

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE  
FES



Année 2010

Thèse N° 011/10

# L'EMBROCHAGE CENTROMÉDULLAIRE ÉLASTIQUE STABLE DES FRACTURES DIAPHYSAIRES DU FÉMUR CHEZ L'ENFANT (A PROPOS DE 100 CAS)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 09/02/2010

PAR

Mlle. BENABDELLAH NAWAL

Née le 26 Octobre 1984 à Berkane

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Embroschage - Fracture - Diaphysaire - Fémur - Enfant

JURY

M. HIDA MOUSTAPHA.....	PRESIDENT
Professeur de Pédiatrie	
M. AFIFI MY ABDRAHMANE.....	RAPPORTEUR
Professeur agrégé de Chirurgie pédiatrique	
M. BOUABDALLAH YOUSSEF.....	} JUGE
Professeur agrégé de Chirurgie pédiatrique	
M. HARANDOU MUSTAPHA.....	
Professeur agrégé d'Anesthésie réanimation	
M. ELMRINI ABDELMAJID.....	
Professeur agrégé de Traumatologie-orthopédie	

# PLAN

INTRODUCTION .....	4
RAPPEL HISTORIQUE .....	6
ECMES ET CONSOLIDATION .....	9
A-Particularités des fractures chez l'enfant:.....	10
1-L'aspect anatomique de l'os de l'enfant: .....	10
2-La consolidation osseuse chez l'enfant:.....	10
B- La consolidation osseuse et ECMES: .....	12
 BASES BIOMECANIQUES:.....	16
A-Biomécanique du fémur sain: .....	17
1-Dans le plan frontal: .....	18
2-Dans le plan sagittal: .....	20
B-Biomécanique du fémur encloué: .....	21
 TECHNIQUE CHIRURGICALE DE L'ECMES:.....	26
A-MATERIEL D'OSTEOSYNTHESE: .....	27
1-Implants:.....	27
a- L'élasticité.....	27
b-Broches béquillée et mousse .....	27
c-Diamètres des broches .....	28
d-Longueur des broches .....	28
e-Cintrage des implants .....	29
2-Matériel ancillaire spécifique .....	30
B-LA TECHNIQUE OPERATOIRE AU COURS DE L'ECMES .....	31
1-généralités .....	31
2-principes techniques .....	32
a- Introduction des broches et guidage dans le canal médullaire.....	32
b- Le franchissement du foyer .....	33
c-Terminer l'embrochage .....	34
d-Les corrections d'axe .....	35
e- La section des broches.....	35
3-Application de la technique opératoire sur les fractures diaphysaire du fémur .....	36
 L'embrochage bipolaire ascendant .....	36
a-Analgésie préopératoire.....	36
b-Installation.....	36

c-Introduction des broches .....	37
d-Derniers réglages .....	38
e-Soins postopératoires immédiats .....	39
L'embrochage unipolaire descendant .....	49
MATERIEL ET METHODES:.....	54
A-Présentation de la série .....	55
B-Méthode d'étude .....	55
Constitution d'une fiche-type .....	55
RESULTATS:.....	58
A- Les patients .....	59
1-Sexe.....	59
2-Age.....	59
B-Accident causal .....	60
C-Localisation et type des fractures .....	61
1-Côté .....	61
2-Localisation des fractures .....	61
3-Trait de fracture .....	62
4-Accident causal et type de fractures .....	62
5-Caractère ouvert ou fermé de la fracture .....	63
D-Lésions associées .....	64
E- Prise en charge thérapeutique .....	65
1-Délai de chirurgie .....	65
2-Thechnique opératoire .....	65
a-Installation du malade.....	65
b-Montage utilisé .....	65
c-Choix des broches: .....	66
c1.Matériaux .....	66
c2. Diamètre des broches .....	66
d- La durée de l'intervention.....	67
F-Suites opératoires .....	68
1-Immobilisation complémentaire.....	68
2-Vérticalisation et reprise de l'appui .....	68
3-Durée de l'hospitalisation.....	70
G-Complications précoces .....	70
1-Incidents per-opératoires .....	70
2-Complications générales .....	70
3-Complications infectieuses.....	71

4-Extériorisation de broches .....	71
5- Défauts de réduction .....	71
H-Complication à moyen terme .....	72
1-cals hypertrophiques .....	72
2-Retard du genou.....	72
I-Résultat final .....	72
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>81</b>
Introduction .....	82
Indications de l'ECMES.....	82
Localisation et type de fractures.....	83
Lésions associées .....	84
Le choix du montage.....	85
Le choix des broches .....	86
L'ouverture du foyer .....	86
L'immobilisation complémentaire .....	87
La reprise de la marche .....	87
L'ablation des broches .....	87
Les complications sont-elles évitables? .....	88
Réflexions sur la technique de l'embrochage élastique stable.....	93
A- La technique chirurgicale est-elle facile?.....	93
B- Quel montage et quelles broches choisir? .....	93
C- L'exposition aux irradiations est-elle négligée?.....	94
D- L'ECMES permet une hospitalisation brève et une autonomie précoce:.....	95
Intérêts et avantages de l'ECMES.....	96
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>97</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>103</b>



# INTRODUCTION

Les fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant sont fréquentes, représentent, selon les auteurs, 4 à 12 % des lésions traumatiques ostéo-articulaires de l'enfant(1).Elles sont réputées bénignes(1,2) grâce à la rapidité relative de la consolidation de l'os jeune et la possibilité de remodelage de beaucoup de cals vicieux pendant la croissance. Elles intéressent surtout le garçon et peuvent être secondaires à un traumatisme violent direct ou indirect.

Le traitement des fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant est surtout orthopédique, le traitement chirurgical n'est indiqué que chez le grand enfant. Parmi les moyens chirurgicaux: l'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) qui désigne un procédé d'ostéosynthèse par broches élastiques centromédullaires.

Ce procédé d'ostéosynthèse est un embrochage, car le matériel utilisé est de petit diamètre. Cet embrochage est élastique, selon MEYRUEIS(3), "l'élasticité est la capacité d'une structure de retrouver sa forme et sa dimension initiale après suppression des charges qui l'ont déformée". Cette méthode a bénéficié des avantages biologiques (respect de la vascularisation périostée) et mécaniques (broches), ce qui fait de cette technique une méthode chirurgicale particulièrement adaptée aux fractures de la diaphyse fémorale chez l'enfant.

Dans ce travail nous rapportons l'expérience du service de Traumatologie orthopédie pédiatrique du centre hospitalier universitaire Hassan II de Fès concernant le traitement des fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant par l'ECMES. Nous allons analyser nos résultats et les comparer avec ceux de la littérature.



# **RAPPEL HISTORIQUE**

L'embrochage des fractures du fémur n'est pas une technique récente:

- ü POUYANNE en 1936, puis GODAR en 1937, et SAMAIN en 1940 rapportent des ostéosynthèses par broches transversales de fractures obliques ou spiroïdes du fémur (4,5).
- ü En 1940, KUENTSCHER a décrit pour la première fois l'ostéosynthèse centromédullaire du fémur, par clou, STREET en 1947, puis RUSH en 1949 utilise d'autres formes de clous, qui restent rigides.
- ü En 1953, JEAN et ROBERT JUDET proposent une technique d'embrochage centromédullaire du fémur de l'enfant par une broche transarticulaire introduite par le genou, cet embrochage d'alignement n'est pas suffisamment stable pour dispenser d'une immobilisation complémentaire. (3,6).
- ü En 1957, RIEUNAU décrit un montage bipolaire ascendant, dit en "Tour Eiffel", pour traiter les fractures diaphysaires basses du fémur.
- ü En 1970, ENDER (7,6) expose sa technique de traitement des fractures per-trochantériennes du fémur de l'adulte par des clous élastiques centromédullaires, introduits par la métaphyse fémorale inférieure, et montés sous contrôle radioscopique jusqu'au col fémoral.
- ü En 1976, Cette méthode d'ostéosynthèse est étendue par KUDERNA aux fractures sous trochantériennes.
- ü En 1977, FRICA (4, 7, 6) a étendu cette méthode d'ostéosynthèse aux fractures diaphysaires.
- ü En 1979, ERIKSSON et PANKOVICH (3) publient leur expérience du traitement des fractures diaphysaires du fémur de l'adulte par clous de ENDER (7,6).



ü En septembre 1979, LIGIER et METAIZEAU ont adapté la technique d'embrochage Elastique Stable aux fractures du fémur de l'enfant, à la Clinique Chirurgicale Infantile de NANCY (professeur PREVOT). (5,7) Depuis, cette technique d'embrochage est nommée la technique de Metaizeau ou la méthode Nancéenne, et est utilisée partout dans le monde.



# CONSOLIDATION ET ECMES

## A-PARTICULARITES DES FRACTURES CHEZ L'ENFANT

### 1-Aspects anatomiques de l'os de l'enfant:

L'os infantile est relativement peu minéralisé. Il est hydraté et plus poreux que l'os adulte(8). La fréquence particulière des fractures chez l'enfant s'explique par ce caractère poreux de l'os jeune. Le cortex est aréolaire et peut facilement être brisé parce que les canaux de havers occupent une très grande partie de l'os. Un os compact d'adulte se rompt uniquement lorsqu'il est mis en tension, tandis que la nature d'un os d'enfant y détermine des fractures par compression. En revanche, l'élasticité et la plasticité de l'os cortical sont supérieures chez l'enfant.

L'os infantile résiste donc mieux aux contraintes en tension que l'os adulte. L'inflexion d'une diaphyse combine des contraintes de tension sur le côté convexe et des contraintes de pression sur le côté concave. L'os infantile chargé en flexion plie avec plus de facilité et sur une plus grande amplitude que l'os adulte, il absorbe ainsi une quantité supérieure d'énergie avant la rupture. Le périoste, épais et résistant, détermine pour une grande part le comportement mécanique de l'os infantile(9,10).

### 2-La consolidation osseuse chez l'enfant :

Chez l'enfant, l'ostéogénèse de réparation n'est pas différente dans son essence de celle de l'adulte. La fracture diaphysaire, en rompant les canaux haversiens, produit un hématome fracturaire qui sera suivie par la nécrose des extrémités fracturaires. Le processus de réparation démarre avec une grande rapidité, dans les 24 premières heures(11,12).

Le tissu ostéogénique de réparation se développe à la périphérie de l'hématome fracturaire et dans la région médullaire, c'est la consolidation secondaire. Dans de rares circonstances (fracture non déplacée, ostéosynthèse à

compression après réduction exacte), la consolidation se produit par union primaire de l'os ou croissance directe des systèmes haversiens à travers le site fracturaire. C'est la consolidation Per primam(9,8).

On distingue deux grandes étapes dans la consolidation des fractures diaphysaires:

- § La formation d'un cal provisoire qui aboutit, en quelques semaines, à la consolidation clinique. Ce cal réalise l'immobilisation du foyer de fracture, préalable, indispensable à l'étape suivante :
- § Le remodelage du cal ou l'os immature, primitif, est remplacé par l'os lamellaire, définitif et haversien. Cette phase vise à redonner à l'os cortical sa structure anatomique et ses propriétés initiales. Le cal provisoire comporte, d'une part le cal périphérique périosté et d'autre part, le cal endosté ou médullaire. Il faut insister sur l'importance du mode de réparation que constitue le cal périphérique. Son organisation et son remodelage dépendent pour une grande part de sa vascularisation. La vascularisation du cal primitif périphérique est essentiellement périostique (périoste et ses attaches musculaires).

La vascularisation médullaire joue, en revanche, un rôle mineur dans cette première phase de réparation fracturaire. Les processus de contrôle de l'ostéogenèse de réparation sont encore mal connus. Cependant, les micromouvements axiaux dans le foyer de fracture stimulent la formation du cal périosté (11). La rapidité de consolidation des fractures diaphysaires chez l'enfant est bien connue. La vitesse de consolidation est maximale à la naissance puis elle décroît rapidement d'année en année jusqu'à la fin de la croissance. Ainsi le délai de consolidation de la fracture de la diaphyse fémorale est-il de 3 semaines pour une fracture obstétricale, de 8 semaines à l'âge de 8 ans et de 12 semaines après 12 ans (9).

## B-CONSOLIDATION ET ECMES

### 1-Introduction:

L'embrochage centromédullaire élastique stable assure une consolidation osseuse de façon extrêmement rapide et permet une autonomie précoce du jeune patient(11).

Au cours de l'ECMES, l'instabilité obtenue par un enclouage centromédullaire semi rigide ou souple, stimule la formation du cal périosté.

La comparaison entre l'os soumis à une charge intermittente et l'os soumis à une charge constante en compression ne montre pas de différence notable dans les premières étapes de la cicatrisation, par contre après 6 semaines, La résistance à la torsion et la quantité d'énergie absorbée sont supérieurs dans l'os soumis à une charge cyclique(13).

L'ECMES ainsi que les différents moyens d'ostéosynthèse influencent la consolidation des fractures par des modifications vasculaires qu'ils entraînent, et par leurs propriétés biomécaniques.

### 2-Sur le plan vasculaire:

L'embrochage centromédullaire élastique stable ainsi que les autres méthodes d'ostéosynthèse perturbent considérablement le système vasculaire médullaire et aboutissent à une dévascularisation du cortex diaphysaire.

Lors d'un embrochage centromédullaire, avec du matériel du petit diamètre (les broches) on observe le rétablissement précoce d'un débit sanguin médullaire normal (TEOT) (6,14), La revascularisation va également être favorisée par la stabilité du montage (15).

### 3-Respect des tissus et de l'hématome fracturaire:

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 la source d'agents humoraux responsables du cal externe.

Les tendons et les muscles 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 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 neurologique.

### 4-Le rôle de l'élasticité du montage:

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 disposés longitudinalement entre les fragments.

### 5-Le rôle de la mise en charge:

Les contractions musculaires et la mise en charge physiologique assurent une compression idéale pour la consolidation.

La mise en charge précoce favorise le développement du cal périosté et accélère le remodelage de l'os et la reconstitution de la cavité médullaire selon SARMIENTO (6).

Une compression cyclique d'une fracture assure une consolidation plus rapide, avec un cal plus résistant, qu'une compression continue selon PANJABI (12).

### 6-L'importance du respect du périoste:

Après plusieurs expériences, GIRGIS (15) observe que l'avulsion du périoste, entraîne une dévascularisation du foyer de fracture, favorisant la production du tissu fibrocartilagineux plutôt que l'os.

Pour KERNECK(13), l'aspect du cal est différent selon qu'on aborde ou non du foyer de fracture lors d'un enclouage centromédullaire: 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 (16).

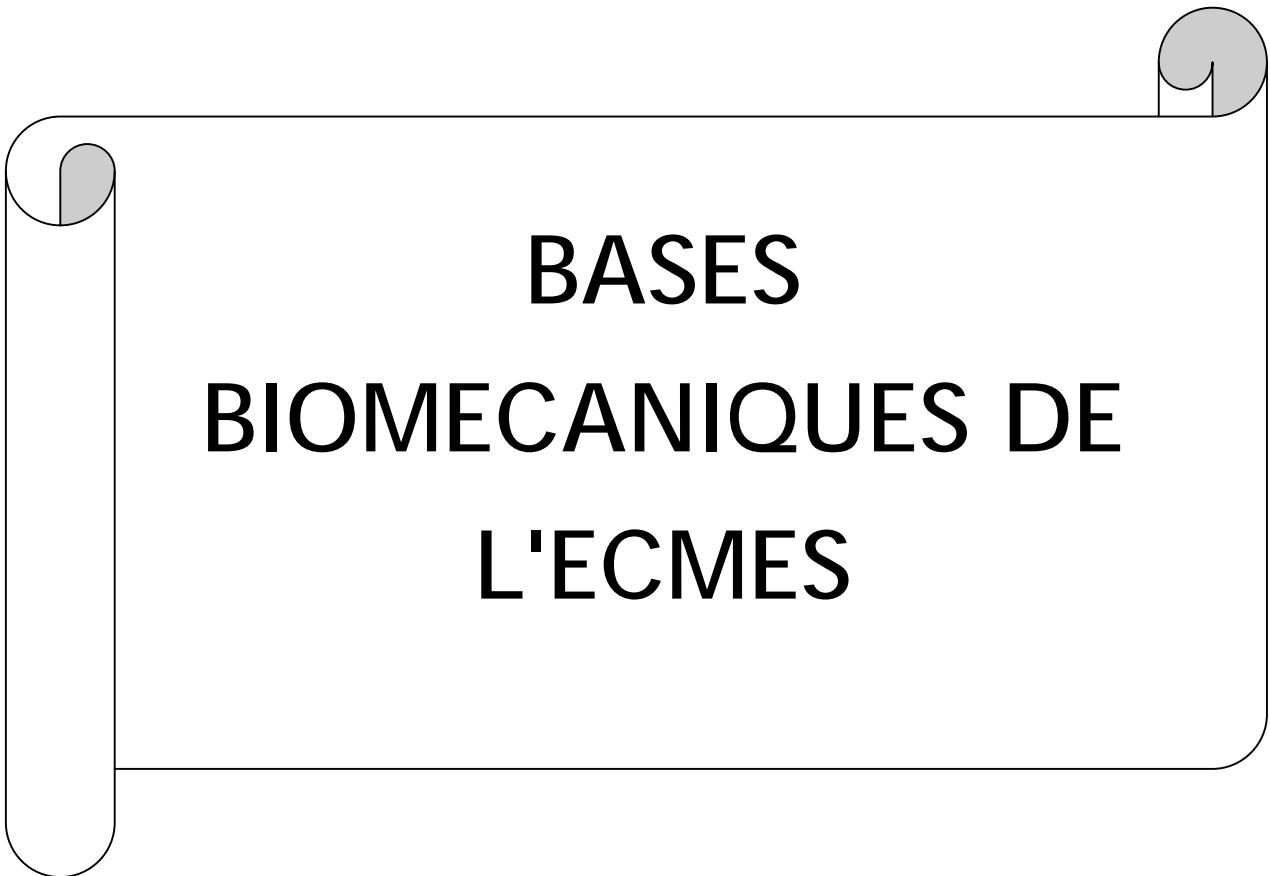
## 7-Récapitulation:

L'ostéosynthèse "idéale" chez l'enfant 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.
- § Eviter les mouvements de rotation et de cisaillement du foyer de fracture.
- § Assurer une mise en charge précoce, permettant une compression cyclique physiologique.

L'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) répond à toutes ces conditions.





# **BASES BIOMECANIQUES DE L'ECMES**

La biomécanique de l'ostéosynthèse par broches élastiques en arcs sécants a fait l'objet de deux types d'études:

§ Etudes expérimentales:

ü De PAKNOVICH (17, 18,6) sur des fémurs de cadavres.

ü De FRICA (17,6) surtout, sur des modèles de fémur en polyester dont les lignes de tension superficielles ont été analysées par photoélasticité, en utilisant des vernis photo-élastiques observés en lumière polarisée, et par des jauges de contraintes collées.

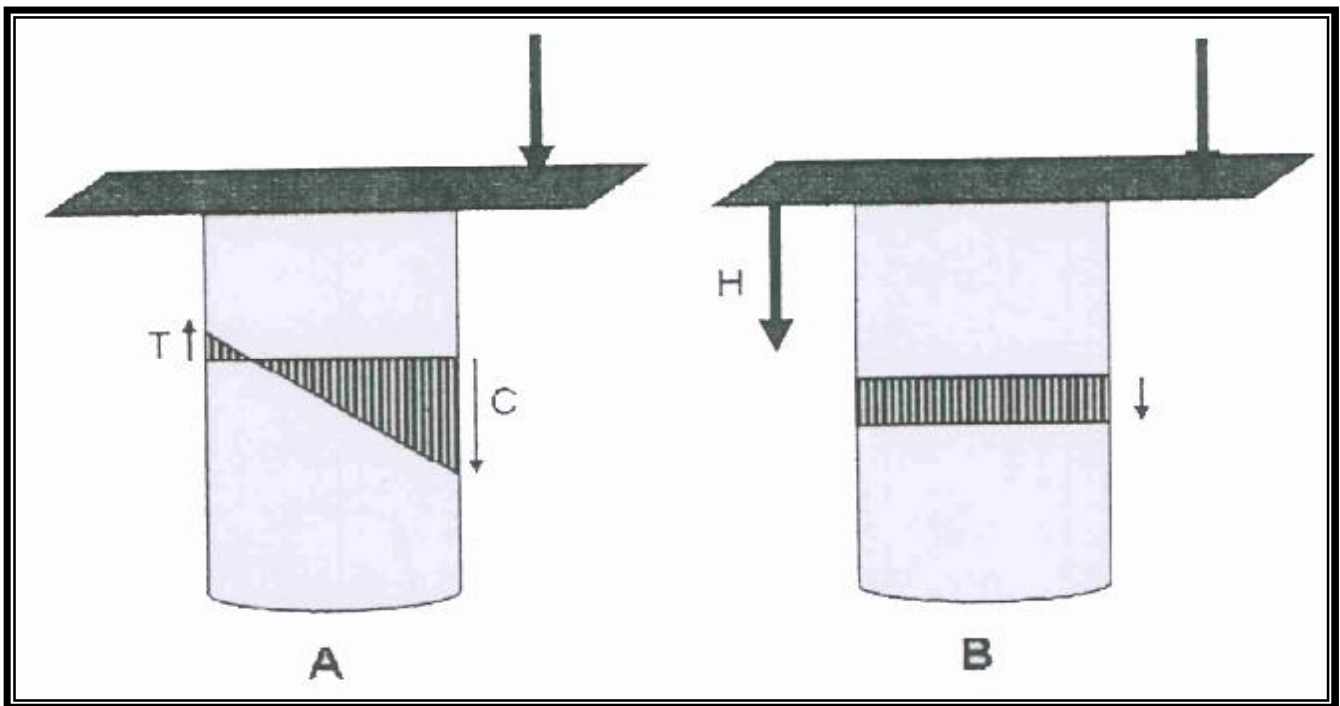
§ Etudes théoriques de FRICA (17, 7, 3, 6), utilisant la méthode de l'élément fini appliquée au modèle spatial, et de LIGIER et METAIZEAU (4, 3, 19, 6).

