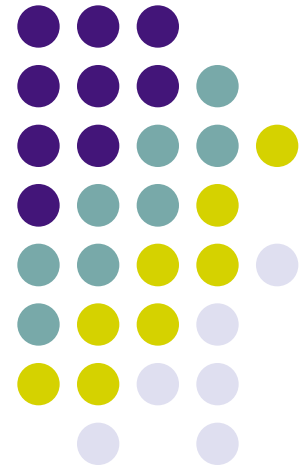


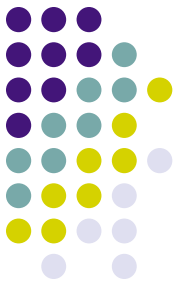
Allongement osseux progressif chez les enfants

D. POPKOV

P. JOURNEAU

Hôpital d'Enfants, CHU, Nancy, FRANCE

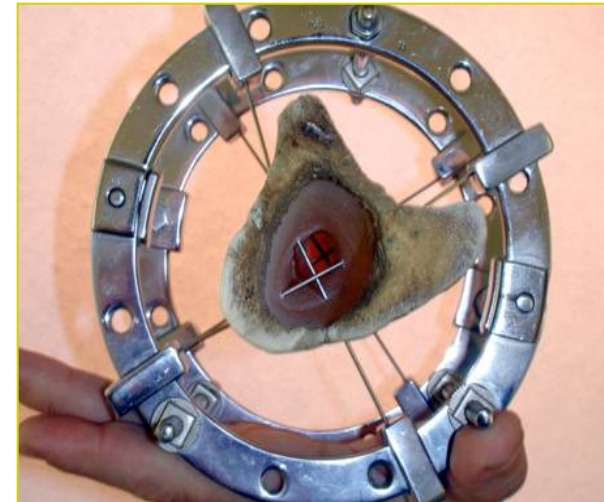




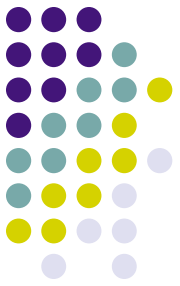
1921-1992

L'appareil d'Ilizarov est connu depuis 1952

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

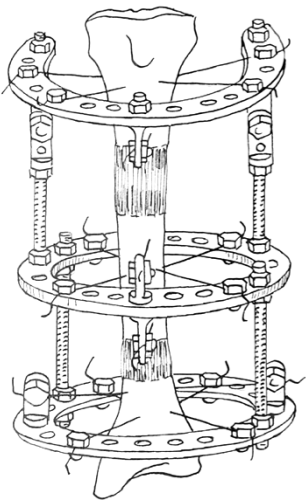
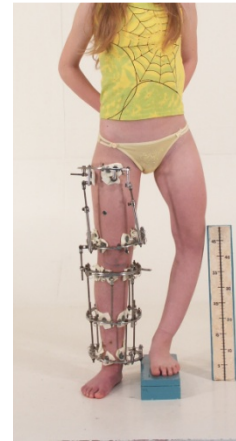
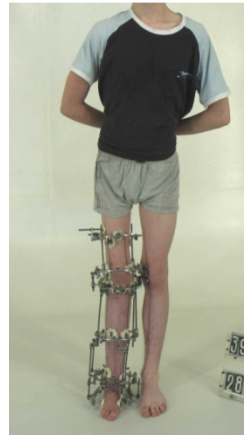
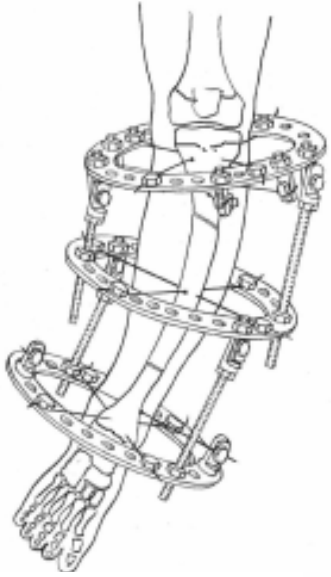
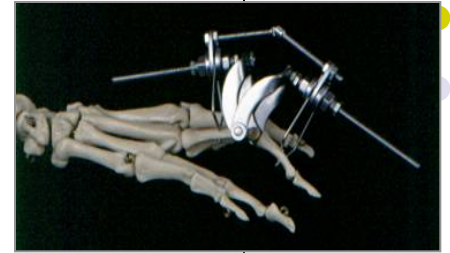


Allongement progressif (ILIZAROV)

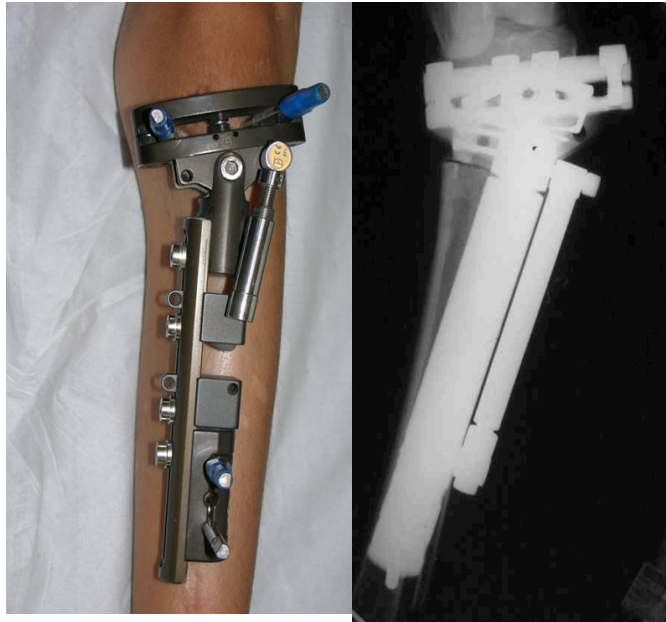
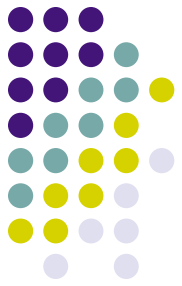
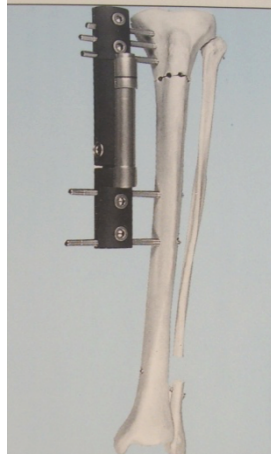


1. ostéotomie respectant le périoste et vascularisation endomédullaire
2. ostéosynthèse stable et élastique (non rigide)
3. début de l'allongement au 5-6^e jour
4. vitesse et rythme d'allongement optimales
5. conservation de la fonction par reprise précoce de la mobilisation articulaire et de l'appui

Fixateur externe d'Iizarov



Orthofix®

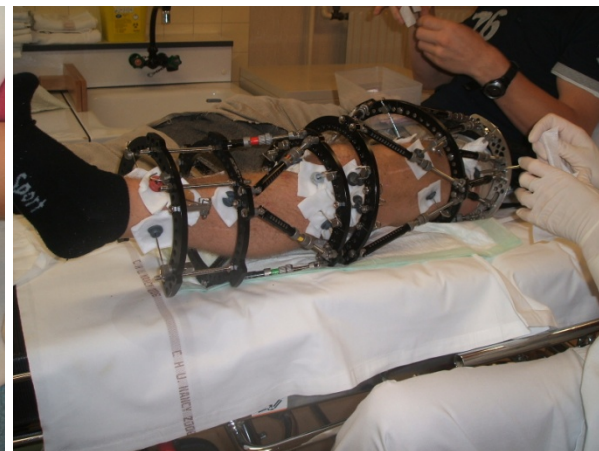
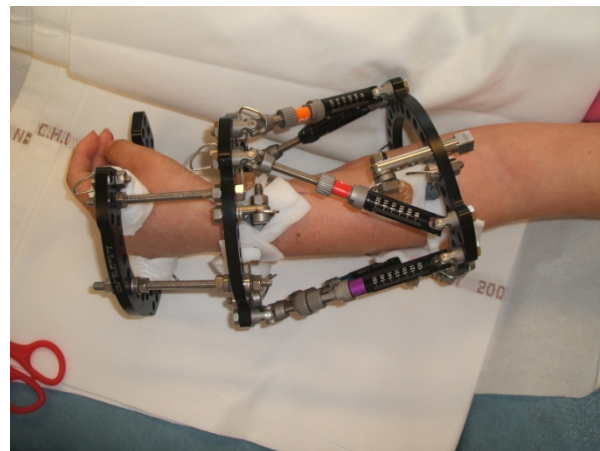
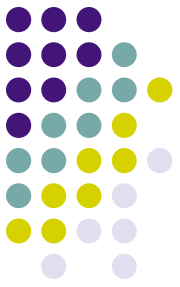


T-Garches



LRS fixateur

Taylor Spatial Frame (TSF®)



Initial Settings for Total Residual Operative Mode

Case Name: GEA HTO Surgery
 B/12/02

Strut 1 (Red) (mm)
 Strut 2 (Orange) (mm)
 Strut 3 (Yellow) (mm)
 Strut 4 (Green) (mm)
 Strut 5 (Blue) (mm)
 Strut 6 (Violet) (mm)

Right AP View

Lateral Medial

Right Lateral View

Posterior Anterior

Right Axial View

Medial Lateral

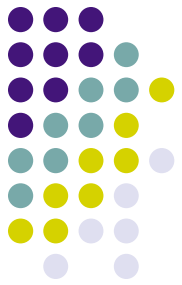
Deformity Parameters
 AP View Angulation: 23.0° Varus
 AP View Translation: 10.0 mm Medial

Mounting Parameters
 AP View Frame Offset: 0.0 mm

Lateral View Angulation: 16.0° Apex Anterior
 Lateral View Translation: 5.0 mm Posterior

Axial View Angulation: 15.0° Internal
 Axial Translation: 5.0 mm Short

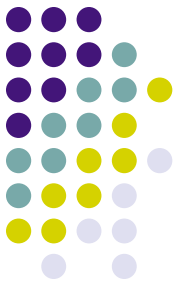
Lateral View Frame Offset: 20.0 mm Posterior to Origin
 Rotary Frame Angle: 0.0°
 Axial Frame Offset: 30.0 mm Proximal to Origin



Clicking on graphic will enlarge ?

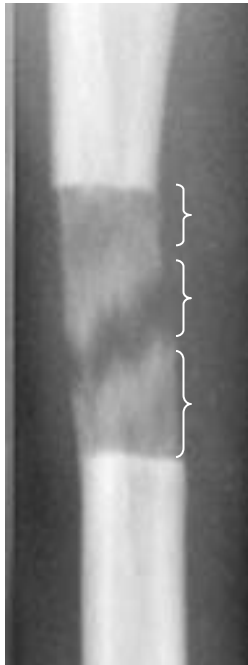
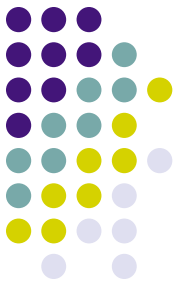
[Previous](#) [Regenerate Views](#) [Next](#)

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	View
4/16/08	1	144	145	168	155	153	159	View
4/17/08	2	145	145	168	156	154	160	View
4/18/08	3	145	146	169	157	156	162	View



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

Régénérat osseux (ostéogénèse en distraction)



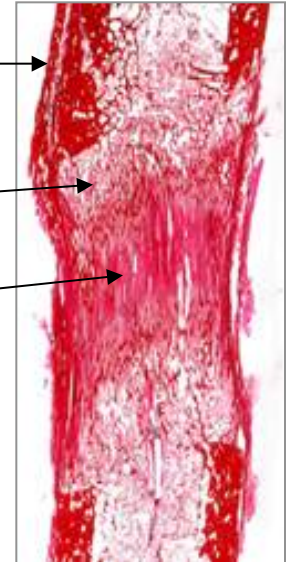
fragment osseux

partie ossifiée du régénérat

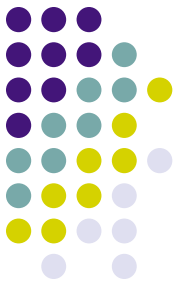
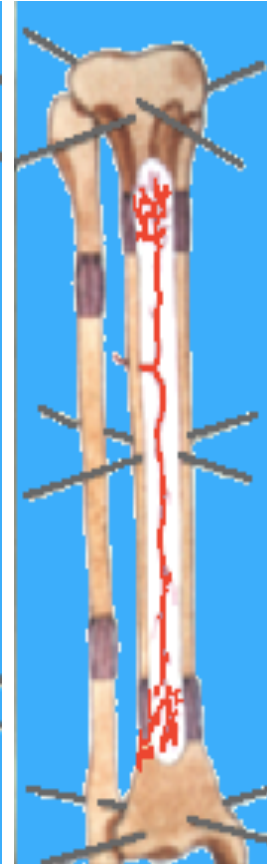
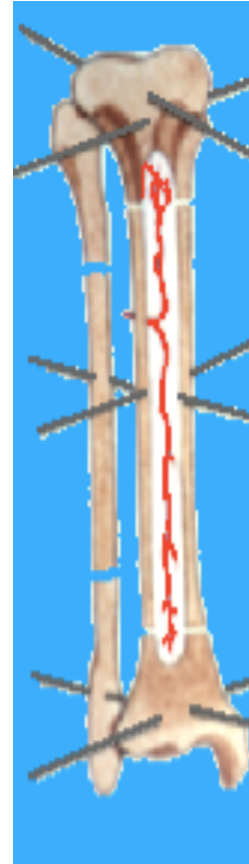
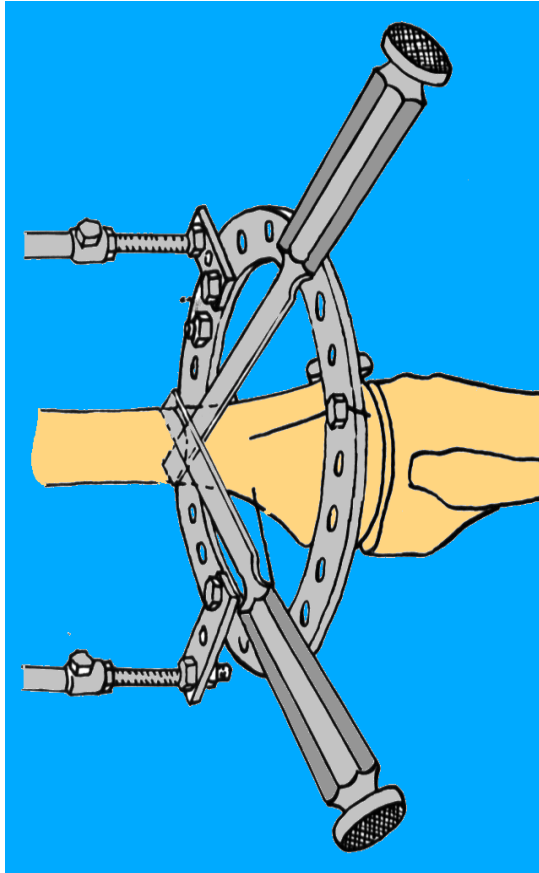
« zone de croissance du régénérat »

