

# Imagerie Ostéo-articulaire Pédiatrique

Dr Rémi Duprès

Service de Radiologie et Imagerie Médicale  
CHR Metz-Thionville – Hôpital de Mercy

*Formation étudiants MERM – 2025-2026*

*UE 4.12 Spécificités de la prise en charge du nouveau-né et de l'enfant en explorations radiologiques et remnographiques*

# Maturation osseuse

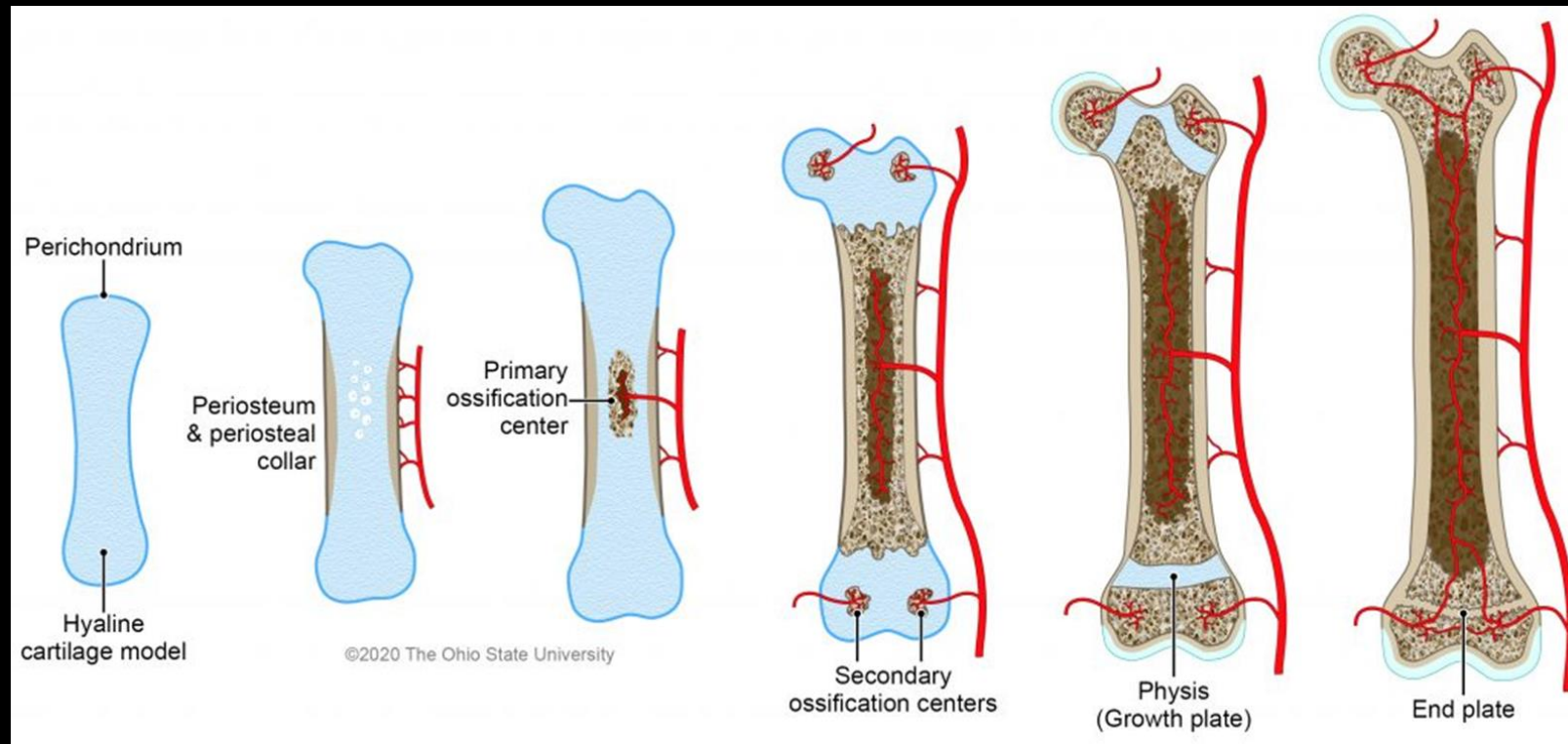
## Evaluation

- La détermination du degré de maturation osseuse définit **l'âge osseux**
- Pour un individu, l'âge osseux correspond à l'état de maturation du squelette, **en référence à celle de la majorité des individus de même sexe et de même âge**
- **La détermination de l'âge osseux est intéressante en pédiatrie** (discordance entre l'âge civil et le développement staturopondéral, anomalie du développement pubertaire...) **et en médecine légale**, notamment pour déterminer si l'enfant est mineur ou majeur, en raison d'une juridiction spécialisée concernant les mineurs en France (absence de mesure d'expulsion à l'encontre des enfants étrangers mineurs, bilan d'adoption, identification de cadavres)
- L'âge osseux et le degré de maturation osseuse sont également **importants en orthopédie pédiatrique** : détermination de l'évolutivité des scolioses à la période péripubertaire, planification du traitement des inégalités de longueur des membres, appréciation du potentiel de remodelage des fractures d'autant plus élevé que l'âge osseux est bas

# Maturation osseuse

## Evaluation

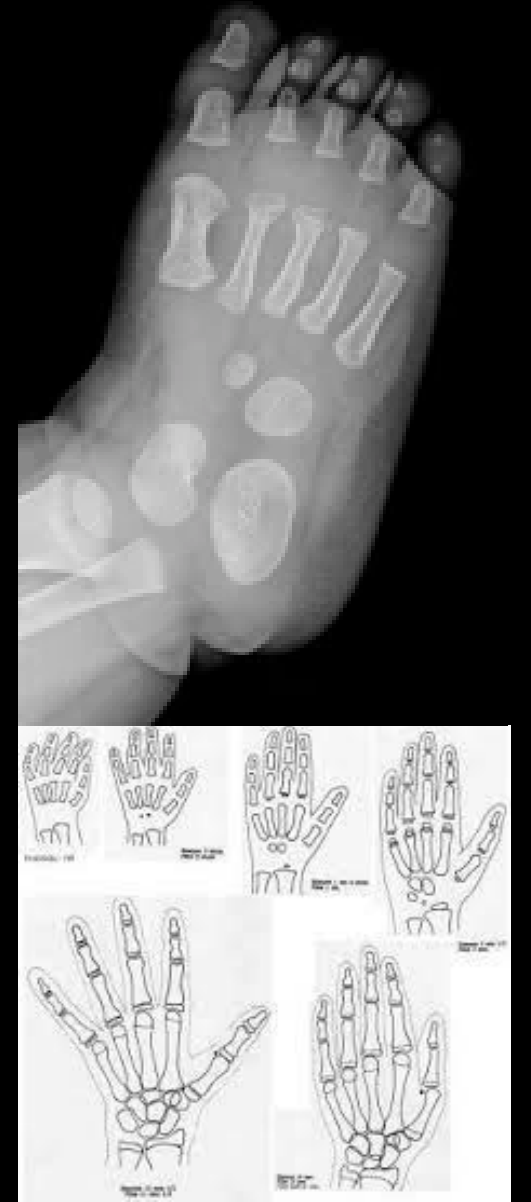
- Le développement du squelette fait appel à deux mécanismes complémentaires : la **croissance osseuse**, permettant à la fois la croissance en longueur et en épaisseur des différentes pièces squelettiques et la **maturation osseuse** qui correspond à la transformation osseuse de pièces cartilagineuses du squelette, soit par ossification enchondrale au niveau des os longs, soit par ossification membraneuse au niveau des os plats



# Maturation osseuse

## Evaluation

- Ainsi, schématiquement, la maturation osseuse se déroule en trois stades : prénatal, durant l'enfance et durant l'adolescence
- La **maturation prénatale** correspond essentiellement à l'**ossification des maquettes cartilagineuses ou diaphysaires**
  - Ainsi, à la naissance, les points épiphysaires visibles sont les points fémoraux inférieurs (environ 36 SA), les points tibiaux supérieurs (environ 38 SA) et les points huméraux supérieurs, de façon inconstante (environ 42 SA)
  - Au niveau du tarse, les os ronds visibles à la naissance sont le calcaneus (24 SA) et le talus (28 SA), ainsi que le cuboïde (de façon inconstante)
  - Aucun os carpien n'est visible chez un nouveau-né
- La **maturation de l'enfance** correspond à l'**ossification des petits os du tarse, du carpe, des épiphyses des os longs et de la voûte du crâne**
- La **maturation de l'adolescence** correspond à la période pendant laquelle intervient l'**épiphysiodèse physiologique des cartilages de croissance**



# Maturation osseuse

## Evaluation

- La maturation osseuse est un phénomène non linéaire : accélération pubertaire
- Grande variabilité individuelles (génétiques, intrinsèques, extrinsèques) +++
- Puberté → zone charnière
  - Décalage pubertaire entre garçons (12 ans) et filles (9-10 ans)
  - Atlas séparé selon le sexe

# Maturation osseuse

## Evaluation

- De nombreuses méthodes qualitatives (évaluation par rapport à un atlas), quantitatives (nombre de points d'ossification apparus) ou chronologiques (date d'apparition des points à un âge donné) ont été proposées, dès les années 1950 pour déterminer l'âge osseux
- Malgré de nombreuses études sur le sujet, les méthodes d'évaluation de l'âge osseux ont peu évolué depuis plusieurs dizaines d'années et plusieurs techniques sont essentiellement utilisées en imagerie pédiatrique, en fonction de l'âge :
  - le décompte des points d'ossification (méthode de Lefèbvre et Koïfman) ;
  - la cotation des points d'ossification (méthode de [Sauvegrain et Nahum](#)) ;
  - la méthode de [Greulich et Pyle](#), par référence à un atlas ;
  - la méthode de Tanner Whitehouse, dont l'utilisation est actuellement quasiment nulle ;
  - la méthode de [Risser](#) évaluant le degré de maturation du noyau d'ossification secondaire de l'aile iliaque, corrélée à la croissance du rachis ;
  - l'étude de l'[ossification de l'extrémité médiale de la clavicule](#), utilisée en pratique médico-légale

# Maturation osseuse

## Evaluation

- **Indications :**
  - Discordance entre âge civil et développement staturo-pondéral
  - Surveillance de maladie endocrinienne, métabolique ou générale : avance ou retard pubertaire, hypothyroïdie, rachitisme, insuffisance rénale...
  - Problème médico-légal
- **Limites :**
  - Données de références anciennes recueillies à partir d'observation d'enfants nord-américains ou européens
  - Interprétation subjective, difficultés à déterminer l'âge osseux à six mois, voire à un an près

# Maturation osseuse

## Evaluation

Quelle(s) méthode(s) utiliser ?

### En pratique médicale

- Choisir une méthode maîtrisée
- Toujours la même méthode pour suivre le même patient

En pratique :

- Atlas de Greulich et Pyle de 0 à 18 ans
- Méthode de Sauvegrain et Nahum en complément en péri-pubertaire :
  - 9-13 ans chez la fille
  - 10-15 ans chez le garçon
- Possibilité de logiciels d'IA en routine clinique

### En pratique médico-légale

- Recommandations selon le Comité Consultatif National d'Éthique (2005)
  - Radiographie de la région main-poignet
  - Examen dentaire et radiographie dentaire
  - Scanner des clavicules pour les âges élevés
- Utilisation de plusieurs méthodes pour affiner le résultat
- Estimation donnée sous la forme d'une fourchette

# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

- La méthode de Greulich et Pyle est de loin la plus utilisée
- Il s'agit d'une méthode qualitative, effectuée sur une radiographie de face de la main et du poignet gauches (côté choisi par convention)
- Cette radiographie est comparée à l'atlas de référence de Greulich et Pyle, constitué de radiographies de la main et du poignet gauches de sujets témoins pour chaque classe d'âge et pour les deux sexes
- L'évaluation doit tenir compte à la fois de l'existence et de la morphologie des épiphyses des métacarpiens et des phalanges ainsi que de leur épiphysiodèse éventuelle et des os du carpe
- Il peut exister des dissociations entre maturation des doigts et maturation des os du carpe, mais la priorité est toujours donnée aux doigts en matière d'appréciation de la maturation osseuse
- L'étude des épiphyses métacarpiennes est également importante dans les deux sexes

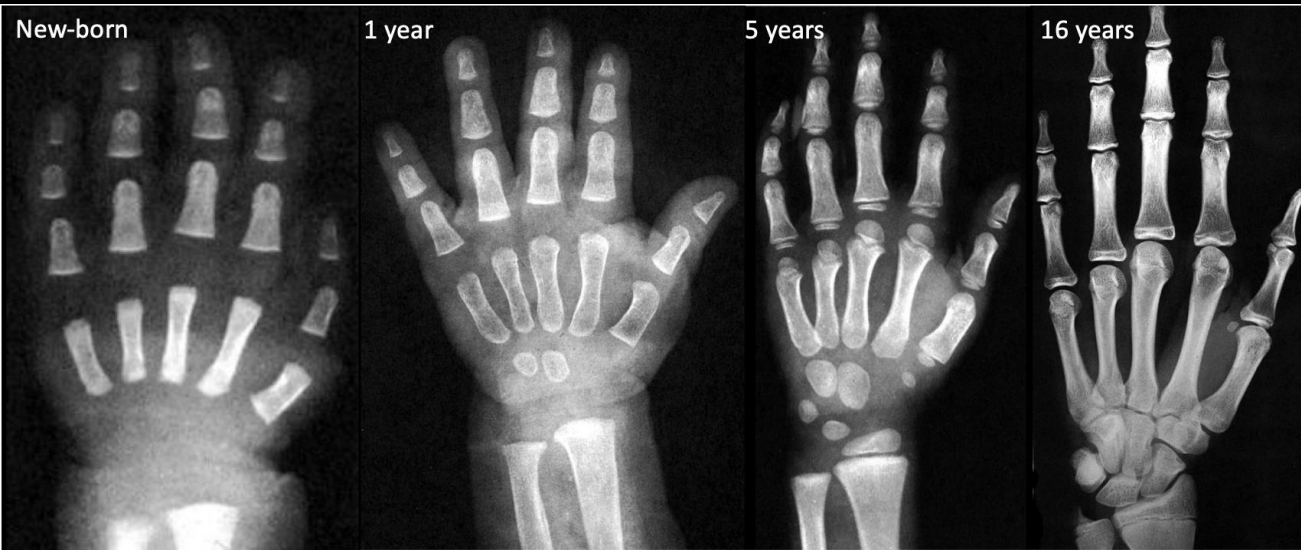
RADIOGRAPHIC ATLAS OF  
SKELETAL DEVELOPMENT  
OF THE HAND AND WRIST



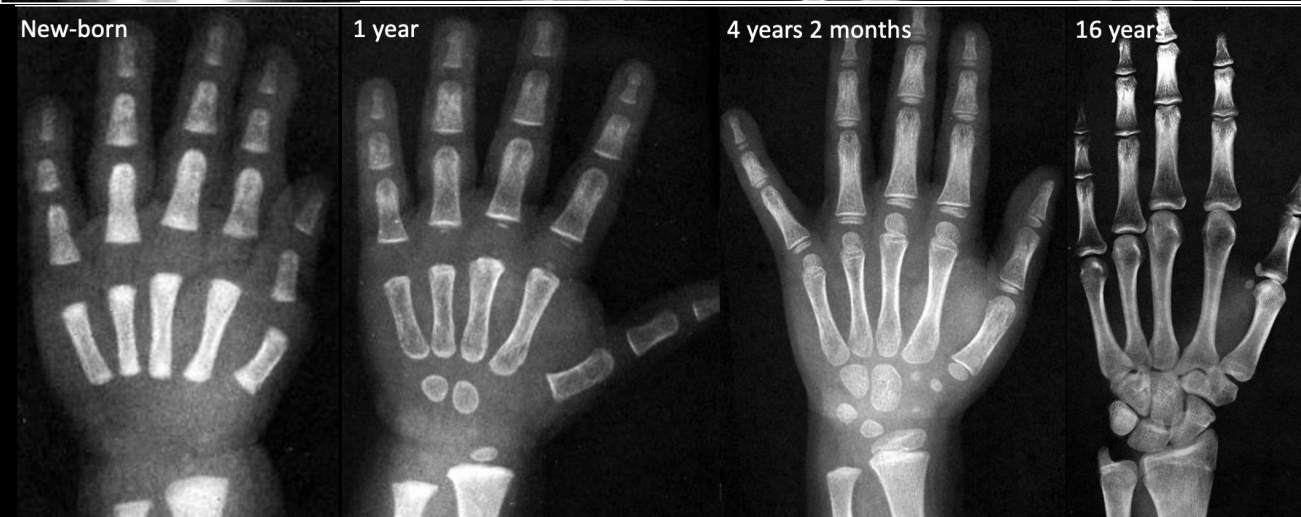
# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle



Garçons



Filles



# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

- La méthode de Greulich et Pyle peut être utilisée dès l'âge de quelques mois, jusqu'à la fin de la croissance ; il s'agit d'une méthode simple, peu irradiante, possédant des taux de reproductibilité inter- et intra-observateur qui sont acceptables pour la pratique quotidienne
- Il n'est pas possible d'estimer l'âge osseux avec une précision inférieure à 1 an
- Bonne corrélation mais importante variabilité
- En pratique, le profil évolutif de l'âge osseux chez un enfant donné est beaucoup plus important que l'estimation de la valeur absolue de l'âge osseux à un moment précis

# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

- L'atlas de Greulich et Pyle a été publié en 1959 sur les données d'une population nord-américaine de niveau socio-économique élevé recueillies de 1931 à 1942 qui ne correspond donc pas à la population actuelle : cette méthode est-elle encore valide actuellement ? :
  - **Sa validité a été vérifiée** à travers l'étude d'une cohorte de plus de 1300 enfants du sud de la France (Chaumoitre K et al. Validité de l'atlas de Greulich et Pyle appliqué à une population actuelle. J Radiol 2007;88:1596)
  - En revanche, **la variabilité en fonction de l'origine géographique est mal connue** : l'étude de K. Chaumoitre (Estimation de l'âge osseux par l'atlas de Greulich et Pyle : comparaison de 3 échantillons contemporains d'origine géographique différente. J Radiol 2007;88:1376) signale une meilleure corrélation entre l'âge osseux et l'âge civil dans les populations française et québécoise que dans un échantillon marocain
  - Une méta-analyse de Schmeling en 2000 (Schmeling A, Reisinger W, Loreck D, Vendura K, Markus W, Geserick G. Effects of ethnicity on skeletal maturation : consequences for forensic age estimations. Int J Legal Med 2000 ;113:253-8) insiste sur **l'influence du niveau socio-économique plus que de l'éthnicité**
  - Elle reste adaptée aux populations européennes ou de niveau socio-économique élevé
  - En cas de population de niveau socio-économique bas, l'âge osseux sera plutôt sous-estimé

# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

- *L'âge osseux est estimé à partir de la radiographie de la main et du poignet gauche, de l'atlas de Greulich et Pyle et les résultats sont exprimés en terme de moyenne et d'intervalle de prédiction, selon l'échantillon de référence et les résultats de l'étude de Chaumoitre et al.*
- L'évaluation doit se faire respectivement au niveau de l'existence et de la morphologie des épiphyses des métacarpiens et des phalanges ainsi que de leur soudure éventuelle, des os du carpe, voire des points épiphysaires des os de l'avant-bras
- Il peut exister des dissociations entre maturation des doigts et la maturation des os du carpe mais **on donne toujours la priorité aux doigts dans l'appréciation de la maturation, notamment aux épiphyses des premières et dernières phalanges pour les filles et aux épiphyses des deuxièmes et troisièmes phalanges pour les garçons.** L'étude des épiphyses métacarpiennes est également importante dans les 2 sexes. En cas d'hésitation entre 2 classes d'âge, on compare les os du carpe et les points épiphysaires des os de l'avant-bras.

# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

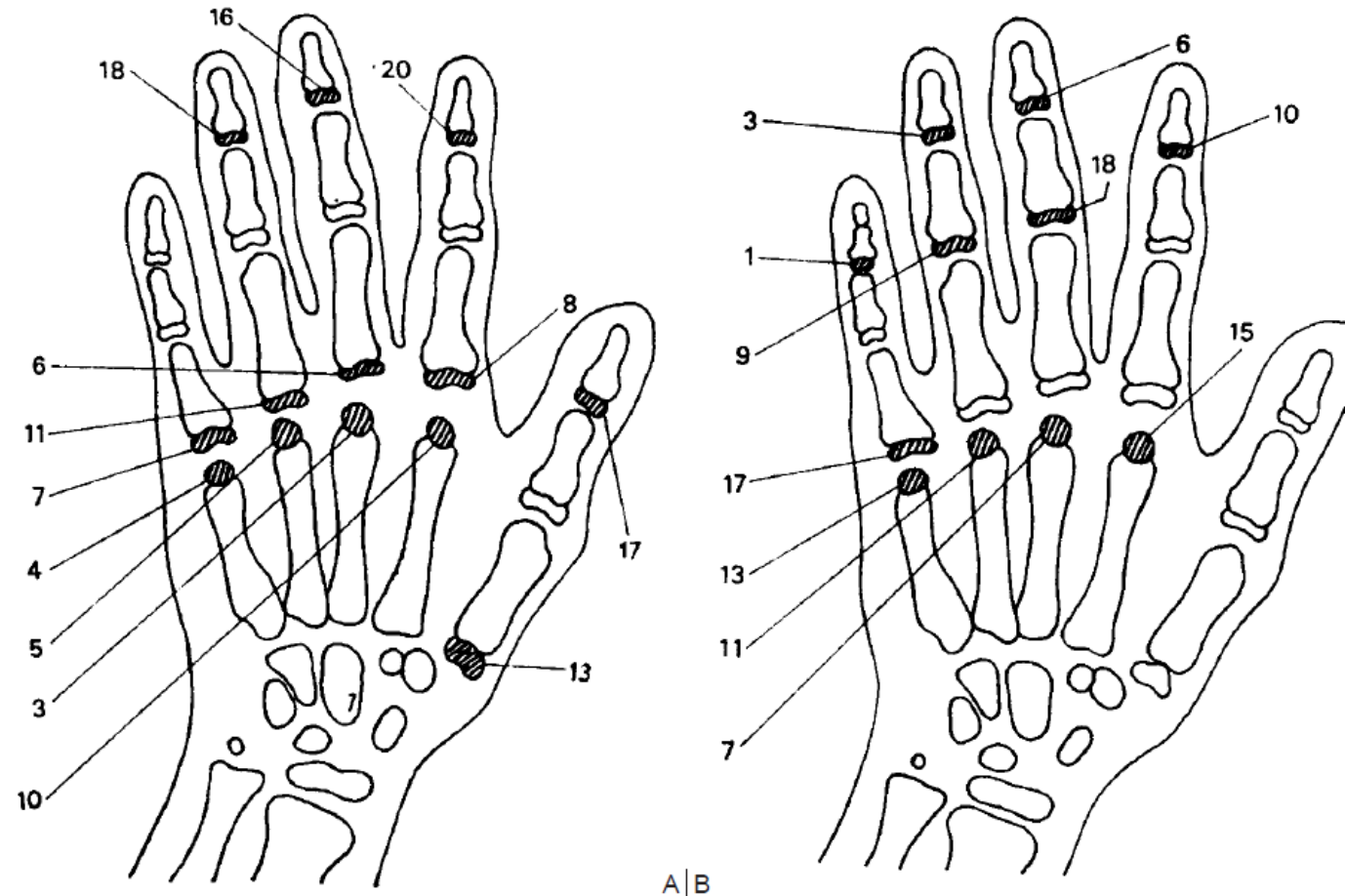


Fig. 1. — A : Liste des vingt centres d'ossification ayant la plus grande valeur pour la détermination de l'âge osseux chez les filles. D'après Coussement, repères et mesures en radiodiagnostic. B : Liste des vingt centres d'ossification ayant la plus grande valeur pour la détermination de l'âge osseux chez les garçons. D'après Coussement, Repères et mesures en radiodiagnostic.

# Maturation osseuse

# Evaluation

## Méthode de Greulich et Pyle

Selon le genre, les résultats sont exprimés en moyenne et avec intervalle de prédiction à 95% indiquant les bornes d'âges minimale et maximale rencontrées

Chaumoitre K, Saliba-Serre B, Adalian P, Signoli M, Leonetti G, Panuel M. Forensic use of the Greulich and Pyle atlas: prediction intervals and relevance. Eur Radiol. 2017;27:1032-1043

**Table 6** 95 % prediction interval for each Greulich-Pyle age category for boys aged 21 or less

GP age category	n	mean	s	t	95% Prediction Interval	
					lower limit	upper limit
1 year and 6 months	40	1.61	0.30	2.02	1.00	2.23
2 years	40	2.03	0.38	2.02	1.24	2.81
2 years and 8 months	29	2.72	0.57	2.05	1.53	3.91
3 years	22	3.11	0.75	2.08	1.51	4.71
3 years and 6 months ⊥	23	3.65	0.61	2.07	2.36	4.93
4 years ⊥	33	3.90	0.59	2.04	2.68	5.12
4 years and 6 months	44	4.65	0.96	2.02	2.69	6.61
5 years	70	5.36	1.08	1.99	3.20	7.52
6 years	57	6.48	0.85	2.00	4.77	8.20
7 years	62	7.48	0.96	2.00	5.55	9.41
8 years	55	8.11	0.91	2.00	6.27	9.95
9 years	54	9.25	0.89	2.01	7.46	11.04
10 years	75	10.42	1.18	1.99	8.05	12.78
11 years	58	11.09	1.11	2.00	8.86	13.33
11 years and 6 months	54	11.71	1.16	2.01	9.37	14.06
12 years and 6 months	50	12.28	1.12	2.01	10.02	14.55
13 years	92	13.15	1.00	1.99	11.16	15.14
13 years and 6 months	62	13.66	0.98	2.00	11.68	15.64
14 years	64	14.44	1.05	2.00	12.33	16.55
15 years ⊥	25	15.01	1.01	2.06	12.89	17.12
15 years and 6 months ⊥	14	15.19	0.99	2.16	12.98	17.40
16 years	25	16.28	1.39	2.06	13.36	19.21
17 years	76	16.52	1.13	1.99	14.25	18.78
18 years	53	17.79	1.07	2.01	15.62	19.95
19 years	238	19.35	1.20	1.97	16.99	21.72

Note: s: sample standard deviation. "t":  $t_{0.975, n-1}$  is the 97.5 quantile of the Student's *t*-distribution with *n-1* degrees of freedom. For boys, because of small size of the category, prediction intervals for "one year" and "one year and three months" categories were not computed

Note: 95 % PI depicted by ⊥ must be used with caution because the assumption of normal distribution is not met for these groups

**Table 7** 95% prediction interval for each Greulich-Pyle age category for girls aged 20 or less

GP age category	n	mean	s	t	95% Prediction Interval	
					lower limit	upper limit
1 year and 6 months ⊥	21	1.43	0.36	2.09	0.66	2.20
2 years	38	1.91	0.33	2.03	1.24	2.58
2 years and 6 months	43	2.51	0.55	2.02	1.38	3.63
3 years	33	3.07	0.82	2.04	1.38	4.77
3 years and 6 months	44	3.82	0.53	2.02	2.74	4.90
4 years and 2 months	44	4.42	0.67	2.02	3.06	5.79
5 years ⊥	28	5.23	0.82	2.05	3.52	6.95
5 years and 9 months	42	5.80	0.77	2.02	4.22	7.38
6 years and 10 months	84	6.67	0.87	1.99	4.92	8.42
7 years and 10 months	66	7.93	1.21	2.00	5.49	10.37
8 years and 10 months	65	8.85	0.76	2.00	7.31	10.38
10 years	64	10.10	0.90	2.00	8.29	11.91
11 years	70	10.72	0.82	1.99	9.07	12.38
12 years	49	11.98	0.90	2.01	10.16	13.80
13 years ⊥	29	12.21	0.90	2.05	10.35	14.08
13 years and 6 months	34	13.10	1.08	2.03	10.86	15.34
14 years	46	13.86	0.97	2.01	11.89	15.84
15 years	89	14.38	0.98	1.99	12.42	16.34
16 years	56	15.82	1.22	2.00	13.36	18.29
17 years ⊥	63	16.71	1.20	2.00	14.30	19.13
18 years	173	18.26	1.15	1.97	15.98	20.54

Note: s: sample standard deviation. "t":  $t_{0.975, n-1}$  is the 97.5 quantile of the Student's *t*-distribution with *n-1* degrees of freedom. For girls, because of small size of the category, prediction intervals for "9 months", "1 year" and "1 year and 3 months" categories were not computed

Note: 95 % PI depicted by ⊥ must be used with caution because the assumption of normal distribution is not met for these groups

# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Greulich et Pyle

Quelle valeur accorder à l'os sésamoïde du pouce dans la détermination de l'âge osseux ?

*K. Chaumôtre et al. Journal de Radiologie. Volume 89, Issue 12, December 2008, Pages 1921-1924*

**Ossification du sésamoïde du pouce :**  
**12,1 ans [10 – 15,1 ans] chez le garçon**  
**10,2 ans [8,8 – 15,2 ans] chez la fille**

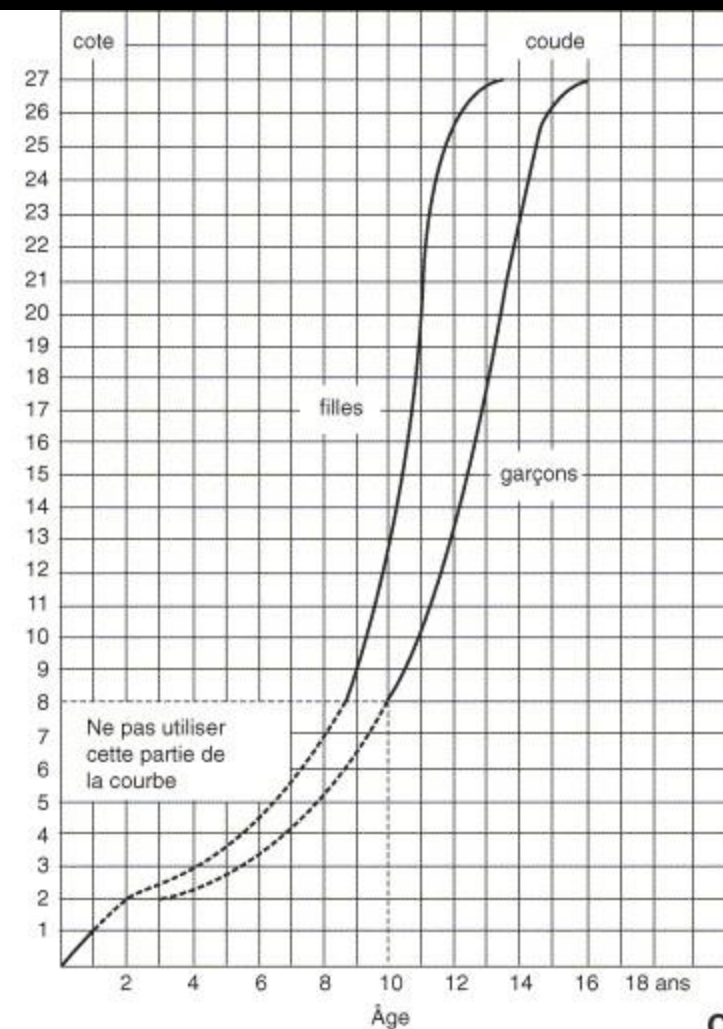
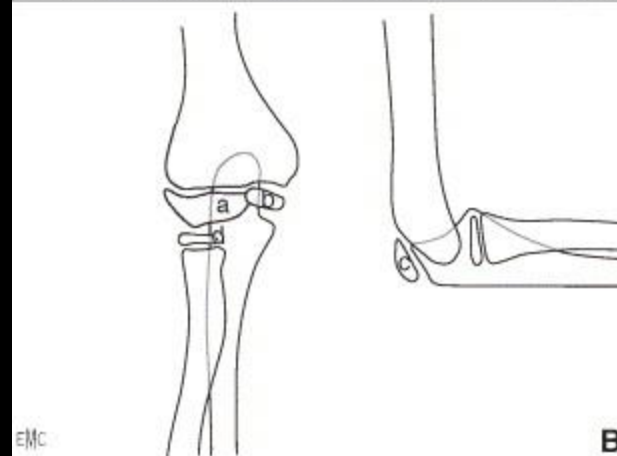
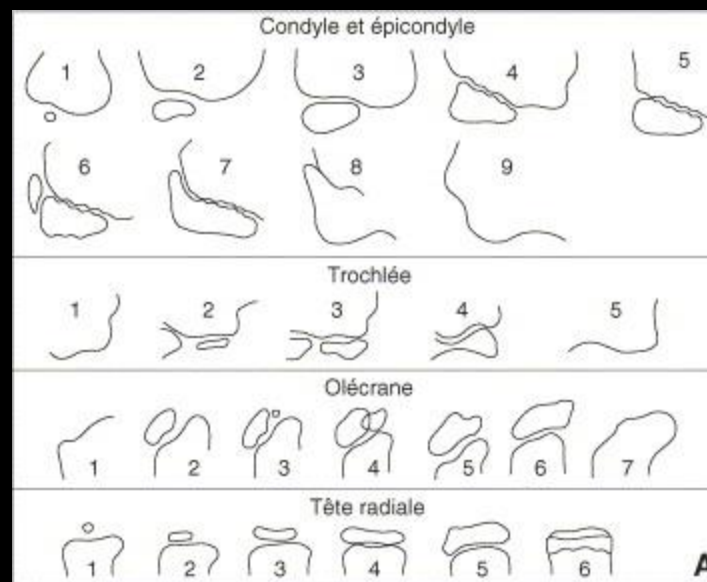
- Objectifs.
  - Analyser la présence de l'ossification de l'os sésamoïde du pouce selon l'âge et mettre en perspective ces résultats avec les données de l'Atlas de Greulich et Pyle qui situent l'apparition de cet os à 11 ans chez la fille et 13 ans chez le garçon.
- Matériels et méthodes.
  - Étude prospective sur une cohorte de 1372 enfants (780 garçons et 592 filles âgés de 0,4 à 19,7 ans, moyenne 9,7 ans) d'âge civil connu ayant bénéficié d'une radiographie de la région main-poignet dans le cadre d'un traumatisme mineur. La présence d'un os sésamoïde a été analysée par régression logistique par la méthode des probits.
- Résultats.
  - Les valeurs limites au sein de notre échantillon étaient 10 – 15,1 ans chez les garçons et 8,8 – 15,2 ans chez les filles. La valeur P50 (méthode des probits) correspondait à l'âge civil pour lequel 50 % de la population a un os sésamoïde visible. Elle était égale à 12,1 ans chez les garçons et 10,2 ans chez les filles.
- Conclusion.
  - La date d'apparition de l'os sésamoïde présente une grande variabilité. La présence de cet os ne doit pas être utilisée comme un repère précis lors de la détermination de l'âge par l'Atlas de Greulich et Pyle.

# Maturation osseuse

- Elle est surtout intéressante entre 8 et 13 ans chez la fille et 9 et 14 ans chez le garçon, c'est-à-dire dans la période où la méthode de Greulich et Pyle est la moins précise
- Cette méthode consiste en une cotation des différents points d'ossification du coude gauche en fonction de leur maturation
- L'évaluation se fait à l'aide d'une courbe à partir d'une radiographie du coude gauche de face et de profil
- Elle apprécie la maturation du condyle et de l'épicondyle, de la trochlée, de l'olécrane et de la tête radiale

## Evaluation

### Méthode de Sauvegrain et Nahum

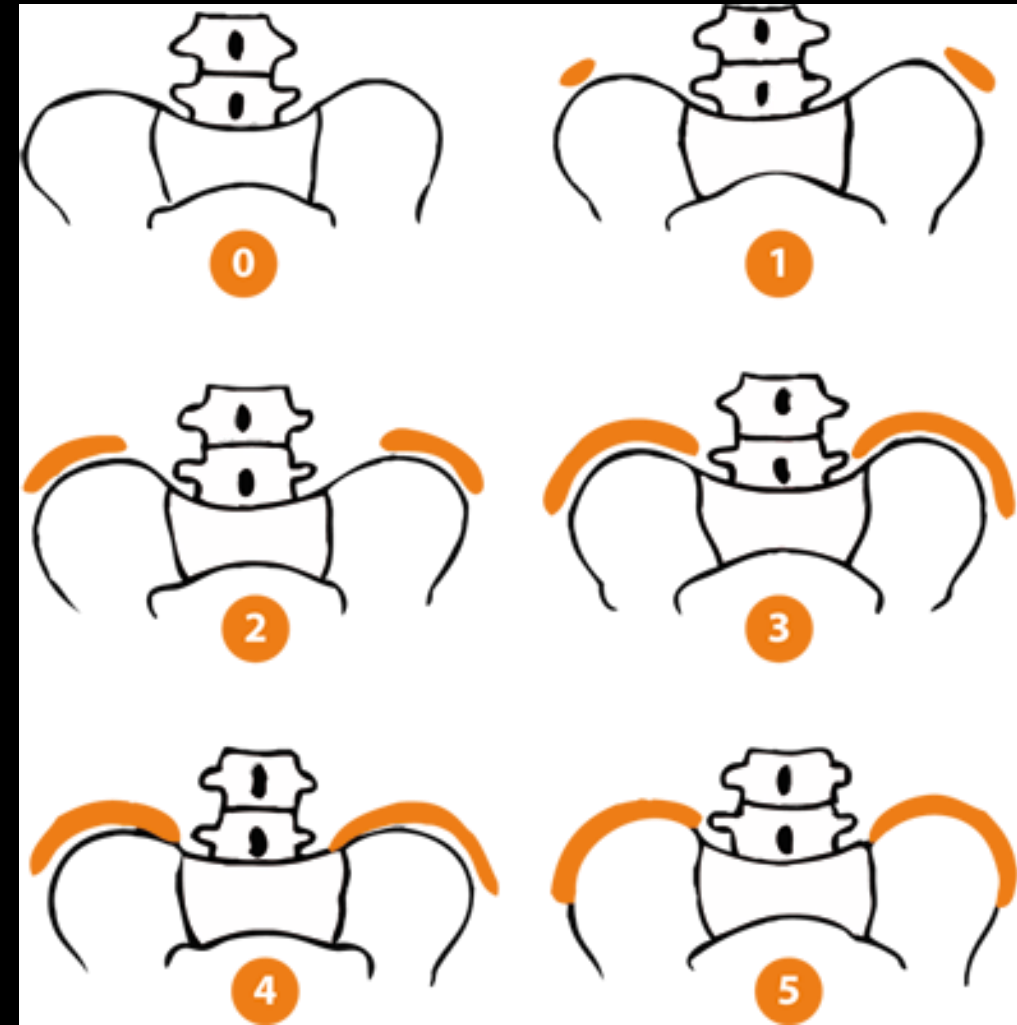


# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Risser

- Cette méthode ne permet pas de déterminer l'âge osseux, mais la fin de la croissance
- Elle est basée sur l'étude du noyau d'ossification secondaire des crêtes iliaques selon 5 stades : de l'apparition des noyaux (stade 1) à la fusion totale (stade 5)
- En pratique, il peut être difficile d'évaluer un test de Risser à 0 ou 5 (absence de noyau d'ossification ou fusion totale)
- Il suffit alors d'apprécier le cartilage de conjugaison en Y du fond du cotyle et celui de la métaphyse supérieure du fémur
- Lorsque ces cartilages sont largement ouverts, le test de Risser est nécessairement à 0 ; si, en revanche, ces cartilages sont fermés, le test de Risser est à 5
- La méthode de Risser est surtout utilisée par les orthopédistes pour évaluer le risque potentiel d'évolution d'une scoliose
- Elle a pour inconvénient l'irradiation gonadique