### A-biomécanique du fémur sain:

Le fémur constitue dans toutes les conditions statiques, uni ou bipodales ou lors de la phase d'appui unilatéral de la marche, une colonne de soutènement soumise à une charge asymétrique.

## 1-Dans le plan frontal:

Selon PAUWELS (6), le fémur et son environnement musculaire peuvent être comparés à une grue. Celle-ci tend à s'incurver sous l'effet d'une charge asymétrique appliquée à l'extrémité de sa traverse; des forces de compression apparaissent dans la colonne de côté de la charge, tandis que des forces de traction apparaissent du côté opposé (figure 1A). L'adjonction d'un hauban sur la traverse de la grue du côté opposée à la charge permet d'uniformiser ces contraintes (figure 2B). Le fascia lata joue ce rôle de hauban pour le fémur.

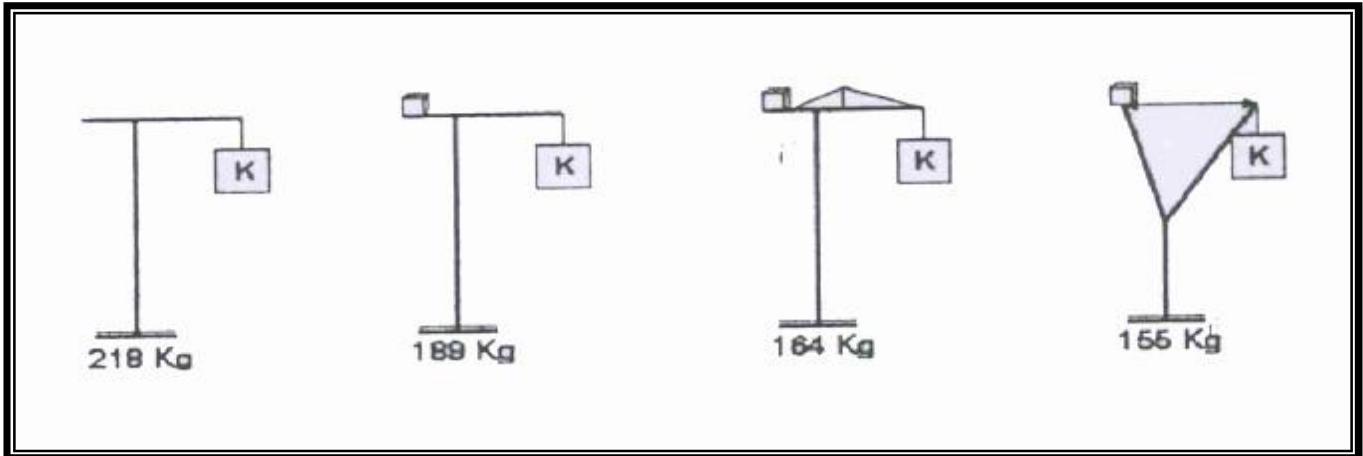


*Figure 1 : Les contraintes créées par une charge asymétrique selon PAUWELS*

§ *A: Les forces de compression(C) et les forces de traction(T)*

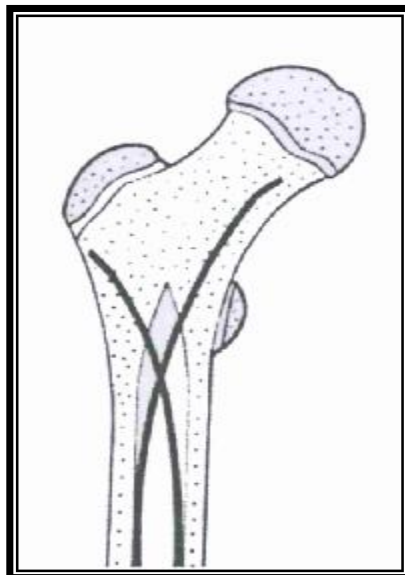
§ *B: Répartition des charges par un hauban(H)*

PAUWELS démontre que la quantité du métal nécessaire à la construction d'une grue soumise à un poids  $k$  peut être diminuée si la forme de la grue est modifiée. Il peut ainsi définir une forme optimale, en Y (figure 2).



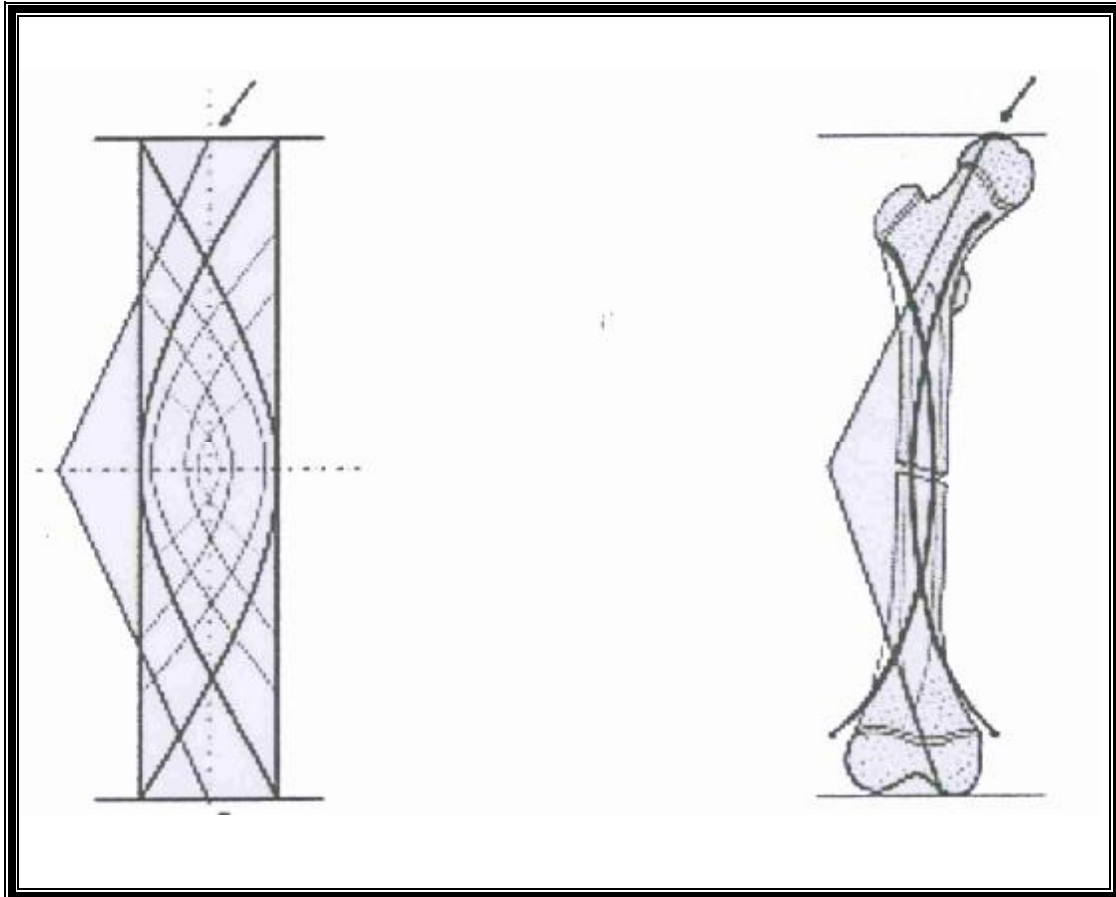
*Figure 2: Etude de PAUWELS du poids d'une grue nécessaire pour porter une charge  $K$*

FRICA précise que cette forme est celle que prennent les extrémités supérieures des broches lors d'un embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) dans la tête fémorale et le massif trochantérien (figure 3) (4, 7, 3, 6).



*Figure 3: Montage à arcs Sécants dans le massif Cervico-trochantérien*

Les techniques de photoélasticité confirment que les trajectoires des forces de compression subies par le fémur sont superposables à la structure trabéculaire ogivale de celui-ci. En effet, c'est cette même disposition que prennent dans l'os les broches en arcs sécants (figure4).



*Figure 4: Trajectoire des lignes de force en photo-élasticité  
(D'après FRICA)*

## 2-Dans le plan sagittal:

Le fémur présente une courbure sagittale qu'il faut respecter lors d'une ostéosynthèse, ceci est possible avec une ostéosynthèse à clou élastiques, contrairement à certaines ostéosynthèses rigides, notamment par clou de Kuntscher. Les techniques de photoélasticité montrent que, sur un fémur de profil, les forces

sont parallèles et suivent la courbure sagittale de l'os. C'est la même disposition que prennent les broches d'embrochage élastique stable. Ce qui fait que le montage des broches élastiques en arcs sécants est parfaitement adapté aux contraintes physiologiques du fémur.

## B-comportement mécanique du fémur encloué:

Lors d'un embrochage centromédullaire élastique stable, chacune des deux broches montées en arcs sécants comporte au moins trois points d'appui avec l'os, un point d'appui à chaque extrémité, et un point d'appui au sommet de la courbure de la broche, situé au niveau du foyer fracturaire. Au repos, si les deux broches sont symétriques, les forces appliquées à l'os en ces points s'annulent réciproquement. Si cet équilibre est rompu pendant la contraction passagère de certains muscles, ou pendant l'appui lors de la marche, le foyer de fracture tend à s'ouvrir en dehors. L'arc à sommet interne subit une déformation visant à réduire sa courbure, et se trouve par conséquent en état de tension, par contre son opposé se détend en fermant sa courbure.

Pour les valeurs physiologiques de forces d'inclinaison, le domaine d'élasticité des broches n'est pas dépassé, et le montage tend toujours à reprendre sa position d'équilibre. FRICA, PANKOVICH (4, 7, 3, 6, 17).

Selon les principes de SARMIENTO (6), les parties molles et surtout les haubans musculaires favorisent en permanence le retour à cette position d'équilibre.

Au niveau du foyer de fracture, les forces de cisaillement sont annulées par les forces d'appui exercées par les sommets des arcs élastiques. (figure5).

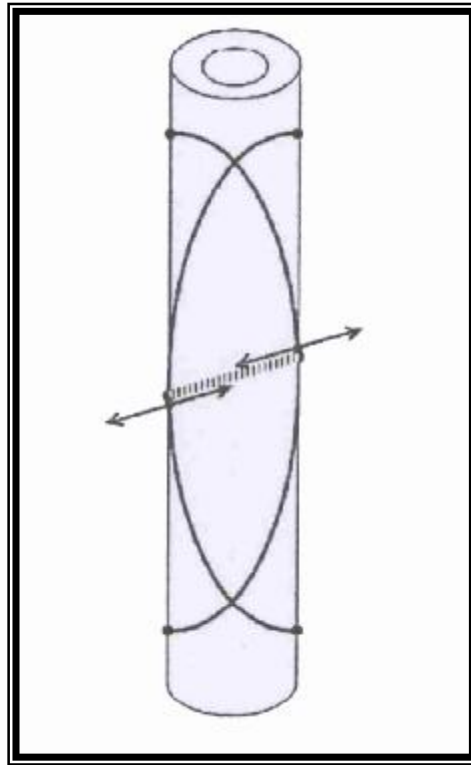


Figure 5: La résistance des sommets des arcs élastiques aux Forces de cisaillement  
(D'après METAIZEAU)

Donc, les broches élastiques autorisent des mouvements de faible amplitude qui se traduisent au niveau du foyer par l'apparition des contraintes en compression dans la concavité du déplacement et de traction dans sa convexité.

Selon FRICA (4, 17, 7, 3, 6), la stabilité en rotation de l'embrochage élastique stable assurée par sa forme en clepsydre serait, supérieure à celle des autres ostéosynthèses centromédullaires, notamment le clou de kuntscher.

Pour LIGIER (4, 20, 7, 3, 6), la persistance d'une élasticité du montage en rotation, permettant, l'action des haubans musculaires et le retour à un équilibre physiologique.

Donc, deux broches disposées en arcs sécants minimisent les forces d'inclinaison, de rotation et de cisaillement, appliquées au foyer de fracture, tout en favorisant des contraintes en compression et traction.

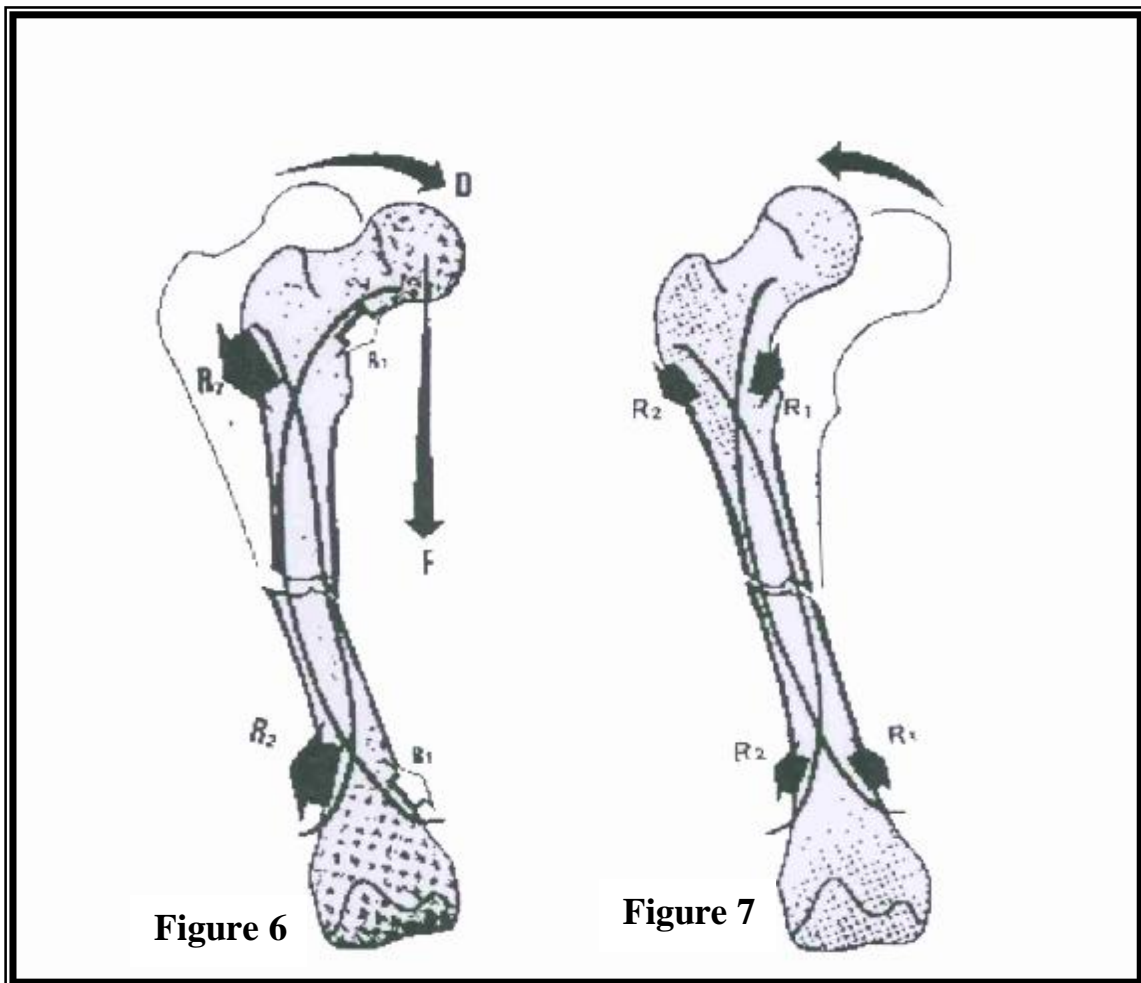


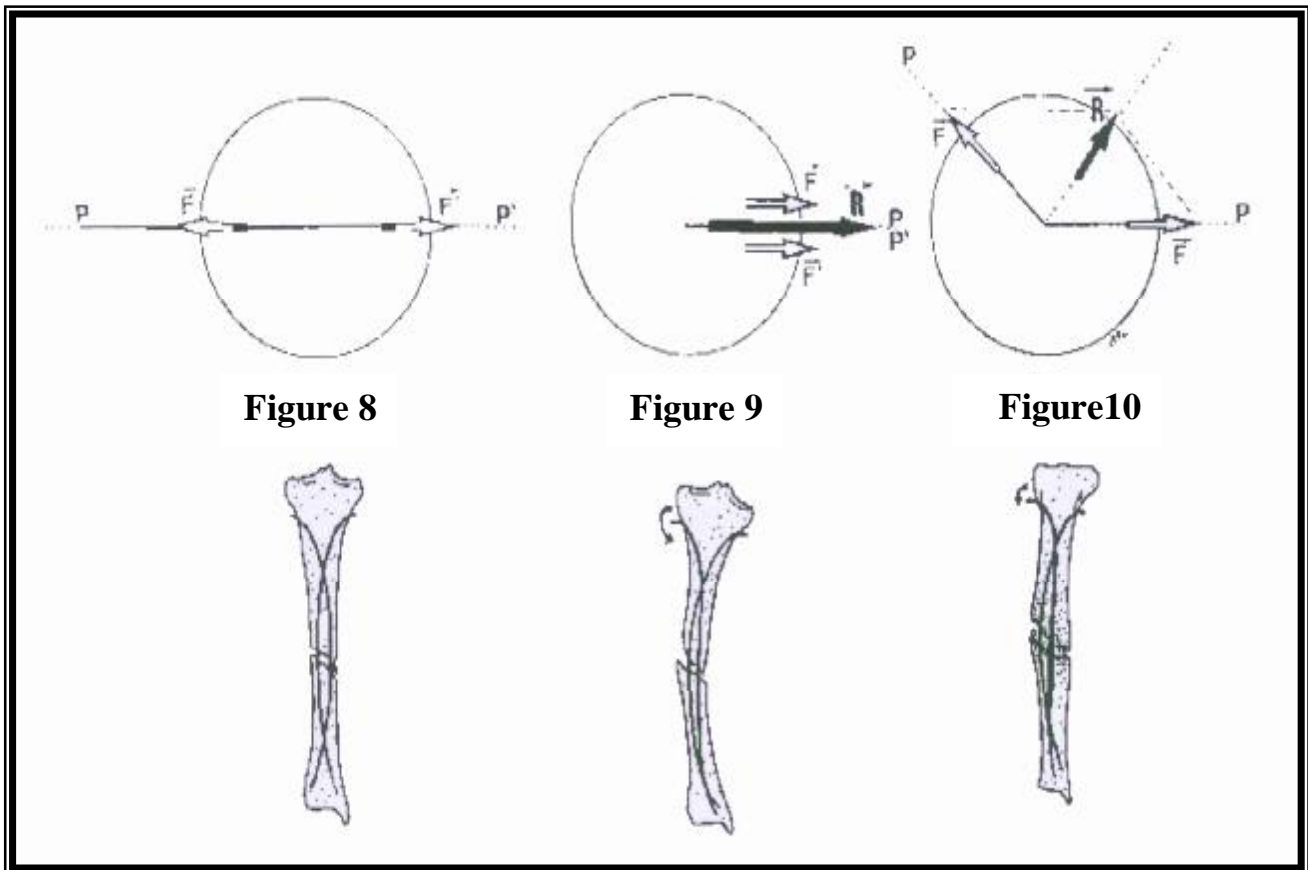
Figure 6

Figure 7

Figure 6 : Une force occasionnelle F imprime au montage un déplacement D. La broche à convexité interne se rapproche de sa courbure initiale, sa force de rappel R1 diminue. La broche à concavité externe s'éloigne de sa courbure initiale, sa force rappel R2 augmente. L'équilibre est obtenu lorsque  $R_2=R_1+F$ .

