

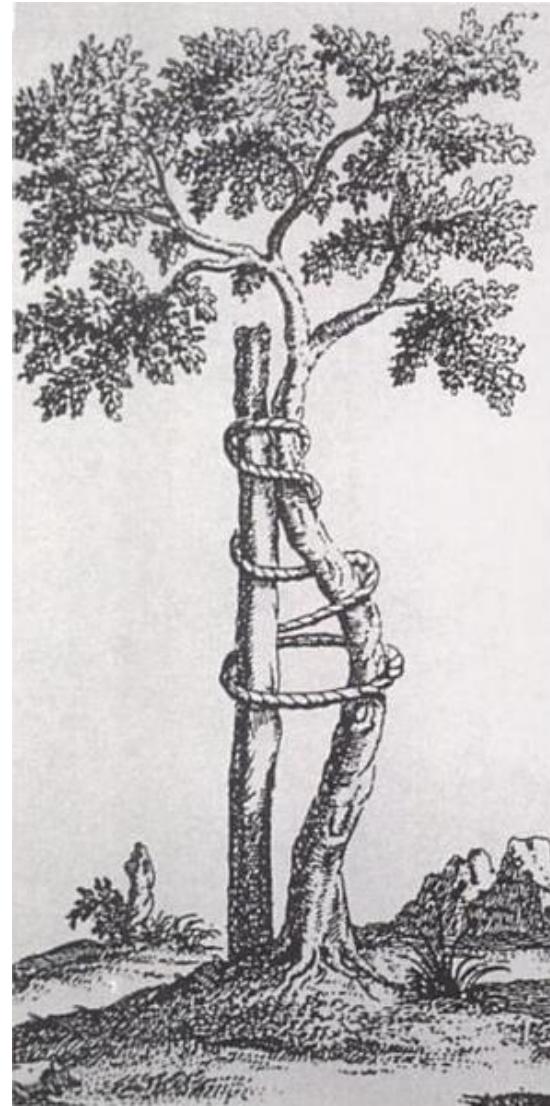


# Monitoring peropératoire par potentiels évoqués de la chirurgie du rachis : fil d'Ariane de la neurologie à la chirurgie

Docteur Isabelle Hansen  
Professeur Philippe Gillet



# L'arbre de Nicolas Andry, symbole de toutes les sociétés de chirurgie orthopédique au monde



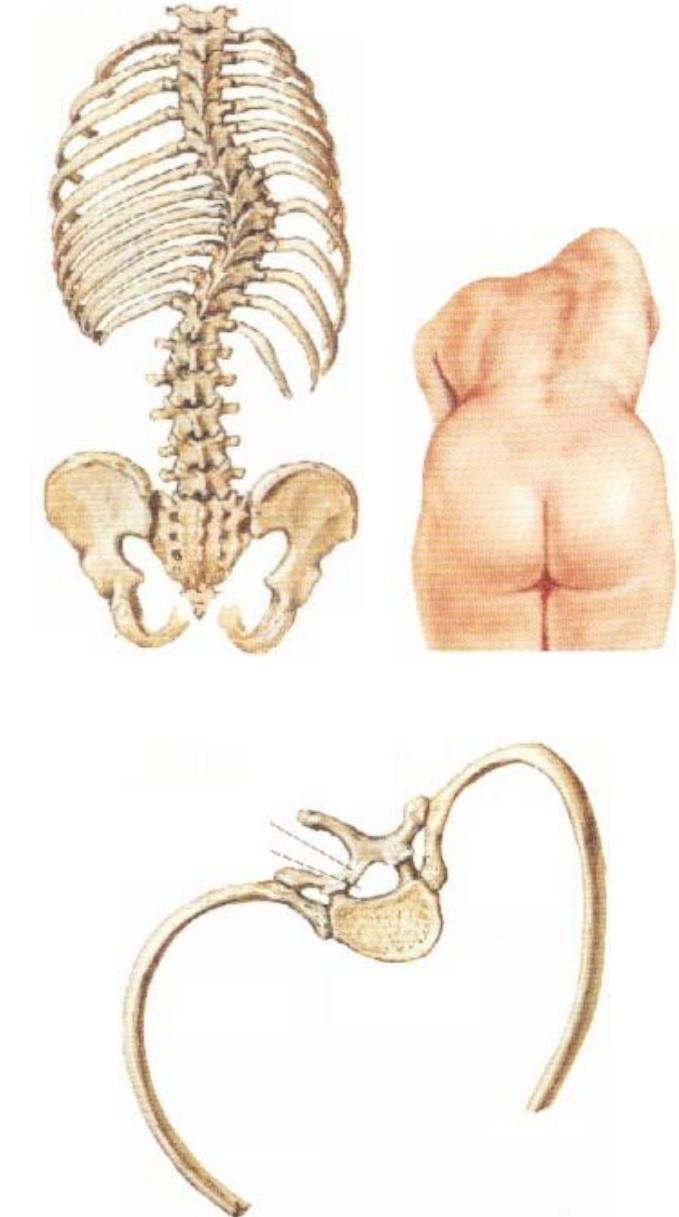


# Scolioses

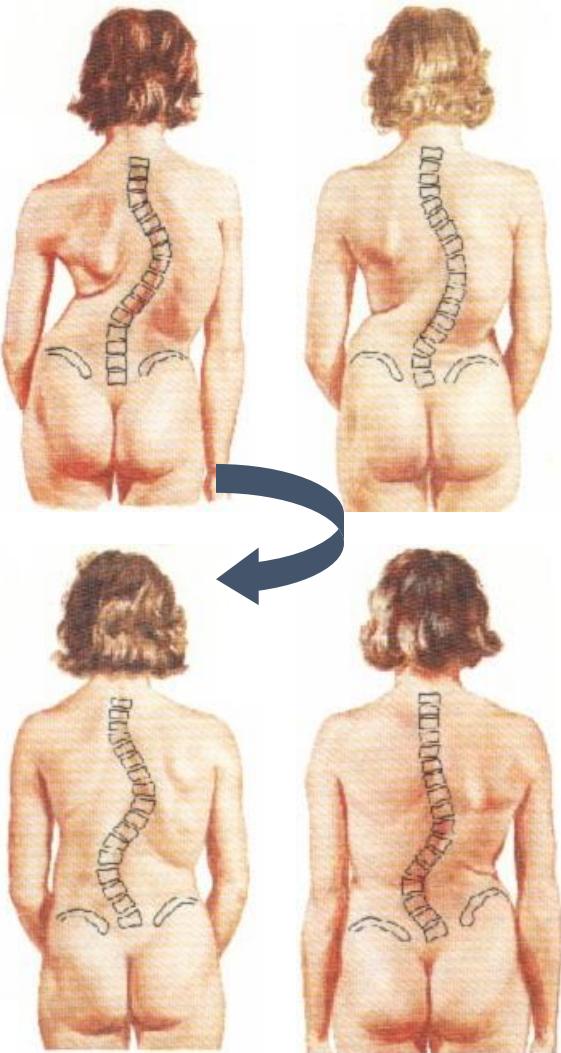
- Scolioses idiopathiques
  - La plus fréquente, peut toucher n'importe quelle partie du rachis dorsal et lombaire, risque évolutif variable en fonction de l'âge (voir plus loin)
  - Origine inconnue, maladie neurologique, endocrinienne ?
- Scolioses neurologiques
  - Nombreuses pathologies (maladies neuromusculaires, polio, IMC...), risque évolutif variable mais habituellement élevé
- Scolioses sur malformations vertébrales, congénitales
  - Hémivertèbres
  - Barres (défauts de segmentation)
- Scolioses dégénératives
- Scolioses acquises en raison d'une déformation induite de la cage thoracique : irradiation dans l'enfance ...

# Scolioses idiopathiques

- Survennent le plus souvent à l'adolescence, comportent un haut potentiel évolutif lors du pic de croissance, ce qui impose un suivi systématique de toute scoliose jusqu'en fin de croissance car il est impossible au départ de prévoir celles qui s'aggraveront et celles qui resteront peu importantes
- Peuvent apparaître dans les premières années de la vie (<3ans) : scolioses infantiles, habituellement résolutives
- Si elles apparaissent chez l'enfant (3 à +/-10 ans) : scolioses juvéniles, presque toujours important risque évolutif



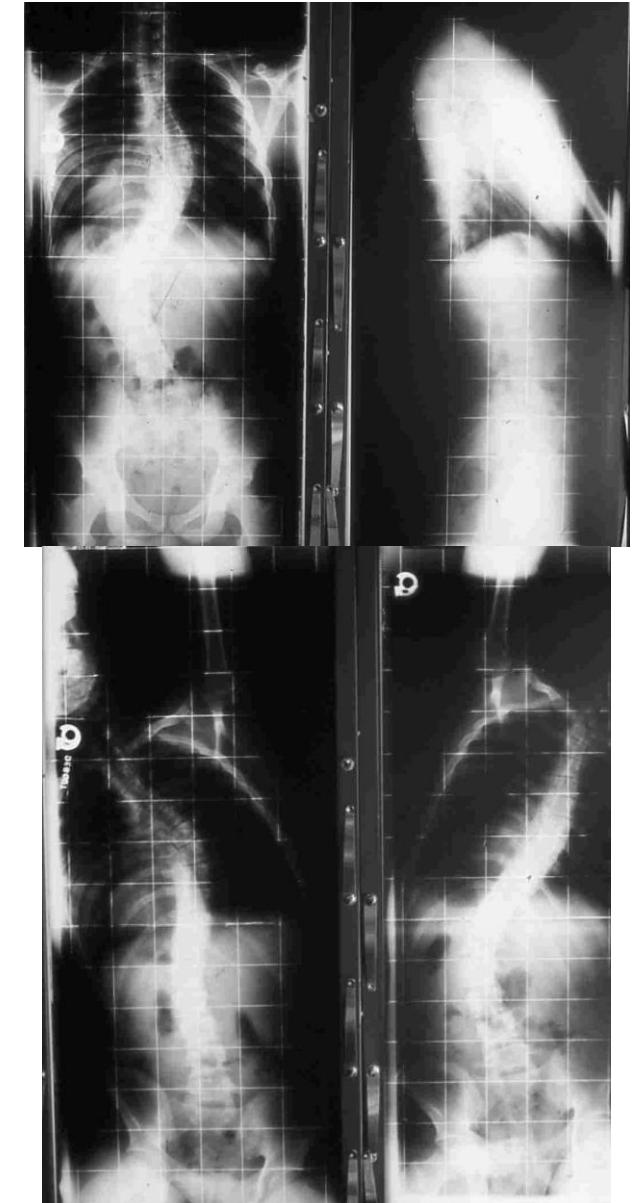
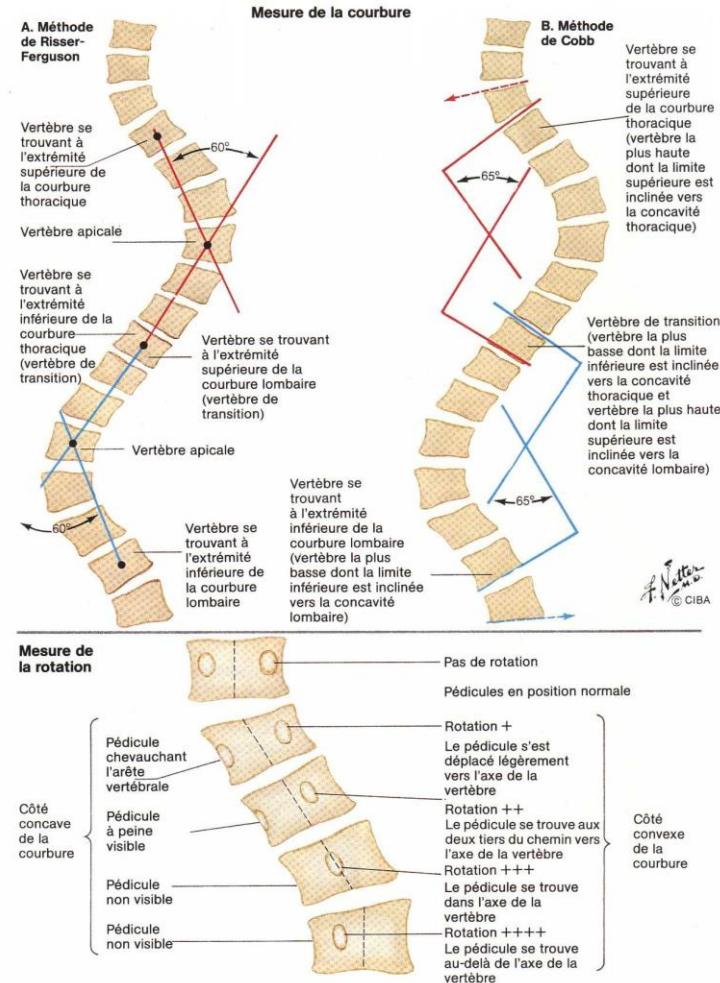
# Grands groupes de scolioses idiopathiques au point de vue topographie



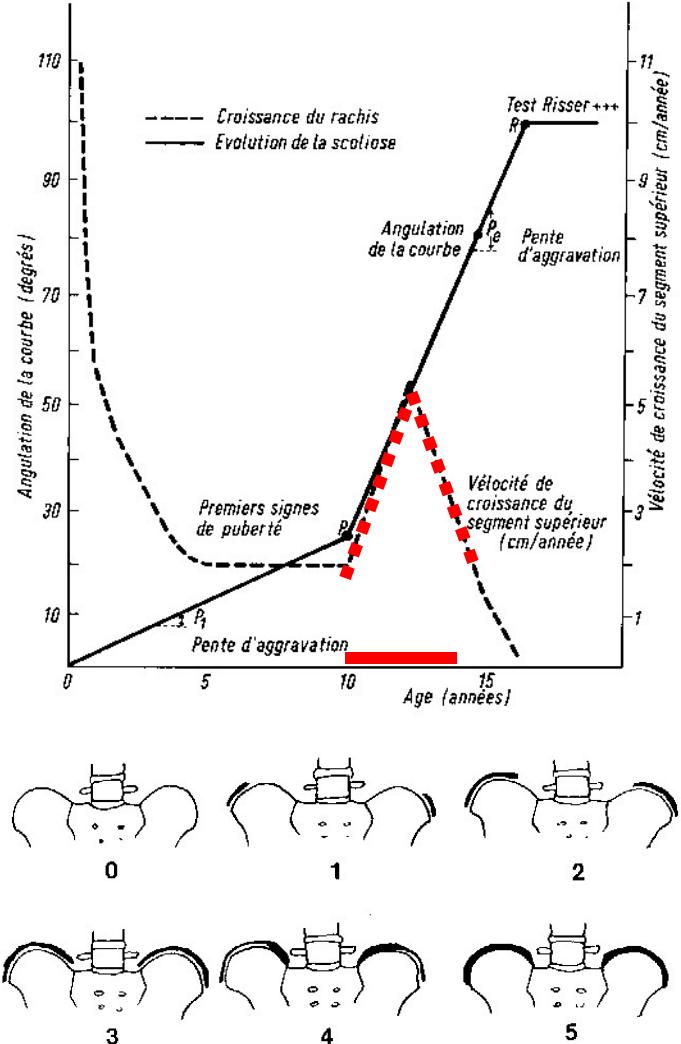
- Dorsale droite, sommet ~D8, risque respiratoire pour des courbures très évoluées (>>90°)
- Dorso-lombaire, sommet D12, L1 ; souvent très inesthétique, tronc très asymétrique
- Lombaire gauche, sommet ~L3, souvent responsable à l'âge adulte de lombalgies, peut s'enraider au niveau lombosacré, devenant difficile à corriger
- Double majeure, association d'une dorsale et d'une lombaire toutes deux à potentiel évolutif, souvent bien tolérées

# Mesure de l'angulation d'une scoliose

- **Méthode de Cobb, universelle** mais souvent mal appliquée => ne pas faire une confiance aveugle au protocole radiologique, remesurer la courbe : **angle entre les vertèbres les plus obliques, en rotation neutre (pédicules symétriques)**
- Marge d'erreur de  $5^\circ$ , il faut donc plus pour affirmer une aggravation angulaire
- Les inflexions latérales permettent d'évaluer la correctibilité des courbures et de discerner les courbures pathologiques et compensatrices



# Risque évolutif lié au potentiel de croissance



- Age biologique
- Indice de Risser
- Apparition des ménarches
- Caractères sexuels secondaires
- Filles plus précoces que garçons
- **GRANDE VARIABILITE INDIVIDUELLE**, pécher par excès de prudence, suivi tous les 3 à 6 mois

# Scolioses idiopathiques, possibilités thérapeutiques

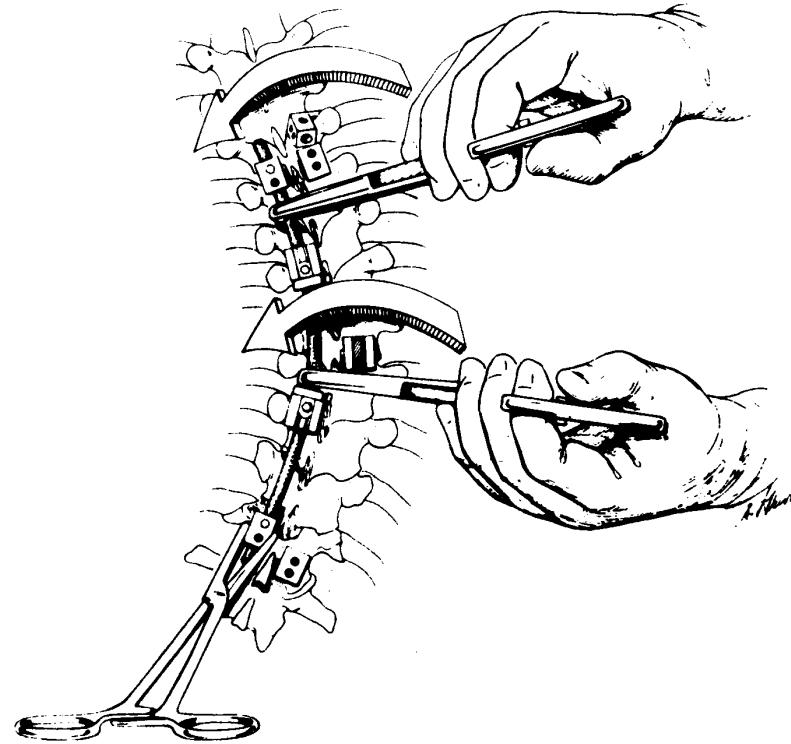
- Kinésithérapie : efficacité incertaine pour freiner l'évolution d'une scoliose idiopathique, surtout un rôle adjuvant pour la statique globale et constitue un lien avec le patient et ses parents qui favorise le suivi en consultation (aucun traitement = pas de traitement nécessaire => négligence pour se soumettre au contrôles)
- Corsets : divers types, en fonction de l'importance de la courbure, de sa localisation. Ne permettent guère d'espérer une correction durable de la déformation rachidienne, ils réalisent une correction artificielle pendant la durée du port du corset, à son ablation, le meilleur résultat qu'on peut habituellement en attendre est un retour à la valeur angulaire du début du traitement => en informer précisément le patient et ses parents
- Chirurgie : uniquement en cas d'échec du traitement conservateur, mais parfois indispensable (voir détails plus loin)

