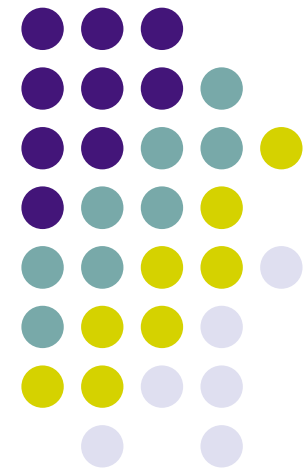


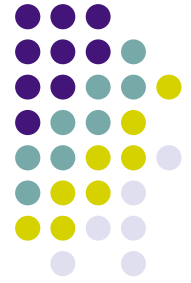
# Allongement osseux progressif chez les enfants

D. POPKOV

P. JOURNEAU

Hôpital d'Enfants, CHU, Nancy, FRANCE





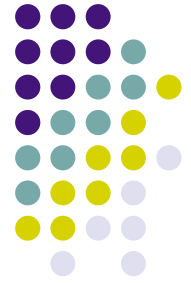
1921-1992

L'appareil d'Ilizarov est connu depuis 1952

Les premières publications sur l'allongement osseux progressif par fixateur d'Ilizarov datent de 1963

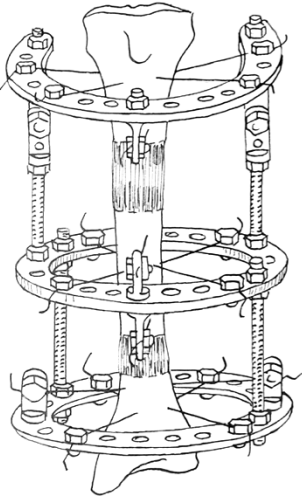
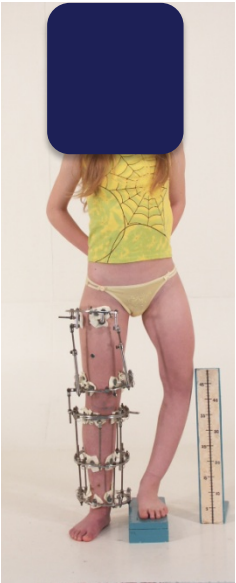
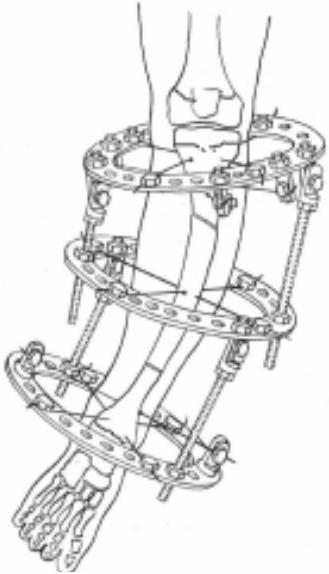
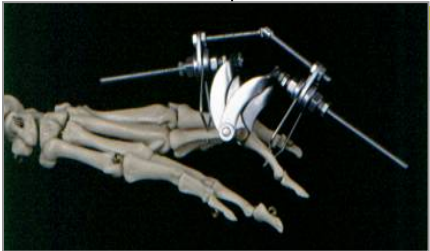


# Allongement progressif (ILIZAROV)

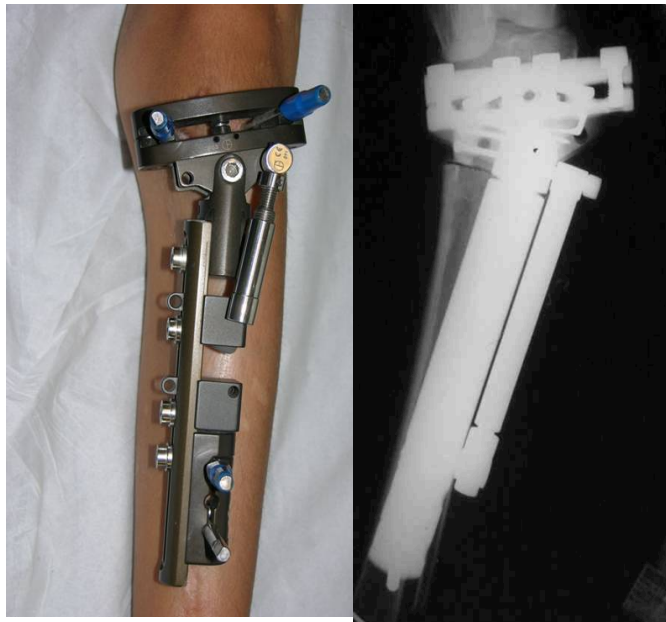
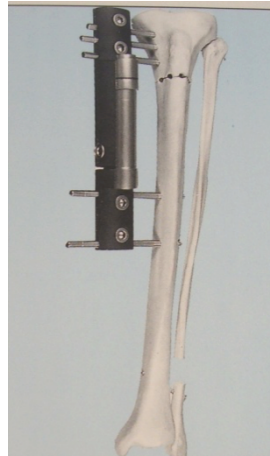


1. ostéotomie respectant le périoste et vascularisation endomédullaire
2. ostéosynthèse stable et élastique (non rigide)
3. début de l'allongement au 5-6<sup>e</sup> jour
4. vitesse et rythme d'allongement optimales
5. conservation de la fonction par reprise précoce de la mobilisation articulaire et de l'appui

# Fixateur externe d'Iizarov



# Orthofix®

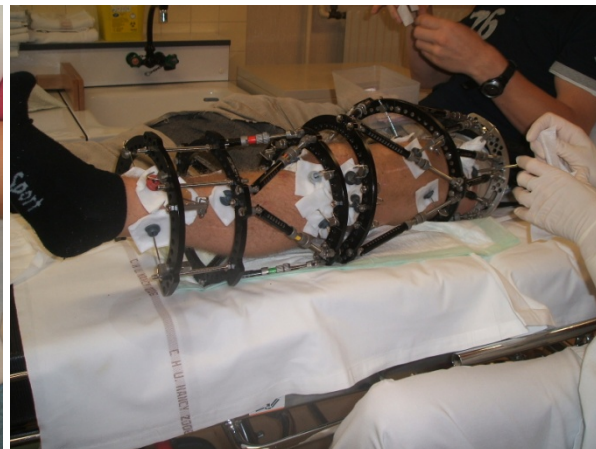
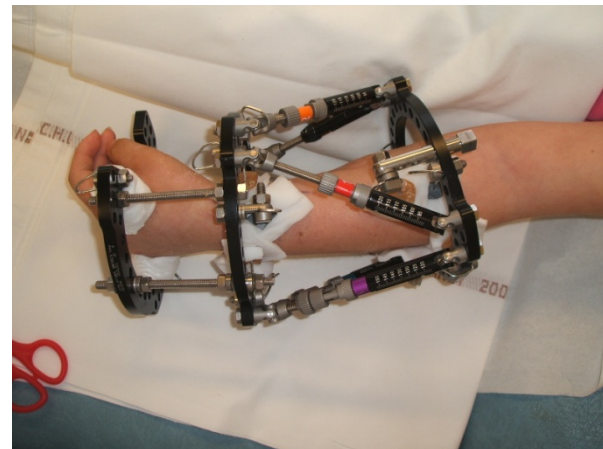


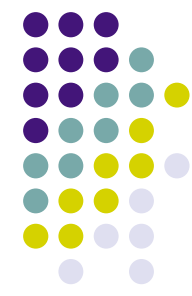
T-Garches



LRS fixateur

# Taylor Spatial Frame (TSF®)





[Home](#) [Cases](#) [Utilities](#) [Literature](#) [User Profile](#) [Logout](#) [Help](#)

[File](#) [Case Info](#) [Define Deformity](#) [Select Frame](#) [Mount Frame](#) [Initial Frame](#) [Final Frame](#) [Structure at Risk](#) [Prescription](#) [Report](#)

Initial Settings for Total Residual Operative Mode Case Name: GEA HTO Burgary  
8/12/02

Strut 1 (mm) (Red) <input type="text" value="150"/>	Strut 2 (mm) (Orange) <input type="text" value="145"/>	Strut 3 (mm) (Yellow) <input type="text" value="140"/>	Strut 4 (mm) (Green) <input type="text" value="135"/>	Strut 5 (mm) (Blue) <input type="text" value="160"/>	Strut 6 (mm) (Violet) <input type="text" value="160"/>
---	--	--	---	--	--

**Right AP View**

Lateral      Medial

**Right Lateral View**

Posterior      Anterior

**Right Axial View**

Medial      Lateral

**Deformity Parameters**

AP View Angulation: 23.0° Varus AP View Translation: 10.0 mm Medial	Lateral View Angulation: 10.0° Apex Anterior Lateral View Translation: 5.0 mm Posterior	Axial View Angulation: 15.0° Internal Axial Translation: 5.0 mm Short
--	--	--

**Mounting Parameters**

AP View Frame Offset: 0.0 mm	Lateral View Frame Offset: 20.0 mm Posterior to Origin	Rotary Frame Angle: 0.0° Axial Frame Offset: 30.0 mm Proximal to Origin
------------------------------	--	--

Clicking on graphic will enlarge ?

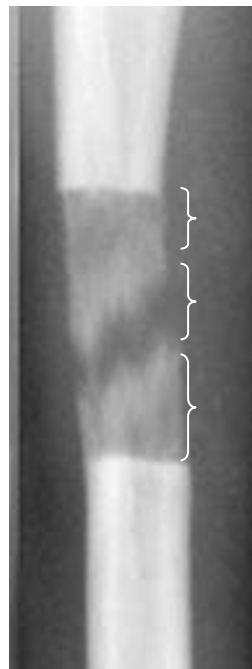
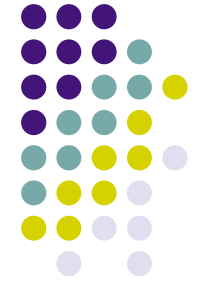
Date	Day	Strut 1 (Red)	Strut 2 (Orange)	Strut 3 (Yellow)	Strut 4 (Green)	Strut 5 (Blue)	Strut 6 (Violet)	View
4/15/08	0	143	144	167	154	152	158	<a href="#">View</a>
4/16/08	1	144	145	168	155	153	159	<a href="#">View</a>
4/17/08	2	145	145	168	156	154	160	<a href="#">View</a>
4/18/08	3	145	146	169	157	156	162	<a href="#">View</a>



- Période post-opératoire précoce
- Période d'élongation (de distraction)
- Période de fixation



# Régénérat osseux (ostéogénèse en distraction)



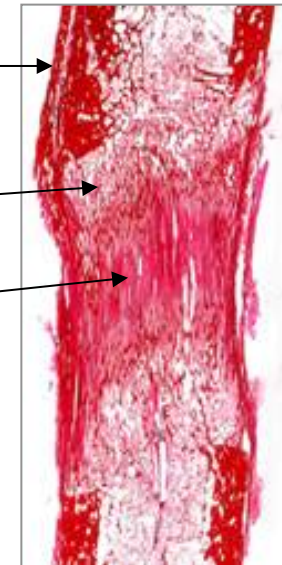
fragment osseux

partie ossifiée du régénérat

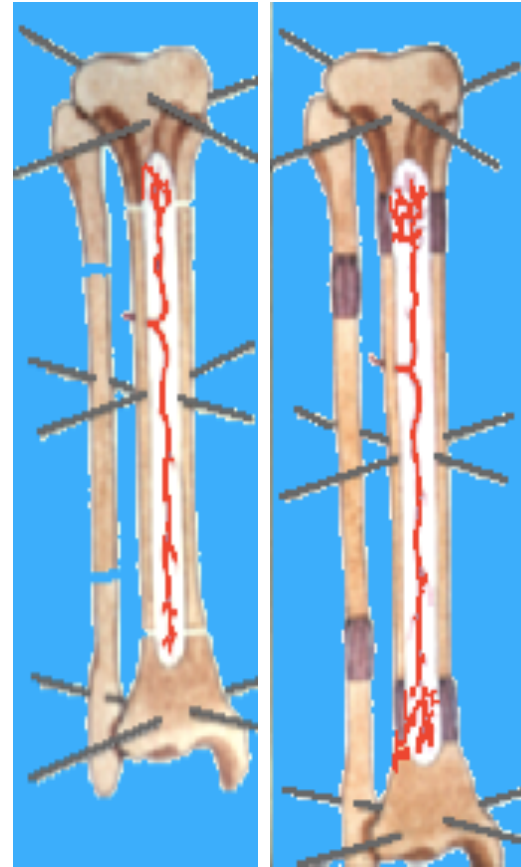
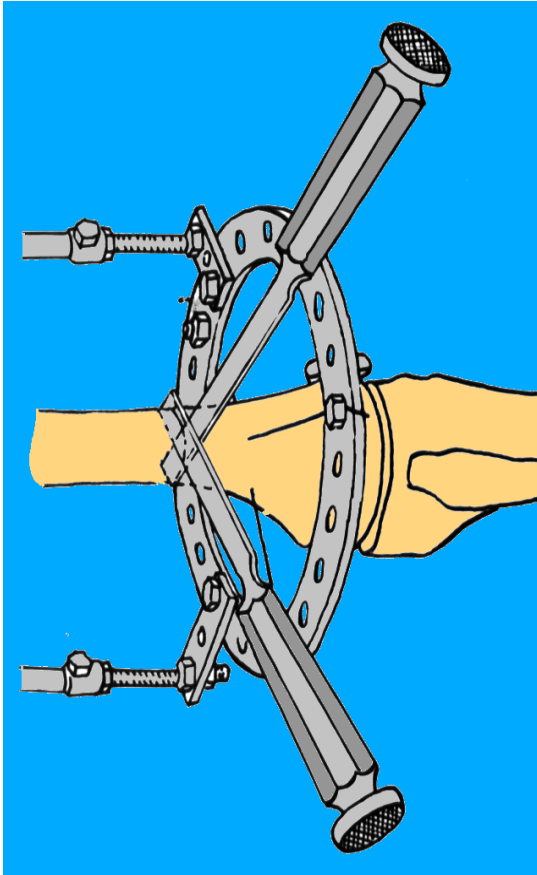
« zone de croissance du régénérat »

partie ossifiée du régénérat

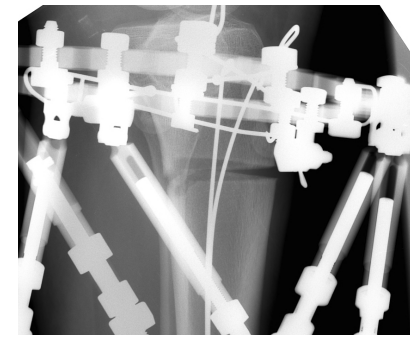
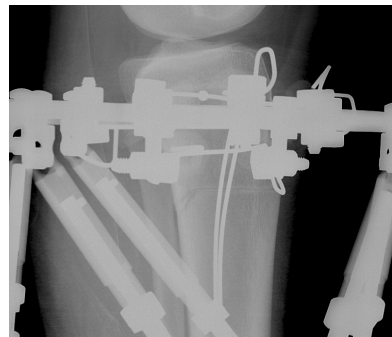
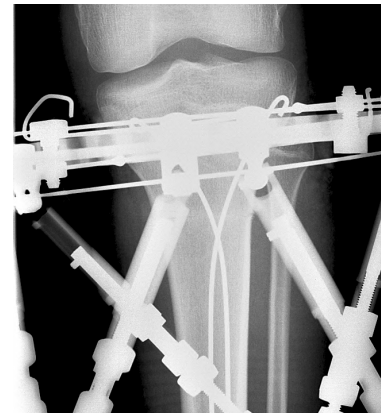
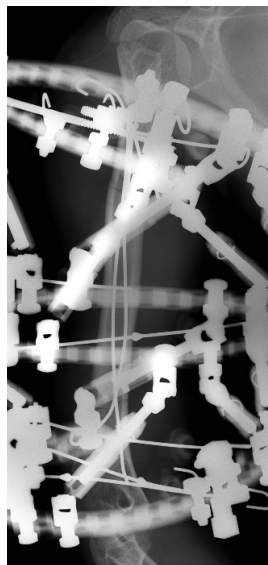
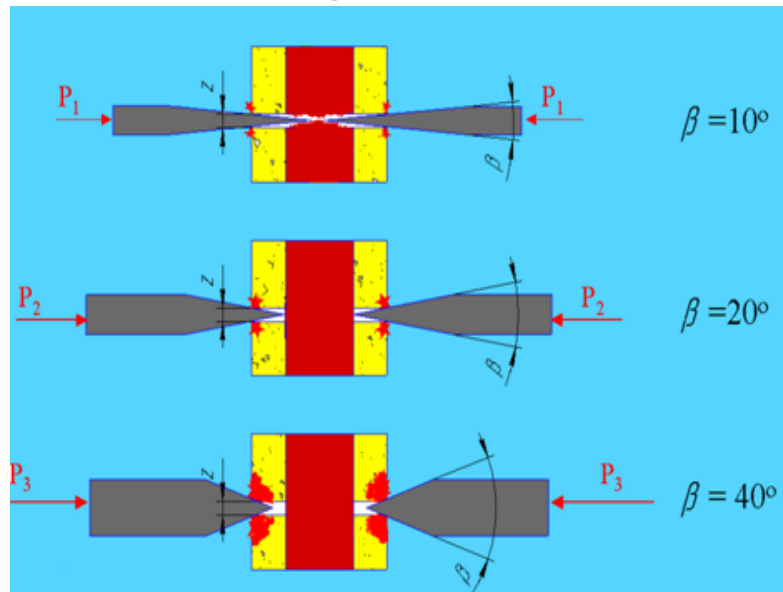
fragment osseux