Figure 7: La force a disparu. R2 qui était supérieur à R1 diminue en ramenant le montage vers sa position initiale. Lorsque  $R_2=R_1$ , l'équilibre est retrouvé





$PP'$ : Plans de courbure des broches.

$FF'$ : Force développée par chaque broche.

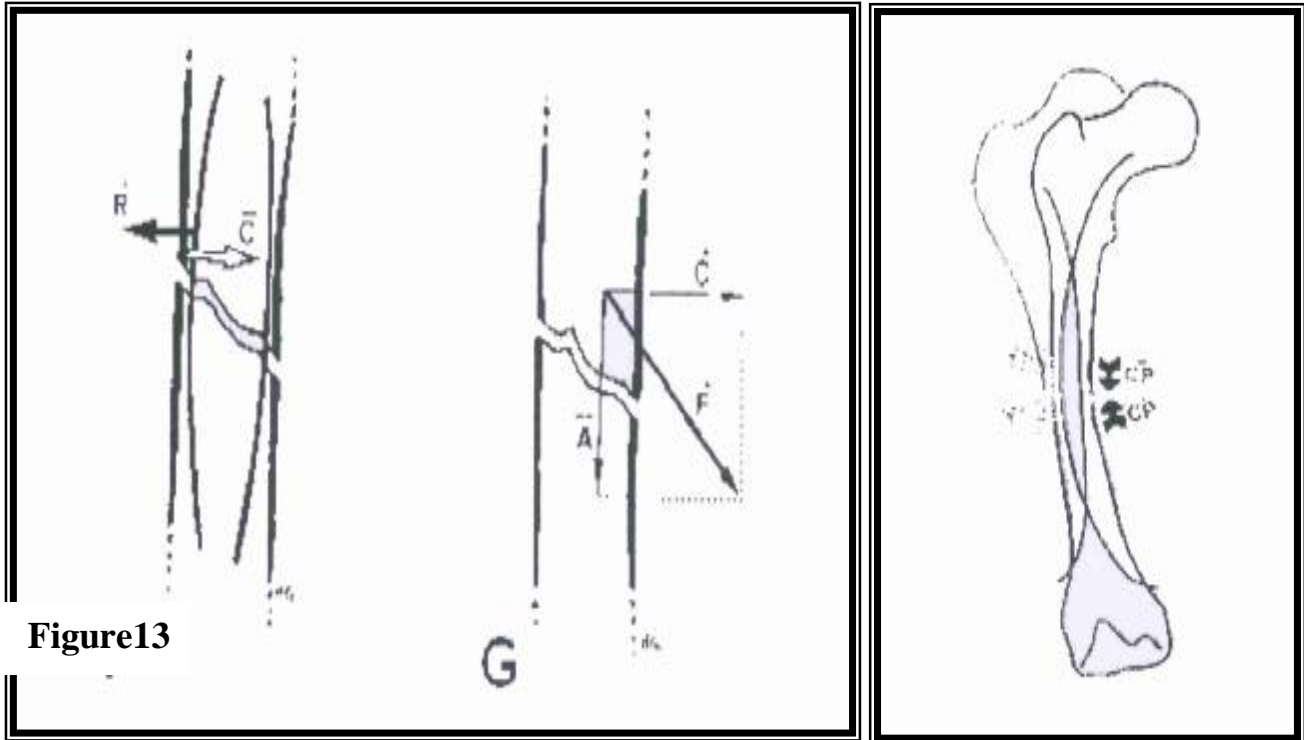
$R'$ : Force de rappel résultante développée par le montage.

Figure 8: Montage en double arcs sécants.

Les plans de courbures sont confondus, les forces  $F$  et  $F'$  sont opposées, le montage est équilibré, la résultante de ces forces est nulle.

Figure 9: La courbure d'une des broches a été inversée ; Les plans de courbure sont confondus  $F$  et  $F'$  sont de même sens, leur résultante  $R'$  incurve le montage dans le plan  $PP'$ .

Figure 10: La courbure d'une des broches a été modifiée: les plans de courbures  $PP'$  sont différents, la résultante  $R$  est la somme vectorielle de  $F$  et  $F'$ , elle a incurvé le montage.



**Figure13**

*Figure 11: Toute force  $C$  perpendiculaire à l'axe de la diaphyse donc des broches, suscite de la part de l'ostéosynthèse une réaction  $R$  s'opposant à un déplacement en cisaillement.*

*Figure 12: Toute force  $F$  avoisinant un foyer de fracture peut être divisée en deux composantes:*

*$C$ : perpendiculaire à l'os est annulée par le montage.*

*$A$ : parallèle à la diaphyse, persiste l'élasticité et le faible calibre du matériel permettant à l'os de coulisser le long de son axe.*

*Figure 13: Un montage de type ECMES canalise les forces pour les orienter parallèlement à l'axe de la diaphyse. Une angulation du foyer provoque l'apparition de forces de compression  $C_p$  dans la concavité du mouvement et de forces de traction  $T$  dans la convexité.*



# TECHNIQUE CHIRURGICALE DE L'ECMES

## A-MATERIEL D'OSTEOSYNTHESE:

### 1-LES IMPLANTS:

#### a- L'élasticité:

Les implants sont des broches ou des clous fins dont la propriété essentielle est l'élasticité. La force appliquée en un point quelconque d'une broche provoque au niveau de celle-ci une déformation mais apparaît simultanément une réaction qui tend à s'opposer à la contrainte et à ramener le métal dans sa position primitive.

Cette force de rappel est d'autant plus élevée que la déformation imposée à celui-ci est plus importante, cependant au-delà de la limite d'élasticité du métal la broche ne revient jamais à la position initial (12), en effet la forme prise par l'implant dans l'os, visible sur les radiographies n'est qu'apparente. La force de redressement de la broche étant le garant du maintien de la réduction de la fracture. Le meilleur métal disponible sur le marché est le Titane, son seuil de plasticité dépasse avantageusement l'acier.

Certes de nombreux ECMES réalisés avec des broches en Inox (acier) offrent un excellent résultat, mais chaque chirurgien a en mémoire des embrochages où les broches se comportent comme de véritables spaghettis et perdent toute possibilité d'orientation souhaitée de leur extrémité. Certains alliages ne correspondent pas aux critères requis d'élasticité (12,21).

#### b-Broche béquillée et mousse:

La majorité des broches disponibles sur le marché sont pré-béquillées de façon "intelligente", mais sont reproductibles par le chirurgien sur des broches livrées rectilignes. La courbure a pour objectif de faciliter le glissement de la broche contre la corticale opposée à l'orifice d'entrée et de lui permettre de gagner le canal médullaire. Parfois cette courbure peut être accentuée ou diminuée par le chirurgien afin de s'adapter à certaines situations anatomiques particulières (5).

La longueur de l'extrémité recourbée ne doit pas dépasser en longueur projetée orthogonale le diamètre minimal endomédullaire de l'os synthésé au risque de s'enclaver sans progression possible dans le canal. Si celui-ci est particulièrement étroit il convient de raccourcir l'extrémité de la broche de quelques millimètres.

c-Diamètre des broches :

Le diamètre des broches représente environ le tiers de celui du canal médullaire mesuré sur la radiographie standard. Leur pointe est béquillée sur 5 à 7mm. Puis la broche est globalement cintrée de façon à représenter un demi-cercle. Mais il est également possible d'introduire une broche rectiligne, en la coudant de proche en proche.

Si une règle mathématique peut être définie, le diamètre des broches va correspondre à 0,4 multiplié par le diamètre endomédullaire :

$$\text{Diamètre de la broche} = 0,4 * \text{diamètre endomédullaire}$$

Quelques adaptations individuelles sont autorisées mais l'expérience prouve qu'en cas d'hésitation, un plus gros diamètre est préférable à un plus petit qui risquerait d'aboutir à une déformation plastique des implants insuffisamment résistants (22)

d-Longueur des broches :

La majorité des implants disponibles nécessitent une recoupe avant la fermeture cutanée, L'aspect agressif de la coupe conduit souvent à des irritations sous cutanées et cutanées et ont poussé certains chirurgiens à utiliser des capuchons de protection. Une autre solution reste l'utilisation de broches de longueur définie dont l'extrémité sous-cutanée arrondie est atraumatique. La bonne longueur calculée sur l'os controlatéral correspond au plus à la distance séparant les

deux physes de croissance proximale et distale, la physe proximale étant celle du grand tranchant pour le fémur. Outre l'avantage mentionné, la facilité d'ablation du matériel est améliorée grâce à la partie préhensile de l'implant. En revanche le stock de clous disponibles doit être augmenté, la longueur doit être précise, et la rotation de la broche n'est plus possible en fin d'impaction au risque de rompre son extrémité.

#### e-Cintrage des implants:

C'est dans le cintrage des broches que s'exprime le talent du traumatologue pédiatre. En effet la technique chirurgicale ne consiste pas à introduire dans l'os un clou d'alignement mais bel et bien à assurer une force de correction intra osseuse.

Pour se faire, le maximum du cintrage doit se situer en regard du foyer de fracture, les deux broches se faisant face à face et se croisant au-dessus et au-dessous du foyer comme deux arcs sécants. Le cintrage de la broche est donc façonné à la main par le chirurgien d'un rayon de courbure angulaire d'environ 40° adapté au niveau de la fracture. Le cintrage simultané des deux broches permet d'obtenir un équilibre optimal.

Certaines broches disposent d'une pointe aplatie présentant un côté tranchant et un côté moussé. En cintrant leurs pointes de sorte que la convexité corresponde au bord tranchant, sera possible de mieux pénétrer dans le spongieux métaphysaire très dense de l'enfant, pour obtenir un bon contrôle de la rotation (fractures transversales). Si la convexité est moussée, la pénétration dans le spongieux sera impossible, empêchant le télescopage des fragments (fractures obliques, spiroïdes et comminutives) (12,22).

## 2-Matériel ancillaire spécifique:

Le matériel ancillaire de pose des implants 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 béquillage.
- § 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.
- § Un marteau: il est utilisé lors du passage du foyer de fracture, la pointe de la broche étant parfaitement orientée vers le fragment opposé. En effet la rotation de la poignée en T pousserait le plus souvent la broche dans les parties molles. En revanche, assurer la progression intracanaulaire 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 (5).
- § Une coupe broche: l'idéal est de se procurer un coupe broche de type guillotine permettant d'éliminer toutes les aspérités de la tranche de section afin d'obtenir une coupe plutôt mousse atraumatique sous la peau (12,21).
- § Un impacteur : il a pour rôle de pousser la broche de façon à maintenir une portion extra osseuse suffisamment longue pour faciliter l'ablation du matériel, mais pas trop longue pour éviter l'irritation sous-cutanée. En aucun cas cet impacteur ne peut être utilisé pour tourner la broche (18,23).

## B-TECHNIQUE OPERATOIRE AU COURS DE L'ECMES:

L'idéal est d'obtenir en fin d'intervention, deux broches disposées en arcs sécants dont les courbures sont opposées et dont la flèche des courbures est située au niveau du foyer de fracture, ainsi les broches se croisent au dessus et au dessous de la fracture.

### 1-Généralités:

L'installation du patient dépend du site de la fracture, ainsi le membre traumatisé est préparé de façon stérile.

Selon le type d'embrochage choisi, l'incision cutanée est volontiers située en regard d'une métaphyse, c'est-à-dire à distance de la plaque de croissance. La perforation du cortex osseux est réalisée à la pointe carrée dirigée obliquement vers le foyer de fracture.

La broche montée sur la poignée en T est poussée progressivement dans le canal médullaire grâce à des mouvements de rotation alternatifs. Lorsque l'extrémité de la broche parvient au foyer de fracture il convient de l'orienter parfaitement de face et de profil vers le fragment opposé, de réduire la fracture, de la contrôler par la radioscopie de face et de profil et de pousser la broche à l'aide du marteau.

Une deuxième broche fixée sur une deuxième poignée en T est montée de façon identique. La rotation de la première broche modifie la réduction de la fracture et peut aider le passage de la deuxième.

Les deux broches sont donc poussées dans la métaphyse opposée, et elles sont éventuellement tournées sur elles-mêmes afin d'obtenir une réduction parfaite de la fracture. Le foyer de fracture doit être impacté.

Au niveau de l'incision, les broches sont recourbées à environ 70° avant d'être sectionnées. Elles peuvent être repoussées modérément à l'intérieur du canal



médullaire tout en conservant une portion extra osseuse suffisamment longue pour faciliter leur ablation.

## 2- Principes techniques:

Un certain nombre de gestes, de détails et de manœuvres sont communs quelque soit le type de fracture ou sa localisation, plutôt que de les répéter (12,21).

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, puis progressivement, l'instrument est incliné pour que son trajet se rapproche le plus possible de l'axe de la diaphyse.

En effet:

- § 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 le 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 soit au marteau, soit à la main au moyen d'une 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, s'il n'est pas assez large, ou si elle n'est pas suffisamment cintrée.

b- Le franchissement du foyer:

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

§ A fin 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 télévisé est effectué de face et de profil, de façon à vérifier qu'elle se présente bien en face du canal médullaire post-fracture.

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

§ La deuxième broche peut maintenant 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 la 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 action sur la table orthopédique et 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 médullaire pré et post fracturaires. 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 jusqu'à ce que, de face et de profil 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- Les 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 endo-médullaires.

e- La 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 rasés afin de pouvoir les saisir facilement lors de leur ablation. Il ya 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 crée 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, ou situés à des niveaux différents.
- § Broches enroulés l'une autour de l'autre.
- § Mauvaise orientation des pointes des broches.

### 3-application de la technique opératoire sur les fractures diaphysaire du fémur:

Le type de montage doit être déterminé avant l'installation du patient, ascendant pour les fractures situées au-dessus du 1/4 inférieur, descendant pour les fractures du 1/4 inférieur, les fractures sus condyliennes, et les décollements épiphysaires (24,12,18,21).

#### TECHNIQUE DE L'EMBROCHAGE ASCENDANT

Pour le fémur, le plus classique est dit "montage bipolaire ascendant" ou rétrograde.

##### a-Analgésie préopératoire: Le bloc crural

Les racines nerveuses issues de L2 L3 se réunissent pour former le nerf crural, traversent le psoas et rejoignent l'artère et la veine fémorales qui émergent dans une gaine commune sous l'arcade crurale; L'injection, à ce niveau, d'un anesthésique local entraîne un bloc réversible de la conduction périphérique constituant l'anesthésie locorégionale. Il est recommandé en analgésie préopératoire pour les fractures de la diaphyse fémorale et les fractures du 1/3 inférieur du fémur.

Les solutions anesthésiques utilisées sont la Lidocaine 2 % + la bupivacaine 0,5% ; les posologies chez l'enfant sont 2 mg /kg (0,1ml/kg) de Lidocaine 2% + 2mg/kg (0,2ml/kg) de bupivacaine 0,5%.

Le délai d'action est de cinq à 15 minutes et la durée d'action est de six à 10 heures.

##### b-Installation:

Il est difficile d'installer un enfant sur une table orthopédique. La meilleure solution pour pouvoir appliquer une traction efficace consiste à ne pas utiliser les chaussures, et à fixer le pied et la jambe sur la semelle de traction à la manière d'une traction collée. Le pied, emballé dans un bandage compressif assez serré, est

fixé sur la semelle au moyen de bandes adhésives inextensibles. Puis deux autres bandes larges passant sous la semelle sont fixées de part et d'autre de la jambe.

La disposition sur la table orthopédique doit permettre d'obtenir un contrôle radiologique per-opératoire de face et de profil, avec un ou deux amplificateurs de brillance (22,25).

Sous traction, il faut chercher à obtenir une réduction stable, ou à défaut garder en mémoire la manœuvre externe utile pour aligner extemporanément les fragments.

Le membre inférieur est alors drapé stérilement depuis le genou jusqu'au niveau du pli de l'aîne de façon à pouvoir contrôler la cuisse sur toutes ses faces, ceci dans la prévision de manipulations de réduction. La palpation du grand trochanter permet d'objectiver la position en rotation volontiers externe du fragment proximal ce qui oblige alors à tourner le fragment distal également en rotation externe. La qualité de la réduction est souvent appréciée par l'engrenage des différentes aspérités du foyer de fracture (22,25).

#### c-Introduction des broches:

Le point d'introduction se situe environ 2cm au-dessus du cartilage conjugal fémoral distal, ceci afin d'éviter d'endommager le cartilage de croissance. Ce point peut être repéré en déposant une broche transversalement sur le fémur et en contrôlant sa position sous amplificateur.

L'abord de la métaphyse fémorale inférieure est fait par deux incisions cutanées: un abord interne passant entre le vaste interne et les adducteurs, et un abord externe passant à travers le fascia lata. Le périoste est décollé sur une faible surface.

Une incision de 4 cm paraît convenable, elle doit se situer exactement en face du sommet de la convexité fémorale, débutant au niveau du futur orifice d'entrée et se prolongeant vers le bas de façon à permettre l'inclinaison de la broche (22).

La première broche, montée sur une poignée américaine, est introduite dans la médullaire et poussée à la main ou au marteau jusqu'au foyer de fracture. Après d'éventuelles manœuvres de réduction, elle franchit le foyer de fracture, sous contrôle de l'amplificateur de brillance.

L'accrochage du segment fémoral proximal par la broche est favorisé par le béquillage de l'extrémité de celle-ci, qui peut être orienté par des manœuvres de rotation de la poignée américaine. La broche est alors montée jusqu'au massif cervico-trochantérien. Pendant toute cette phase, le segment extérieur de la broche est régulièrement <<recintré>> afin de compenser la perte de courbure due aux manipulations.

L'introduction de la seconde broche, symétrique de la première, ne pose habituellement pas de difficulté, la réduction du foyer de fracture étant stabilisée.

Les deux broches sont alors tournées jusqu'à obtenir une divergence maximale de leurs extrémités fémorales supérieures. Lorsque le montage semble satisfaisant, les broches sont enfoncées au marteau dans le massif cervico-trochantérien, la broche externe dans le grand trochanter, et la broche interne dans le col fémoral.

d-Derniers réglages:

L'embrochage est réalisé tel qu'il est décrit au paragraphe précédant.

La fracture est réduite, et la réduction est contrôlée de face et de profil, tout défaut persistant doit être corrigé. Puis la base des broches est coudée à angle droit, l'angle ainsi créé est poussé dans l'orifice cortical, enfin les broches sont sectionnées, assez courtes pour ne pas irriter les parties molles, assez longues pour

pouvoir être retrouvées. Après fermeture cutanée, le genou est fléchi à angle aigu de façon à permettre aux fibres des vastes de coulisser sur les broches; ceci favorise la reprise de la mobilité post-opératoire.

L'intervention se termine par la confection d'un pansement compressif englobant la cuisse et le genou.

e-Soins post-opératoire immédiats:

Aucune immobilisation post-opératoire complémentaire n'est nécessaire. Le blessé est replacé dans son lit, le membre traumatisé surélevé sur un coussin.

La rééducation est débutée le lendemain de l'intervention par des exercices de contractions statiques du quadriceps. La verticalisation, sans appui, est autorisée dès que le patient est capable de décoller le membre lésé du plan du lit.