# Chirurgie des scolioses idiopathiques

- Envisagée lorsque la courbure atteint minimum 40° (selon la méthode de Cobb) et qu'il existe un risque d'aggravation
- L'indication opératoire dépend donc de la gravité de la déformation mais aussi de l'âge et du degré de maturité
  - Indice de Risser
  - Âge osseux
  - Caractères sexuels secondaires
- *Par exemple, une scoliose de 45° chez une fille non pubère de 12 ans risque de devoir être opérée mais la même scoliose, si elle est esthétiquement acceptable ne sera pas opérée chez une jeune fille de 19 ans*

# Principes de technique chirurgicale dans la chirurgie des scolioses

- Il n'existe à ce jour pas de technique permettant de corriger une scoliose sans rigidifier définitivement le segment opéré
- L'opération consiste en une greffe osseuse (arthrodèse) du ou des segments malades, cette greffe est destinée à maintenir la stabilité définitive de la correction est obtenue par une ostéosynthèse relativement complexe qui corrige avec plus ou moins de succès la déformation et la maintien comme telle pendant que la greffe osseuse consolide



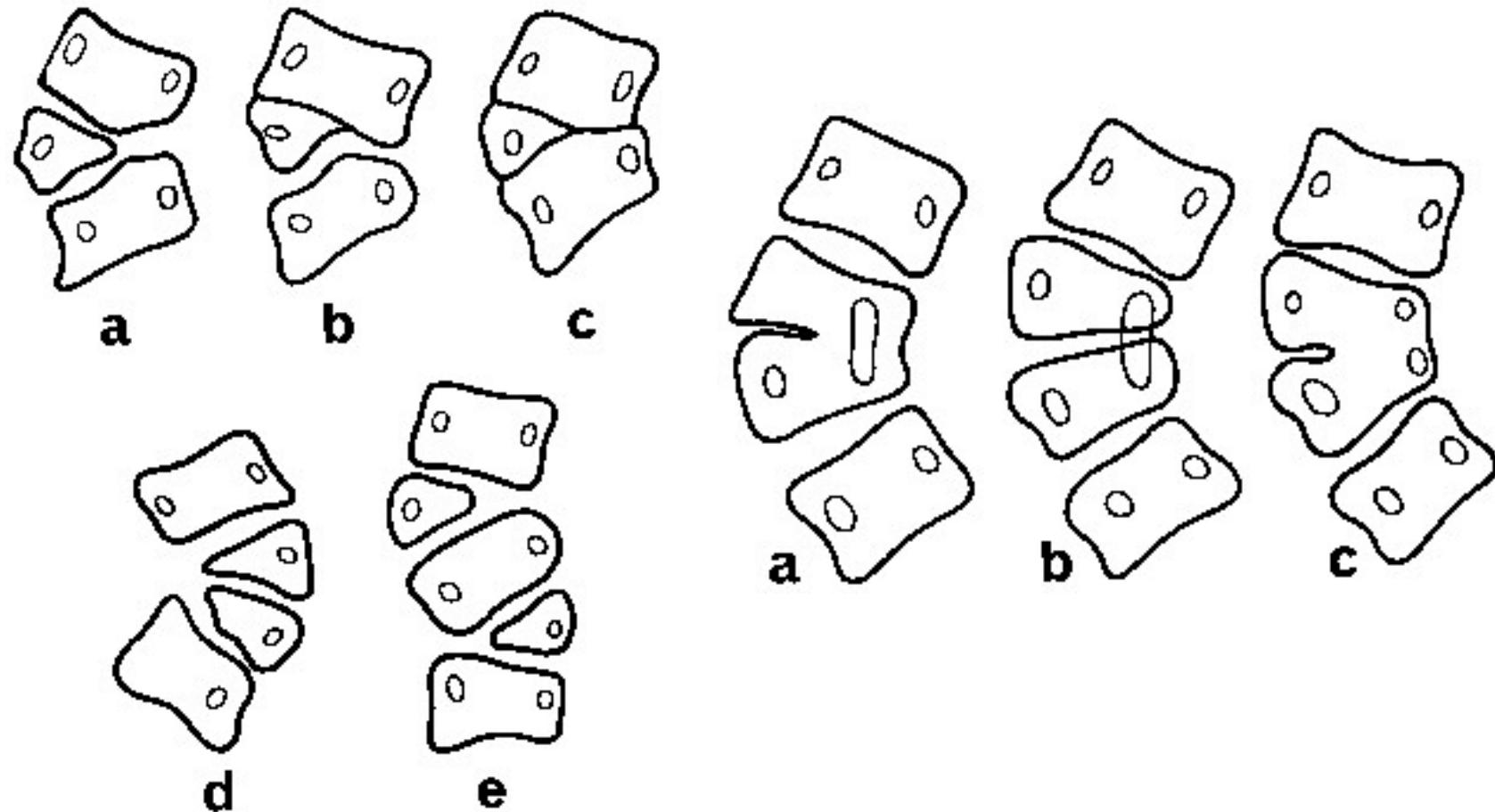
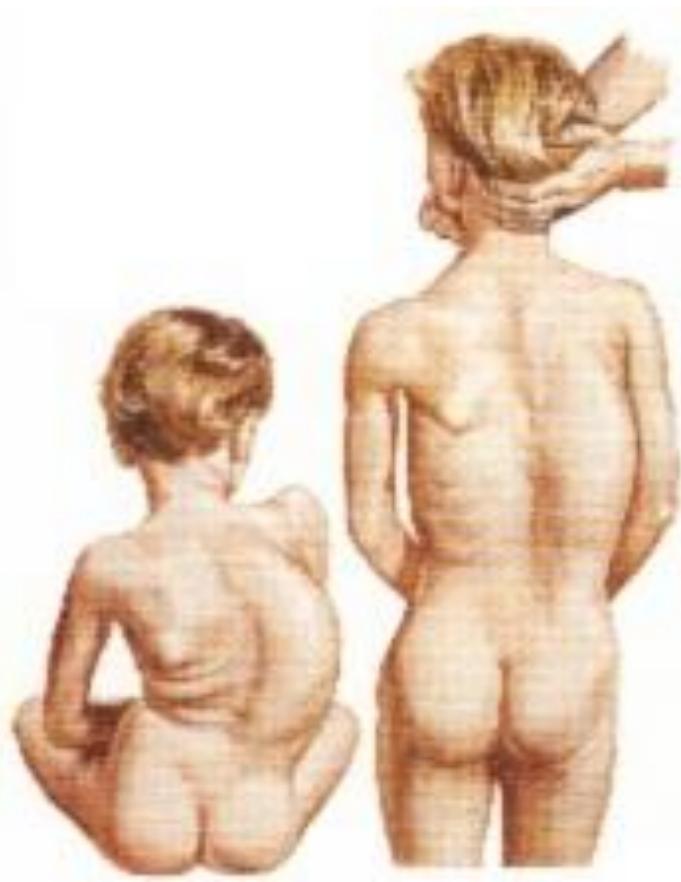
# Risques du traitement chirurgical

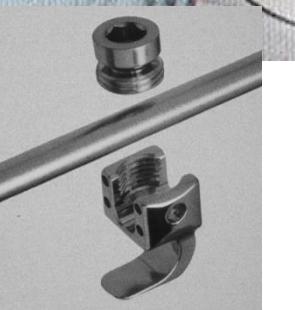
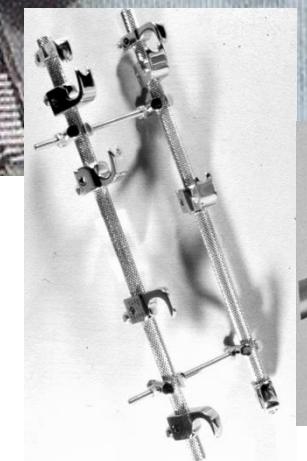
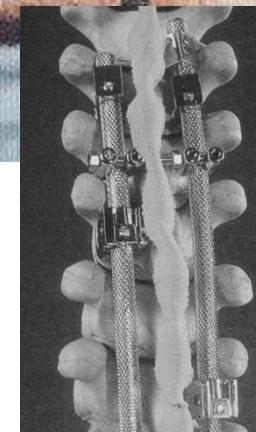
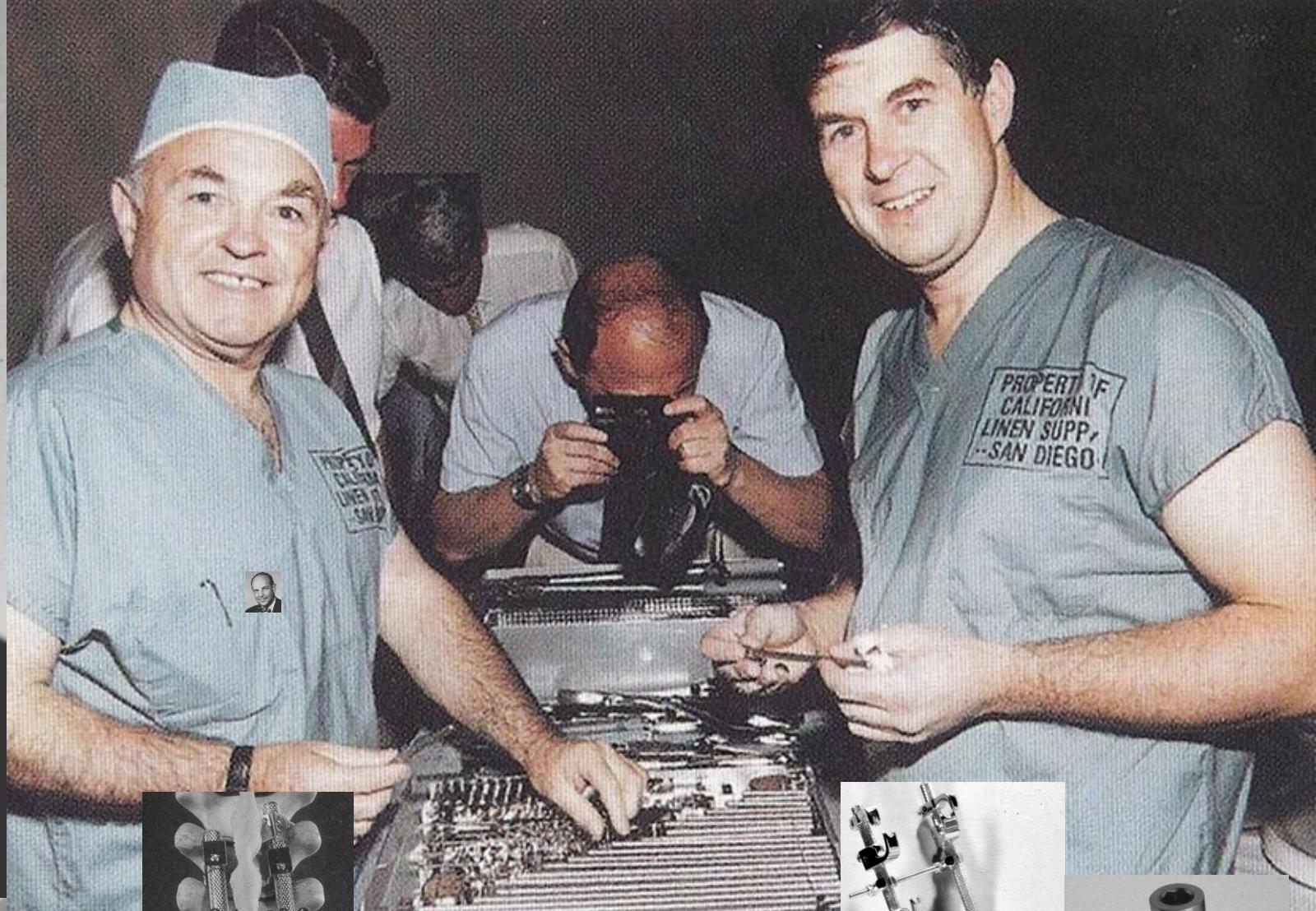
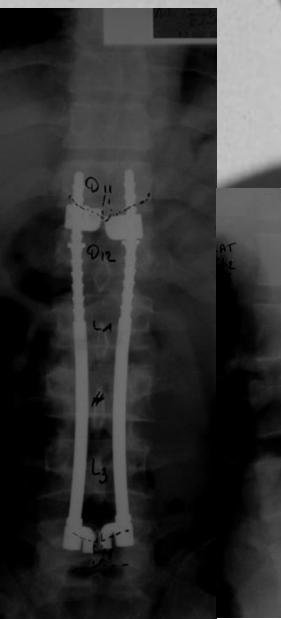
- Tous les risques habituels de la chirurgie, en particulier le risque infectieux
- Risque particulier de déficit neurologique lié au risque de traction longitudinale sur la moelle pendant la correction de la déformation. Ce risque est en pratique faible (mais dramatique) en utilisant des techniques modernes qui corrigent surtout la déformation dans le plan transversal et grâce à la réalisation de
  - Potentiels évoqués somesthésiques peropératoires et du
  - Test de réveilqui alertent le chirurgien d'un incident neurologique

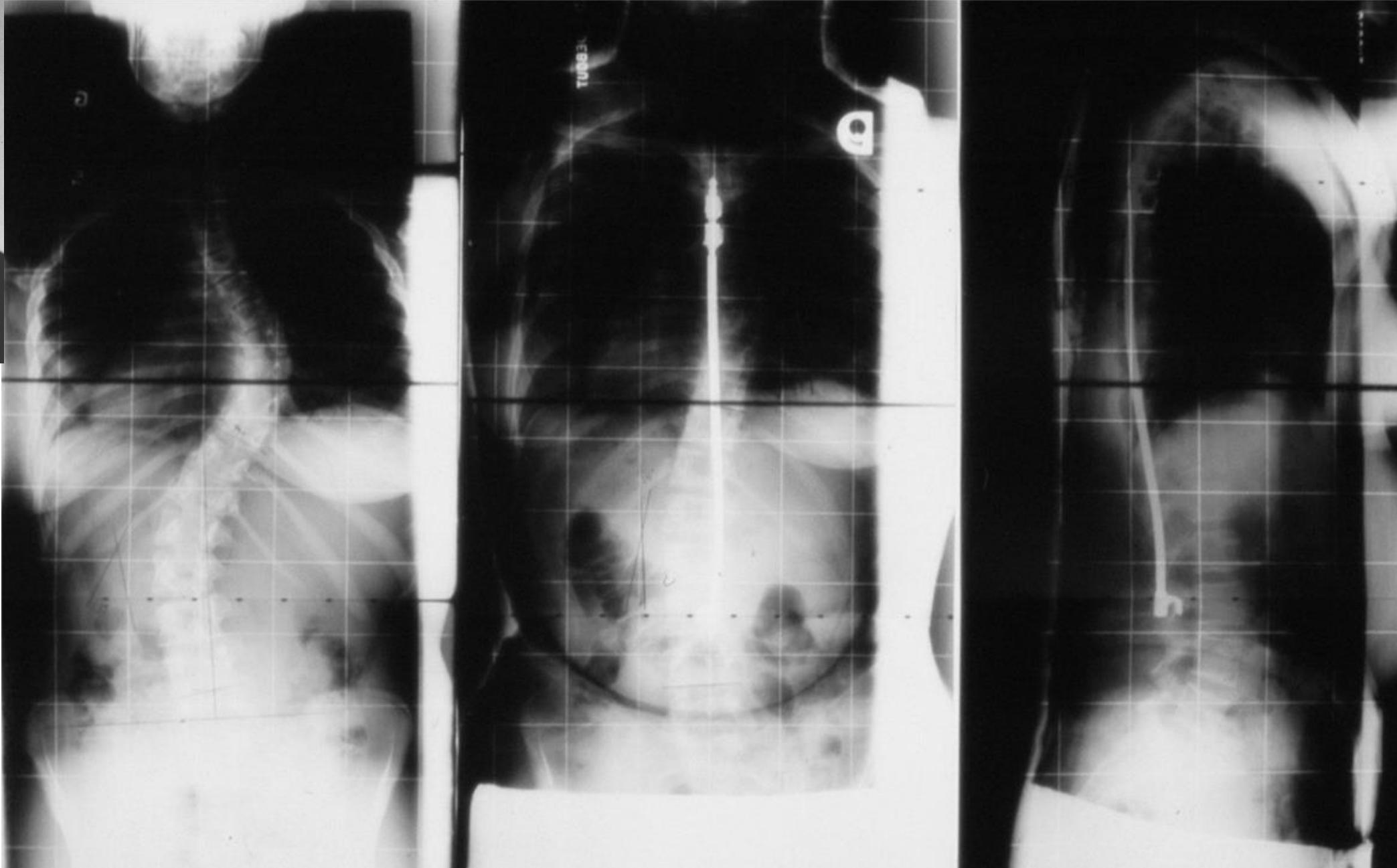
# Convalescence et avenir des scolioses opérées

- La qualité des ostéosynthèses actuelles, par leurs multiples ancrages, assure une bonne stabilité de la correction avant que la greffe osseuse soit solide
- Les corsets postopératoires ne sont plus nécessaires
- La scolarité peut souvent être reprise après un mois
- Il convient de respecter malgré tout les règles d'épargne rachidienne pendant le délai de consolidation de la greffe osseuse, de 6 à 12 mois : respecter les consignes du chirurgien au cas par cas
- En ce qui concerne la reprise de sports et le choix de la profession future, il faut tenir compte de la longueur de l'arthrodèse : moins il persiste de segments lombaires libres, plus le risque de surmenage et d'arthrose à long terme est élevé