partie ossifiée du régénérat

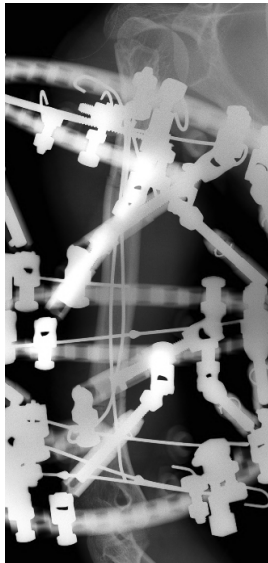
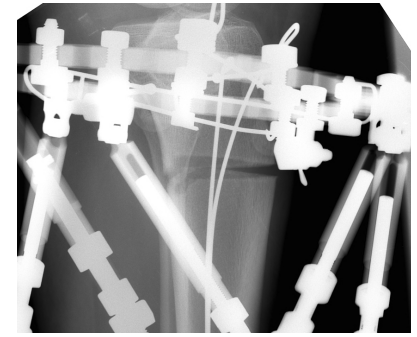
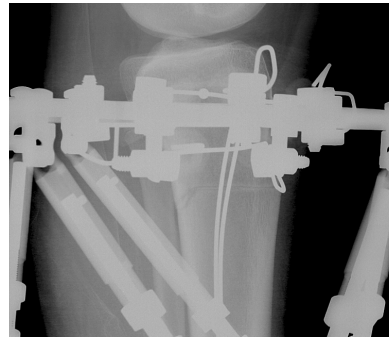
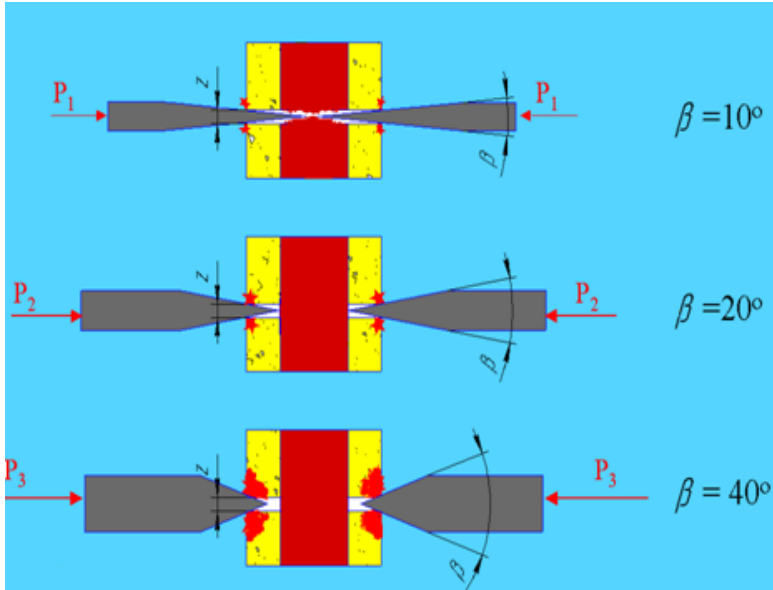
fragment osseux

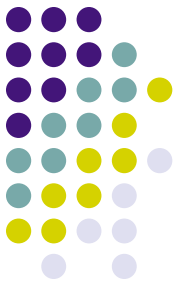


1. Corticotomie classique



$$\beta = 20^\circ$$

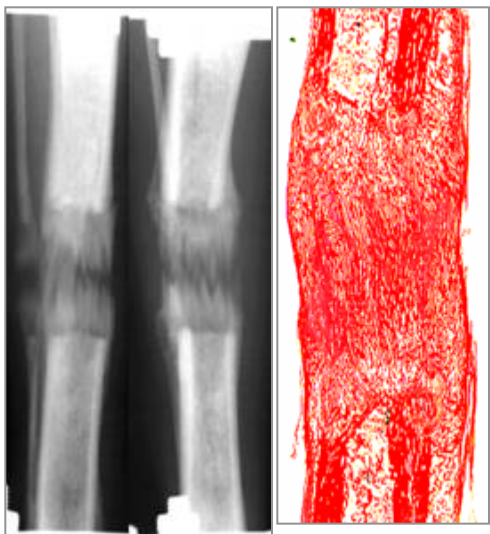




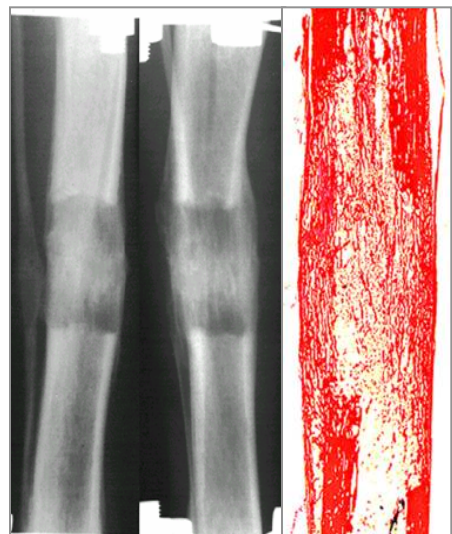
Corticotomie



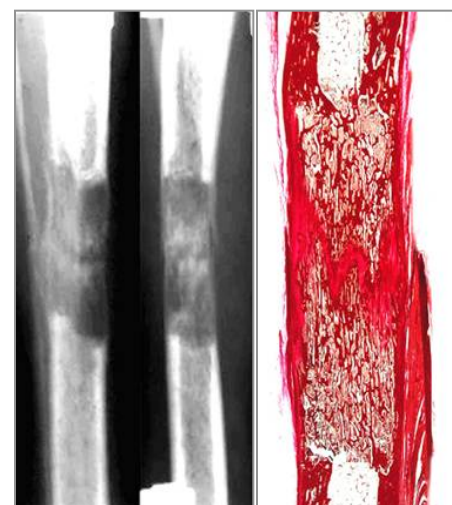
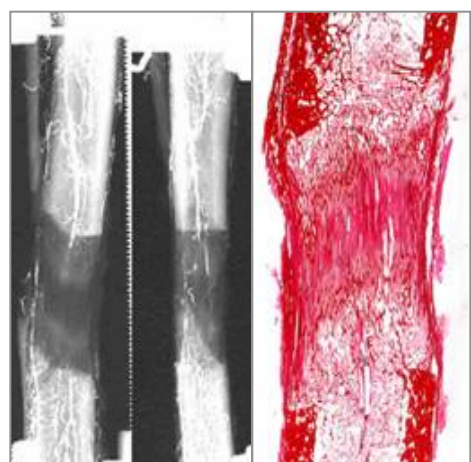
Ostéotomie



J+33



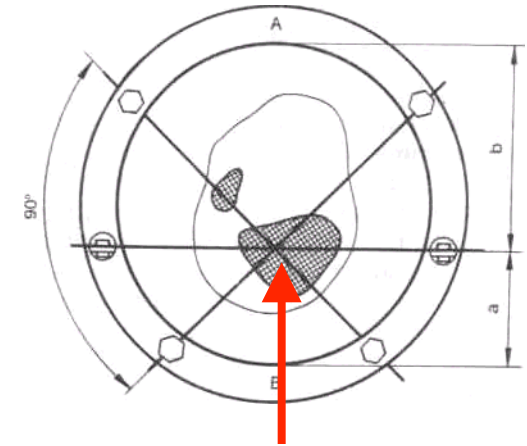
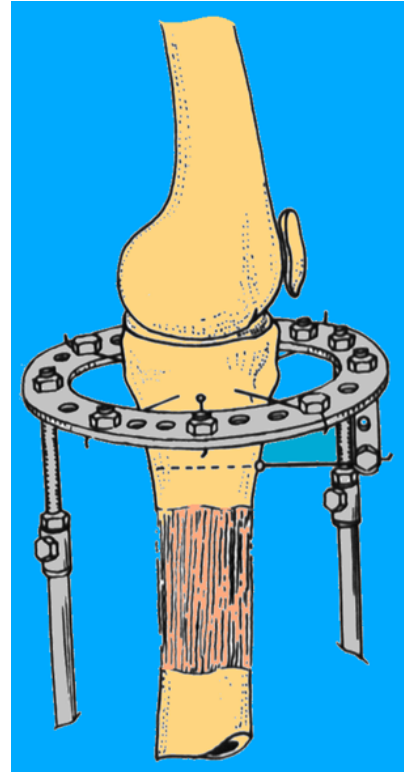
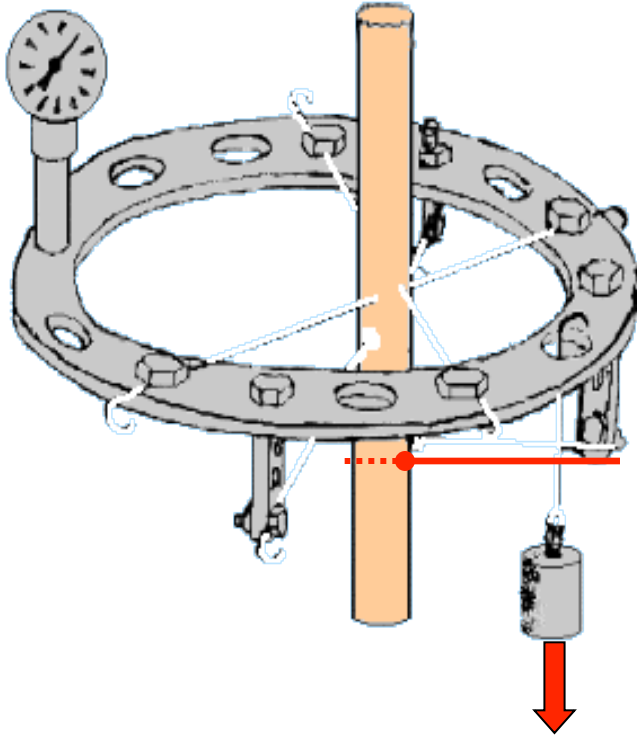
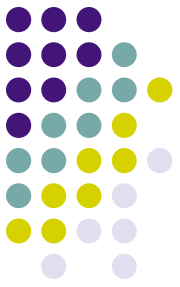
J+78



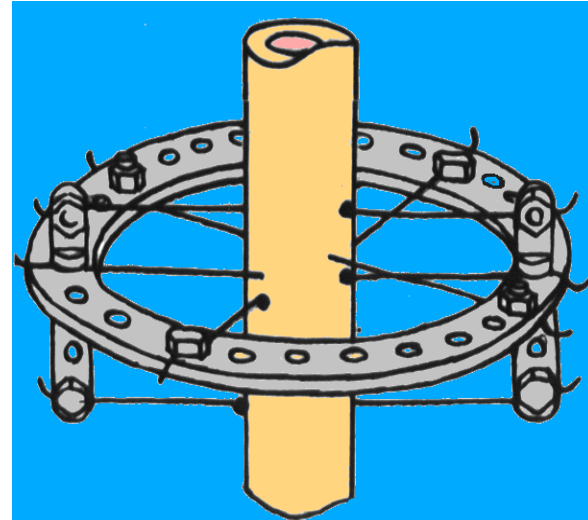
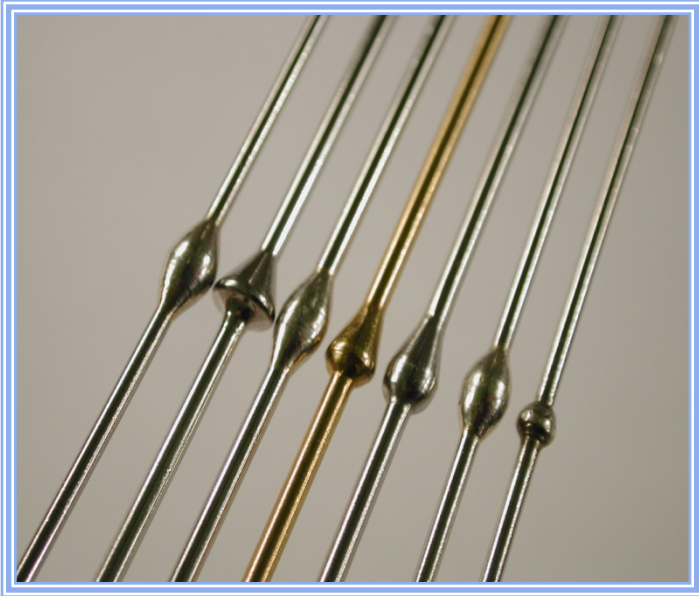
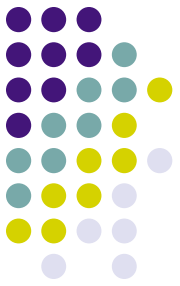
Corticotomie