# Maturation osseuse

## Evaluation

### Méthode de Risser

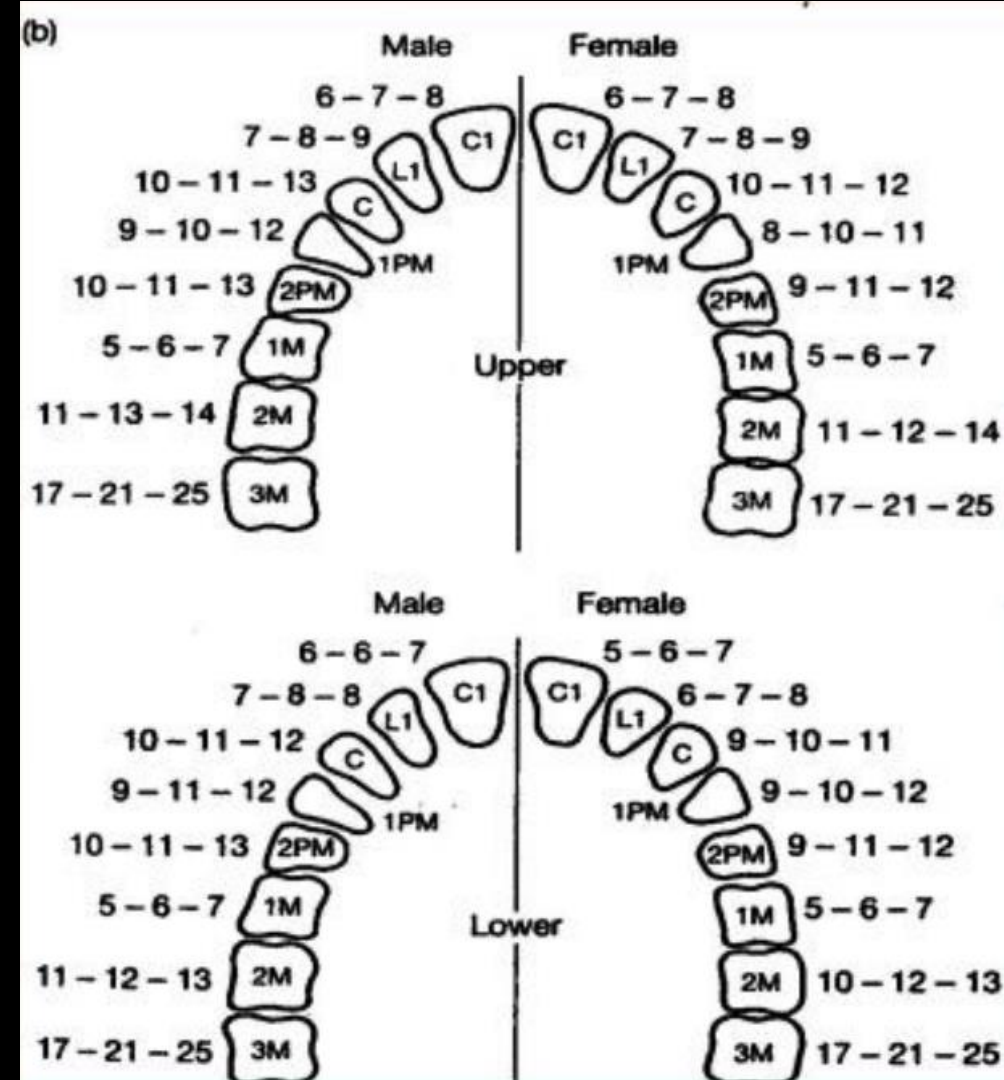


# Maturation osseuse

## Evaluation

### Âge dentaire

- L'âge dentaire est un complément intéressant de la détermination de l'âge osseux
- La date d'apparition des 20 dents de lait ou des 32 dents définitives est peu fiable, mais en revanche, l'ordre d'apparition des dents est relativement constant et la calcification des germes dentaires a une chronologie précise qui débute avant la naissance
- Il existe des atlas qui permettent de comparer un sujet donné à une table de référence
- À la période pubertaire, l'étude plus précise de la racine de la 3e molaire permet une cotation plus étroite, en comparant le diamètre du canal dentaire à celui de la racine

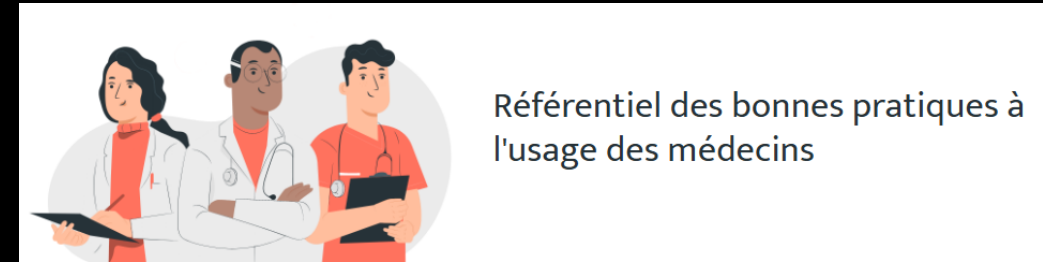


# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

ADERIM

- L'aide médicale à la détermination de l'âge d'un sujet dont l'état civil est incertain ne se conçoit que sur **réquisition judiciaire nominale**,
- Le **consentement de l'individu** doit être recueilli par le médecin légiste en charge de la synthèse du dossier avec l'aide d'un interprète si nécessaire,
- Le médecin légiste prendra en compte l'ensemble des éléments cliniques et radiologiques pour donner son avis.
- L'estimation de l'âge osseux repose sur une **radiographie de la main et du poignet gauche de face** (Atlas de Greulich et Pyle), un panoramique dentaire (ou un examen dentaire fait par le légiste) complété parfois par un **examen tomodensitométrique des clavicules** (analyse du noyau d'ossification secondaire médial).



<https://aderim.radiologie.fr/motif-de-consultation/demande-medico-legale-dage-osseux>

# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Main et Poignet Gauches

- L'atlas de Greulich et Pyle est encore utilisable actuellement mais les résultats doivent être exprimés sous la forme d'une fourchette en prenant en compte la variabilité individuelle qui est très élevée dans la tranche supérieure à 15 ans (écart type d'environ 1 an donc âge estimé à +/- 2 ans pour un **intervalle de précision à 95%**).
- Lors de l'utilisation de l'Atlas, c'est toujours l'analyse des phalanges qu'il faut privilégier.
- L'emploi de logiciels d'intelligence artificielle dans un but médico-légal ne peut être envisagé que si le logiciel a une certification adaptée spécifiquement à une utilisation médico-légale et donne un intervalle de précision.
- Dans tous les cas, le compte rendu doit bien préciser qu'il s'agit d'une estimation et donner l'intervalle de précision.

En pratique, lors d'estimation d'âge dans le cadre médico-légal des délinquants présumés mineurs ou des réfugiés/demandeurs d'asile, la radiographie de la main et du poignet est quasiment toujours fusionnée

- Catégorie 19 ans du GP
- Age supérieur ou égal à 17 ans

# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Clavicules

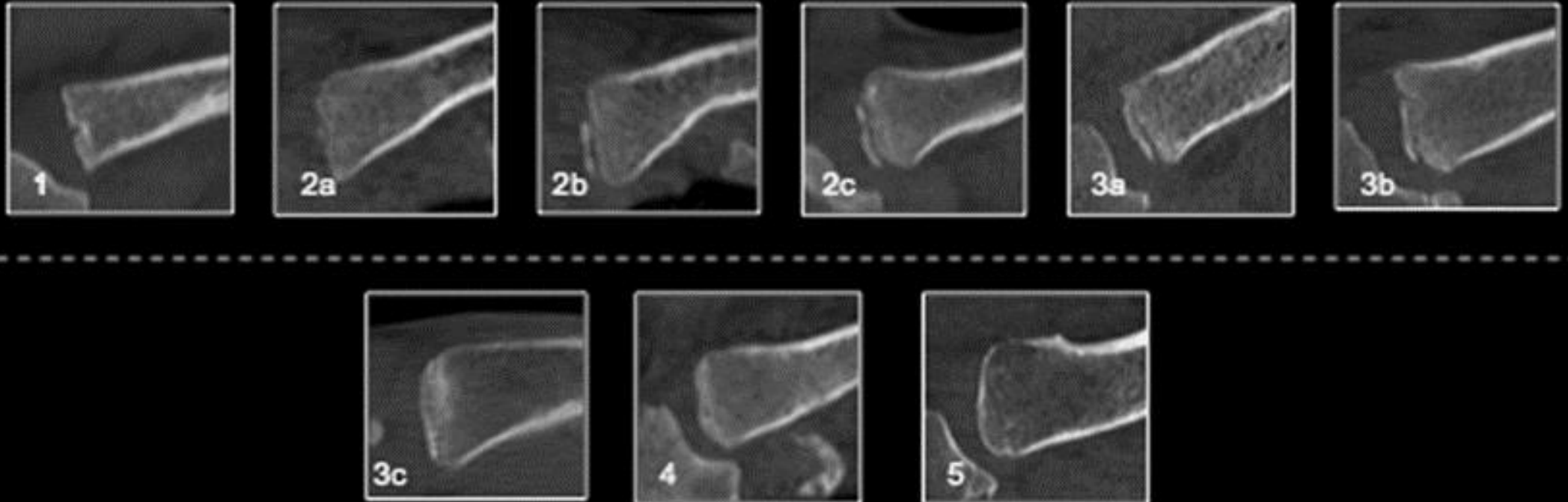
- Dans le cadre de certaines situations judiciaires, devant un individu présentant une radiographie main-poignet totalement fusionnée, un complément d'exploration par examen tomodensitométrique des clavicules peut être effectué
- Il faudra utiliser la dose la plus basse permettant une analyse satisfaisante de l'ossification des noyaux médiaux des clavicules et une acquisition millimétrique avec reconstruction dans le plan du noyau.
- L'analyse des noyaux est faite selon les 5 stades décrits par Kellinghaus et al. en utilisant les fourchettes données dans la publication.
- Ces stades sont simples à utiliser.
- Il est possible de préciser l'estimation en utilisant les sous-stades décrits par Kellinghaus et al. mais cela demande une plus grande expérience.

# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Clavicules

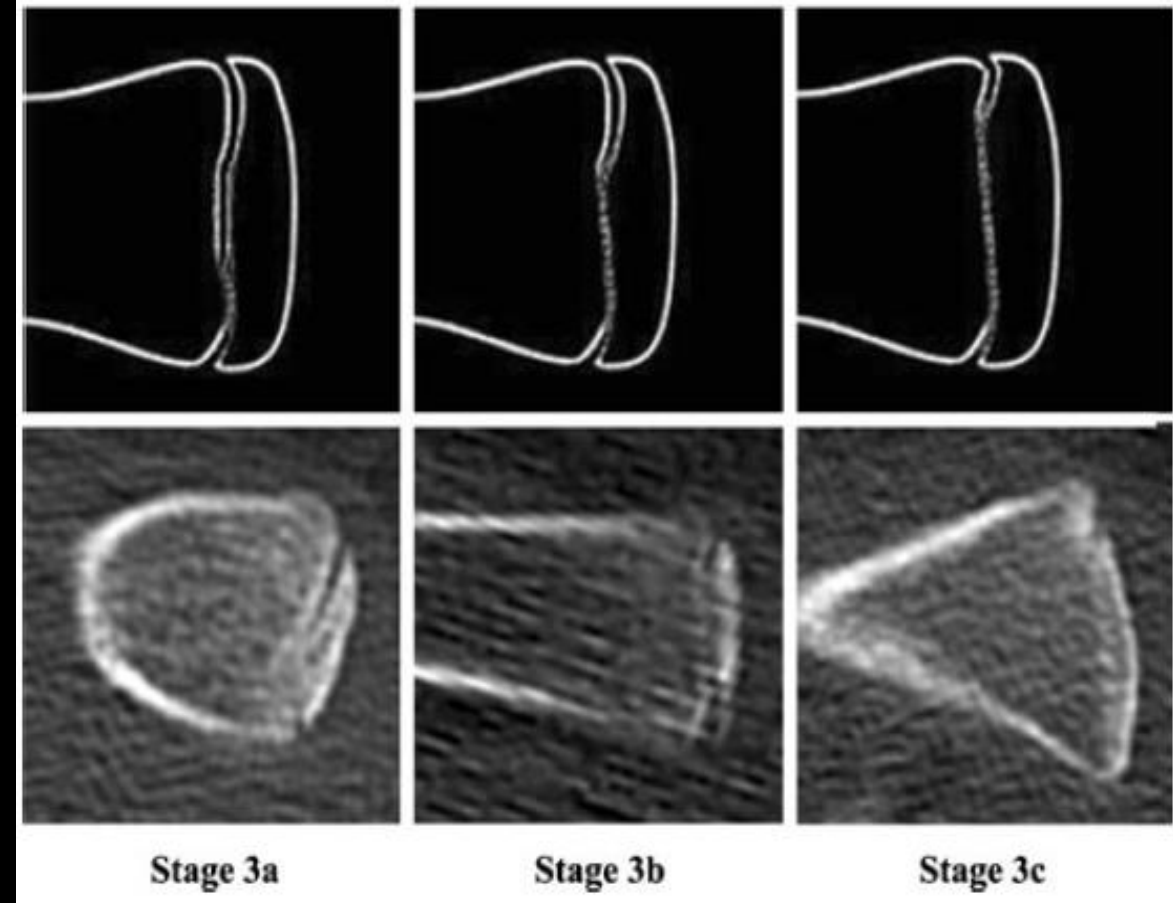
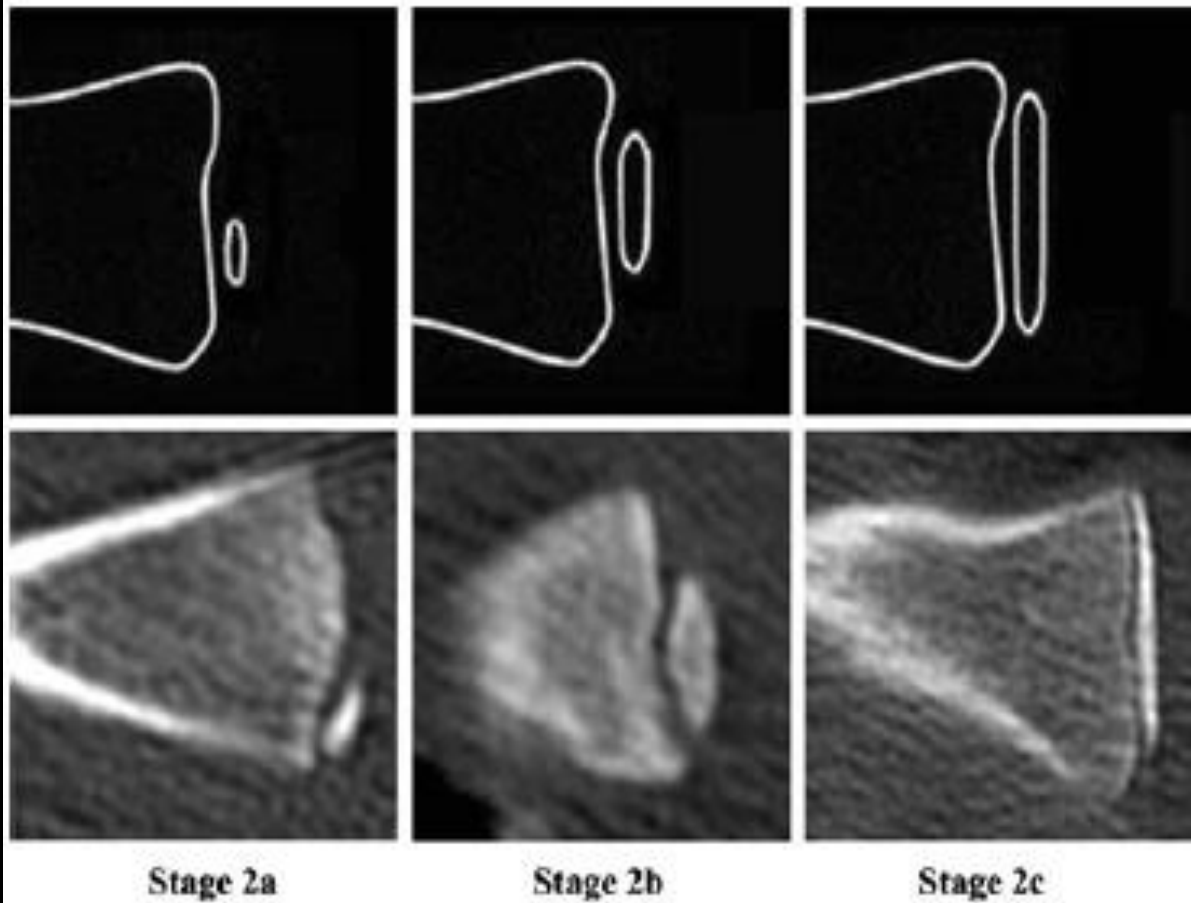
*L'estimation de l'âge à partir des clichés tomodensitométriques des extrémités médiales des clavicules est réalisé à l'aide de la classification établie par Schmelling et al. et les résultats sont exprimés en termes de moyenne et d'âge minimum et maximum, selon l'échantillon de référence et les résultats de l'étude de Kellinghaus et al.*



# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Clavicules



# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Clavicules

Patient majeur à partir des stades 3b chez le garçon et 3c chez la fille

**Table 2** Statistical parameters in years by sex for ossification stages 2a-3c

Stage	Sex	Min-max	Mean ± SD	Median, LQ, UQ
2a	Male	14.4–20.0	17.4±1.4	17.8, 16.8, 18.2
	Female	13.1–18.2	15.8±1.8	15.8, 14.2, 17.5
2b	Male	16.4–20.1	18.2±1.1	18.1, 17.6, 18.8
	Female	15.4–19.3	17.4±1.4	17.8, 16.0, 18.2
2c	Male	17.1–20.2	18.6±1.4	18.5, 17.3, 19.9
	Female	15.6–18.2	17.3±0.9	17.8, 16.7, 18.0
3a	Male	17.5–20.7	19.0±1.1	18.6, 18.4, 20.4
	Female	16.8–22.1	19.6±1.6	19.6, 18.5, 21.0
3b	Male	18.3–25.4	21.1±2.0	21.1, 19.8, 22.1
	Female	17.8–24.4	21.0±1.9	21.1, 19.6, 22.4
3c	Male	19.7–26.2	22.9±1.8	23.3, 21.4, 24.1
	Female	19.5–26.2	22.5±1.8	22.1, 21.3, 23.7

*Min* minimum, *Max* maximum, *SD* standard deviation, *LQ* lower quartile, *UQ* upper quartile

Stage	Sex	Min–Max	Mean ± SD
1	Male	10.03–15.98	13.28±1.74
	Female	10.06–15.87	12.70±1.69
2	Male	14.43–20.26	17.81±1.37
	Female	13.11–19.29	16.28±1.59
3	Male	17.53–26.15	21.73±0.26
	Female	16.75–26.15	21.14±2.14
4	Male	21.63–35.84	29.63±4.16
	Female	21.31–35.19	28.21±4.21
5	Male	26.39–35.76	31.77±2.74
	Female	26.10–35.74	30.88±3.20

# Maturation osseuse

## Demande médico-légale

### Clavicules

**Stade 1 :** Absence de fusion. Le centre d'ossification n'est pas encore visible.

**Stade 2 :** Apparition du cartilage de conjugaison. Le centre d'ossification est ossifié et s'étend progressivement entre les stades 2a et 2c. Il n'y a pas de fusion entre l'épiphyse et la métaphyse qui restent distinctes.

Le stade 2a correspond à un point d'ossification dont la longueur est inférieure ou égale au tiers de la longueur de la métaphyse.

Le stade 2b correspond à une longueur du point d'ossification de plus d'un tiers et jusqu'à deux tiers de la longueur de la métaphyse.

Le stade 2c correspond à une longueur du point d'ossification supérieure aux deux tiers de la longueur de la métaphyse.

**Stade 3 :** Fusion partielle, incomplète de l'épiphyse cartilagineuse. La fusion entre la métaphyse et l'épiphyse est en cours. L'espace entre l'épiphyse et la métaphyse est discontinu.

Le stade 3a correspond à une fusion d'un tiers ou moins de la longueur totale de la métaphyse.

Le stade 3b correspond à une fusion étendue à plus d'un tiers et jusqu'à deux tiers de la longueur de la métaphyse.

Le stade 3c correspond à une fusion entre la métaphyse et l'épiphyse supérieure aux deux tiers de la métaphyse.

**Stade 4 :** Fusion complète. L'épiphyse et la métaphyse sont complètement fusionnées. Il existe une fine ligne horizontale, parallèle à l'extrémité médiane de l'épiphyse, correspondant à une cicatrice épiphysaire.

**Stade 5 :** Fusion complète, disparition de la cicatrice. Il s'agit du dernier stade de maturation, défini par la disparition de la cicatrice épiphysaire.