Figures montrant les principes techniques au cours d'un embrochage ascendant :

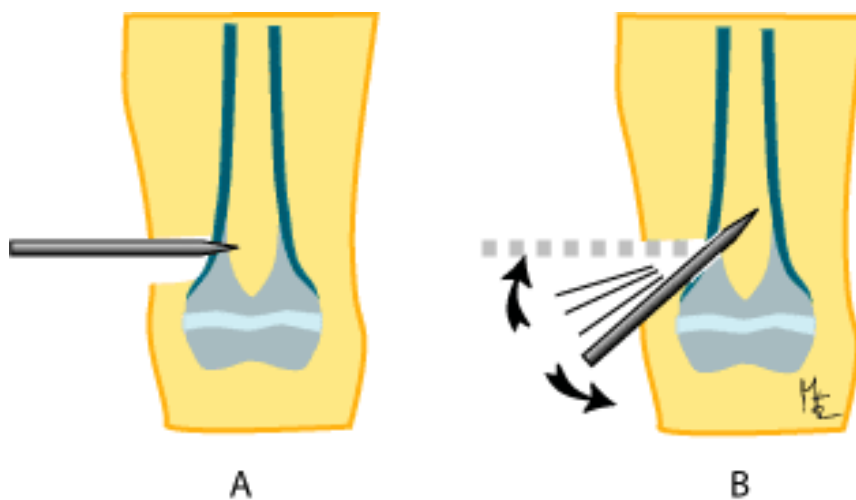
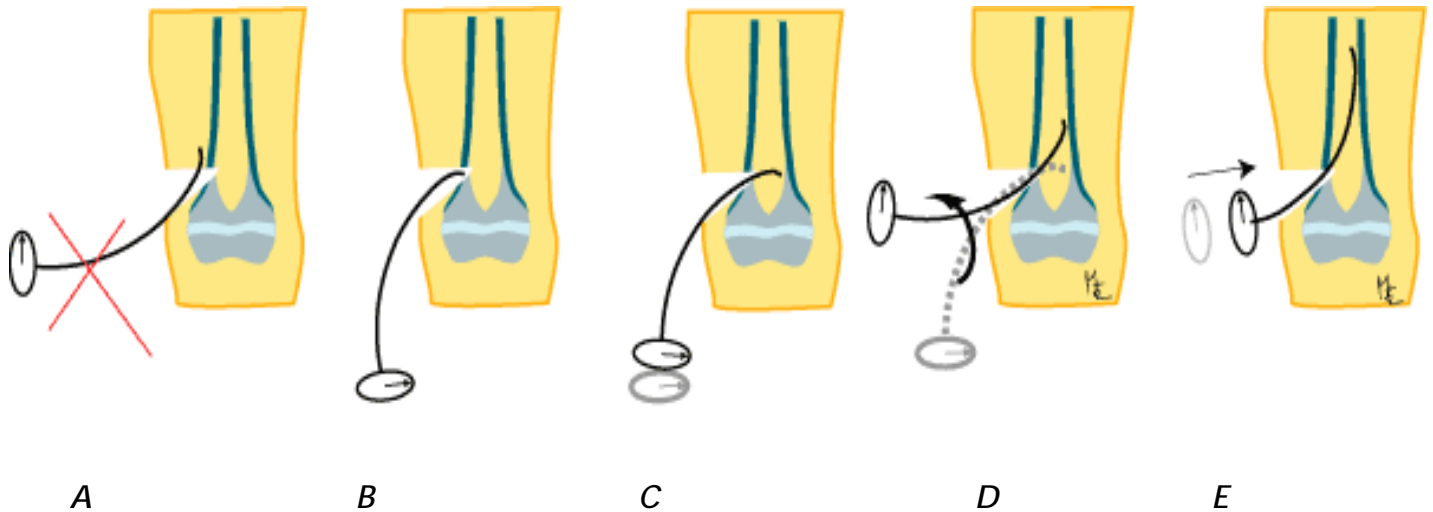


Figure 14 : Introduction des broches et guidage dans le canal médullaire.



La broche est introduite, d'abord perpendiculairement à l'os (A), puis progressivement, l'instrument est incliné pour que son trajet se rapproche le plus possible de l'axe de la diaphyse (B).



*Figure 15 : Introduction de la broche et guidage dans le canal médullaire.*

- § Amener la pointe parallèlement à la corticale (A) ne permet pas la pénétration dans l'os.
- § La pointe de la broche est présentée perpendiculairement au plan osseux (B-C), puis réorientée vers le haut (D) une fois la corticale franchie.
- § La pointe béquillée vient s'appuyer sur la corticale opposée sur laquelle elle glisse pour progresser vers le haut (E).

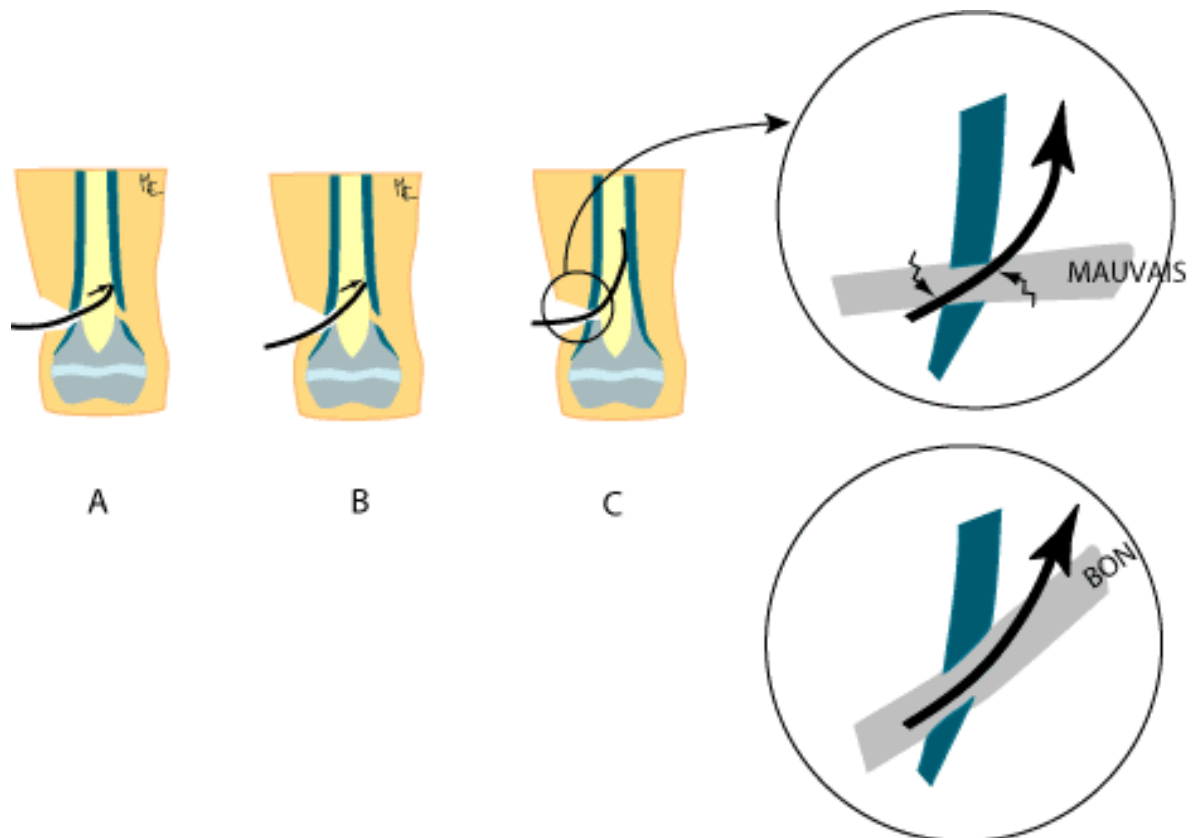


Figure 16 :

- § Si l'orifice d'entrée n'est pas assez incliné, la broche se plante dans la corticale opposé (A).
- § Si la pointe de la broche n'est pas assez béquillée, celle-ci se plante dans la corticale (B).
- § Si l'orifice d'entrée insuffisamment incliné fait une chicane, s'il n'est pas assez large, ou si elle n'est pas suffisamment cintrée La broche ne coulisse pas (C).

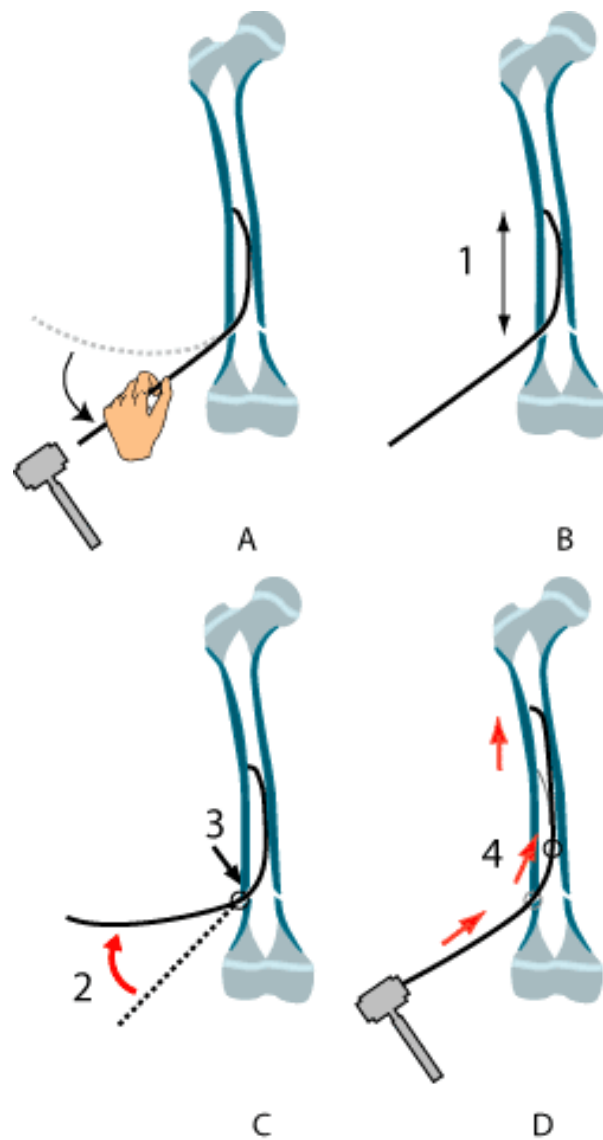
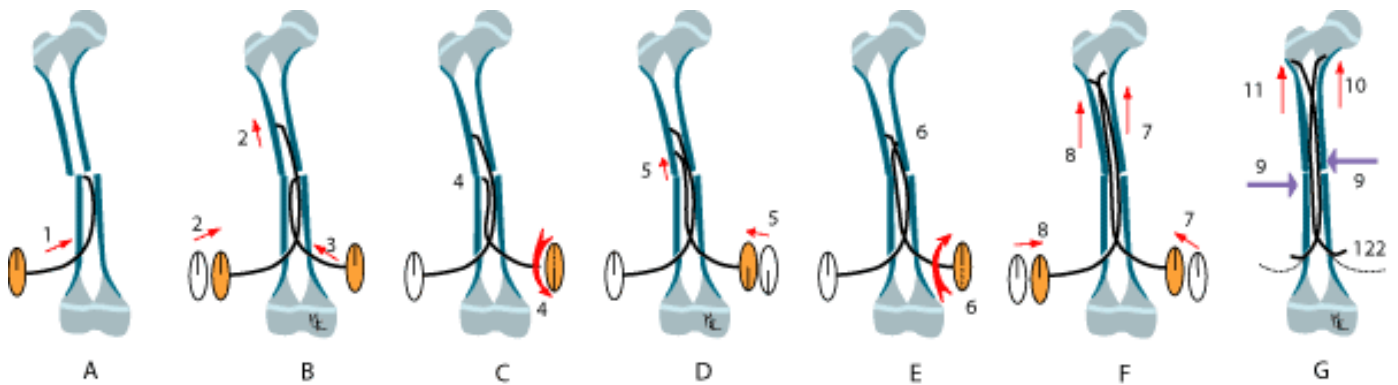
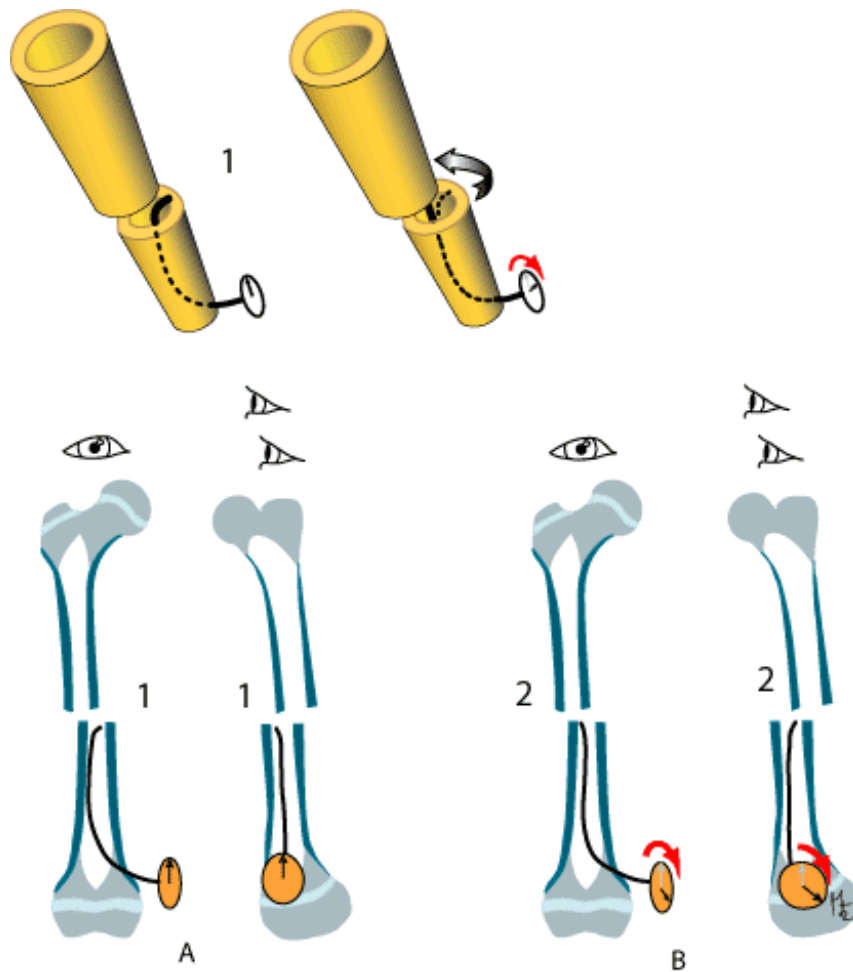


Figure17 :

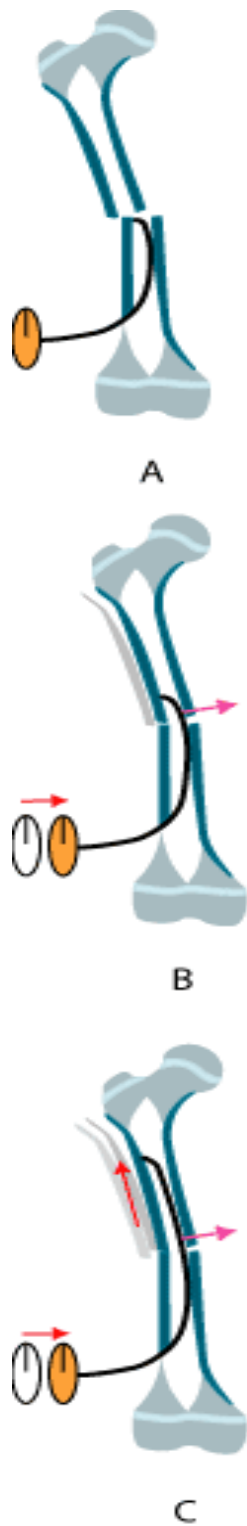
- § Tenir la broche rectiligne (A), ou la cintrer in situ car la courbure de la broche absorbe les coups de marteaux qui deviennent inefficaces.
- § Seule la pointe de la broche qui est courbée (B1).
- § Une fois la broche introduite sur quelques cm, l'orifice d'entrée est utilisé comme point d'appui (C2).
- § L'angle ainsi créé (C3), est poussé à l'intérieur du canal médullaire de quelques centimètres (D4).

Le franchissement du foyerFigure18:

- § Introduire la broche qui se présentera en face du canal médullaire du second fragment (A1).
- § La broche est ensuite poussée 3 à 4cm au-delà du foyer de fracture (B2).
- § La deuxième broche est introduite (B3).
- § Réorienter la broche par une rotation axiale de 180°, si sa pointe risque de sortir du canal médullaire(C4), ce qui lui donnera une direction identique à la précédente (D5).
- § Une fois la fracture franchie, la deuxième broche sera à nouveau orientée par une rotation axiale de 180° (E6) de façon à reprendre son trajet initial.
- § Les deux broches sont poussées le plus loin possible, mais sans entrer dans le spongieux métaphysaire (F7 et F8).
- § Tandis que la fracture est maintenue réduite le mieux possible par action sur la table orthopédique et manœuvres externes (G9), les deux broches sont fichées dans le spongieux métaphysaire (G10 et G11).

Les ProblèmesFigure 19:

- § En cas de réduction partielle, la pointe ne se présente pas en face de la communication entre les canaux médullaires pré et post fracturaires (A 1).
- § Des mouvements de rotation axiale modifient la position de la pointe de la broche, jusqu'à ce que son orientation soit parfaite (B2).



*Figure 20: La progression de la première broche corrige une partie de la translation.*

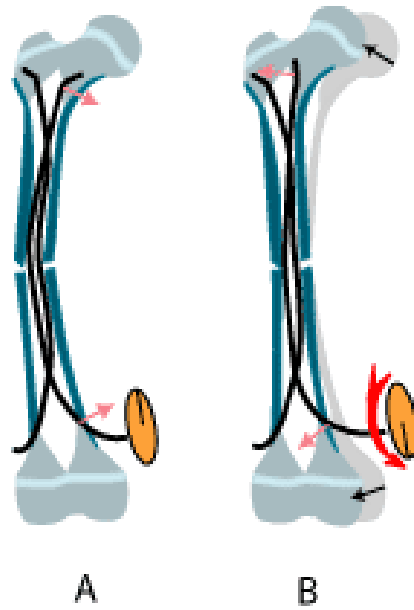


Figure 21 :

- § 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.
- § La broche interne varisante, retournée de 180°, inverse sa force de rappel et devient valgisante (B). Un valgus sera corrigé par une inversion de la broche externe.

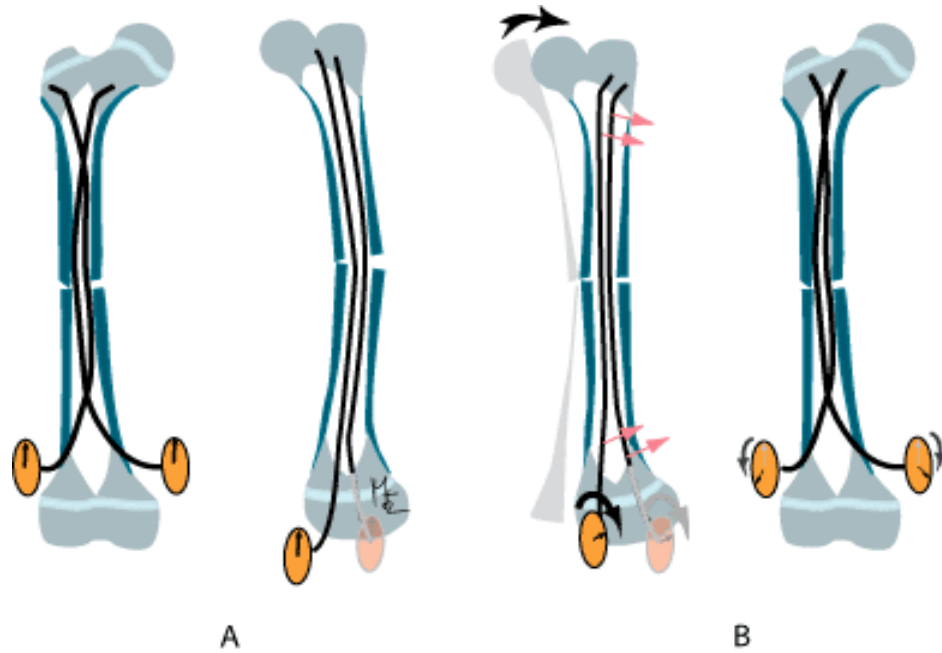


Figure 22 :

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

La section des broches

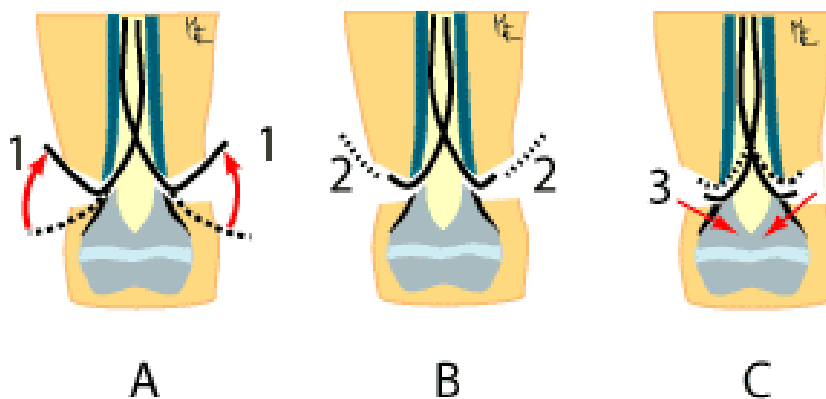


Figure23:

Les broches sont coudées à angle droit au niveau de l'orifice d'entrée (A1), coupées (B2), puis l'angle créé est repoussé dans la métaphyse (C3), assurant ainsi un appui sur la corticale.





PHOTOGRAPHIE B: ECMES ascendant pour fracture du fémur droit.



PHOTOGRAPHIE C: Enfant présentant une fracture du fémur droit et de la jambe homolatérale réalisant un genou flottant, traité par un ECMES ascendant du Fémur et descendant du Tibia.