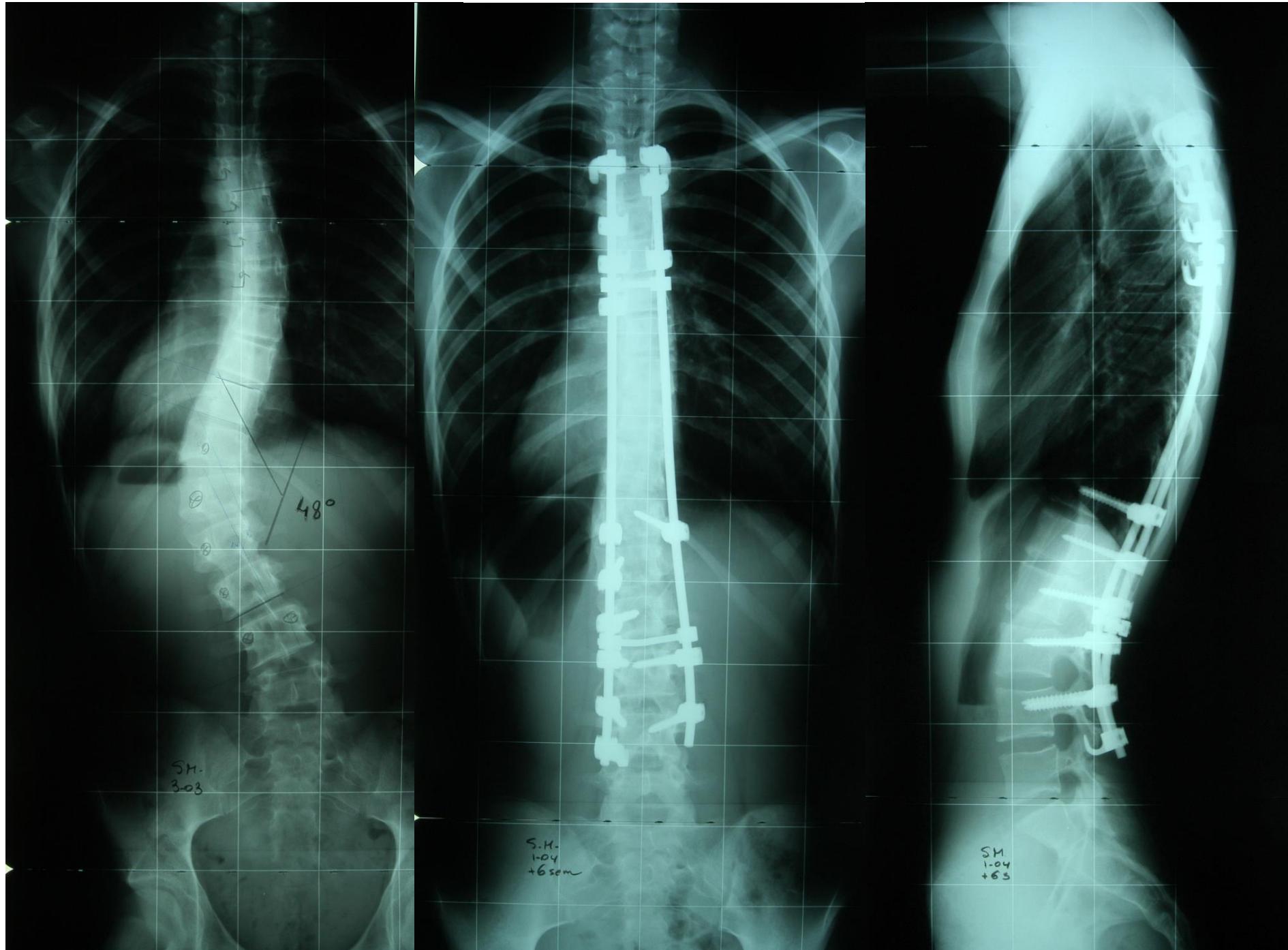
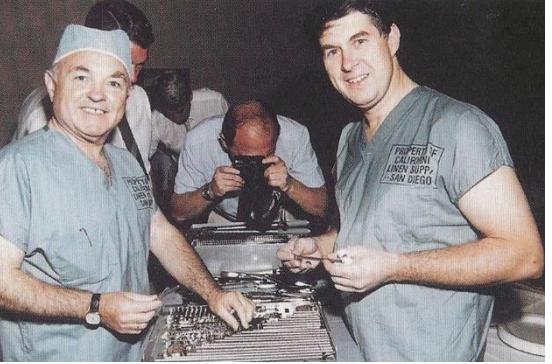
Cas particuliers : scolioses neurologiques (spastiques ou paralytiques), hémivertèbres, barres congénitales





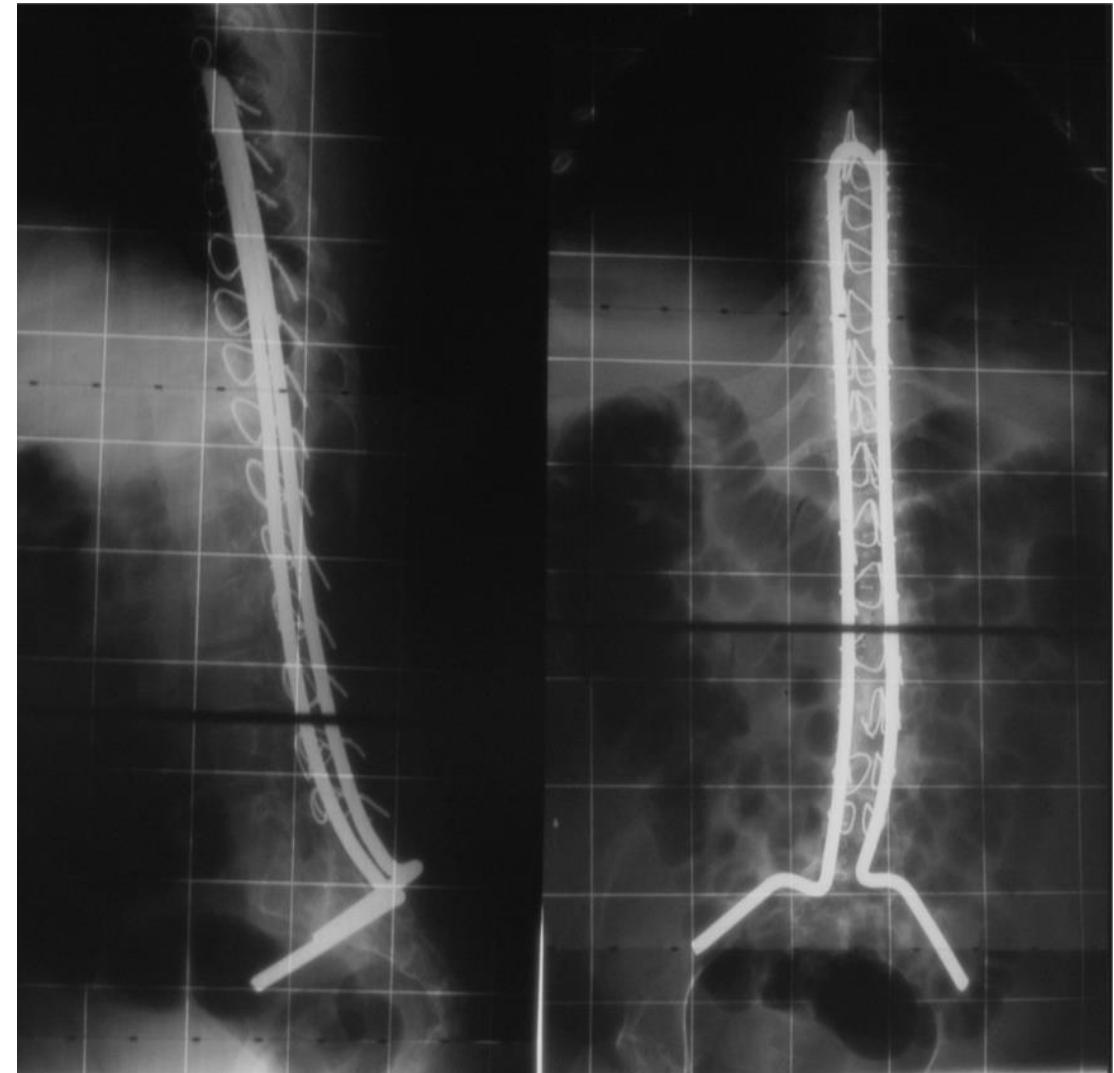


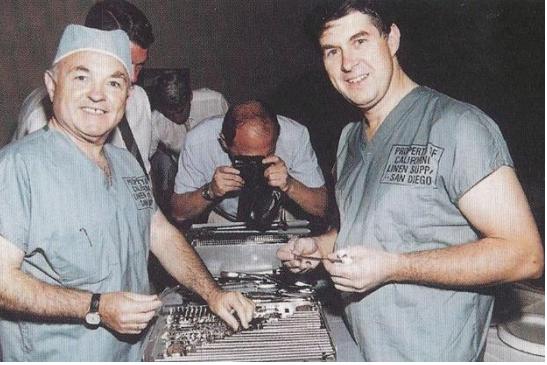
*Cas de 1985, Dr Alain Jodoin, Sacré Cœur, Montréal*



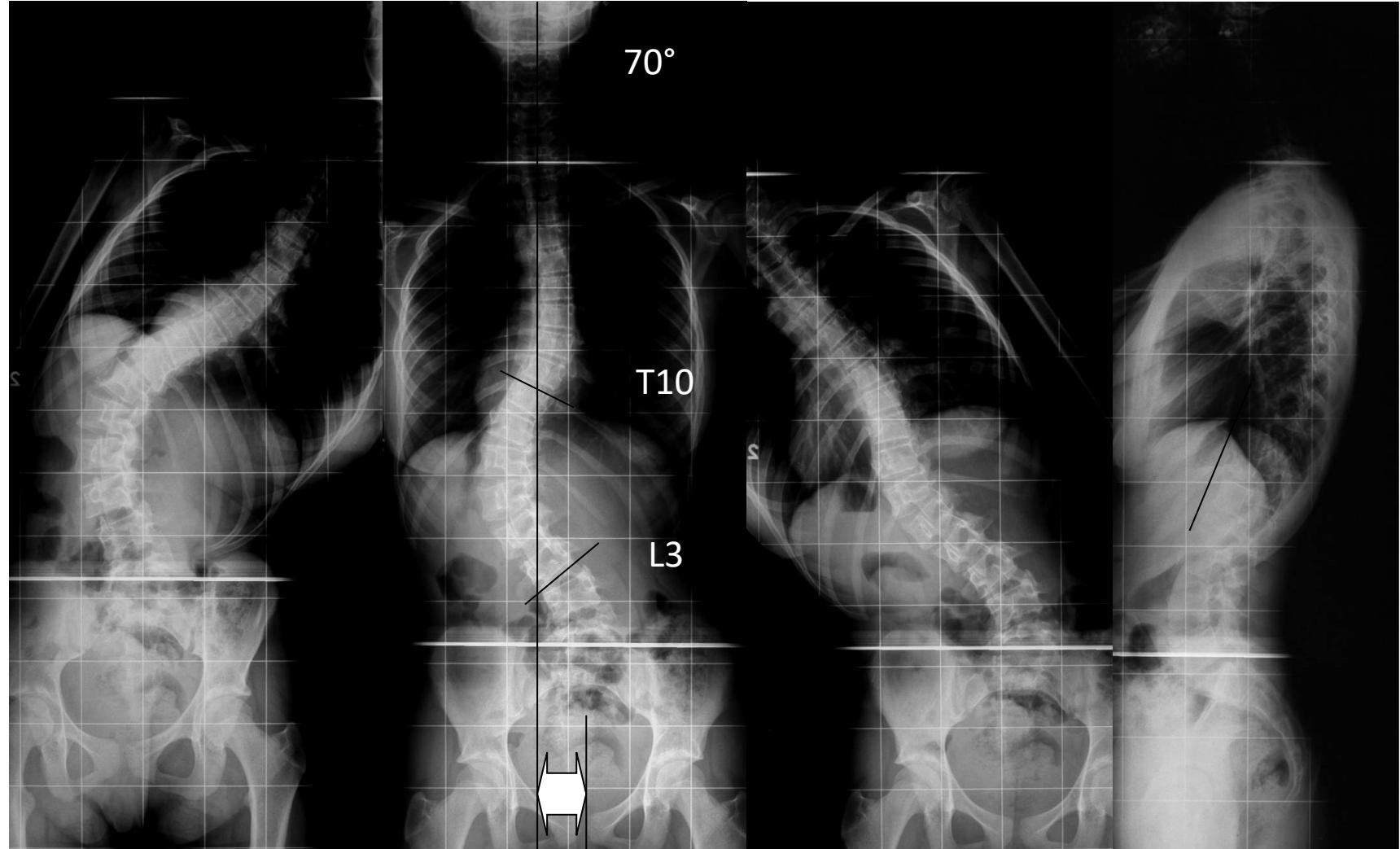
# Tiges de Luque et cerclages sous-lammaires :

- Première technique avec fixation segmentaire permettant une correction 3D et offrant une excellente stabilité sans corset
- Mais risque théorique pour l'axe radiculo-médullaire et uniquement valable pour des montages longs vu la biomécanique d'un cerclage sous lamaire
- => abandon progressif mais reste indiqué dans certaines scolioses neurologiques