# Méthodes d'évaluation

## Rachis

### Classique



# Rachis

## Méthodes d'évaluation

### Par système EOS

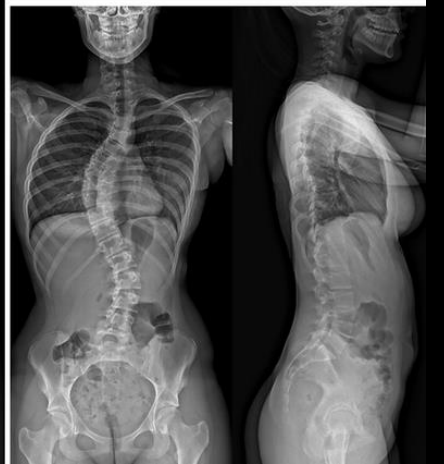
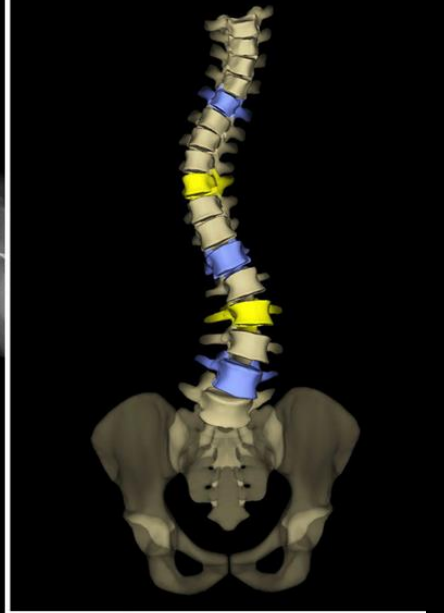
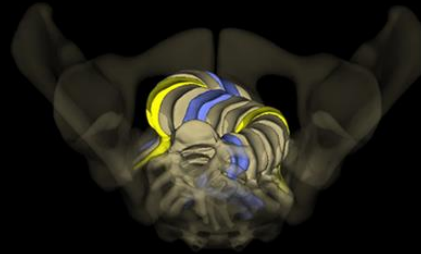
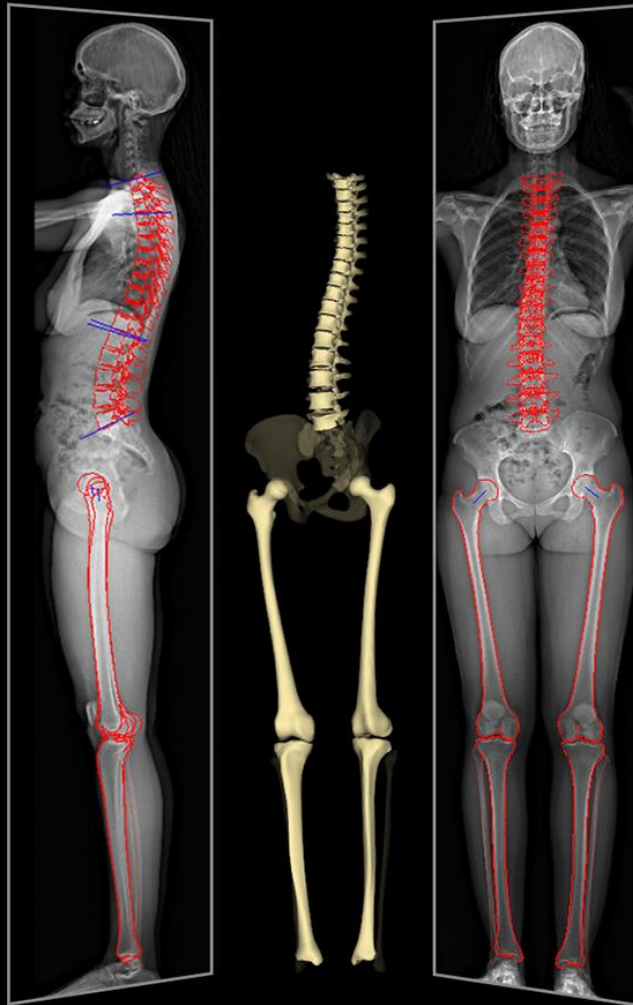
- EOS est un système d'imagerie **très basse dose** qui combine l'utilisation d'un **détecteur gazeux des rayons X (système Charpak)**, à une technique d'acquisition par **balayage linéaire**
- EOS permet une acquisition simultanée de deux images, de face et de profil du corps entier du sommet de la tête jusqu'à la plante des pieds
- Cette acquisition "radiologique" permet ensuite d'obtenir des reconstructions 3D de tous les niveaux ostéo-articulaires
- Cette reconstruction est aussi précise que celle obtenue par tomographie conventionnelle. De plus, l'examen est **effectué en position "fonctionnelle" debout ou assise**, ce qui n'est possible actuellement par aucune autre méthode classique comme le scanner ou l'IRM
- **La dose délivrée est de 8 à 10 fois moindre que pour une radiographie conventionnelle** pour ces examens bidimensionnels
- **La durée du balayage est de l'ordre de 15 s pour un adulte et décroît avec la taille de l'individu**
- L'immobilité requise pendant la durée du balayage est cependant une certaine limitation chez les tous jeunes enfants dont certains ne réalisent pas cette immobilité. Les clichés obtenus sont numériques, non distordus (puisque le rayon est toujours perpendiculaire à l'objet)



# Méthodes d'évaluation

## Rachis

Par système EOS



## Rachis

- C'est une anomalie de la statique rachidienne :
  - Déviation irréductible du rachis dans les 3 plans de l'espace (notamment une composante rotatoire en axiale) ( $\neq$  attitude scoliothique : réductible et pas de composante rotatoire)
- Origine idiopathique dans 70 à 80% des cas; origine secondaire : malformative, tumeurs, maladies neurodégénératives, musculaires ...



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Cadre osseux

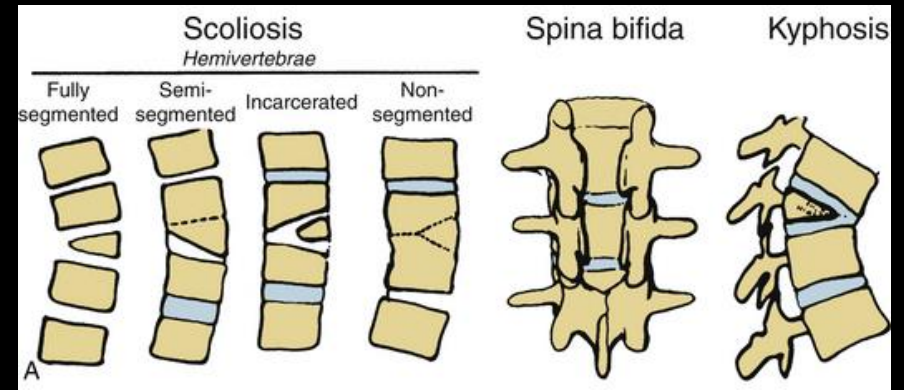
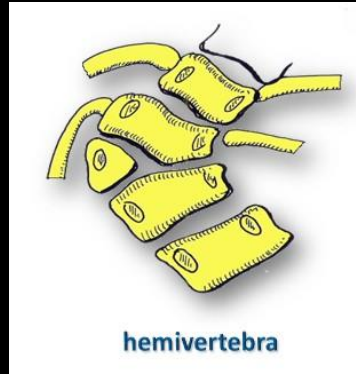
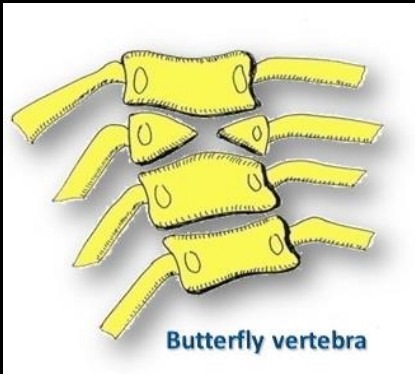
- Recherche de lésion congénitale ou acquise du rachis, du bassin ou des côtés :
  - Anomalies costales
  - Malformation vertébrale
  - Tassement, lyse, condensation ...
  - Masse para-vertébrale
  - Lyse isthmique
- Une scoliose idiopathique n'est pas douloureuse → Toute scoliose douloureuse justifie des clichés complémentaires segmentaires couchés

# Rachis

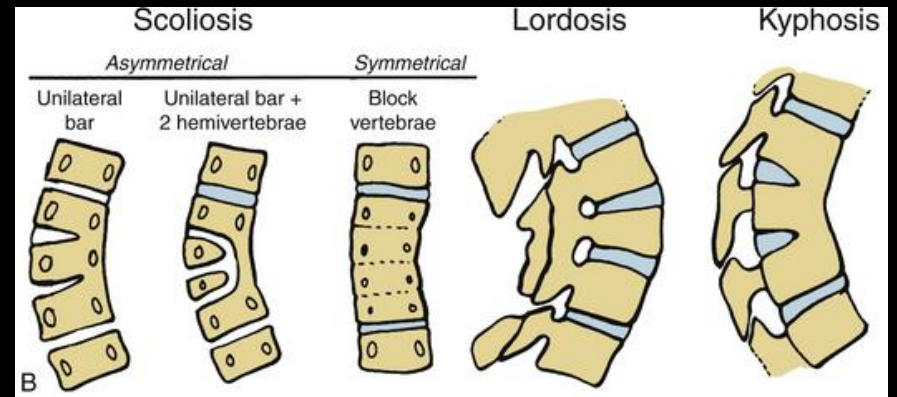
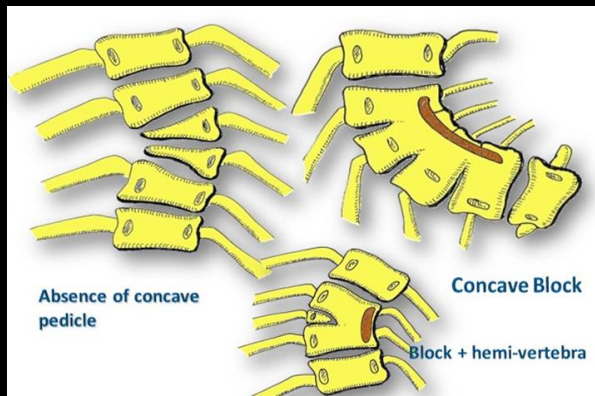
## Bilan de scoliose

### Cadre osseux

#### Défaut de formation



#### Défaut de segmentation

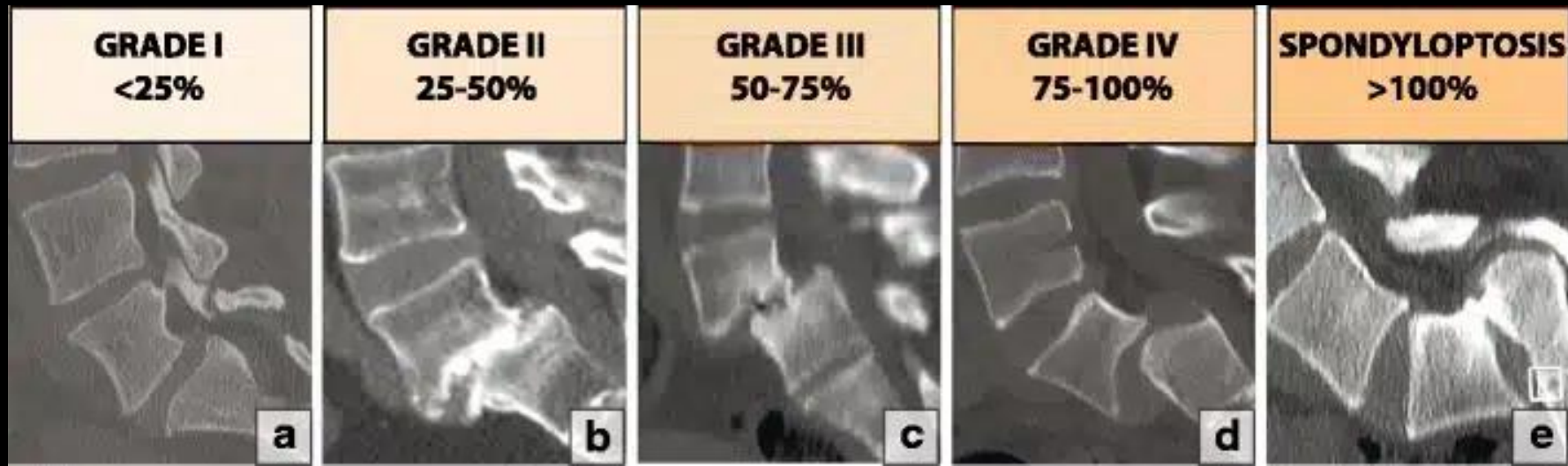
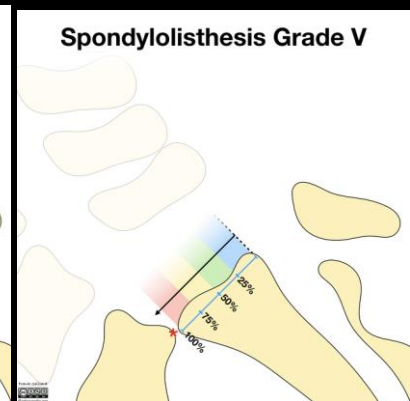
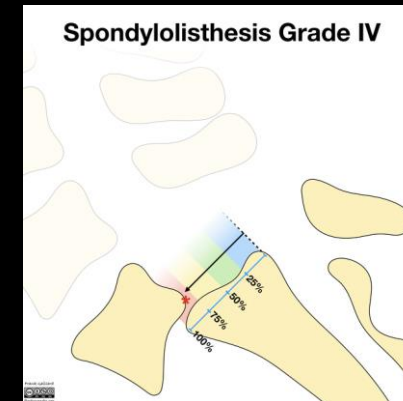
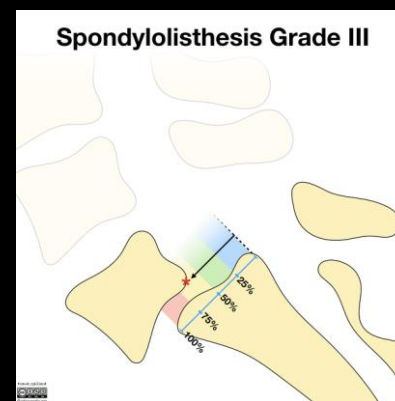
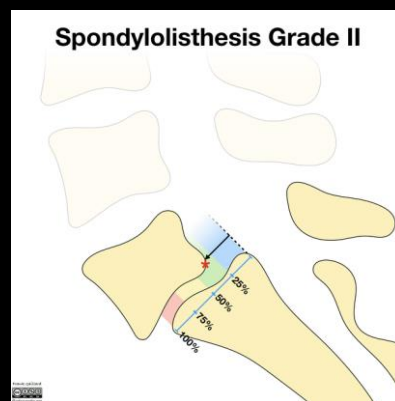
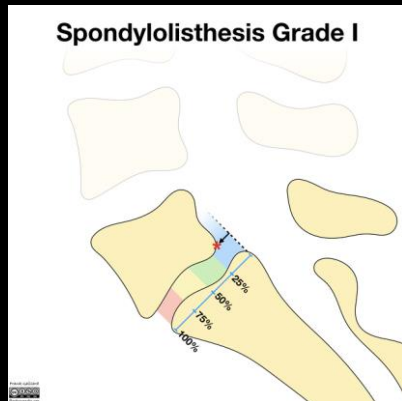
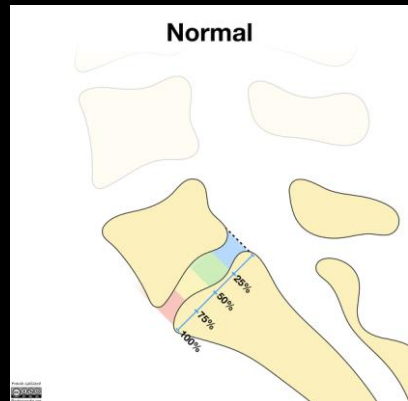


# Rachis

## Bilan de scoliose

### Cadre osseux

#### Lyse isthmique : classification de Meyerding



# Rachis

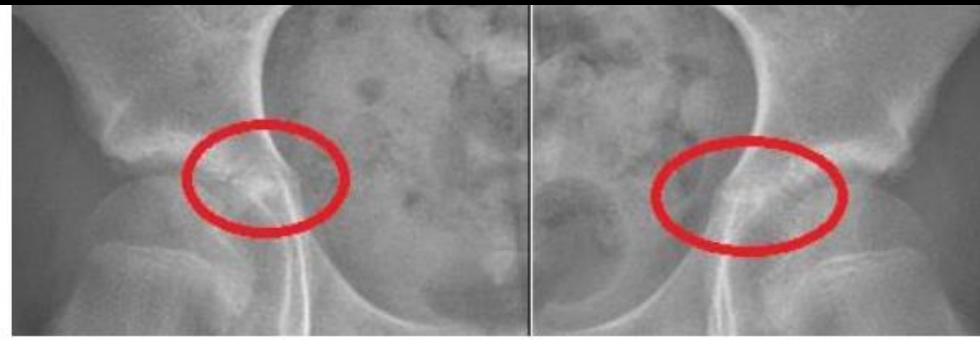
## Bilan de scoliose

### Maturation osseuse

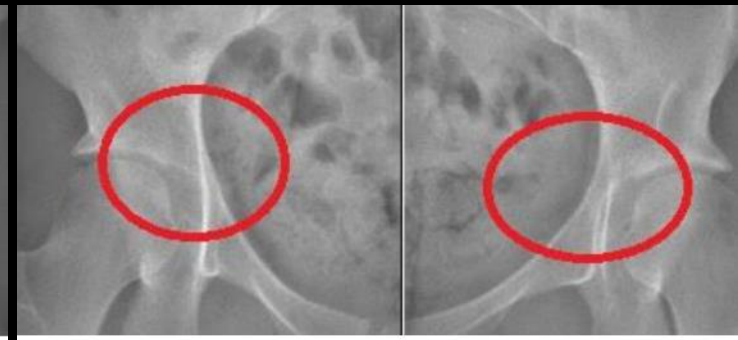
- **Cartilages en Y** : doivent être fermés pour le début du Risser



*Ouverts*



*En cours de fermeture*



*Fermés*

# Rachis

## Bilan de scoliose

### Maturation osseuse

- **Grands trochanters** : Fusionnés ou non fusionnés

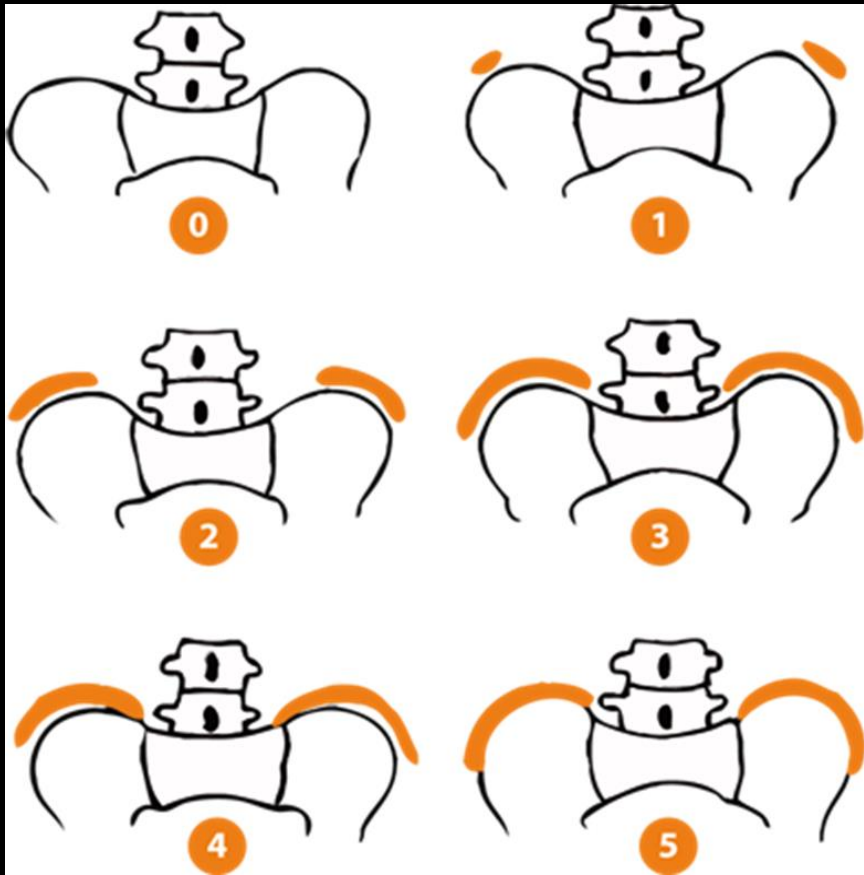


# Rachis

## Bilan de scoliose

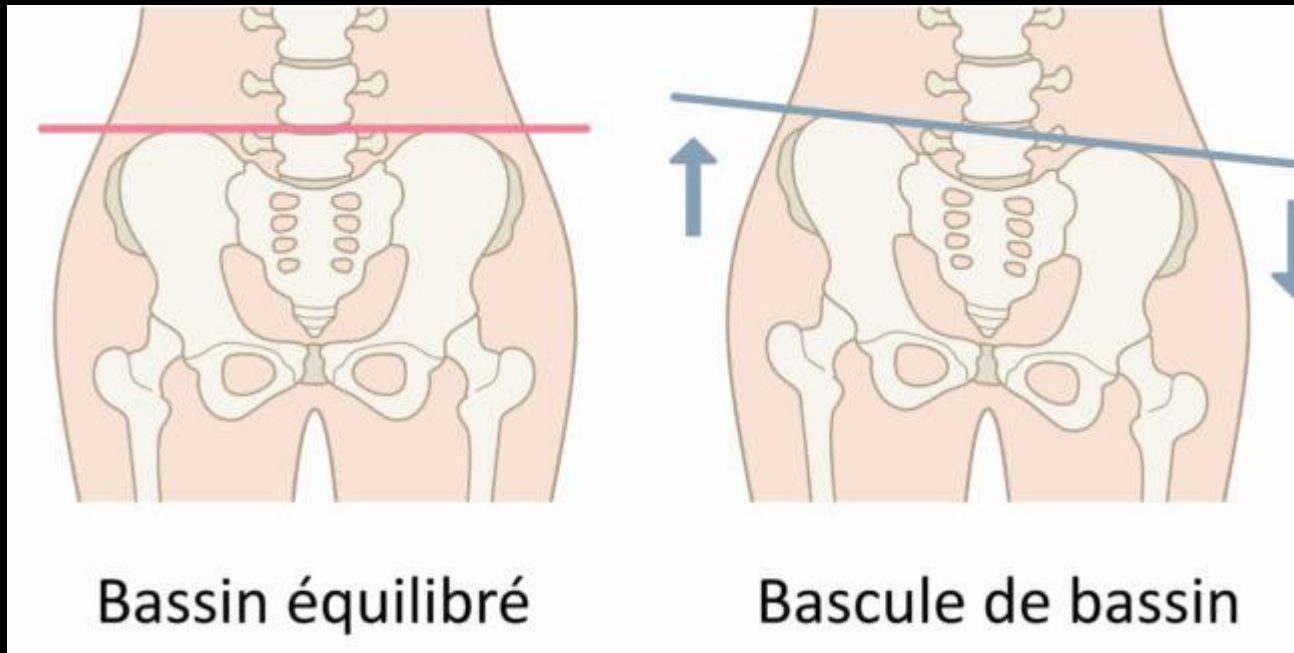
### Maturation osseuse

- **Risser** : étude du noyau d'ossification secondaire des crêtes iliaques selon 5 stades : de l'apparition des noyaux (stade 1) à la fusion totale (stade 5)
- Habituellement, le premier point d'ossification apparaît vers 13 - 14 ans chez la fille et vers 15 - 16 ans chez le garçon. La soudure complète vers 19 - 20 ans traduit la fin de la croissance



