La fracture en cheveu non déplacée grâce au manchon périosté.

A coté de ces fractures typiques on retrouve les fractures communes :  
Spirioïde ; transversale ; oblique ; transverso oblique avec ou sans refend ; communitive.

## **2. Formation et croissance de l'humérus proximal :**

La physe proximale de l'humérus est formée de trois noyaux d'ossification (céphalique, du tubercule mineur et du tubercule majeur). Le premier apparaissant au plus tard à 3 mois de vie. Les deux autres apparaissent vers 1 an et fusionnent entre eux entre 3 et 5 ans formant le noyau du massif tubérositaire. Vers 6 ans, ce dernier fusionne avec le noyau céphalique pour former un noyau épiphysaire proximal céphalo-tubérositaire unique. C'est vers cet âge de 6 ans que la physe humérale proximale prend alors sa forme caractéristique en « accent circonflexe » (figure 21), responsable de ce double contour sur les clichés radiologiques accentuant les difficultés d'interprétation et les risques d'erreurs [12].

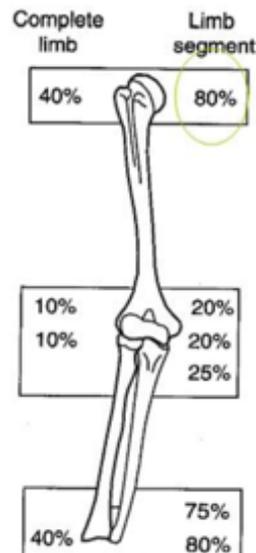
Cette physe humérale proximale assure près de 80 % de la croissance en longueur de l'humérus permettant un exceptionnel pouvoir de remodelage (figure 21). La fusion du cartilage conjugal est la plus tardive au niveau des os longs (16-17 ans chez la fille, 18 ans chez le garçon) [13], expliquant la survenue de fractures décollement épiphysaire chez l'adolescent et un remodelage de cal vicieux encore possible à cet âge.



**Figure 21[14] : Croissance et anatomie de l'humérus proximal.**

A. Aspect de l'épiphyse humérale supérieure au cours de la croissance. L'aspect apparemment excentré des noyaux d'ossification au sein de l'épiphyse explique certains diagnostics de décollement épiphysaire par excès.

B. Ligne d'insertion de la capsule de l'articulation gléno-humérale sur l'humérus proximal, expliquant la fréquence des décollements épiphysaires emportant un coin métaphysaire médial.



**Figure 22** : schéma du potentiel de croissance osseuse du membre supérieure

### **3. Processus de consolidation des fractures chez l'enfant :**

L'os est l'un des seuls constituants de l'organisme capable de réparation complète à la suite d'un traumatisme. La consolidation osseuse d'une fracture diaphysaire chez l'enfant est un raccourci du processus naturel de l'ostéogenèse, tandis que chez l'adulte, il s'agit d'un processus spécifique de guérison [15]. La traumatologie infantile bénéficie ainsi d'avantages tels que la capacité de guérison beaucoup plus rapide du fait de la croissance péri-endostée encore active [16].

Le traumatisme causal entraîne une rupture de l'os, mais également du périoste et de la vascularisation. L'hématome fracturaire est la conséquence du saignement de ces différents éléments. Cet hématome est essentiel à la consolidation.

Une phase d'inflammation aigüe se produit rapidement.

Ensuite apparaît le cal périosté, véritable début de la consolidation. L'apparition de ce cal est inhibé par l'absence de mouvements au niveau du foyer fracturaire (fixation trop rigide). Le périoste est l'élément indispensable à la formation de ce cal.

Le cal endosté débute par une prolifération vasculaire à l'intérieur de la médullaire.

Ces deux cals permettent l'ossification primaire.

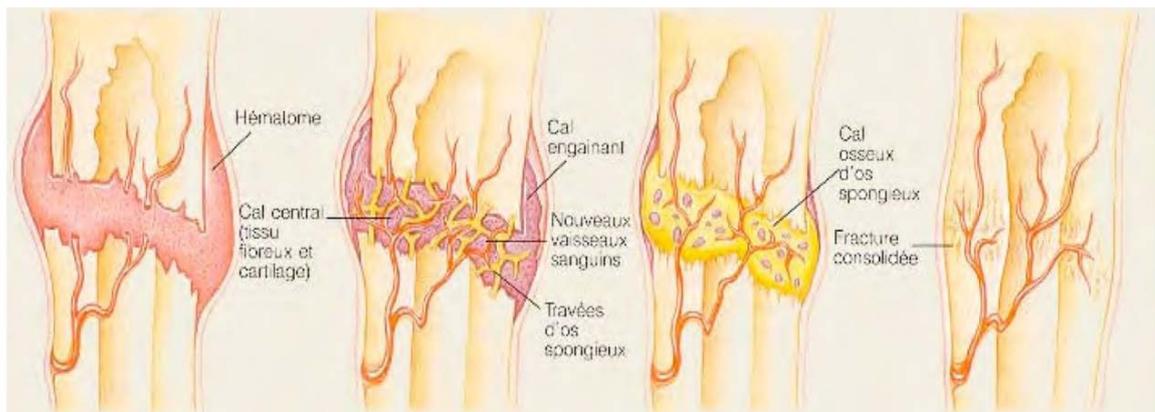
Le remodelage peut commencer lorsque cette ossification primaire est obtenue. Il s'agit d'une résorption ostéoclastique du tissu osseux primaire associée à une apposition ostéoblastique d'os lamellaire secondaire orienté selon les contraintes mécaniques. Chez l'enfant ce remodelage est encore amélioré en cas de désaxation osseuse par l'activité de la zone de croissance quand celle-ci est encore active et à proximité du foyer fracturaire.

Ainsi il apparaît que l'os de l'enfant a un plus grand potentiel de consolidation bien que les mécanismes de consolidation soient les mêmes.

Le périoste, plus épais et mieux vascularisé va empêcher certains déplacements et favoriser le cal périphérique.

Le remodelage de l'os va être amélioré par la présence de zones de croissance actives.

En contrepartie la stimulation de la croissance par le traumatisme va provoquer un allongement de l'os fracturé.



**Figure 23[18] : schéma de la réparation osseuse**

Toute agression du foyer de fracture comme l'évacuation de l'hématoème, la destruction du périoste et de la vascularisation périphérique ou médullaire, modifie considérablement le schéma de cette réparation osseuse [17 ,18] et prive l'enfant de son processus de réparation naturel.

**C'est pourquoi:**

- Il faut préserver l'hématome fracturaire à tout prix. C'est le précurseur du cal périosté (pas de chirurgie ouverte si possible). De plus Il n'y pas de nécessité de contact osseux entre les fragments pour qu'une fracture consolide ; Il suffit que les fragments soient dans le même hématome.
- Les fractures ouvertes sont plus longues à consolider que les fractures fermées.
- Chez l'enfant, on cherche à stimuler le cal périosté issu de l'hématome primitif par des micromouvements dans le foyer de fracture, donc on évitera les montages rigides.

La durée approximative de consolidation des fractures chez l'enfant varie considérablement selon l'âge de l'enfant. Pour des patients de même âge, il existe de nombreuses différences individuelles. En règle générale, la formation du cal chez l'enfant est plus rapide que chez l'adulte. Un examen clinique et surtout radiologique permet d'apprécier le degré de consolidation et de fixer la durée d'immobilisation nécessaire. Le cal osseux débute à 1 semaine selon Métaizeau [19]. Les auteurs parlent de consolidation clinique et radiologique à 3-4 mois [15].

**4. Possibilités de remodelage et séquelles possibles:**

Le remodelage osseux dépend essentiellement du périoste alors que la correction d'axe est assurée par les cartilages de croissance adjacents.

**4.1. le rôle du périoste :**

Les appositions périostées se constituent aux endroits où s'exercent les contraintes mécaniques (loi de Wolf), alors que les régions non sollicitées font l'objet de résorption.

Ainsi en cas d'angulation osseuse la concavité fera l'objet d'une néoformation alors que la convexité sera le siège d'une résorption.

**4.2. le rôle du cartilage de croissance :**

Le cartilage de croissance tend à s'orienter perpendiculairement à l'axe mécanique de l'os considéré (loi de Wolkman). Lorsqu'apparait une angulation anormale, une croissance asymétrique est observée. La région du cartilage de croissance située en regard de la concavité présente une croissance supérieure à celle correspondant à la convexité.

**4.3. Facteurs influençant le remodelage :**

Le pronostic est d'autant meilleur que :

- le patient est jeune : avant 8 ans, la correction est presque complète, plus tard une angulation peut persister [15].
- la déformation se trouve dans le plan de mouvement de l'articulation [20], sagittal pour l'humérus.
- la fracture se situe près d'une zone à forte activité de croissance (plaque de croissance).

Prévoit décrit une correction de 6° dans les 3 ans postopératoires à raison de 2° par an.

**a. Défaut de rotation :**

Selon beaucoup d'auteurs, un décalage en rotation ne se corrige jamais [15].

**b. Défaut de longueur :**

Dans les fractures diaphysaires, la cause la plus fréquente d'inégalité de longueur est la stimulation d'un ou plusieurs cartilages de croissance liée à l'hyperhémie accompagnant le

processus de guérison. Une grande partie de l'hyperallongement est réalisée en 18 mois et finit après 3 ans [21].

Le potentiel de remodelage des cals de l'enfant permet souvent l'acceptation d'imperfections dans l'alignement initial des fractures permettant de recourir aux méthodes de réductions orthopédiques plutôt que chirurgicales.

Cependant, les cals hypertrophiques de l'enfant ne se remodelent pas toujours et les résultats sont quelquefois mauvais [15].

Chez l'adulte, lorsque la consolidation est acquise et que l'activité a repris sans gêne, le traitement est considéré comme terminé. Chez l'enfant il ne peut en être ainsi tant que l'on ne s'est pas assuré que la croissance s'effectue normalement (inégalité de longueur, déviation axiale, épiphysiodèse). Le traitement d'une fracture de l'enfant ne se termine pas avec la consolidation de la fracture et une fonction restituée. Il s'achève lorsque l'intégrité des processus de croissance sans séquelle orthopédique a été vérifiée avec un recul suffisant. Le contrôle à long terme fait donc partie du traitement des fractures de l'enfant.

#### **IV. ANATOMOPATHOLOGIE :**

##### **1. fracture diaphysaire :**

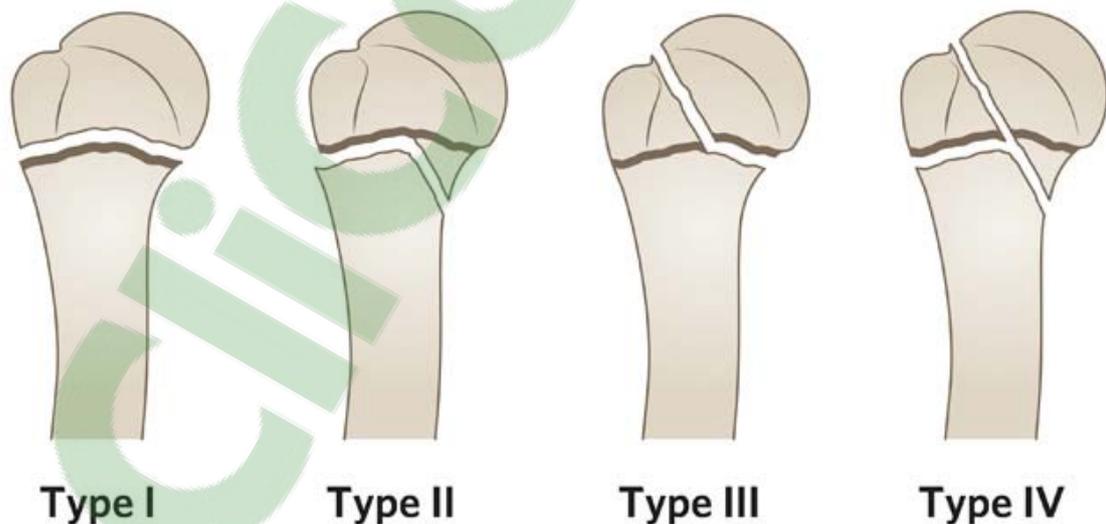
Les fractures diaphysaires sont les plus fréquentes. Le membre supérieur est deux fois plus atteint. Dans les formes complètes, analogues à celles de l'adulte, le trait de fracture peut être spiroïdal, transversal, ou oblique. Les formes incomplètes sont plus fréquentes et liées à la plasticité de la matrice osseuse.

##### **2. Fractures épiphyso-métaphysaires :**

Plus fréquentes chez le garçon que chez la fille. Elles ont pour conséquences la formation d'un pont fibreux puis osseux, avec fusion précoce du cartilage de croissance (épiphysiodèse).