### EMBROCHAGE DESCENDANT

Indiqué en cas de fractures diaphysaires basses (24).

Ce montage assure une meilleure stabilité que l'ECMES ascendant pour les fractures distales sur le fémur (le 1/3 inférieur de l'os), la zone de contact entre l'os et la broche étant insuffisante pour stabiliser le fragment distal.

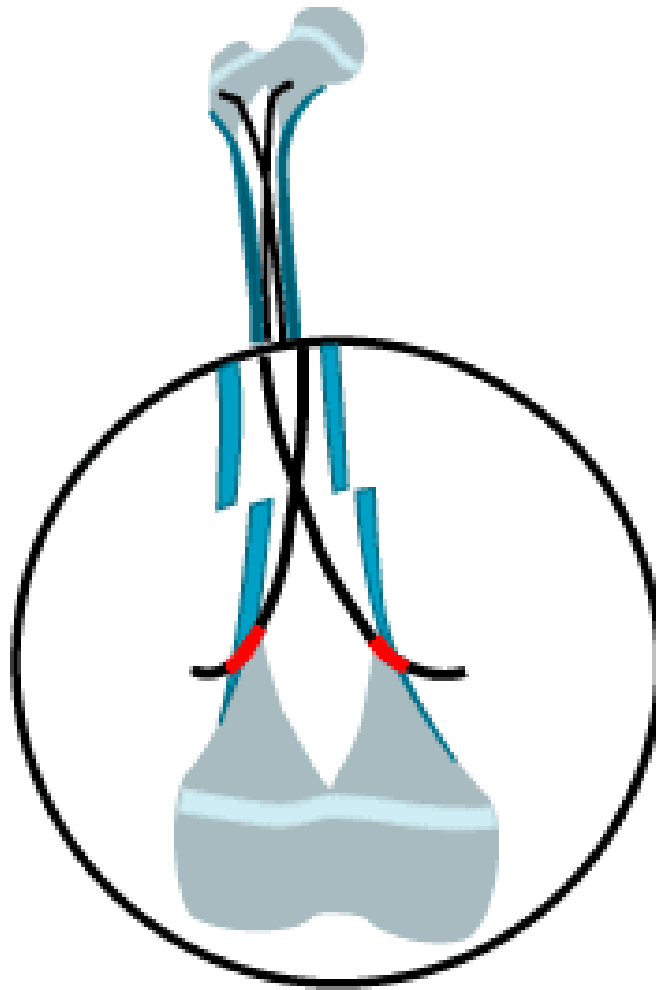
Le patient est installé sur table orthopédique, et la fracture est réduite comme précédemment.

Les broches ne sont pas introduites en percutané, un court abord de la région sous-trochantérienne est préférable, il permet de forer à la mèche deux orifices distincts superposés (dans le même plan horizontal, ils risqueraient de fragiliser le fémur).

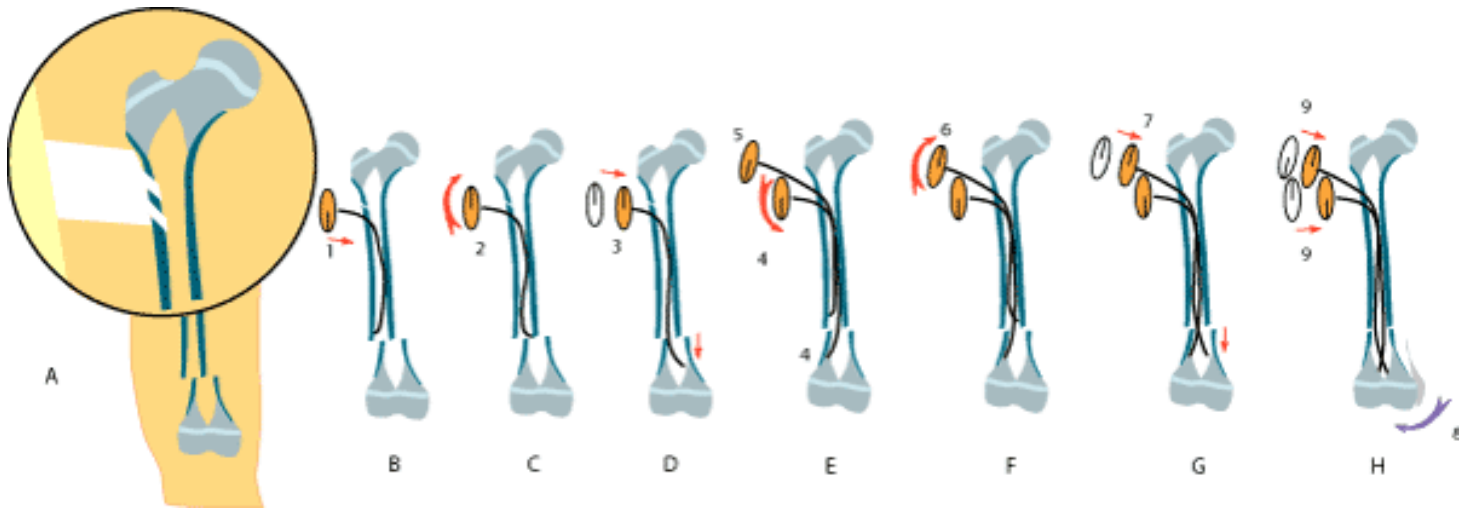
La première broche longe la corticale externe de l'os, 1 cm avant le trait de fracture, elle est réorientée, poussée au travers du foyer, puis à nouveau dirigée en dehors. La deuxième broche est introduite de la même façon. Elles sont ensuite orientées de sorte que leur pointes divergent, et regardent légèrement vers l'arrière. La fracture est alors réduite, puis chaque broche est poussée dans l'épiphyse afin d'assurer une bonne stabilité du fragment fémoral distal. Il n'y a aucun risque à perforer un cartilage conjugal au moyen de deux broches, mais il ne faut pas répéter la manœuvre plusieurs fois en des endroits différents.

La traction est relâchée, les broches sont réorientées en fonction de la correction obtenue, puis coudées à 90° et sectionnées.

Figures montrant les principes techniques au cours d'un embrochage descendant:

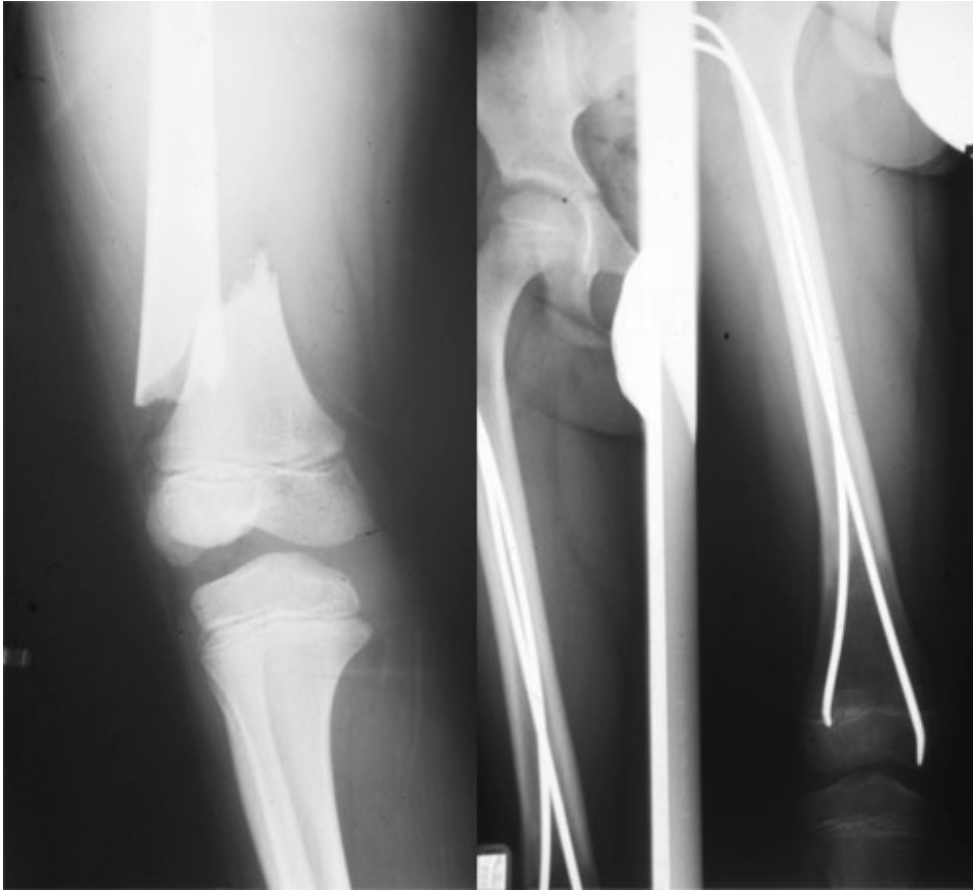


*Figure 24: L'embrochage descendant assure une meilleure stabilité que l'ECMES ascendant lorsque la fracture est plus basse*



**Figure 25:** *Introduction des broches.*

- § L'abord de la région sous trochantérienne (A).
- § La première broche longe la corticale externe de l'os (B), puis elle est réorientée (C).
- § La broche est poussée au travers du foyer(D3), puis dirigée à nouveau en dehors (E4).
- § La deuxième broche est introduite de la même façon (E5, F6).
- § Les broches sont orientées de sorte que leurs pointes divergent(G7).
- § Chaque broche est poussée dans l'épiphyse (H9).



PHOTOGRAPHIE D: ECMES descendant pour fracture distale du fémur.

*En pratique: ECMES ascendant ou descendant?*

Les fractures du tiers proximal bénéficient d'un ECMES ascendant à l'aide de deux broches introduites 4 à 5 cm au-dessus de la physe distale et poussées vers le col fémoral.

Les fractures du tiers moyen bénéficient également d'un ECMES rétrograde, les broches étant introduites 3 à 4 cm au-dessus de la physe distale et poussée dans l'os spongieux métaphysaire sans forcément chercher à pénétrer dans le col fémoral.

Pour les fractures du tiers distal un ECMES rétrograde est possible mais plus difficile, le point d'entrée des broches doit être situé plus près de la physe distale et leur saillie expose volontiers aux lésions sous cutanées.

Le cintrage des broches est fait en même temps que leur introduction dans l'os afin d'obtenir un ventre en regard du foyer de fracture et un croisement des deux implants au-dessous de la fracture.

Une alternative est l'embrochage antérograde avec introduction de deux broches au-dessous du grand trochanter par un seul abord cutané externe et deux perforations corticales.

Dans certaines de ces fractures, surtout lorsqu'un troisième fragment est présent il peut se révéler impossible de passer la broche dans le fragment opposé si bien qu'un poinçonnage ou un court abord chirurgical au niveau de la fracture est utile au guidage de l'implant.

En fin d'intervention, l'impaction du foyer de fracture est indispensable avant la recoupe et l'impaction finale des broches. Si un diastasis persiste, lors d'une fracture transverse l'effet d'allongement postopératoire en sera d'autant majoré. S'il s'agit d'une fracture oblique ou Spiroïde longue à fortiori avec un troisième fragment elle se raccourcira après remise au lit de l'enfant et induira une soi-disant migration des clous responsable d'une saillie des broches. L'impaction est donc nécessaire à la stabilisation du montage au risque d'obtenir un effet de raccourcissement initial de 1cm.

Enfin le genou est mobilisé en flexion et en extension avant d'assurer le bondage.



# Matériel et Méthodes

## A-PRESENTATION DE LA SERIE

Nous rapportons l'expérience du service de traumatologie orthopédique pédiatrique du CHU HASSAN II de Fès concernant les fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant traités par l'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) sur une durée de 5 ans s'étalant de janvier 2005 jusqu'au septembre 2009.

Durant cette période nous avons colligé 120 cas de fractures diaphysaires du fémur, mais sauf 100 dossiers étaient exploitables, et 20 dossiers n'ont pas été exploités parce que soit non trouvés soit ils étaient vides.

Notre travail consiste à l'exploration des renseignements épidémiologiques, cliniques, radiologiques, la technique opératoire, l'évolution, et les complications.

## B-METHODE D'ETUDE

Constitution d'une fiche d'exploitation :

Cette étude rétrospective a été effectuée en se basant sur une fiche constituée de 16 critères :

L'identité, l'âge, les antécédents, l'agent causal, le mécanisme, le délai de consultation et de chirurgie, la clinique, la radiologie précisant le trait et le siège de la fracture, les lésions associées, le traitement utilisé, le suivi, l'ablation du matériel, les complications et enfin le recul.



FICHE D'EXPLOITATION  
TRAITEMENT CHIRURGICALE DES FRACTURES  
DE FEMUR PAR ECMES  
**1**

Nom: Prénom:  
 Age: Origine:  
 NO: NE:  
 Adresse: Tel:  
 ATCD:  
 Médicaux: oui: non: si oui:  
 Chirurgie: oui: non: si oui:  
 TRAUMATISME:  
 AVP: Chute: Agression:  
 MECANISME:  
 Direct: Indirect:  
 DELAI:  
 Consultation: Chirurgie:  
 CLINIQUE: Œdème: Ecchymose: Déformation:  
 Ouverture cutanée: non: oui: stade Cauchois Duparc: I II III  
 Lésions vasculo-nerveuses: non: oui:  
 RADIOLOGIE:  
 Trait: Transverse: Oblique court: Oblique long: Spiroïde:  
 Siège: 1/3 sup: 1/3 moy: 1/3 inf :  
 Suscondyliène:

FICHE D'EXPLOITATION  
TRAITEMENT CHIRURGICALE DES FRACTURES  
DE FEMUR PAR ECMES

2

LESIONS ASSOCIEES:

Fracture: Bassin: Jambe: Humérus: 2 os avant bras:

Lésions: Traumatisme:

Crânien: Thoracique: Abdominal: Rachis:

Polytraumatisme:

TRATEMENT:

Orthopédique: Atelle: Réduction: Traction:

Chirurgical: ECMES ascendant: ECMES descendant: ECMES mixte:

Miniabord: Atelle:

Taille de broches: Date de la marche:

SUIVI:

Contrôle: 1<sup>ère</sup> semaine: 1 mois: 3 mois: 6 mois: 1 an:

Déplacement secondaire: oui: non:

Ablation du matériel: délai: Délai de consolidation:

Complication: Broche saillantes: Ostéoarthrite: Refracture:

Cal vicieux: Pseudarthrose: Inégalité de longueur: Raideur du genou:

Recul:..... mois

Autres:.....

A decorative scroll-like frame with a black outline and rounded corners. The frame is oriented horizontally and has a vertical strip on the left side, suggesting it is a scroll. The word "RESULTATS" is centered within the frame in a bold, black, sans-serif font.

# RESULTATS

## A-LES PATIENTS:

### 1-SEXE:

Sur les 100 Maladies étudiés, il ya une prédominance masculine nette dans notre série : 68 garçons: soit 68 % et 32 filles: soit 32 %.

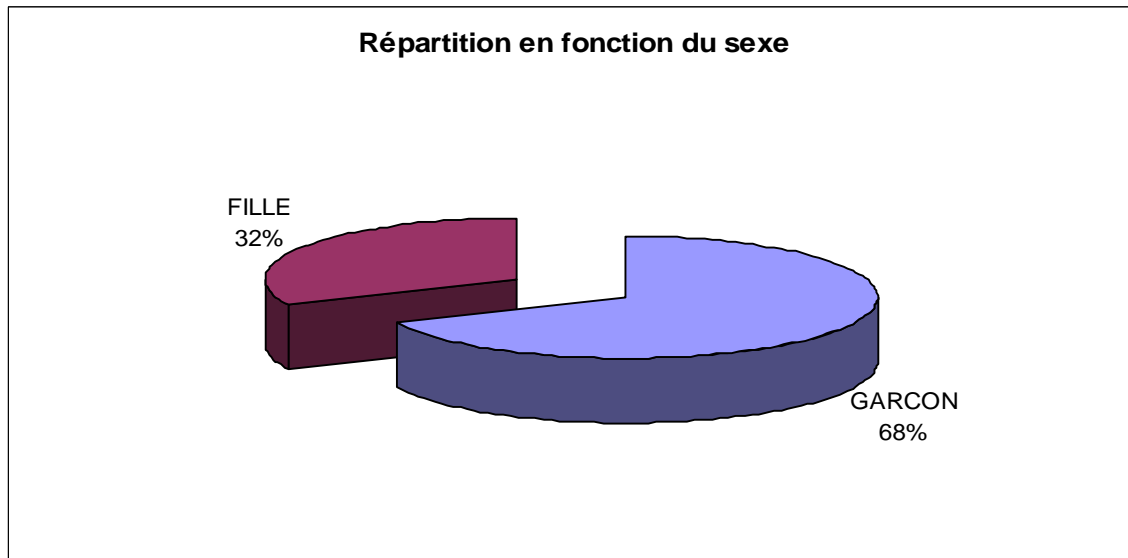


Diagramme1:répartition en fonction du sexe.

### 2-AGE:

L'âge moyen de nos malades était de 13 ans avec des extrêmes de 6 ans et 15 ans.

La répartition des patients par tranche d'âge montre un pic à 10 ans (Figure2).

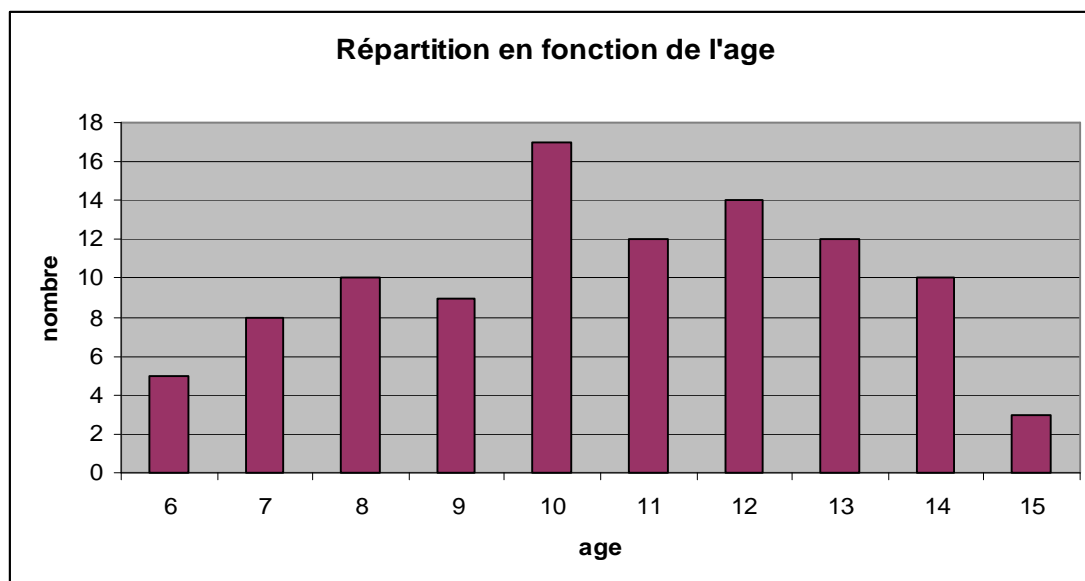


Diagramme2: répartition en fonction de l'âge.

## B-ACCIDENT CAUSAL

Dans notre série, l'interrogatoire précise que les causes des fractures diaphysaires du fémur peuvent être réparties comme suit:

- § Les accidents de la voie publique sont les plus fréquents, ils représentent (60%).
- § Les chutes (souvent par imprudence) en deuxième position après les AVP, elles représentent 30% des causes des fractures diaphysaires du fémur.
- § Les accidents de sport, sont peu fréquents par rapport aux AVP et aux chutes, 7 cas étaient victimes d'accident de sport.
- § Les agressions sont rares, 1 seul patient était victime d'agressions. L'écrasement par objet lourd est aussi une cause rare, 2 malades avaient présenté des fractures du fémur suite à un écrasement par objet lourd.