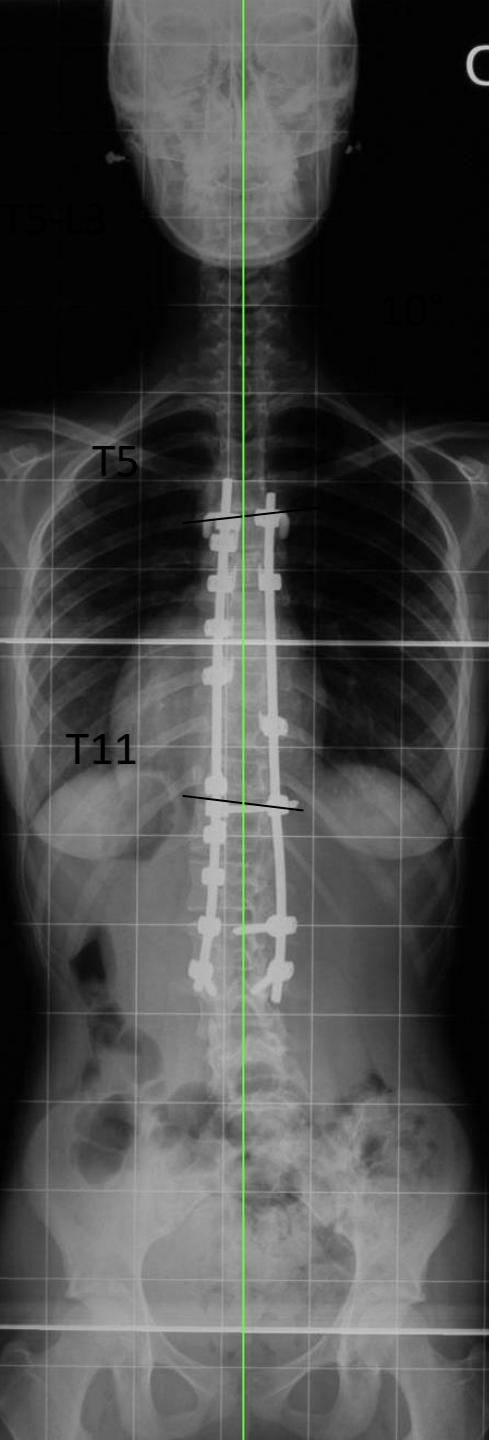
L. Elodie 14/04/2005 *patient n° 94*



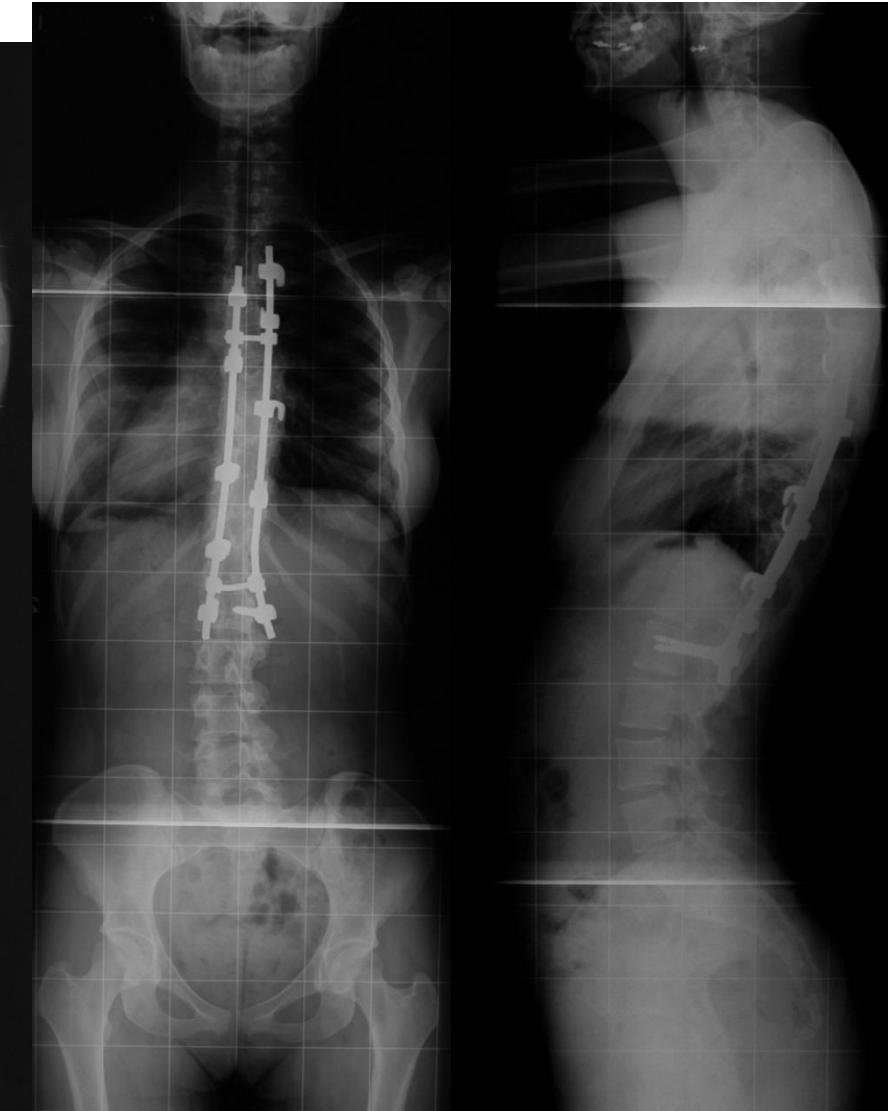
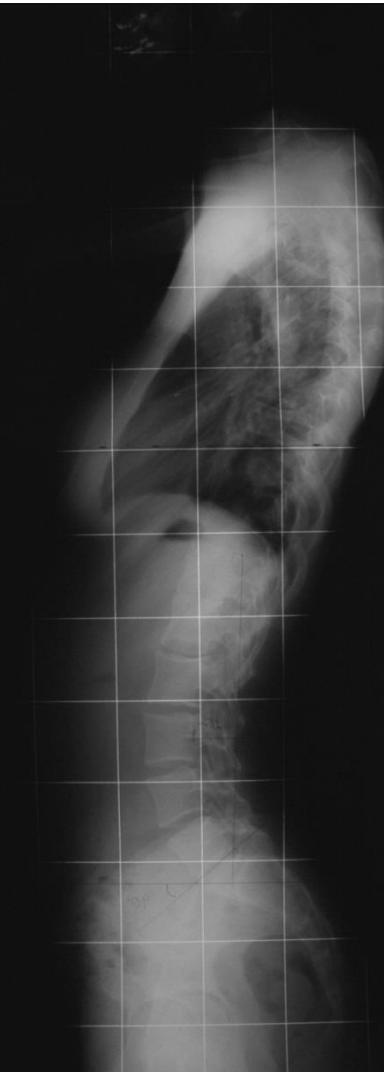
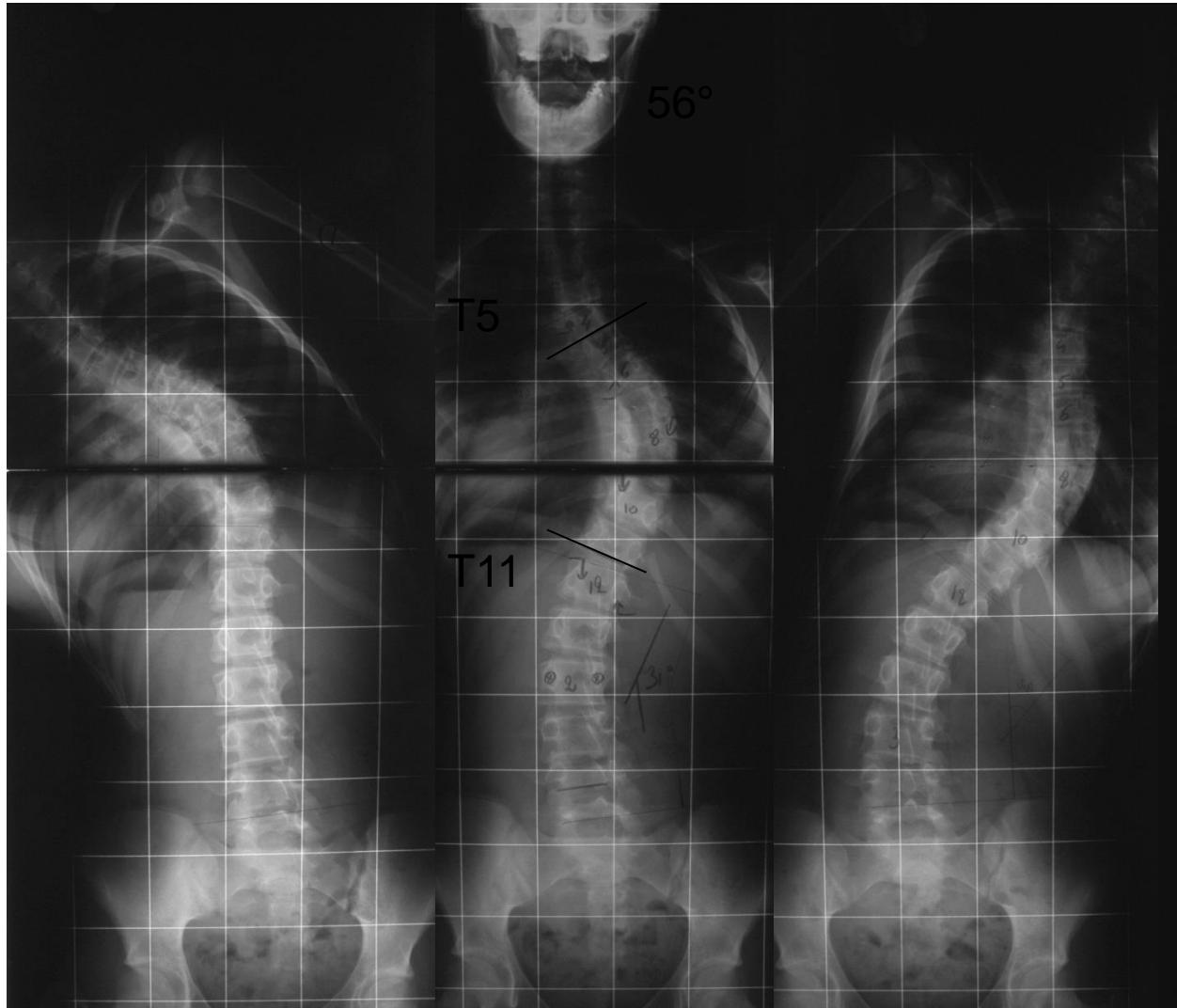
L. Elodie  
14/04/2005

*patient n° 94*

- Pedicle hooks T5, 6, 7, 8
- Pedicle screws T11, 12, L1, 2, 3
- Derotation and anterior pushing of the thoraco-lumbar curve with the screws



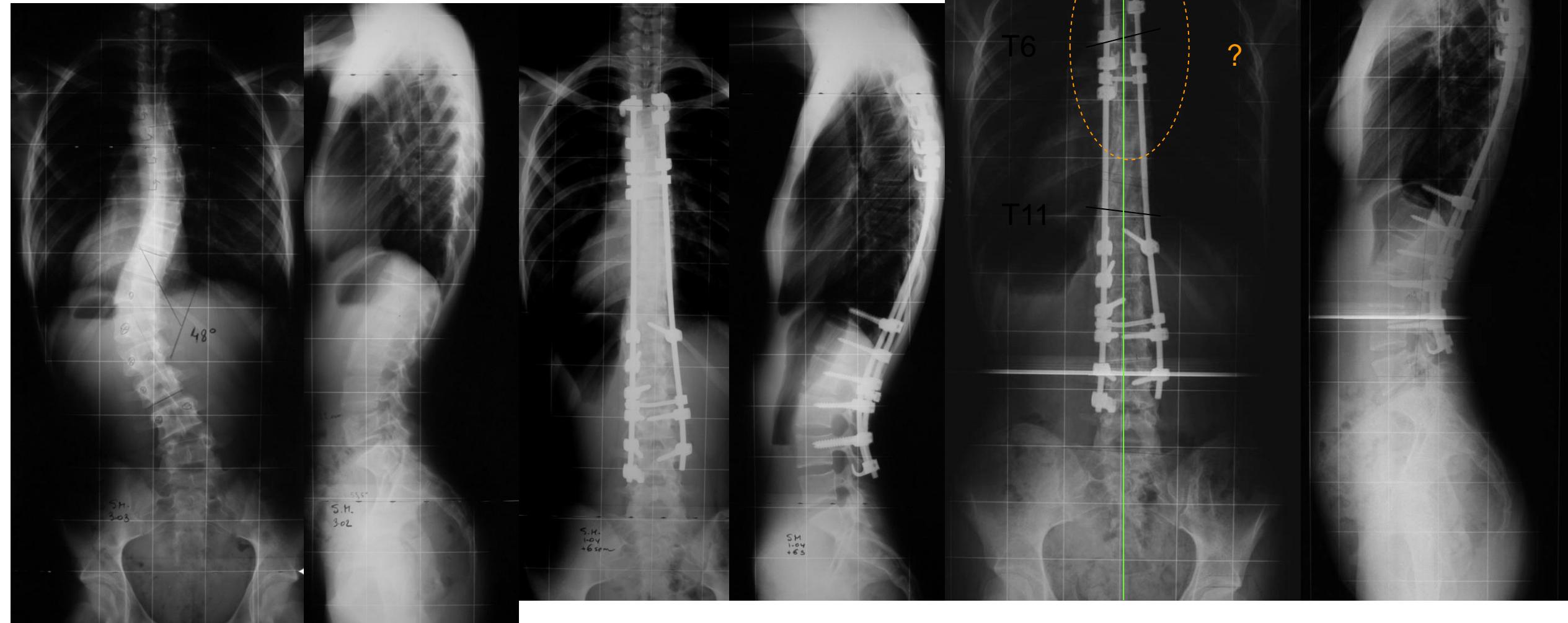
K. Kathy 1999/09/30 *patient n°51*



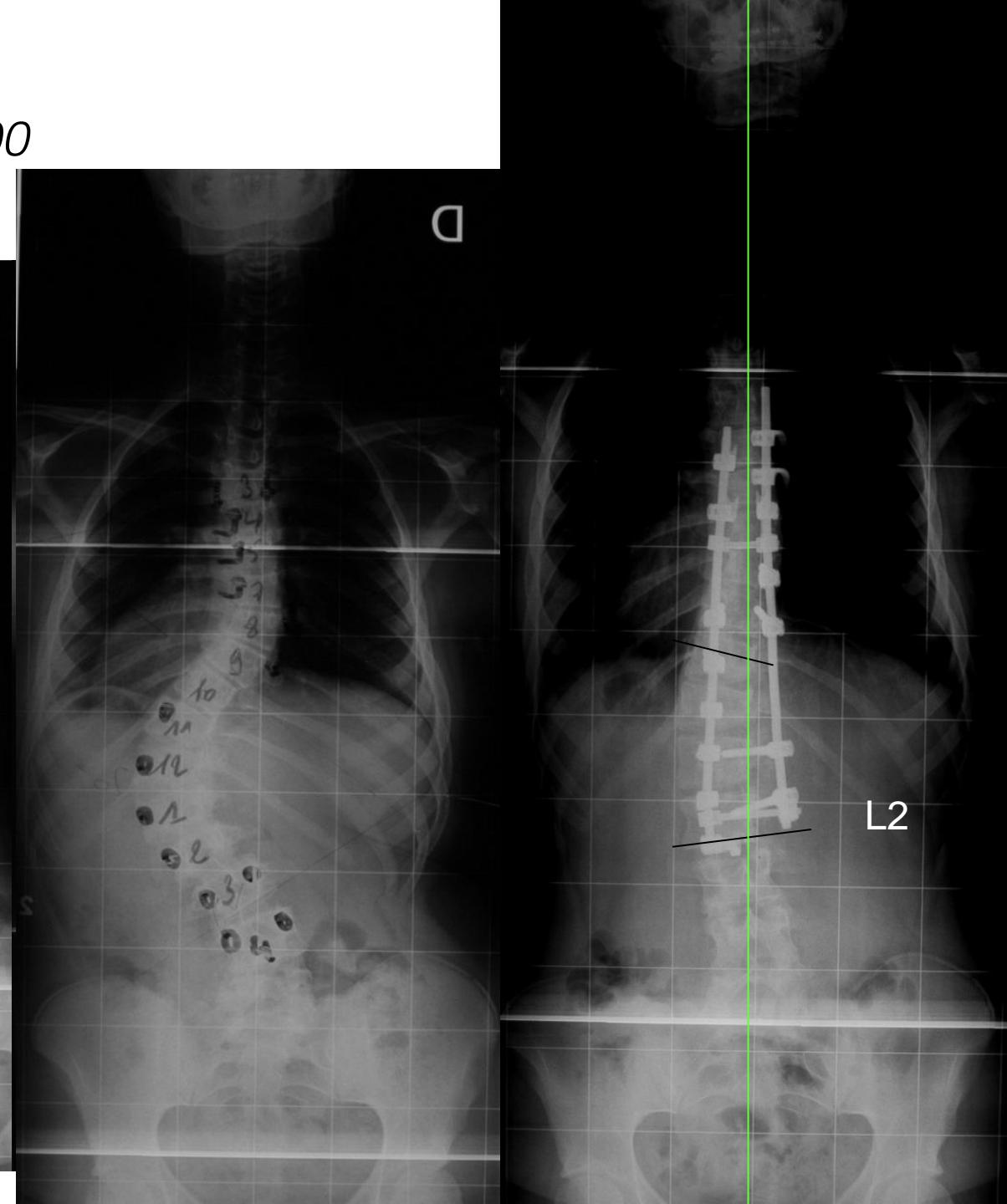
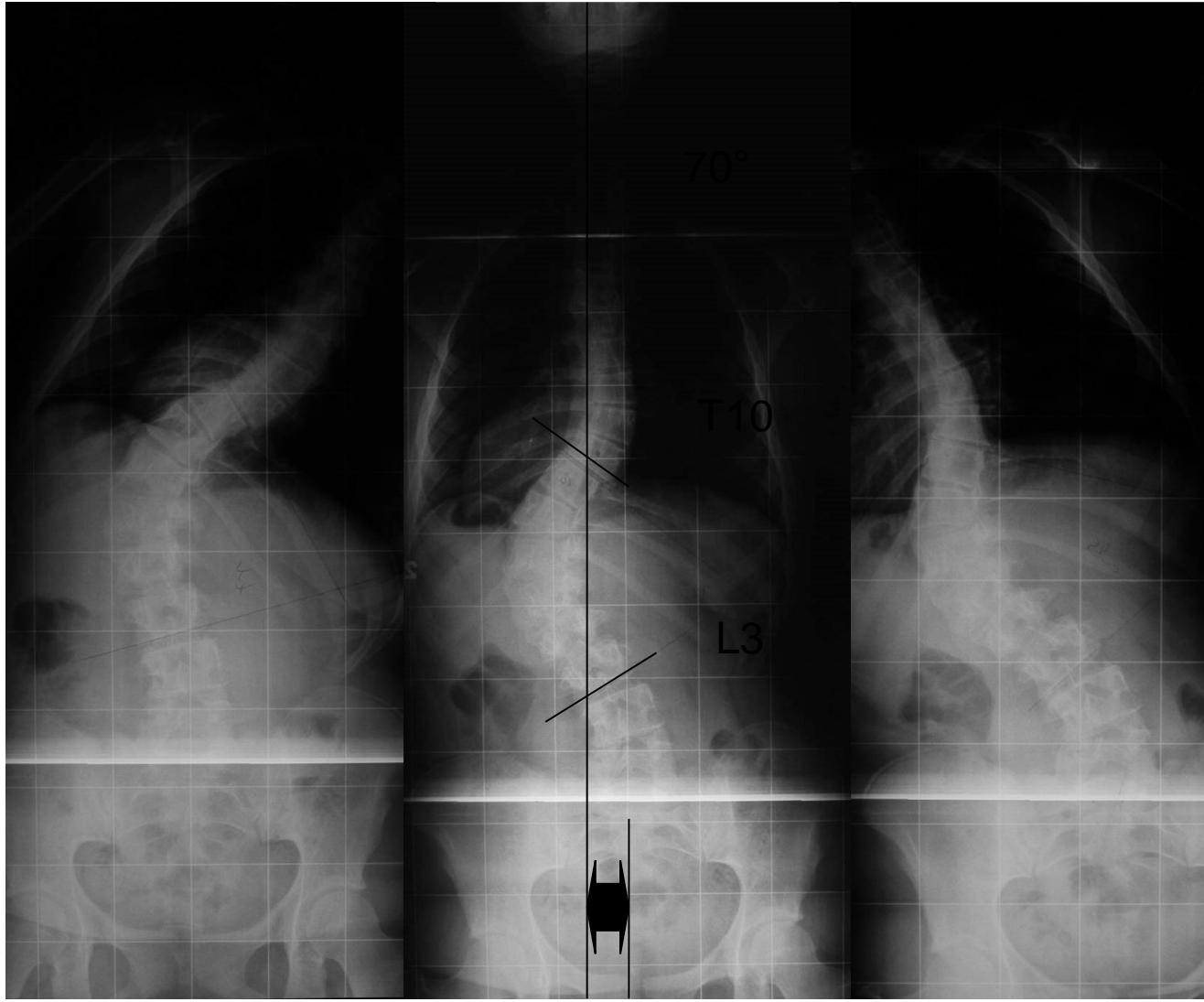
K. Lindsay 2005/10/13 *patient n°99*



S. Florence 2003/11/24  
patiente n°81



M.Tatyana 2005/12/22 *patient n°100*



# Complications les plus redoutables de la chirurgie de scoliose

## Complications neurologiques médullaires

Incidence variable selon études

Scoliosis Research Society - SRS : 1 % de complications

### Origine mécanique

Traction ou compression structures neurologiques

### Origine vasculaire aboutissant à une hypoperfusion médullaire

Hémorragie peropératoire

Hypotension

Traction – vasoconstriction

# Facteurs de majoration du risque

Scoliose congénitale

Adaptabilité des tissus à l'allongement

Cyphose associée

Sévérité de la scoliose - angle de Cobb  $>90^\circ$

Traction ou collapsus vasculaire après correction

Chirurgie de révision

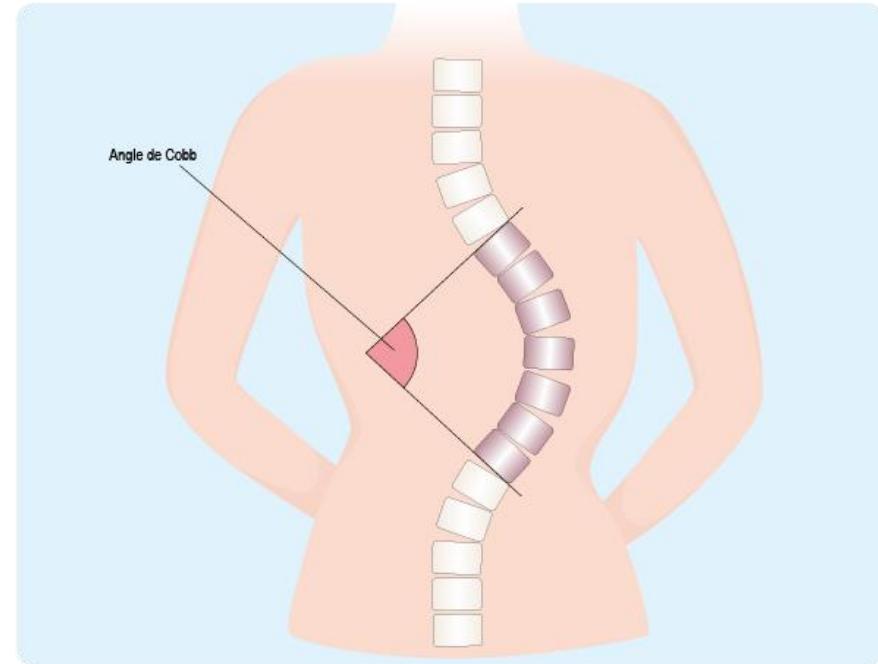
Ischémie médullaire

Hypotension et/ou hémorragie peropératoire

Approche combinée antérieure et postérieure

Abord antérieur : sacrifice de vaisseaux intercostaux et désalimentation de la perfusion segmentaire de la moelle