- **De face : Evaluation de la bascule du bassin**

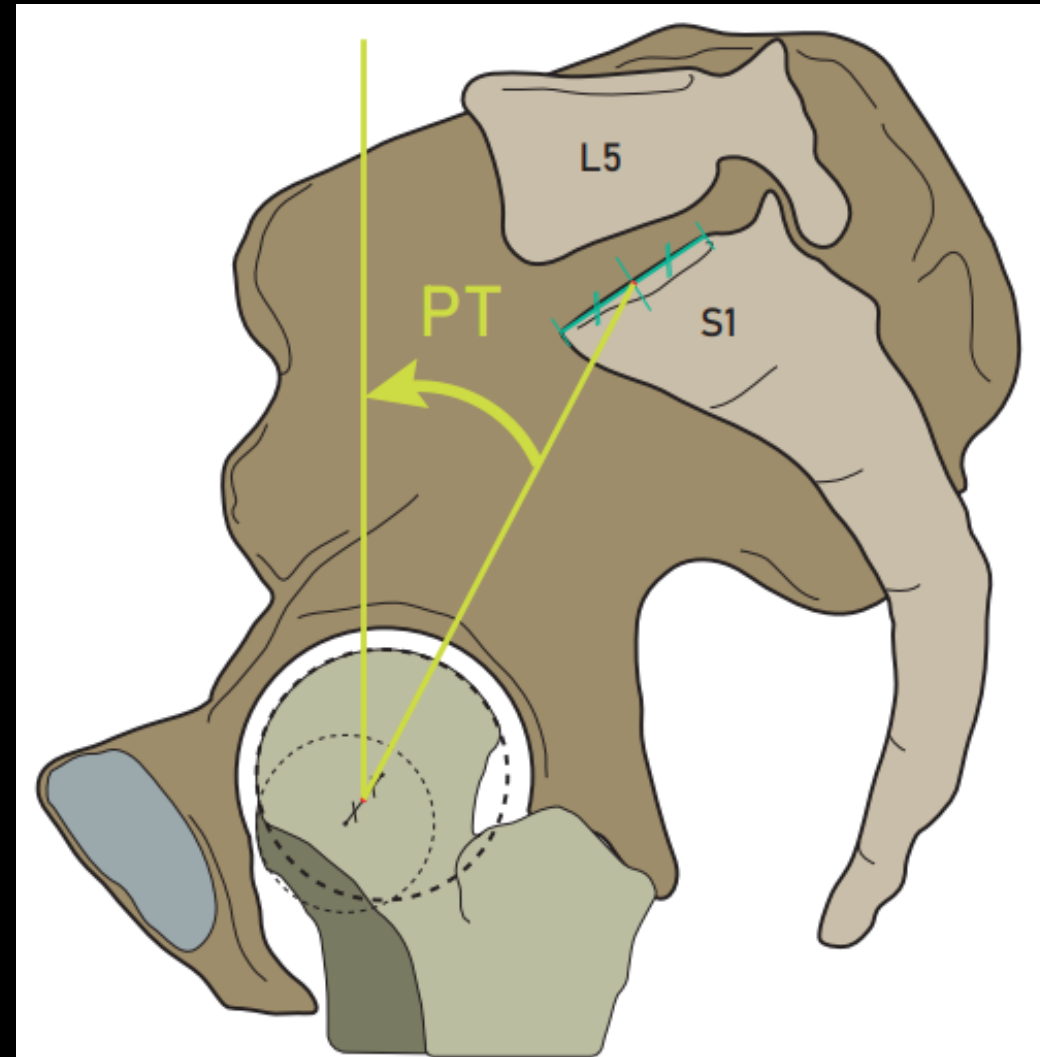
- Evaluée sur deux points symétriques du bassin (toits, rebords, arrière-fond acétabulaires, sommet des têtes fémorales, U radiologique, ischions, partie inférieure des articulations sacro-iliaques, sommet des crêtes iliaques etc.)
- Obliquité pelvienne (N : 0-5mm)



## Rachis

## Bassin

- **De profil** : Version Pelvienne (**Pelvis Tilt**)
  - C'est l'angle entre la verticale et la ligne joignant le centre des têtes fémorales au centre du plateau sacré.
  - Ce paramètre positionnel traduit le positionnement relatif des articulations coxo-fémorales par rapport au sacrum
  - Il témoigne de l'importance la rotation pelvienne autour des fémurs et donc de la rétroversion.
  - Il doit être normalement inférieur à  $20^\circ$ .
  - C'est une mesure variable dépendant de la position et de l'anatomie du patient.

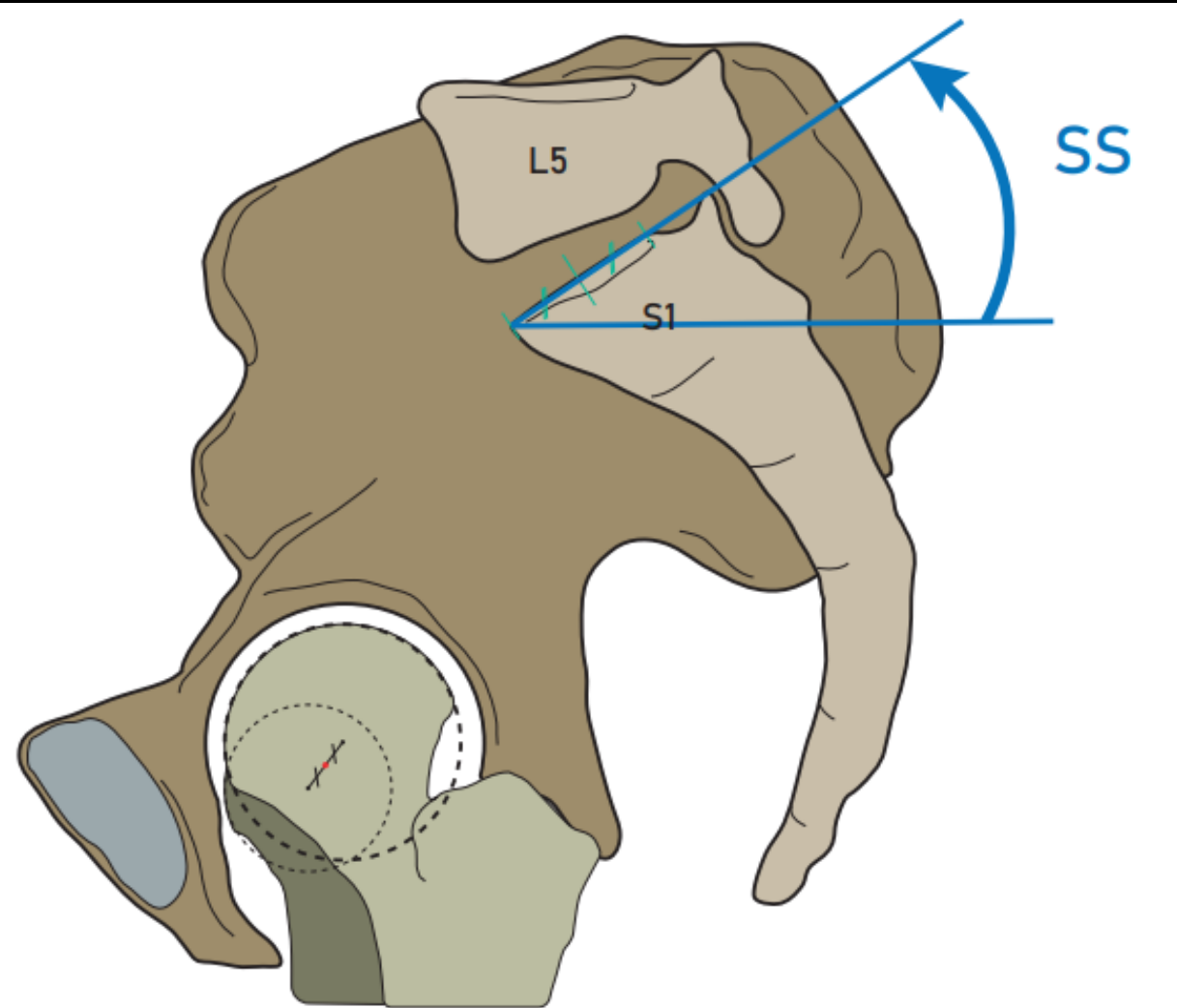


# Rachis

## Bilan de scoliose

### Bassin

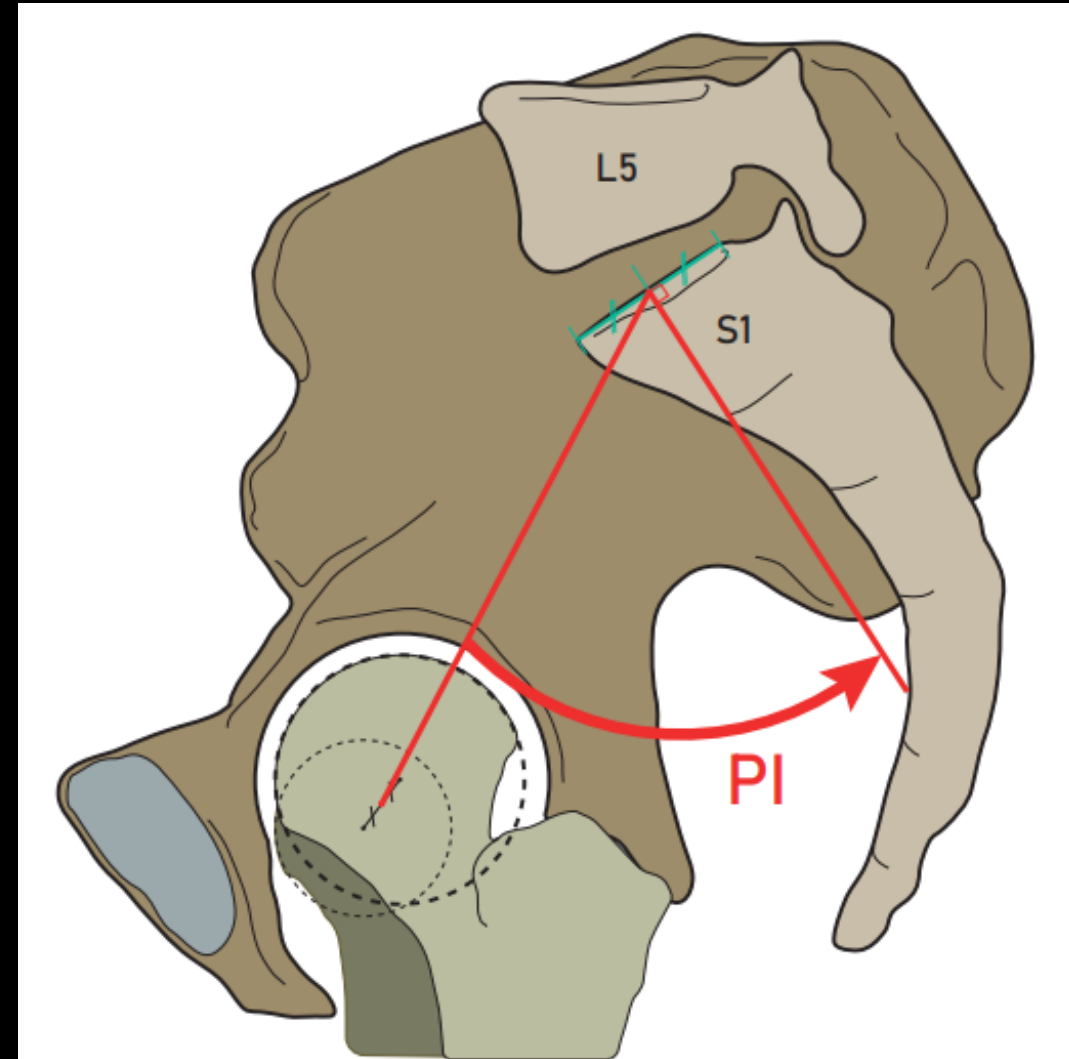
- **De profil : Pente Sacrée (Sacral Slope)**
- C'est l'angle mesuré entre la tangente au plateau sacré et l'horizontale.
- Ce paramètre positionnel correspond à l'obliquité du plateau sacré par rapport à l'horizontale.
- Plus le pelvis sera rétroversé, plus sa valeur sera faible.
- C'est une mesure variable dépendant de la position et de l'anatomie du patient.



## Rachis

## Bassin

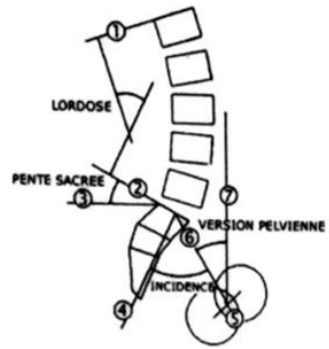
- **De profil** : Incidence Pelvienne (**Pelvic Incidence**)
  - C'est l'angle mesuré entre la perpendiculaire au plateau sacré et une ligne joignant le centre des têtes fémorales au centre du plateau sacré.
  - Elle est de  $50^\circ$  ( $\pm 10^\circ$ ).
  - C'est une mesure fixe, anatomique, propre au patient et indépendante de la position.
  - Elle traduit la morphologie pelvienne, et les rapports anatomiques entre le sacrum et les os iliaques par l'intermédiaire des articulations coxo-fémorales
  - $IP = VP + PS$



# Bilan de scoliose

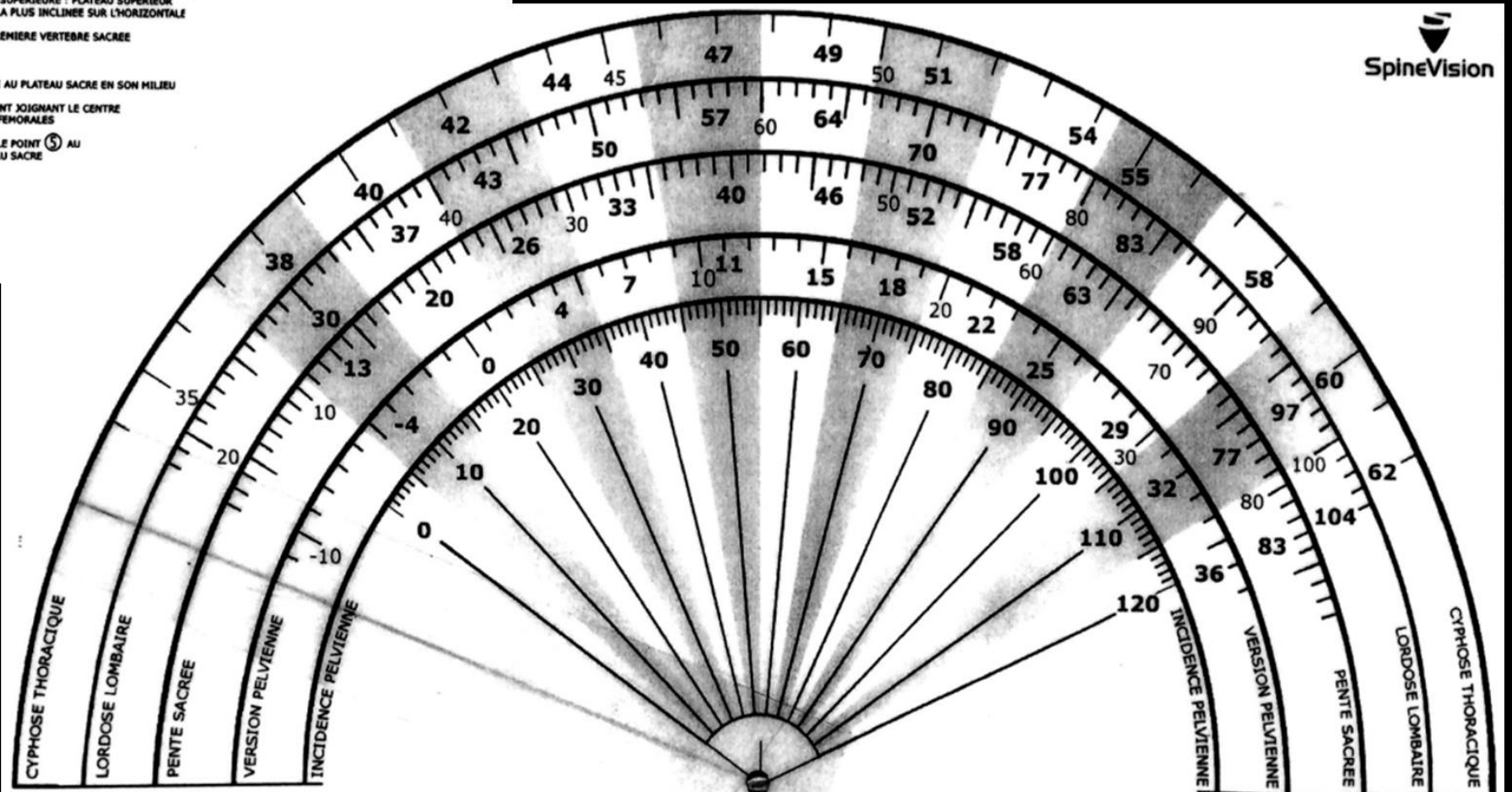
## Rachis

## Bassin



- ① VERTEBRE LIMITE SUPERIEURE : PLATEAU SUPERIEUR DE LA VERTEBRE LA PLUS INCLINEE SUR L'HORIZONTALE
- ② PLATEAU DE LA PREMIERE VERTEBRE SACREE
- ③ HORIZONTALE
- ④ PERPENDICULAIRE AU PLATEAU SACRE EN SON MILIEU
- ⑤ MILIEU DU SEGMENT JOIGNANT LE CENTRE DES DEUX TETES FEMORALES
- ⑥ LIGNE JOIGNANT LE POINT ⑤ AU MILIEU DU PLATEAU SACRE
- ⑦ VERTICALE

## Sagittalomètre

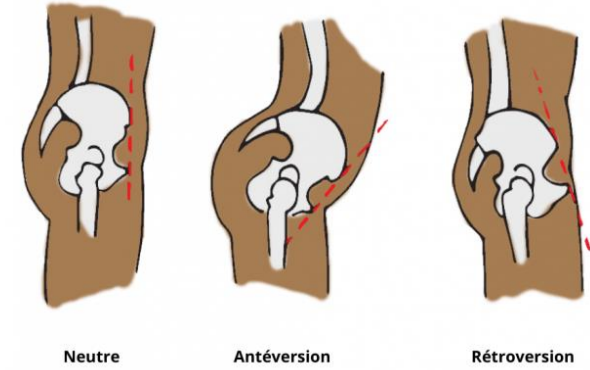


VALEURS MOYENNES OBTENUES D'APRES LES CHAINES DE CORRELATIONS PUBLIEES DANS LA LITTERATURE INTERNATIONALE  
LES VALEURS EXTREMES SONT DONNEES A TITRE INDICATIF PAR EXTRAPOLATION