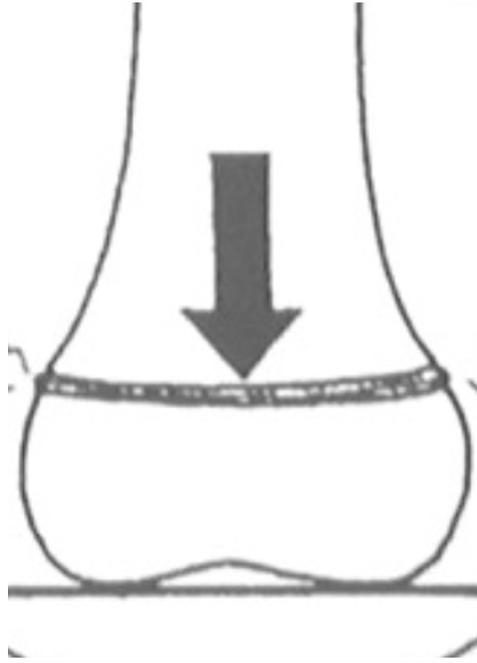
La classification de Salter et Harris permet de classer ces fractures et d'établir un pronostic sur la croissance

Elle comprend 5 types de fractures-décollements



© The Royal Children's Hospital, Melbourne, Australia

**Figure 24 : classification de Salter et Harris**



**Figure 25 : Stade V de la classification de Salter et Harris**

- Type 1 de SALTER et HARRIS :** C'est un décollement épiphysaire pur, sans fracture. La totalité du cartilage conjugal est touchée par le traumatisme. Le déplacement est d'amplitude très variable.
- Type 2 de SALTER et HARRIS :** Le décollement se poursuit avec une fracture d'un petit coin du côté métaphysaire. Le petit coin osseux métaphysaire peut être dépériosté et de ce fait, il peut être dévascularisé et évoluer vers une nécrose et une épiphysiodèse en regard du fragment osseux.
- Type 3 de SALTER et HARRIS :** Le décollement est partiel et il s'arrête au niveau d'une fracture verticale qui sépare un petit fragment de l'épiphyse. Une réduction parfaite s'impose le plus souvent chirurgicalement, car il importe d'avoir non seulement un cartilage conjugal bien réduit, mais aussi que le cartilage articulaire soit rétabli intégralement, afin d'éviter un retentissement sur la fonction articulaire, on fixe le plus souvent le fragment par des vis ou par des broches.
- Type 4 de SALTER et HARRIS :** Il s'agit d'une fracture qui traverse le cartilage conjugal sans le décoller. La réduction doit être parfaite et le risque d'épiphysiodèse est malgré tout important. On voit souvent se développer des épiphysiodèses « en étoile » déformant l'articulation.
- Type 5 de SALTER et HARRIS :** Ce sont des lésions par compression verticale. Les épiphysiodèses sont fréquentes après ces traumatismes. Très souvent, le diagnostic n'est pas fait et l'on parle d'entorse banale. Le traitement consiste en une immobilisation simple, mais celle-ci ne peut permettre d'éviter complètement le risque d'épiphysiodèse qui est très grand. Tous les types d'épiphysiodèses, partielles ou totales, sont ici possibles.

### **3. La fracture métaphysaire :**

Représente 70 % des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, localisée au niveau du col chirurgical, et plus rarement à la jonction métaphyso-diaphysaire. Le trait est le plus souvent transversal ou oblique court[14].

### **4. fracture sur os pathologique :**

Une fracture est dite pathologique quand elle survient sur un tissu osseux modifié et remanié par un processus pathologique, focal ou systémique.

Chez l'enfant, les fractures pathologiques peuvent être secondaires à de nombreuses causes : maladie métabolique, infection, pathologies neuromusculaires et néoplasies bénignes ou malignes.

Il faut noter la fréquence des fractures pathologiques au niveau de l'humérus proximal puisque cette région totalise 40 % des fractures pathologiques de tout le squelette [23]. Le kyste osseux essentiel en est la première étiologie, l'humérus proximal étant sa localisation de prédilection (51 %) [24]. Les autres tumeurs responsables de fractures pathologiques de l'humérus proximal sont le kyste osseux anévrisimal, le fibrome non ossifiant, la dysplasie fibreuse et les tumeurs osseuses malignes dont l'ostéosarcome [23].

## V. Données épidémiologiques :

### 1. Age :

**Tableau II : Répartition de l'âge selon les séries :**

| Série         | Age moyen | Extrêmes d'âge |
|---------------|-----------|----------------|
| Rousset [25]  | 9.7       | [3-13ans]      |
| Harchane [26] | 10        | [5-14ans]      |
| Notre série   | 9.15      | [5-14ans]      |

Dans notre série, l'âge moyen est de 9.7 ans. Ces résultats rejoignent ceux de la littérature où un pic modéré à l'âge de 10 ans est retrouvé [14].

### 2. Sex-ratio :

**Tableau III : Répartition du sex-ratio selon les séries**

| Série         | Sex-ratio |
|---------------|-----------|
| Rousset [25]  | 1         |
| Harchane [26] | 1.77      |
| Notre série   | 1.37      |

Dans notre série, il y avait une prédominance masculine, avec un sex-ratio de 1.37. Ce qui concorde avec la littérature.

Cette prédominance masculine pourrait être expliquée par l'hyperactivité des garçons, ainsi que leur tendance à pratiquer des activités à risque.

### 3. Causes du traumatisme :

**Tableau IV : répartition des causes du traumatisme selon les séries :**

| Série         | AVP | Chutes | Accident de sport | Objet lourd | Agression |
|---------------|-----|--------|-------------------|-------------|-----------|
| Harchane [26] | 56% | 44%    |                   |             |           |
| Notre série   | 24% | 50%    | 10%               | 11%         | 5%        |

Les chutes, en diverses circonstances (un quart d'accidents en rapport avec le sport et un tiers en rapport avec un accident de la voie publique), sont la cause la plus fréquente des traumatismes décrits dans la littérature [14]. Dans notre série, elles sont la cause dans la moitié des cas.

Le mécanisme est le plus souvent une chute en arrière sur la main, le membre supérieur étant en adduction avec coude en extension, épaule en extension et rotation externe. Ce mécanisme occasionne plus volontiers une luxation gléno-humérale antéro-interne chez l'adulte [14].

## VI. Données cliniques :

### 1. Côté atteint :

**Tableau V : coté atteint selon les séries**

| Série         | Côté droit | Côté gauche |
|---------------|------------|-------------|
| Harchane [26] | 60 %       | 40%         |
| Notre série   | 47.36%     | 52.63%      |

Dans notre série, nous avons noté une légère prédominance de l'atteinte du côté gauche par rapport au côté droit, alors que la majorité de nos patients étaient droitiers. Ces résultats rejoignent ceux de la littérature où le côté non dominant est le plus touché [14].

## 2. Signes cliniques :

**Tableau VI : signes cliniques selon les séries**

| Série         | Douleur | Importance fonctionnelle totale | Déformation | Œdème |
|---------------|---------|---------------------------------|-------------|-------|
| Harchane [26] | 100%    | 100%                            | 84%         | -     |
| Notre série   | 100%    | 78.9%                           | 28%         | 44.7% |

Le diagnostic est le plus souvent simple, d'autant plus que la fracture est déplacée et que le trait est métaphysaire; il est évoqué devant une épaule douloureuse, tuméfiée et impotence fonctionnelle après un traumatisme typique.

Le reste de l'examen somatique doit être minutieux à la recherche de complications locorégionales, notamment vasculo-nerveuses et de lésions associées dont certaines peuvent mettre en jeu le pronostic vital.

## 3. Ouverture cutanée :

L'ouverture cutanée est rare. On a noté 1 cas de fracture ouverte stade I de CAUCHOIX et DUPARC dans notre série. Dans la série de Harchane, seuls 12% des fractures étaient ouvertes, et il s'agissait également d'un stade I de Cauchoix et Duparc.

Après parage de la plaie, le patient a été mis sous antibiothérapie par voie intraveineuse pendant 48 h, à base d'amoxicilline-acide clavulanique (100 mg /kg/J).

#### 4. lésions vasculo-nerveuses :

**Tableau VII : lésions vasculo-nerveuses selon les séries.**

| Série         | Lésions vasculaires            | Lésions nerveuses      |
|---------------|--------------------------------|------------------------|
| Harchane [29] | 8% d'abolition du pouls radial | 4% de paralysie radial |
| Notre série   | 2.6% de cyanose                | AUCUNE                 |

Les complications aiguës sont rares. Néanmoins, en raison de la proximité des axes vasculo-nerveux de la ceinture scapulaire, quelques rares cas de lésion de l'artère axillaire ont été rapportés dans la littérature [27]. L'étirement des troncs nerveux qui semble relativement fréquent chez le sujet âgé [28], est exceptionnel chez l'enfant (0,7 % de lésions nerveuses cliniques sur 578 patients ayant un squelette en croissance). Ces lésions vasculo-nerveuses sont l'apanage des fractures les plus déplacées [29]. Dans notre série un cas de lésion vasculaire avait été suspecté devant la cyanose des extrémités.

#### 5. lésions associées :

**Tableau VIII : Lésions associés selon les séries.**

| Série         | Traumatisme crânien | Traumatisme abdominale | Traumatisme thoracique | Autres fractures associées |
|---------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| Harchane [26] | 32%                 | 8%                     | 0 %                    | 10 cas                     |
| Notre série   | 7.5%                | 2.5%                   | 2.5%                   |                            |

### VII. Données radiologiques :

Les fractures diaphysaires sont plus fréquentes chez l'enfant de moins de 10 ans. Les fractures de l'extrémité proximale de l'humérus surviennent plus souvent chez l'adolescent [30]. Elles sont majoritairement métaphysaires dans 70% des cas alors que les décollements épiphysaires ne représentent que 30% des cas [14].

## **VIII. Données thérapeutiques de l'ECMES :**

### **1. Définition :**

L'ECMES réalise une ostéosynthèse souple, élastique et stable, spécifiquement adaptée aux fractures de l'enfant et de l'adolescent car elle respecte au mieux la biologie de la consolidation osseuse et de la croissance. Contrairement aux principes de toutes les autres méthodes de fixation osseuse qui sont rigides, ceux de l'ECMES reposent sur l'utilisation de l'élasticité des implants introduits dans l'os [5].

Il consiste en l'introduction de deux broches dans la métaphyse osseuse la plus éloignée du siège de la fracture. Ces broches sont béquillées et cintrées, ce qui permet à la fois d'orienter le sens de leur pénétration dans l'os et de créer un système géométrique élastique et résistant. L'ECMES doit obéir aux stricts principes décrits par Ferica et aboutir à un montage en double arcs sécants.

### **2. Bases biomécaniques:**

#### **2.1. Résistance mécanique de l'os :**

##### **a. Le périoste :**

Résiste à la traction, peu aux forces de cisaillement. Sa rupture peut être localisée, hémicirculaire ou circulaire. Dans ce dernier cas les deux fragments sont libres dans tous les plans et la réduction sera instable. L'intensité des lésions périostées conditionne mécaniquement la fracture et son degré de déplacement, mais aussi son pronostic biologique.

**b. L'os cortical :**

Subit les contraintes longitudinales. Plus fragile à cause de sa structure lamellaire et du remaniement qu'il subit, sa mise en charge précoce aboutit à une mise en compression rapide du foyer fracturaire entraînant un raccourcissement rapide de l'os embroché. Ainsi, l'hypercroissance résultant du traumatisme peut rattraper ce raccourcissement.

**2.2. Comportement mécanique de l'os embroché :**

Le degré de stabilité et de résistance mécanique d'un montage rigide est supérieur à celui d'un montage élastique.

La micro mobilité d'un foyer soumis à un embrochage centromédullaire élastique stable est permise grâce au caractère souple du montage au dépend d'une moindre stabilité. Une broche tendant à reprendre sa forme initiale développe une force de rappel qui provoque une angulation du foyer de fracture. Deux broches disposées en arcs sécants, leurs forces de rappel s'annulent, le montage est équilibré [15,19].

L'instabilité osseuse obtenue par embrochage souple stimule la formation du cal périosté [15,19]. Au cours de l'ostéosynthèse rigide, l'immobilité parfaite est nécessaire pour obtenir après plusieurs mois la fusion osseuse primitive. Le moindre micromouvement empêche la "soudure autogène" du cal cortical en sectionnant, par un effet de coupe-cigare, les ostéons qui traversent le foyer de fracture. En revanche, les micromouvements permis par l'ostéosynthèse élastique favorisent le développement du cal externe dès les premières semaines. Cette mobilité doit être limitée pour ne pas léser le processus en pont ("Bridging process") du cal primaire dont les cellules sont disposées longitudinalement entre les fragments [2].

### **3. ECMES et consolidation :**

L'ECMES assure une consolidation osseuse de façon extrêmement rapide et permet une autonomie précoce du jeune patient [31].