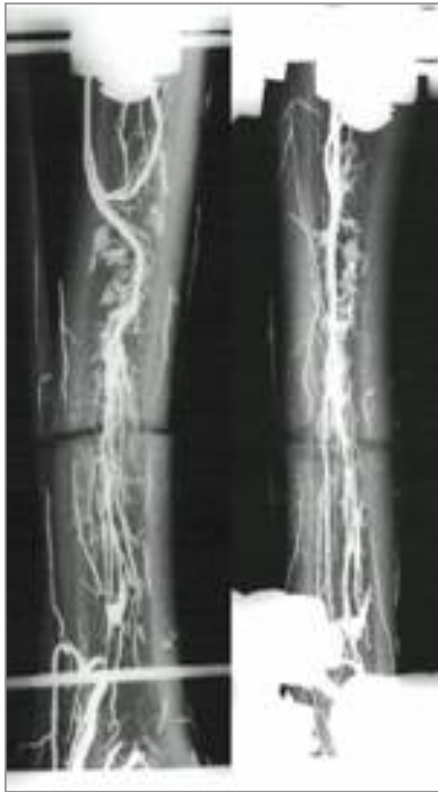


# 1. Corticotomie classique

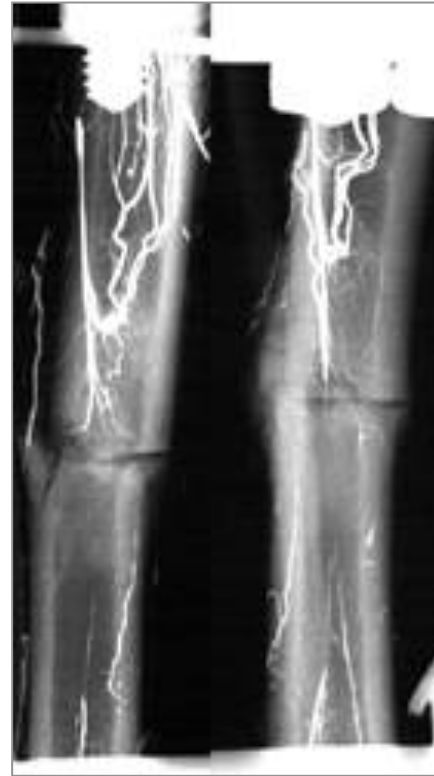


$\beta = 20^\circ$





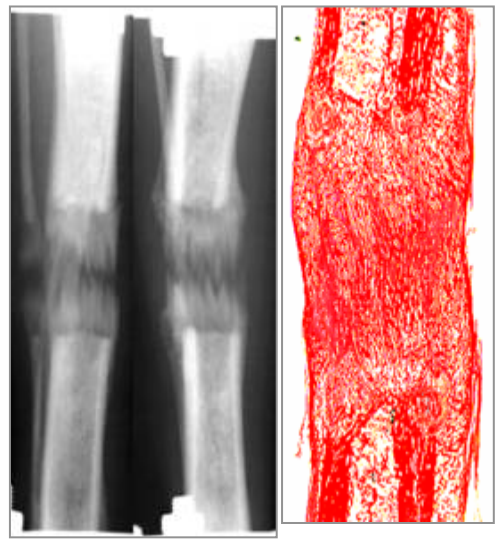
**Corticotomie**



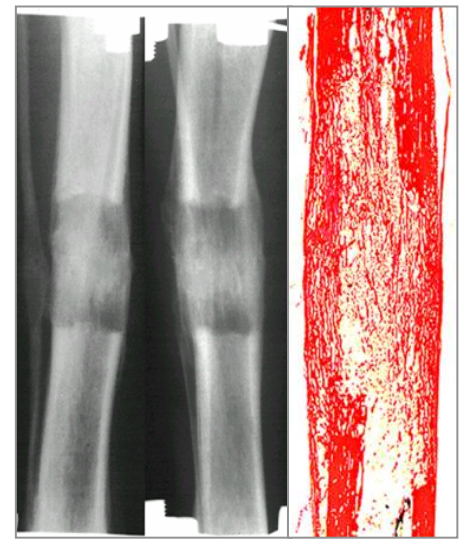
**Ostéotomie**



**Corticotomie**

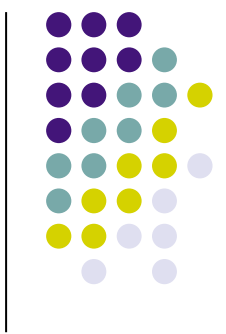
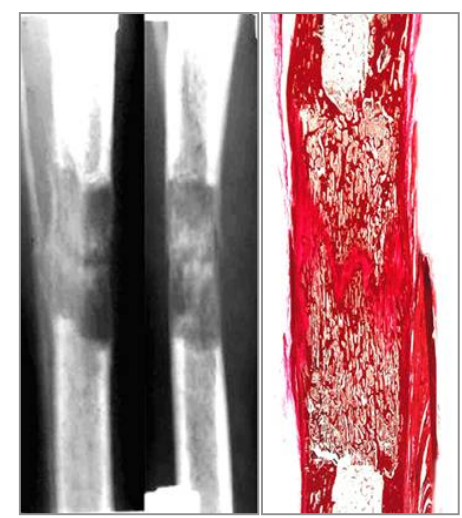
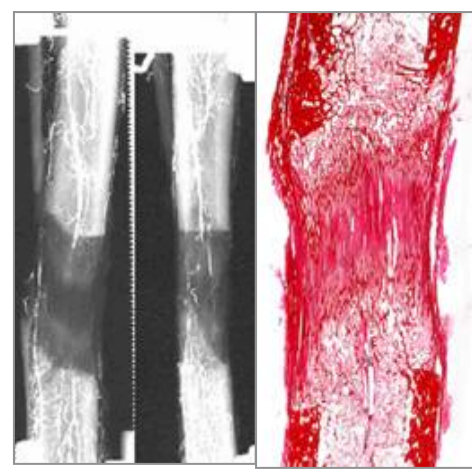


J+33

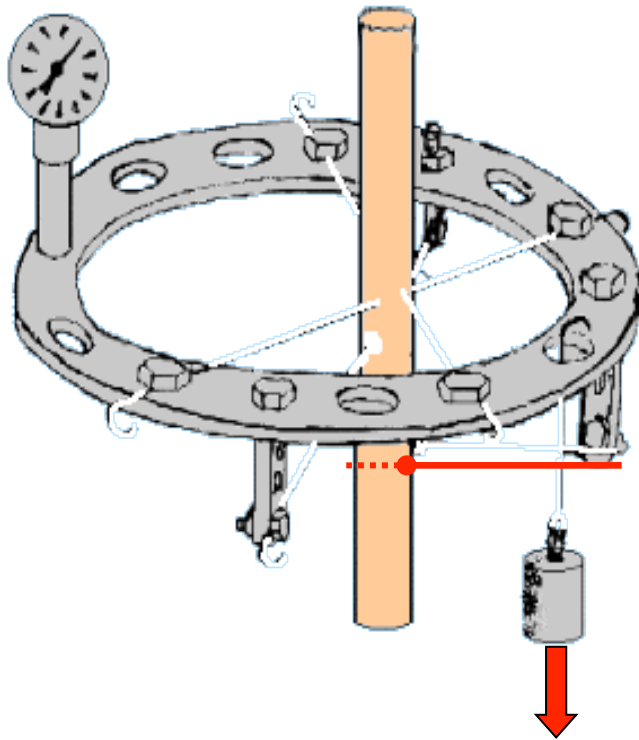


J+78

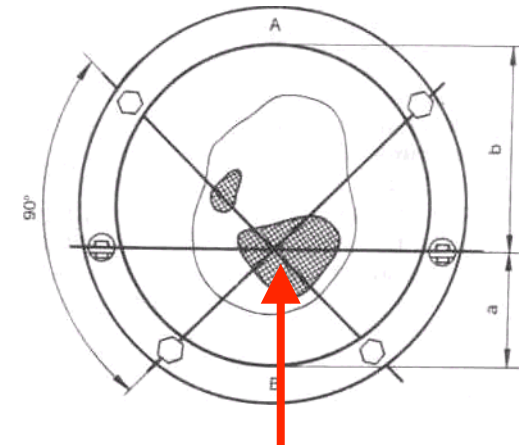
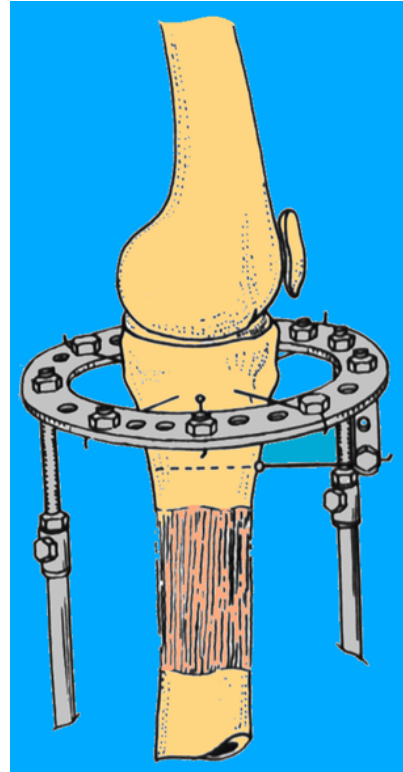
**Osteotomie**

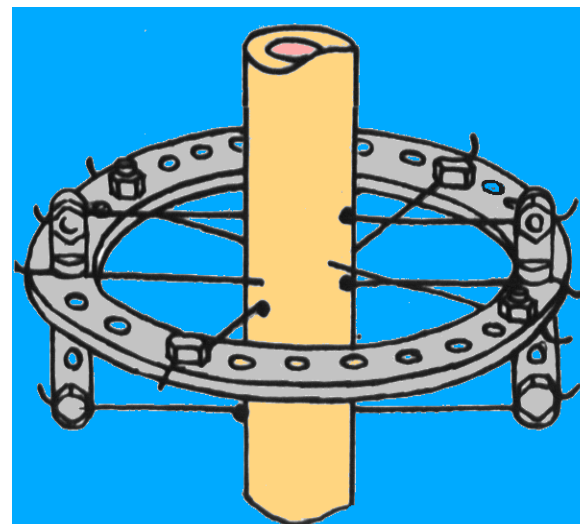
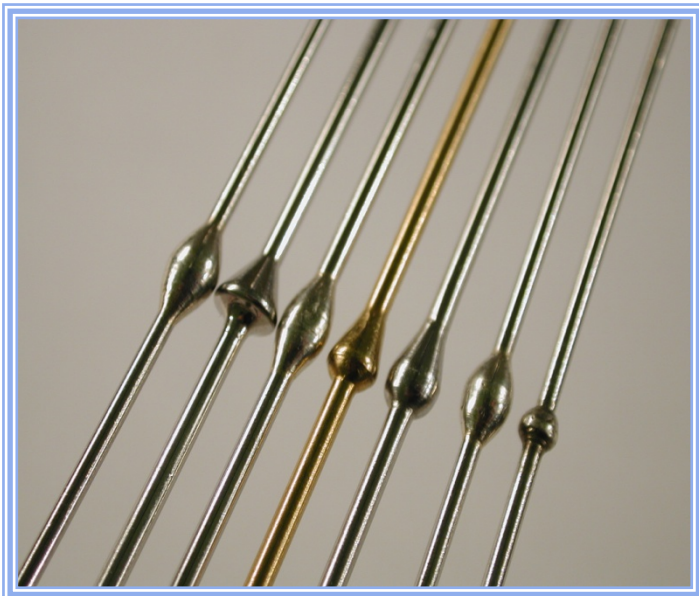