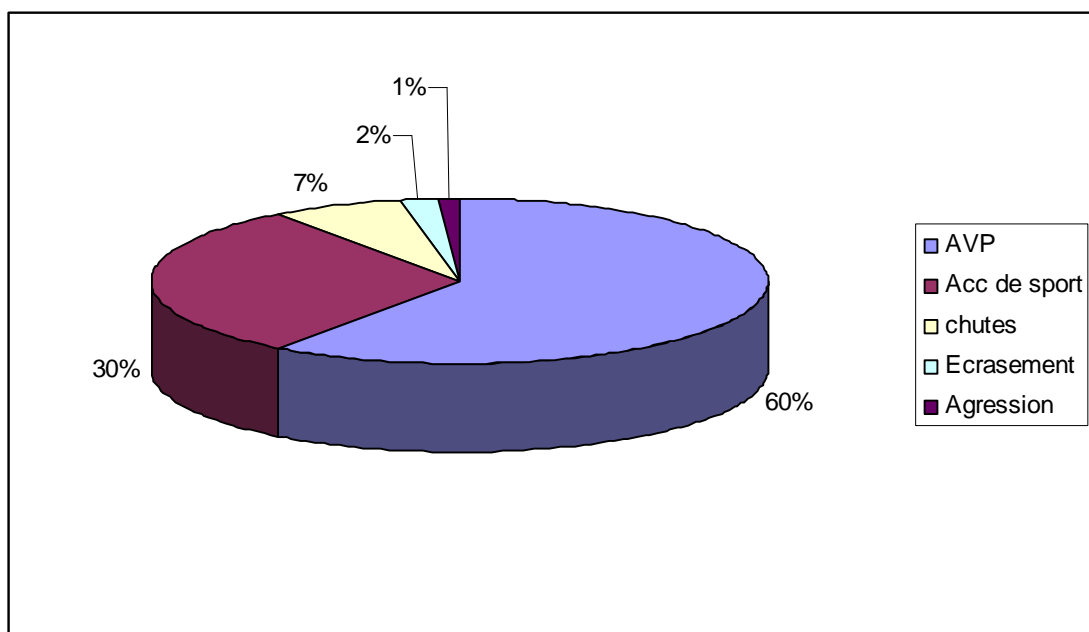


Diagramme3: Répartition des fractures selon l'agent causal

## C- LOCALISATION ET TYPE DE FRACTURES

### 1- Le Côté de la fracture:

Les 100 fractures de fémur étudiées intéressaient:

- § Le fémur droit qui été le plus fréquemment touché, on a noté 61 patients ayant présenté des fractures diaphysaires à droite.
- § Le fémur gauche été moins touché par rapport au fémur droit, 38 patients ayant présenté des fractures diaphysaires du fémur à gauche.
- § A noter qu'un malade avait une fracture bilatérale.

### 2-La localisation des fractures :

Le type d'embrochage ascendant ou descendant dépend du siège de la fracture sur le fémur ainsi, nous avons constaté:

- § 26 fractures du tiers supérieur.
- § 54 fractures du tiers moyen, ce qui fait que cette localisation soit la plus fréquente des fractures diaphysaires.
- § 20 fractures du tiers inférieur, ce qui signifie que cette portion soit moins touchée par les fractures.

### 3-Le trait de fracture:

L'analyse des clichés radiologiques, a objectivé que le trait de fracture peut être:

- § Un trait transversal dans 22 cas.
- § Un trait spiroïde dans 28 cas.
- § Un trait oblique dans 50 cas: ce dernier peut être soit
  - long dans 16 cas
  - soit oblique dans 34 cas.

Tableau I: les différents traits de fracture

Spiroïde	28	28%
Transversal	22	22%
Oblique: long:	16	16%
court:	34	34%

### 4-L'accident causal et type de fracture:

La répartition des types de fractures en fonction de l'accident causal est résumée dans le tableau I. on constate que les accidents de la voie publique entraînent dans la majorité des cas des fractures obliques avec ou sans 3<sup>ème</sup> fragment.

Tableau II: répartition des types de fractures en fonction de l'agent causal

Type de fracture/accident causal	AVP	Sport	Chute	Agression	Ecrasement
Une fracture transversale	13	1	7	1	-
Une fracture oblique	30	2	17	-	1
Une fracture Spiroïde	9	10	2	-	1

## 5-Caractère ouvert ou fermé de la fracture:

Parmi les 100 cas de fractures diaphysaires du fémur étudiées, on a trouvé neuf patients ayant présenté des fractures ouvertes:

§ Cinq de nos patients avaient des fractures ouvertes stade I selon la classification de CAUCHOIS et DUPARC, traitées par fermeture de la plaie puis embrochage à foyer fermé.

§ Quatre enfants avaient des fractures stades II selon la classification de CAUCHOIS et DUPARC. Ils ont été traités en urgence par parage et fermeture de la plaie, puis embrochage immédiat à foyer fermé, sous couvert d'une antibioprofylaxie.

Toutes ces fractures ont consolidé dans des délais normaux, sans complications.



## D-LESIONS ASSOCIEES

Les fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant surviennent dans un contexte de traumatisme de grande violence, avec souvent des lésions associées, dans notre série on a noté :

- Aucun de nos petits patients n'a révélé d'atteinte vasculo-nerveuse associée.
- 24 enfants ont présenté des traumatismes crâniens dont:
  - ü Vingt cas sont des traumatismes crâniens bénins.
  - ü Quatre cas sont des traumatismes crâniens graves dont :
    - § trois plaies crânio-cérébrales qui ont été suturées et qui ont bien évolué
    - § une hémorragie méningée avec inondation des ventricules latéraux, qui a été surveillé et qui a bien évolué.
- Un traumatisme du massif facial.
- Contusion abdominale constatée chez 12 cas dont:
  - ü Une contusion hépatique et une contusion rénale, ayant bénéficié d'une surveillance avec une bonne évolution.
  - ü Dix enfants avaient un épanchement abdominal minime sans lésions décelables.
- Les lésions des ceintures gardent leur part de fréquence vue la grande vitesse du traumatisme, ainsi on a noté:
  - ü Six fractures du bassin homolatéral.
  - ü Deux fractures de la branche iléo-pubienne.
  - ü Trois fractures du cadre obturateur.
  - ü Deux fractures de l'aile iliaque.
- Trois fractures de jambe dont une controlatérale et deux homolatérales réalisant un genou flottant.

- Deux fractures de l'olécrane.
- fracture de la clavicule.
- Une fracture du radius.

## E: LA PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE

### 1-Le délai de la chirurgie:

En attendant l'intervention, les patients ont bénéficié d'une attelle plâtrée provisoire antalgique ou d'une traction.

Le délai moyen du traitement chirurgical était de 3 jours, en attendant la disponibilité du matériel et du bloc opératoire.

### 2-La technique opératoire:

a- L'installation du malade:

Dans notre série les modalités d'installation ont été les suivantes:

- § La table orthopédique avec l'amplificateur de brillance dans 95 cas.
- § Malheureusement, l'amplificateur de brillance a été en panne dans 5 cas, nous étions obligés d'aborder le foyer de fracture dans ces cas.

On était obligé d'aborder le foyer fracturaire dans 6 autres cas par impossibilité de réduction et pour régler le problème de chevauchement des fragments fracturaires.

b- Le montage utilisé:

Dans notre service de traumatologie orthopédique pédiatrique nous réalisons l'embrochage ascendant pour les fractures du tiers supérieur et les fractures du tiers moyen, et l'embrochage descendant pour les fractures du tiers inférieur, ainsi l'embrochage centromédullaire élastique stable(ECMES) a été réalisé:

- § Dans 80 cas de façon ascendante à deux broches, (le montage classique).

§ Dans 20 cas de façon descendante.

c- Le Choix des broches:

c1- Les matériaux:

Les broches employées ont été des broches en acier inoxydables ou en titane, les broches en titane sont les plus recommandés car elles sont plus flexible que celle en acier, mais malheureusement parfois on est obligé d'utiliser les broches en acier par non disponibilité des broches en Titane.

c2- Diamètre des broches:

§ Le calibre: il varie de 3,0 à 4,0 mm ( $=0,4 * \text{diamètre endomédullaire}$ )

§ Le béquillage: la pointe des broches est béquillée sur 5 à 7 mm.

§ Le cintrage préalable: il est façonné à la main par le chirurgien d'un rayon de courbure angulaire d'environ 40%.

Dans la majorité des cas le diamètre des broches a été choisi en fonction de l'âge du patient, ainsi:

ü Pour les enfants de moins de 10 ans, ont été choisies des broches de 30/10 mm de diamètre.

ü Pour les enfants de 10 à 13 ans, ont été utilisées des broches de 35/10 mm de diamètre.

ü Pour les patients de 14 ans et plus, ont été utilisées des broches de 40/10 mm de diamètre.



Figure A: Matériel d'ostéosynthèse.

d- La durée de l'intervention:

Chez la plupart des patients la durée moyenne d'installation entre l'intubation et l'incision a été de 30 minutes; la durée moyenne de l'embrochage proprement dit a été de 45 minutes.

## F-SUITES OPERATOIRES

### 1-Immobilisation complémentaire:

- § Une attelle cruro-pédieuse antalgique a été confectionnée systématiquement chez tous nos patients, pour une durée de 15 à 20 jours.
- § La radiographie de contrôle avec les 2 incidences (face et profil), était également de règle en post opératoire immédiat, à une semaine, à 1 mois, et à 3 mois.

### 2-La reprise de l'appui:

- § L'appui partiel en utilisant des béquilles et l'ablation de l'attelle cruro-pédieuse ont été réalisés à environ trois semaines.
- § L'appui total a été permis en moyenne à partir de deux mois
- § La consolidation se fait dans un délai qui varie entre 3 à 4 mois environ.



Figure B: L'installation du malade sur la table orthopédique avec l'amplificateur de brillance.

Figure C: Introduction de la broche au cours d'un embrochage ascendant.

Figure D: Introduction de la broche dans le canal médullaire grâce à des mouvements de rotation alternatifs de la poignée en T.

### 3-Durée de l'hospitalisation:

- § La durée moyenne d'hospitalisation a été de 4 jours environ.
- § L'ablation des broches a été réalisée dès la consolidation de la fracture, sous sédation, après environ 4 à 6 mois.
- § La rééducation: une auto-rééducation du genou a été réalisée dans tous les montages ascendants.
- § La reprise de la scolarité a été faite après un mois après la chirurgie sauf chez les cas présentant des complications.

## G- COMPLICATIONS PRECOCES

### 1-Les incidents per-opératoire:

La lecture des comptes rendus opératoires et l'analyse des radiographies post opératoires ont permis de retrouver :

- § Deux cas d'enroulement des broches "phénomène de Korskew", il s'agit d'un incident qui survient en per-opératoire et qui réduit l'action des deux broches qui vont agir comme une simple broche centrale, qui n'est stable n'est sur le plan rotationnel ni sur le plan axial, ce phénomène doit être détecté en per-opératoire grâce à l'utilisation de contrôle scopique, et la broche en question doit être enlevée et placée correctement.

### 2-Les complications générales:

Les complications thrombo-emboliques sont exceptionnelles chez les jeunes patients, nous n'en avons constaté aucun cas.

### 3-Les complications infectieuses:

- § Un cas d'abcès des parties molles au niveau du point d'introduction des broches, ce qui a amené à un drainage de l'abcès, et une antibiothérapie avec une bonne évolution.
- § Quatre cas de suppurations superficielles sur les extrémités des broches, d'évolution favorable après ablation du matériel d'ostéosynthèse.

### 4-L'extériorisation des broches:

Cette complication a été observée dans 8 cas: ce qui correspond à 8%, la saillie anormale des broches a menacé et perforé la peau, une recoupe des broches a été réalisée sous anesthésie locale.

### 5-fracture sur matériel d'ostéosynthèse:

Cette complication a été observée chez un cas qui a bénéficié d'une mise en place d'une plaque vissée.



## H-LES COMPLICATIONS A MOYEN TERME

### 1-Les cals hypertrophiques:

Quatre de nos patients avaient un cal hypertrophique, sans retentissement fonctionnel ni compression vasculo-nerveuse.

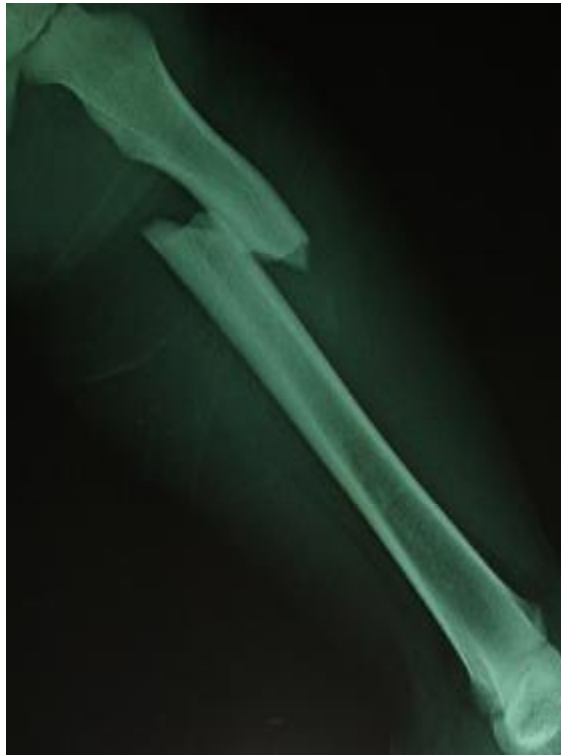
### 2-La raideur du genou:

Cette complication a été observée chez 40 enfants qui avaient bénéficié d'un ECMES ascendant, ces patients ont également présenté une boiterie douloureuse, et ceci en rapport avec l'irritation des vastes interne et externe par les extrémités distales des broches, la rééducation ayant permis l'amélioration de la mobilité du genou.

#### I-RESULTAT FINAL

La plupart de nos patient ont repris leurs activités quotidiennes et leurs activités sportives de façon normale après l'ablation des broches et après la rééducation.

L'inégalité des membres inférieurs est parmi les complications observées après un ECMES, mais dans notre série aucun des patients n'a bénéficié d'exploration radiologique permettant l'évaluation exacte de cette inégalité de longueur.



*Figure 26: Enfant de 9 ans victime d'un accident de sport.*

A: Radiographie objectivant une fracture du 1/3 supérieur du fémur gauche.  
B: Radiographie de contrôle objectivant une écaïlle suite à une fracture peropératoire.



*Figure27: Enfant de 12 victime d'une chute.*

A-Radiographie de contrôle profil montrant une fracture du 1/3 moyen du fémur.

B-Radiographie de contrôle face+profil directement après un embrochage ascendant.

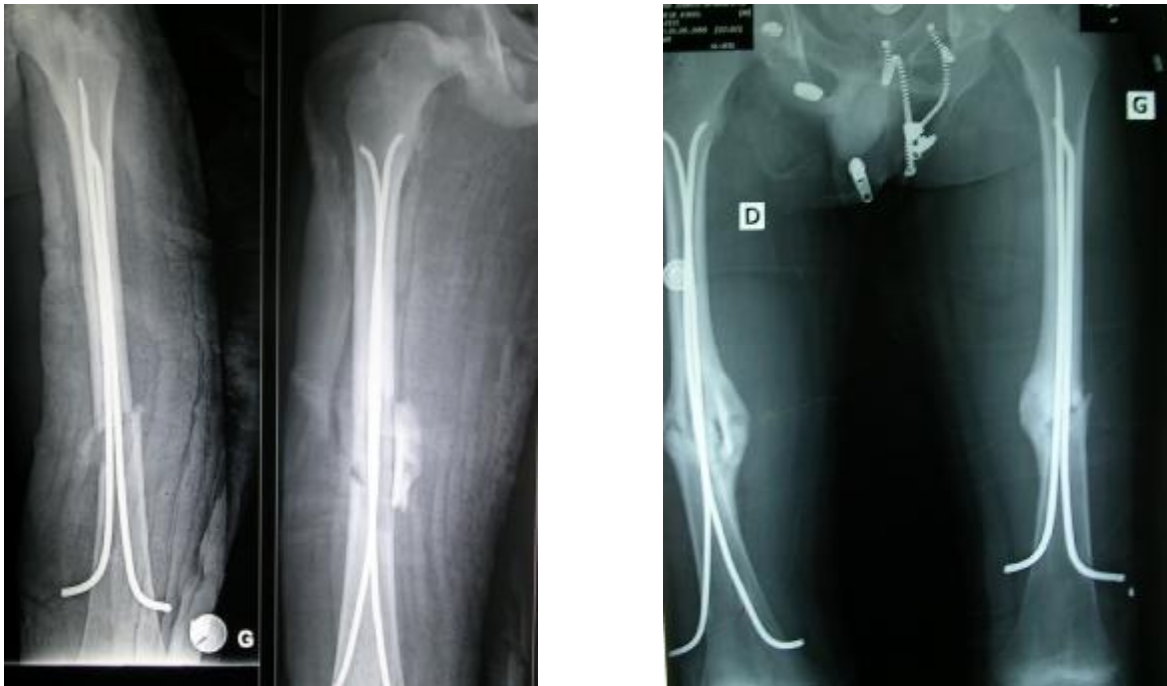
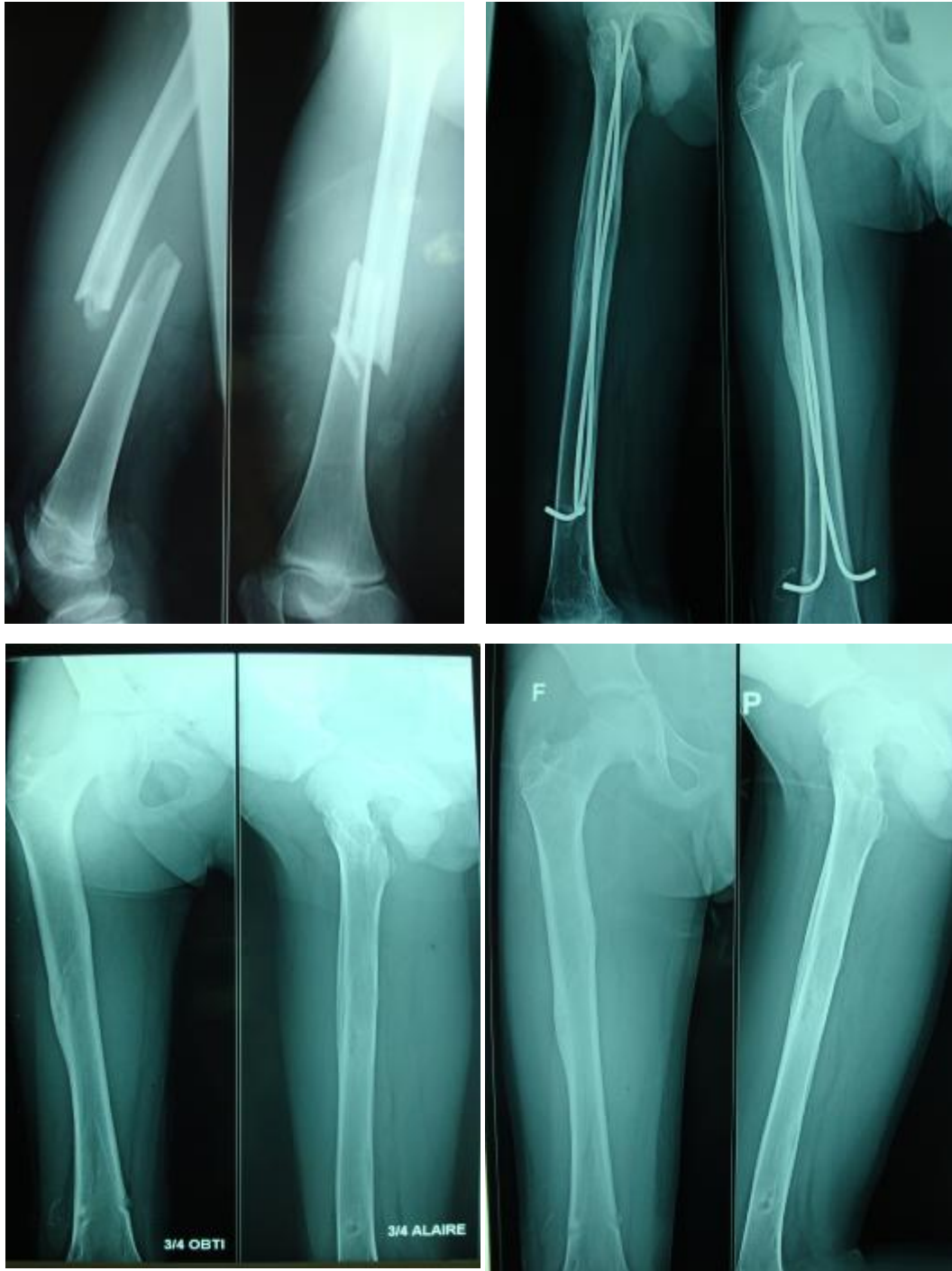


Figure28: Enfant de 12 ans victime d'un AVP.

A: Radiographie standard face+profil objectivant une fracture du 1/3 moyen du Fémur droit avec troisième fragment.

B: Radiographie de contrôle face+ profil immédiatement après réduction et ECMES ascendant du Fémur droit.

C: Radiographie de contrôle face+profil 3mois après un ECMEC ascendant.