# Rachis

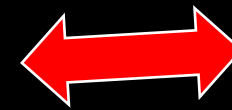
## Bilan de sc

## Bassin



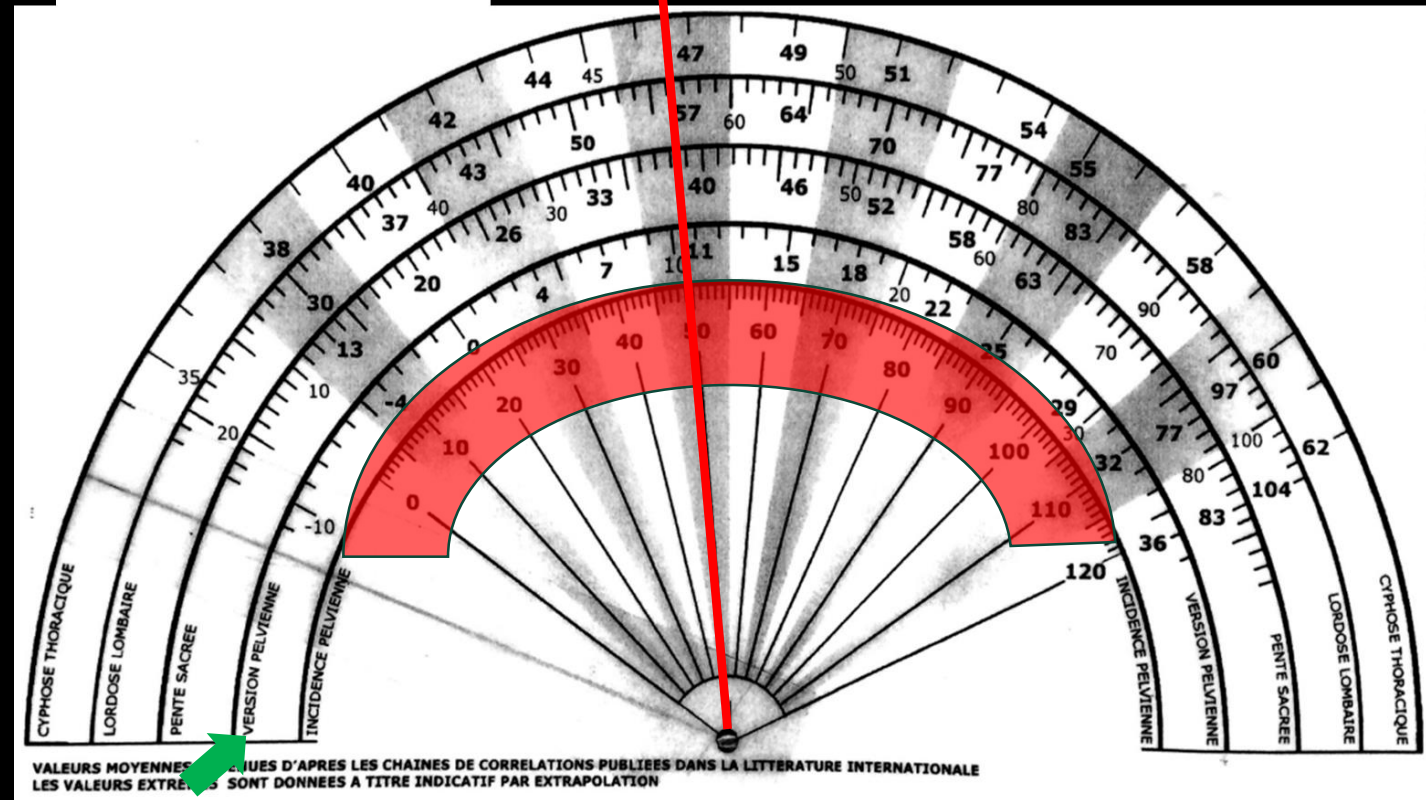
## Sagittalomètre

Antéversé



Rétroversé

- Utilisation du sagittalomètre pour définir la version du bassin
- L'**incidence pelvienne** (IP) est propre à chaque personne et invariable et sera pris comme référence.
- Si les valeurs de la **version pelvienne** du patient sont à « gauche du trait » : bassin antéversé
- Si les valeurs de la **version pelvienne** du patient sont à « droite du trait » : bassin rétroversé
- Valeur de la version du bassin = différence entre la version pelvienne mesurée et valeur théorique de la version pelvienne sur le sagittalomètre définie par l'incidence pelvienne



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Equilibre sagittal

#### Aplomb de C7 = C7 plumb line = Axe vertical sagittal (Sagittal Vertical Axis – SVA)

- Traduit le positionnement relatif de la 7ème vertèbre cervicale par rapport à l'angle postéro-supérieur du sacrum.
- Il s'agit d'une distance horizontale (exprimée en millimètre), mesurée à partir de la projection verticale de C7.
- Tracer une longue ligne droite depuis le **centre du corps vertébral de C7**,
- Tracer la perpendiculaire en partant du **bord postérosupérieur de S1** -> X cm en avant, en arrière ou sur le bord postéro-supérieur de S1.
- La mesure est négative lorsque C7 est située en arrière du sacrum, elle est positive lorsque C7 est en avant.
- La valeur normale de SVA est de 0 +/- 4,0 cm.



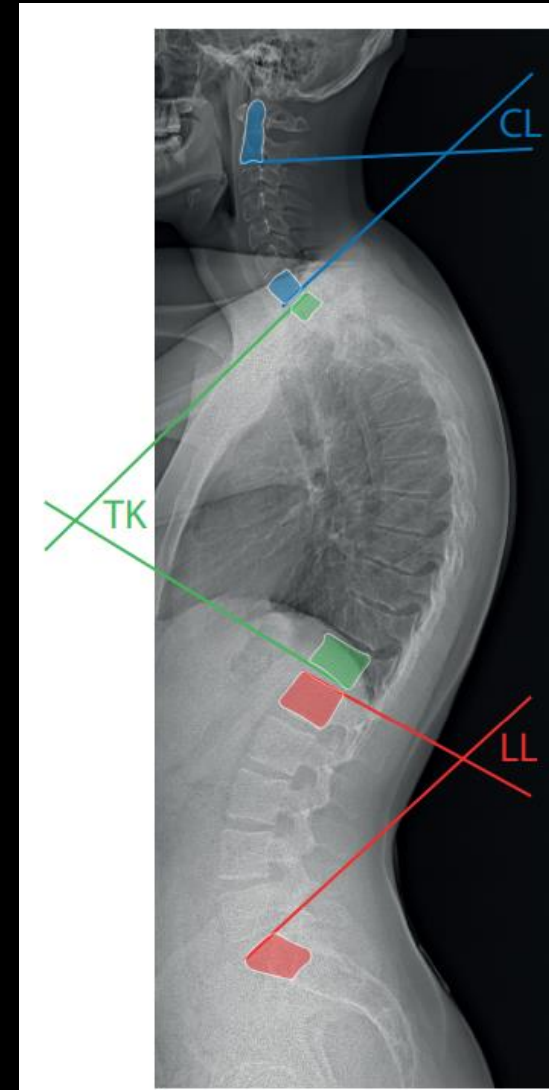
#### Gîte sagittale en T9

- Tracer l'angle formé par la verticale élevée à partir du centre de la tête fémorale et la droite joignant le centre du corps vertébral de T9.
- La mesure est considérée comme positive lorsque T9 se situe en arrière des articulations coxo-fémorales, elle est négative lorsque T9 se situe en avant.
- Elle est particulièrement sensible à l'accentuation de la cyphose thoracique, et traduit la bascule postérieure du tronc.
  - $< 8^\circ$  : antériorisation du centre de gravité du tronc
  - entre  $8$  et  $12^\circ$  : normal
  - $> 12^\circ$  : postériorisation du centre de gravité du tronc



#### Cyphose thoracique

- Est mesurée classiquement entre le **plateau supérieur de T1 ou de T4** et le **plateau inférieur de T12**.
- Mais la cyphose est au mieux mesurée en prenant comme repères les deux vertèbres les plus inclinées par rapport à l'horizontale et en indiquant la vertèbre limite supérieure et la vertèbre limite inférieure, la cyphose ainsi mesurée est dite cyphose maximum.
- **Interprétation:**
  - Normale entre 20 et 40° (cyphose dorsale moyenne: 35°)
  - Cyphose discrète: entre 40 et 60°
  - Cyphose grave: 60 à 80°
  - Cyphose très grave: > 80°
- Rechercher une cunéisation des corps vertébraux (maladie de Scheuermann)

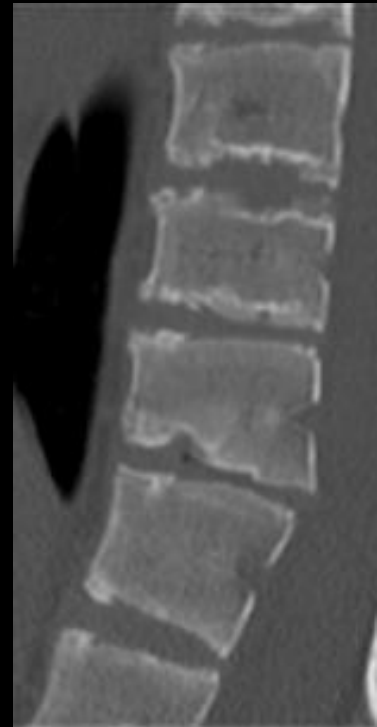


# Rachis

## Bilan de scoliose

### Maladie de Scheuermann

- Dystrophie rachidienne de croissance
  - Touche les ados (fille 11-13 ans, garçon 13-15 ans) avec douleurs, attitude cyphotique
- **Pronostic** : fonction de la précocité du diagnostic et du traitement
- **Aspect Rx** :
  - **stade débutant** : aspect feuilleté des plateaux vertébraux puis affaissement de la partie antérieure des corps prédominant au niveau du listel marginal.
  - **stade plus avancé** : une véritable cunéisation des vertèbres intéressées associée à une cyphose lorsque les lésions se situent à l'étage dorsal
  - secondairement, apparition de lacunes sous-chondrales des plateaux vertébraux
- **Traitement** : souvent orthopédique, rarement chirurgical
- **But** : prévenir l'aggravation de la cyphose et l'arthrose précoce



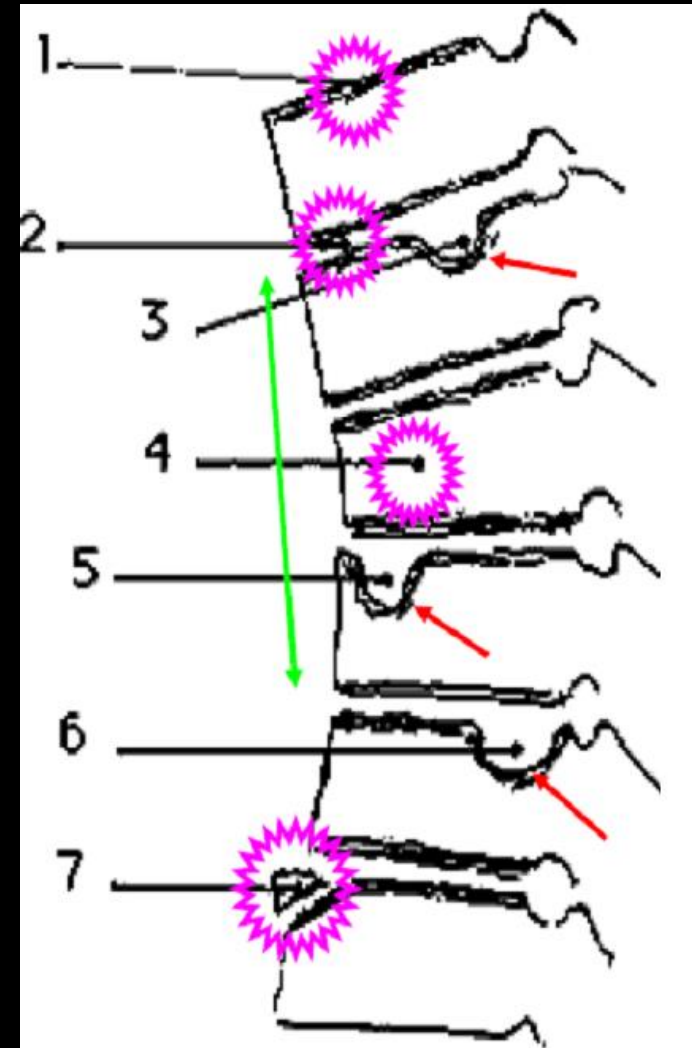
# Rachis

## Bilan de scoliose

### Maladie de Scheuermann - Critères de Sorensen

- Cyphose de la colonne thoracique  $> 40^\circ$  (normale  $25-40^\circ$ ) ou Cyphose de la colonne thoraco-lombaire  $> 30^\circ$  (normale  $\sim 0^\circ$ )  
et
- Au moins 3 vertèbres adjacentes démontrant une cunéiformisation  $> 5^\circ$

1. Aspect feuilleté des plateaux vertébraux
2. Pincement discal
3. Hernie intraspongieuse centrale
4. Cunéiformisation  $> 5^\circ$
5. Hernie rétro-marginale antérieure
6. Hernie pré-marginale postérieure
7. Epiphyse libre, vertèbre limbique



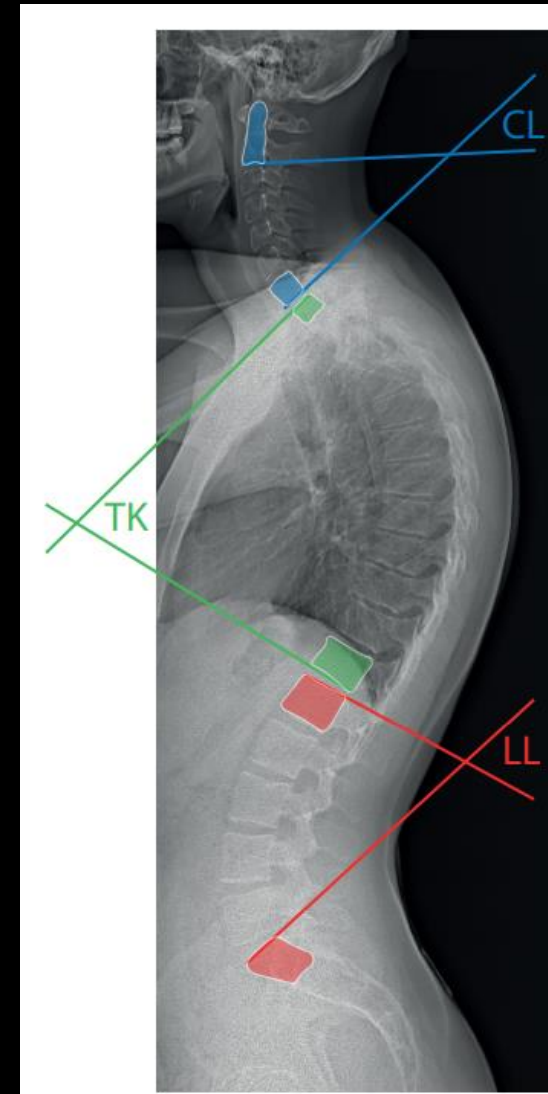
# Rachis

## Bilan de scoliose

### Courbures sagittales

#### Lordose lombaire

- Est mesurée classiquement entre le **plateau supérieur de L1** et le **plateau du sacrum**.
- La lordose dite maximum reflète mieux la réalité, c'est l'angle formé par le plateau du sacrum (S1) et le plateau supérieur de la vertèbre la plus inclinée par rapport à l'horizontale.
- Elle est de l'ordre de 45°.



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Courbures sagittales

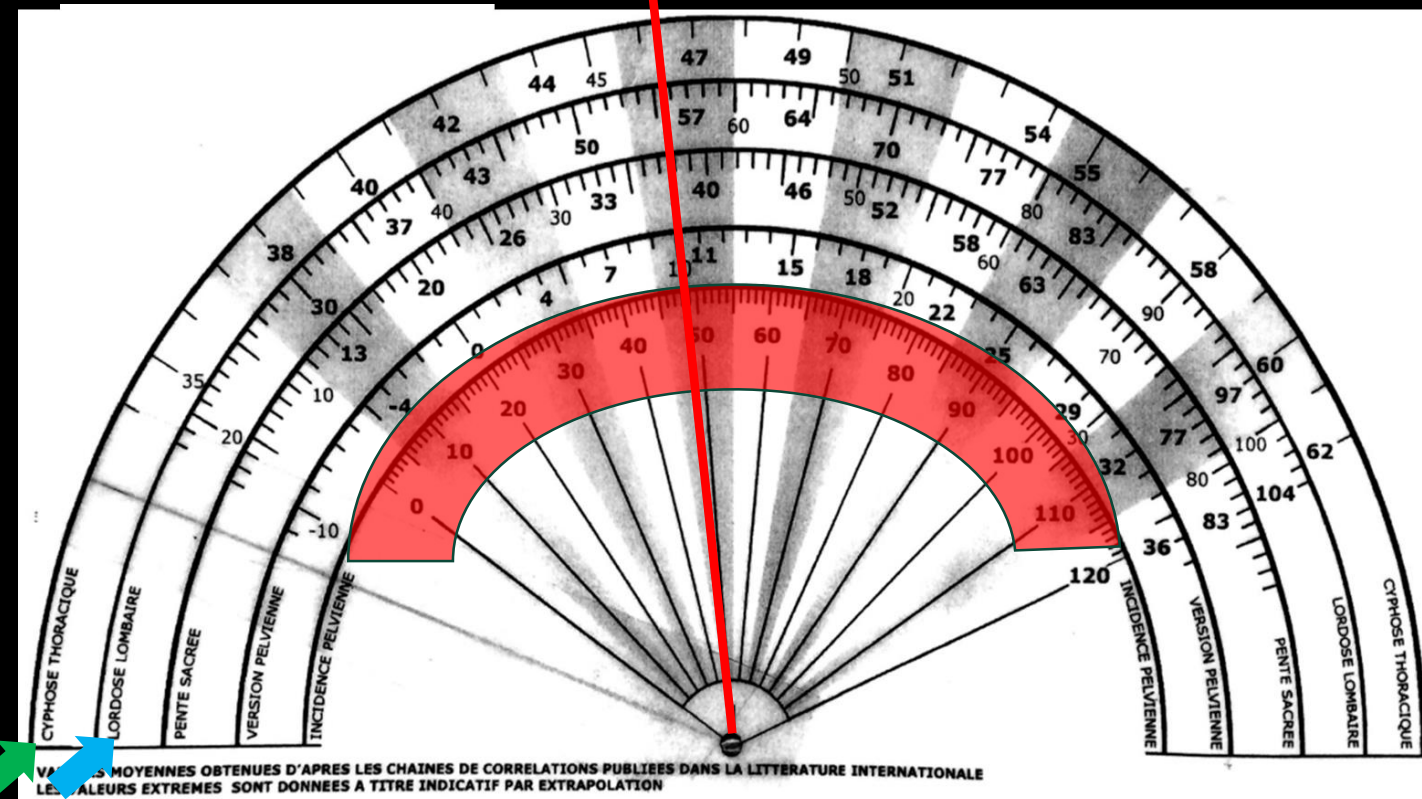
#### Sagittalomètre

- Utilisation du sagittalomètre pour définir la cyphose thoracique et la lordose lombaire.
- L'incidence pelvienne (IP) est propre à chaque personne et invariable et sera pris comme référence.
- Si les valeurs du patient sont à « gauche du trait » : hypo- cyphose/lordose
- Si les valeurs du patient sont à « droite du trait » : hyper- cyphose/lordose

hypo



Hyper



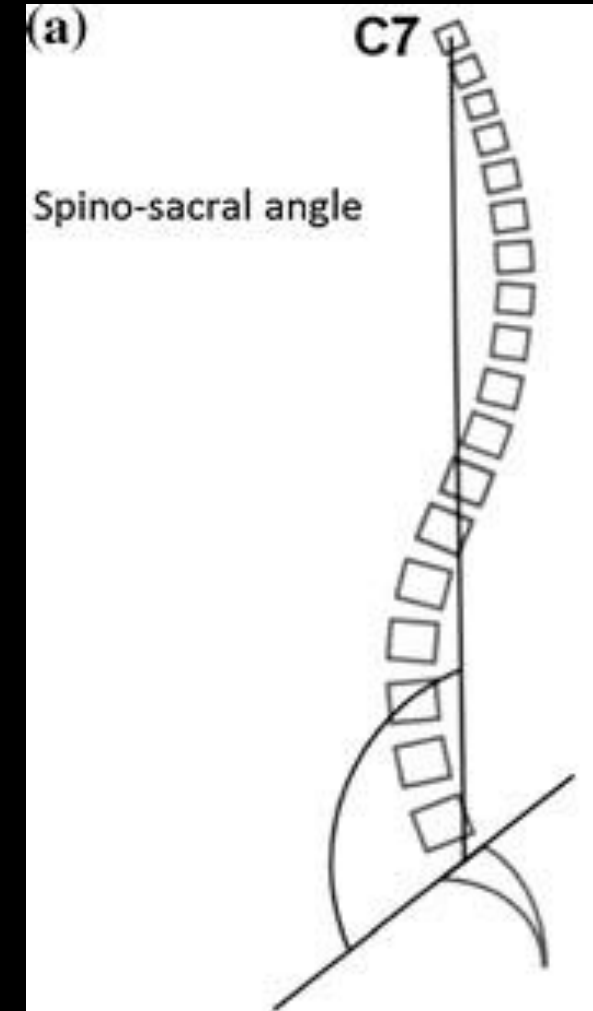
# Rachis

## Bilan de scoliose

### Equilibre global sagittal

#### Angle Spino-Sacré (ASS)

- La ligne spino-sacrée retransmet l'équilibre global du rachis par rapport au bassin.
- Ligne verticale tracée à partir du milieu de C7, elle passe idéalement par le plateau sacré.
- L'angle spino-sacré est l'angle entre cette verticale et la pente sacrée. Il mesure  $135 \pm 8^\circ$ .
- Plus l'angle est grand, plus le tronc est projeté en avant.