## 2. Stabilité du montage

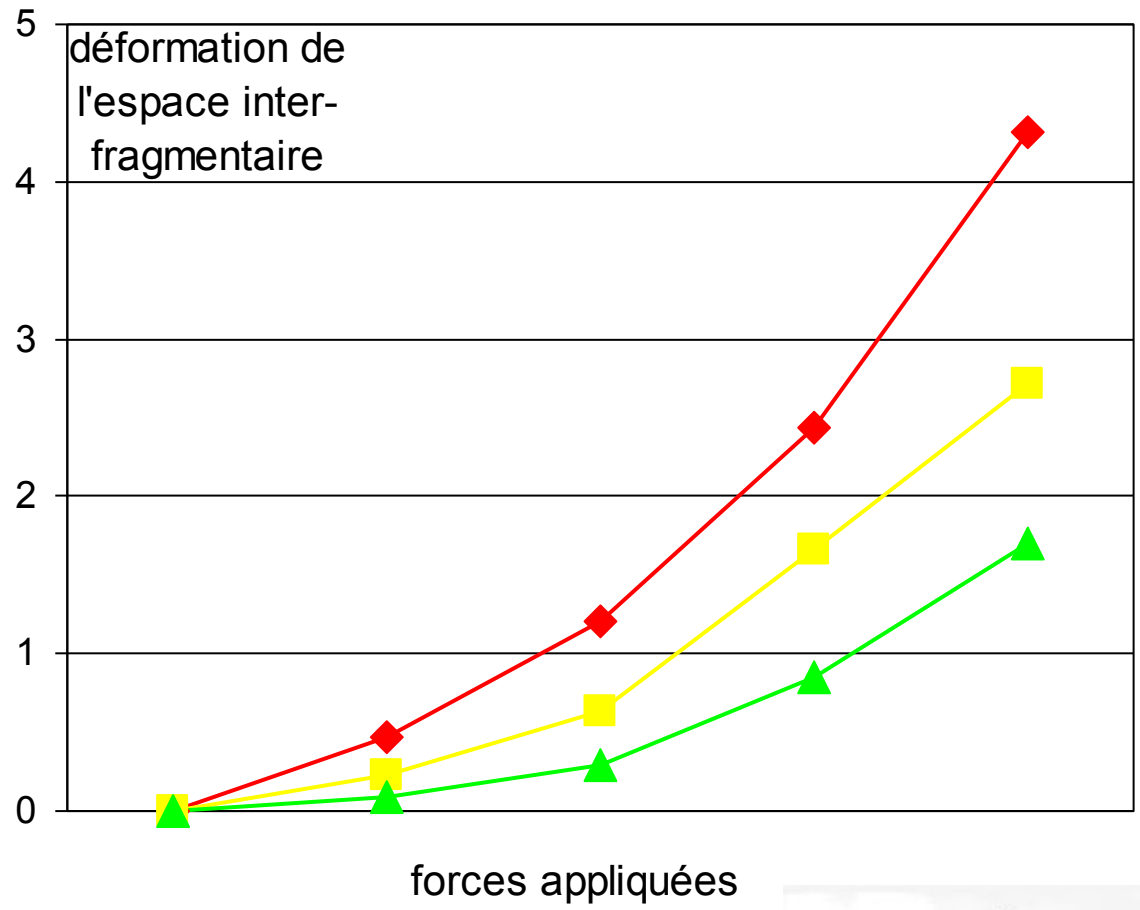


**Schéma de la mesure  
des déplacement sous  
charge dans le  
montage avec **une  
demi-broche****

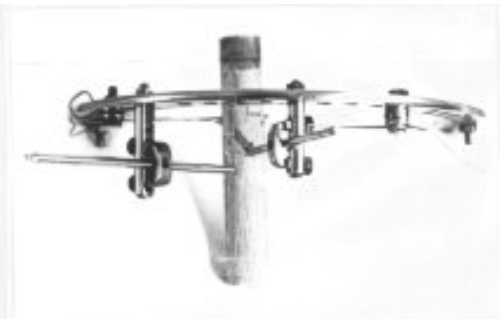
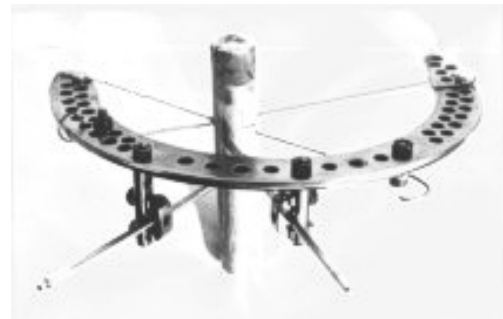




Utilisation des broches à olive



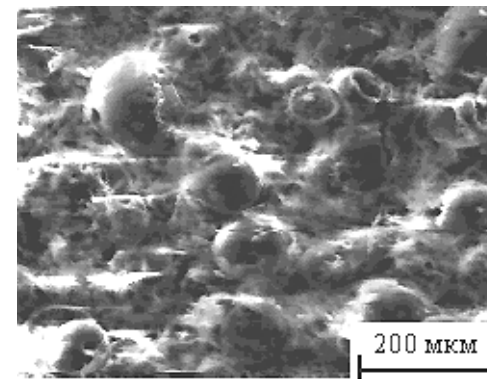
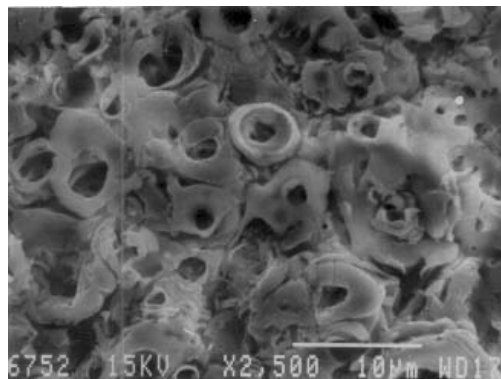
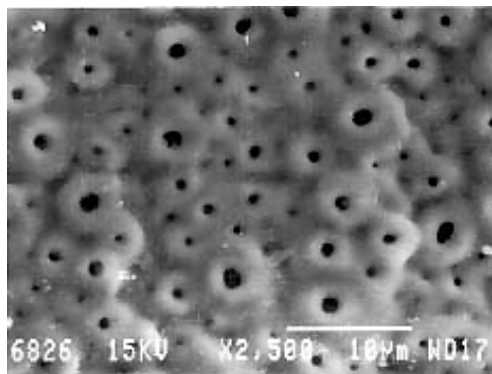
- ◆— 4 broches
- 3 fiches
- ▲— 2 fiches + 2 broches

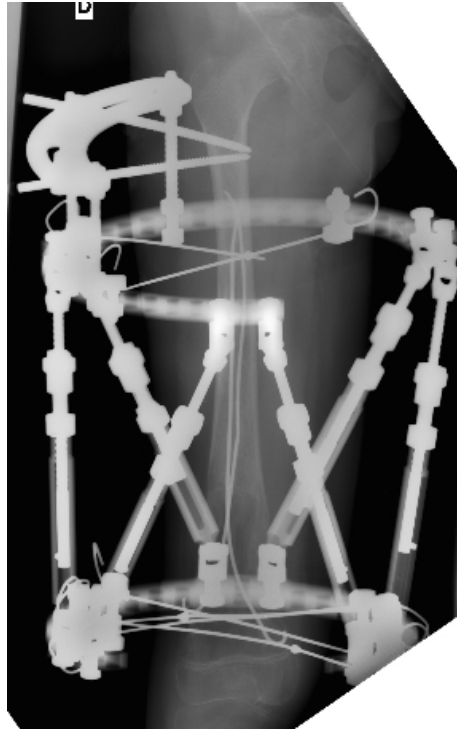
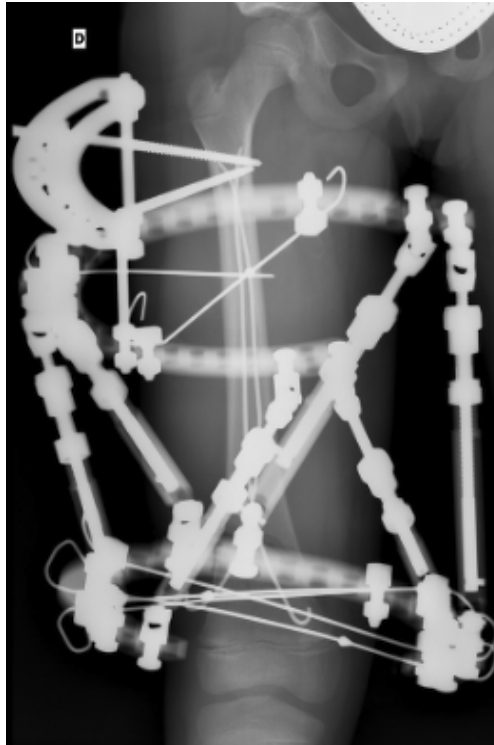




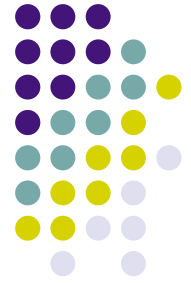


## Le revêtement d'hydroxyapatite des fiches



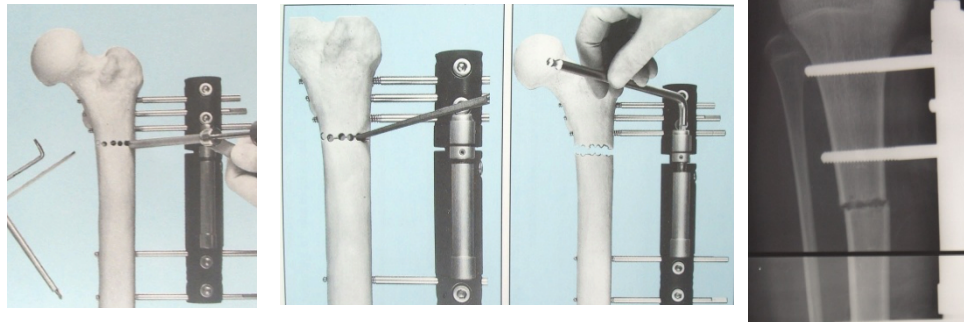


### 3. Début de l'allongement

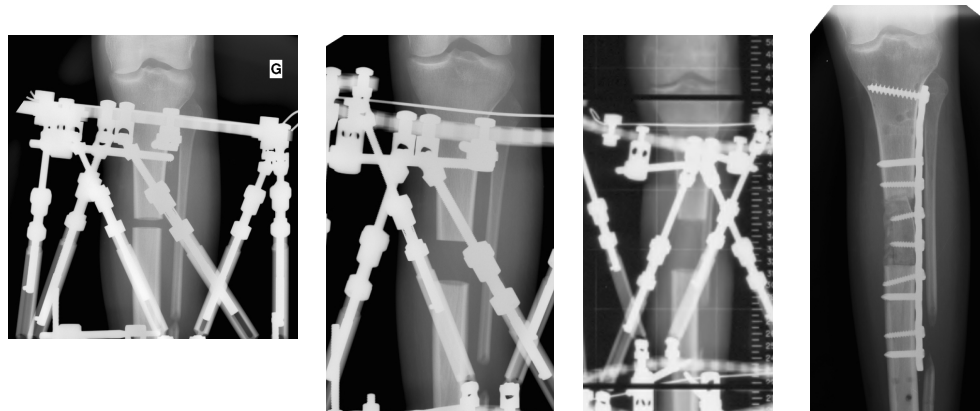


- Corticotomie percutanée: J+5 (*J+4 à J+6*)

- Ostéotomie sous-périostée avec forage: J+10 (*J+7 à J+15*)



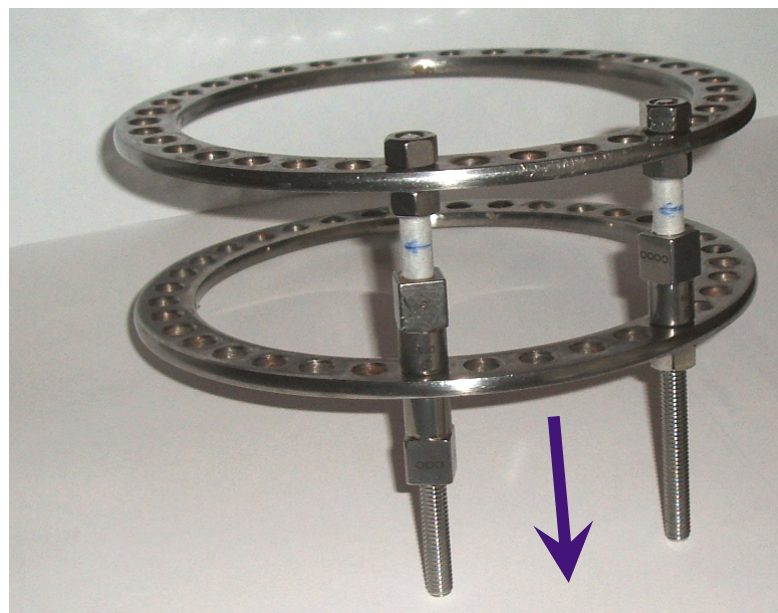
- Ostéotomie à scie de Gigli: J+14 ou plus

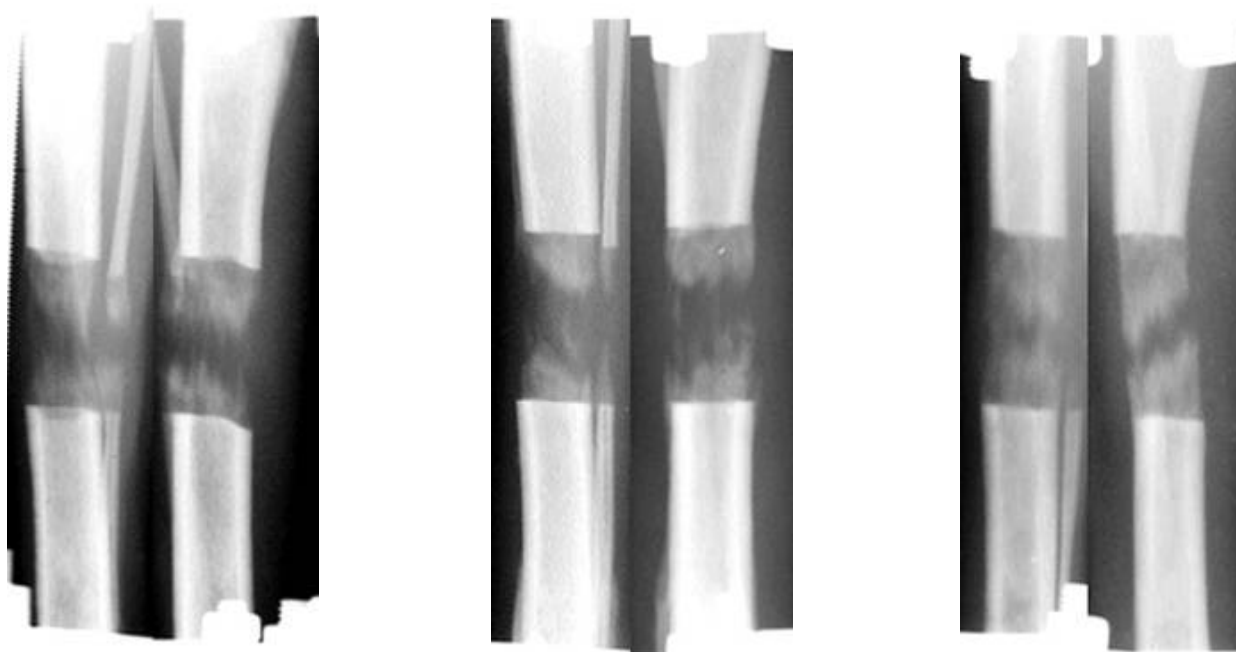




#### 4. Vitesse et rythme d'allongement

- Au début de la période d'élongation l'allongement quotidien est de 1 mm
- 1 fois/jour
- 3 à 4 fois/jour
- 60 fois/jour





L'hauteur de la « zone de croissance » de 2 à 8 mm est optimale

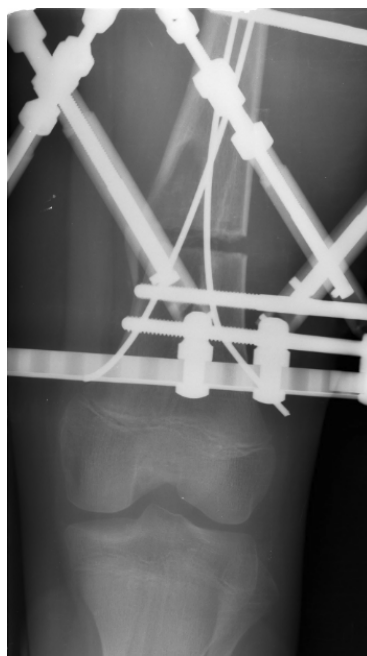
Contrôle radiologique tous les 14 jours pendant la période d'élongation