Osteotomie

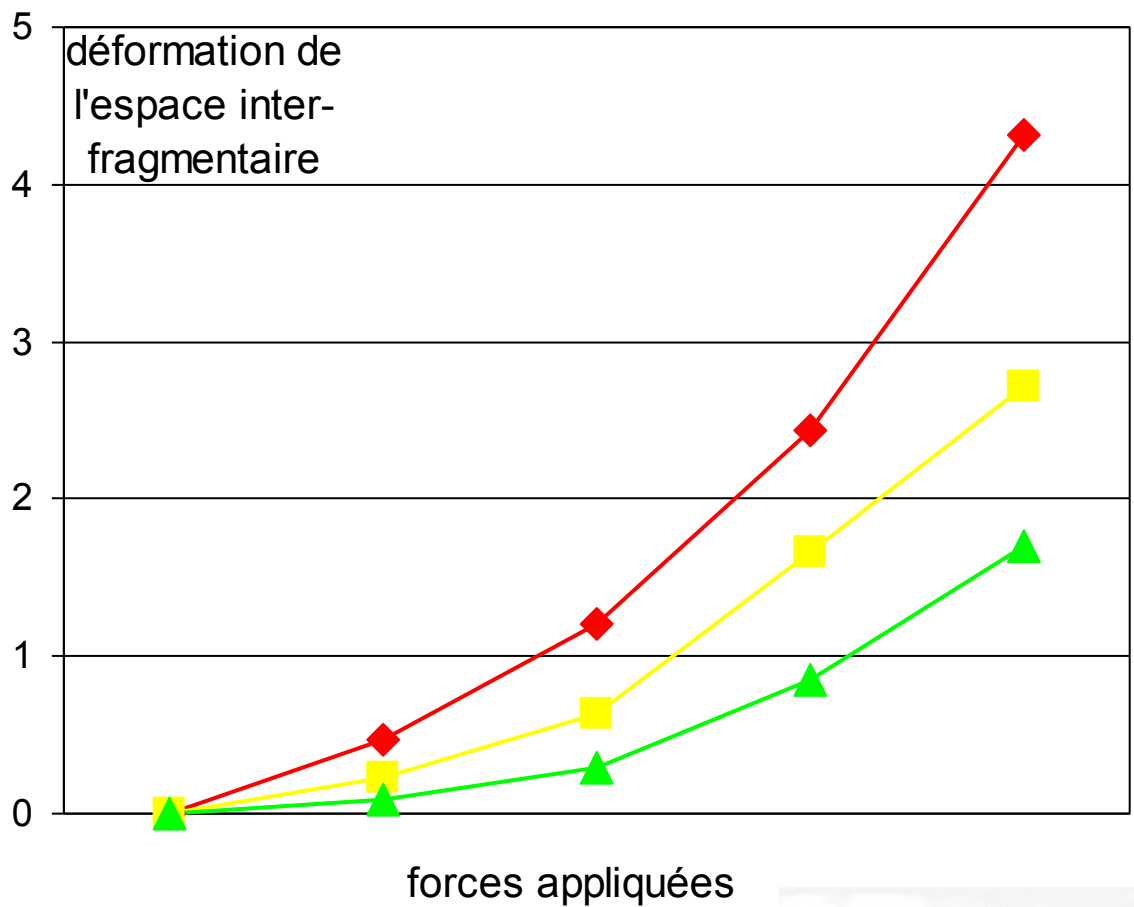
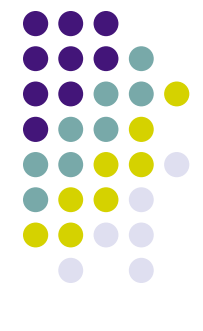
2. Stabilité du montage



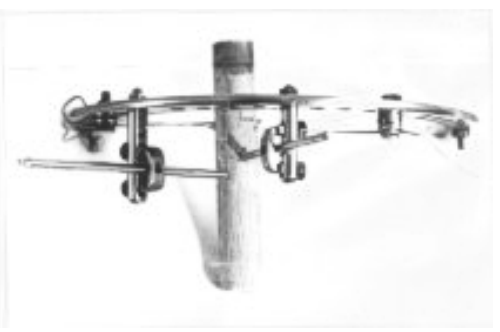
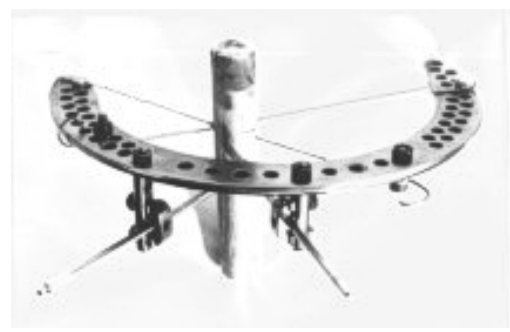
**Schéma de la mesure
des déplacements sous
charge dans le
montage avec **une
demi-broche****

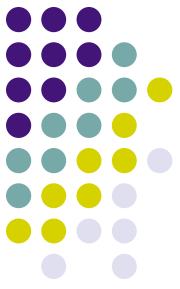


Utilisation des broches à olive

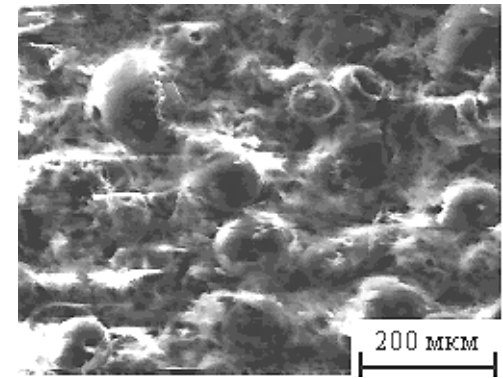
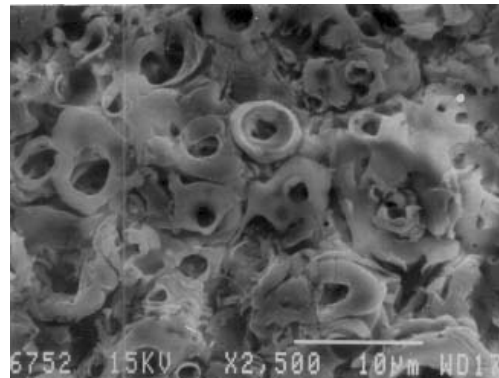
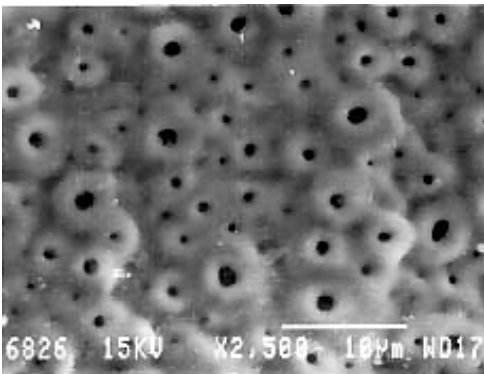


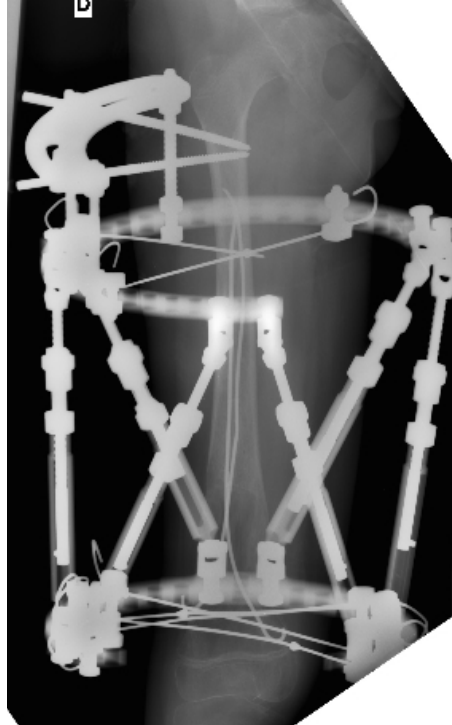
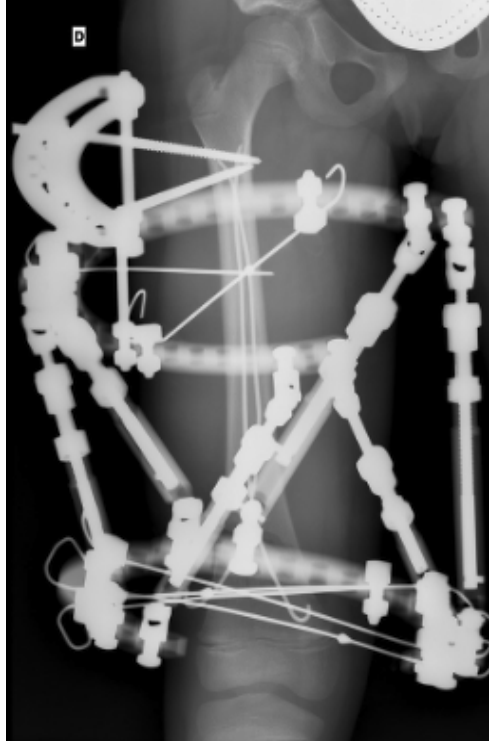
- ◆ 4 broches
- 3 fiches
- ▲ 2 fiches + 2 broches



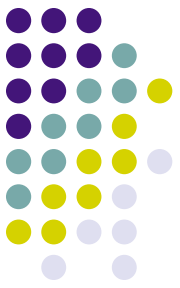


Le revêtement d'hydroxyapatite des fiches



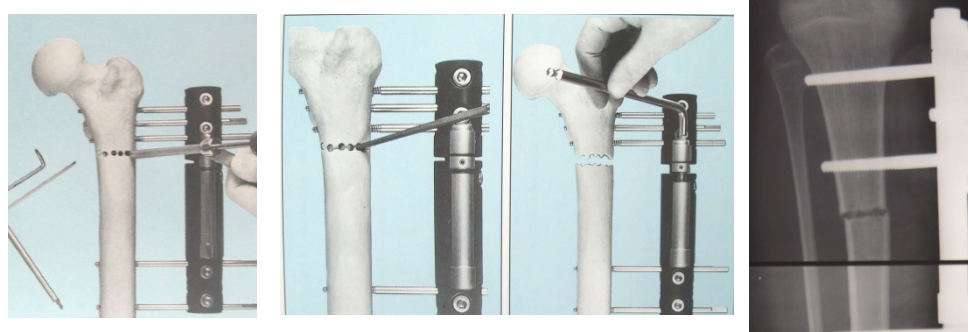


3. Début de l'allongement

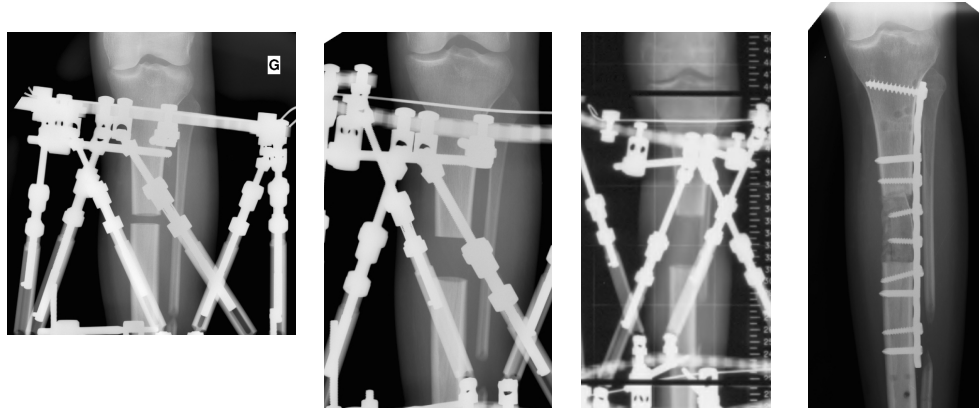


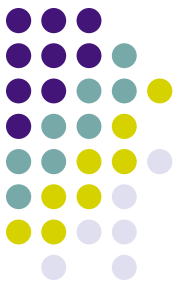
- Corticotomie percutanée: J+5 (*J+4 à J+6*)

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



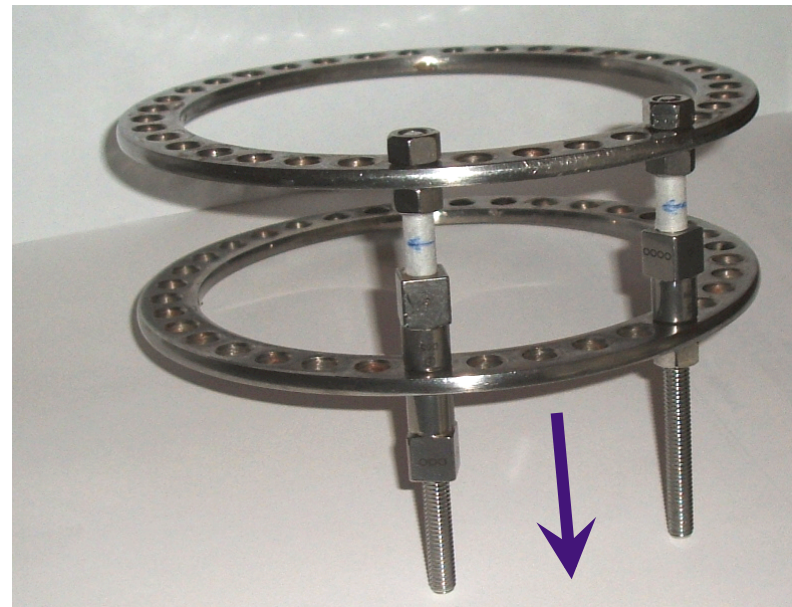
- Ostéotomie à scie de Gigli: J+14 ou plus