#### **3.1. Sur le plan vasculaire**

Lors d'un embrochage centromédullaire, avec du matériel de petit diamètre (les broches) on observe le rétablissement précoce d'un débit sanguin médullaire normal [22,27]. La revascularisation va également être favorisée par la stabilité du montage [25].

#### **3.2. Respect des tissus et de l'hématome fracturaire [32;33]**

L'ECMES, ostéosynthèse à foyer fermé, permet de ne pas aggraver l'attrition musculaire ni la déchirure périostée et préserve la vascularisation précaire de certains fragments osseux. La consolidation est favorisée au cours de l'ECMES par le respect de tous les tissus vivants au niveau du foyer de fracture et en conservant également intact l'hématome fracturaire, source d'agents humoraux responsables du cal externe.

Les parties molles participent à la stabilité du montage en jouant un triple rôle:

- La stabilité rotatoire: les muscles et leurs tendons disposés circulairement autour de l'os fracturé jouent le rôle de haubans et limitent les déplacements angulaires ainsi que les cals vicieux rotatoires.
- Le rôle trophique: les contractions postopératoires précoces des muscles entraînent l'augmentation de l'apport nutritionnel et maintiennent une bonne oxygénation locale, celle-ci permet l'ostéoformation cellulaire sans passer par le stade chondroblastique.
- Le rôle morphologique: les contractions des muscles ont également un rôle sur la forme du cal qui, après un développement anarchique créé par les conditions initiales, peut devenir harmonieux et fusiforme.

Ceci explique la mauvaise qualité et le caractère hypertrophique du cal externe des patients présentant des pathologies neurologiques.

### **3.3. Importance du respect du périoste :**

Après plusieurs expériences, GIRGIS [35] observe que l'avulsion du périoste entraîne une dévascularisation du foyer de fracture, favorisant la production de tissu fibrocartilagineux plutôt que d'os.

L'aspect du cal est différent selon qu'on aborde ou non le foyer de fracture lors d'un enclouage centromédullaire [35]: après enclouage à foyer fermé, le cal est homogène, intimement fixé au foyer de fracture ("anchoring callus"). Par contre, après enclouage à foyer ouvert, le cal prend un aspect en pont ("Bridging callus"), traduisant une dévascularisation plus importante des segments osseux [36].

### **3.4. L'ECMES comme ostéosynthèse idéale pour une bonne consolidation :**

Pour respecter les processus physiologiques de la consolidation des fractures de l'enfant, une ostéosynthèse « idéale » doit donc répondre à plusieurs critères :

- Etre centromédullaire, et réalisée à foyer fermé, pour préserver le périoste et l'hématome fracturaire,
- Etre de faible diamètre (broches) pour favoriser la revascularisation médullaire,
- Etre élastique pour accélérer le développement du cal externe,
- Supprimer les mouvements de rotation et de cisaillement du foyer de fracture,
- Permettre une mise en charge précoce, assurant une compression cyclique physiologique.

L' ECMES remplit toutes ces conditions.

## **4. Technique chirurgicale de l'ECMES :**

### **4.1. MATERIEL D'OSTEOSYNTHESE**

#### **a. Choix du matériau**

Deux matériaux sont disponibles sur le marché, l'inox et le titane. Les deux ont le même béquillage et le même ancillaire [37].

Le titane a une meilleure élasticité que l'inox. Il est donc intéressant pour augmenter les micromouvements du montage et stimuler le périoste. La rigidité de l'inox est plus grande. Pour chaque diamètre de broche, la rigidité de l'inox correspond à un diamètre supérieur de 0,5 mm pour le titane.

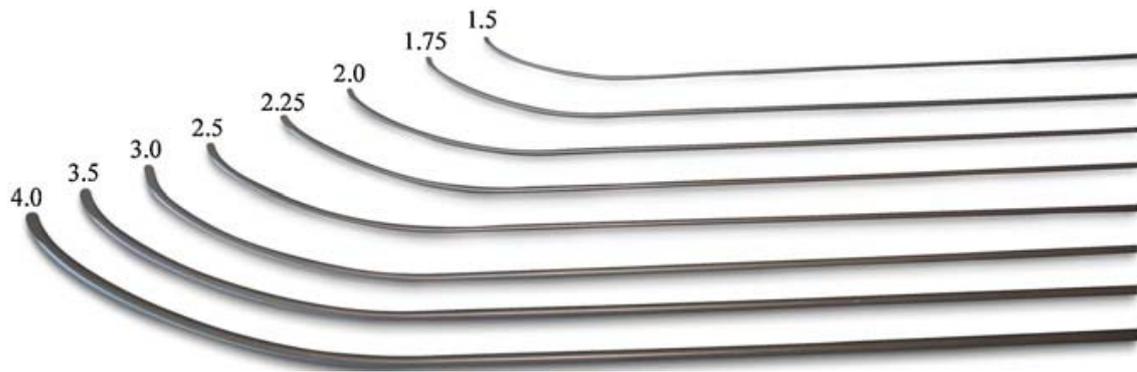
Chercher une grande rigidité pour le titane force à choisir un diamètre de broche supérieur. Le canal médullaire risque alors d'être trop fin. La corrosion liée aux frottements des broches est identique.

Le choix du matériau est donc dirigé par le type de souplesse ou rigidité que l'on recherche. Schématiquement le titane est intéressant pour les petits enfants pour lesquels on recherche de l'élasticité. L'inox est irremplaçable pour les grands enfants et les adolescents ayant encore des cartilages de croissance, mais pour lesquels la stabilité est prépondérante. Le choix final dépend de la biomécanique, des habitudes et de considérations budgétaires (en raison du surcoût du titane) [38].

#### **b. Broches :**

La propriété essentielle des broches est l'élasticité. En effet la forme prise par les broches dans l'os, visible sur les radiographies, n'est qu'apparente. La façon de redressement de la broche étant le garant du maintien de la réduction de la fracture [39].

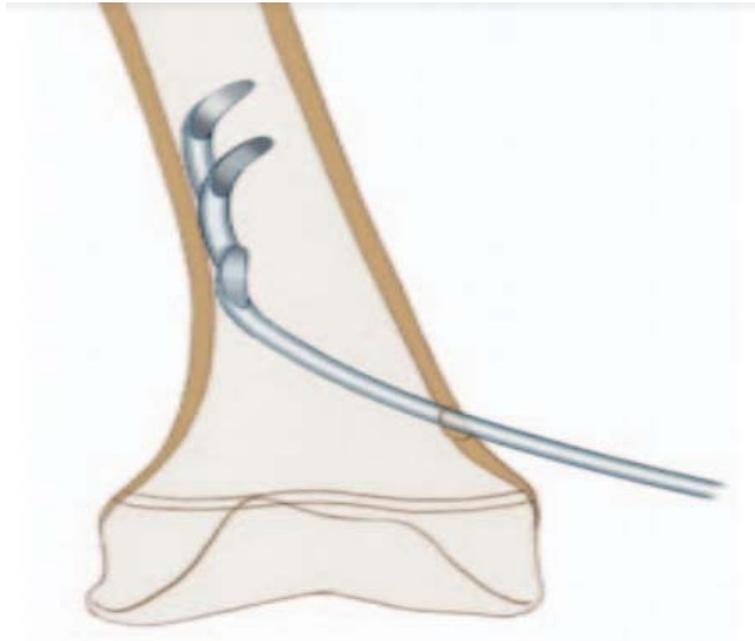
Le diamètre des broches : Les broches sont disponibles en cinq diamètres 1.5mm, 1.75mm, 2mm, 2.25mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm ,3.5 mm et 4.0 mm (figure 26). Elles ont un code de couleur différent pour une identification facile. Le diamètre des broches doit correspondre au minimum à 33% du diamètre du canal médullaire le plus petit [38].



**Figure 26 [14] : les différents diamètres des broches de Métaizeau.**

La longueur des broches disponible, varie en fonction du calibre pour permettre au chirurgien d'adapter la résistance du montage aux contraintes qu'il aura à subir. Livrées rectilignes, les broches peuvent aisément être modelées à l'aide du fer à courber par le chirurgien selon le type de montage qu'il désire réaliser. La pointe est béquillée soit côté mou, soit du côté tranchant en avant. Dans le premier cas ; la pointe pénétrera difficilement dans l'os spongieux ; elle jouera le rôle d'une console évitant le télescopage au niveau du foyer de fracture et le raccourcissement (fractures spiroïdes, obliques, longues ou comminutives). Lorsque le bord tranchant est en avant (deuxième cas), la broche peut pénétrer loin dans l'os spongieux. L'ancrage métaphysaire ainsi privilégié améliore la stabilité en torsion pour les fractures transversales, et offre une meilleure prise dans le fragment d'aval pour les lésions métaphysaires. Le cintrage du corps de la broche dépend de la localisation de la fracture, il devra être maximum en regard du foyer de la fracture.

Le cintrage est strictement symétrique, effectué à la main pour se situer en face du foyer de fracture [40].



**Figure 27[40] : Bécquillage nécessaire à la progression de la broche depuis la région métaphysaire vers le canal médullaire.**

**c. Matériel ancillaire spécifique :**

Le matériel ancillaire de pose des broches est relativement simple mais doit être particulièrement adapté, surtout lorsqu'il s'agit de poser des broches de faible diamètre.

Un cintreur de broches: cet instrument est optionnel dans la mesure où les broches peuvent être facilement cintrées à la main, En revanche une pince solide permet de créer ou de modifier le bécquillage [40].

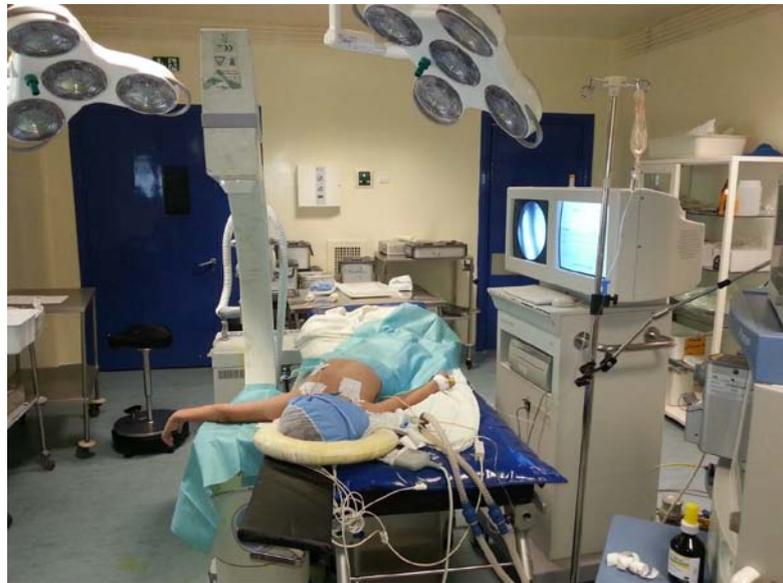
Une poignée en T dite américaine : elle doit permettre les mouvements de rotation de la broche afin de la faire progresser dans le canal médullaire et de parfaire la réduction. La poignée ne doit pas glisser sur la broche [40].

Un marteau: il est utilisé lors du passage du foyer de fracture, la pointe de la broche étant parfaitement orientée vers le fragment opposé. La rotation de la poignée en T aura tendance à pousser le plus souvent la broche dans les parties molles. Cependant, assurer toute la progression intra canalaire à l'aide du marteau risquerait de s'exposer à des blocages des broches à l'intérieur de l'os voire à des perforations corticales. L'impaction finale de l'implant est également assurée à l'aide du marteau [40].



#### **4.2. Installation et repères**

Sous anesthésie générale, le patient est installé sur une table normale, épaule et membre supérieur reposant sur une table à bras (figure 28). L'amplificateur de brillance est installé de façon à contrôler la face et le profil sans qu'il soit nécessaire de modifier la position du membre supérieur en tenant compte de la position de réduction qui demande souvent une anté-pulsion prononcée. Il est préférable de tester les possibilités de réduction et de contrôle radiographique, avant le badigeonnage. Le membre est ensuite drapé stérilement jusqu'à l'épaule.



**Figure28 : installation du malade**



**Figure 29 : point d'incision**

### **4.3. TECHNIQUE OPERATOIRE AU COURS L'ECMES**

#### **a. Introduction des broches et guidage dans le canal médullaire**

L'incision cutanée débute à l'aplomb exact du futur point d'entrée, puis se prolonge en s'écartant du trait de fracture.

Les parties molles sont dissociées aux ciseaux perpendiculairement à la surface cutanée, en réalisant un chemin le plus direct possible vers l'os au travers du muscle. Une fois en contact avec la corticale, la pointe des ciseaux recherche le sommet de la convexité.

La pointe carrée reprend alors le trajet ainsi créé, pour forer le trou d'entrée de la broche, d'abord perpendiculairement à l'os. Progressivement, l'instrument est incliné pour que son trajet se rapproche le plus possible de l'axe de la diaphyse. L'orifice doit parfois être suffisamment large pour permettre l'introduction de 2 broches.