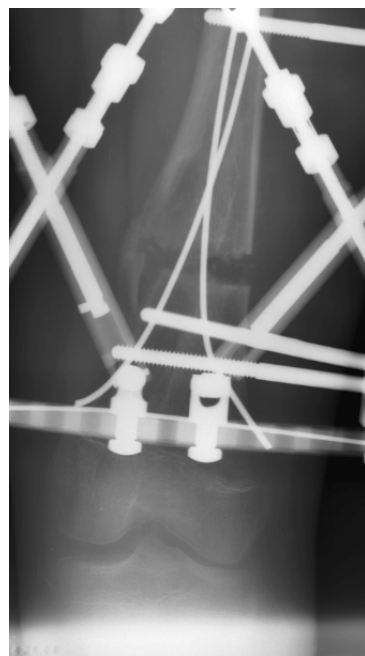
### Une menace de la consolidation précoce:

- Hauteur de la « zone de croissance » < 2mm,
- réaction périostée ininterrompue,
- diastasis ne correspond pas au jour d'allongement

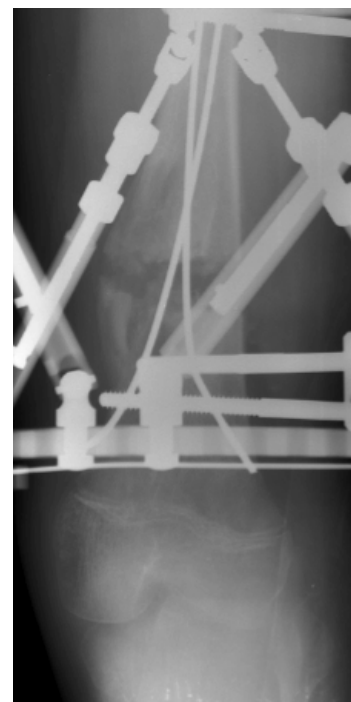
Augmentation de la vitesse d'allongement + Rx  
contrôle dans 3 à 5 jour



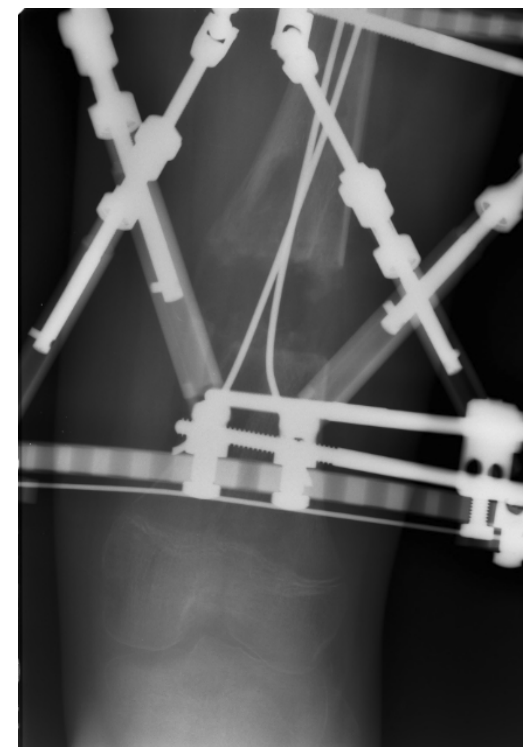
J+11



J+24



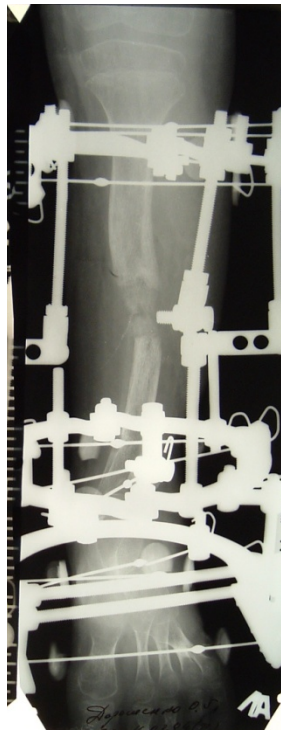
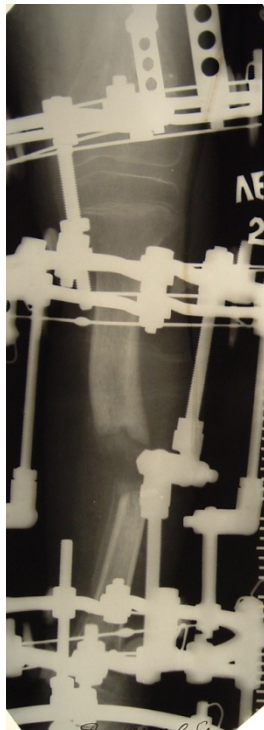
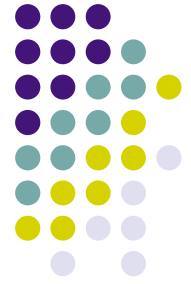
J+27



J+37

# Régénération faible

- Hauteur de la « zone de croissance »  $\geq 10$  mm,
- Régénérat en forme du sablier,
- Diastasis ne correspond pas au jour d'allongement
- Défect partiel longitudinal ( $\geq 50\%$  du diamètre)



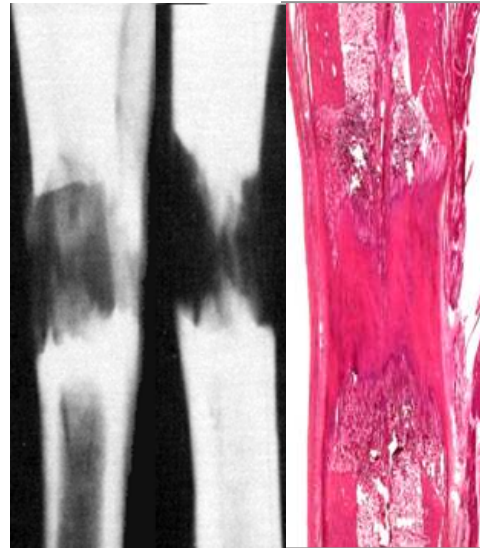


# Régénération faible

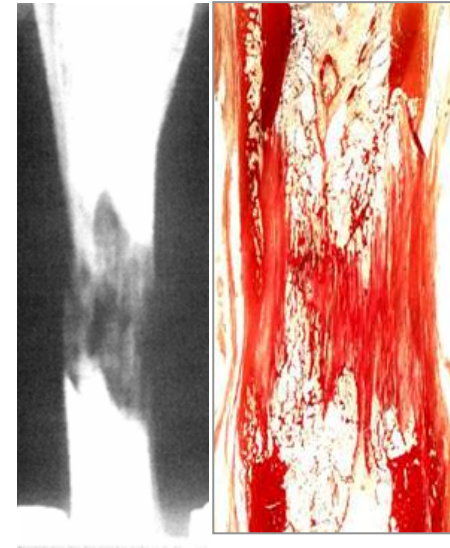
- Diminution de la vitesse d'allongement
- Arrêt de l'allongement
- Diminution du diastasis jusqu'au contact des parties ossifiées du régénérat, reprise de l'allongement dans 5 jours
- Vérification de la stabilité du montage



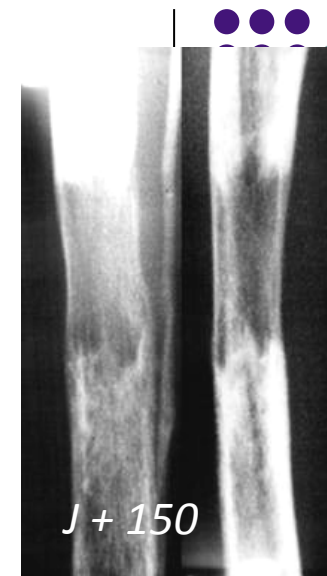
*0,25 mm x 4 fois*



*J + 33*

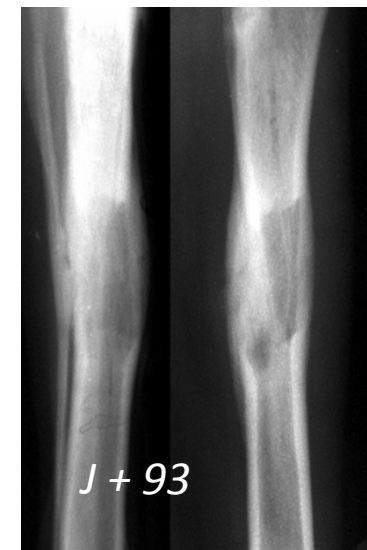
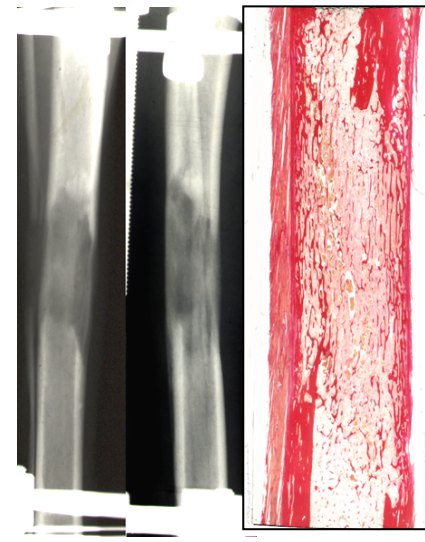
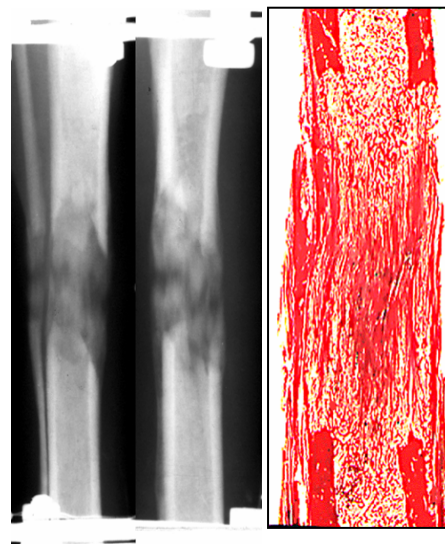


*J + 63*

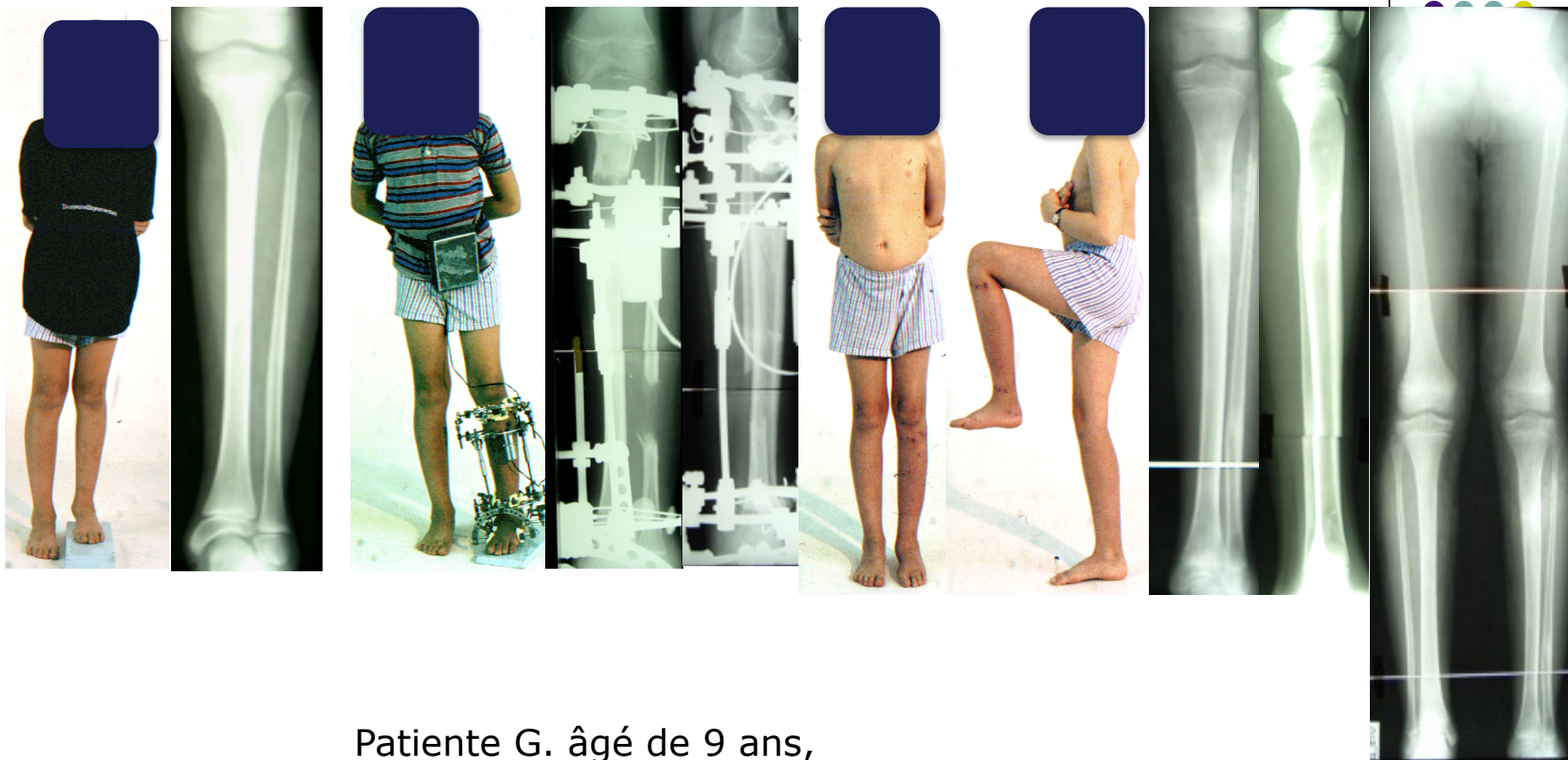


*J + 150*

*0,017 x 60 fois*



*J + 93*



Patiente G. âgé de 9 ans,  
Allongement tibial est de 4,5 cm (17 p.100),  
Index de consolidation est de 22,9 j/cm

La mobilité des articulations adjacentes a été  
récupérée au bout de 7 mois après l'ablation du  
fixateur externe

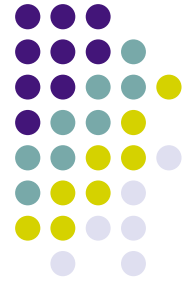
# 5. conservation de la fonction par reprise précoce de la mobilisation articulaire et de l'appui



Période avant intervention

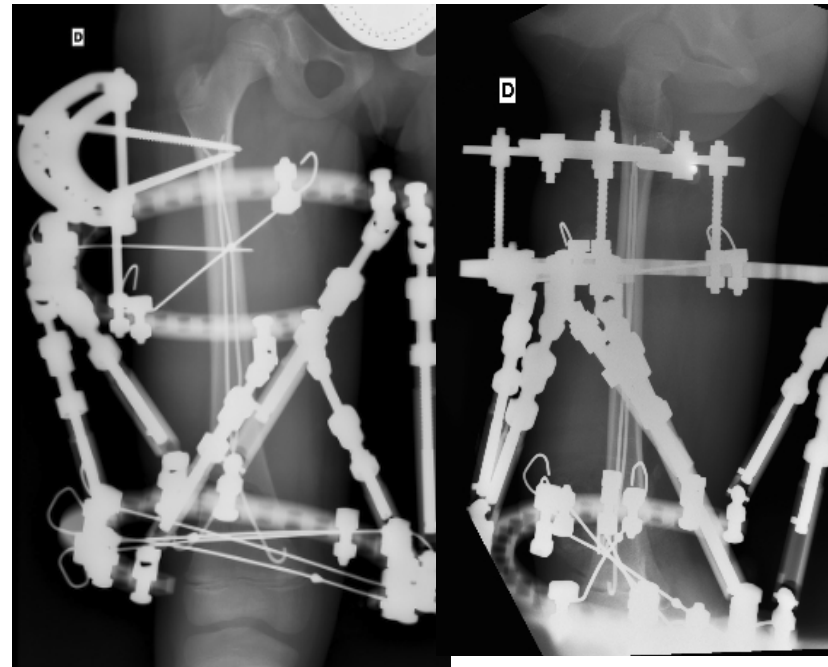
- Consultations:  
chirurgien,  
rééducateur,  
psychologue,  
les patients ayant déjà subit un allongement ou en cours de l'allongement