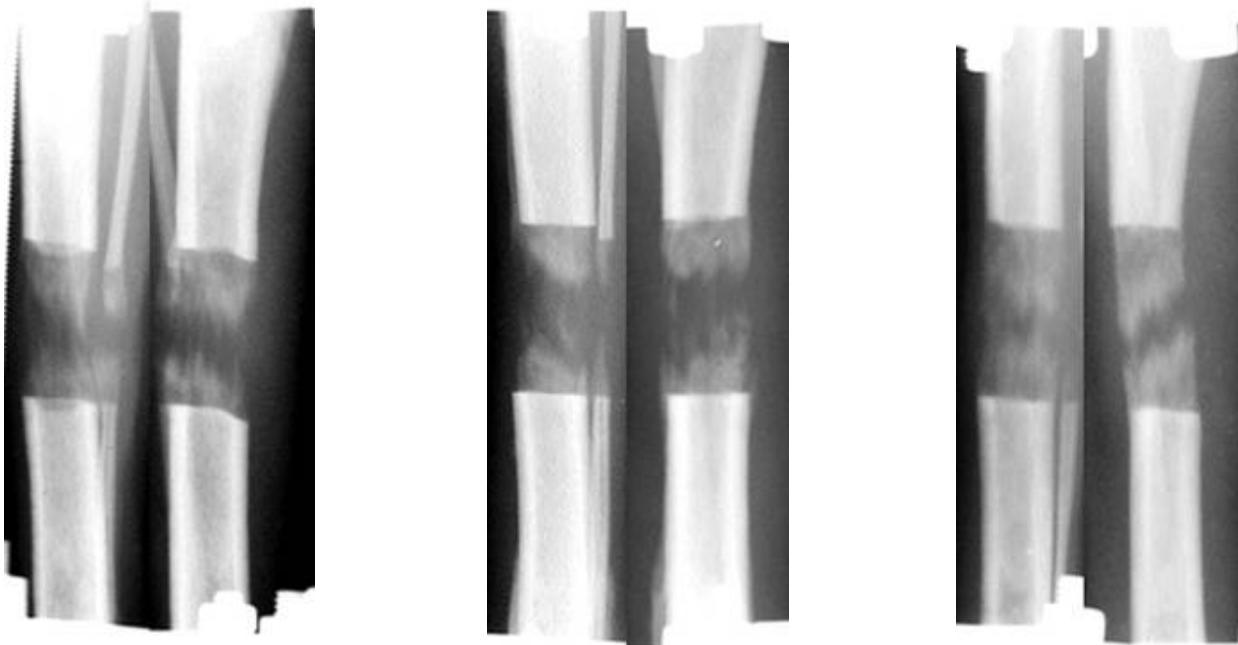
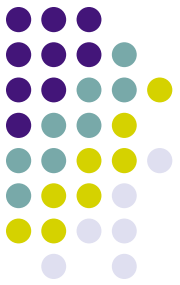




4. Vitesse et rythme d'allongement

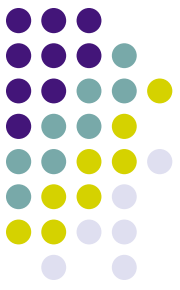
- Au début de la période d'élongation l'allongement quotidien est de 1 mm
- 1 fois/jour
- 3 à 4 fois/jour
- 60 fois/jour





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

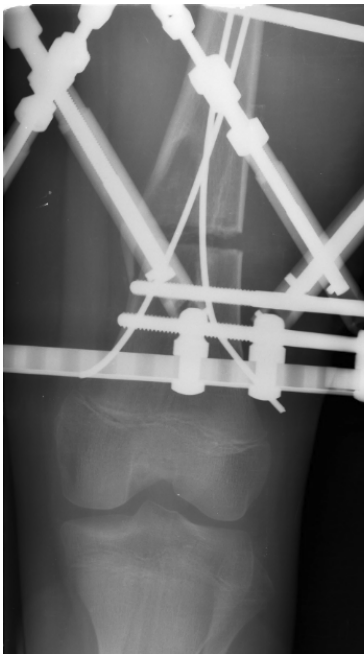
Contrôle radiologique tous les 14 jours pendant la période d'élongation



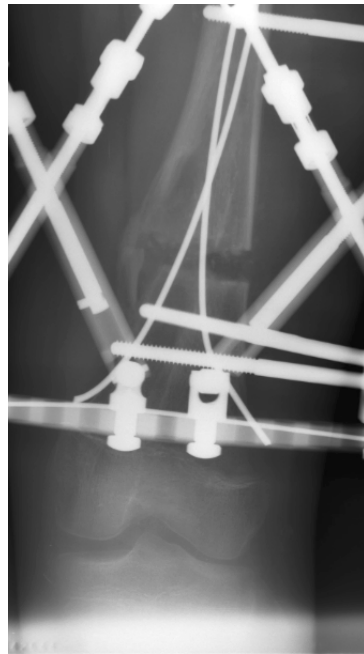
Une menace de la consolidation précoce:

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

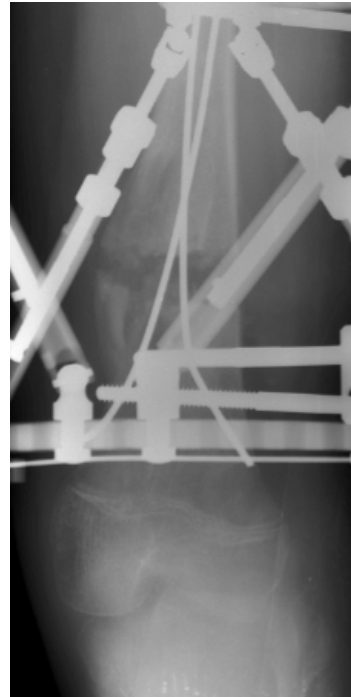
Augmentation de la vitesse d'allongement + Rx
contrôle dans 3 à 5 jour



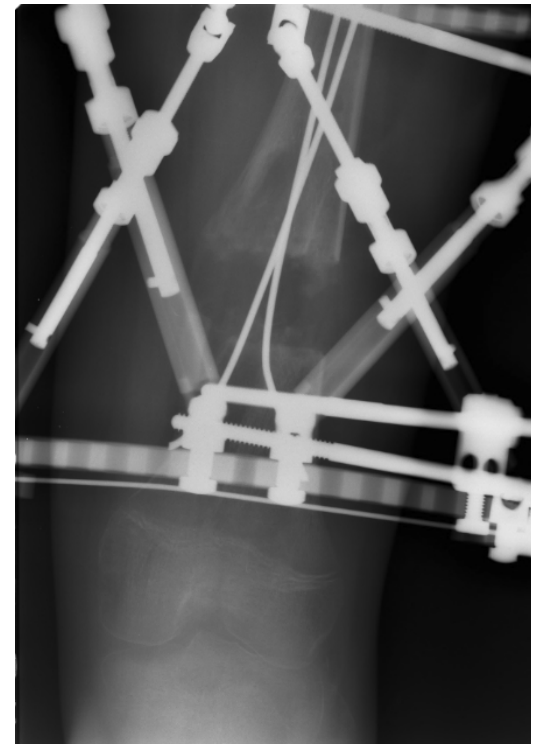
J+11



J+24



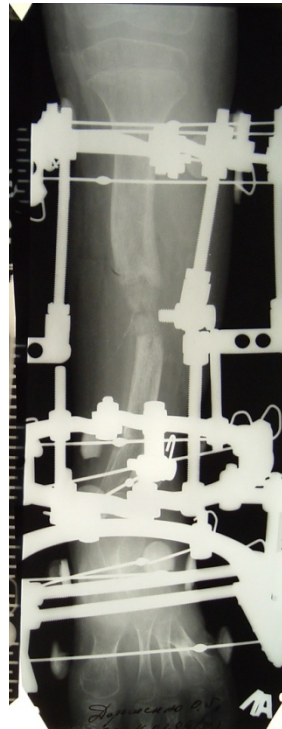
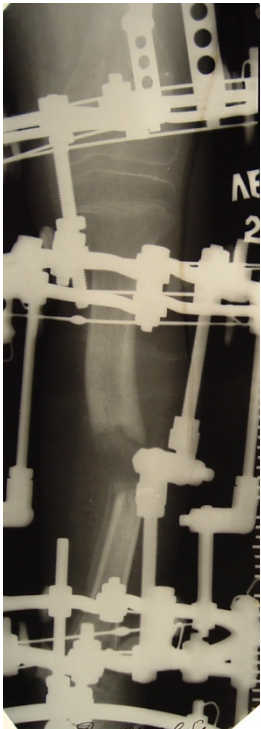
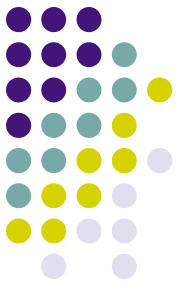
J+27

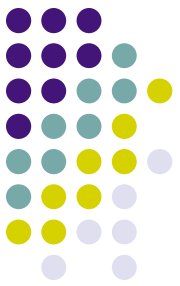


J+37

Régénération faible

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

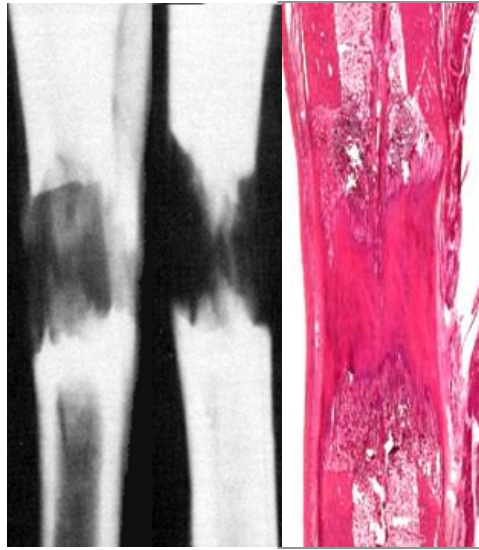




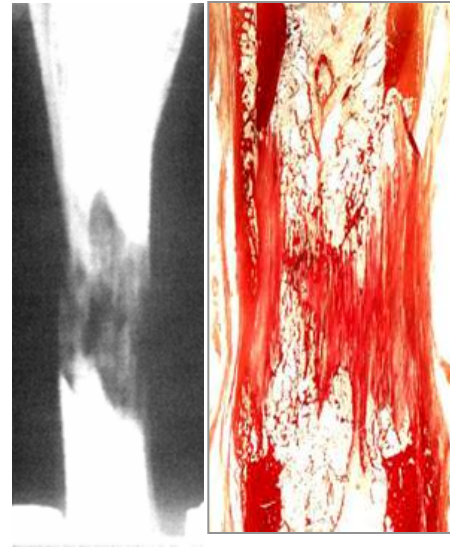
Régénération faible

- 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

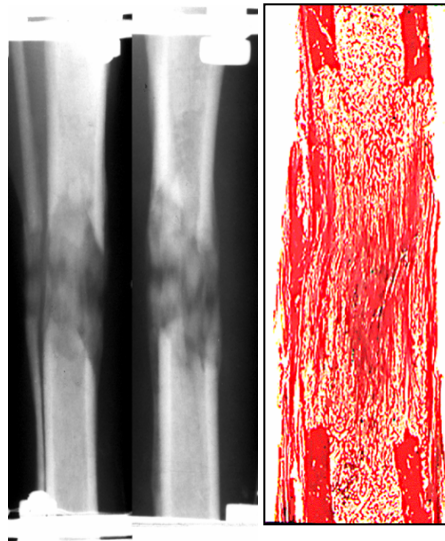


J + 63

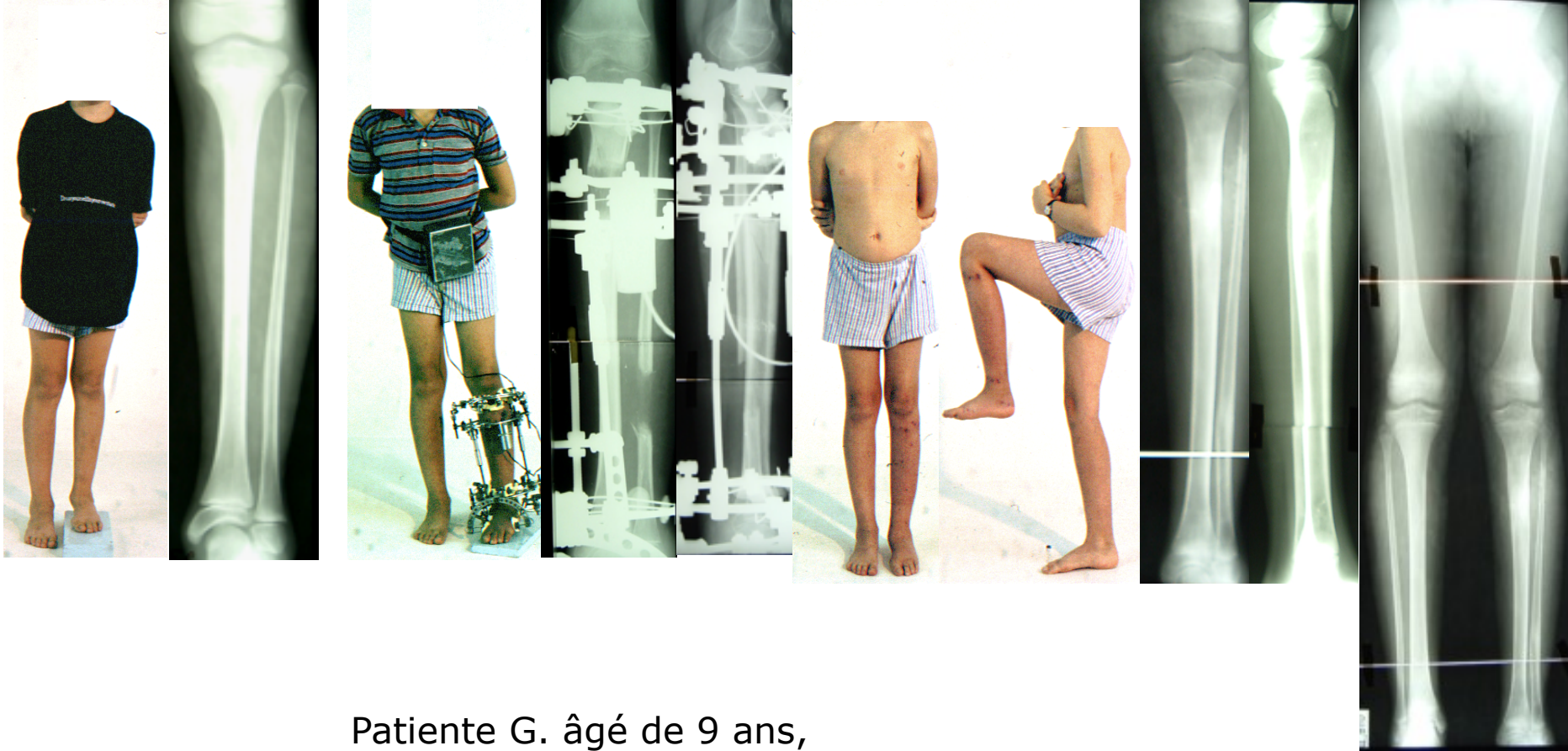


J + 150

0,017 x 60 fois



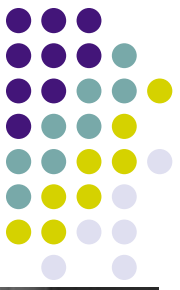
J + 93



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

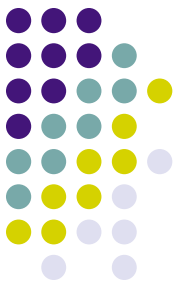
5. conservation de la fonction par reprise précoce de la mobilisation articulaire et de l'appui