L'orifice doit se situer exactement à l'aplomb de l'extrémité proximale de l'incision, et au sommet de la convexité de la surface osseuse. Ces repères sont faciles à retrouver.

Il faut éviter de créer une importante chambre de décollement dans laquelle la broche risque de s'égarer.

La pointe de la broche doit être présentée perpendiculairement au plan osseux, puis réorientée vers le haut une fois la corticale franchie.

Amener la pointe parallèlement à la corticale, exclut toute possibilité de pouvoir pénétrer dans l'os. La pointe béquillée vient s'appuyer sur la corticale opposée sur laquelle elle glisse pour progresser vers le haut. La broche est poussée à la main au moyen de la poignée américaine en lui imprimant des mouvements de rotation axiale alternatifs.

Problèmes techniques: La broche se plante dans la corticale opposée si sa pointe n'est pas assez béquillée ou si l'orifice n'est pas assez incliné. La broche ne coulisse pas si l'orifice d'entrée insuffisamment incliné fait une chicane, quand l'orifice d'entrée n'est pas assez large, ou si la broche n'est pas suffisamment cintrée.



**Figure 29 : introduction de la broche**

**b. Franchissement du foyer :**

L'impossibilité de faire progresser la broche, problème fréquent, est due à plusieurs erreurs techniques.

Afin de franchir aisément le foyer, il est préférable d'introduire en premier la broche qui se présentera naturellement en face du canal médullaire du second fragment.

La progression est suspendue lorsque la pointe se trouve à quelques millimètres du trait de fracture. Un contrôle radioscopique est effectué de face et de profil, de façon à vérifier qu'elle se présente bien en face du canal médullaire post-fracturaire.

Si cela n'est pas le cas, elle doit être réorientée par torsion axiale, et ensuite poussée 3 à 4 cm au-delà du foyer de fracture.

La deuxième broche peut alors être introduite. En regard de l'abord du foyer, sa pointe risque de sortir du canal médullaire. Elle devra donc être réorientée par une rotation axiale de 180°, qui lui donnera une direction sensiblement identique à la précédente dont elle devra suivre la route.

Une fois le trait de fracture franchie, la deuxième broche sera à nouveau orientée par une rotation axiale de 180°, de façon à reprendre son trajet initial. Il faut prendre garde à effectuer cette manœuvre exactement en sens inverse de la précédente pour éviter d'enrouler la deuxième broche autour de la première.

Les deux broches sont maintenant poussées le plus loin possible, mais sans entrer dans le spongieux métaphysaire. Tandis que la fracture est maintenue réduite le mieux possible par manœuvres externes, les deux broches sont fichées dans le spongieux métaphysaire.

*Problèmes techniques :*

La réduction est très partielle, la pointe de la broche ne se présente pas en face de la communication entre les canaux médullaires pré et post fracturaire. Par petits mouvements de rotation axiale de quelques degrés à chaque fois, la position de la pointe de la broche est modifiée, et contrôlée à chaque étape de face et de profil, jusqu'à ce que son orientation soit parfaite. Elle peut être alors poussée au travers du foyer.

**c. Terminer l'embrochage :**

Dans le plan frontal, une anomalie axiale sera corrigée en inversant la direction de la broche parallèle au défaut de façon à ce que sa convexité vienne s'opposer à l'angulation du foyer. Par exemple, s'il persiste un varus, la broche interne varisante, retournée de 180°, inverse sa force de rappel et devient valgisante. Un varus sera corrigé par une inversion de la broche externe.

Dans le plan sagittal, ce sont les deux broches qui seront réorientées en restant symétriques par rapport à l'axe de l'os.

La fin de l'intervention est très importante, car elle va permettre de fixer la correction. Mal réalisée, elle risque de maintenir un défaut, ou de laisser une trop grande instabilité.

**d. Corrections d'axes :**

Lorsque les broches sont convenablement positionnées, il arrive qu'un défaut de correction persiste, généralement celui-ci n'est pas très important, et il peut être corrigé par manipulation centromédullaire.

**e. Section des broches :**

Une fois le montage terminé, les broches doivent être coupées suffisamment courtes pour ne pas irriter la peau, mais également pas trop rases afin de pouvoir les saisir facilement lors de leur ablation. Il y a là un juste milieu qui n'est pas toujours évident de trouver.

Les broches sont habituellement coudées à angle droit au niveau de l'orifice d'entrée, coupées, puis au moyen d'un poussoir, l'angle créé est repoussé dans la métaphyse, assurant ainsi un appui sur la corticale qui empêche la migration de broche, et l'impaction dans le foyer.

***Problèmes techniques :***

Les défauts de réduction, ou une trop grande instabilité sont les principaux problèmes rencontrés. En voici les principales causes:

Broches de trop petit calibre, ou de calibres différents.

Broches insuffisamment cintrées, ou cintrage asymétrique.

Points d'entrée trop proches du foyer de fracture.

Broches enroulées l'une autour de l'autre.

Mauvaise orientation des pointes des broches.

**4.4. Application dans les fractures de l'humérus :**

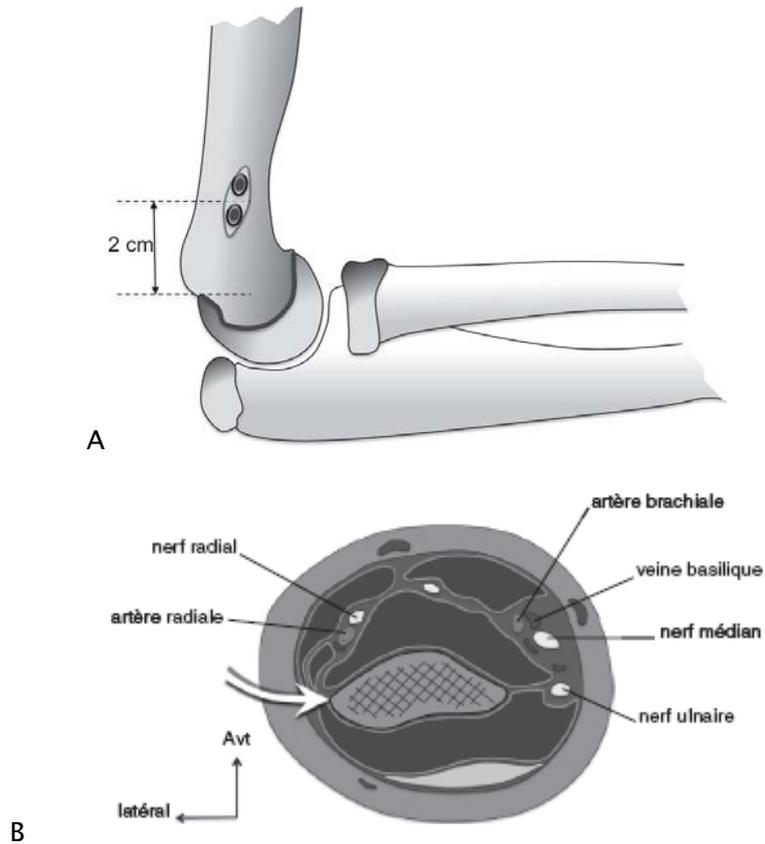
Il s'agit d'un embrochage rétrograde, selon les règles de l'ostéosynthèse mini-invasive respectant les tissus périfracturaires[42,43].

Le patient sous anesthésie générale est installé en décubitus dorsal excentré vers une table à bras radiotransparente en veillant à visualiser l'ensemble de l'humérus ; y compris sa tête en radioscopie. Plus rarement, certains positionnent l'enfant en décubitus latéral bras vertical en abduction surélevé par un appui-bras.

Le champage stérile englobe l'ensemble du membre supérieur et doit ménager un accès à une possible voie delto-pectorale en cas de d'irréductibilité.

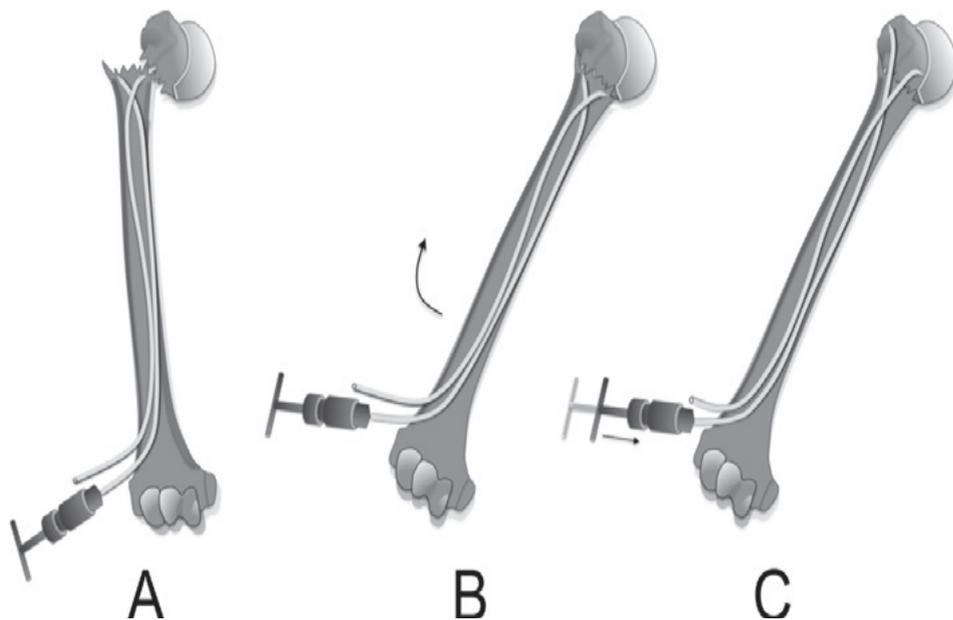
Le point de pénétration des broches est situé entre 1 et 2 cm au-dessus de l'épicondyle latéral, l'ouverture cutanée étant décalée distalement afin de faciliter le trajet oblique ascendant des broches. À cette hauteur de l'humérus distal, le nerf radial se situe en avant dans la gouttière bicipitale latérale. La corticale est marquée à la pointe carrée afin d'assurer la stabilité de la mèche de trépanation et d'éviter toute fausse route en particulier dans la gouttière bicipitale externe[44].

Alors que la réductibilité a été vérifiée avant le champage, le plus souvent en abduction franche, les broches sont montées dans le fragment proximal de façon rétrograde, sur un membre posé sur une table à bras, jusqu'au ras du foyer de fracture. La manoeuvre de réduction est répétée et les broches alors impactées à la masse dans le fragment proximal en maintenant la position de réduction (figure 30).



**Figure 30[38] : Zone de pénétration des broches d'ECMES rétrograde.**

A. Profil du coude. B. Humérus distal en coupe.



**Figure 31[38] : Schématisation de l'ostéosynthèse d'une fracture métaphysaire de l'humérus proximal par d'ECMES rétrograde.**

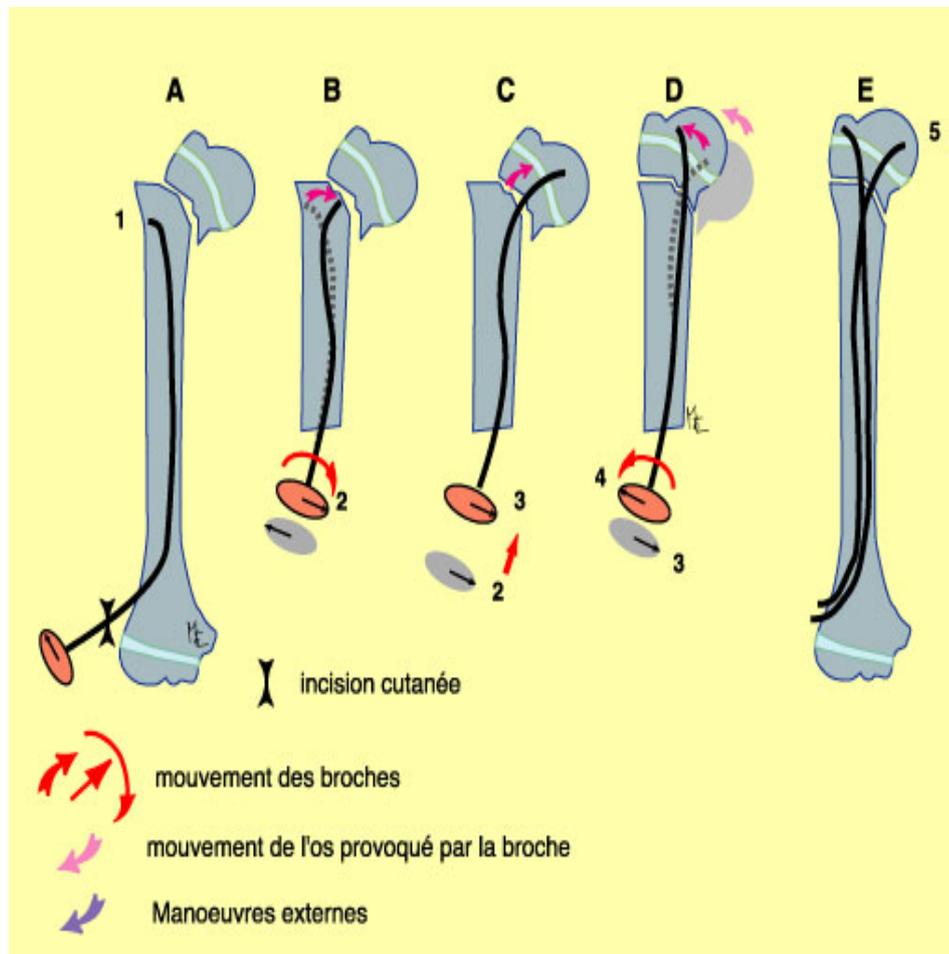
Les broches sont poussées jusqu'au foyer de fracture. A. Elles apparaissent divergentes de face. B. La fracture est ensuite réduite par une manœuvre d'abduction. C. Puis les broches sont poussées dans le massif métaphysaire (épiphysaire au besoin).