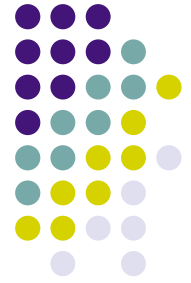




# J0

- Contrôle des extrémités
- Attelle anti équin (MI)
- Genou en flexion de 5° à 15°





## J1 à J2

- Station debout (J1 = 1 segment d'un MI, J2 = 2 segments d'un MI) 2 à 4 fois par jour pendant 2 à 10 minutes
- Pansement (l'assistance du chirurgien est obligatoire)
- Kinésithérapie isométrique
- Attelle anti-équien

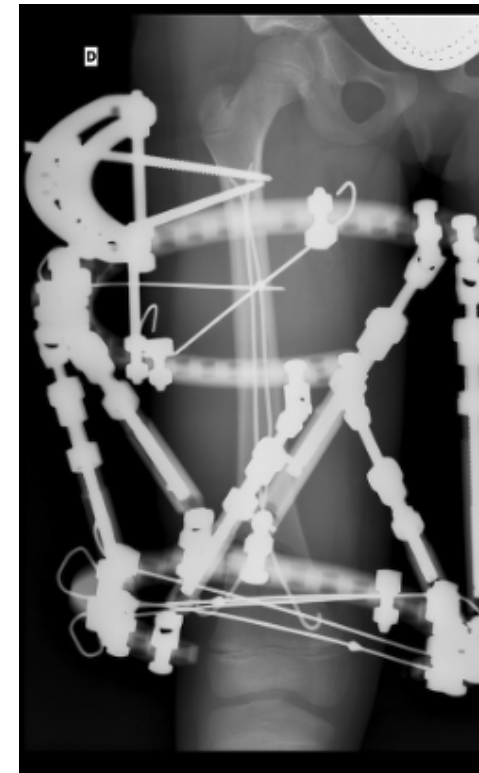


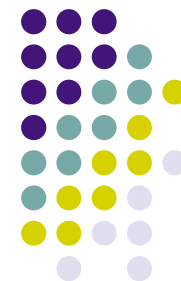
## J2 à J5

- Apprentissage de la marche avec béquilles ou cannes anglaises
- Appui partiel
- Chaussure avec compensation de l'ILMI – 1 à 2 cm
- Début de la mobilisation des articulations adjacentes avec une amplitude modérée

# J 5 (début de la période d'élongation)

- Gestes d'allongement 3 à 6 fois par jour (9h-12h-15h-18h) sont réalisés par infirmière, patient ou parents





# Période d'élongation

- Mobilisation passive des muscles initialement non tendus (m.quadriceps fémoris, loge antérieure de jambe) permet d'éviter des attitudes vicieuses et de conserver la marche avec appui et lutter contre subluxation (ILMI d'origine congénitale)
- Mobilisation active de leurs antagonistes (ischio-jambiers et triceps): amélioration de la circulation dans le membre allongé, récupération rapide des amplitudes initiales après ablation du fixateur
- Articulations pontées par un système de charnières: rééducation isométrique. Le chirurgien décide de la date du début des mouvements





# Période d'élongation

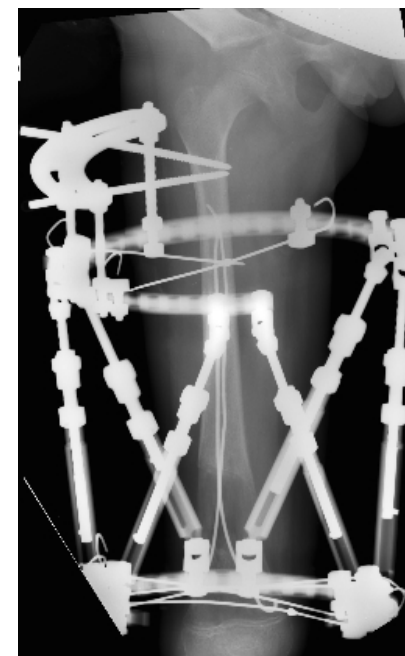
- J7 sortie de l'hôpital (*si Ok*)
- Diminution progressive de la compensation de l'IL en laissant une inégalité de 1 à 2 cm
- Rééducation quotidienne, au moins 30 minutes 2 f/j
- Pansement 1 f/semaine ou plus
- Changement de tiges filetées et vérins, modification du montage lors des consultations





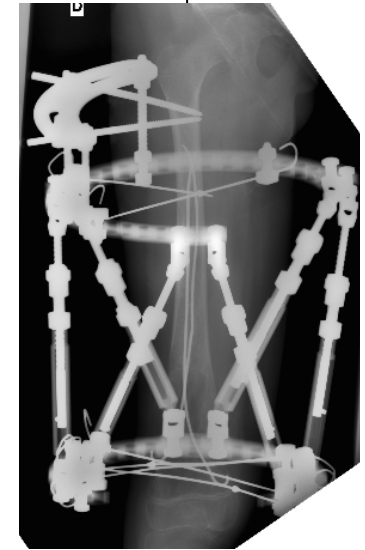
# Période d'élongation

- Appui partiel progressif de 10% au début à 90% à la fin de la période d'élongation
- Mobilisation passive et active de tous les groupes musculaires dès que le gain d'allongement atteint 20% de la longueur initiale d'un segment
- Amplitude minimale du genou et de la cheville doit être de 30°
- Extension complète du genou et position neutre du pied sont à préserver pour toute la période du traitement



# Période de fixation

- Mobilisation active et passive
- Supprimer les positions vicieuses (équino, fessum du genou)
- Appui total le plus vite possible
- Au bout du premier mois de la période de fixation un enfant doit commencer à marcher avec une béquille ou bien sans béquilles une certaine distance pendant la journée





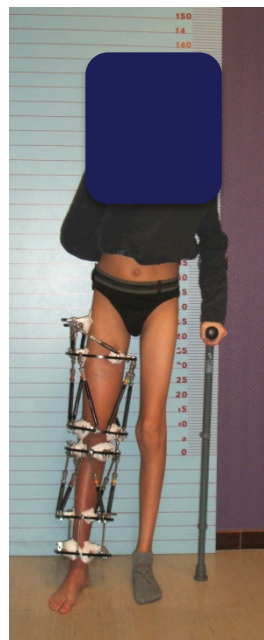
- Période d'élongation

Allongement des muscles  
par mobilisation  
passive et active  
Eviter les attitudes  
vicieuses



- Période de fixation

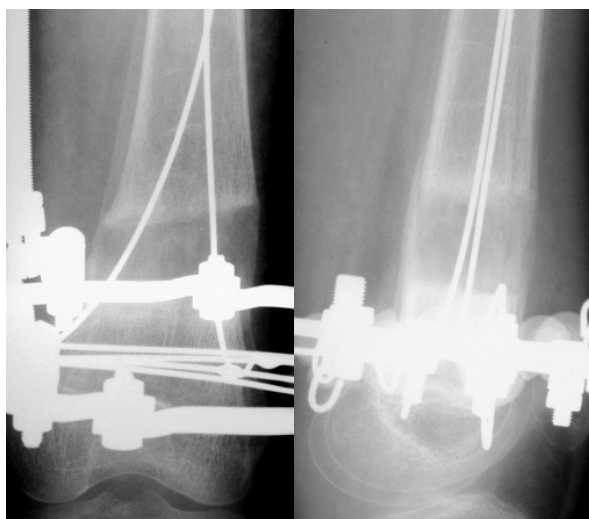
Stimulation de la  
régénération osseuse  
par transmission des  
contraintes





# Ablation du FE

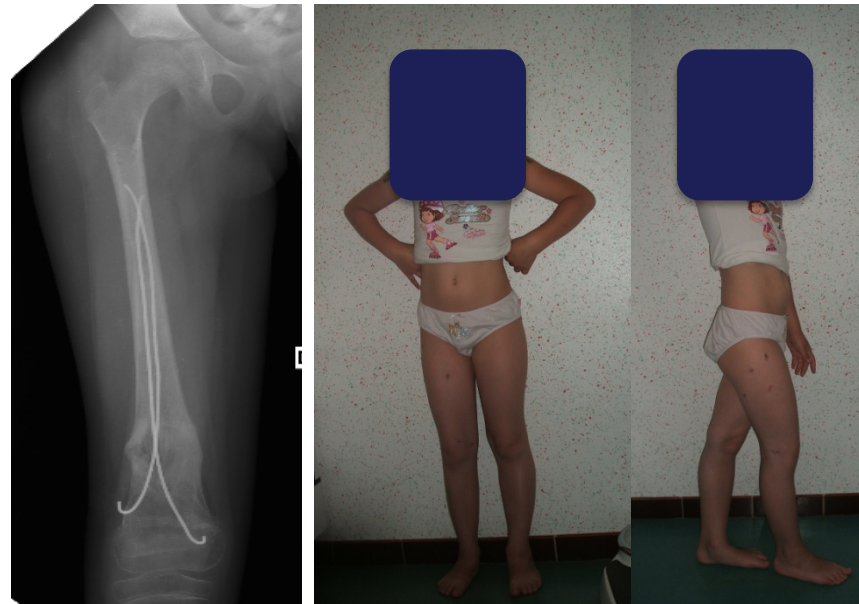
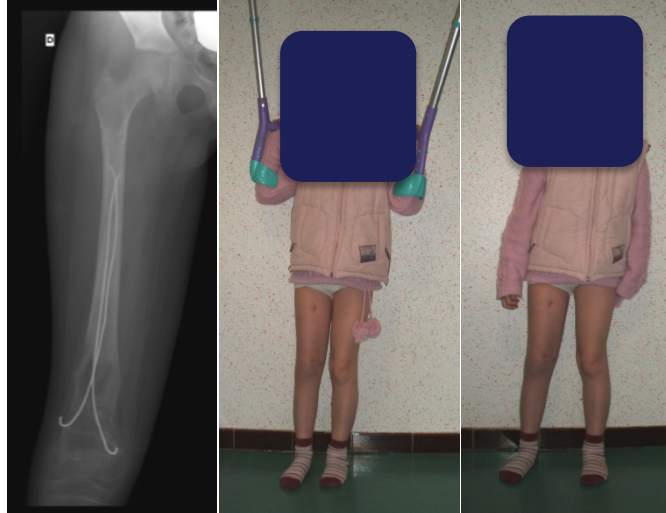
- Rx: le régénérat est considéré comme mécaniquement solide lorsque trois corticales sur quatre sont visibles sur une radiographie de face et de profil
- Rx: disparition de la « zone de croissance », le régénérat est homogène
- Marche avec appui complet est possible
- Test clinique: pas de douleurs ni de mobilité au niveau du régénérat



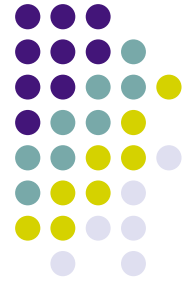
# Période après ablation



- 30 à 45 jours de marche avec béquilles ou CA, appui progressif (+/- plâtre)
- Ensuite mobilisation active et passive après une consultation (chirurgien et rééducateur)



# Index de consolidation (IC) ou healing index



$$\text{IC} = \frac{\text{Période d'ostéosynthèse externe (en jours)}}{\text{Gain d'allongement (en cm)}}$$

30 à 35 j/cm: excellent  
35 à 45 j/cm: bon  
> 50 j/cm: médiocre

# Problèmes liés à la durée de l'ostéosynthèse externe



- Durée d'ostéosynthèse externe importante (healing index):
  - Glorion Ch et al (1995): 39,6 j/cm (MI)*
  - Launay F et al (2001): 62 j/cm (avant-bras)*
  - Donnan LT et al (2003): 37,3 à 46,4 j/cm (MI)*
  - McAndrew AR et al (2007): 40,8 j/cm (MI)*
- complications infectieuses (*Glorion Ch., 1997; Shevtsov V. et Popkov A., 1998*)
- complications hémorragiques sur le trajet des broches (*Rybka V., 1989*)
- raideurs articulaires (*Popkov A., 1991; Donzelli O. et al., 1995*)



# Fixateur externe+ECMES



Metaizeau J.-P., 1988

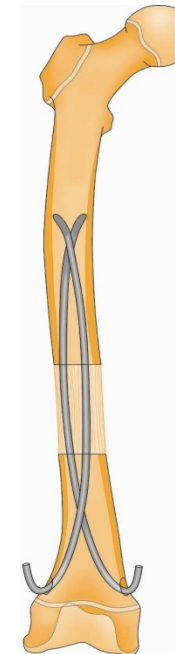
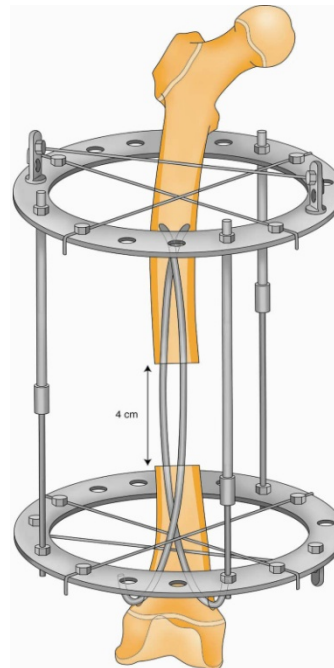
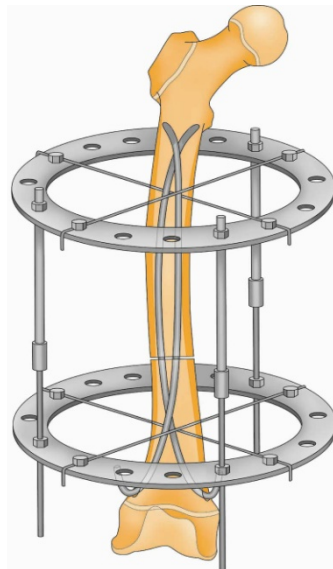
Prevot J.et al., 1993