Période avant intervention

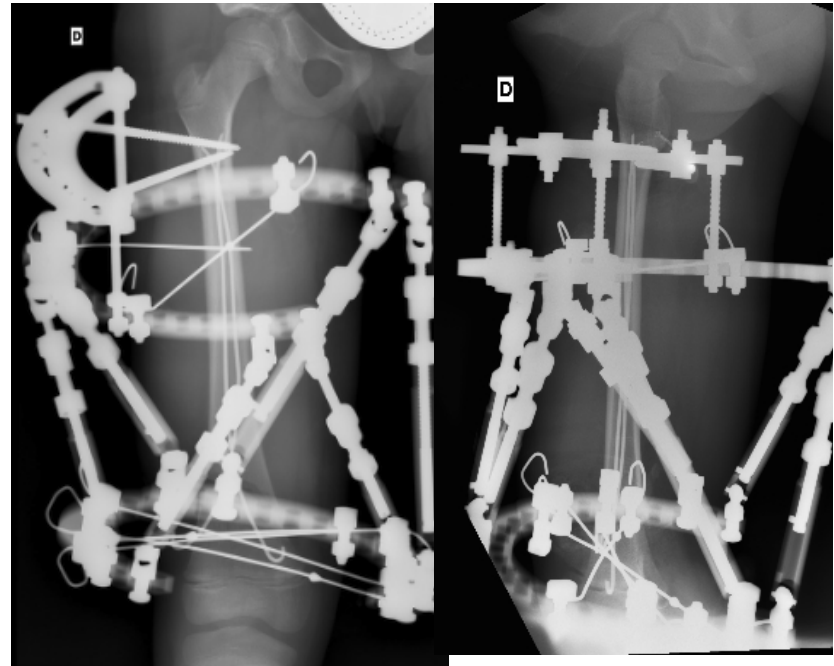
- Consultations:
chirurgien,
rééducateur,
psychologue,
les patients ayant déjà subit un allongement ou en cours de l'allongement

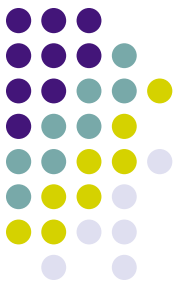




J0

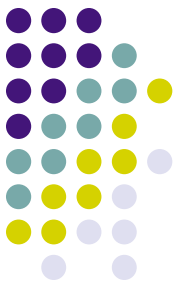
- Contrôle des extrémités
- Attelle anti équin (MI)
- Genou en flexion de 5° à 15°





J1 à J2

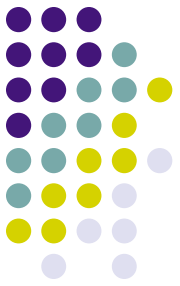
- Station debout (J1 = 1 segment d'un MI, J2 = 2 segments d'un MI) 2 à 4 fois par jour pendant 2 à 10 minutes
- Pansement (l'assistance du chirurgien est obligatoire)
- Kinésithérapie isométrique
- Attelle anti-équin



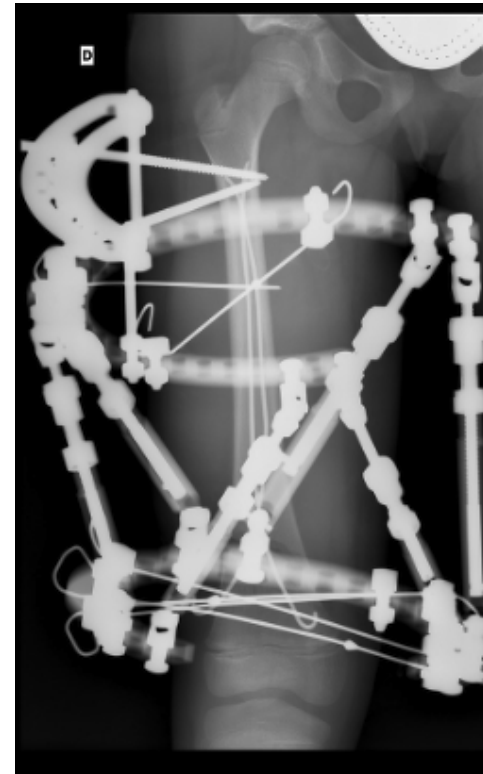
J2 à J5

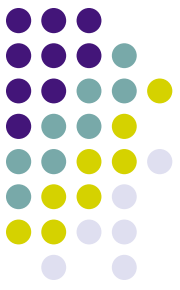
- Apprentissage de la marche avec béquilles ou cannes anglaises
- Appui partiel
- Chaussure avec compensation de l'ILMI – 1 à 2 cm
- Début de la mobilisation des articulations adjacentes avec une amplitude modérée

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



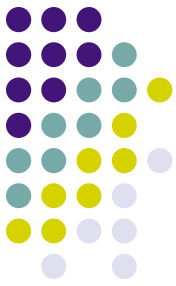


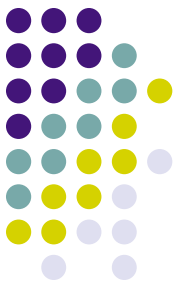
Période d'élongation

- 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

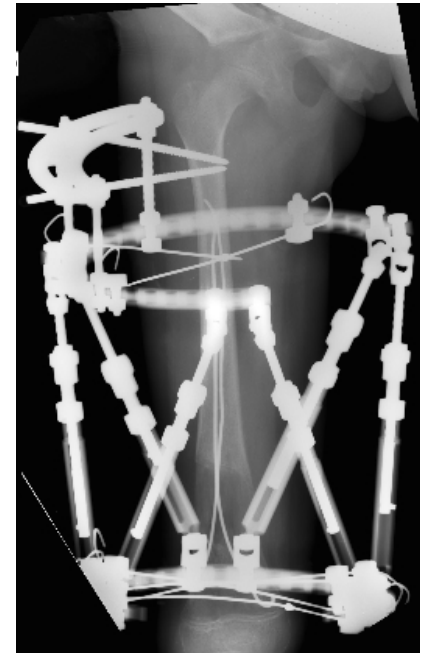
- J7 sortie de l'hôpital (*si Ok*)
- Diminution progressive de la compensation de l'IL en laissant une inégalité de 1 à 2 cm
- Rééducation quotidienne, au moins 30 minutes 2 f/j
- Pansement 1 f/semaine ou plus
- Changement de tiges filetées et vérins, modification du montage lors des consultations





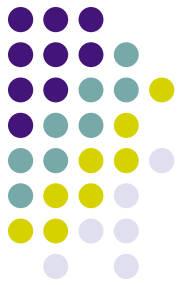
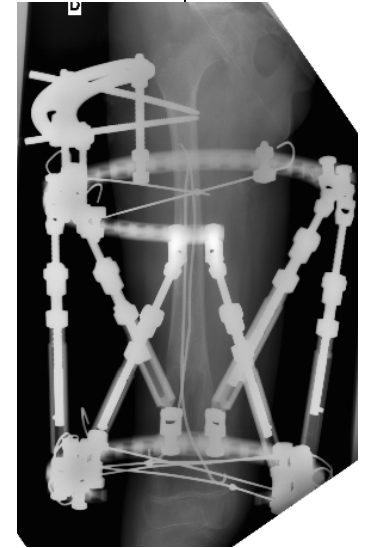
Période d'élongation

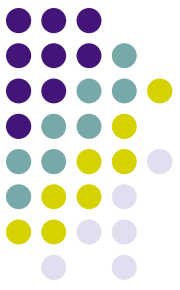
- Appui partiel progressif de 10% au début à 90% à la fin de la période d'élongation
- Mobilisation passive et active de tous les groupes musculaires dès que le gain d'allongement atteint 20% de la longueur initiale d'un segment
- Amplitude minimale du genou et de la cheville doit être de 30°
- Extension 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 (équien, flessum 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





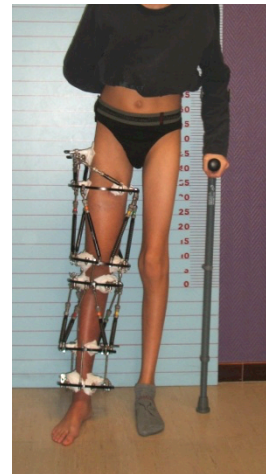
- Période d'élongation

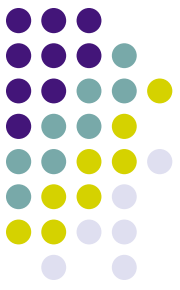
Allongement des muscles
par mobilisation
passive et active

Eviter les attitudes
vicieuses

- Période de fixation

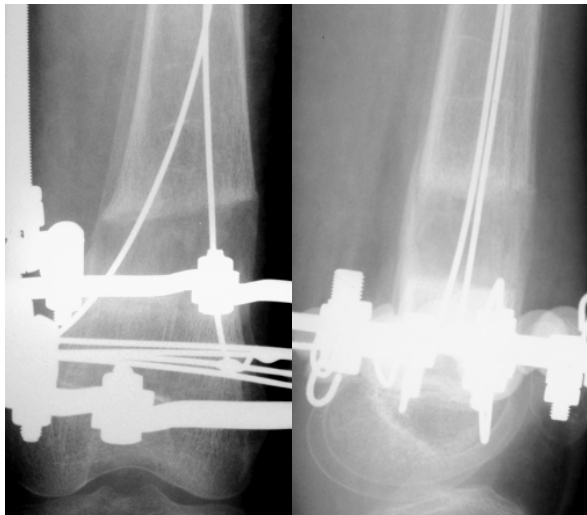
Stimulation de la
régénération osseuse
par transmission des
contraintes



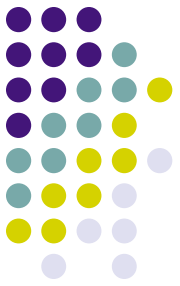


Ablation du FE

- 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

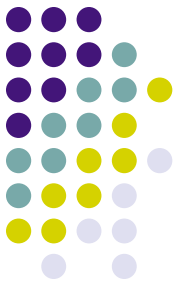


Période après ablation



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



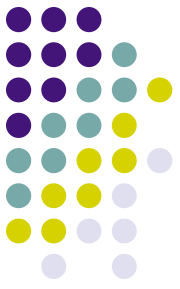


Index de consolidation (IC) ou healing index

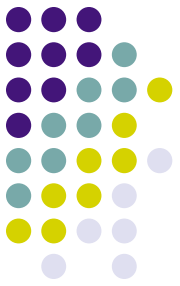
$$\text{IC} = \frac{\text{Période d'ostéosynthèse externe (en jours)}}{\text{Gain d'allongement (en cm)}}$$

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

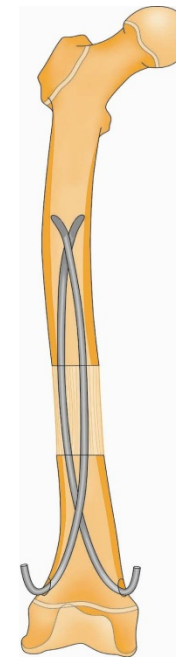
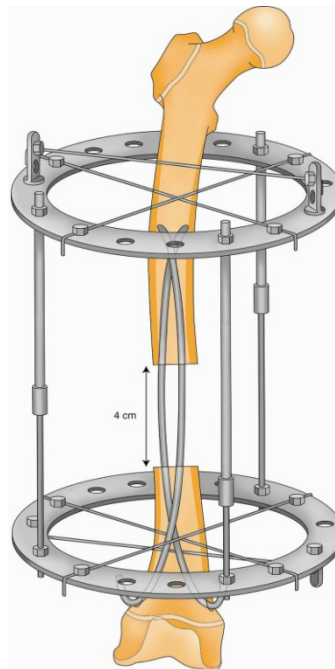
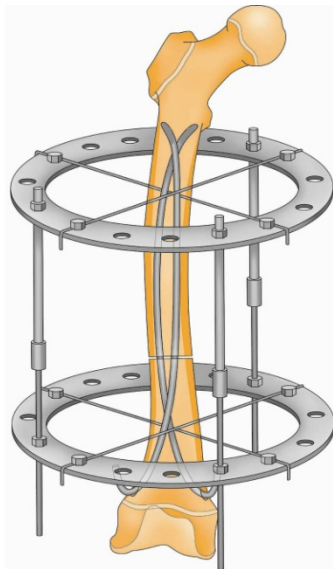
Prevot J.et al., 1993