En cas de réduction imparfaite, il est possible de jouer sur la rotation de la première broche après son passage dans le fragment proximal, afin de parfaire la réduction avant le passage de la seconde broche.

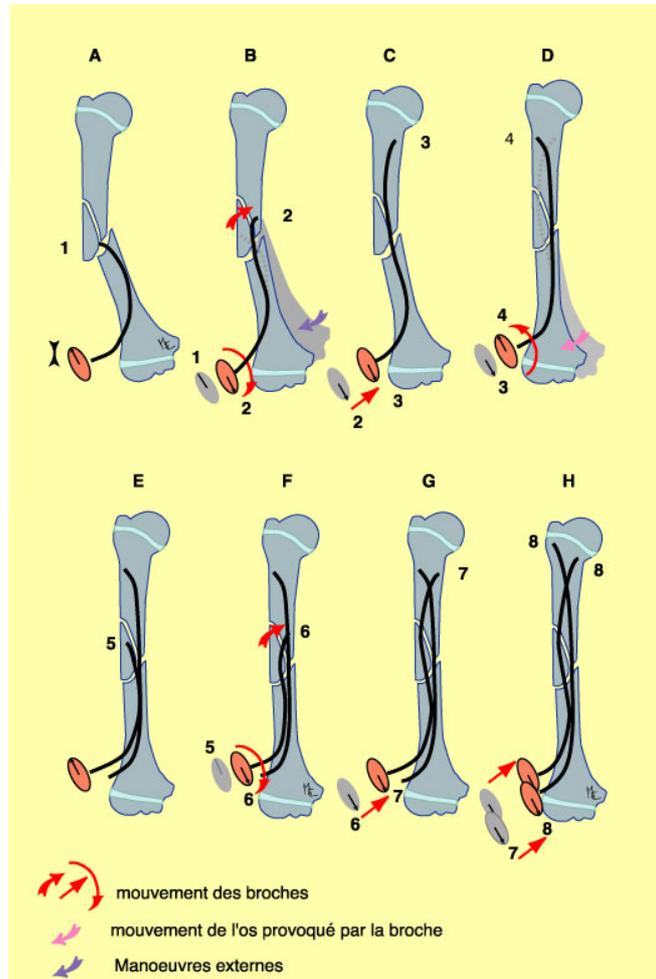
Les deux broches seront orientées de façon à diverger de 180° dans le fragment proximal (figure 31), en prenant soin de ne pas les enrouler l'une sur l'autre et en multipliant les incidences de contrôle radioscopique pour éliminer un trajet en dehors du fragment proximal.

En cas de fracture métaphysaire, l'impaction dans l'os métaphysaire proximal jusqu'au ras de la physe assure en général une stabilité suffisante. Dans le cas contraire, ou en cas de décollement épiphysaire, les broches sont impactées dans la tête à travers la physe (intérêt des broches pointues) (figure 31), et en limitant bien sûr le nombre de trajets physaires en particulier chez les plus jeunes. Un examen soigneux de la mobilité de l'épaule et la multiplication des incidences de radioscopie éliminent une perforation de la tête humérale et une position intra-articulaire des broches.

Enfin, les broches sont coupées et éventuellement impactées afin de ne laisser que 5 mm dépassant de l'os, car la couverture par les tissus mous à ce niveau est limitée[45 ;46].



**Figure 32[19] :** ECMES de l'humérus : technique d'embrochage ascendant pour une fracture de l'extrémité supérieure (technique de Métaizeau)



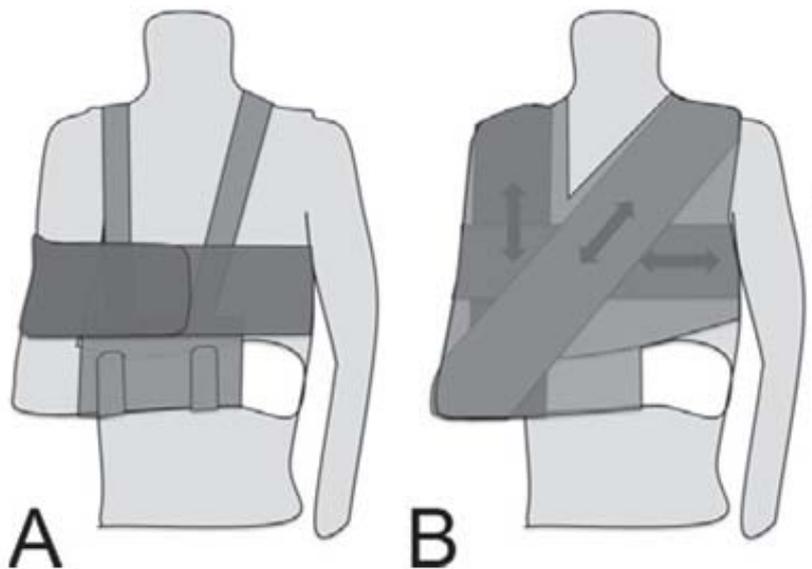
**Figure 33[19] : ECMES de l'humérus :**  
**technique d'embrochage ascendant pour une fracture diaphysaire (technique de Maitezeau).**

#### **4.5. SUITES OPERATOIRES :**

##### **a. Immobilisation :**

La durée d'immobilisation est discutée. Selon Métaizeau, une immobilisation est nécessaire pendant 6 semaines. Le membre supérieur sera maintenu coude au corps grâce à une simple écharpe ou un bandage Dujarrier [1], selon Lefèvre L'immobilisation pourrait se limiter à la mise en place d'une écharpe du membre pendant 2 à 3 semaines[14], avec par la suite une reprise douce et progressive de la mobilisation, n'autorisant les grandes amplitudes qu'à partir de la 6<sup>ème</sup> semaine.

Dans notre série, la contention post opératoire a été faite par simple bandage coude au corps dans 82% ; une association attelle plâtrée et bandage coude au corps a été réalisée dans 18 % cas.



**Figure34 [14] : Différents moyens d'immobilisation du traitement orthopédique.**

**A. Coude au corps par écharpe contre écharpe. B. Technique de Dujarrier.**

**b. Radiographie de contrôle post opératoire**

Des radiographies de contrôle sont réalisées en post opératoire immédiat afin de vérifier que les broches ont été correctement placées et que la réduction est satisfaisante. Deux incidences sont nécessaires ; une incidence de face et une incidence de profil trans thoracique.

**c. Durée d'hospitalisation :**

Dans notre série, la durée moyenne d'hospitalisation était de 3.6 jours.

L'ECMES permet donc un retour rapide à domicile et une reprise précoce de l'activité. Ceci présente un gain financier certain et une nette diminution des conséquences scolaires et sociales.

## **IX. Complications :**

### **1. Complications précoces :**

#### **1.1. Complications infectieuses :**

Les infections après ostéosynthèse par ECMES d'une fracture chez l'enfant représentent 2%, allant des infections mineures superficielles aux infections profondes [47].

Dans notre étude, aucune des fractures n'a présenté de complication infectieuse postopératoire comme dans la plupart des séries.

Métaizeau [1] recommande de laisser le matériel en place jusqu'à consolidation en cas d'infection superficielle ; et l'ablation du matériel et son remplacement par un fixateur externe en cas d'infection profonde.

#### **1.2. paralysie radiale :**

Au niveau de la fosse axillaire, le nerf radial traverse l'espace axillaire inférieur pour se diriger obliquement en bas et en dehors en étant littéralement plaqué contre la face postérieure de la diaphyse jusqu'à imprimer sur la surface osseuse une gouttière : le sillon du nerf radial. Dans cette première portion brachiale, le nerf est situé dans la loge postérieure du bras où il assure l'innervation motrice des trois chefs du triceps.

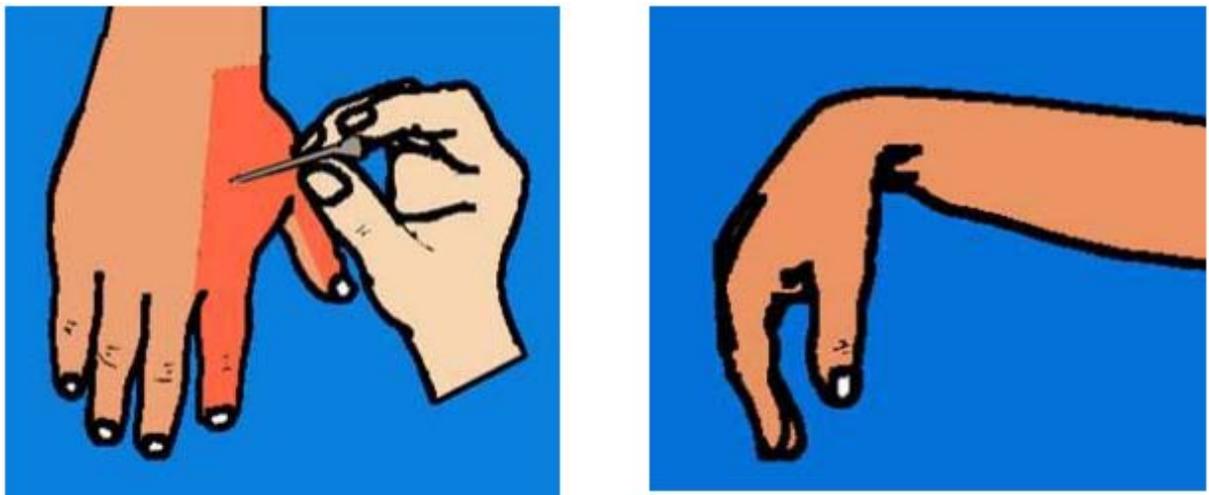
Poursuivant sa direction en contournant le bord latéral de la diaphyse, le nerf traverse ainsi le septum intermusculaire latéral pour apparaître dans la loge antérieure du bras. Cette traversée du septum se situe à une distance moyenne de 16 cm de l'extrémité distale de l'os.

Compte tenu de l'importante variation individuelle de la mesure de ce niveau de 9 à 21cm, d'après BONO [48], il est préférable de retenir en pratique selon GUSE [49] l'existence d'une zone dangereuse à la fois constante et imprécise de 10 à 15cm, à partir de l'épicondyle latéral. Après cette traversée le nerf garde un trajet oblique proche de la verticale, il longe ainsi

la face latérale de la diaphyse distale, C'est dans cette portion que le nerf est particulièrement exposé sur une longue distance [50,51].

Dans notre série, un seul cas de paralysie radial était observé, le patient a récupéré après 3 mois.

La fréquence diminuée de cette complication est justifiée par le fait qu'il est interdit d'orienter les broches vers l'arrière de l'humérus puis de les pousser vers les parties molles postérieures afin d'éviter l'apparition d'une paralysie radiale postopératoire.



**Figure 35 :** paralysie du nerf radial

## **2. Problèmes des broches :**

### **2.1. Malposition de la broche :**

Dans notre série une malposition d'une broche est retrouvée chez 5% de nos malades. La radiographie de contrôle postopératoire avait objectivé l'issue d'une broche dans l'articulation. Un repositionnement a été fait le jour même.

### **2.2. Saillie de la broche :**

Dans la littérature, la complication la plus commune après l'utilisation de l'ECMES est l'extériorisation des broches observée dans les montages ascendants [11], avec l'irritation de la peau et parfois l'infection.

Dans notre série cette complication a été observée dans 6 cas (15% cas).

Pour éviter ce problème, quelques suggestions :

- Ne pas introduire la broche trop près de la physe distale de l'humérus qui est sous-cutanée, mais plutôt commencer à quelques centimètres plus proximal [52].
- Couper l'extrémité des broches en douceur avec une pince coupe broche.
- Ne pas plier le bout de la broche à un angle très large, et éviter les exercices de flexion complète du coude avant d'enlever les broches [52].