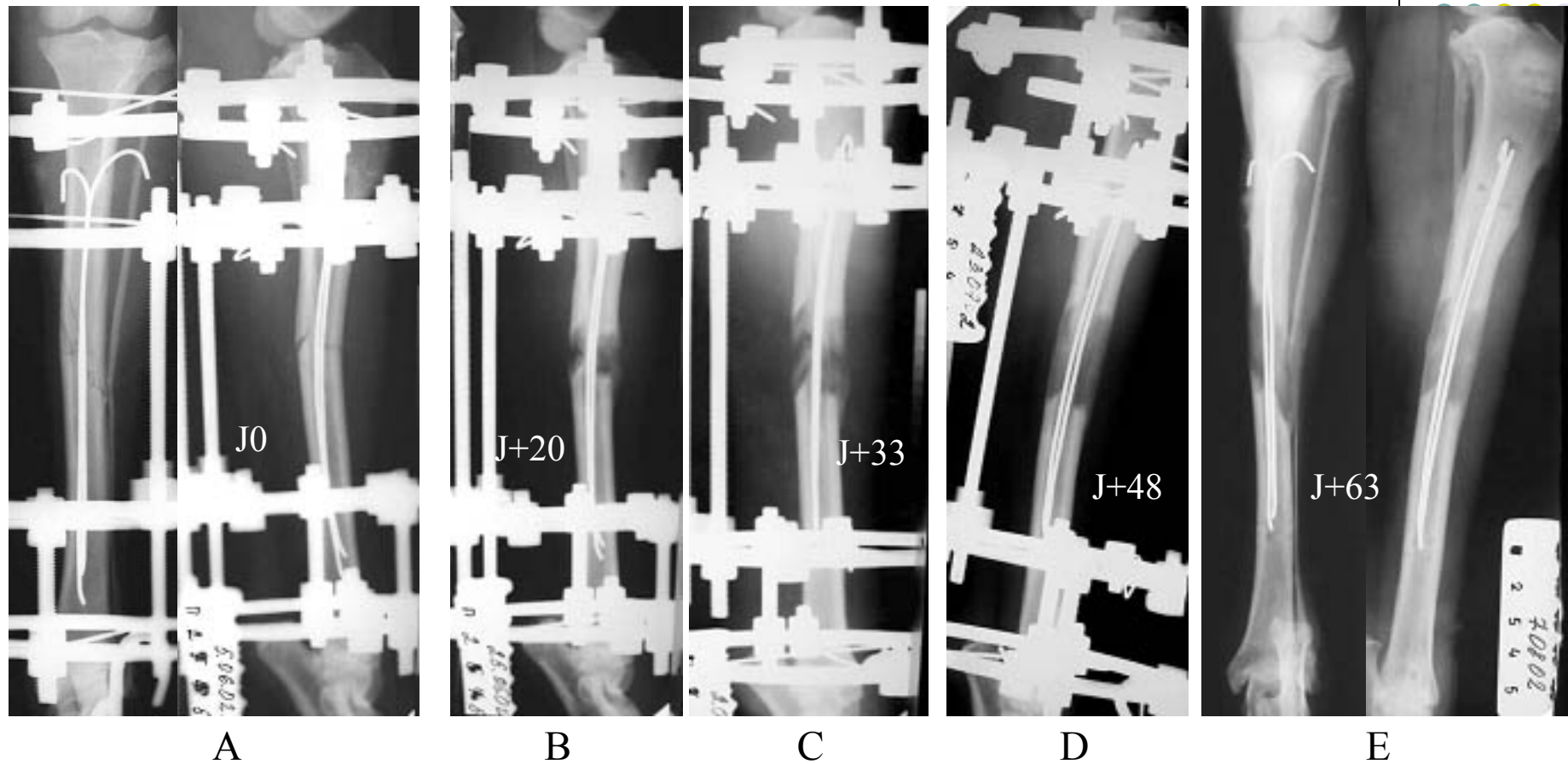
Lascombes P., 2006

Shevtsov V., Popkov A., Popkov D. 2001

Shevtsov V., Popkov A., Popkov D., Prévot J., Lascombes P. (*Rev Chir Orthop*, 2004, P. 399-410)

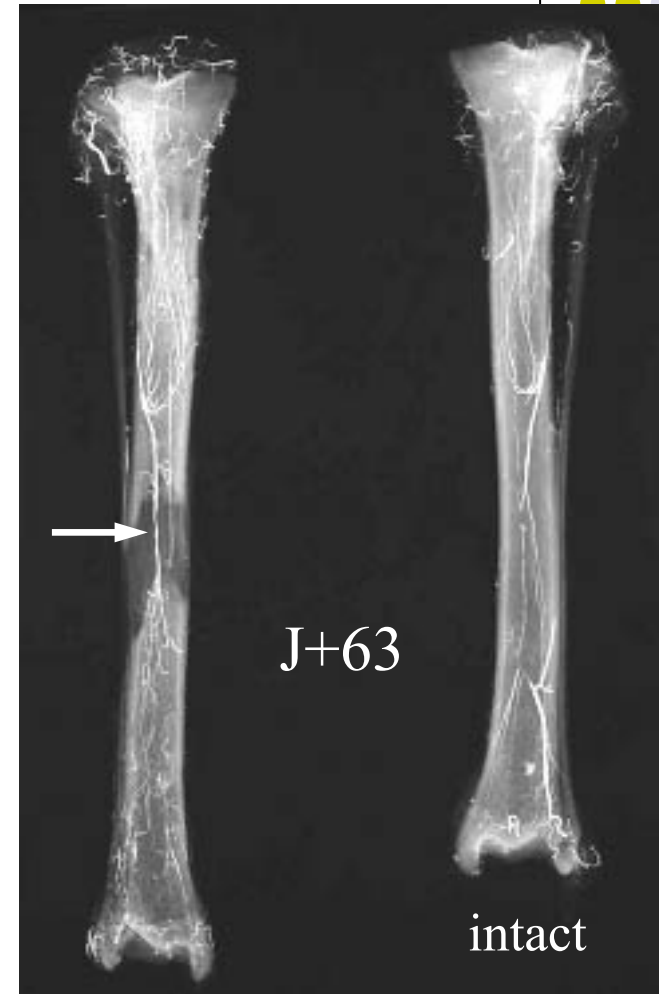
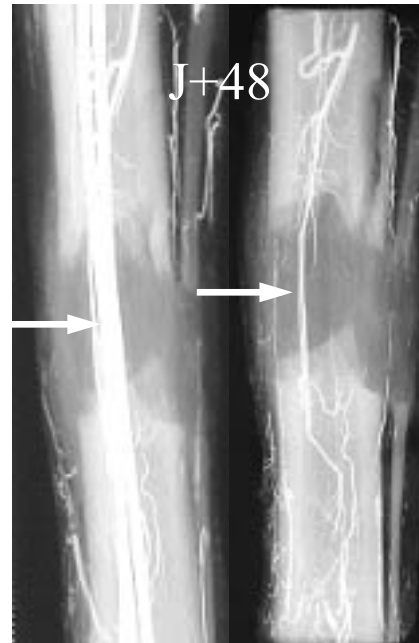
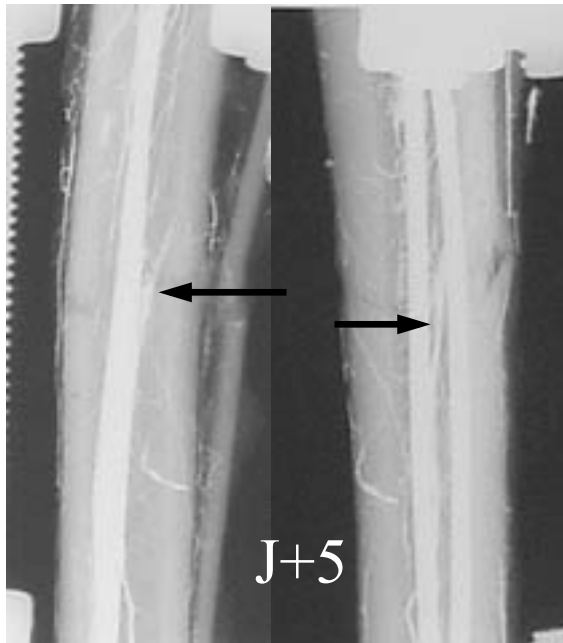
Popkov D., Lascombes P., Journeau P., Haumont Th. 2008





A) ostéoclasie, B) 14<sup>e</sup> jour d'élongation, C) 28<sup>e</sup> jour d'élongation, D) 15<sup>e</sup> jour de fixation (ablation), E) 15<sup>e</sup> jour après ablation du fixateur externe

# Artériographie



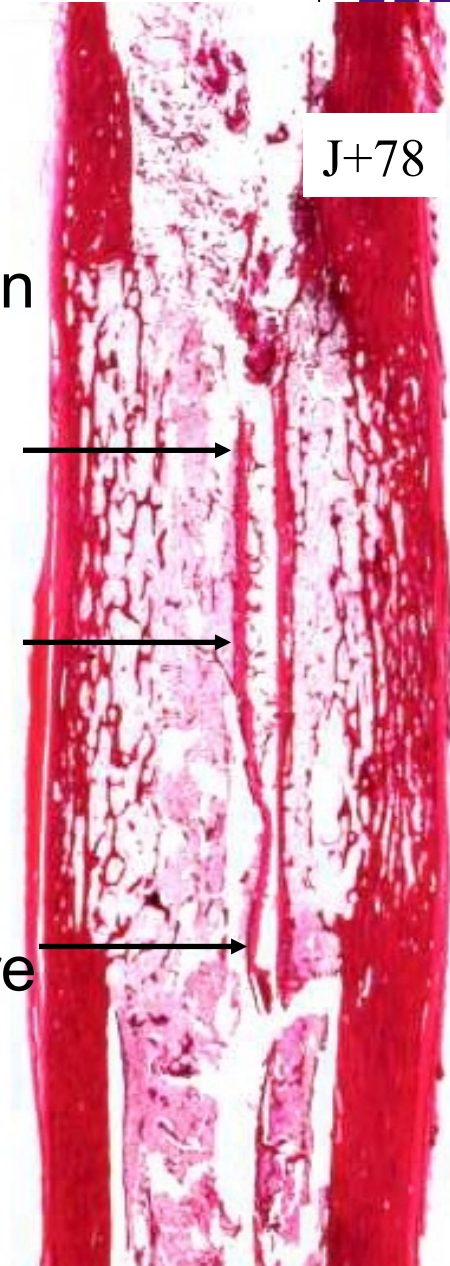
L'artériographie montre  
l'artère nourricière ininterrompue

J+78

Aspect histologique au 30<sup>e</sup> jour après ablation  
du fixateur externe et  
des broches centromédullaires  
(coloration à l'hématoxyline-éosine):

- les corticales épaissies,
- continuité du canal centro-médullaire.

Notez (→) la ostéo-formation importante  
autour du canal de la broche centromédullaire





*Série I* (195):  
Ilizarov seul

Âge:  $10,8 \pm 0,29$  ans  
Allongement:  $5,1 \pm 0,16$  cm  
Durée de l'ostéosynthèse  
externe:  
 $118,6 \pm 2,84$  jours

*Série II* (100):  
Ilizarov ou TSF+ECMES

Âge:  $11,4 \pm 0,36$  ans  
Allongement:  $6,2 \pm 0,24$  cm  
Durée de l'ostéosynthèse  
externe:  
 $108,5 \pm 3,36$  jours

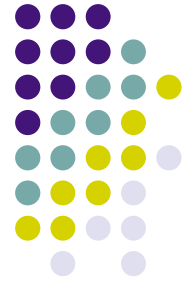


Réduction de l'IC pour toutes les catégories :

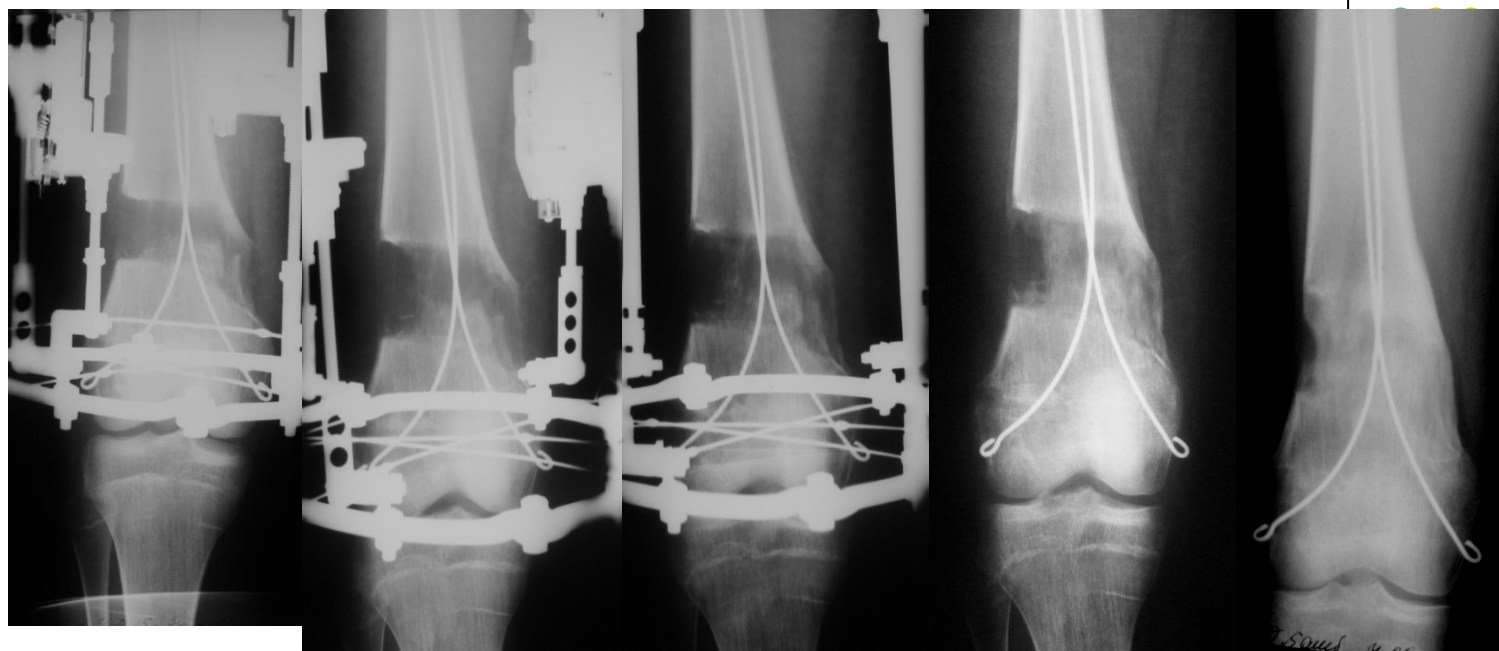
de 8,3% à 40,1%  
ou de 3,9 j/cm à 13,1 j/cm

12/16 catégories comparées:  
diminution de l'IC de 20% à 40%

# FE + embrochage élastique



- Réduction de la durée de l'ostéosynthèse externe
- Réduction des complications septiques et osseuses
- Correction progressive possible
- Respect la vascularisation centromédullaire
- Transmission des charges sur le régénérat osseux



J 19

J 32

J 42

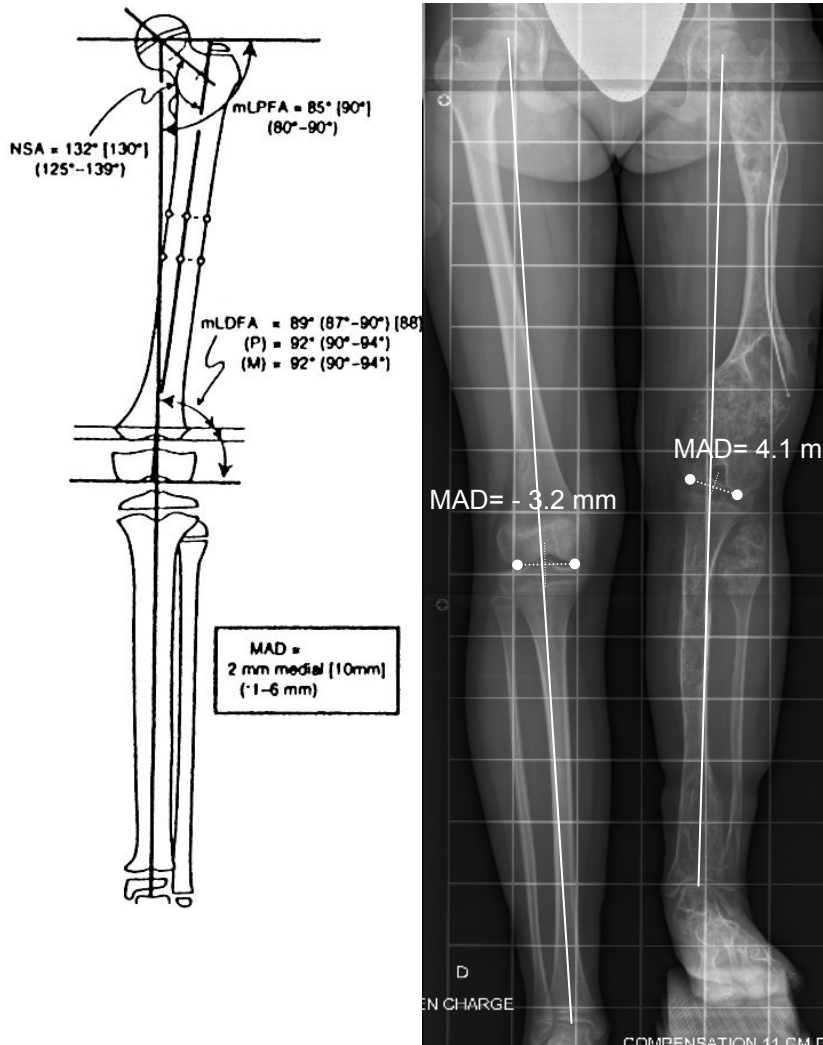
Ablation  
(J 55)