Risque estimé à 1,87 % - SRS



# Complications ophtalmologiques

J Am Acad Orthop Surg 2007

## Position ventrale peropératoire

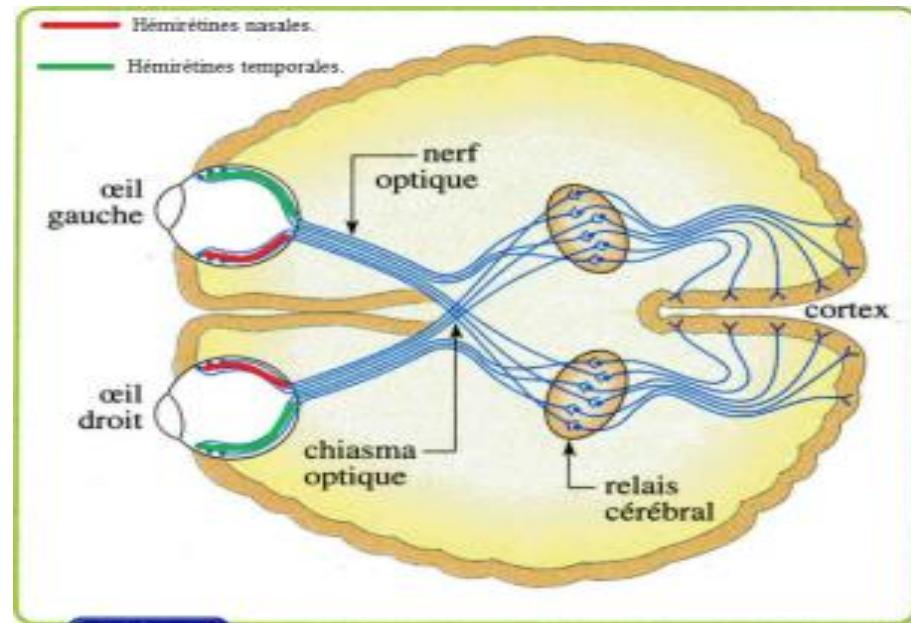
## Abrasion ou dessication cornéenne

## Neuropathie optique ischémique

## Pression directe de la région périorbitaire

- majoration pression intraoculaire
  - occlusion artère centrale rétine
  - cécité par ischémie rétinienne

Cécité corticale - bas débit sanguin cérébral, embolies



# Surveillance neurologique peropératoire

Modification de l'acte chirurgical AVANT la survenue de complications neurologiques irréversibles

	AVANT ANNEES 1990	APRES ANNEES 1990
	TEST DE STAGNARA Test de réveil	MONITORING PEROPERATOIRE PES et/ou PEM
PRINCIPE	Interruption peropératoire des agents curarisants et demande au patient de mobilisation des 4 membres	Evaluation électrophysiologique continue de la conduction médullaire
INCONVENIENTS	Ponctuel ne précise pas l'horaire de la souffrance médullaire Risque d'extubation Risque d'embolie gazeuse Risque de déplacement du matériel d'ostéosynthèse Dépendant du patient Traumatisant	Coût Un neurophysiologue + Un technicien en neurophysiologie Plusieurs heures de présence

1992 SCOLIOSIS RESEARCH SOCIETY

« Le monitoring peropératoire par potentiels évoqués représente un complément, voire une alternative au test de réveil dans le cadre de la chirurgie du rachis »

Eur Spine J (2007) 16 (Suppl 2):S232–S237

DOI 10.1007/s00586-007-0421-z

---

ORIGINAL ARTICLE

## **Current opinions and recommendations on multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries**

Martin Sutter · Vedran Deletis · Jiri Dvorak ·  
Andreas Eggspuehler · Dieter Grob · David MacDonald ·  
Alfred Mueller · Francesco Sala · Tetsuya Tamaki

# Indications de monitoring électrophysiologique peropératoire dans la chirurgie du rachis

Toute chirurgie à risque d'endommager les structures neurologiques

Déformation rachidienne scoliotique > 45°

Correction d'anomalies congénitales du rachis

Résection de tumeurs intra et extramédullaires

Décompression extensive antérieure et postérieure des sténoses du canal rachidien cervico – dorso – lombaire.

Responsabilité de l'équipe chirurgicale, anesthésiste et neurologique d' établir ses propres indications

# Rappel électrophysiologique

Les potentiels évoqués ( PE ) visent à détecter et à localiser les dysfonctionnements des voies sensorielles et motrices

## Indications

Situations cliniques nécessitant la connaissance de l'état fonctionnel de ces voies

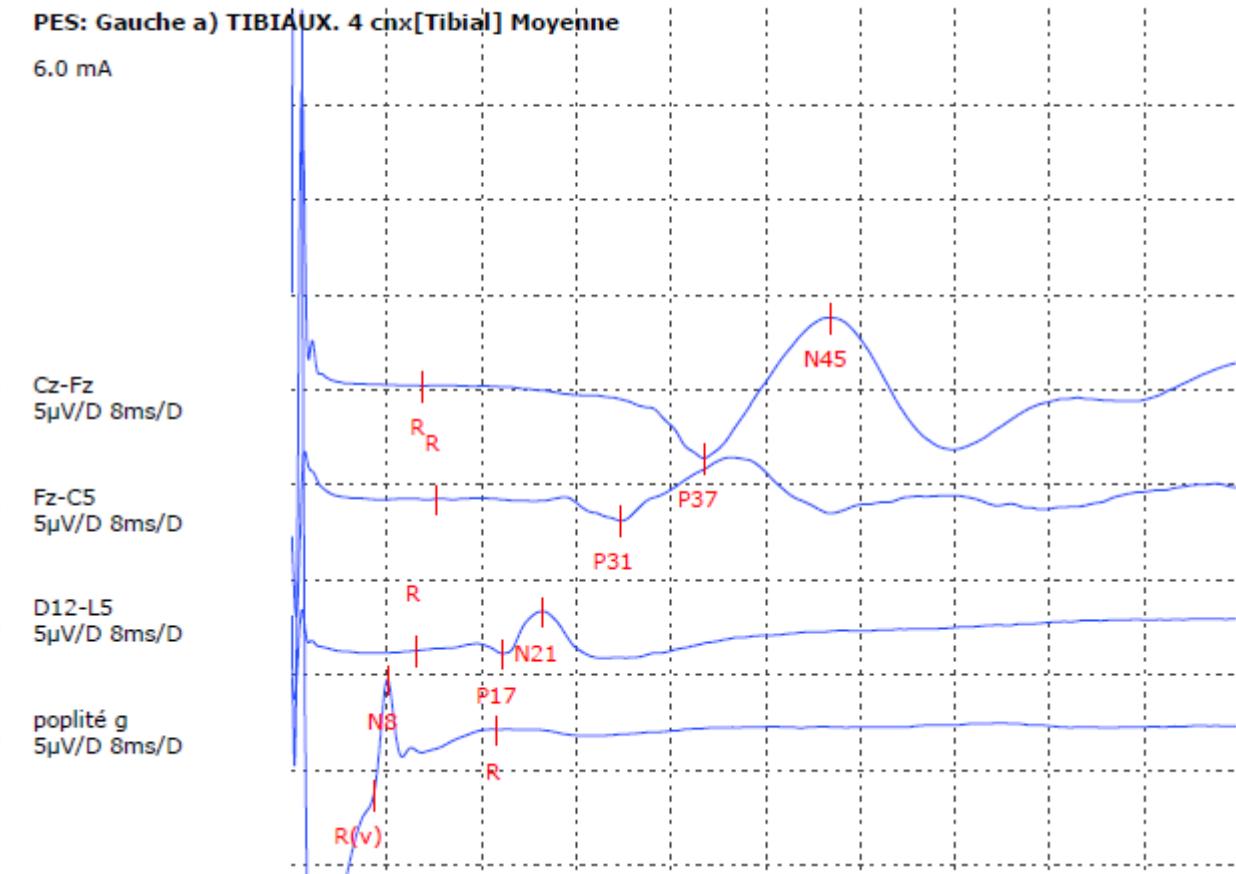
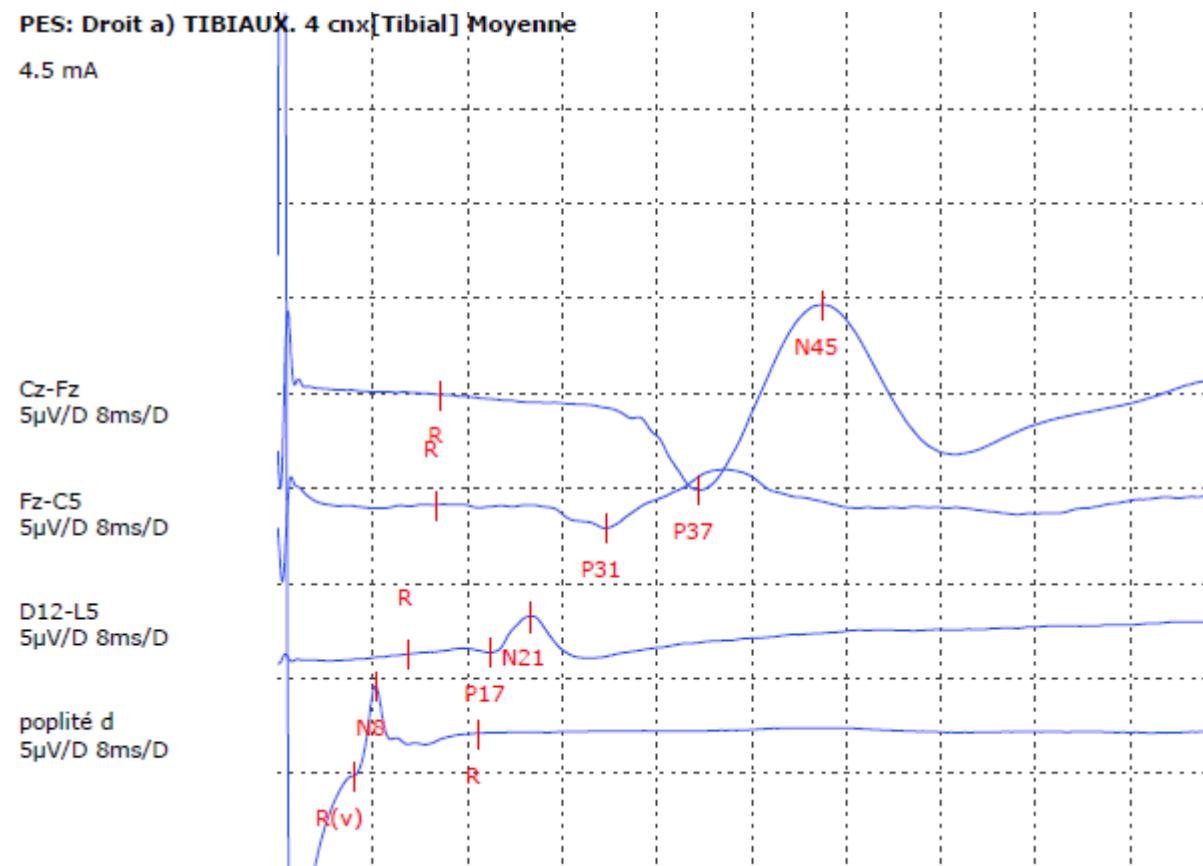
Patients non collaborants : jeunes enfants ou patients en coma

Evaluation de signes subjectifs - troubles conversifs ou autres troubles fonctionnels

Evaluation des répercussions d'une lésion focale sur les voies sensori - motrices

**Détection en temps réel d'un dysfonctionnement de ces voies lors d'une intervention à risque**

## Potentiels évoqués somesthésiques des membres inférieurs



Données individuelles								
			Latence (ms)					
			Droite	DS	Gauche	DS	Comparaison D/G	
Moyenne	Cz-Fz	P37	35.6	-0.31	34.9	-0.48	0.70	
		N45	46.0		45.6		0.40	
		R	13.7		11.0		2.7	
	Fz-C5	P31	27.8	0.087	27.7	0.039	0.10	
		R	13.3		12.2		1.10	
	D12-L5	N21	21.3	-0.20	21.2	-0.26	0.10	
		R	11.1		10.5		0.60	
		P17	18.0		17.8		0.20	
	poplité g / poplité d	N8	8.3	0.61	8.1	0.40	0.20	
		R	16.9		17.3		0.40	
		R(v)	6.4		6.9		0.50	

Différence de latence							
		Droite (ms)	DS	Gauche (ms)	DS	Diff G/D	DS
Moyenne	D12-L5:N21 - Cz-Fz:P37	14.3	-0.69	13.7	-1.21	0.60	-1.07
	poplité d:N8 - Cz-Fz:P37	27.3	-1.21	26.8	-1.55	0.50	-1.07
	Fz-C5:P31 - Cz-Fz:P37	7.8	-0.82	7.2	-1.41	0.60	
	poplité d:N8 - D12-L5:N21	13.0	-1.01	13.1	-0.90	0.10	-0.77

# Diagnostic des dysfonctionnements somatosensitifs

## PE somesthésiques des membres inférieurs. F Mauguière EMC

Siège du dysfonctionnement	N8	N21	P31	P37
Péphérique distal	A	A	A	A
Péphérique proximal	P	A	A	A
Moelle lombo - sacrée	N	A	A	A
Moelle cervico - dorsale	N	N	A	A
Intracranien	N	N	N	A

A : absent ou anormal, P : présent, N: normal, + ou - : A ou N

## Patiente 54 ans : A Chiari – Atrophie médullaire et syringomyélie C2 à D10

PES: Droit a) TIBIAUX. 4 cnx[Tibial] Moyenne

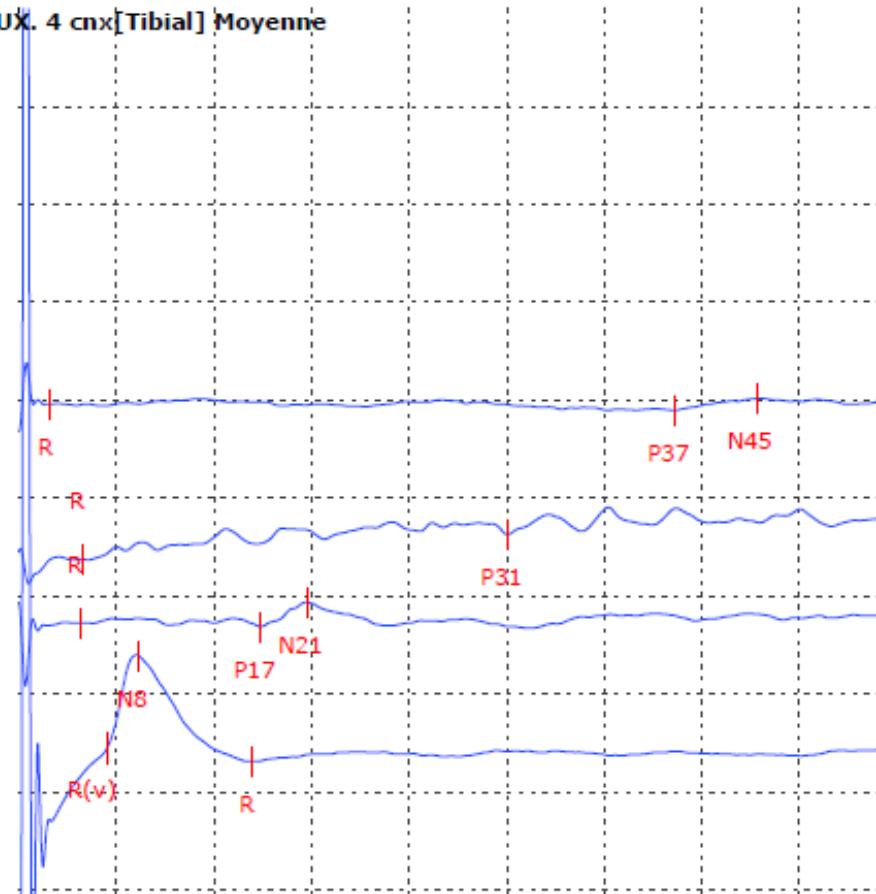
5.5 mA

Cz-Fz  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

Fz-C5  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

D12-L5  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

poplité d  
2 $\mu$ V/D 8ms/D



N8-N21 : 14 msec  
N21-P37 : 30 msec

PES: Gauche a) TIBIAUX. 4 cnx[Tibial] Moyenne

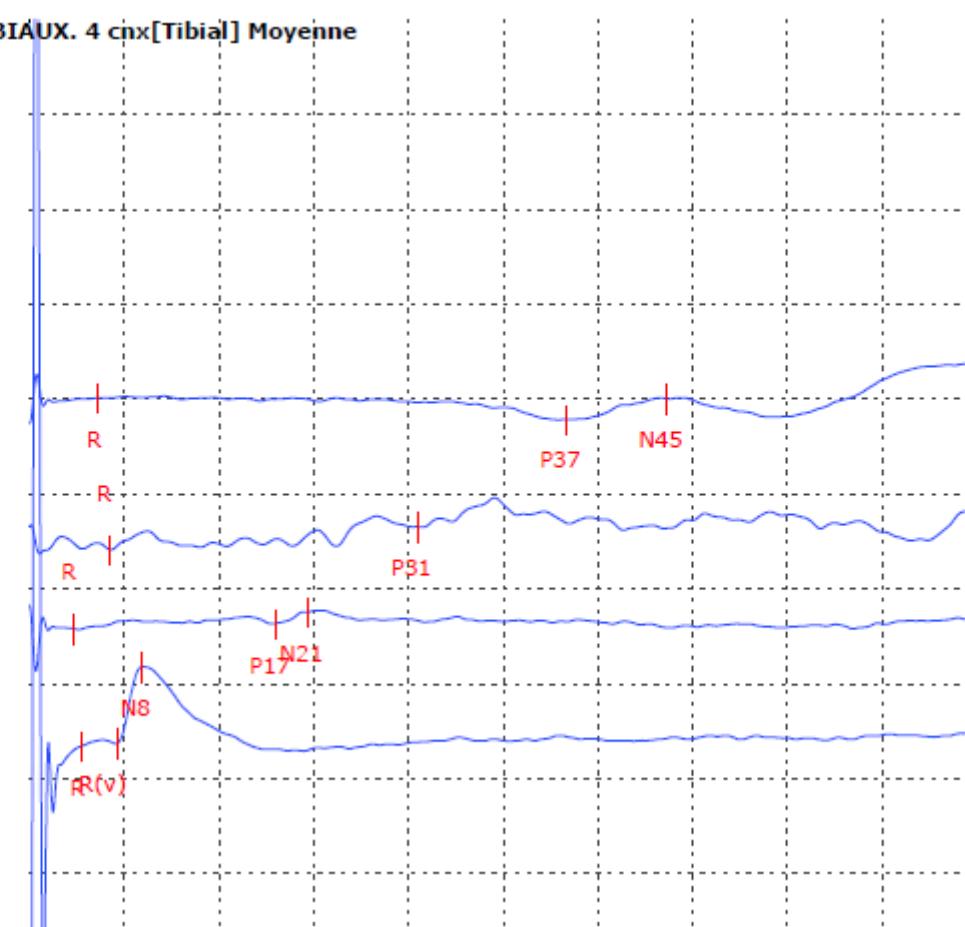
6.0 mA

Cz-Fz  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

Fz-C5  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

D12-L5  
2 $\mu$ V/D 8ms/D

poplité g  
2 $\mu$ V/D 8ms/D



N8-N21 : 14 msec  
N21-P37 : 21 msec

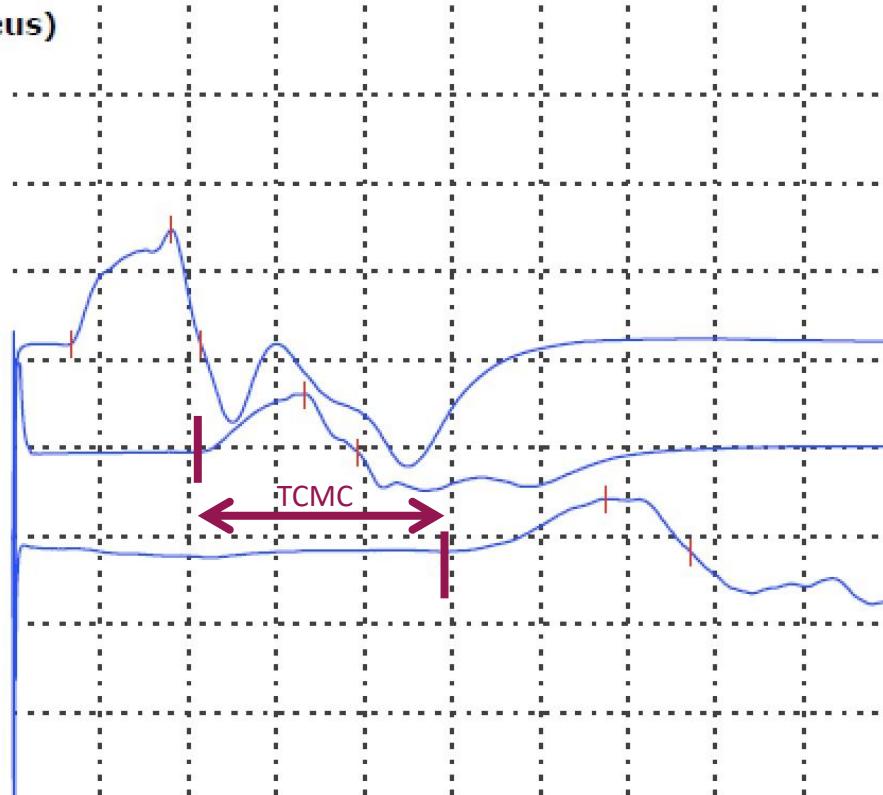
# Potentiels évoqués moteurs membres inférieurs