### 3. Complications tardives :

**Tableau IX : complications tardives selon les séries**

| Série          | Retard de consolidation | Cal vicieux | Pseudarthrose | Raideur |
|----------------|-------------------------|-------------|---------------|---------|
| Rousset [25]   | 0%                      | 7%          | 0%            | 0%      |
| Harchane [26]  | 0%                      | 0%          | 0%            | 0%      |
| Lascombes [53] | 2%                      | 2.5%        | 0%            | 0%      |
| Notre série    | 7.5%                    | 0%          | 0%            | 0%      |

Sans avoir les inconvénients d'une ostéosynthèse (évacuation de l'hématome, dépériostage, et fixation rigide), l'ECMES laisse le foyer dans les conditions d'un traitement orthopédique (respect du périoste de l'hématome fracturaire et immobilisation non stricte) mais avec une réduction qui sans être anatomique est nettement meilleure, et le plus souvent suffisante ; compte tenu des possibilités de remodelage. La consolidation est aussi rapide et les cals vicieux moins fréquents [1].

## **X. Évolution :**

### **1. Recul :**

Dans notre série, tous les patients étaient suivis en consultation et évalués cliniquement et radiologiquement, à une semaine, à la fin du premier mois, au 3<sup>ème</sup> mois, et à l'ablation du matériel au 6<sup>ème</sup> mois.

### **2. Ablation du matériel d'ostéosynthèse :**

**Tableau X : délai entre embrochage et ablation des broches selon les séries**

| Série         | Ablation des broches |
|---------------|----------------------|
| Harchane [26] | 14.3 mois            |
| Notre série   | 6.3 mois             |

Au cours d'une hospitalisation courte et sous anesthésie générale, la reprise des incisions cutanée permet d'extérioriser des broches habituellement bien palpables sous la peau. Les broches sont alors saisies par une pince adaptée, munie d'une enclume pour permettre l'utilisation d'un marteau. Compte tenu de l'excellent ancrage des boches dans l'os spongieux, leur extraction peut en effet nécessiter des forces importantes.

Dans notre série, l'ablation du matériel d'ostéosynthèse a été pratiquée en moyenne à 6.3 mois après l'embrochage avec des extrêmes de 03 et 09 mois. Toutes les broches ont pu être enlevées sans complications.

D'après Métaizeau l'ablation des broches est réalisée entre le 3<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> mois, mais elle peut l'être dès la 3<sup>ème</sup> semaine en cas de mauvaise tolérance [1].

### **3. Evaluation :**

La plupart des études montrent la supériorité de l'ECMES dans le traitement des fractures de l'humérus. Il constitue un moyen d'ostéosynthèse fiable exposant à peu de complications, qu'il est facile d'éviter ou de contrôler.

Dans notre service pour évaluer les résultats des fractures diaphysaires, nous avons utilisé la classification de Stewart et Hundley modifiée , objectivant un très bon résultat dans 80% de nos malades.

Les résultats au cours de notre examen de révision selon Constant Shoulder Score pour les fractures métaphysaires : 100% de nos patients ont un score excellent.

## **XI. INTERET ET AVANTAGE DE L'ECMES**

### **1. Avantages [54] :**

L'introduction des broches à foyer fermé préserve l'intégralité du périoste, sa vascularisation, l'hématome fracturaire, et permet de limiter le préjudice à une cicatrice de petites tailles au niveau du coude.

L'élasticité du matériel laisse persister dans le foyer, une certaine mobilité qui diminue l'activité du périoste et permet une restructuration rapide des travées osseuses [55] favorisant la cicatrisation et la consolidation rapide des fractures.

Grâce à cette élasticité, le montage s'appose à de grands déplacements évitant l'apparition de défauts résiduels préjudiciables.

Une diminution importante du risque infectieux.

Une consolidation rapide permettant une reprise rapide de l'activité physique.

Une diminution de l'absentéisme scolaire.

Un nursing correct chez le polytraumatisé.

## **2. Les limites [54] :**

Le risque de défaut de rotation existe mais il est négligeable

Une seconde hospitalisation pour ablation de broches est nécessaire pendant seulement 24 à 48 heures.

L'irradiation du personnel du bloc opératoire.

## **XII. Comparaison de l'ECMES avec les autres moyens thérapeutiques des fractures de l'humérus :**

### **1. Traitement orthopédique [56] :**

Il reste le traitement de référence chez le jeune enfant de moins de 5 ans chez qui la durée d'immobilisation pose peu de problèmes notamment scolaires [57].

La consolidation est en général rapide, et bon nombre d'imperfections vont être remodelées par la croissance.

#### **1.1. Méthodes :**

– bandage coude au corps

– Plâtre pendant

#### **1.2. Les avantages du traitement orthopédique :**

Pas de risque infectieux par inoculation directe.

Respect des conditions favorables de réparation (hématomes périfracturaires, vascularisation locale et périostée).

Sur le plan mécanique, le plâtre ne constitue pas une immobilisation stricte. Il persiste au niveau du foyer de fracture une certaine mobilité favorable à la consolidation.

Absence de cicatrice

Pas de réintervention pour ablation du matériel.

### **1.3. Les inconvénients et les complications**

- Escarres lors du plâtre.
- Risque de survenue d'un syndrome de loge.
- Déplacement secondaire par contention insuffisante.
- Cals vicieux.

Enfin, certains états pathologiques contre-indiquent le recours au traitement orthopédique. C'est le cas des enfants polytraumatisés ou polyfracturés nécessitant un nursing particulier, et des enfants ayant des troubles neurologiques ou de fragilité osseuse, et ne pouvant pas supporter une longue immobilisation.

## **2. Traitement chirurgical :**

### **2.1. Méthodes**

- broches de Kirschner ascendantes
- broches de Kirschner percutanées
- plaque vissée
- fixation externe

### **2.2. Avantages**

- les broches de kirschner permettent une stabilisation du foyer de fracture en respectant l'hématome fracturaire et le périoste. Kapendji, dans une série d'embrochage « en palmier » pour des fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, décrivait comme autre avantage : le trajet court et direct des broches permettant une mise en place plus facile, un point d'entrée loin de tout voisinage articulaire donc pas de risque de raideur [58]
- la plaque vissée permet une stabilisation plus rigide et trouve sa place en cas d'insuffisance de l'embrochage

- le fixateur externe trouve sa place lors d'une infection du foyer de fracture ou en cas de fracture communitive.

### **2.3. Inconvénients**

- Kirschner [59]: n'offre pas l'élasticité des broches de Métaizeau, donc pas de forces de rappel au niveau du foyer de fracture
- plaque vissée : dépériostage important, non respect de l'hématome fracturaire, risque infectieux plus important, risque de léser le nerf radial et cicatrice inesthétique. De plus elle nécessite une deuxième intervention aussi importante pour ablation de matériel
- fixateur externe : très inconfortable car très encombrant ; plusieurs orifices d'entrée des fiches donc des cicatrices inesthétiques ; nécessité d'un nursing continu (soins et nettoyage des fiches).



## *CONCLUSION*



Une fracture de l'humérus (en dehors du coude) impose d'éliminer la possibilité d'une maltraitance chez les très jeunes enfants.

La connaissance du développement et de l'anatomie de l'humérus permet une meilleure interprétation de la radiographie, notamment chez l'enfant de jeune âge. Elle permet également une meilleure compréhension des différentes formes de fractures rencontrées. La prise en charge de ces fractures est marquée par l'exceptionnel potentiel de remodelage, surtout lorsqu'elles sont proches du cartilage de croissance. Cela autorise un traitement orthopédique sans réduction préalable dans un grand nombre de cas. Lorsque le déplacement est au-delà du potentiel de remodelage, l'ECMES apporte une solution de réduction et de stabilisation efficace. Il permet également une mobilisation plus précoce et offre un confort plus important au patient, surtout lorsqu'il s'agit d'un polytraumatisé.



## *ANNEXES*



## Annexe I :

### Fiche d'exploitation

L'apport de l'embrochage centromédullaire élastique stable  
dans les fractures de l'humérus chez l'enfant :

#### IDENTITE :

Nom Prénom :

Age :

latéralité :

Sexe :

Origine :

Adresse (Tél) :

#### ATCDS :

Médicaux : oui :  non :

si oui .....

Chirurgicaux : oui :  non :

si oui .....

Date de l'accident :

Circonstances : AVP  Chute  Accident de sport

Enfant battu  Autres

Côté : Dt  Gche

Mécanisme :

Direct  Indirect

Délai de consultation :

#### CLINIQUE :

Dlr  IMS : Tle  Ple

Œdème  Ecchymose  Déformation  .....

Ouverture cutanée : Non  oui  St CD : I  II  III

Lésion V\*N\* : non  oui  .....

#### RADIOGRAPHIE :

Type : DE  FM  FD

Déplacement: oui  non

Si oui : chevauchement  angulation  >1/2  <1/2

Os pathologique : oui  non

**LESIONS ASSOCIEES :**

Fract : 2 os avt bras  fémur  tibia  bassin   
Lésions : TC  T. thorax  T. abdominal   
T. rachis  poly T

**TRAITEMENT :**

Ortho : bandage  plâtre  contention  réduction   
Chir : foyer ouvert  foyer fermé   
\* broches  \* ECMES  \* autres   
Découverte opératoire : long biceps  périoste  deltoïde  incarceration musculaire

**Suivi :**

Post op immédiats : lésions vasculo-nerveuse iatrogène   
Radiologie : broches en place oui  non   
Tardif : infections sur matériels  cals  déplacement  pseudarthrose   
Contrôle : 1ère : sem  1er mois  3 mois   
Complications : oui  non   
Si oui :.....  
Ablation du matériel :  Durée d'immobilisation :.....

**Résultats :**

Fonctionnel : mobilité active : mobilité passive :  
Radiologique : Réduction anatomique  cal vicieux  inégalité de longueur   
Esthétique : Très bon  bon  mauvais

**Evaluation :**

FD : classification de stewart et hundley modifiée : basé sur : l'existence d'une douleur résiduelle   
La mobilité  l'alignement

## Annexe II :

### Constant Shoulder Score :

**FIGURE 3**

Objective part of the English Constant Score test protocol.