2 mois  
après ablation

Patient L., 15 ans  
Gain d'allongement: 3,5 cm  
Index de consolidation: 16 j/cm



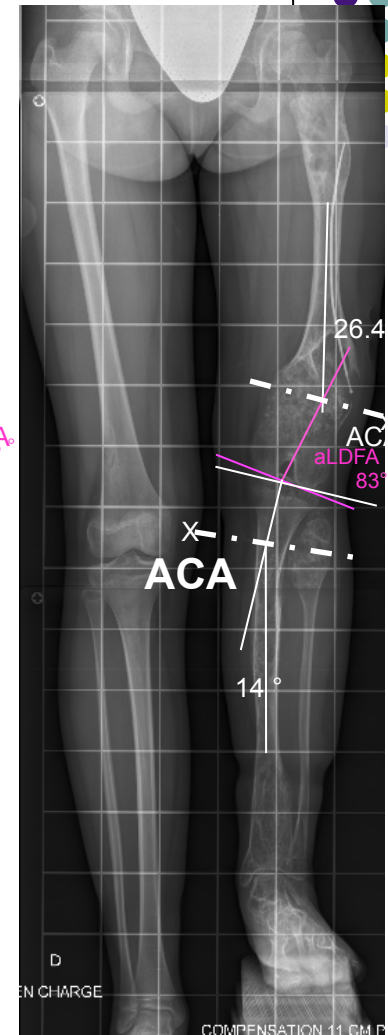
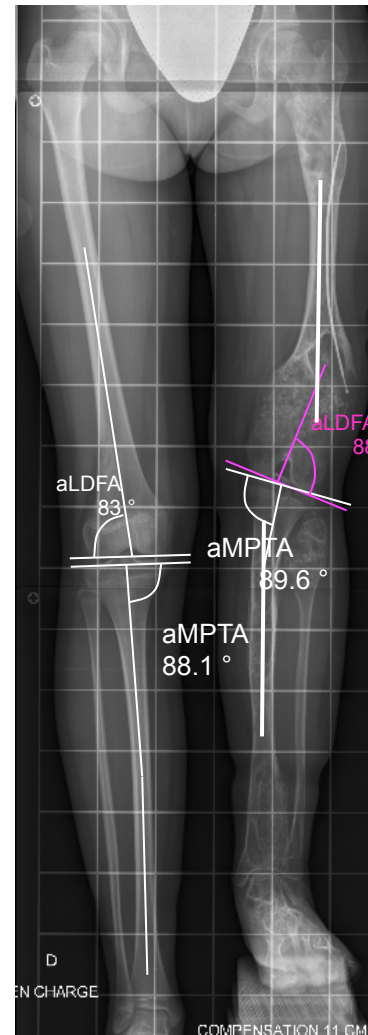
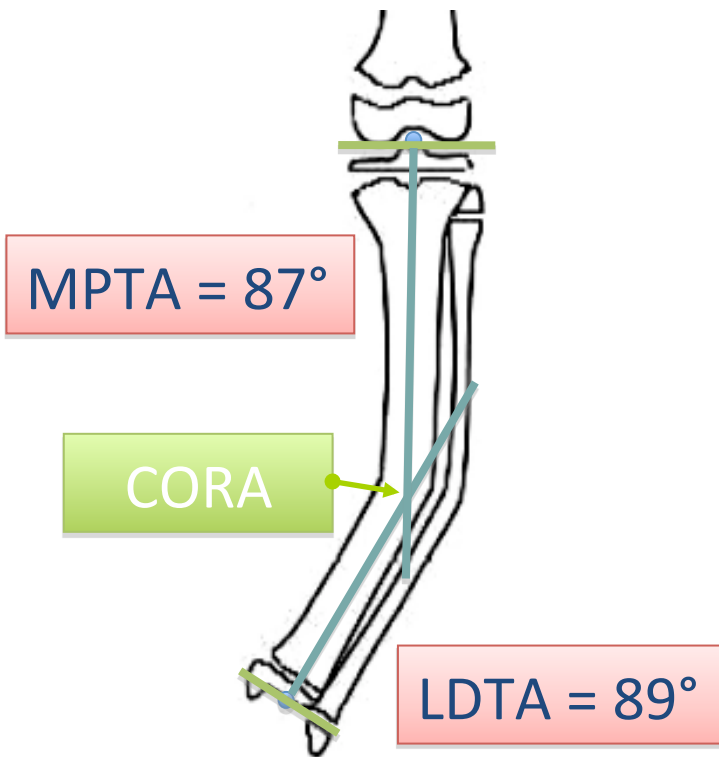
# Déformations

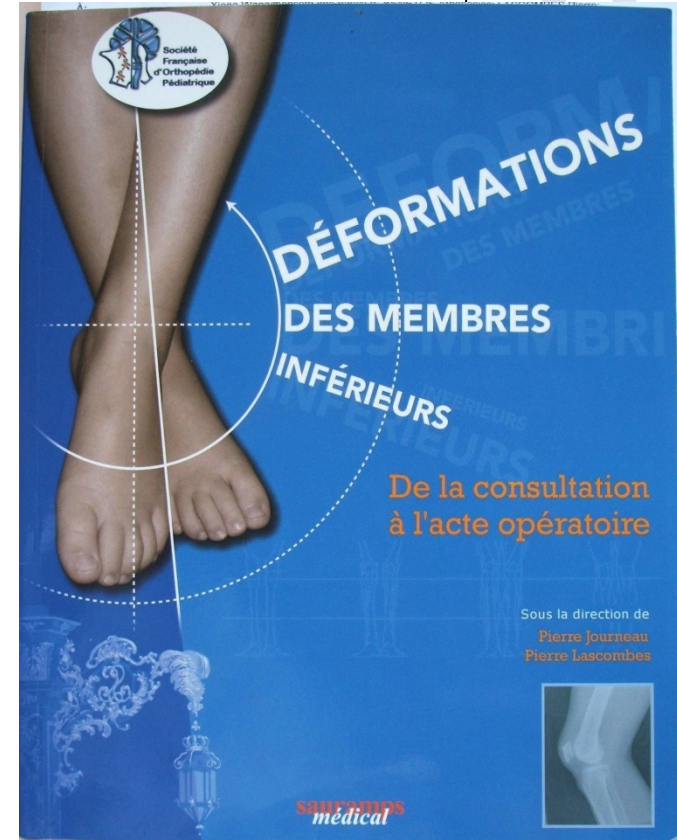


Auteurs	paramètres	âge	
		6-9	25-40
Keenan N et al., 1997 40pts	mLDFA mLDFA(p) mLDFA(m) MAD	89 (87-90) 92 (90-94) 92 (90-94) 2 (1-6)	88 10
Popkov D, 2004 150pts	aLDFA aMPTA MAD	82.9±1.8 89.3±0.36 -2.7 (4 - (-7))	
Chao EYS et al., 1994 127pts	mLDFA mMPTA JLCA		88±5.4 (h), 88.2±2.6 (f) 85.5±2.9 (h), 87±2.5 (f) -1±1.4 (h), -0.1±1.9 (f)
Paley D et al., 1994 29-34pts 17pts	mLDFA mMPTA aLDFA aMPTA JLCA MAD aPDFA aPPTA		87.8±1.6 87.2±1.9 81.1±2.1 87.7±2.4 1.9±1.03 9.7±6.8 83.1±3.6 80±3.5

mLDFA – mechanical lateral distal femoral angle [°]  
 mMPTA - mechanical medialproximal tibial angle [°]  
 aLDFA – anatomic lateral distal femoral angle [°]  
 aMPTA - anatomic medialproximal tibial angle [°]  
 JLCA – joint line convergance angle [°]  
 MAD – mechanical axis deviation [mm]  
 aPDFA – anatomic posterior distal femoral angle [°]  
 aPPTA – anatomic posterior proximal tibial angle [°]  
 p - physeal  
 m – metaphyseal  
 M±SD – pour toutes les références

- **CORA: Center Of Rotation of Angulation**
- **ACA: Axe of Correction of Angulation**





Nancy 2009

# Croissance spontanée après un allongement progressif



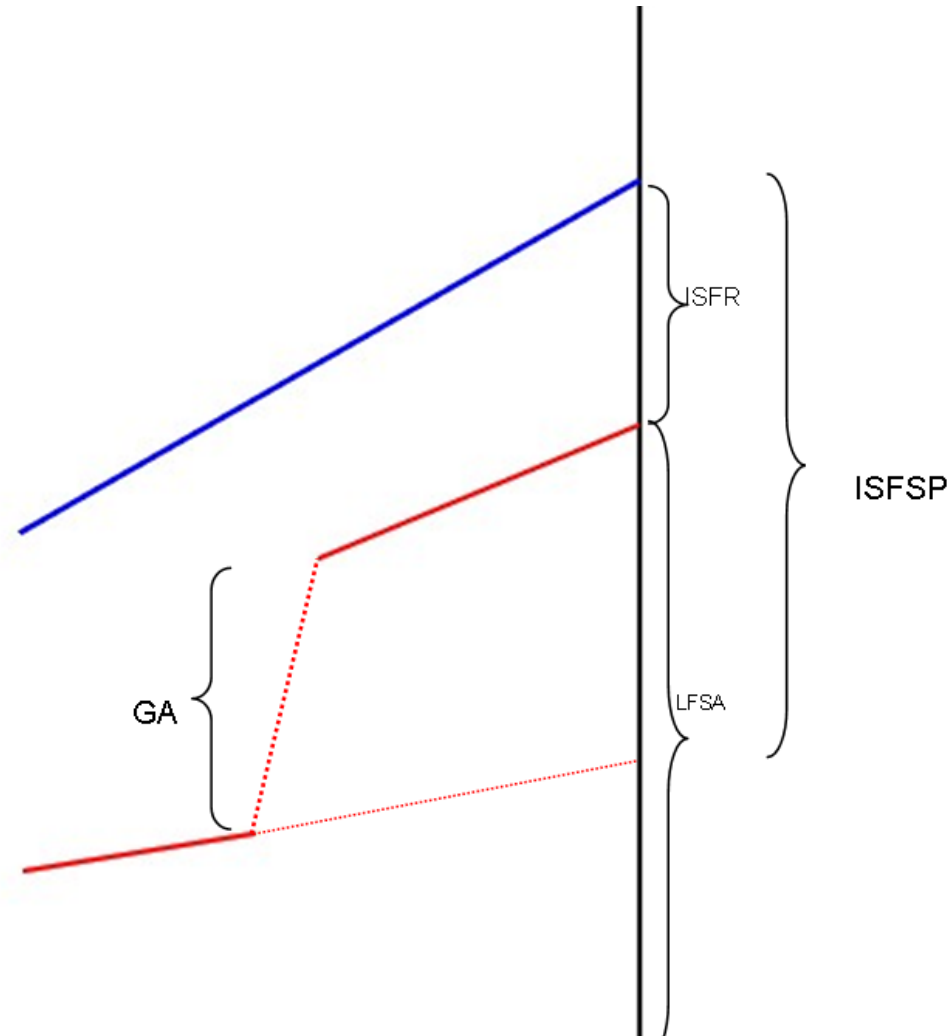
- ILMI d'origine congénitale,
- 268 allongements de fémur et de tibia ,
- 79 filles et 71 garçons âgés de 2 à 15 ans,
- Allongement moyen:
  - fémur 5,2 cm (21,3 p.100)
  - tibia 4,8 cm (19,3 p.100)

## **Analysis of segmental residual growth after progressive bone lengthening in congenital lower limb deformity**

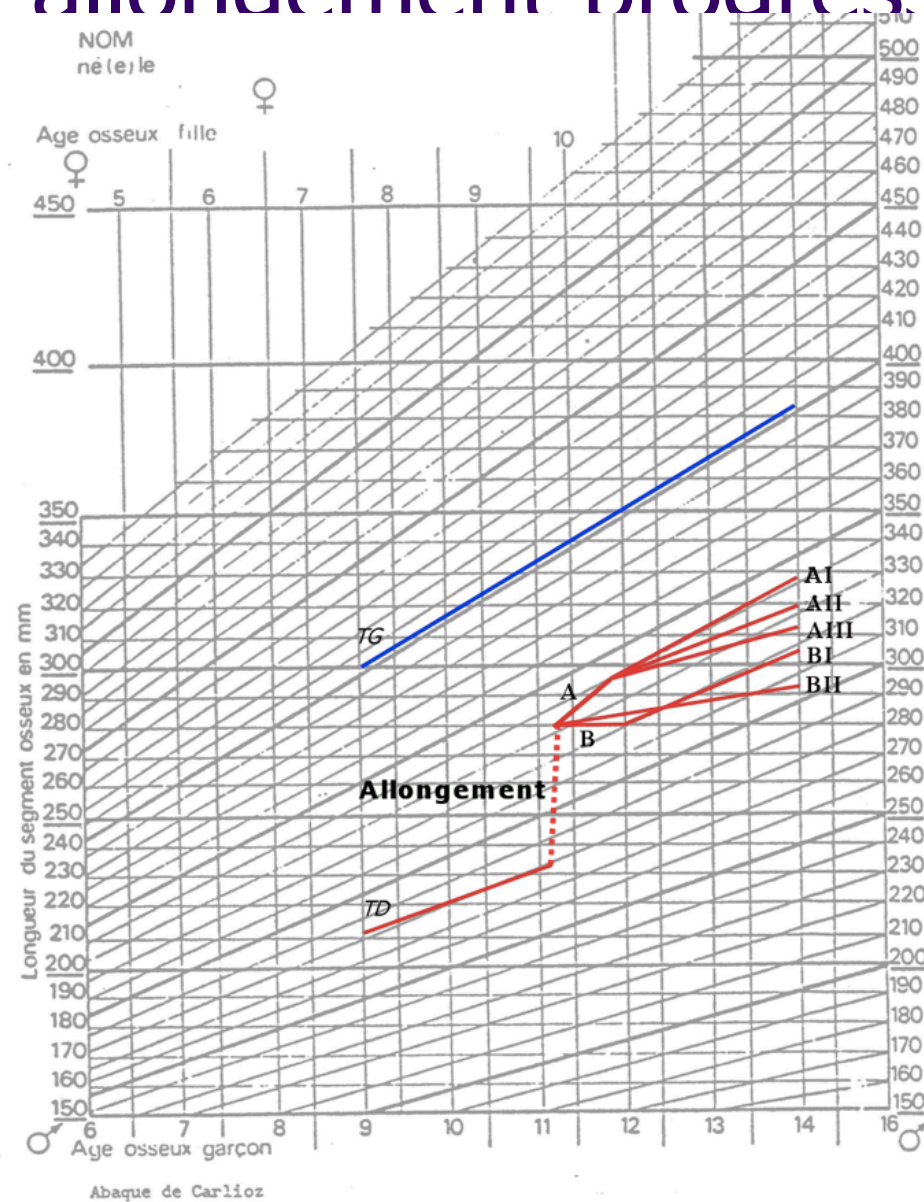
D. Popkov, P. Journeau, A. Popkov, B. Pedeutour, T. Haumont,,P. Lascombes

*Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* (2012) 98, 621—628

# Croissance spontanée après un allongement progressif



# Croissance spontanée après un allongement progressif



# Facteurs favorables pour la reprise de croissance



- la limite supérieure pour faire les allongements est de 11 ans d'âge osseux chez les garçons et de 9 ans d'âge osseux chez les filles
- l'allongement doit être associé à un rétablissement de l'axe mécanique du MI
- une remise en charge précoce
- le deuxième allongement du même segment doit être réalisé avant le début de la poussée de croissance pubertaire sur les membres inférieurs et à 4 ans d'intervalle

# Facteurs défavorables pour la reprise de croissance



- l'allongement itératif à moins de 4 ans d'intervalle,
- l'allongement après le début de la poussée de croissance pubertaire sur les membres inférieurs,
- l'absence du charge précoce,
- les allongements accompagnés d'ostéotomies et de reconstruction au niveau du pied

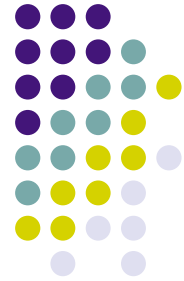


# COMPLICATIONS



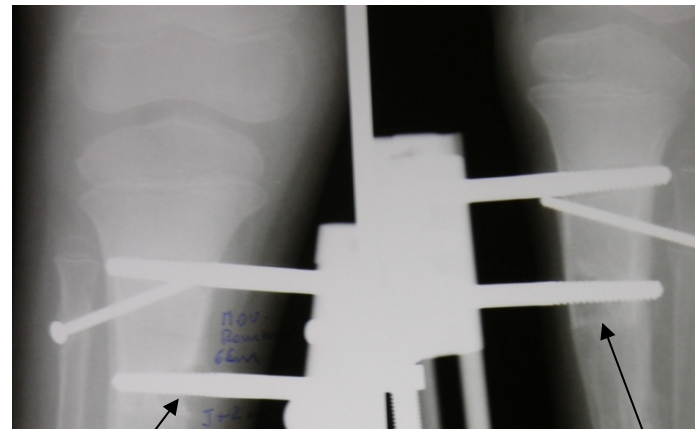
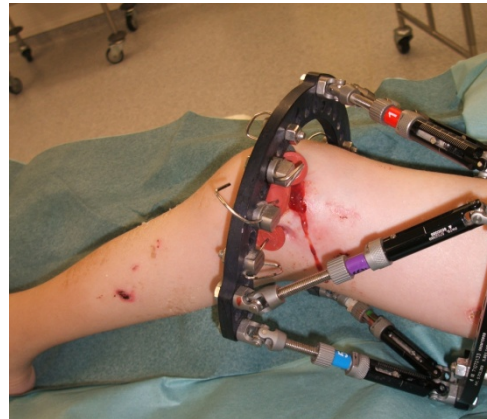
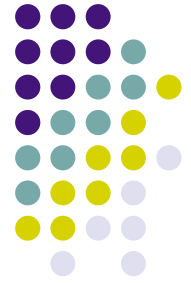
- Taux de complications de 12 à 120%
- Popkov A.V., 1990,1991
- Paley D., 1990
- Caton J., 1991, 2006
- Shevtsov V., Popkov A., PopkovD., Prévot J., Lascombes P., 2001
- Aldegheri R., Dalloca M., 2001
- Glorion Ch., 2000

## Résultats de la chirurgie d'allongement selon des complications (SO.F.C.O.T., Caton J., 1991)

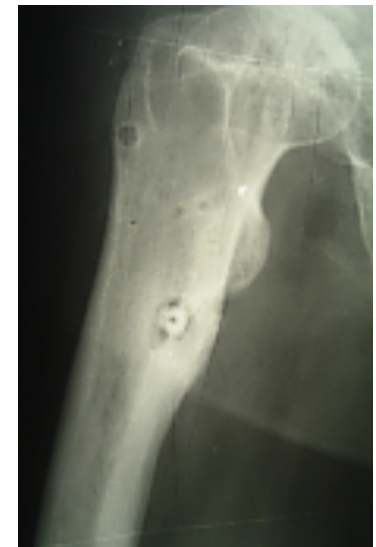


- Catégorie I: sujet ne présente aucune complication ou complications mineures guéries à la fin de l'allongement sans geste chirurgical complémentaire
- Catégorie II: sujet présente des complications avec addition d'un acte chirurgical qui n'était pas prévu, celle-ci ne laisse pas de séquelles. Le programme d'allongement est respecté
- Catégorie III: sujet présente des complications majeures, laissant de séquelles à la fin de l'allongement et/ou d'un programme non respecté sur le plan du gain d'allongement

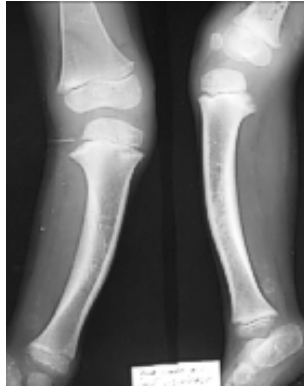
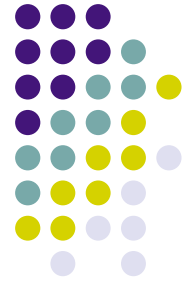
# Problèmes infectieux de fiches ou de broches



ostéolyse



# Complications articulaires



À l'âge de 5 ans,  
avant intervention



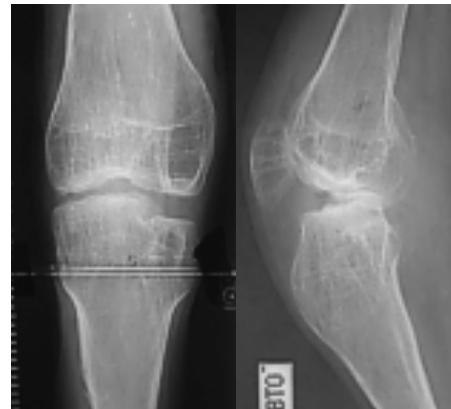
Luxation antérieure du genou  
au cours de l'allongement tibial



Réduction progressive du flexum et de la  
luxation du genou a été obtenue  
après avoir ponté l'articulation

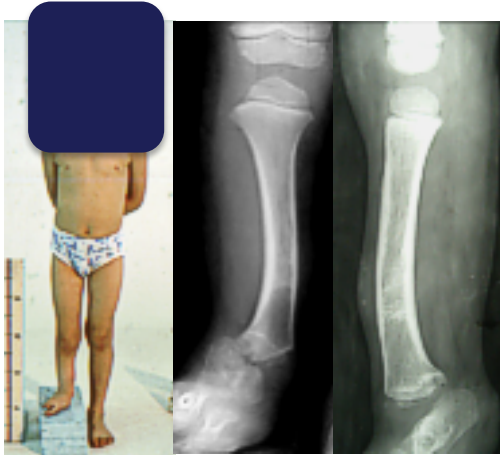


À l'âge de 8 ans

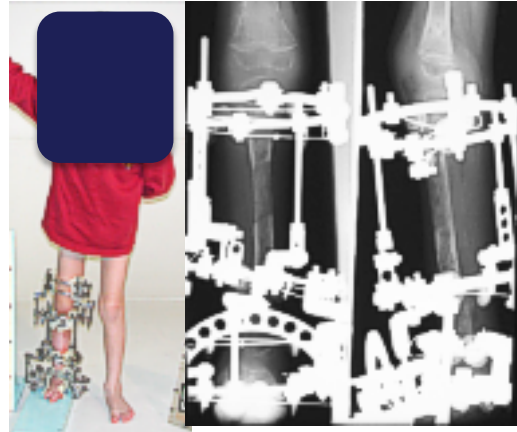


À l'âge de 16 ans

# Fracture au niveau du régénérat

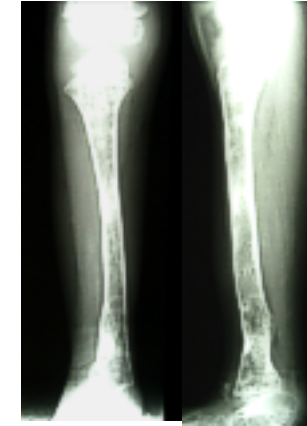


Patient U., âgé de 4,5 ans,  
en préopératoire

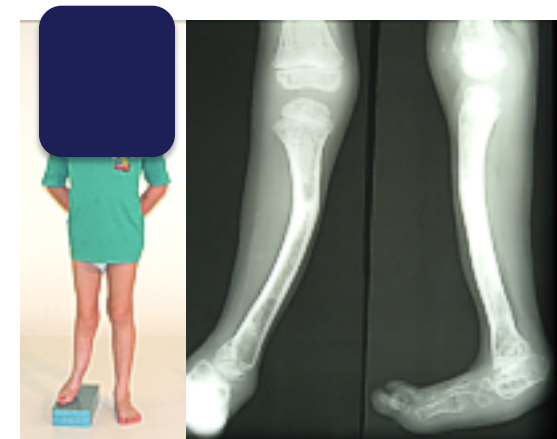
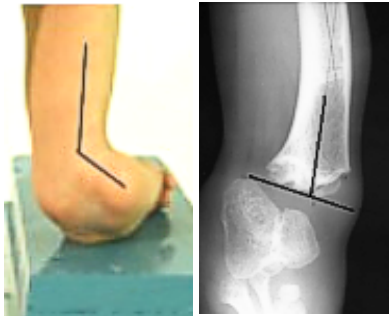


Au cours de l'allongement

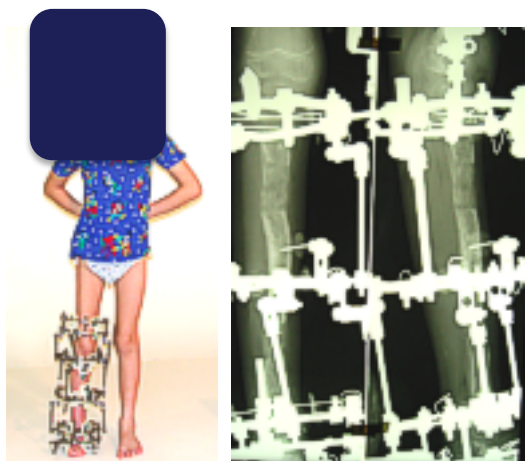
Gain d'allongement: 6 cm (41,4%)



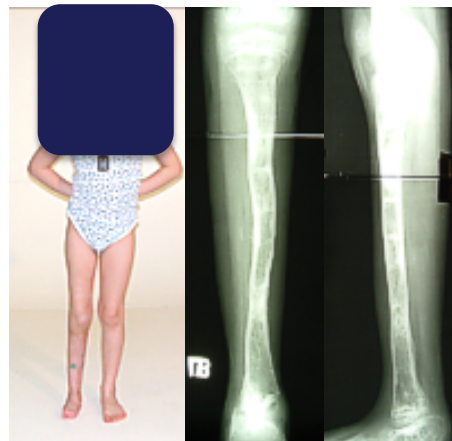
Après ablation



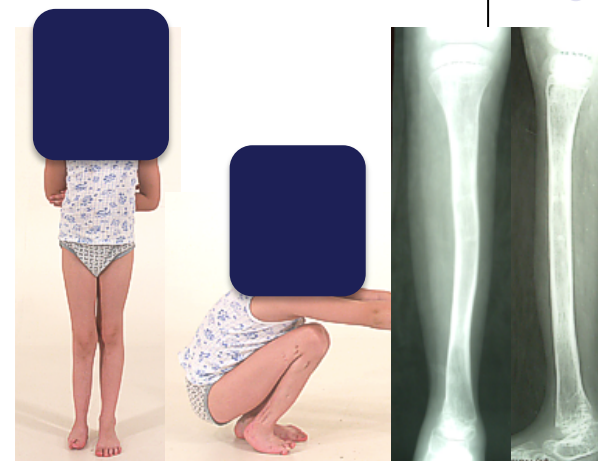
Fracture consolidée  
à 2 mois après ablation



Deuxième allongement  
à l'âge de 6 ans



2 mois après ablation  
du matériel externe

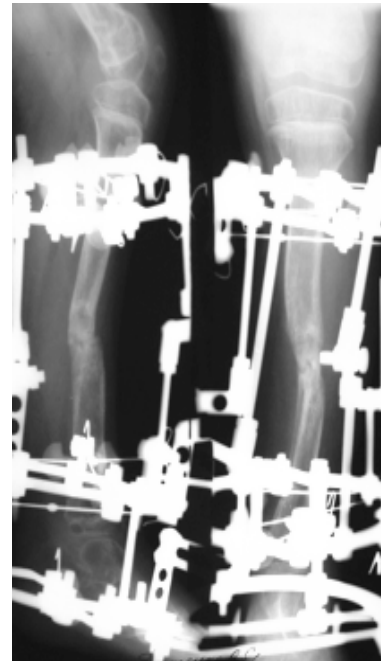
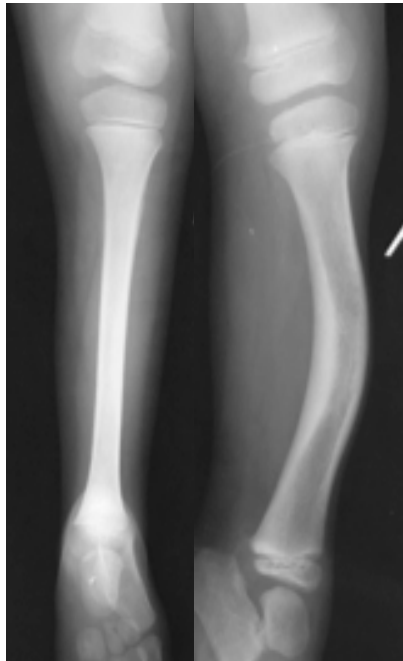
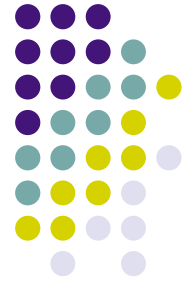


12 mois après ablation  
À l'âge de 7 ans 4 mois

Allongement tibial bifocal  
Gain d'allongement: 6 cm (27,3%)  
Index de consolidation: 17,2 j/cm



# Complications osseuses



# Classification of complications after progressive long bone lengthening: Proposal for a new classification

P. Lascombes, D. Popkov, H. Huber, T. Haumont, P. Journeau

*Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research (2012) 98, 629—637*



Notion de contrat: Gain-durée-fonction-  
intervention non prévue-séquelles

- Grade I = triple contrat respecté incluant quelques traitements sans anesthésie générale ;
- Grade II = triple contrat respecté au prix d'interventions sous anesthésie générale non planifiées ;
- grade III = la notion de temps n'est pas respectée parce que le délai pour obtenir la consolidation osseuse a été trop long ou parce que le programme a été interrompu ;
- grade IV = Séquelles définitives présentes