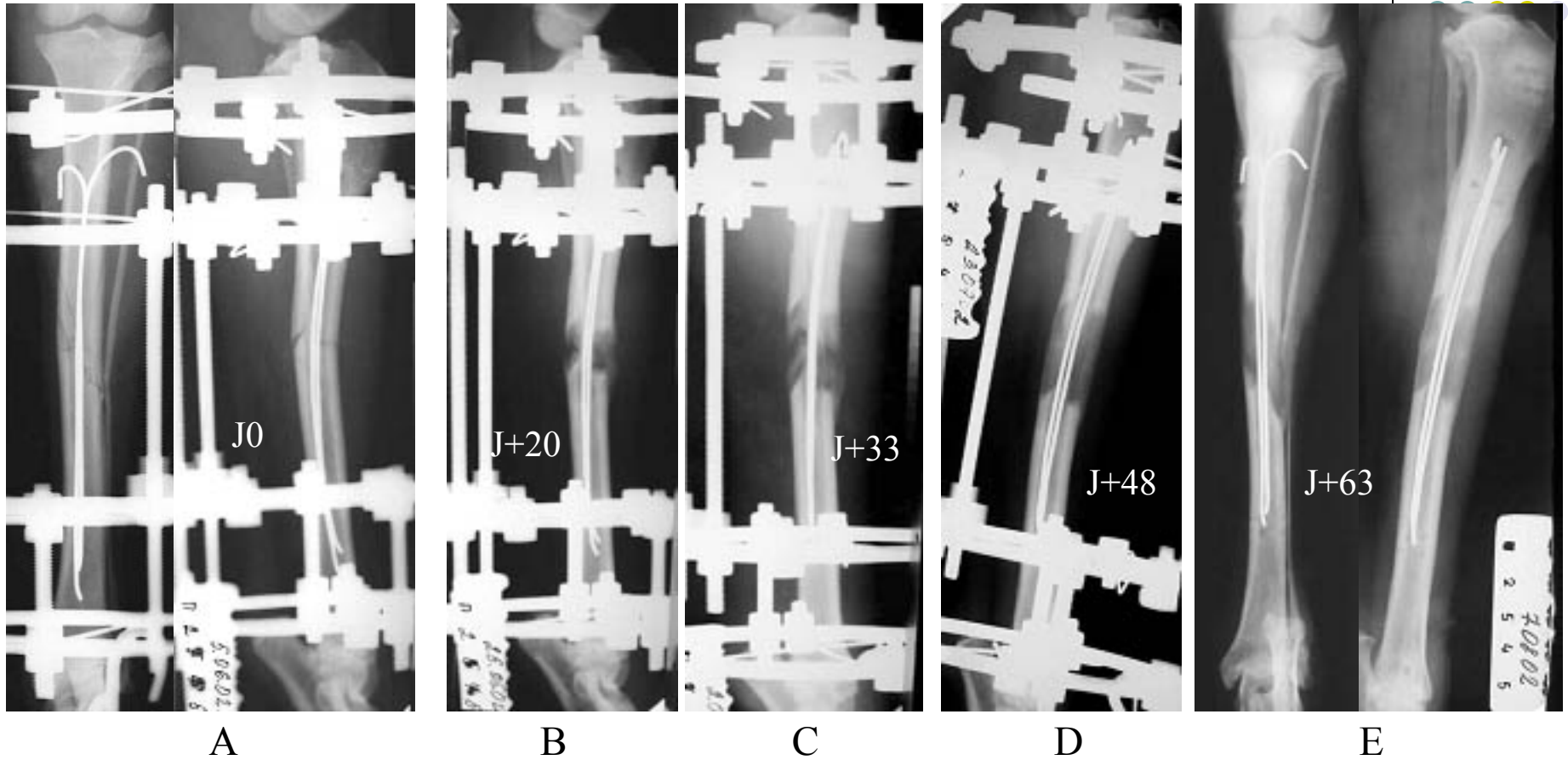
Lascombes P., 2006

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

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

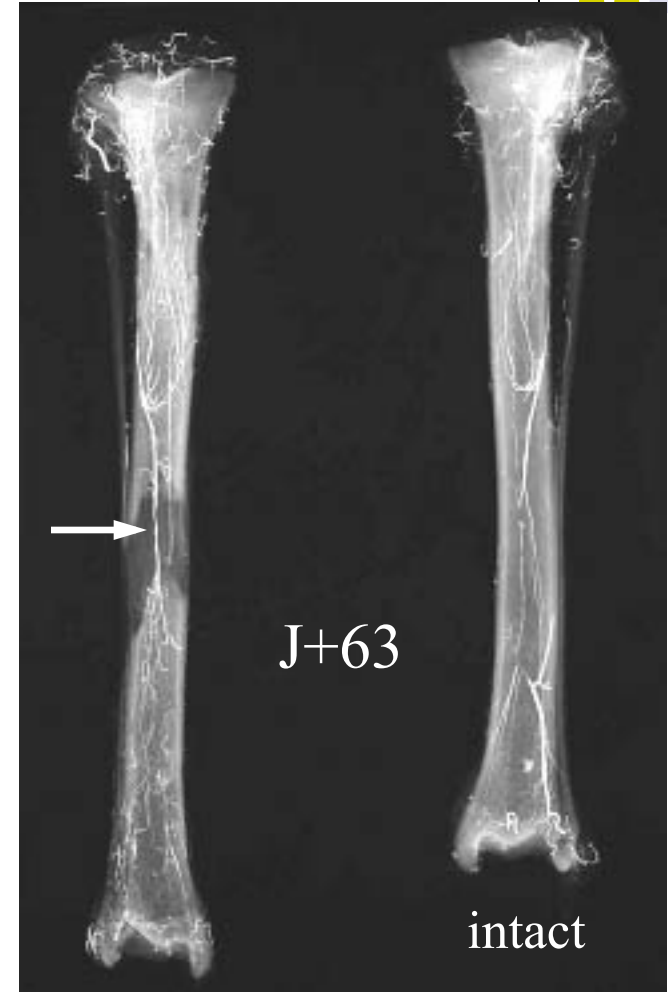
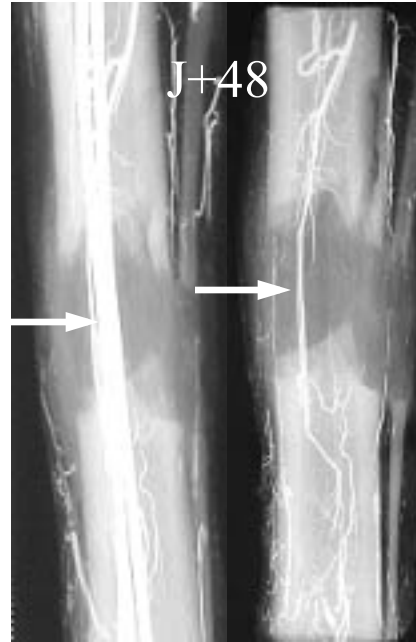
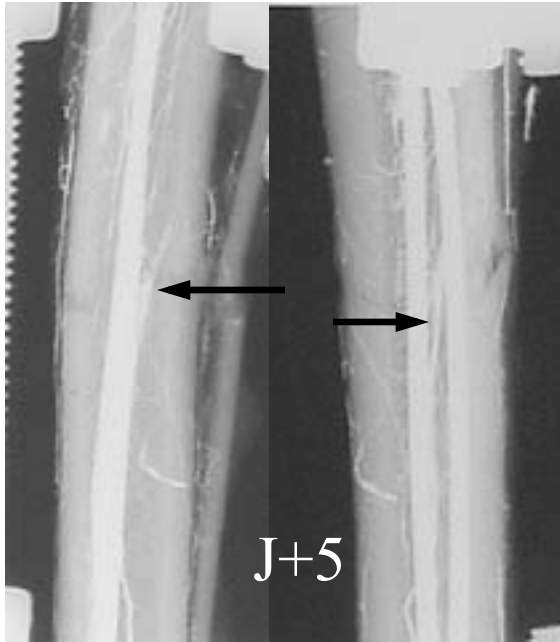
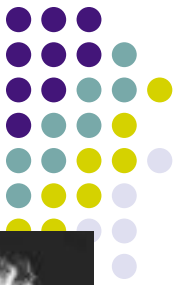
Popkov D., Lascombes P., Journeau P., Haumont Th. 2008





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

Artériographie



L'artériographie montre
l'artère nourricière ininterrompue

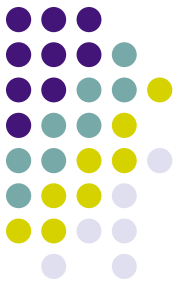
J+78

Aspect histologique au 30^e 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



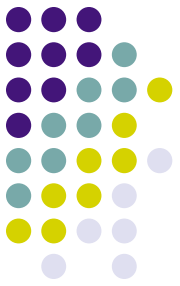


Série I (195):
Ilizarov seul

Série II (100):
Ilizarov ou TSF+ECMES

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

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 :

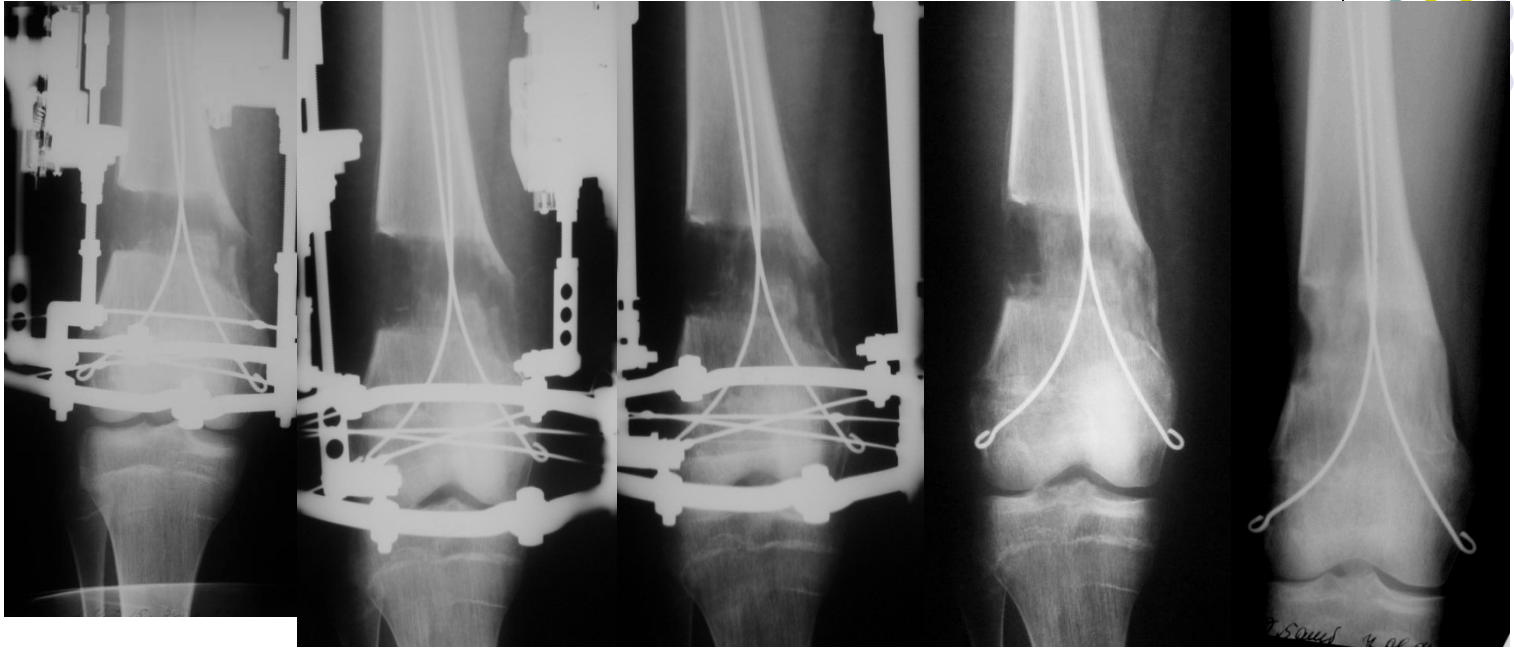
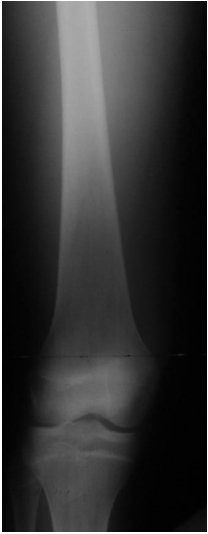
de 8,3% à 40,1%
ou de 3,9 j/cm à 13,1 j/cm

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

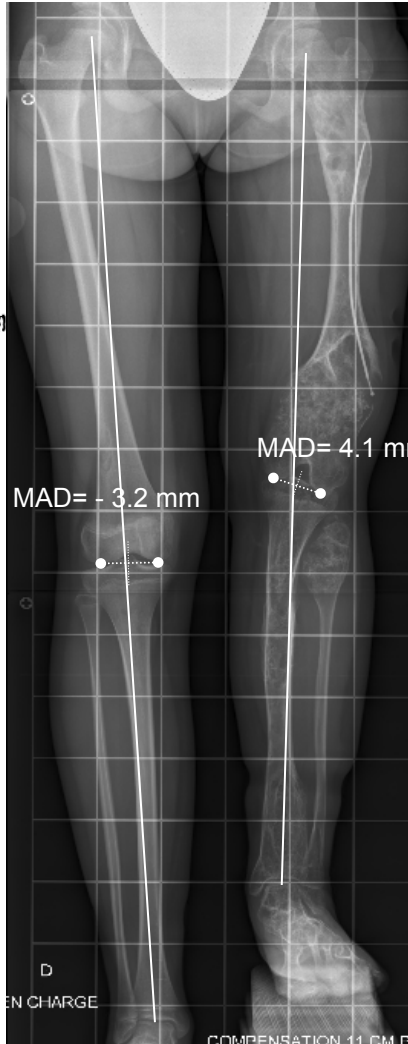
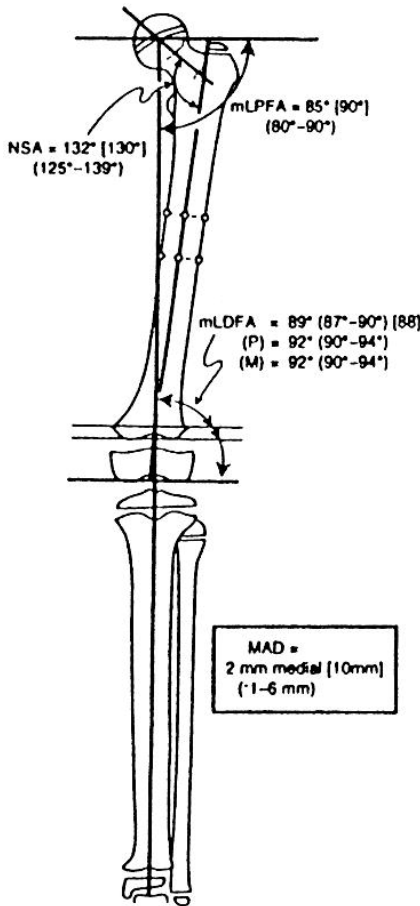
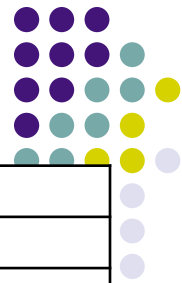
Ablation
(J 55)

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

MAD – mechanical axis deviation [mm]

aPDFA – anatomic posterior distal femoral angle [°]