**Test Protocol for the Constant Score**  
(After, Constant CR et al. | Shoulder Elbow Surg; March/April 2008)

| <b>C. Movement</b>   |  | <b>POINT</b>   |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
|--|--|--|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|----|-------|--|
| <p>Four different active and pain-free movements of the arm are performed. 1. If the arm can be lifted to 140 degrees with pain and 110 degrees without pain in 1+2 then a range of motion of 110 degrees is recorded.</p> <p>The tester first shows the desired movement, which the test subject then performs. All exercises are done with the test subject standing with their feet pointing directly forwards and a shoulder width apart.</p>  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <p><b>1+2</b><br/>Forward and lateral elevation are recorded with a long-armed goniometer. Movements are performed only by the affected arm. <b>(0-24 points)</b></p> <p>Reference points are the arm's axis and processus spinosus of columna thoracalis.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>0-30</th> <th>30-60</th> <th>60-90</th> <th>90-120</th> <th>120-150</th> <th>150 -</th> <th>Range of motion (degrees)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flexion</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Abduction</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>Point</td> </tr> </tbody> </table>  |  |  | 0-30                     | 30-60                              | 60-90                    | 90-120                          | 120-150                   | 150 -   | Range of motion (degrees) | Flexion                                    |                          |                            |                          |  |  |  |  | Abduction |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | Point |  |
|  | 0-30   | 30-60  | 60-90                    | 90-120                             | 120-150                  | 150 -                           | Range of motion (degrees) |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| Flexion  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| Abduction  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
|  | 0  | 2  | 4                        | 6                                  | 8                        | 10                              | Point                     |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <p><b>3</b><br/>External rotation performed without help and the hands should be placed behind and above the head without touching the head. <b>(0-10 points)</b><br/>Movements are performed by both arms simultaneously but recorded only for the affected side, starting with "hands behind head, elbows forward".</p> <p>The movements must be performed painlessly. <b>(2 points are given for each separate completed movement)</b></p>  |  | <table border="1"> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Hands behind head, elbows forward.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Hands behind head, elbows back.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Hands to the top of the head, elbows forward.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Hands to the top of the head, elbows back.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Full elevation of the arm.</td> </tr> </tbody> </table>                                      | <input type="checkbox"/> | Hands behind head, elbows forward. | <input type="checkbox"/> | Hands behind head, elbows back. | <input type="checkbox"/>  | Hands to the top of the head, elbows forward. | <input type="checkbox"/>  | Hands to the top of the head, elbows back. | <input type="checkbox"/> | Full elevation of the arm. |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Hands behind head, elbows forward.                     |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Hands behind head, elbows back.                        |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Hands to the top of the head, elbows forward.          |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Hands to the top of the head, elbows back.             |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Full elevation of the arm.                             |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <p><b>4</b><br/>Internal rotation is performed without help and where the subject uses their thumb to point the anatomic landmarks specified to the right. <b>(0-10 points)</b><br/>Movements are performed only by the affected arm, starting with "outer thigh".</p> <p>The movements must be performed painlessly <b>(points are given in brackets)</b></p>   |  | <table border="1"> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Lateral aspect of the thigh (5)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Behind the patella (2)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Scapular joint (4)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Wrist (5)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>12th thoracic vertebra (5)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Interscapular level (10) (Between the shoulder blades)</td> </tr> </tbody> </table> | <input type="checkbox"/> | Lateral aspect of the thigh (5)    | <input type="checkbox"/> | Behind the patella (2)          | <input type="checkbox"/>  | Scapular joint (4)                            | <input type="checkbox"/>  | Wrist (5)                                  | <input type="checkbox"/> | 12th thoracic vertebra (5) | <input type="checkbox"/> | Interscapular level (10) (Between the shoulder blades) |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Lateral aspect of the thigh (5)                        |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Behind the patella (2)                                 |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Scapular joint (4)                                     |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Wrist (5)  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | 12th thoracic vertebra (5)                             |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <input type="checkbox"/>   | Interscapular level (10) (Between the shoulder blades) |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <p><b>D Strength (0-25 points)</b><br/>Strength is measured with a dynamometer. The test is done with the test subject standing with their feet pointing directly forwards and a shoulder width apart.<br/>The arm should be abducted 90 degrees in scapular plane. If the arm cannot be elevated to 90 degrees a score of 0 points is given. The wrist is pronated so the palm faces down and the elbow is stretched as much as possible. The strap of the dynamometer should be placed around the wrist of the test subject so that it lies over the long head of the ulna.<br/>The test subject is instructed to push maximally upwards for 5 seconds.<br/>Verbal encouragement is given simultaneously: Ready 3-2-1 push, push, push</p> <p>The score is calculated from the highest score of 3 attempts, each performed with at least a 1 minute interval. The score corresponds to the force in pounds (max 25 points). If the strength is measured in kilograms, calculate scores by multiplying by 2.2</p> |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Strength (lbs/kg)</th> <th>1<sup>st</sup> attempt</th> <th>2<sup>nd</sup> attempt</th> <th>3<sup>rd</sup> attempt</th> <th>Best score</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>   |  | Strength (lbs/kg)  | 1 <sup>st</sup> attempt  | 2 <sup>nd</sup> attempt            | 3 <sup>rd</sup> attempt  | Best score                      |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| Strength (lbs/kg)  | 1 <sup>st</sup> attempt                                | 2 <sup>nd</sup> attempt  | 3 <sup>rd</sup> attempt  | Best score                         |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
|  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| Overall score for C+D (objective subtotal, 0-65 points)  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |
| Total Constant Score A+B+C+D (0-100 points)  |  |  |                          |                                    |                          |                                 |                           |   |                           |  |                          |                            |                          |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |       |  |

**FIGURE 2**

Subjective part of the English Constant Score test protocol.

**Test Protocol for the Constant Score**  
(After, Constant CR et al. | Shoulder Elbow Surg; March/April 2008)

|                        |  |          |          |
|------------------------|--|----------|----------|
| Patient data (sticker) | Diagnosis _____ Right: ____ Left: ____ |          |          |
|                        | Consultation date:                     | Preop.   |          |
| Tel No.                |  | 3 months | 6 months |
|                        |  | 1 year   | ___ year |

| A. Pain  | POINT |
|--|-------|
| <p>Score the highest pain level you have experienced in your shoulder during ordinary activities within the last 24 hours. (0-15 points) (Indicate by setting a mark on the line)</p> <p>(Points are calculated by the equation: 15 - x = score; X is the measured distance [cm] from "no pain" to the mark (use a ruler). If decimal then round up or down to closest integer, i.e.: 1,4 cm = 1 point and 1,5 cm = 2 points)</p> <p>No pain  -----  Terrible pain</p> |       |
| <p><b>B. Activities of daily living</b>, the next 4 questions deal with everyday activities you experienced over the last week.</p> <p>1. Is your sleep disturbed by your shoulder? (0-2 points)<br/>(Tick one box)</p> <p>(points are given in brackets)</p> <p><input type="checkbox"/> Undisturbed sleep (2)<br/><input type="checkbox"/> Occasional disturbance (1)<br/><input type="checkbox"/> Every night (0)</p>   |       |
| <p>2. How much of your normal daily work does your shoulder allow you to perform? (0-4 points)<br/>(Indicate by setting a mark on the line)</p> <p>(The score is given by measuring the distance [cm] from "All" to the mark (use a ruler)) :<br/>0-3 = 4 point, &gt;3-6 = 3 point, &gt;6-9 = 2 point, &gt;9-12 = 1 point, &gt;12-15 = 0 point</p> <p>All  -----  None</p>   |       |
| <p>3. How much of your normal recreational activity does your shoulder allow you to perform? (0-4 points)<br/>(Indicate by setting a mark on the line)</p> <p>(The score is given by measuring the distance [cm] from "All" to the mark (use a ruler)) :<br/>0-3 = 4 point, &gt;3-6 = 3 point, &gt;6-9 = 2 point, &gt;9-12 = 1 point, &gt;12-15 = 0 point</p> <p>All  -----  None</p>  |       |
| <p>4. To which level can you use your hand comfortably? (0-10 points) (Tick one box)</p> <p>(points are given in brackets)</p> <p><input type="checkbox"/> Below the waist (0)<br/><input type="checkbox"/> Up to waist (2)<br/><input type="checkbox"/> Up to the navel/sternum (4)<br/><input type="checkbox"/> Up to neck (6)<br/><input type="checkbox"/> Up to top of the head (8)<br/><input type="checkbox"/> Above the head (10)</p>                           |       |
| Overall score for A+B (subjective subtotal, 0-35 points)   |       |



## *RÉSUMÉS*

## Résumé

L'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) représente un nouveau principe de fixation endomédullaire. Il semble particulièrement s'adapter aux exigences de la traumatologie pédiatrique.

Les autres techniques, utilisées notamment chez l'adulte ne sont pas adaptées à un os en croissance et peuvent être pourvoyeuses de complications. L'ECMES permet une stabilisation efficace tout en autorisant une reprise rapide de l'activité. Il permet d'éviter une immobilisation longue et inconfortable sans augmenter le risque de complications.

Nous rapportant une étude rétrospective colligée au service de traumatologie orthopédique pédiatrique à l'hôpital mère-enfant au centre hospitalier universitaire Mohamed VI de Marrakech, sur une période de 6 ans s'étalant de Janvier 2009 à Décembre 2014, chez 40 enfants de 5 à 14ans présentant des fractures de la diaphyse ou de l'extrémité supérieure de l'humérus.

L'âge moyen de nos patients était de 9.15 ans (5-14ans), 50% des patients étaient victimes d'une chute.

Une ouverture cutanée était présente dans 1 cas ; et 5 cas présentaient des lésions associées. Un embrochage ascendant a été réalisé chez tous nos patients. Tous les malades ont bénéficié d'un suivi clinique et radiologique avec des contrôles à une semaine, un mois, et au 3eme mois. L'ablation du matériel était réalisée au 6 ème mois. Un contrôle a lieu une année après le traumatisme.

Après chirurgie, 2 cas de malposition de broche ont été noté; la radiographie de contrôle postopératoire avait objectivé l'issue d'une broche dans l'articulation. Un repositionnement a été fait le jour même. Un seul cas de saillie de broche a été noté. L'évolution était favorable après recoupe des broches.

L'ECMES reste une méthode simple dans sa conception avec des indications qui sont multiples, cette méthode semble être le meilleur moyen thérapeutique des fractures de l'humérus chez le grand enfant et dans le contexte de polytraumatisme.

## **Abstract**

Stable elastic intramedullary nailing (SEIN) is a new principle of endomedullary fixation. It seems particularly adapted to the necessities of pediatric traumatology. The techniques used for adults are not well adapted to the growing bone and can lead to complications. SEIN provides fixation and allows rapid functional recovery. It avoids long and uncomfortable immobilisation in a cast without increasing the risk of complications.

We reviewed 40 patients, from 5 to 14 years old, with fractures of the humeral shaft or proximal humerus who underwent SEIN in the department of pediatric surgery at Mohammed VI University hospital in Marrakech, over a period of 6 years from January 2009 to December 2014. A Functional score and pain relief were assessed as outcomes.

The mean age of our patients was 9.15 years (5–14 years). 50% of the patients were victims of a fall.

A wound was found in 1 case, and 5 patients had associated lesions. The nails were inserted from distal to proximal in all our patients. All patients were monitored clinically and with radiographs at one week of follow up, at the end of the first month, at the third month, at the removal of the material after six months and after one year. The nails were removed six months after surgery. Two cases of malposition of a nail were noted. A repositioning was done the same day. In only one case, the nail back out and needed to be shortened.

The SEIN remains a simple method with multiple indications. This method seems to be the best therapeutic way for the fractures of the humerus in the great child. With polytrauma, multiple fractures, head injuries and other conditions which necessitate intensive nursing care, SEIN should also be preferred to immobilisation in a cast.

## ملخص

إن أسلوب و تقنية المسامير النخاعية المرنة الثابتة (م ن م ث) تمثل مبدأ جديدا لتثبيت بعض الكسور عند الطفل دون أن يكون لها صدى ومعاونة من العيوب التي يمكن أن يتعرض لها من مجموعة علاجية لكسور عظم العضد، خصوصا الفترة القصيرة للاستشفاء و التعبئة السريعة علاوة على التأثير على إيقاع تدرس هذا الطفل . و نحيطكم علما بدراسة استذكارية استقرائية من مصلحة الجراحة التقيمية للأطفال بالمستشفى الجامعي محمد السادس بمراكش ما مفاده : حالات كسور عظم العضد و أنه على امتداد فترة زمنية تساوي ست سنوات من بداية يناير 2009 إلى نهاية دجنبر 2014 كان عند 40 طفلا تتراوح أعمارهم ما بين 5 إلى 14 سنة. و تستقر نسبة معدل العمر لدى هؤلاء المرضى عند 9.15 سنة ( 5 إلى 14 سنة). و لم تسجل التقطعات الجلدية إلا لدى حالة واحدة، و لدى خمس حالات جروح داخلية متكثفة .

إن تقنية المسامير النخاعية المرنة الثابتة طبقت على كل المرضى بشكل تصاعدي ، و جميع هؤلاء المرضى جرت عليهم المراقبة السريرية و الاشعاعية كل أسبوع إلى نهاية الشهر الأول إلى الشهر الثالث مع المسامير إلى ستة أشهر و إلى متم سنة . اجتثاث المسامير تم بعد مرور ستة أشهر على العملية الجراحية . هناك حالتان من عدم المطابقة تم اكتشافهما بالتصوير بأشعة المراقبة التي أبرزت موقع المسامير في الكسر و قد تم إصلاح العطب في اليوم نفسه.

وتبقى تقنية المسامير النخاعية المرنة الثابتة طريقة و منهجية بسيطة في تصميمها و تصورها مع مؤشراتها و دلالاتها المتعددة ، هذه المنهجية تمثل أنجع أسلوب لعلاج كسور العضد عند كبار الأطفال و في سياق الصدمات المتعددة .



## *BIBLIOGRAPHIE*



1. **METAIZEAU J-P.**  
L'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES).  
Service d'Orthopédie, Hôpital Belle-Isle MOUT-1992 ; 1-19.
2. **LASCOMBES P; METAIZEAU JP.**  
Embrochage centromédullaire élastique stable: bases mécaniques.  
Elsevier Masson, 2006 ; Page :118-120.
3. **KEMPF I, HECKEL TH, Pidhorz LE, Taglang G, Grosse A.**  
L'enclouage verrouillé selon Seidel des fractures diaphysaires humérales récentes.  
Rev Chir Orthop 1994; 80: 5-13.
4. **HACKETHAL K.H.**  
Die Bündel-Nogelung.  
Berlin, Springer Verlag . 1961; 1: 134p.
5. **APPRILL G.BOLLP.**  
Le traitement des fractures du col de l'humérus par embrochage centromédullaire sans ouverture du foyer de fracture.  
Rechiorthoy, 1968 ; 54 : 657-666.
6. **KAPANDJIA.**  
L'ostéosynthèse par la technique des broches « en palmier des fractures du col chirurgical de l'humérus ».  
Ann Chir Man, 1989 ; 8, 1 : 39-52.
7. **CLAVERT JM, KARGERC, LASCOMBES P, LIGIER JN, METAIZAU JP.**  
Fractures de l'enfant Monographie de GEOP.  
Sauramps Médical, Montpellier 2002.
8. **LASCOMBESP.**  
Embrochage élastique stable en traumatologie.  
Conférence d'Enseignement de la SOCOFT, Elsevier, Paris, 2001 : 275-301.
9. **LASCOMBES P, PREVOT J, METAIZEAU J.P, PONCELLET T.**  
Elastic stable intra medullary nailing in forearm shaft fractures in children : 58 cases  
J Pediatric Orthop. 1990, 10: 167-71.
10. **BOUCHET A., CUILLERET J. :**  
Anatomie topographique descriptive et fonctionnelle : le membre supérieur et le membre inférieur,  
Paris, Simep, 1990, p : 3-17.