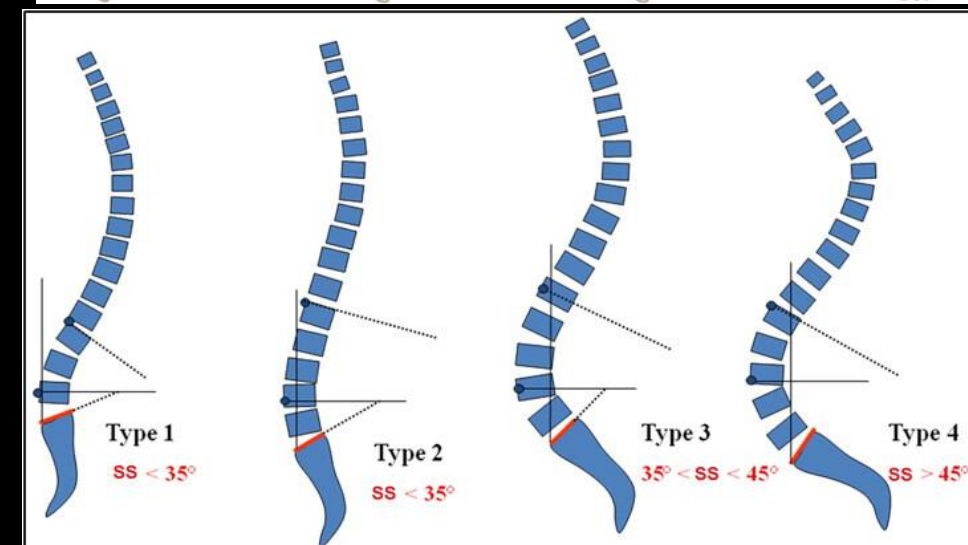
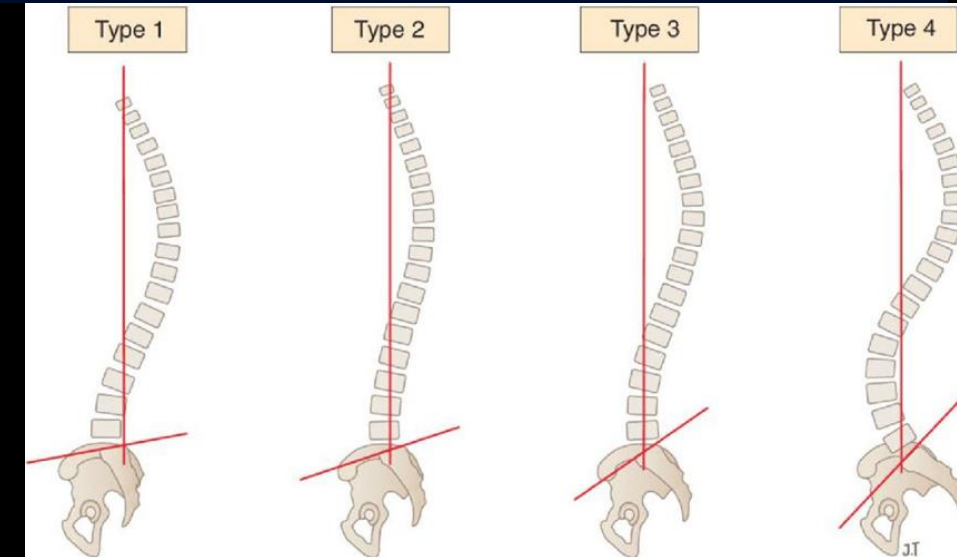
# Rachis

## Bilan de scoliose

### Equilibre global sagittal

### Classification de Roussouly

Type Roussouly	Pente sacrée (SS)	Lordose lombaire	Profil sagittal	Tendance de l'ASS
<b>Type 1</b>	SS < 35° (faible)	Lordose courte et basse Apex en L5	Profil « plat », souvent cyphose thoraco-lombaire	ASS petit (tronc en avant, compensation difficile)
<b>Type 2</b>	SS < 35° (faible)	Lordose courte et aplatie Apex en L4	Profil globalement « plat », peu de courbures	ASS petit à modéré (équilibre fragile, risque de déséquilibre antérieur)
<b>Type 3</b>	SS : 35 – 45° (modéré)	Lordose harmonieuse Apex en L4	Profil équilibré, « idéal » biomécaniquement	ASS moyen (équilibre sagittal stable)
<b>Type 4</b>	SS > 45° (forte)	Lordose longue et marquée Apex en L3	Profil très courbé, forte lombaire	ASS grand (tronc projeté en arrière, bonne capacité de compensation)



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Equilibre frontal

- Projection de l'épineuse de T1 normalement sur la médiane sacrée
  - Tracer une ligne droite partant de l'épineuse de T1 jusqu'au sacrum
  - Puis faire la perpendiculaire partant d'une épineuse sacrée -> X cm sur la droite ou la gauche de la médiane sacrée



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Inflexion rachidienne

#### Côté de la convexité et étage concerné

#### Scoliose (Tx-Ty-Tz)

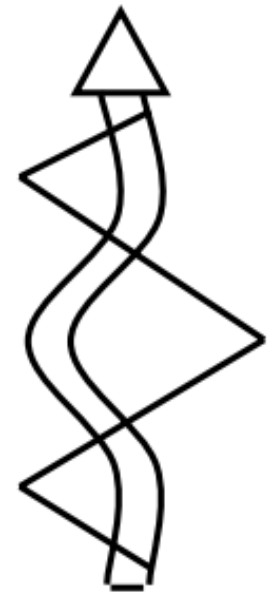
- Cervicale = sommet entre C1 et C6
- Cervico-thoracique = sommet C7 ou T1
- Thoracique = sommet entre T2 et T12
- Thoraco-lombaire = sommet T12 ou L1
- Lombaire = sommet entre L2 et L4
- Lombo-sacrée = sommet L5 ou S1



Courbure majeure  
ou principale



Courbure double  
majeure



Courbure principale avec  
deux courbures secondaires

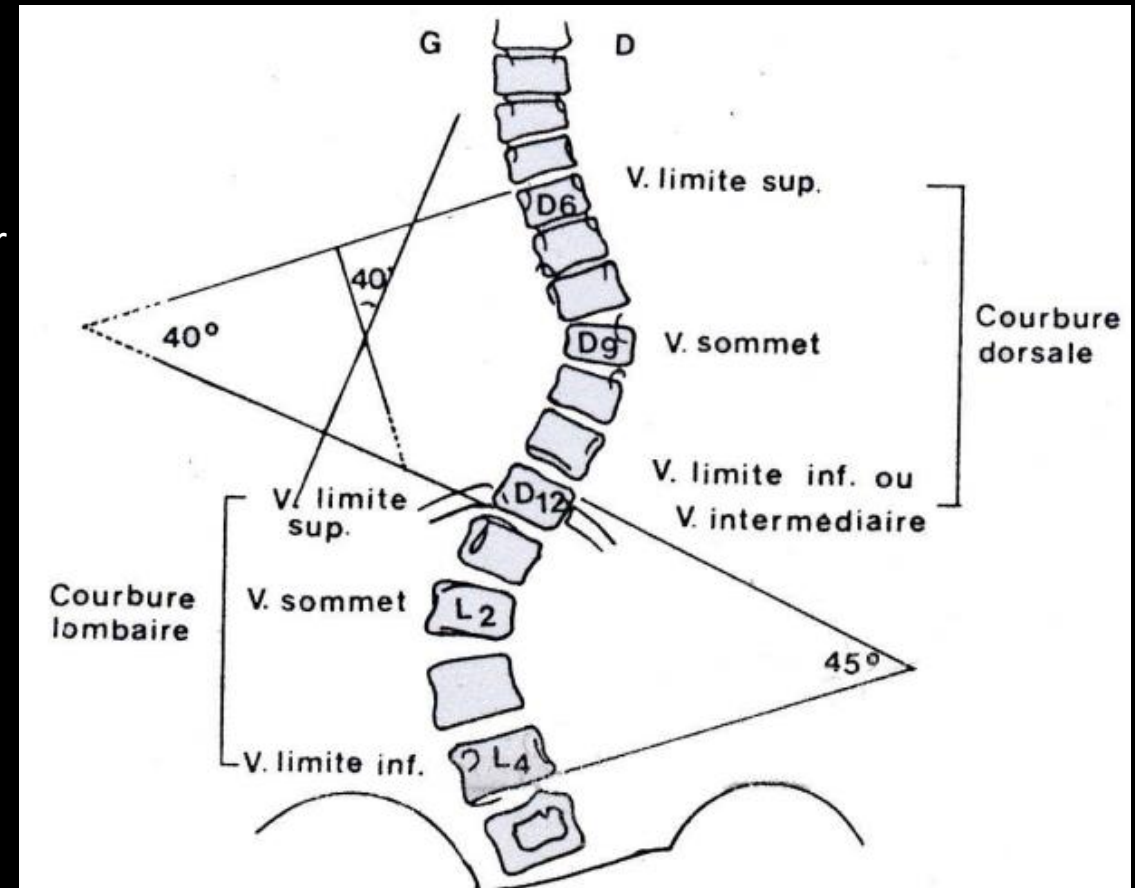
# Rachis

## Bilan de scoliose

### Inflexion rachidienne

#### Mesures : Méthode de Libman et Cobb

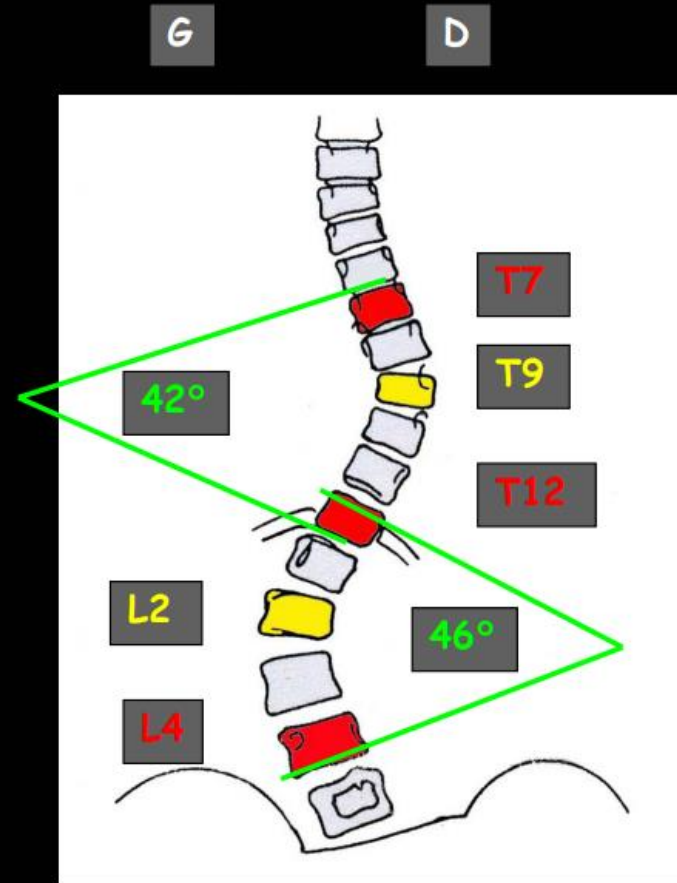
- Déterminer la vertèbre limite (ou extrêmes) supérieure et inférieure de la courbure majeure. Elles ont une composante rotatoire nulle mais sont les plus inclinées.
- La vertèbre « sommet », au sommet de la convexité
- Mesurer l'angle de Cobb (angle de la courbure): Angle formé par la droite passant par le plateau supérieur de la vertèbre limite supérieure et la droite passant par le plateau inférieur de la vertèbre limite inférieure
  - tracer la ligne tangente au bord supérieur de la vertèbre neutre supérieure
  - tracer la ligne tangente au bord inférieur de la vertèbre neutre inférieure
  - tracer les perpendiculaires à ces lignes pour obtenir l'angle
- Si angle  $< 10^\circ$  : inflexion thoracique / lombaire .....
- Si angle  $> 10^\circ$  : scoliose ....



# Rachis

## Bilan de scoliose

### Inflexion rachidienne



Vertèbres limites (sup. et inf.)

Vertèbre sommet

Angle de Cobb

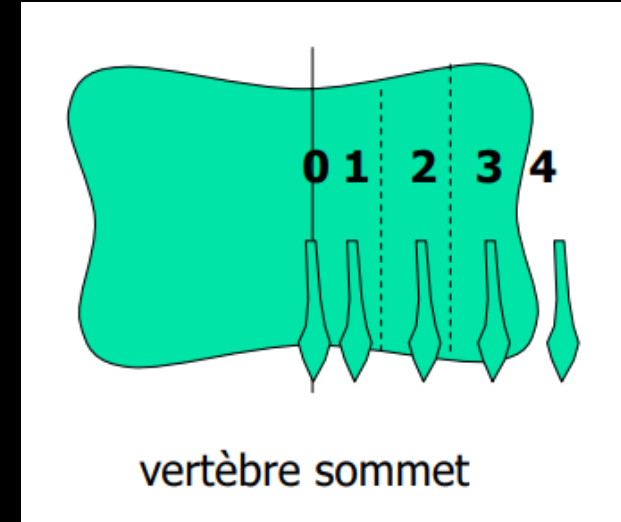
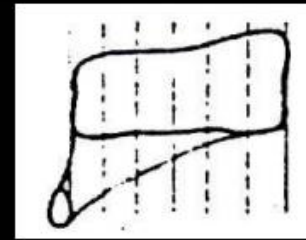
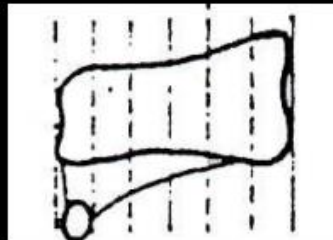
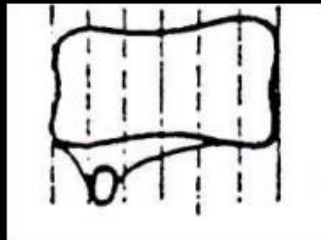
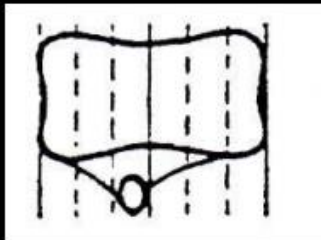
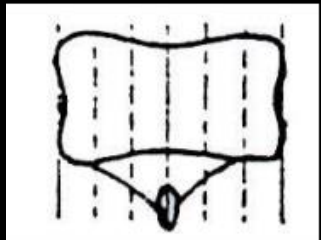
*Scoliose définie par :*

- Côté (convexité)
- Vertèbres limites
- Sommet
- Angle de Cobb
- Rotation vertébrale

*Scoliose thoracique droite T7-T12  
de 42°, sommet en T9 et  
Scoliose lombaire gauche T12-L4  
de 46°, sommet en L2*

### Mesures de la composante rotatoire (de face)

- 5 stades selon Nash-Moe (de 0 à 4):
  - déterminés en fonction de la projection de l'épineuse de la vertèbre sommet (vertèbre à la composante rotatoire la plus importante) par rapport à 3 secteurs de cette hémivertèbre



*Rotation 0*



*Rotation +*



*Rotation ++*



*Rotation +++*



*Rotation ++++*

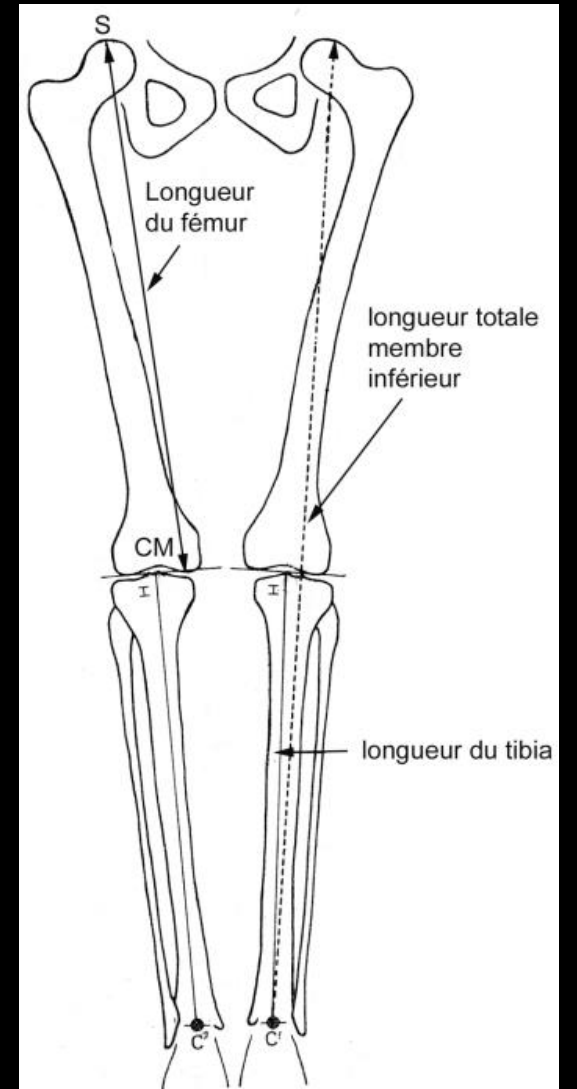


# Rachis

## Bilan de scoliose

### Membres inférieurs

- Rechercher une inégalité de longueur des membres inférieurs (ILMI) : comparer la longueur anatomique de la jambe droite et gauche :
  - Si différence  $< 1\text{cm}$  : pas d'inégalité significative
  - Si différence  $> 1\text{ cm}$  : ILMI de X cm au dépend de la jambe la plus courte
- Repères préconisés :
  - Pour la mesure totale : distance séparant le point le plus haut de la tête fémorale (S) du point le plus bas du tibia au milieu de la mortaise du talus (C')
  - Pour le fémur, distance séparant le point le plus haut de la tête fémorale du point le plus bas du condyle médial (CM)
  - Pour le tibia : distance séparant le sommet des épines tibiales (I) au point le plus bas du tibia au milieu de la mortaise du talus



# Hanche

## Boiterie, hanche douloureuse

- L'articulation coxo-fémorale est exposée à différentes affections en fonction de l'âge :
  - **Nouveau-né, nourrisson** : luxation et ostéoarthrite
  - **3 à 8 ans** : synovite aigue transitoire et ostéochondrite
  - **8 à 15 ans** : épiphysiolyse et tumeurs osseuses
- D'autres affections peuvent se rencontrer : ostéomyélite, lésion traumatique ou tumorale
- **Chez l'enfant, toute boiterie doit faire examiner la hanche**
- Le bilan radiologique repose sur un **cliché de bassin de face en décubitus** (sans aucune zone osseuse masquée par un éventuel protège gonades), un **cliché des hanches de profil en décubitus** (position de la grenouille) et une **échographie de hanche**

# Hanche

## Boiterie, hanche douloureuse

Aide à la demande d'examen de radiologie et imagerie médicale (ADERIM)

**1<sup>ère</sup>** intention: **Radiographie du bassin (cas particuliers)** | Priorité **1** ○ ○ | Dose : I

Un cliché de face du bassin et une incidence de profil (unilatéral ou incidence de Lauenstein) sont indiqués. En cas de suspicion de synovite aiguë transitoire (enfant de 3 à 9 ans, douleur de hanche unilatérale isolée, sans fièvre, sans antibiothérapie récente et sans traumatisme, évoluant depuis moins de 24h) aucun examen d'imagerie n'est indiqué, sauf en cas d'évolution non favorable à 48 heures du traitement (repos et antalgiques). Une radiographie du bassin de contrôle à 6 semaines de l'épisode aigu n'est indiquée qu'en cas de récurrence ou de persistance des symptômes.

**1<sup>ère</sup>** intention: **Échographie de hanche** | Priorité **1** ○ ○ | Dose : 0

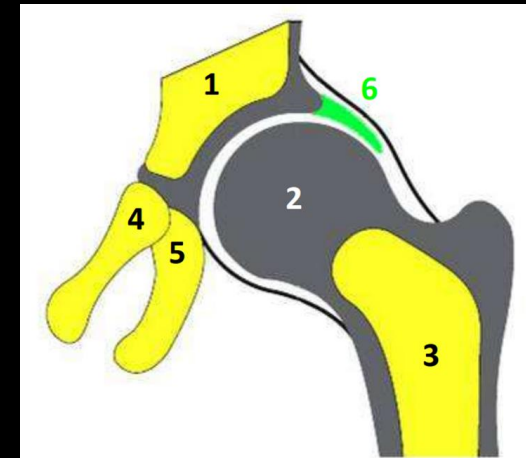
L'échographie recherche un épanchement de hanche mais celui-ci n'est pas spécifique (synovite aiguë transitoire, arthrite, autre). Elle doit toujours être associée à la radiographie standard.