(enregistrement territoire L5- Jambier antérieur)

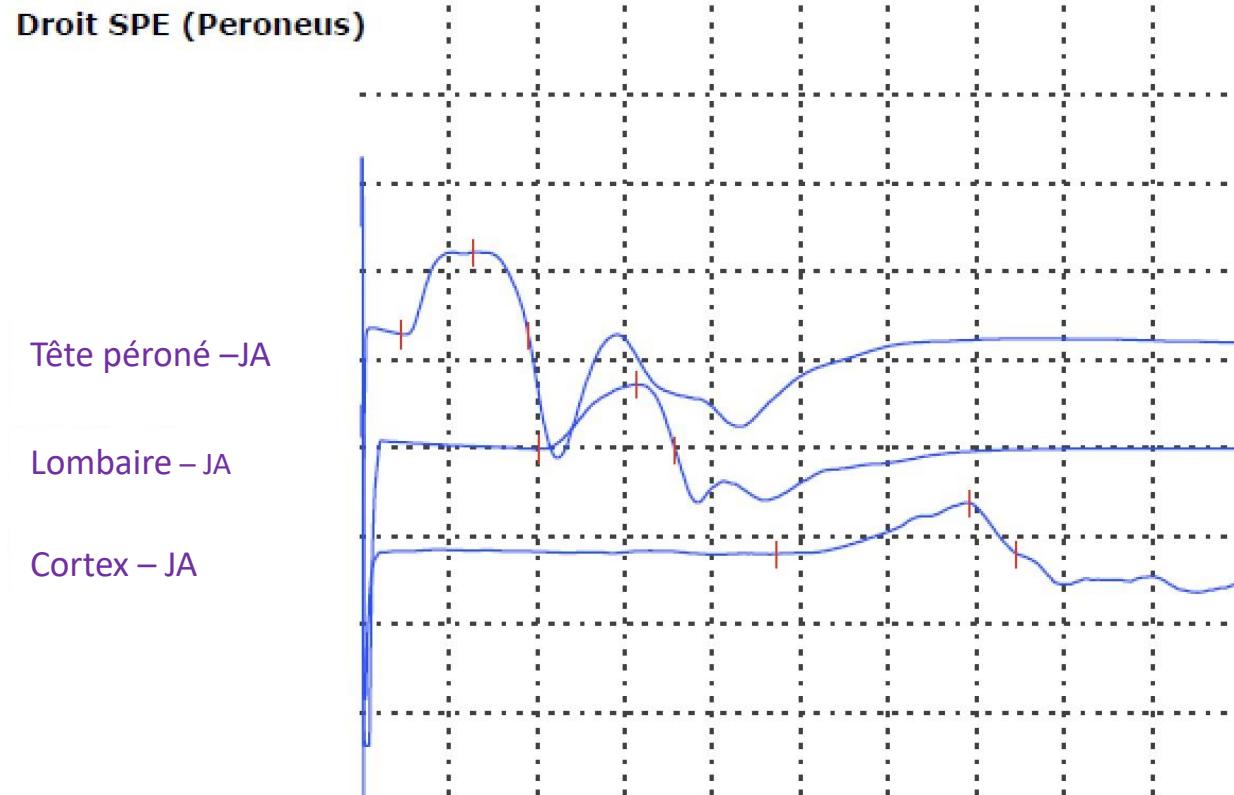
TCMC

Latence corticale -  
Latence radiculaire

**Gauche SPE (Peroneus)**



**Droit SPE (Peroneus)**



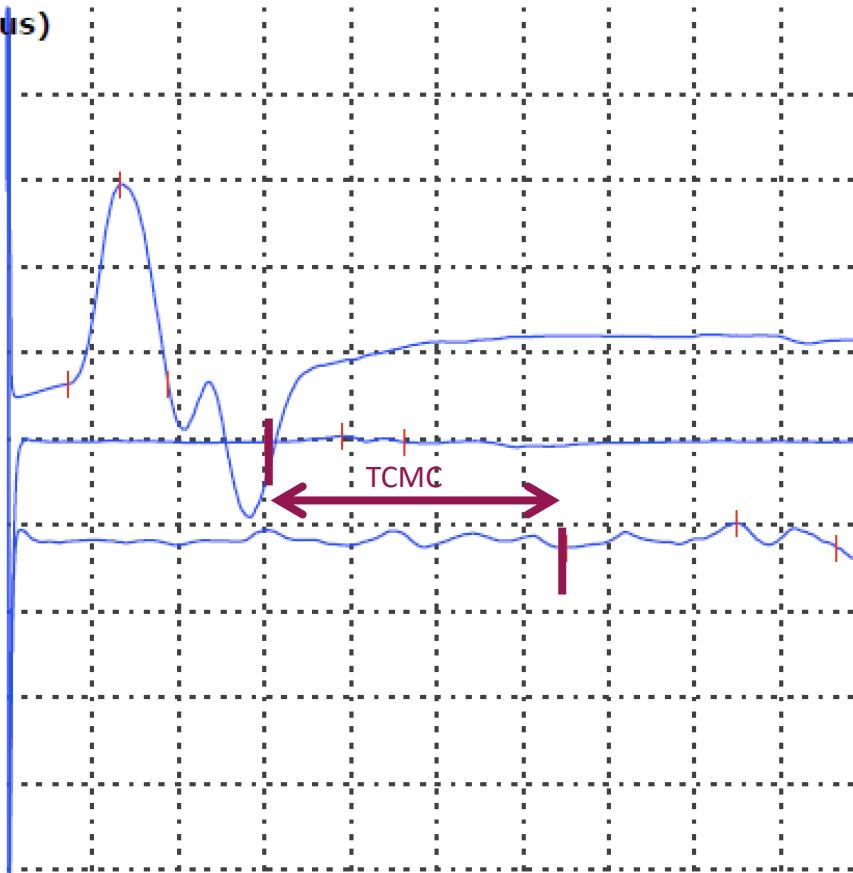
Nerf	Lat	DS Lat	Amplitude	DS Amp	Δ Amp. Nég.	CCT	DS CCT
	(ms)		(mV)				
<b>SPE (Peroneus) Moteur Gauche</b>							
Peroneus - Tib. ant	3.33	0.017	3.9	-1.97			
L4 - Tib. ant	10.4	-2.8	1.98	-1.21			
Cortex - Tib. ant	24.4	-0.54	1.78	-1.37			
Cortex-L4	24.4	-0.54	1.78	-1.37	-10.1	14.0	-0.18
<b>SPE (Peroneus) Moteur Droit</b>							
Peroneus - Tib. ant	2.30	-2.0	2.8	-2.9			
L4 - Tib. ant	10.1	-3.2	2.2	-1.04			
Cortex - Tib. ant	23.7	-0.87	1.74	-1.41			
Cortex-L4	23.7	-0.87	1.74	-1.41	-20.9	13.6	-0.41

### Gauche SPE (Peroneus)

Tête péroné –JA

Lombaire – JA

Cortex – JA



### Droit SPE (Peroneus)

Tête péroné –JA

Lombaire – JA

Cortex – JA



Nerf	Lat	DS Lat	Amplitude	DS Amp	Δ Amp. Nég.	CCT	DS CCT
	(ms)		(mV)		(%)	(ms)	
<b>SPE (Peroneus) Moteur Gauche</b>							
Peroneus - Tib. ant	3.61	-0.17	4.6	-1.39			
L4 - Tib. ant	15.0	1.41	0.14	-2.7			
Cortex - Tib. ant	32.5	2.3	0.57	-2.3			
Cortex-L4	32.5	2.3	0.57	-2.3	307	17.5	1.88
<b>SPE (Peroneus) Moteur Droit</b>							
Peroneus - Tib. ant	3.01	-1.34	4.4	-1.56			
L4 - Tib. ant	14.5	0.80	0.20	-2.6			
Cortex - Tib. ant	34.2	3.1	0.84	-2.1			
Cortex-L4	34.2	3.1	0.84	-2.1	320	19.7	3.2

ORIGINAL ARTICLE

# The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring

F. Pastorelli · M. Di Silvestre · R. Plasmati · R. Michelucci ·  
T. Greggi · A. Morigi · M. R. Bacchin · S. Bonarelli ·  
A. Cioni · F. Vommaro · N. Fini · F. Lolli · P. Parisini

# Etude rétrospective 172 patients ( H 131 F 41) de 11 à 69 ans

## Chirurgie scoliotique entre 2005 et 2009 Institut Orthopédique de Bologne

128 scolioses idiopathiques, 15 scolioses congénitales et 29 scolioses syndromiques.

### Bilan électrophysiologique préopératoire : PES et PEM 4 membres

Groupe 1 : 106 patients PES 4 membres peropératoire

Groupe 2 : 66 patients PES et PEM 4 membres peropératoire

Stimulation N médian poignet et N tibial post cheville

Enregistrement réponse creux poplité et cortex

Paramètres stim : 20 à 40 mA, courant carré 200 microsec, 2,91 Hz

Moyennage : 100 à 200 stim Filtres : 30 – 1500 Hz

PES

Stimulation électrique brève, transcrânienne, du cortex moteur 50 microsec,

haute intensité - jusqu'à 200 mA

5 à 7 trains de stimulation - 4 msec d'intervalle entre deux

Electrodes sous cutanées ( cork screw ) insérées C1 C2 et C3 C4

Enregistrement groupes musculaires MS ou MI

PEM

## Modification neurophysiologique significative = ALERTE

### Critères de modification significative des PES – PEM

Réduction d'amplitude supérieure à 50 % PES ou 60 % PEM

Retard de latence > 10%

### Algorythme proposé en cas de modification électrophysiologique

1. Quelque soit la situation - PA syst > ou = à 9 cm de Hg
2. Modification électrophysiologique en relation temporelle avec une manœuvre chirurgicale - interruption de la manœuvre et reprise au moyen de forces correctives moindres
3. Au-delà de 10 minutes d' adaptation des manoeuvres chirurgicales et management hémodynamique : en l'absence de récupération électrophysiologique : interruption de l'intervention éventuellement précédée d'un test de réveil

# Groupe 1

## 1 patient - déficit post – opératoire définitif

scoliose 120 °+ cyphose + déficit neurologique préalable  
disparition irréversible du P37 peropératoire **VRAI +**

1,9 % complications

## 1 patient - déficit post – opératoire transitoire 3 mois

scoliose idiopathique 82 °  
hypotension peropératoire  
réduction transitoire d'amplitude des réponses corticales ( MS et MI ) et récupération partielle  
paraparésie post – opératoire transitoire ( 3 m ) due à une ischémie médullaire antérieure ( IRM ? )  
disproportion entre anomalies électrophysiologiques et déficit clinique postop **FAUX –**

## 92 patients - absence de déficit post – opératoire

absence de modifications électrophysiologiques peropératoires **VRAI –**

## 12 patients - absence de déficit neurologique post – opératoire

modifications électrophysiologiques transitoires ayant nécessité des adaptations chirurgicales ou hémodynamiques  
2 patients : anomalies électrophysiologiques en relation avec manœuvres de correction cyphotique  
la réduction des forces correctrices autorise une récupération électrophysiologique complète **VRAI +**  
10 patients : anomalies électrophysiologiques sans facteur causal observé  
adaptation chirurgicale et hémodynamique de principe – test de réveil nl **FAUX +**

## Groupe 2

### **2 patients déficit neurologique post- opératoire transitoire**

modifications peropératoires PES ET PEM **VRAI +**

adaptations chirurgicales et hémodynamiques : récupération partielle des potentiels

3% complications

### **59 patients : absence de déficit moteur post opératoire**

aucune modification peropératoire et postopratoire des PES et PEM **VRAI –**

### **5 patients : absence de déficit neurologique post opératoire**

altération transitoire des PES ( 2 patients ) et moteurs ( 5 patients )

hypotension chez 2 patients et manœuvres chirurgicales 3 patients **VRAI +**

	SENSIBILITE	SPECIFICITE
GROUPE 1 PES	75%	90%
GROUPE 2 PES + PEM	100%	98%

# Expérience liégeoise Hôpital de Bavière et CHU de Liège

Premières scolioses

Hôpital de Bavière 1988 PH GILLET

Premiers potentiels évoqués

CHU 1989 D DIVE

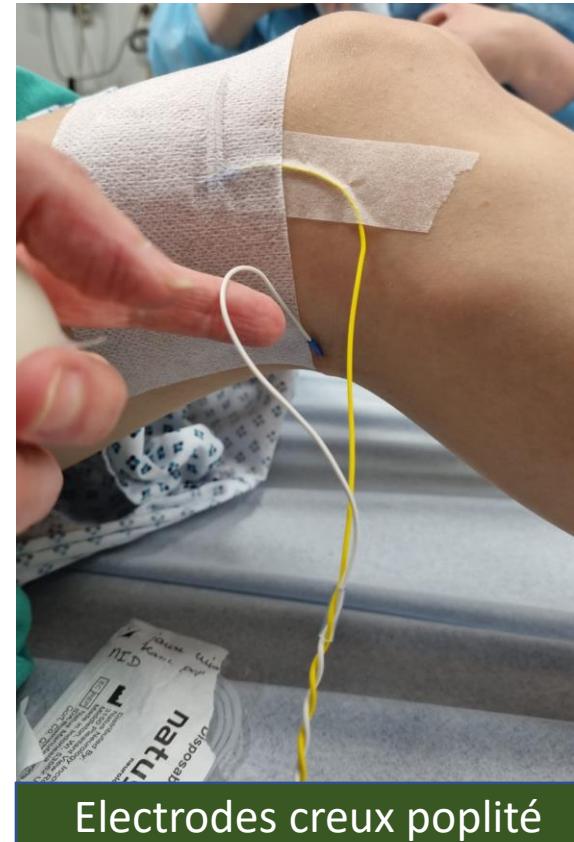
Premiers PES 1 peropératoires 1997

Premiers PES 2 peropératoires 2010

Premiers PEM peropératoires 2016

# Déroulement du monitoring

1. Mise en place des électrodes stimulatrices et du creux poplité - SAS – patient éveillé
2. Vérification de l'obtention d'une réponse motrice avant curarisation



### 3. Transfert du patient en salle d'opération

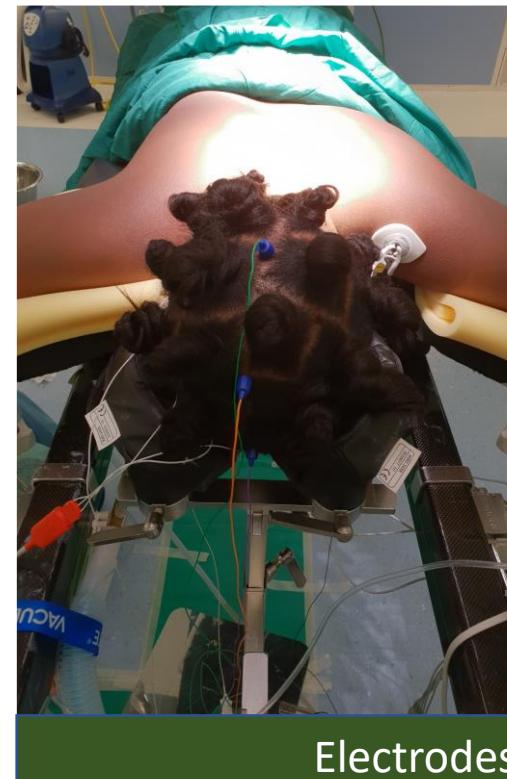
### 4. Anesthésie au moyen de dérivés non halogénés et placement du patient en position ventrale

Anesthésiants halogénés - gaz

- dépression synaptique et de la fonction axonale
- réduction d'amplitude des réponses PES et PEM