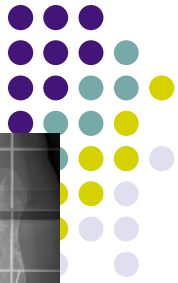
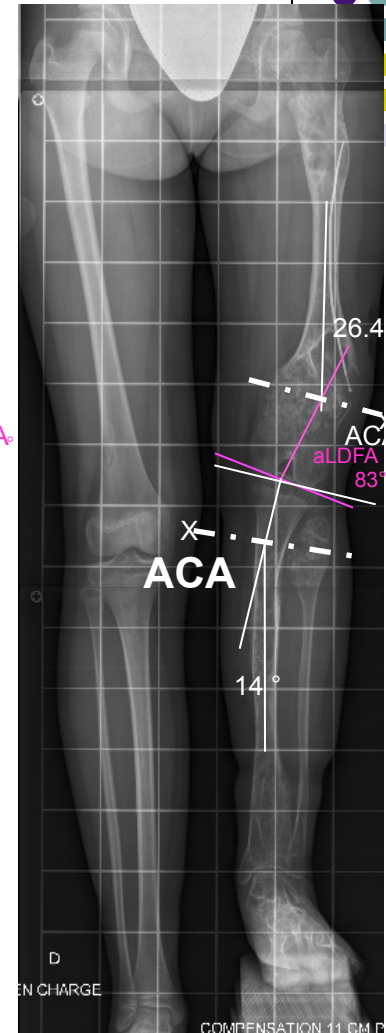
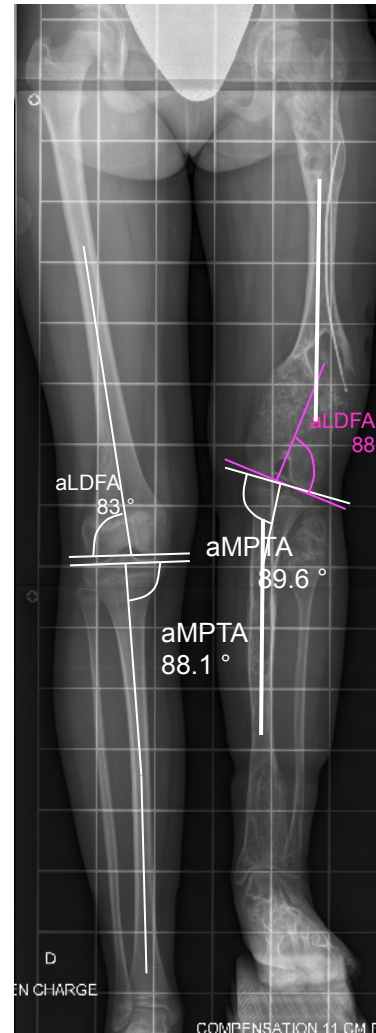
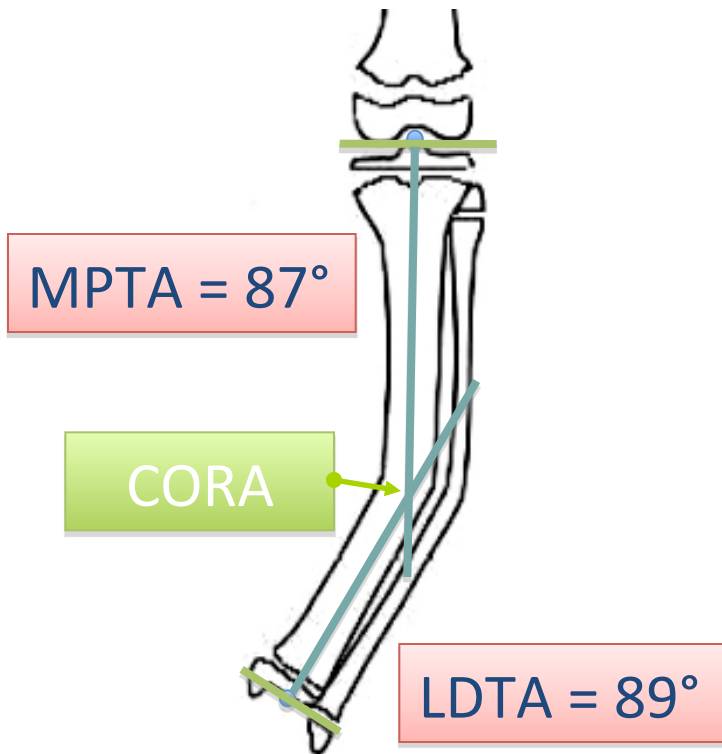
aPPTA – anatomic posterior proximal tibial angle [°]

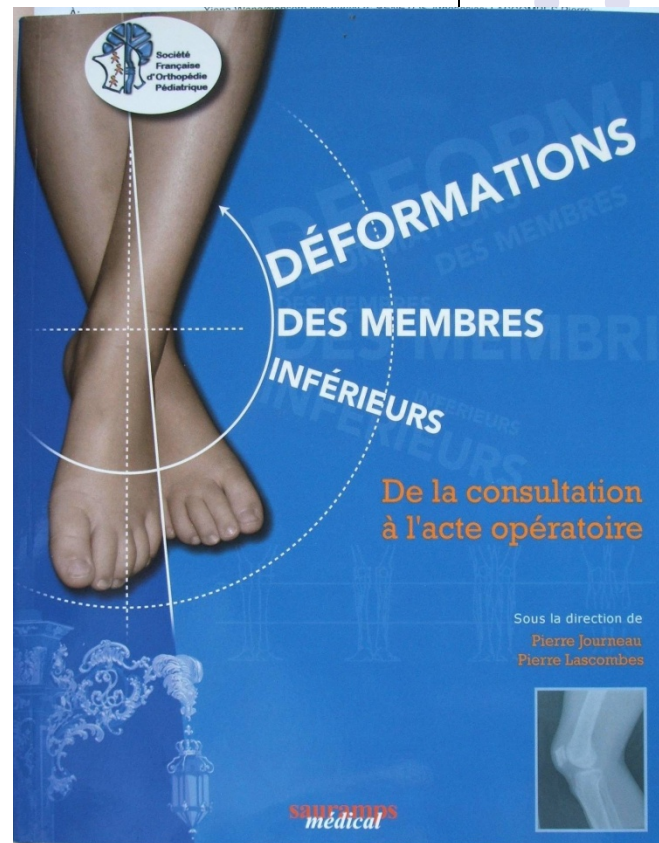
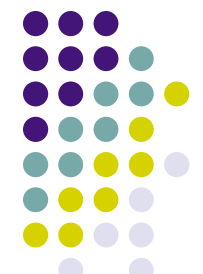
p - physeal

m – metaphyseal

M±SD – pour toutes les références

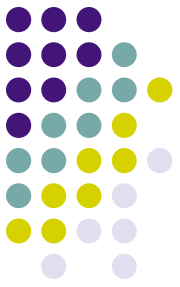
- **CORA: Center Of Rotation of Angulation**
- **ACA: Axe of Correction of Angulation**





Nancy 2009

Croissance spontanée après un allongement progressif



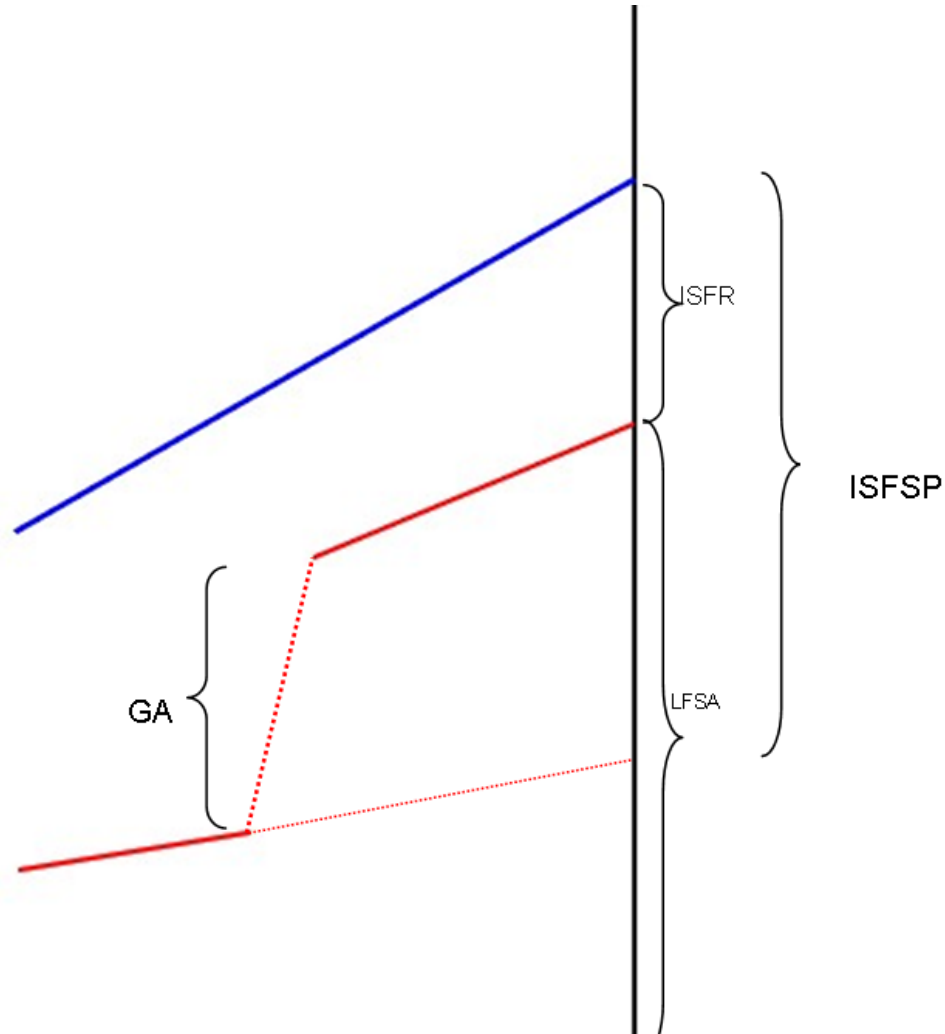
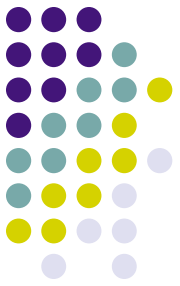
- ILMI d'origine congénitale,
- 268 allongements de fémur et de tibia ,
- 79 filles et 71 garçons âgés de 2 à 15 ans,
- Allongement moyen:
 - fémur 5,2 cm (21,3 p.100)
 - tibia 4,8 cm (19,3 p.100)

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

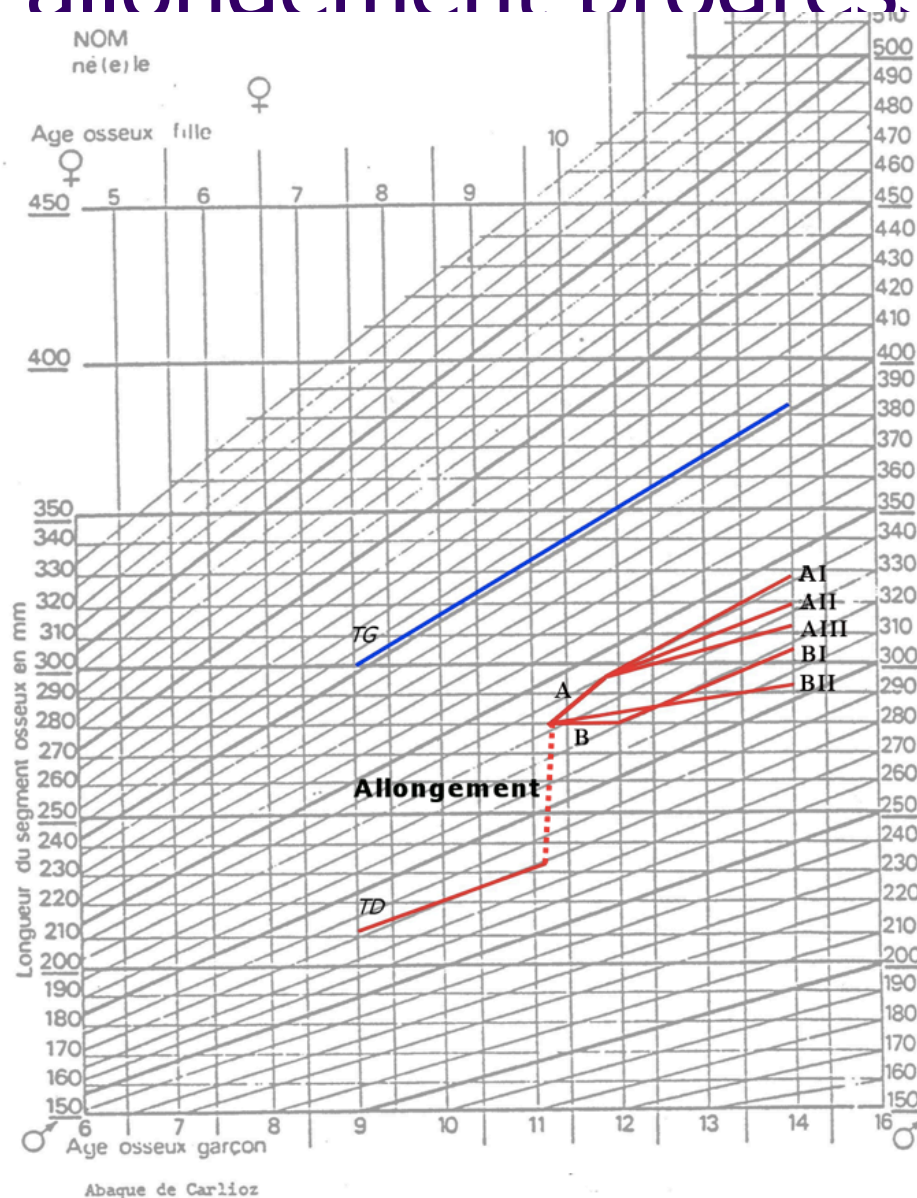
D. Popkov, P. Journeau, A. Popkov, B. Pedeutour, T. Haumont,,P. Lascombes