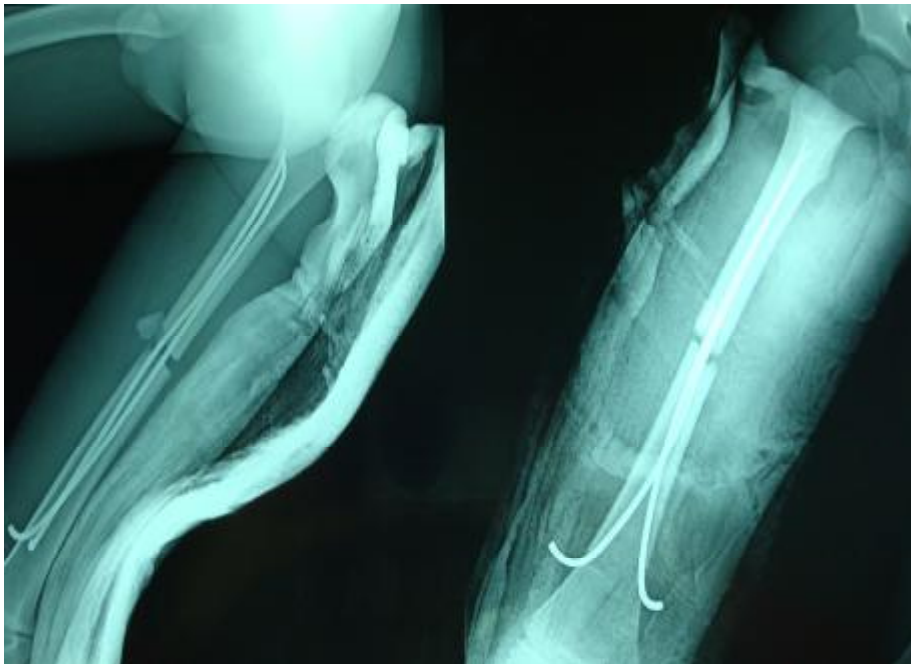
*Figure 29: Enfant de 10 ans victime d'un AVP.*

A- Radiographie de contrôle objectivant une fracture du 1/3 moyen du fémur.

B: Radiographie standard de contrôle face+profil 6 mois après un ECMES ascendant du Fémur droit.

C: Radiographie de contrôle face+profil après ablation des broches

D: Radiographie de contrôle des deux incidences 3/4 après ablation des broches 8 mois après l'ECMES montrant une bonne consolidation.



*Figure 30: Enfant de 7 ans victime d'un AVP.*

A: Radiographie standard face+profil montrant une fracture du 1/3 moyen du fémur droit.

B: Radiographie de contrôle face+profil immédiatement après réduction et ostéosynthèse par un ECMES ascendant.



*Figure 31: Enfant de 10 ans victime d'un AVP.*

A-Radiographie de contrôle profil objectivant une fracture du 1/3 moyen du fémur droit.

B: radiographie de contrôle face +profil immédiatement après un ECMES ascendant.

C: Radiographie de contrôle après 6 mois montrant une bonne consolidation.



*Figure32: Enfant de 12 ans victime d'un AVP.*

A: Radiographie standard de contrôle face objectivant une fracture du 1/3 inférieur du Fémur gauche.

B: Radiographie de contrôle face immédiatement après ECMES descendant unipolaire du Fémur gauche.

C-radiographie de contrôle face après l'ECMES montre les deux broches qui se croisent au dessous du trait de fracture.





*Figure33: Enfant de 13 ans victime d'un AVP*

A: Radiographie standard de contrôle face+profil objectivant une fracture du 1/3 inférieur du Fémur gauche.

B: Radiographie de contrôle face+ profil immédiatement après réduction et ECMES descendant du Fémur gauche objective les deux broches qui se croisent au niveau de la fracture.



# ***DISCUSSION***

## INTRODUCTION:

L'ECMES est un procédé d'ostéosynthèse des fractures diaphysaires du fémur par broches élastiques centromédullaires chez l'enfant. En 25 ans, elle s'est imposée comme la technique de choix pour stabiliser ces fractures. Ce procédé empreinte la fixation interne qui améliore la réduction, la stabilisation et le confort et conserve au niveau du foyer fracturaire les conditions d'un traitement orthopédique c'est-à-dire le respect de l'hématome fracturaire et de la vascularisation périostée.

Selon Heinriche et All (26), aucun autre moyen de traitement des fractures diaphysaires du fémur chez l'enfant n'est assez universel ni produit de meilleurs résultats que l'ECMES.

## INDICATION DE L'ECMES

Si l'on excepte les fractures du cal et de la région trochantérienne, toutes les autres fractures du fémur peuvent être traitées par ECMES à partir du 6 - 7 ans environ.

Avant 6 ans, cette technique ne possède pas d'avantages déterminants par rapport au traitement orthopédique, mais elle peut être utile dans certains cas particuliers (enfant obèse, polytraumatisé, fragilité osseuse, problèmes neurologiques...).

Nos patients avaient entre 6 et 15 ans. Cette limite inférieure ne découle pas d'une impossibilité technique, mais d'une réflexion sur l'intérêt de l'embrochage qui consiste en la réduction de la durée de l'éviction scolaire.

## LOCALISATION ET TYPE DE FRACTURES:

### 1-Côté:

Nous n'avons pas constaté la classique prédominance des fractures du fémur gauche, que Rang explique le sens de la circulation automobile (1,2).

### 2-localisation du trait:

Presque les deux tiers des fractures du fémur intéressent la diaphyse moyenne (49,50,52,57) Nous n'avons pas trouvé de lien entre l'âge des blessés et le niveau de la fracture, pour Rang, la fracture est d'autant plus basse que l'enfant est plus grand, la majorité des lésions étant causée par un traumatisme direct à hauteur des pare-chocs de voitures.

### 3-Type de trait:

La répartition des types de traits de fractures dans notre série est semblable à celle des autres publications.

KARL (57) insiste sur le mécanisme du traumatisme et le trait de fracture, un traumatisme indirect lors d'un accident sportif, entraîne une fracture spiroïde ou oblique longue. A l'opposé, un traumatisme direct, lors d'un accident de la voie publique, cause plutôt une fracture transversale ou comminutive.

## LESIONS ASSOCIEES:

Comme dans toutes les séries, un tiers environ des patients avaient subi un traumatisme crânien de gravité variable. (58,59).

Par contre, il faut insister sur la gravité des contusions abdominales associées; il est, en effet, très important de ne pas s'arrêter à la fracture du fémur pour expliquer un collapsus, et à la douleur de la cuisse pour expliquer une défense abdominale. Le bilan lésionnel, clinique, radiologique et échographique doit être d'autant plus précis et sur que l'on envisagera l'ostéosynthèse de la fracture en urgence. Au moindre doute, l'atelle pelvipédieuse permet de stabiliser la fracture pendant les quelques heures nécessaires à la surveillance de l'évolution clinique et à la réalisation des examens complémentaires. (58,59).

Les lésions des ceintures gardent aussi leur part de fréquence vue la grande vélocité du traumatisme, notamment les fractures du bassin, qui sont au nombre de six patient dans notre série.

Un cas de fracture bilatérale du fémur a été noté et a été traité par un embrochage ascendant des deux fémurs.

## LE CHOIX DU MONTAGE:

En principe, le montage ascendant et descendant donne pratiquement les mêmes résultats de point de vu stabilité et consolidation (29).

L'embrochage descendant tend vers une charge axiale plus que l'ascendant, mais malheureusement la stabilité rotationnelle est moindre, la stabilité du foyer en distal est assurée par les points d'accrochage métaphysaire médial et latéral, en proximal elle est assurée par les points latéraux(20).

Dans le même contexte, Kevin et Fricha de l'hôpital SAN DIEGO (20) ont réalisé une étude sur un model osseux synthétique, dont le but était de démontrer la différence entre l'embrochage intra médullaire ascendant et descendant, cette dernière avait conclut à ce que l'ascendant était plus stable alors que le descendant avait une forte résistance au raccourcissement.

Un autre facteur à prendre en considération lors de la technique de l'embrochage descendant, c'est l'importance des mouvements au niveau du site fracturaire (20).

Lors du model ascendant, cette balance est simplement crée par l'incurvation des 02 broches au même niveau du site fracturaire.

Malheureusement lors de l'utilisation du model descendant, l'apex et la force d'incurvation de la seconde broche en S doivent être positionnées au même niveau que l'apex de la broche en C.

Un positionnement impropre de la broche va déséquilibrer la balance, et la différence de force entre la broche en C et la broche en S ce qui va entrainer une angulation.

Cet incident a été rapporté dans la littérature par Heinrik S.D (20), alors que dans notre série aucun cas n'a été rapporté.

Dans notre série, on a réalisé un montage ascendant pour les fractures du tiers supérieur et les fractures du tiers moyen, et l'embrochage descendant pour les fractures du tiers inférieur ainsi nous avons réalisé 80 cas d'ECMES ascendant et 20 cas d'ECMES descendant.

### LE CHOIX DES BROCHES:

Dans une étude multicentrique réalisée par Flynn et All (21), quelques pièges techniques intéressant l'insertion des broches ont été rapportés, ils ont insisté sur le choix correct du diamètre des broches, ce dernier doit représenter quarante pourcent (40%) du canal médullaire.

Dans notre série le diamètre a varié 3,0 à 4,0 mm, il était toujours choisi en fonction du diamètre endomédullaire et l'âge du patient.

### L'OUVERTURE DU FOYER:

Chez 5 patients, nous étions obligés d'aborder le foyer de fracture parce que l'amplificateur de brillance était en panne.

On a eu le recours à l'ouverture du foyer dans 6 autres cas, ceci a été expliqué par l'impossibilité de réduction et pour régler le problème de chevauchement des fragments fracturaires.

Tous ces patients ont présenté une bonne consolidation dans des délais normaux.

## L'IMMOBILISATION COMPLEMENTAIRE:

Dans la plupart des autres séries, aucune immobilisation complémentaire n'est nécessaire après un embrochage centromédullaire élastique stable.

Une attelle cruro-pédieuse antalgique a été confectionnée systématiquement chez tous nos patients, pour une durée de 15 à 20 jours, et pour une durée plus longue chez les patients ayant des situations particulières (par exemple les patients vivant en altitude).

## LA REPRISE DE LA MARCHÉ:

Comme dans toutes les séries, l'appui partiel en utilisant des béquilles et l'ablation de l'attelle cruro-pédieuse ont été réalisés à environ trois semaines.

L'appui total a été permis en moyenne à partir de deux mois.

## L'ABLATION DES BROCHES:

Sous anesthésie générale, la reprise des incisions cutanées permet d'extérioriser l'extrémité 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 broches dans l'os spongieux, leur extraction peut en effet nécessiter des forces importantes.

L'ablation des broches a été réalisée dès la consolidation de la fracture, sous sédation, après environ 4 à 6 mois.



## LES COMPLICATIONS SONT-ELLES EVITABLES?

Plusieurs auteurs ont rapporté les complications qui sont liées à cette technique (ECMES), c'est ainsi que Flynn et All(32,33) ont rapporté dans une étude de 58 cas traités dans 4 centres l'ensemble des complications associées à cette technique.

### 1-Le déplacement secondaire et le cal vicieux:

Ils sont des complications peu fréquentes des fractures de l'enfant, elles sont souvent liées à la disparité du calibre des broches utilisées, car cela produit des forces inégales entraînant une angulation dans le sens de la broche la plus large. Facteur qui s'ajoute à la relation entre le rayon et l'apex de l'incurvation des 02 broches.

Dans notre série, on a observé deux cas de déplacement secondaire à cause d'une erreur technique à savoir: utilisation des broches d'un diamètre insuffisant car le calibre adéquat n'était pas disponible. En effet cette complication est plutôt liée à des erreurs techniques qu'à l'ECMES proprement dit(37).

Flynn et All(33) ont rapporté 1 seul cas de déplacement, et 6 cas d'angulation mineure inférieure à 10 % dont le maximum est survenu sur les fractures proximales. Alors que dans la série de Canada(33) aucune différence en ce qui concerne la perte de réduction n'a été soulevée entre les fractures proximales et les fractures diaphysaires. Malgré l'évidence radiologique de l'angulation observée chez 8 patients, aucun d'eux n'a présenté des signes cliniques de déformation ni de limitation fonctionnelle.

## 2-La douleur et l'irritation du site d'introduction des broches :

Selon Unni G. Narayanan (33), la douleur, l'irritation et l'ulcération cutanée qui ont été observées chez 13 patients. Sur 123 sont les plus fréquentes. 03 de ces malades ont bénéficié d'une réintroduction des broches alors que 10 ont bénéficié d'une recoupe.

Malheureusement, aucune étude n'a pu élaborer une étude statistique et analytique pour comprendre les facteurs qui sont associés à ces problèmes et de poser les recommandations pour y palier.

Dans les séries de Nancy, la douleur poussait avant à réopérer le malade pour pousser, ou enlever les broches trop tôt.

Flynn et All(20) ont rapporté la Mêmes chose, ainsi 5 patients ont bénéficié d'une réintroduction de leurs broches. Alors que dans une série de 10 patients, 02/10 ont développé des bursites avec 01 cas de migration de broche (à travers la peau).

La même chose a été rapportée par Heinrick et All(21), ainsi que par Bourdelat D. (34,35) qui ont rapporté les problèmes engendrés par la pointe de la broche dans 03 cas/ 78. Ces auteurs ont également constaté l'augmentation de l'incidence des complications dès que la longueur extra osseuse des broches dépasse 0,4.

Dans notre série, les patients ayant bénéficié d'un embrochage ascendant présentaient une irritation, or la douleur n'était dans aucun cas une cause pour réopérer le patient.

## 3-La raideur du genou:

Seul Ligier et All ont suggéré d'éviter les mouvements précoces pour réduire l'irritation du genou(21). Quant à Bourdellat il préfère l'ECMES descendant pour sa

simplicité de réalisation d'une part, et d'autre part pour l'absence d'irritation du genou par les broches"(25).

Ceci suite à une étude de 40 dossiers dont 35 avaient bénéficié d'embrochage descendant(36).

Dans notre série, la raideur du genou a été observée dans 40 cas, chez des patients qui ont bénéficié d'ECMES ascendant, cette raideur a disparu après l'ablation des broches.

#### 4-L'inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI):

L'inégalité de longueur des membres inférieurs est parmi les séquelles des fractures du fémur chez l'enfant.

La série de Blanquart D. Faite à Nancy en 1987, étude la plus importante, fait état d'inégalité moyenne de 4,7 mm.

Au début de ce siècle, de nombreux auteurs ont décrit des inégalités de longueur des membres inférieurs après fracture du fémur chez l'enfant: TRUESDELL en 1921, COLE en 1922, BURDICK en 1923, DAVID en 1924(38, 40, 41).

Dans la série d'Ozturkman(42), sur 26 malades traités par ECMES, 25 avaient bénéficié d'un scanogramme et juste 4 patients avaient une inégalité de longueur des membres inférieurs, alors que dans notre série, l'inégalité des membres inférieurs n'a pas été jugée.

#### 5-Fractures itératives et fracture sur matériel d'ostéosynthèse:

Aucun cas de fracture itérative n'a été déploré dans notre série. Alors que dans la série de Canada(33), deux cas de fractures itératives ont été déplorés, dont l'un a été repris et l'autre a été traité orthopédiquement, par contre nous avons

constaté un cas de fracture sur matériel d'ostéosynthèse dans notre série qui a bénéficié d'une mise en place de plaque vissée.

## 6-Les autres complications:

### a- Les Complications neurologiques:

Dans la série de Canada (33), une autre complication a été noté à savoir la neurapraxie du nerf sciatique, qui s'est révélée vers la deuxième semaine post opératoire par des engourdissements et des picotements au niveau de la face dorso-latérale du pied.

Dans la même série, une paralysie du nerf pudendal (nerf honteux interne), qui a été embroché; a été répertoriée comme complication neurologique, mais qui était transitoire.

Ces complications ont été attribuées à des erreurs techniques, ou bien au degré d'incurvation des broches. Si certains problèmes peuvent être minimisés par une simple attention à certains détails, d'autres restent inhérents à la technique, étant le cas du phénomène de Korskow qui reste un incident évitable, il réduit l'action du montage en celle d'une broche simple unique et centrale, instable sur le plan axial et rotationnel(43).

Dans notre série, aucune complication neurologique n'a été révélée.

### b-L'infection:

Dans une étude de 41 cas traités par ECMES, aucun cas d'infection des parties molles ou d'ostéomyélite n'a été révélé(44). Dans une autre étude réalisée sur 123 cas, un seul cas d'infection a été observée mais, cette infection est restée superficielle et a bien évolué sous traitement(45).

Dans notre série, cinq cas d'infection ont été révélés: un cas d'abcès, et quatre cas de suppurations superficielles qui ont bien évolué sous traitement.

## 7- Les suites opératoires:

Le délai de retrait des broches est souvent variable en fonction des écoles.

Dans notre série, tous nos malades ont bénéficié d'ablation du matériel vers une moyenne de 4 à 5 mois après une radiographie de contrôle. Alors que dans la série de Unni G. Narayanan(46), 25 patients / 78 ont bénéficié d'ablation de broches vers 03 ans et demi avec les extrêmes : 25 à 75 mois. Ils avaient pris l'habitude de n'enlever que les broches qui posent des problèmes.

Contrairement aux autres localisations, notamment du membre supérieur, toutes les ablations de broches du fémur se faisaient sous anesthésie générale, à l'hôpital du jour, comme dans les autres séries notamment celle de Mgoian(32).

## REFLEXIONS SUR LA TECHNIQUE DE L'EMBROCHAGE ELASTIQUE

### STABLE:

#### A- La technique chirurgicale est-elle facile?

Si on se réfère à sa simplicité théorique et au matériel limité nécessaire à sa réalisation, on sera tenté de répondre "oui".

Si l'on tient compte du nombre de montages défectueux ayant nécessité une reprise chirurgicale, on doit répondre "non", il ne suffit pas de monter deux broches dans un fémur pour faire un embrochage élastique stable digne de ce nom.

L'embrochage doit être considéré comme une ostéosynthèse majeure et rigoureuse.

Les points essentiels à la réussite de l'intervention:

- *L'installation:* l'embrochage de fémur est possible sur une table simple et il est ainsi réalisé par certaines équipes(7), mais l'utilisation de la table orthopédique et deux amplificateurs de brillance permet d'éviter toute manipulation pendant l'intervention, et diminue par conséquent le risque septique et la durée d'irradiation.
- *Les points d'entrée des broches:* doivent avoir une situation, une taille et une orientation précises pour éviter d'éventuels incidents.
- *Le cintrage des broches* qui conditionne la stabilité et l'axe du montage.

#### B- Quel montage et quel broches choisir?

Le montage ascendant reste le montage à privilégier, vu les meilleurs résultats obtenus avec ce type de montage, alors que le montage descendant est réservé à des fractures très basses ou très instables.

Le choix des broches est basé sur le diamètre médullaire du fémur, un critère fiable quoique difficile pour faire ce choix, le deuxième élément significatif intervenant dans le choix des broches est l'âge du patient.

Contrairement aux autres auteurs(44), nous avons utilisé des broches d'une seule longueur, recoupées à la fin de l'intervention.

Les broches en Titane sont plus élastiques et moins rigides que les broches en acier, en pratique les broches en Titane sont plus difficiles à cintrer, mais conservent mieux la forme qu'on leur a donnée. (63).

Le module d'élasticité, ou le module de Young du Titane est de 11000kgf/mm, contre 20000kgf/mm pour l'acier.

Dans notre série, l'utilisation des broches en Titane a toujours été recommandée, les broches en acier inoxydables ont été utilisées lorsque le titane n'était pas disponible.

### C-L'exposition aux irradiations est-elle négligée?

Nous n'avons pas effectué de mesure de l'irradiation reçue par le chirurgien au cours d'un embrochage de fémur, des études publient que l'irradiation reçue par le chirurgien au cours d'une ostéosynthèse du fémur à foyer fermé est très en dessous des limites tolérées pour une population exposée, néanmoins, les conséquences à long terme d'une telle irradiation sont difficile à prédire (64).

L'exposition aux rayons ne doit pas être négligée, l'irradiation doit être limitée par:

- L'utilisation d'un ou mieux deux amplificateurs de brillance à mémoire.
- L'utilisation de moyen de protection (tablier et gant plombés).
- L'expérience du chirurgien, qui permet de restreindre l'utilisation du contrôle radioscopique.

D-L'embrochage élastique stable permet une hospitalisation brève et une autonomie précoce:

La durée courte d'hospitalisation permet de replacer l'enfant dans son milieu familial et scolaire, et réduit le coût du traitement.