Leur suppression a réduit les faux positifs

### 5. Mise en place des électrodes corticales et des mastoïdes



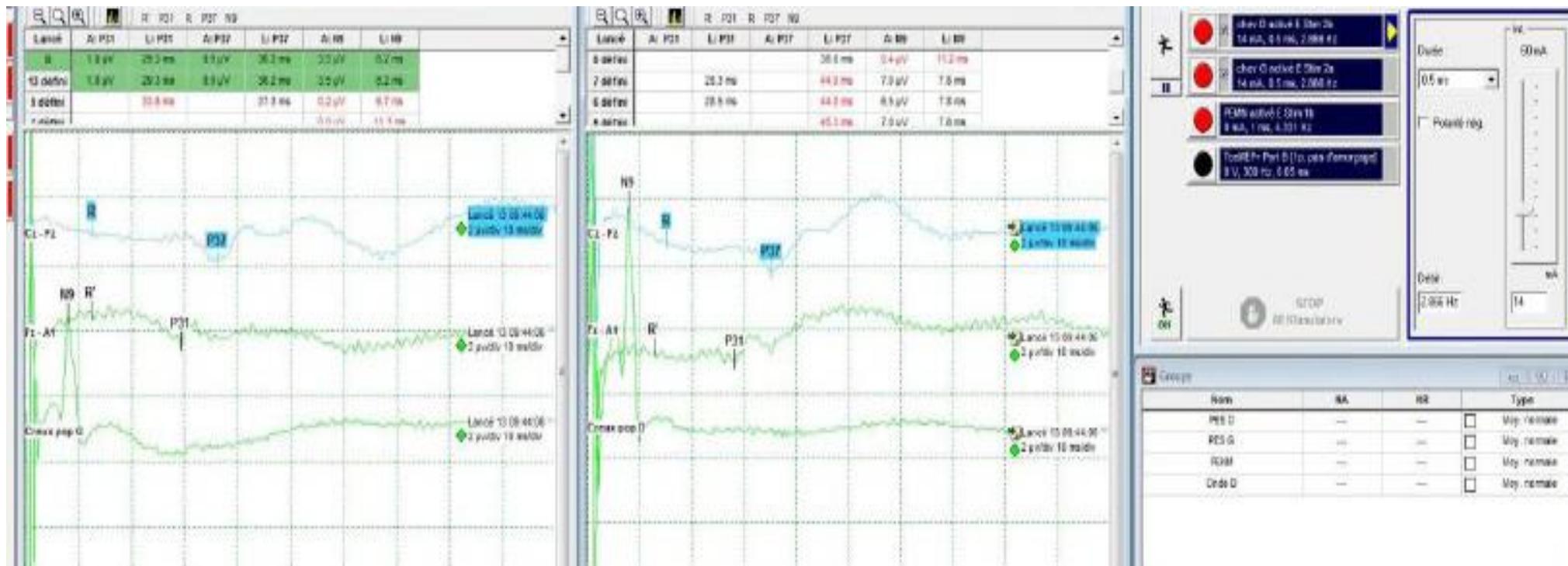
Electrodes corticales



Connection des électrodes aux tétières et protection des câbles

## Acquisition référence préopératoire

Scoliose double majeure dorsale droite et lombaire gauche - arthrodèse dorso - lombaire D3 L3



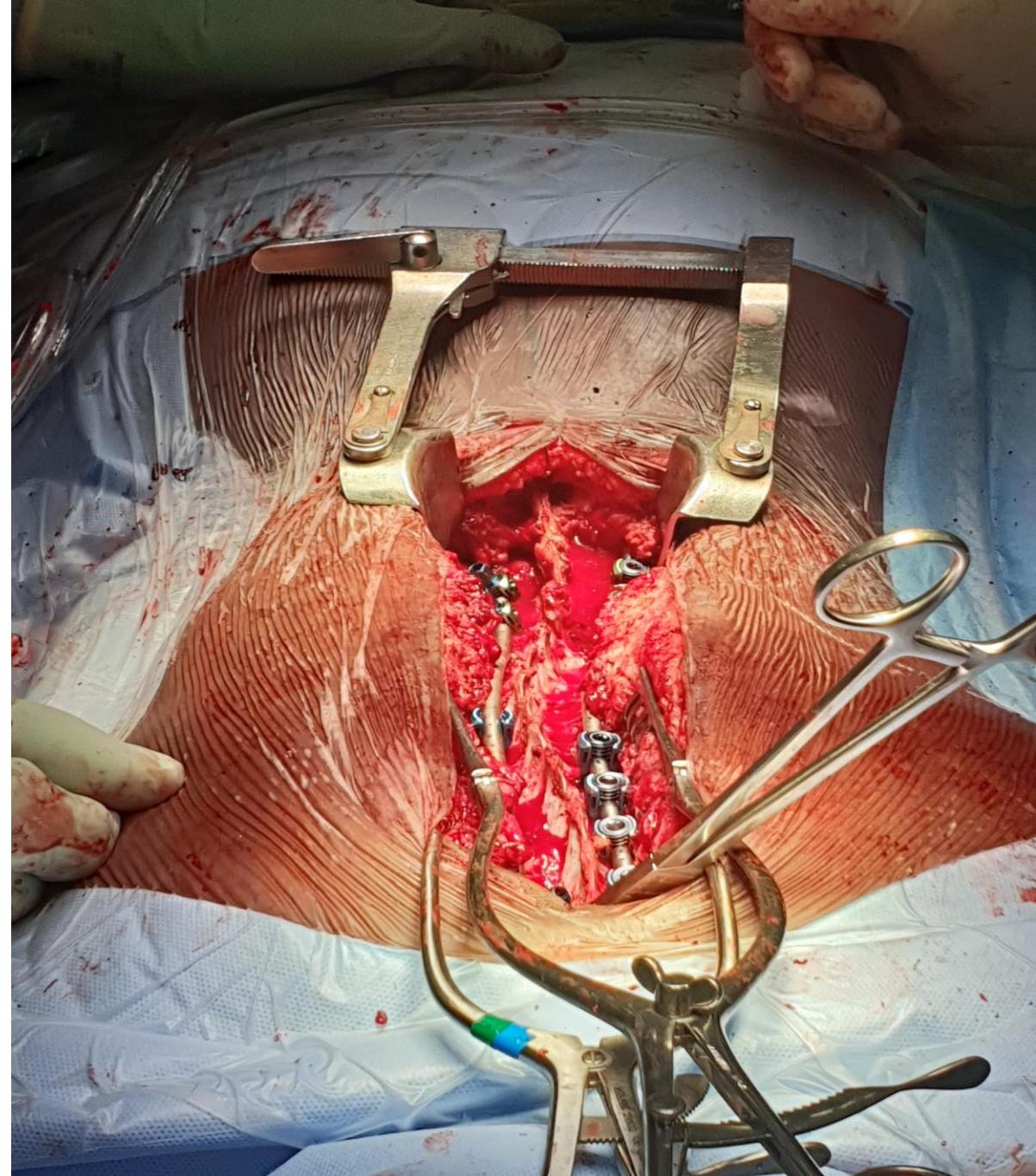
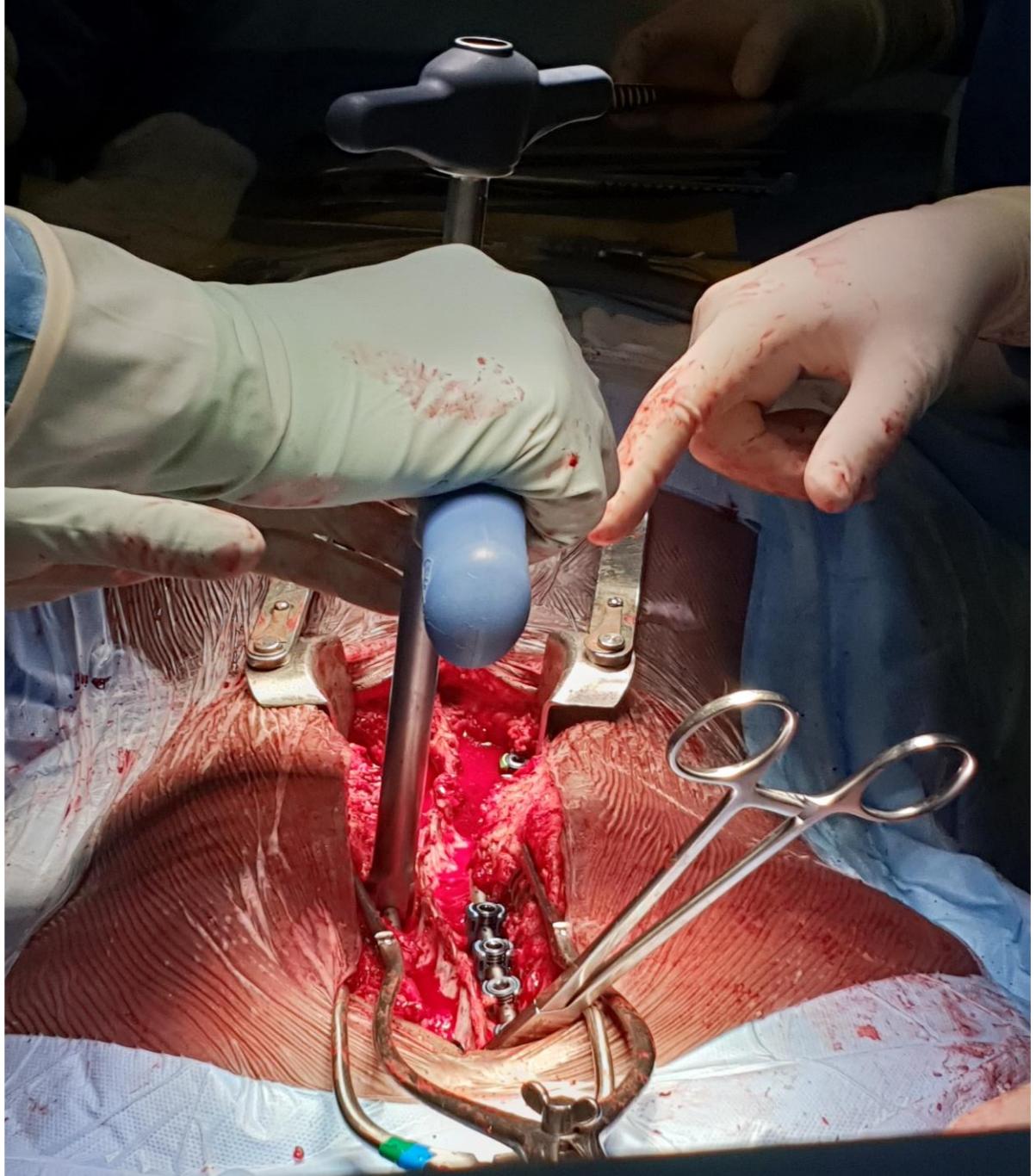
### Paramètres de stimulation