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

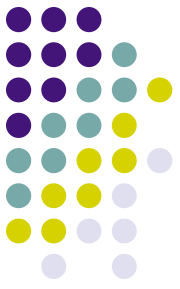
Croissance spontanée après un allongement progressif



Croissance spontanée après un allongement progressif

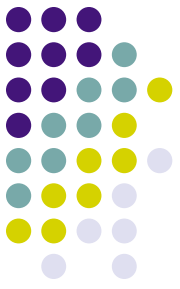


Facteurs favorables pour la reprise de croissance



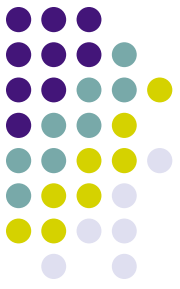
- la limite supérieure pour faire les allongements est de 11 ans d'âge osseux chez les garçons et de 9 ans d'âge osseux chez les filles
- l'allongement doit être associé à un rétablissement de l'axe mécanique du MI
- une remise en charge précoce
- le deuxième allongement du même segment doit être réalisé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



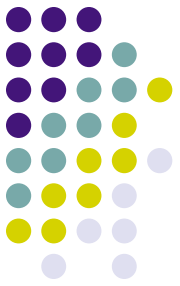
- l'allongement itératif à moins de 4 ans d'intervalle,
- l'allongement après le début de la poussée de croissance pubertaire sur les membres inférieurs,
- l'absence du charge précoce,
- les allongements accompagnés d'ostéotomies et de reconstruction au niveau du pied

COMPLICATIONS



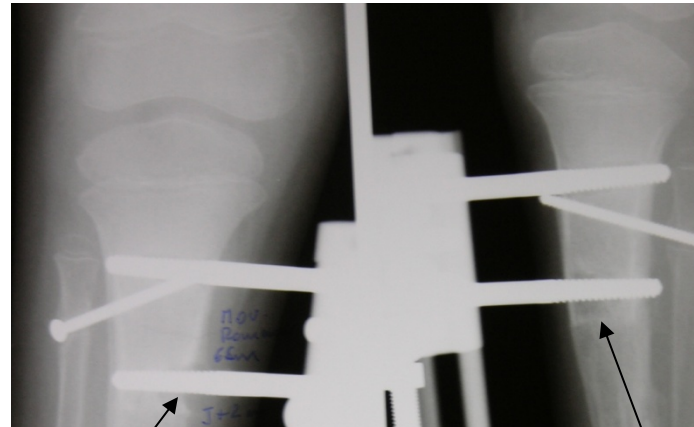
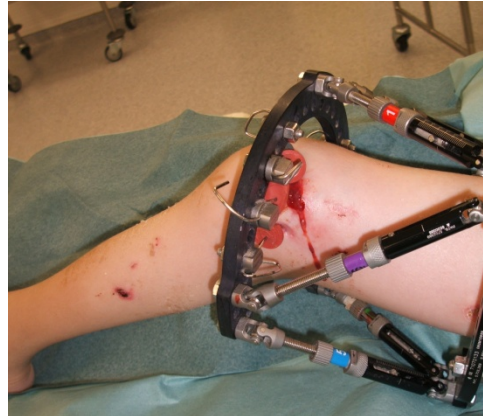
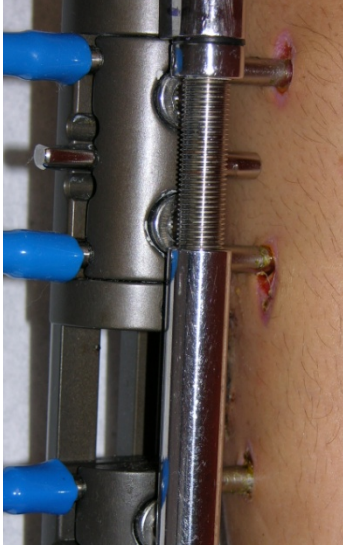
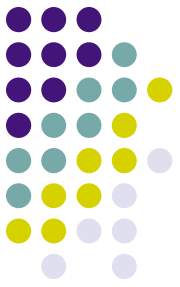
- Taux de complications de 12 à 120%
- Popkov A.V., 1990,1991
- Paley D., 1990
- Caton J., 1991, 2006
- Shevtsov V., Popkov A., PopkovD., Prévot J., Lascombes P., 2001
- Aldegheri R., Dalloca M., 2001
- Glorion Ch., 2000

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

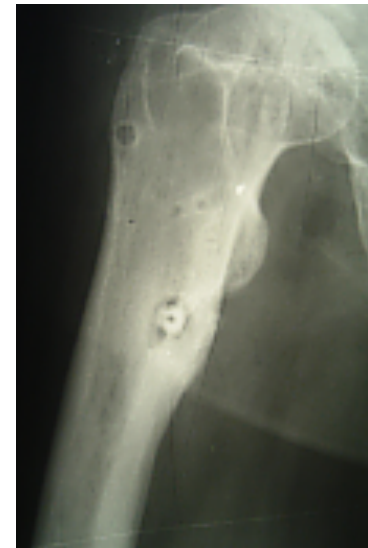


- Catégorie I: sujet ne présente aucune complication ou complications mineures guéries à la fin de l'allongement sans geste chirurgical complémentaire
- Catégorie II: sujet présente des complications avec addition d'un acte chirurgical qui n'était pas prévu, celle-ci ne laisse pas de séquelles. Le programme 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

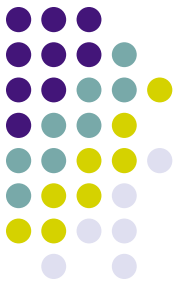
Problèmes infectieux de fiches ou de broches



ostéolyse



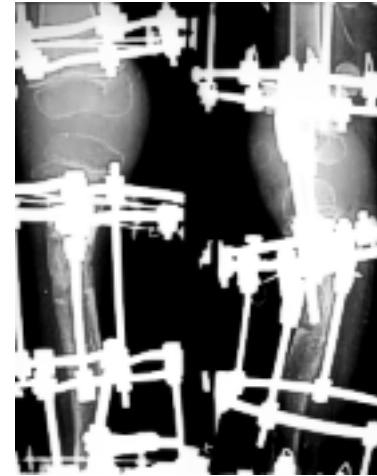
Complications articulaires



À l'âge de 5 ans,
avant intervention



Luxation antérieure du genou
au cours de l'allongement tibial



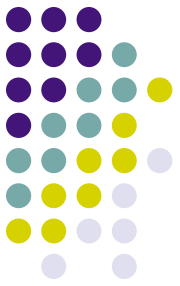
Réduction progressive du flexum et de la
luxation du genou a été obtenue
après avoir ponté l'articulation



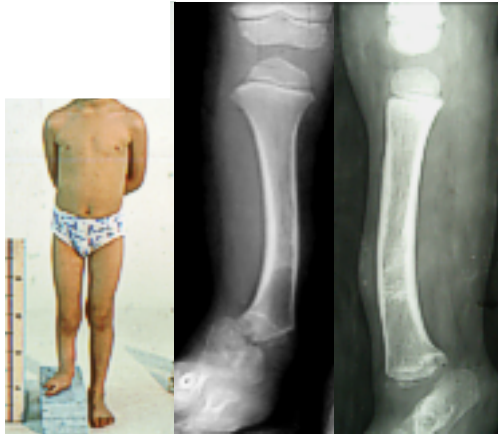
À l'âge de 8 ans



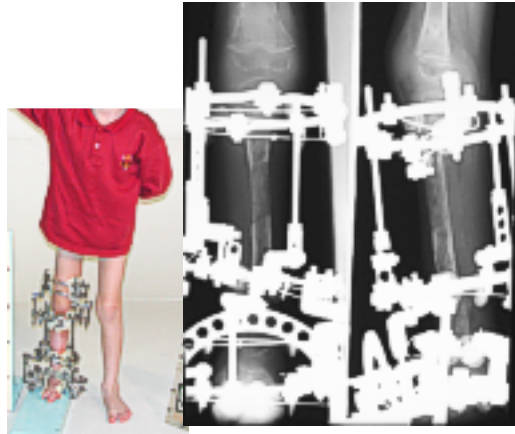
À l'âge de 16 ans



Fracture au niveau du régénérat

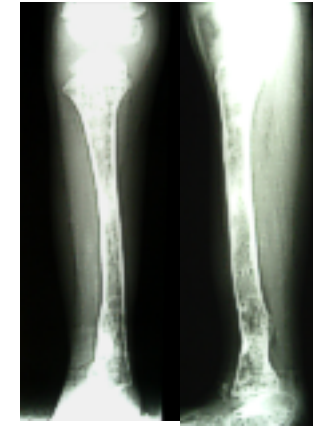


Patient U., âgé de 4,5 ans,
en préopératoire

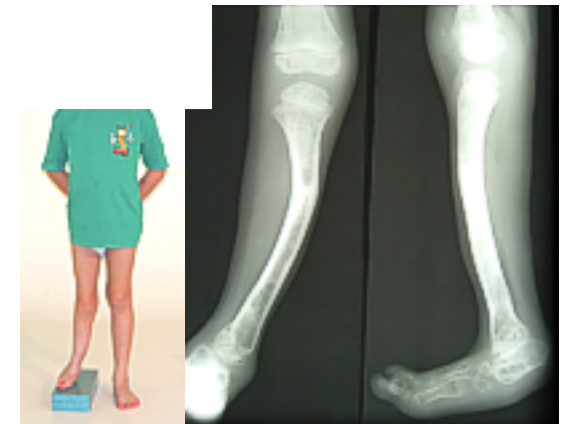


Au cours de l'allongement

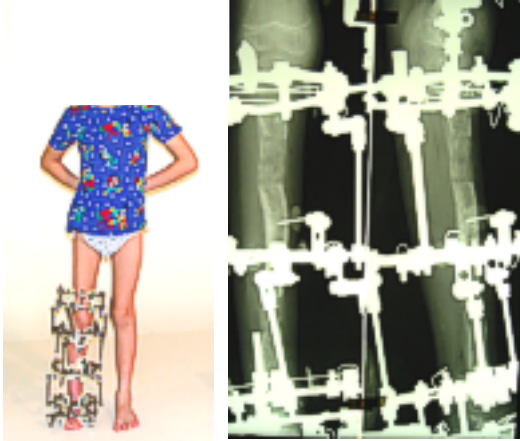
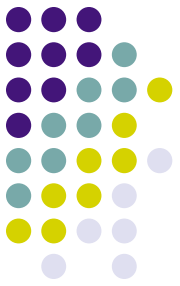
Gain d'allongement: 6 cm (41,4%)



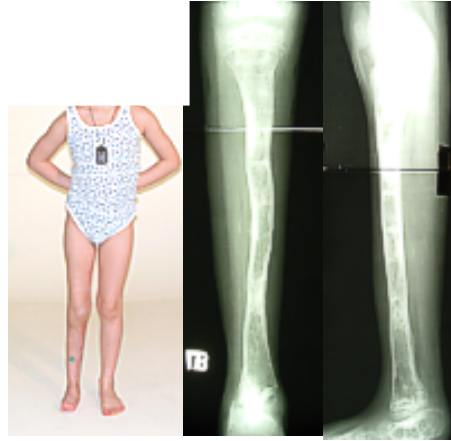
Après ablation



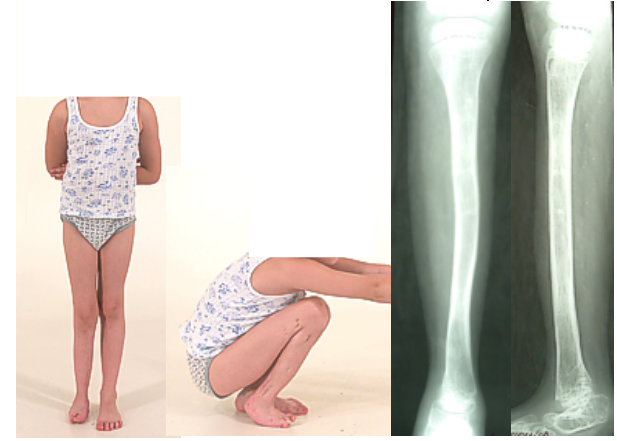
Fracture consolidée
à 2 mois après ablation



Deuxième allongement
à l'âge de 6 ans



2 mois après ablation
du matériel externe

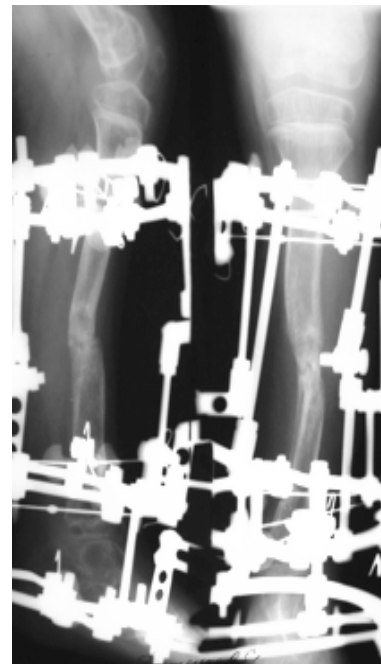
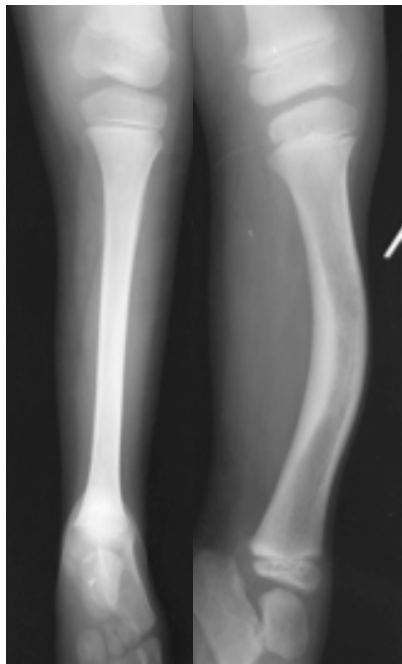


12 mois après ablation
À l'âge de 7 ans 4 mois

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



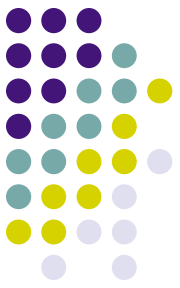
Complications osseuses



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