11. **HINTON RY, Lincoln A, Crockett MM, Sponseller P, Smith G.**  
Fractures of the femoral shaft In children. Incidence, mechanisms and socio demographic risk factors.  
J Bone Joint Surg Am 1999 Apr;81(4):500–9.
12. **KOHLER R, Trillaud JM.**  
Fracture and fracture separation of the proximal humerus in children : Report of 136 cases.  
J Pediatr Orthop 1983 ; 3 : 326–32.
13. **PRITCHETT JW.**  
Growth plate activity in the upper extremity.  
Clin Orthop Relat Res 1999 ; 268 : 235–42.
14. **Y. LEFÈVRE**  
Proximal humeral fractures in children and adolescents.  
Conférences d'enseignement 2013.
15. **CLAVERT JM, METAIZEAU JP.**  
Les fractures des membres chez l'enfant,  
Montpellier, Sauramps médical: diffusion Vigot, 1990.
16. **CHRISTINAZ D.**  
Embrochage élastique stable pour les fractures de l'enfant [Stable elastic nailing of fractures in children].  
  
Rev Med Suisse Romande. 1994Apr;114(4):319–26.
17. **KNORR P, Schmittenbecher PP, Dietz HG.**  
Die Behandlung pathologischer Frakturen der langen Röhrenknochen im Kindesalter mittels elastisch stabiler Markraumschienung [Treatment of pathological fractures of long tubular bones in childhood using elastic stable intramedullary nailing].  
Unfallchirurg. 1996 Jun;99(6):410–4.
18. **DIETZ HG, Joppich I, Marzi I, Farsch K, Schlickewei W, Schmittenbecher PP.**  
Behandlung der Femurfrakturen im Kindesalter [Treatment of femoral fractures in childhood. Consensus Report of the 19th Meeting of the Child Traumatology Section of the DGU, Munich, 23–24 June 2000].  
Unfallchirurg. 2001 Aug;104(8):788–90.
19. **METAIZEAU JP.**  
L'ostéosynthèse chez l'enfant par Enclouage CentroMédullaire Élastique Stable.  
Montpellier, Sauramps Médical: diffusion Vigot, 1988.

20. **VON LAER L.**  
Spontanverläufe nach Frakturen im Wachstumsalter [Natural course following fractures during the growth years].  
Orthopade. 1994 Jun;23(3):21 1-9.
21. **SHAPIRO F.**  
Developmental patterns in lower-extremity length discrepancies.  
J Bone Joint Surg Am. 1982;64(5):639-51.
22. **REINBERG O, Frey P, Meyrat BJ.**  
Traitement des fractures de l'enfant par enclouage centro-médullaire élastique stable (ECMES) [Treatment of pediatric fractures by intramedullary stable elastic pinning].  
Z Unfallchir Versicherungsmed. 1994Jul;87(2):110-8; discussion 118-9.
23. **ORTIZ EJ, Isler MH, Navia JE, Canosa R.**  
Pathologic fractures in children.  
Clin Orthop Relat Res 2005 ; 432 : 116-26.
24. **TEOH KH, Watts AC, Chee YH, Reid R, Porter DE.**  
Predictive factors for recurrence of simple bone cyst of the proximal humerus.  
J Orthop Surg 2010 ; 18 : 215-9.
25. **ROUSSET M , Federico Canavese , Antoine Samba , Mounira Mansour Khamallah**  
Résultats des fractures déplaçées métaphysodiaphysaire de l'humérus distal traitées par embrochage centromédullaire élastique stable chez l'enfant .  
89e réunion annuel de la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique / Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique 100S (2014)  
S211-S324 S273
26. **HARCHANE L**  
Embrochage centromédullaire élastique stable de l'humérus chez l'enfant ( a propos de 25) , thèse numéro 150/2014
27. **WERA GD, Friess DM, Getty PO, Armstrong DG, Lacey SH, Baele HR.**  
Fracture of the proximal humerus with injury of the axillary artery in a boy aged 13 years.  
J Bone Joint Surg Br 2006 ; 88-B : 1521-23.

28. **VISSER JD, Rietberg M.**  
Interposition of the tendon of the long head of biceps in fracture separation of the proximal humeral epiphysis.  
Neth J Surg 1980 ; 32 : 12-5.
29. **HWANG RW, Bae DS, Waters PM.**  
Brachial plexus palsy following proximal humerus fracture in patients who are skeletally immature.  
J Orthop Trauma 2008 ; 22 : 286-90.
30. **SUNNY H. KIM, ROBERT M. SZABO, AND RICHARD A. MARDER.**  
Epidemiology of Humerus Fractures in the United States:  
Nationwide Emergency Department Sample, 2008, American College of Rheumatology 2012.
31. **OGDEN JA.**  
Skeletal injury in the child.  
3th ed. London : Springer ; 2000. p. 456-62.
32. **PREVOT J, Lascombes P, Lesur E, Dautel G, Métaizeau JP, Ligier JN.**  
Embrochage centromédullaire élastique stable.  
EMC (Elsevier Masson SAS), Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie 1993 ; 44-018.
33. **LASCOMBES P.**  
Embrochage centromédullaire élastique stable.  
Elsevier, 2006 ; 320 pages. ISBN 284299809X.
34. **PEREZ-SICILIA Je, MoroteJurado JI, GorbachoGironés Jm, Hernández Cabrera Ja, González Buendía Yr.**  
Osteosíntesis percutánea en fracturas diafisarias de antebrazo en niños y adolescentes.  
Rev Esp Cir Ostr 1977; 12: 321-334.
35. **TEOT L.**  
L'Embrochage centromédullaire élastique stable chez l'enfant.  
In conférences d'enseignement de la SOFCOT, ortho-pédiatrie 1996;4:151-71.
36. **METAIZEAU JP, LIGIER JN.**  
Le traitement chirurgical des fractures des os long chez l'enfant.  
J CHIR (paris) 1984; 121:527-737.

37. **CLAVERT JM, Gicquel P.**  
Inox ou titane ? In : Lascombes P, editor. Embrochage centro médullaire élastique stable.  
Paris : Elsevier ; 2006. p. 25-30.
38. **BILLY. B .**  
Osteosynthesis in orthopedics and traumatology of the child and teenager.  
Conférences d'enseignement 2013
39. **LASCOMBES P, DUPARC J.**  
ECMES en traumatologie pédiatrique, données actuelles  
Cahier d'Enseignement de la SOFCOT 2001 ; 78.275-300.
40. **LASCOMBES P.**  
Embrochage centromédullaire élastique stable.  
EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie,  
2007 ;44-018.
41. **TEOT L, LASCOMBES P, MEMBRE H.**  
L'embrochage centromédullaire élastique stable: principes– techniques, application en  
traumatologie infantile.  
Springer Berlin Heidelberg 2003 ; P :279-289.
42. **JOURNEAU P, Lascombes P.**  
Fracture de l'extrémité proximale de l'humérus.  
In : Lascombes P, editor. Embrochage centromédullaire élastique stable. Paris : Elsevier ;  
2006. p. 89-106.
43. **SESSA S, Lascombes P, Prévôt J, Gagneux E, Blanquart D.**  
Embrochage centromédullaire dans les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus  
chez l'enfant et l'adolescent.  
Chir Pediatr 1990 ; 31 : 43-6.
44. **METAIZEAU J.P.**  
Technique de l'embrochage des fractures du membre supérieur chez l'enfant.  
Hôpital Belle-Isle 1992 : 1-5.
45. **PREVOT J, Lascombes P, Lesur E, Dautel G, Métaizeau JP, Ligier JN.**  
Embrochage centromédullaire élastique stable.  
EMC (Elsevier Masson SAS), Techniques chirurgicales – Orthopédie–Traumatologie 1993 ;  
44-018.

46. **SLONGO TF.**  
Complications and failures of the ESIN technique.  
Injury 2005 Feb;36 Suppl 1:A78–85.
47. **LUHMANN SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE.**  
Complications of titanium elastic nails for pediatric femoral shaft fractures.  
J Pediatr.Orthop. 2003;23:443–447.
48. **BONO C.M, GR. OSSMAN M.G, HOCKWALD N, TROMETTA P.**  
Radial and axillary nervex : anatomic considerations for humeral fixation.  
Clin Orthop 2000; 373 : 259–64.
49. **GUSE T.R, OSTUM R.F.**  
The surgical anatomy of the radial nerve around the humeral.  
Clin Orthop. 1995; 320 : 149–53.
50. **LEFEVRE CH, GERARD R, LE COUR GRANDMAISON, JACQ J, LE MEM D, HU W, HENRY M.**  
Risques anatomiques des ostéosynthèses diaphysaires de l'humérus.
51. **GERWIN M, HOTCHKISS RN, WEILAND AJ.**  
Aleternative operative exposures of the posterior aspect of the humeral diaphysis with  
reference to–the radial nerve.  
J Bone JOINT Surg Am 1996 ; 78 : 1690–5.
52. **LASCOMBES P, Haumont T, Journeau P.**  
Use and abuse of flexible intramedullarynailing in children and adolescents.  
J Pediatr.Orthop. 2006 Nov–Dec;26(6):827–34.
53. **LASCOMBES P ,d, A. Nespola, J.–M. Poircuitte a, D. Popkovb, A. de Ghelderec, T.  
Haumonta, P. Journeaua .**  
Complications précoces lors de l'utilisation pour fracture chez l'enfant de l'enclouage  
centromédullaire élastique : à propos de 100 cas traités par clous à extrémité et tige  
précourbées.  
Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique (2012) 98, 327–334
54. **KRAUZE A, Ziebowicz A, Marciniak J.**  
Corrosion resistance of intramedullary nails used in elastic osteosynthesis of children.  
Journal Of Materials Processing Technology 2005;163:209–14.

55. **METAIZEAU JP.**  
L'embrochage centro-médullaire d'une fracture du fémur chez l'enfant.  
Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique 2005 ; 91( 4) :377-384.
56. **BERNE .D, P. Mary, J.-P. Damsin, G.**  
Filipe Fracture de la diaphyse fémorale de l'enfant : traitement par plâtre pelvi-pédieux d'emblée.  
Revue de chirurgie orthopédique 2003 ; 89 :599-604.
57. **DE MOURGUES G, Fischer LP, Gillet JP, Carret JP.**  
Fractures récentes de la diaphyse humérale. À propos d'une série continue de 200 observations. Etude de la vascularisation artérielle intra-osseuse de l'humérus.  
Rev Chir Orthop 1975; 61: 191-207.
58. **KAPANDJI A.**  
L'ostéosynthèse par la technique des broches en palmiers des fractures du col chirurgical de l'humérus.  
Ann Chir Main, 1989, 8, n ° 1, 39-52.
59. **SUNNY H. KIM, ROBERT M. SZABO, AND RICHARD A. MARDER.**  
Epidemiology of Humerus Fractures in the United States:  
Nationwide Emergency Department Sample, 2008

# قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي.

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف  
والأحوال باذلة وسعي في استنقاذها من الهلاك والمرض  
والألم والقلق.

وأن أحفظ للناس كرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.  
وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله، باذلة رعايتي الطبية للقريب  
والبعيد، للصالح والطالح، والصديق والعدو.

وأن أتأبر على طلب العلم، أسخره لنفع الإنسان .. لا لأذاه.  
وأن أوقر من علمني، وأعلم من يصغرني، وأكون أخاً لكل زميل في المهنة  
الطبية

متعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداق إيماني في سري وعلانيتي، نقيّة مما يشينها تجاه  
الله ورسوله والمؤمنين.

والله على ما أقول شهيدا

أطروحة 194

سنة 2016

# تقنية المسامير النخاعية المرنة الثابتة في كسور العضد لدى الأطفال (الكوع مستبعدة)

## الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2016/ 12 /19

من طرف

السيدة امداح راضية

المزداة في 12 أبريل 1990 باسفي

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية :

المسامير النخاعية المرنة الثابتة - عظم العضد - كسر - طفل

## اللجنة

الرئيس

المشرف

الحكام

ر. الفيزازي

أستاذ في جراحة الأطفال.

أ. أغوتان

أستاذ مبرز في جراحة الأطفال.

ك. فريجي

أستاذة مبرزة في جراحة الأطفال.

هـ. جلال

أستاذ مبرز في الفحص بالأشعة.

م. أ. بنهيمه

أستاذ مبرز في جراحة العظام والمفاصل.

السيد

السيد

السيدة

السيد

السيد