Impédances < 5 kΩ Stimulations : I : 10 à 20 mA, 0,5 msec, 2, 86 Hz

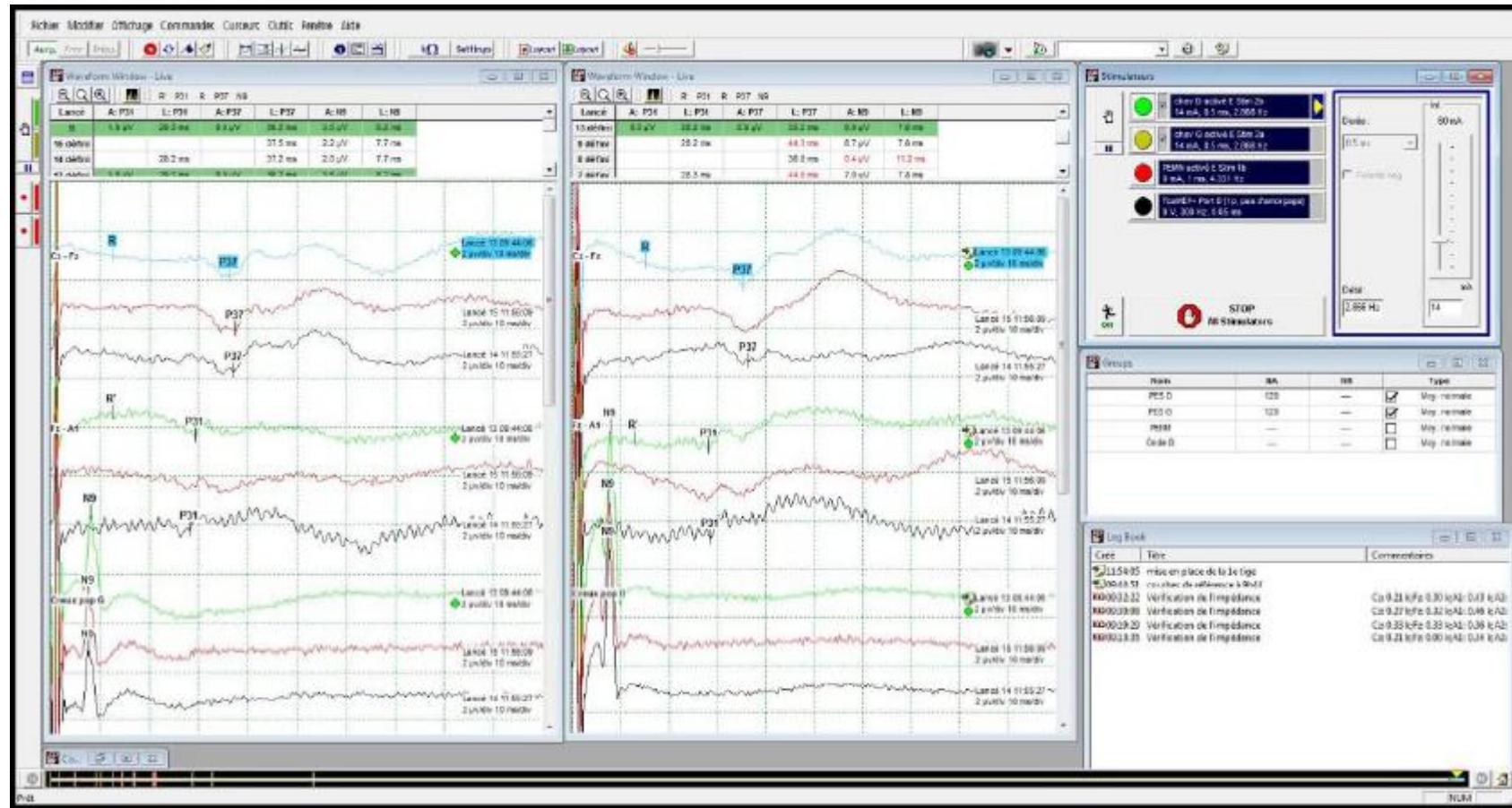
Filtres – bande passante : 20 à 1000 Hz

Moyennage : 300 à 400 stim/ 150 stim

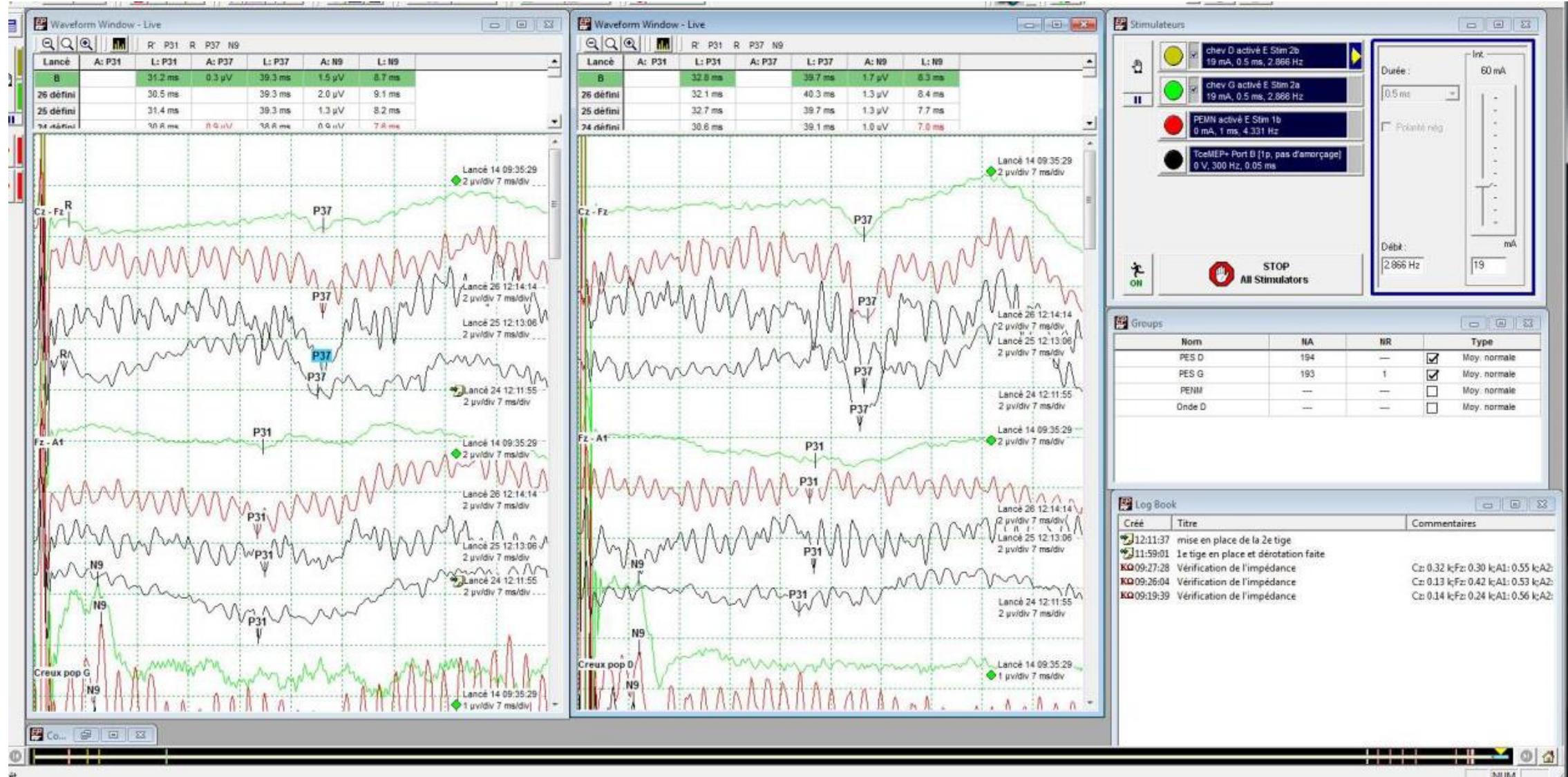
Base de temps : 100 msec



## Enregistrement peropératoire durant manipulations à risque et jusqu'à 30 minutes après



# Grand perturbateur : 50 Hz



# Principaux perturbateurs du signal peropératoire

Bistouri électrique

Cell saver - matériel d'autotransfusion

Bair Hugger - matériel de réchauffement patient

Compression des câbles



# Lorsque l'électrophysiologie préopératoire n'est pas normale ...

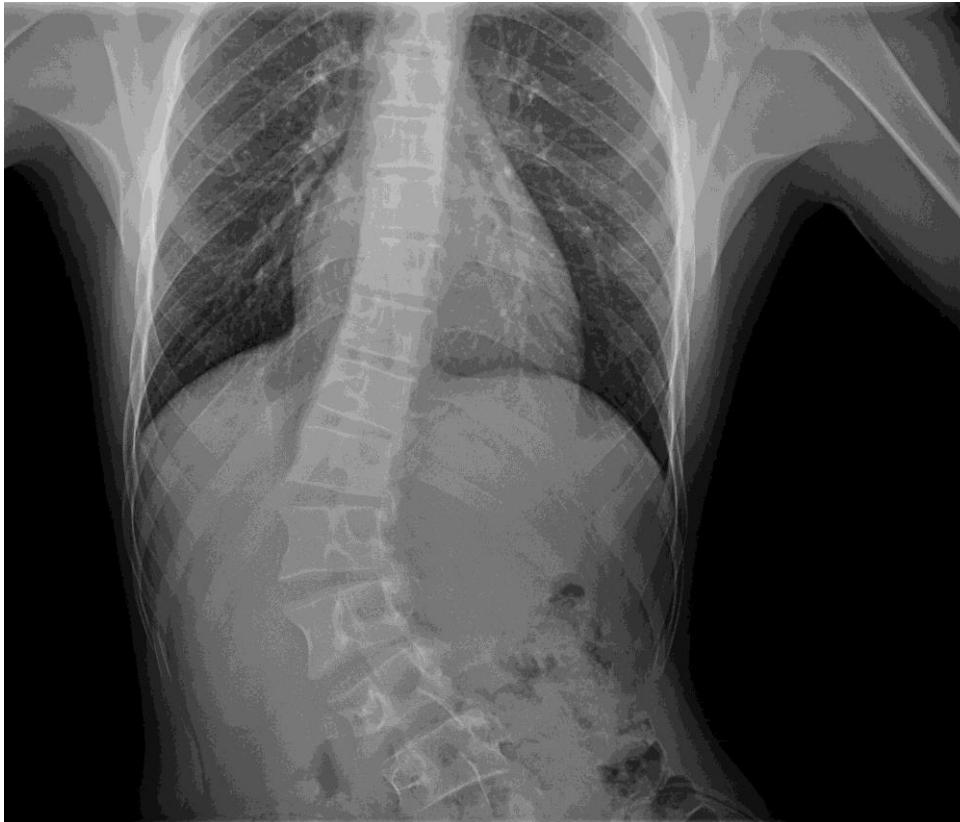
Patient âgé de 18 ans

Neurofibromatose type 1

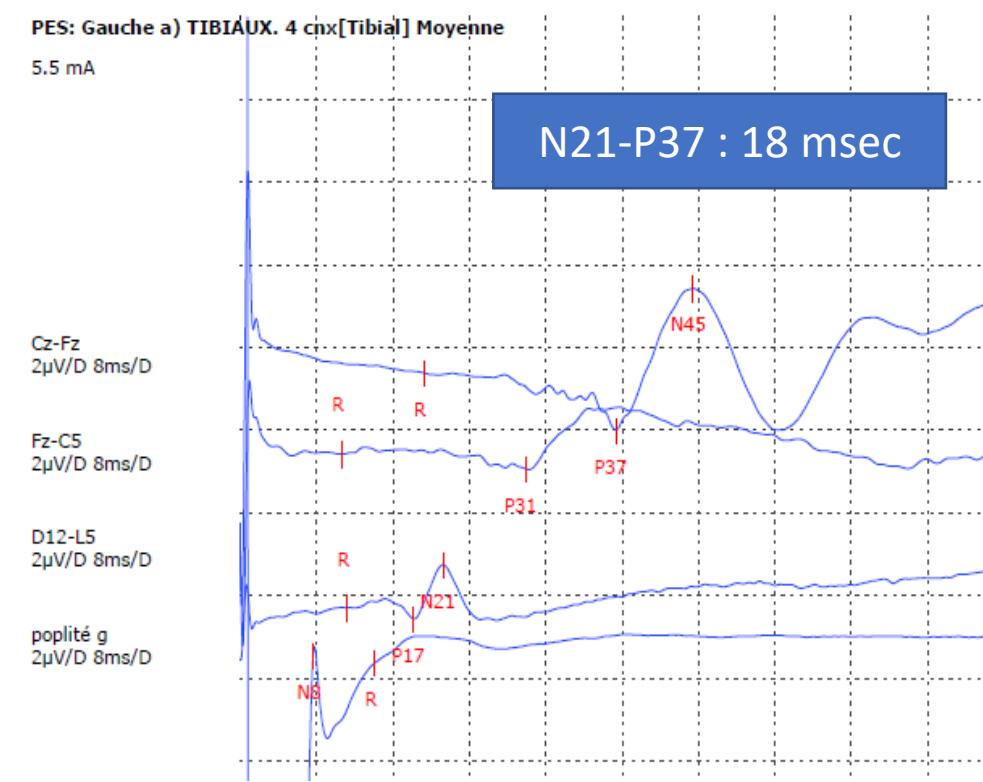
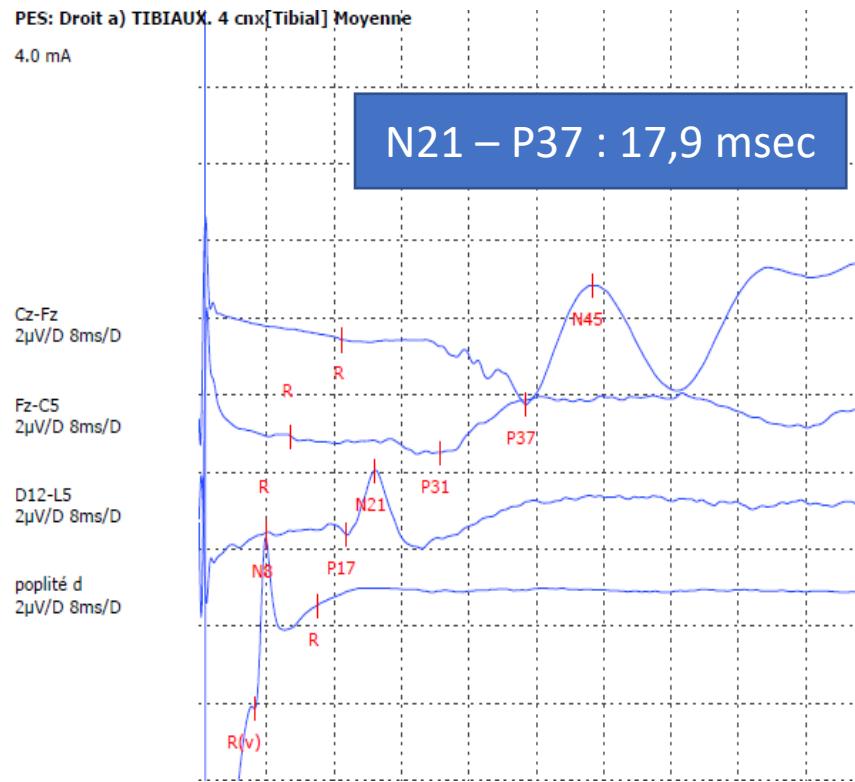
Scoliose sévère 45 ° - angulation D11 L3

Examen neurologique normal

PEM MI préopératoires normaux

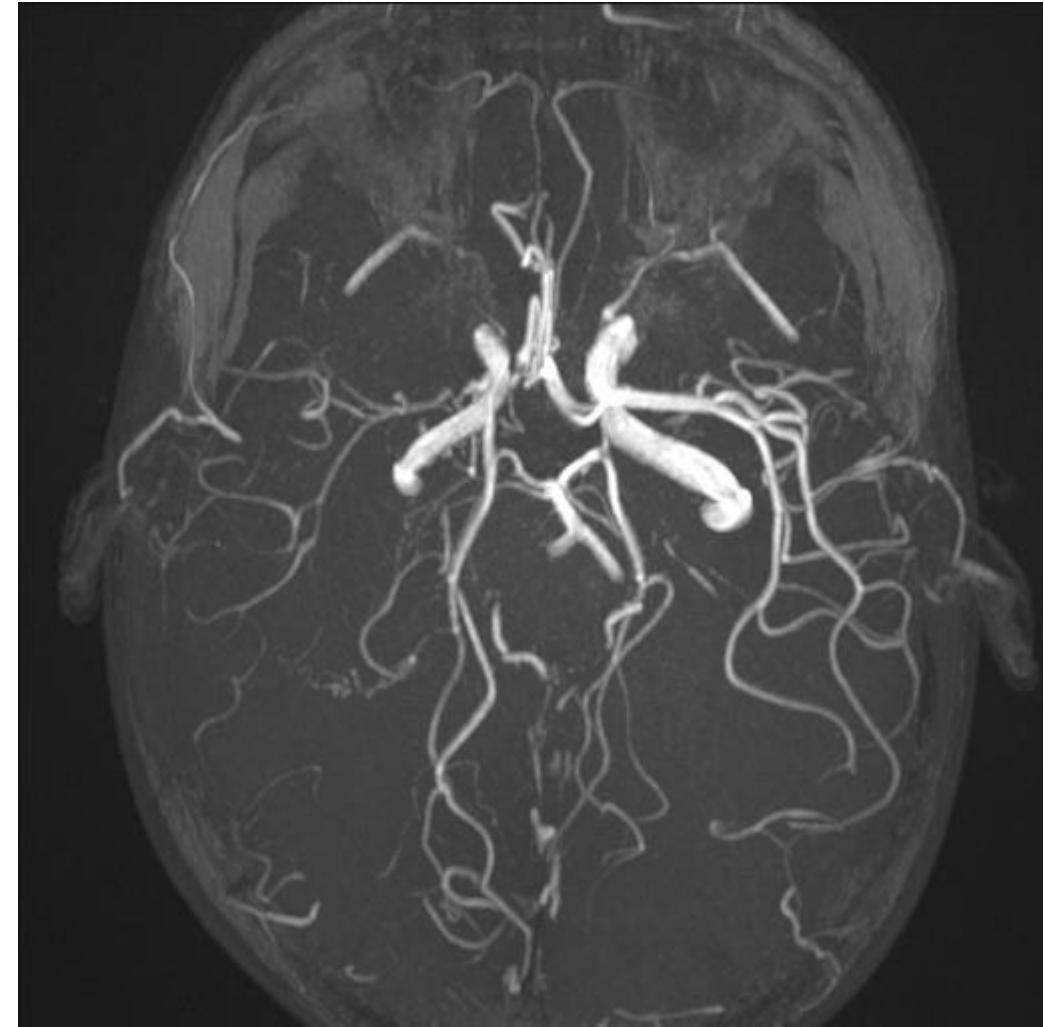


# PES membres inférieurs



Trouble de conduction centrale sus – jacent au cône terminal, bilatéral et modéré

IRM médullaire in toto : normale



IRM encéphale : séquence TOF 3D

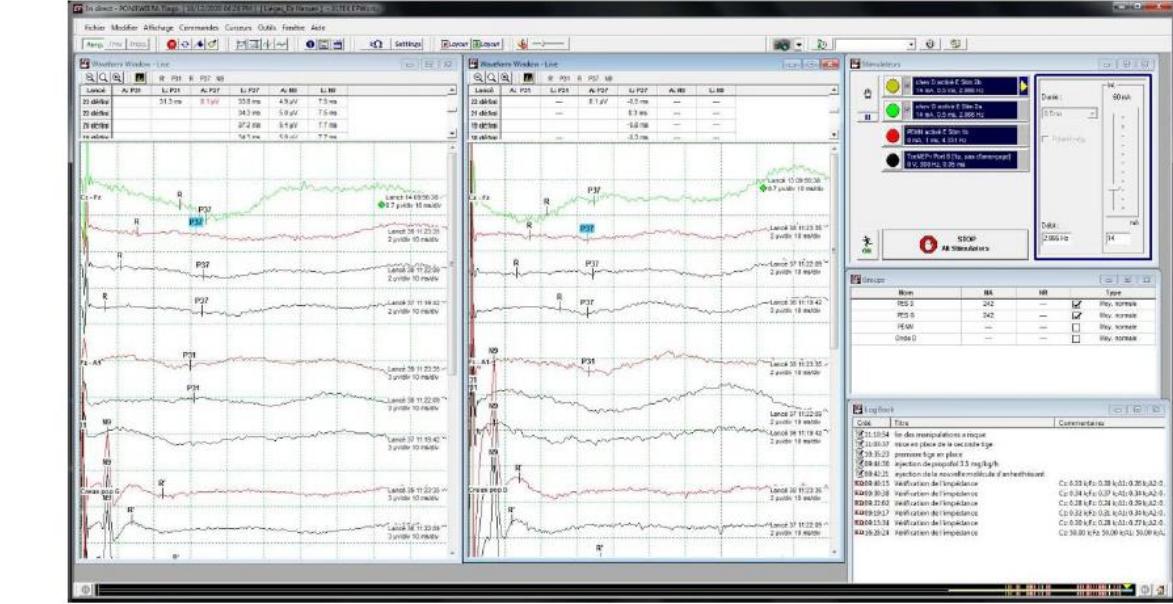
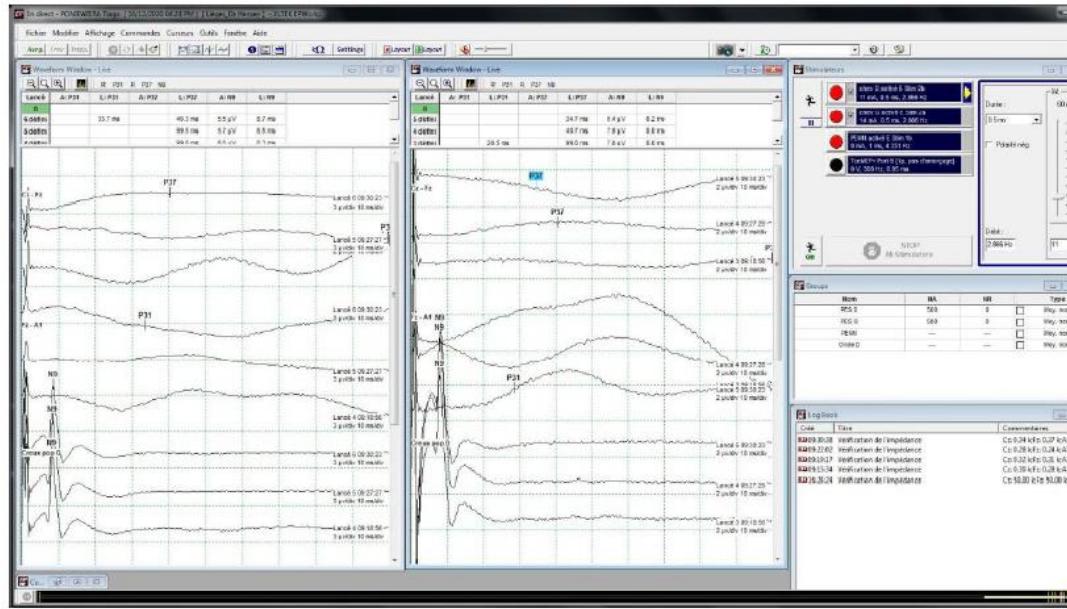
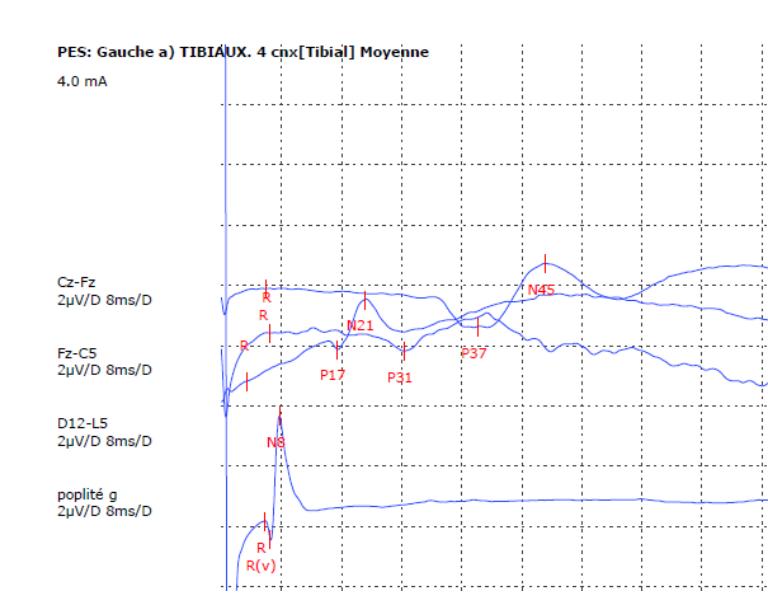
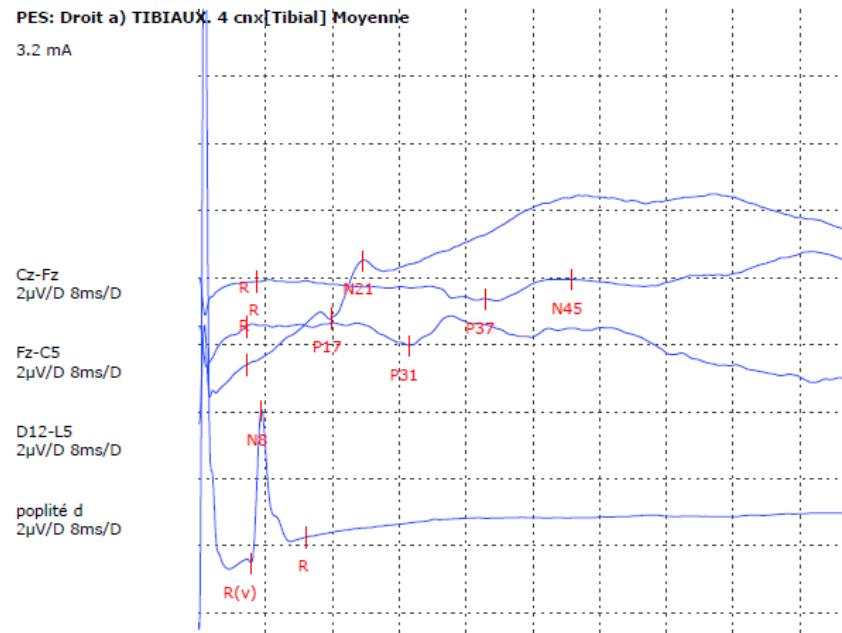
Lorsque les premières tracés en salle d'opération ne donnent pas satisfaction ...

Patient âgé de 12 ans

Scoliose diagnostiquée à l'âge de 2 ans

Evolution progressive jusqu'à 50 °

Décision opératoire – arthrodèse D3 – L2 – scoliose dorso – lombaire





Bernadette  
REMY