Dans les cas habituels, le patient a retrouvé à un mois une autonomie suffisante lui permettant de reprendre la classe, deux patients sur trois marchent sans canne 2 mois après l'accident(2), donc la durée d'éviction scolaire est réduite au minimum ce qui évitera souvent à un enfant de redoubler une classe, un tel résultat ne peut être obtenu par un traitement orthopédique ni même par une ostéosynthèse par clou centro-médullaire. (2)



## INTERETS ET AVANTAGES DE L'ECMES:

1. Les exigences sociales et scolaires d'une remise en charge précoce sont plus nettement apparues.
2. Les progrès parallèles de l'anesthésie en milieu pédiatrique ont fait évoluer les mentalités vis-à-vis des actes opératoires.
3. La stabilisation interne du fût diaphysaire suffisante permettant la mise en charge précoce.
4. diminution de l'inégalité de longueur post fracturaire par rapport aux techniques d'ostéosynthèses directes du foyer de fracture(56).
5. Introduction des broches à foyer fermé préserve l'intégralité du périoste, sa vascularisation, l'hématome fracturaire, et permet de limiter le préjudice à deux cicatrices de petites tailles au niveau du genou.
6. 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(38), favorisant la cicatrisation et la consolidation rapide des fractures.
7. Malgré cette élasticité, le montage s'oppose à de trop grands déplacements évitant l'apparition de défauts résiduels préjudiciables.
8. La diminution importante du risque infectieux.
9. L'embrochage élastique stable permet une consolidation plus constante que les autres moyens d'ostéosynthèse, permet la constitution d'un cal de meilleur qualité biomécanique.



***CONCLUSION***

Les fractures diaphysaires du fémur sont fréquentes chez l'enfant, le choix du traitement reste difficile vu le large panel de méthodes thérapeutiques.

Dans cet arsenal, l'embrochage centromédullaire élastique stable est une méthode sûre et reproductible chez l'enfant.

L'embrochage centromédullaire semble donc être un système dont les avantages sont une technique d'application facile et rapide, une réduction à ciel fermé, peu agressive, de mieux en mieux codifiée, un séjour hospitalier réduit et une perturbation minimale de la croissance osseuse et dont le clou peut être adapté à l'anatomie du patient.

### AINSI

L'embrochage élastique stable paraît avoir démontré sa supériorité sur les autres moyens d'ostéosynthèse du fémur de l'enfant chaque fois que cette ostéosynthèse est indispensable: adolescent, patient polytraumatisé ou comateux, porteur d'une affection neurologique ou présentant un traumatisme étagé d'un membre inférieur.

L'ECMES a diminué le recours au traitement chirurgical sanglant, ainsi qu'à l'utilisation de fixateur externe, cette méthode assure une consolidation excellente et rapide, avec peu de complications qui restent mineurs.

Au prix de deux anesthésies générales, de cicatrices minimales, et de risques inhérent à toute chirurgie, il permet une réinsertion précoce de l'enfant dans son milieu familial et scolaire.

POUS écrivait en 1986: l'embrochage élastique stable ((minimise les contraintes du traitement orthopédique...Surtout au bénéfice du chirurgien)). Nous espérons avoir prouvé par cette étude que le plus grand bénéficiaire de l'embrochage élastique stable est l'enfant.



***RESUME***

## RESUME

L'embrochage centromédullaire élastique stable (ECMES) représente un principe de fixation endomédullaire, utilisé en traumatologie pédiatrique en France depuis environ 20 ans, il semble particulièrement s'adapter aux nécessités de la traumatologie infantile, sans souffrir des inconvénients que l'on peut opposer à la plupart des autres moyens thérapeutiques des fractures du fémur chez l'enfant notamment la durée courte d'hospitalisation, la mobilisation rapide et donc le retentissement sur la scolarité de l'enfant.

Nous rapportons une étude rétrospective colligée au service de traumatologie orthopédie pédiatrique du CHU HASSAN II DE FES, sur une période de 5 ans s'étalant de janvier 2005 jusqu'au septembre 2009 chez 100 enfants de 6 à 15 ans présentant des fractures de fémur. L'âge moyen de nos patients était de 13 ans (6-15), 60% des patients étaient victimes d'un AVP. L'ouverture cutanée était trouvée dans 9 cas, et 34 cas présentaient des lésions associées. L'embrochage a été réalisé dans 80 cas de façon ascendante et dans 20 cas de façon descendante. Tous les malades ont été surveillés cliniquement et radiologiquement avec un recul moyen de 4 mois (4-10). La durée moyenne d'hospitalisation était de 4 jours.

L'ablation de broches a été réalisée environ 4 à 5 mois après la chirurgie. Après la consolidation 4 cas de nos patients ont présenté un cal hypertrophique sans retentissement fonctionnel ou compression vasculo-nerveuse. 10 patients ont présenté une raideur du genou ayant régressé après l'ablation 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 diaphysaires du fémur chez l'enfant de 6 à 15 ans.

## SUMMARY

Flexible intramedullary nailing for the fixation of femoral fracture in children has gained during the past 20 years considerable popularity. Flexible nailing offers many advantages over traditional nonsurgical management options for the pediatric femoral fracture, including shorter hospital stays, rapid patient mobilization, and alleviation of the psychological impact associated with prolonged immobilization.

We report our experience with elastic stable intramedullary nailing (ESIN) of femoral diaphyseal fractures in children. From January 2005 to September 2009; we treated 100 children, median age 13 years, with ESIN 94 closed and 6 open femoral fractures.

We reviewed children clinically and radiographically after median 4 months, their median hospital stay was 4 days. The nails were removed after a median of 5 months.

Elastic stable intramedullary nailing seems to be a safe method for the treatment of femoral diaphyseal fractures in children between 6 and 15 years of age.

## ملخص

تتمحور دراستنا حول 120 حالة من رضوض عظم الفخذ لدى الطفل تمت معالجتها بالمسامير النخاعية المرنة بمصلحة جراحة الأطفال بالمركز الصحي الجامعي الحسن الثاني بفاس. تمكنا من دراسة فقط 100 ملف طبي ولم نتمكن من العثور على 20 ملف و ذلك خلال الفترة الممتدة من يناير 2005 إلى سبتمبر 2009.

معدل السن كان هو 13 سنة مع غلبة الجنس الذكري بنسبة 68% .  
اغلب المرضى تعرضوا لحوادث سير بنسبة 60% . تسعة منهم كانت رضوضهم مصحوبة بجرح, في حين تم تسجيل إصابات أعضاء أخرى لدى 34 طفل.

مدة الاستشفاء المتوسطة كانت 4 أيام . ثم استئصال المسامير بعد مدة معدلها 5 أشهر بعد الجراحة و تم تسجيل 4 حالات من الإفراط في نمو الطرف السفلي المصاب غير انه لم تسجل أية حالة اعوجاج.  
تعتبر المسامير النخاعية المرنة من بين أفضل الطرق لعلاج رضوض عظم الفخذ لدى الطفل المتراوح عمره بين 6 و 15 سنة. نظرا لما توفره من امتيازات من قصر مدة الاستشفاء, إمكانية المشي و بالتالي التمدرس بأسرع وقت ممكن.



# ***BIBLIOGRAPHIE***



1- J.BERARD

Les fractures de Fémur de l'enfant

In conférences d'enseignement de la SOFCOT; Ortho-pédiatrie 4-page: 51-68;1996.

2-P.METAIZEAU;/APPAREIL LOCOMOTEUR, Encyclopédie médico-chirurgicale (paris-France), techniques chirurgicales-orthopédie-traumatologie (14-078-B-)page 10.

3-.LASCOMBES; J D METAIZEAU

Embrochage centromédullaire élastique stable: bases mécaniques.

In Embrochage centromédullaire élastique stable:2006 Elsevier Masson Page118-120.

4-. BERGERAULT; L. AGOSTINI; T. LE CARREAU; C. BONNARD

Fractures de la diaphyse fémorale.

In fractures de l'enfant: Monographie du GEOP 2002:page 213-21.

5-.PREVOT; J-P.METAIZEAU;J-N.LIGIER; P.LASCOMBES;E.LESUR;G.DAUTEL.

Embrochage centromédullaire élastique stable. Editions techniques. Encyclopédie médico-chirurgicale (paris-France), techniques chirurgicales-orthopédie-traumatologie, 44-018, 1993, 13p.

6-TEOT

L'Embrochage centromédullaire élastique stable chez l'enfant.

In conférences d'enseignement de la SOFCOT; ortho-pédiatrie 4-page:151-71;1996.

7-P. LASCOMES; Embrochage centromédullaire élastique stable en traumatologie pédiatrique: données actuelle. In conférences d'enseignement de la SOFCOT ; Ortho-pédiatrie 5-page:181-205; 2004.

8-J. N. LIGIER. Consolidation des fractures diaphysaires de l'enfant Traitement orthopédique, ostéosynthèse GEOP.1997, Montpellier, J Bone Surg1997, 79, page891-892.

9-J C.POULIQUEN; C.GLORIAN; J.LANGLAIS; JL.COELIN.

Généralités sur les fractures de l'enfant, Encyclopédie médico-chirurgicale-orthopédie- 14-031-B-10.

10-J.M.CLAVIER Fractures chez l'enfant: particularités épidémiologiques, diagnostic, thérapeutiques.

Internal nailing and changes in this technic, chir pediatrique 1989;30(1),page 45-47.

11-P.MEYREUIS-A-CAZENAVE. Consolidation des fractures Encyclopédie médico-chirurgicale, orthopédie, page 14-031-a-20(2004).

12-TEOT; P.LASCOMBES; H.MEMBRE. L'embrochage centromédullaire élastique stable: principes- techniques, application en traumatologie infantile. Springer Berlin Heidelberg, page 279-289 Janvier 2003.

13-TEOT. L'enclouage centromédullaire élastique stable chez l'enfant Cahier d'enseignement de la Sofcot. Conférences d'enseignement 1987.page71 à 90.

14-GIANNOUDIS;K.GRIMME;M.V.GRIENSVEN;C.KRETTEK.

Effects of intramedullary femoral fracture fixation: what is the impact of experimental studies in regards to the clinical knowledge

SHOCK VOL.18, NO.4.Page291-300;2002

15-FRICA A.; POPESCU R.; SCARLET M. ; ET COLI.

Ostéosynthèse stable élastique. Nouveau concept biomécanique. Etude expérimentale. Rev Chir Orthop: 1981. Suppl. 2.67.82-91.

16-J.P.METAIZEAU; J.N. LIGIER; Le traitement chirurgicale des fractures des os long chez l'enfant. J CHIR (paris):1984.121.527-737.

17-N.KIELY

Mechanical properties of different combinations of flexible nails in a model of a pediatric femoral fracture.

Journal of pediatric orthopaedics 22:424-7; 2002.

18- P.LASCOMBES; J.PREVOT; J. LIGIER; J P. METAIZEAU; T. PONCELLET. Elastic stable intra medullary nailing in forearm shaft fractures in children: 58 cases J pediatric Orthop.1990, 10, 167-71.

19A.T.MAHAR;S.S.LEE;F.D.LALONDE;T.IMPELLUSO;P.O. NEWTON.

Biomechanical comparaison of stainless steel and Titanium nails for fixation of simulated femoral fractures.

J.Pediatr orthop2004;24:638-41.

20-KEVIN B. FRICKA, MD, ANDREW T. MAHAR, MS, STEVEN S. LEE, MD. AND PETER O. MD. Biomechanical analysis of antegrade and retrograde flexible intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures using a synthetic bone model. J Pediatric Orthop. Volume 24, Number 2, March/ April 2004.

21-V.S.PAS, P.DAVID GWYNNE- JONE, JEAN CLAUDE THEIS.Femoral elastic nailing in the older child: proceed with caution.Injury extra (2005) 36, 185-18

22-LIGIER; METAIZEAU; PREVOT;

Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft in children.

J.BONE SURG Br1988;page 80.

23- P.LASCOMBE. L'embrochage centromédullaire stable en traumatologie pédiatrique. Données actuelles. Conférences d'enseignement de la Sofcot. Revue de chirurgie pédiatrique 45, page 5-98. April 2005.

24- J.P.METAIZEAU.L'ostéosynthèse chez l'enfant -techniques et indications. Rev Chir Ortop, 1983,69:495-511.

25- BOURDELLAT D. Fracture of the femoral shaft in children: advantages of the descending medullary nailing. J Pediatr Orthop (part B) 1996; 5:110-4.

26- J.TAITZ; K.MORAN; M.O'MEARA. Long bone fractures in children under 3 years of age: is abuse being missed in emergency department presentations, J Pediatr child health. 2004 Apr, 40(4): 170-4.

- 27- DAVID T. GWYN, MD, BRAD W. OLNEY, MD, BRADLEY;  
R. DART, MD, AND PETER J. CZUWALA, MSBE. Rotational control of various pediatric femur fractures stabilized with titanium elastic intramedullary nails. March/April 2004;Journal of pediatric orthopaedics volume 24;Issue 2,page 172-177.
- 28- ARONSSON DD., SIMGER RM, HIGGINS RF, Skeletal traction for fractures of femoral shaft in children. Long-term study. J. Bone Surg (Am). 1987; 1435-1439.
- 29- HUMBURGER FW. ; EYRING E J. Proximal tibial 90-90  
Traction in treatment of children with femoral shaft fractures. J.Bone joint Surg (Am). 1969;51:499-504.
- 30-J.P.METAIZEAU. Traitement des fractures diaphysaires de l'enfant par embrochage centromédullaire élastique stable. Cahier d'enseignement de la Sofcot. Conférences d'enseignement.1990,page39-50.
- 31- J.P.METAIZEAU .Stable elastic Intramedullary nailing for fractures of the femur in children. J. Bone Joint Surg Br. 2004 Sep; 86(7):954-7.
- 32- MGOIN GKH; MARKARIAN VA; SARKISIAN O A; KOLOIAN KA; CHILINGARIAN SA. The use of the ender nail in the ostéosynthésis of diaphyseal fractures of the femur in children Vestn Khir Im Il Grek.1995; 154(4-6):68.
- 33- UNNI G. NARAYANAN, MD, JOSHUA E. HYMAN, MD, ANDREW M. WAINWRICH, FRCS, MERCER RANG, FRCSC, AND BENJAMIN, A.ALMAN, MD.  
Complications of elastic stable intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures, and how to avoid them. J Pediatr Orthop.Volume24, Number4, July/August 2004, page363-369.
- 34- BOURDELLAT D; GHAZAL J; GROSS P. Fractures Of the femoral diaphysis in children. Treatment using flexible internal nailing and changes in this technic. Chir Pediatr.1989; 30(1):45-7

35- MARK J.ADAMCZYK, MD AND PATRICK M. RILEY, MD.

Delayed union and nonunion following closed treatment of diaphyseal pediatric forearm fractures. J Pediatr Orthop. Volume 25, Number 1, January/ February 2005, page 334-337.

36- BOURDELLAT D; SANGUINA M. Fractures Of the femoral diaphysis in children. Ascending or descending centro medullary nailing, a choice of principle or of a necessity. Aug 2000.

37- CHIR NAZADOW RUCHU ORTHOP POL.

Closed intramedullary stabilization of femoral shaft fractures with Eder's nail. 1997; 62(6):511-6.

38- B.E.HEYZORTH; G.J. GALANO; M.A. VITALE; M.G. VITALE.

Management of closed femoral shaft fractures in children, Ages 6 to 10.

J Pediatr Orthop 2006; 26:497-504.

39- J. MUTIMER; R.D HAMMET; J.D. ELDRIDGE

Paediatric femoral diaphyseal fractures.

Arch Orthop Trauma Surg 2007 Feb 6, page 832-6

40- S.A.QIDWAI, Z.K.KHATTAK.

Treatment of Femoral Shaft Fractures in Children by Intramedullary Kirschner Wires.

The Journal of Trauma: Vol.48, No.2 page 256-9.

41- B.WALLACE; H.LEHMAN.

Pediatric orthopedic disorders in the lower extremities.

Current Opinion in Orthopedics 1999, 10:434-43.

42- Y. OZTURKMEN; C.DOGRUL; MB.BALIOGLU; M. KARLI.

Intramedullary stabilization of pediatric diaphyseal femur fractures with elastic Ender nails Acta Orthop Trauma Turc. 2002; 36(3):220-7.

43- THEDDY F.SLONGO. Complications and failure of the ESIN technique. Department of pediatric surgery, children's university hospital, bern, Switzerland.1999 Aug.

44- J.BONE JOINT SURG BR. Elastic stable intramedullary nailing of femoral shaft fractures in children.  
1988 JAN; (70): 74-7.

45- JOURNAL PEDIATR ORTHOP 2004 JUL-AUG; page 24.

46- TODD O'BRIEN; MD, DAVID S.WEISMAN, MD, PETER; RONCHETTI, MDF, CHRISTOPHER P. PILLER, MD, AND MICHAEL MALONEY, MD.  
Flexible titanium nailing for the treatment of the instable pediatric tibial fracture. J Pediatr Orthop. Volume 24, Number 6, November/ December 2004.

47- My. A. AFIFI, K.ATTARAF, A.LAMRINI, A.ELMADI, K.DEMNI, Y.BOUABDALLAH  
Service de chirurgie pédiatrique, service traumatologie orthopédie, CHU HASSAN II, FES, MAROC  
Traitement des fractures diaphysaire du Fémur de l'enfant par enclouage centromédullaire élastique stable, (A propos de 24 cas).  
Rev Maroc, chir Orthop trauma, janvier 2007,30:24-26.

48- M. HALLOUT; A. DANDANE; Z.ELALAMI; A. ELAMRANI; T. EI MEDHI; H. GOURINDA. Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique.  
Hôpital d'enfant, Rabat, MAROC.  
L'embrochage élastique stable dans les fractures du Fémur chez l'enfant (A propos de 20 cas).  
Rev Maroc, chir orthop trauma, juillet 2008,36:10-13.

49- L. BOPST; O. REINBERG; N. LUTZ  
Femur Fracture in Preschool Children Experience with Flexible Intramedullary Nailing in 72 children.J Pediatr Orthop 2007; 27:299-303.

50- T.P.CAREY; R.D.GALPIN;

Flexible Intramedullary Nail Fixation of pediatric femoral fractures

Clinical Orthopaedics And Related Research: Number 332, page 110-8:1996.

51- D.T.GWYN;B.W.OLNEY;B.R.DART;P.J.CZUWALA.

Rotational Control of various pediatric femur fractures stabilized with Titanium Elastic intramedullary Nails.

J Pediatr Orthop 2004; 24:172-77.

52- C.A. HO; D.L. SKAGGS; C.W. TANG; R.M. KAY.

Use of flexible intramedullary nails in pediatric femur fractures.

53- P.LASCOMBES; T.HAUMONT; P. JOURNEAU.

Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents.

J Pediatr Orthop 2006; 26:827-34.

54- C.T.MEHLMAN; N.M. NE; ETH; D.L.GLOS.

Antegrade Versus Retrograde Titanium Elastic Nail Fixation of Pediatric Distal-Third.

J Orthop Trauma 2006; 0:608-12.

55- M.M.MOSTAFA; M.G.HASSAN; M.A.GABALLA.

Treatment of Femoral Shaft Fractures in Children and Adolescents.

J Trauma.2001; 51:1182-8.

56- R.W.POOLMAN; M.S.KOCHER; M.BHANDARI.

Pediatric Femoral Fractures: A Systematic Review of 2422 Cases.

Journal of Orthopaedic Trauma. 20(9):648-54, October 2006.

57- K.E.RATHJEN; A.I.RICCIO; D. DE LA GARZA.

Stainless Steel Flexible Intramedullary Fixation of Unstable Femoral Shaft Fractures in Children.

J Pediatr Orthop 2007; 27:423-41.

58- R.M. KAY; D.L. SKAGGS.

Pediatric polytrauma Management.

J Pediatr Orthop 2006; 26:268-77

59- P.CHRESTIAN

L'enfant polytraumatisé

In conférences d'enseignement de la SOFCOT; Ortho-pédiatrie 4-page:135-50;1996.

60- E.S.HART; B. LUTHER; B.E. GROTTKAU.

Broken bones: Common Pediatric Lower Extremity Fractures-Part III.

Orthopaedic Nursing 2006 Vol.25 No.6.pp390-407.

61- J.O.ANGELEN. L. CHOI

Treatment Options in Pediatric Femoral shaft Fractures

J Orthop Trauma 2005; 9:724-33.

62- E.H.CASSINELLI; B.YOUNG; M.C.PIERCE; V.F.X.DEENEY.

Spica Cast Application in the Emergency Room for Select Pediatric Femur Fractures

J Orthop Trauma 2005; 19:709-16.

63- L.SEDEL;A.MEUNIER;R.NIZARD.

Biomécanique de l'os: applications au traitement des fractures.

Encyclo Med Chir 27-100-A-10.

64- R.KRAUS;C.MEYER;C.HEISS;J.P STAHL;R.SCHNETTLER.

Intraoperative radiation exposure in elastic stable Intramedullary nailing

During the growth period: observations in 162 long bone shaft fractures.

Unfallchirurg.2007 Jan; 110(1):28-32.