En cas de suspicion de synovite aiguë transitoire, aucun examen d'imagerie n'est indiqué, sauf en cas d'évolution non favorable à 48h du traitement (repos et antalgiques).

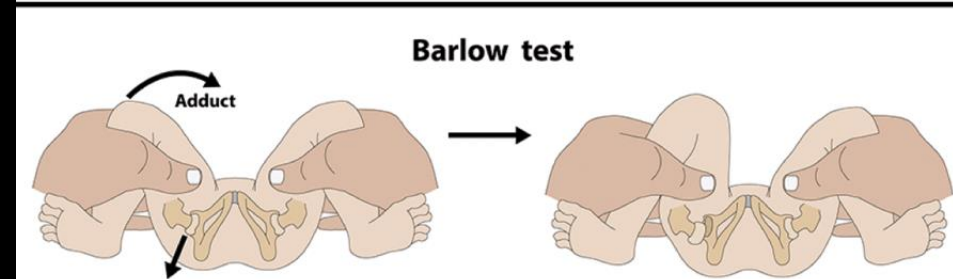
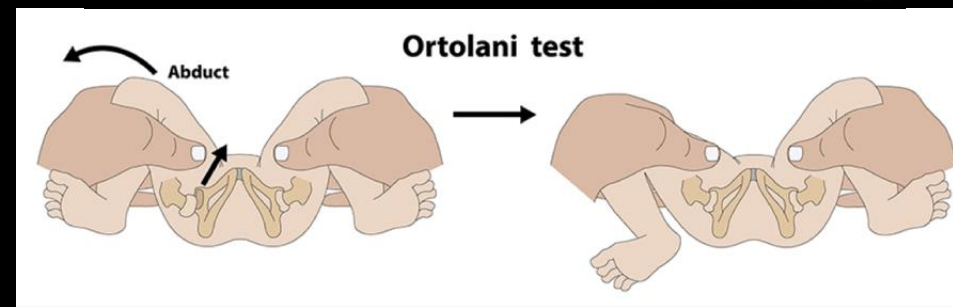
# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

- La hanche néonatale est constituée essentiellement de cartilage
- Le modelage coxo-fémoral demande un centrage correct des contraintes articulaires et un équilibre musculaire normal
- 6 enfants sur 1000 sont exposés au risque de luxation de hanche
- Les facteurs favorisants sont les suivants :
  - Primiparité
  - Présentation par le siège
  - Gros fœtus (>4kg) et stigmates néonataux de disparité foeto-utérine : malpositions des pieds, torticolis
  - Antécédents familiaux
  - Sexe : prédominance féminine 4/1
- Le diagnostic est clinique par la recherche néonatale des signes d'instabilité (manœuvres d'Ortolani et de Barlow)



- 1 = cavité acétabulaire
- 2 = tête fémorale (cartilagineuse)
- 3 = fémur
- 4 = noyau pubien
- 5 = noyau ischiatique
- 6 = limbus (fibrocartilage)



### Dysplasie de hanche, luxation congénitale de hanche

**1<sup>ère</sup>** intention: **Echographie de hanche** | Priorité    3 | Dose : 0

En cas de luxation avérée cliniquement à la naissance, l'échographie est réalisée précocement en complément de l'examen orthopédique. En cas d'instabilité clinique ou en cas de facteur de risque, l'échographie de dépistage est indiquée au mieux à l'âge de 1 mois.

**2<sup>ème</sup>** intention: **Radiographie du bassin de face (cas particuliers)** | Priorité    3 | Dose : I

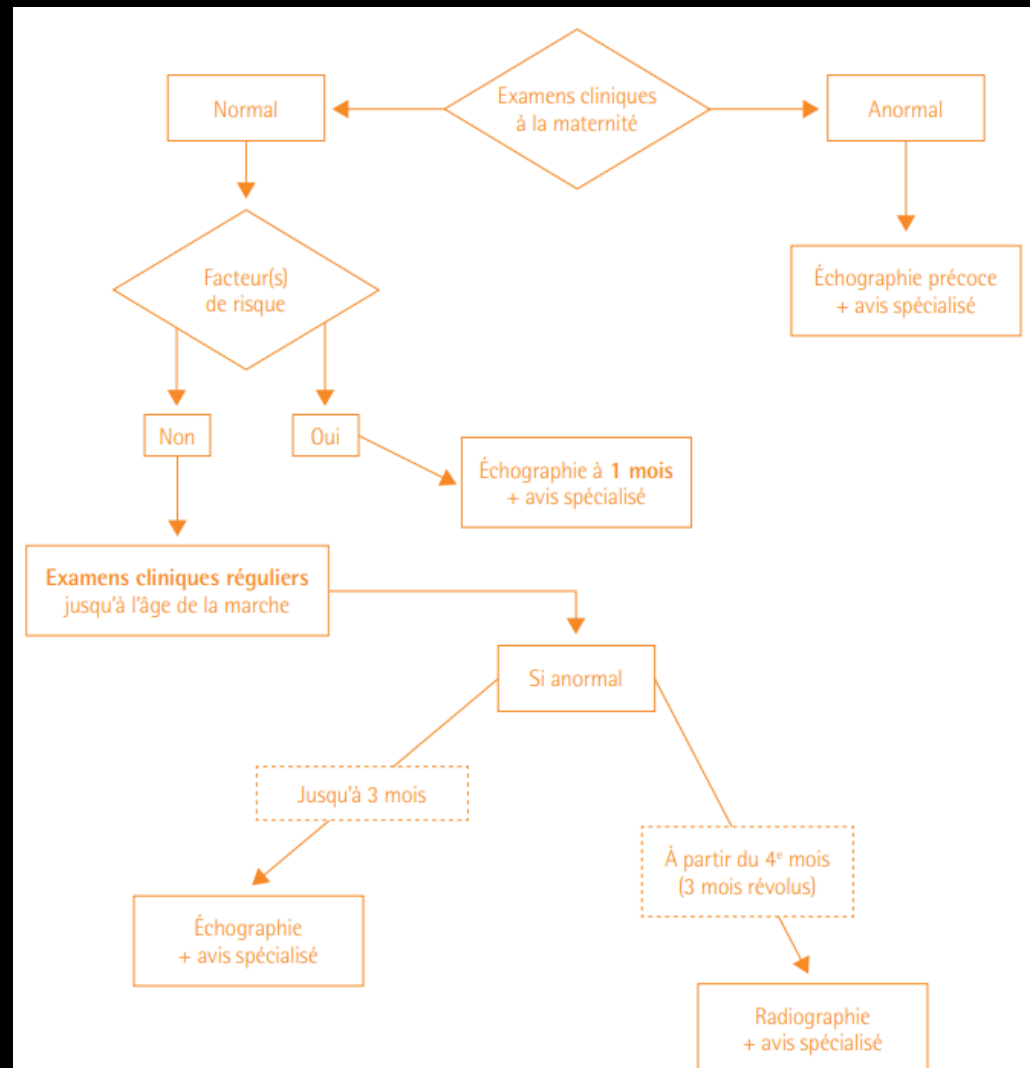
Elle n'est pas indiquée pour le dépistage de dysplasie congénitale de hanche. Elle est recommandée dans certains cas particuliers :

- au-delà de quatre mois, en cas d'apparition d'une anomalie à l'examen clinique faisant suspecter une luxation congénitale de hanche;
- pour le suivi d'une dysplasie de hanche, sur avis spécialisé.

# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Recommandations HAS



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Echographie

- Elle est réalisée soit en période néonatale s'il existe des signes cliniques de luxation, soit au décours du 1<sup>er</sup> mois quand l'examen est prescrit à titre de dépistage devant l'association de plusieurs facteurs de risques
- Coupe de référence = coupe frontale externe
- Nourrisson en décubitus latéral, cuisse en position semi-fléchie
- Sonde placée sur le grand trochanter
- Plan de la sonde parallèle au dos nourrisson

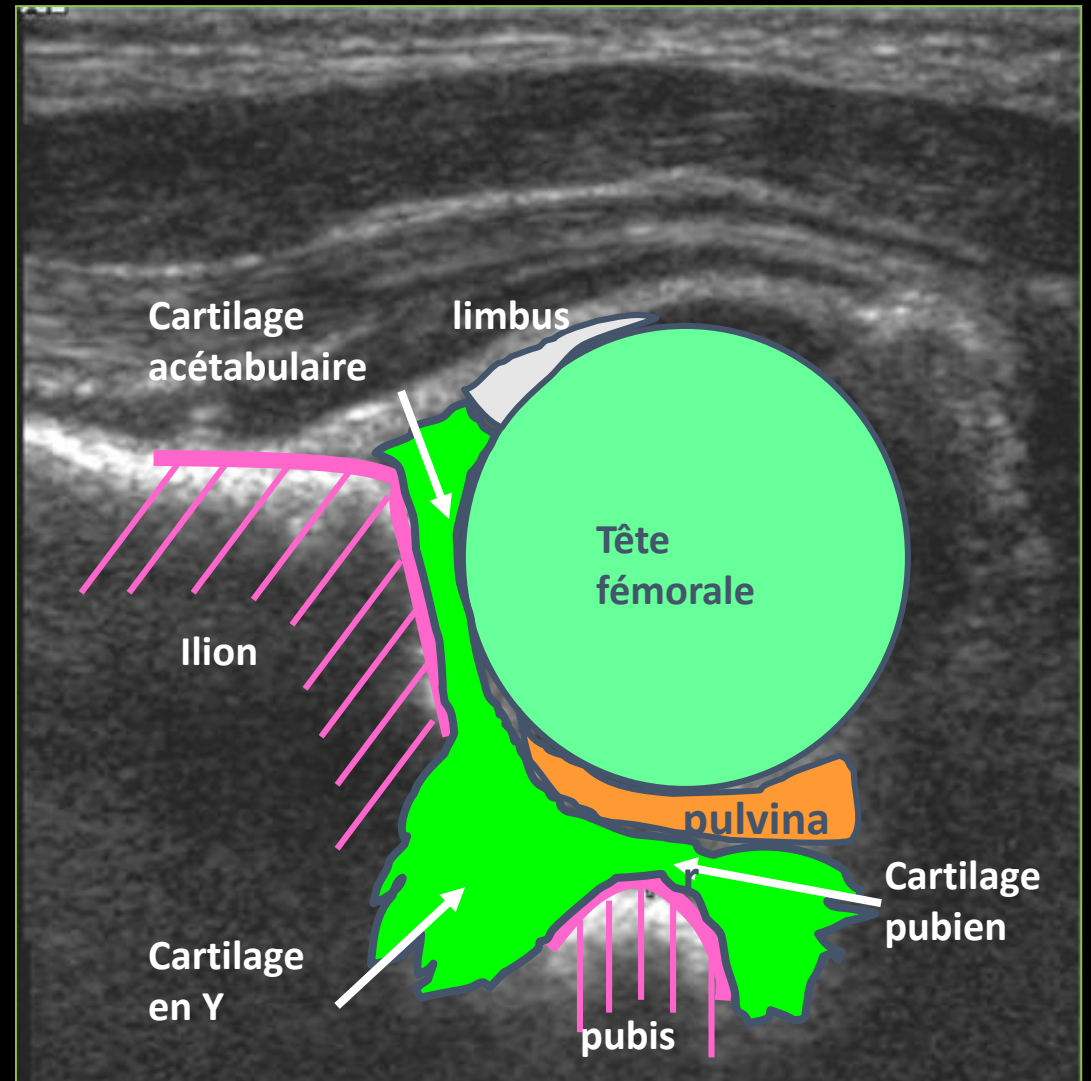
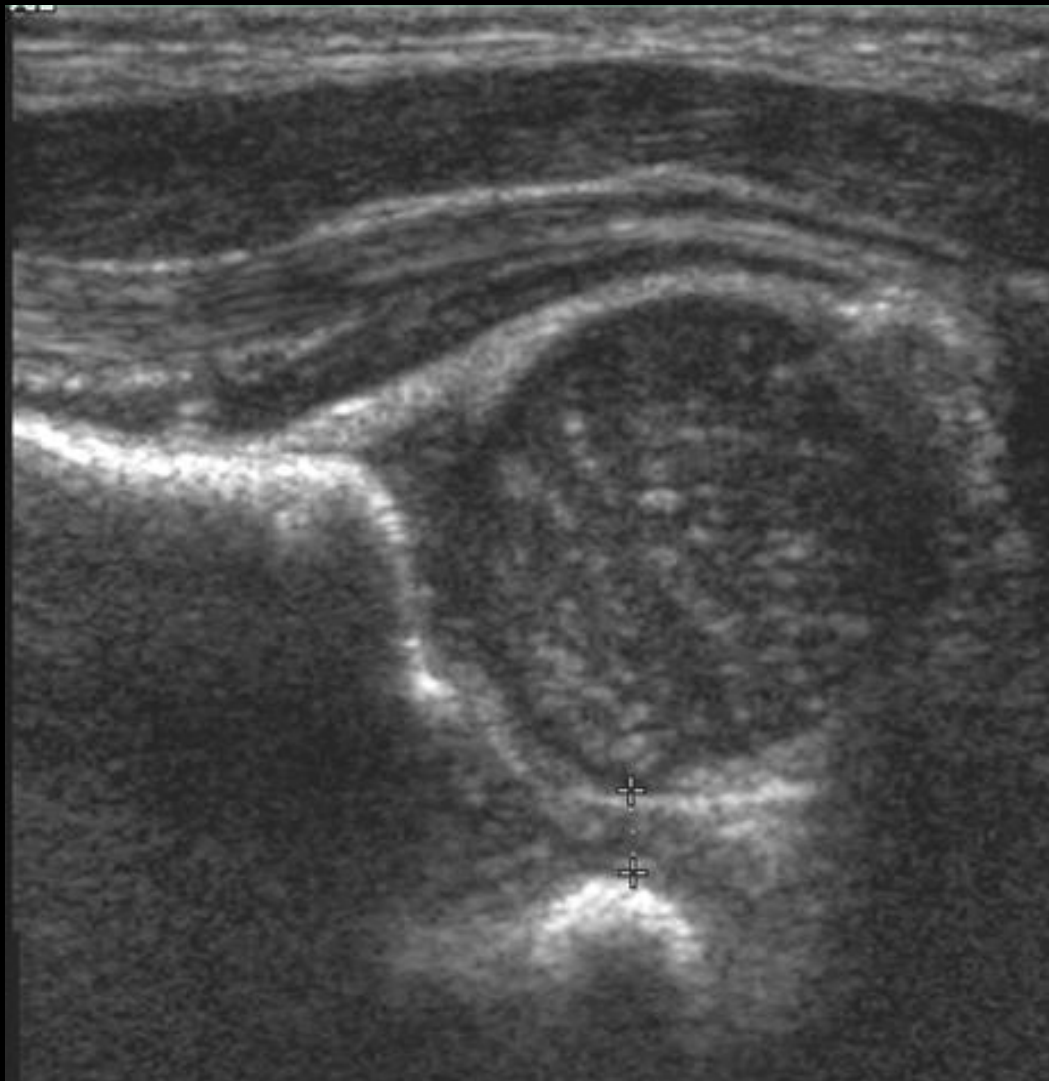




# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

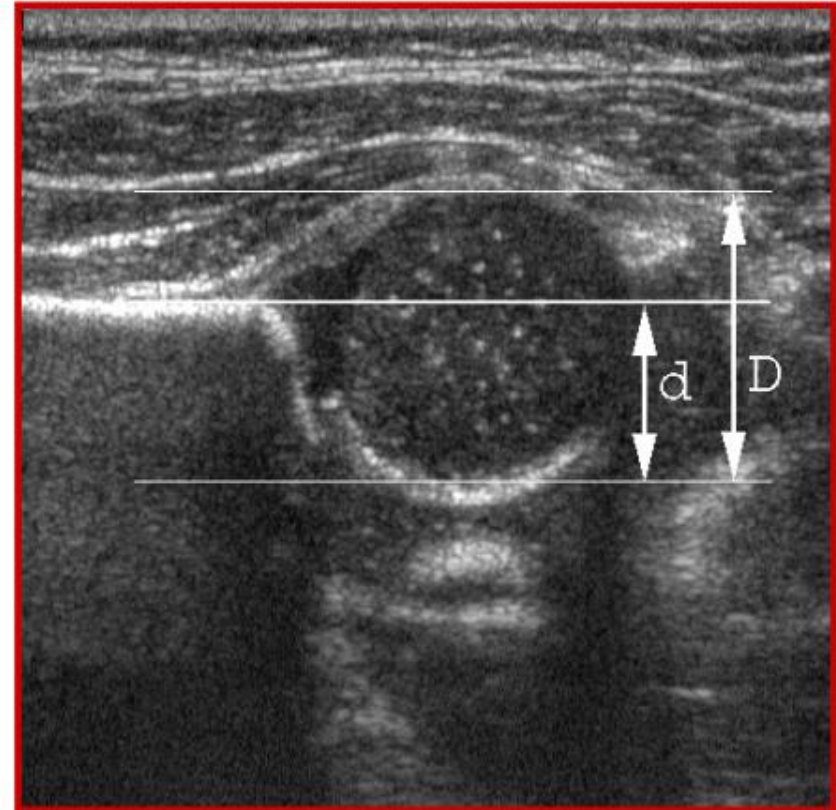
### Echographie



**1) Hanche est stable entre repos et manœuvre**

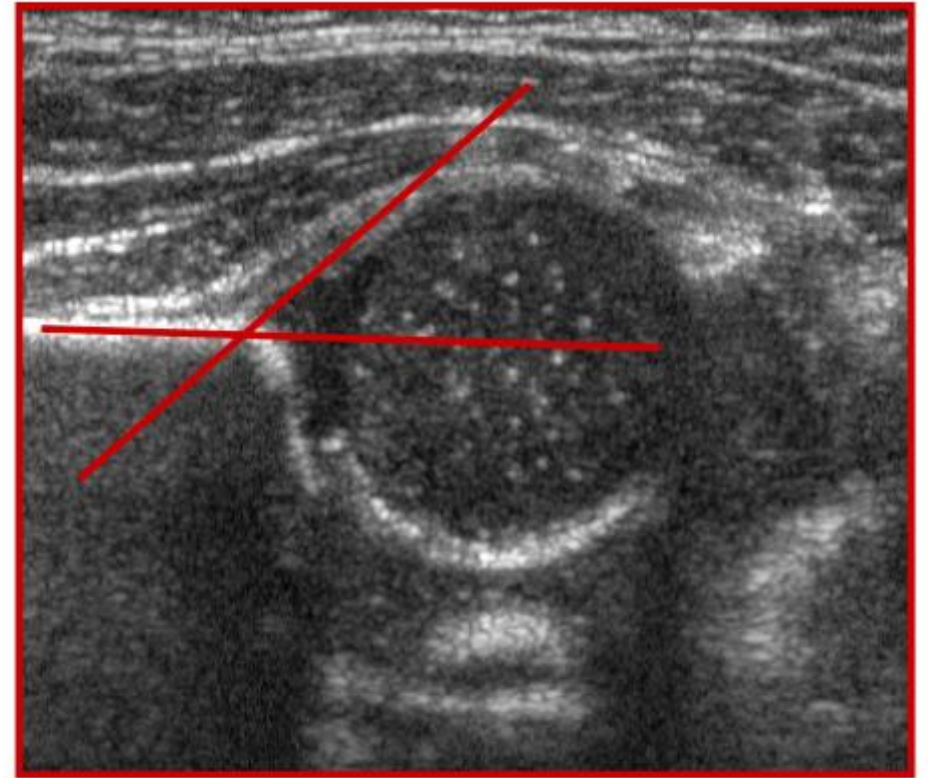
**2) Couverture osseuse de la tête fémorale supérieure à 50% +++:**

- Mesure du pourcentage de recouvrement osseux relatif de la tête fémorale par l'acétabulum osseux
- Distance entre la ligne médiale et la ligne de base : distance « d »
- Distance entre la ligne médiale et la ligne latérale : distance « D ».
- Pourcentage de recouvrement osseux de la tête fémorale ( $d/D \times 100$ ) varie en fonction de l'âge +++ :
  - Doit être supérieur à 50% à l'âge de 1 mois
  - Doit être supérieur à 75% vers 2-3 mois.



### 3) le limbus est recouvrant :

- La pointe du limbus est orientée vers le bas et le dehors
- Rq : l'étude angulaire de De Graf est moins utilisée.
  - Angle beta formé par l'intersection de la ligne de base et de la ligne joignant le centre du limbus et le rebord acétabulaire osseux latéral.
  - Normal inférieur à  $55^{\circ}$  ; patho si supérieur à  $77^{\circ}$



#### 4) Epaisseur du fond de l'acétabulum inférieure ou égale à **6 mm** jusqu'à l'âge de **3 mois ++**:

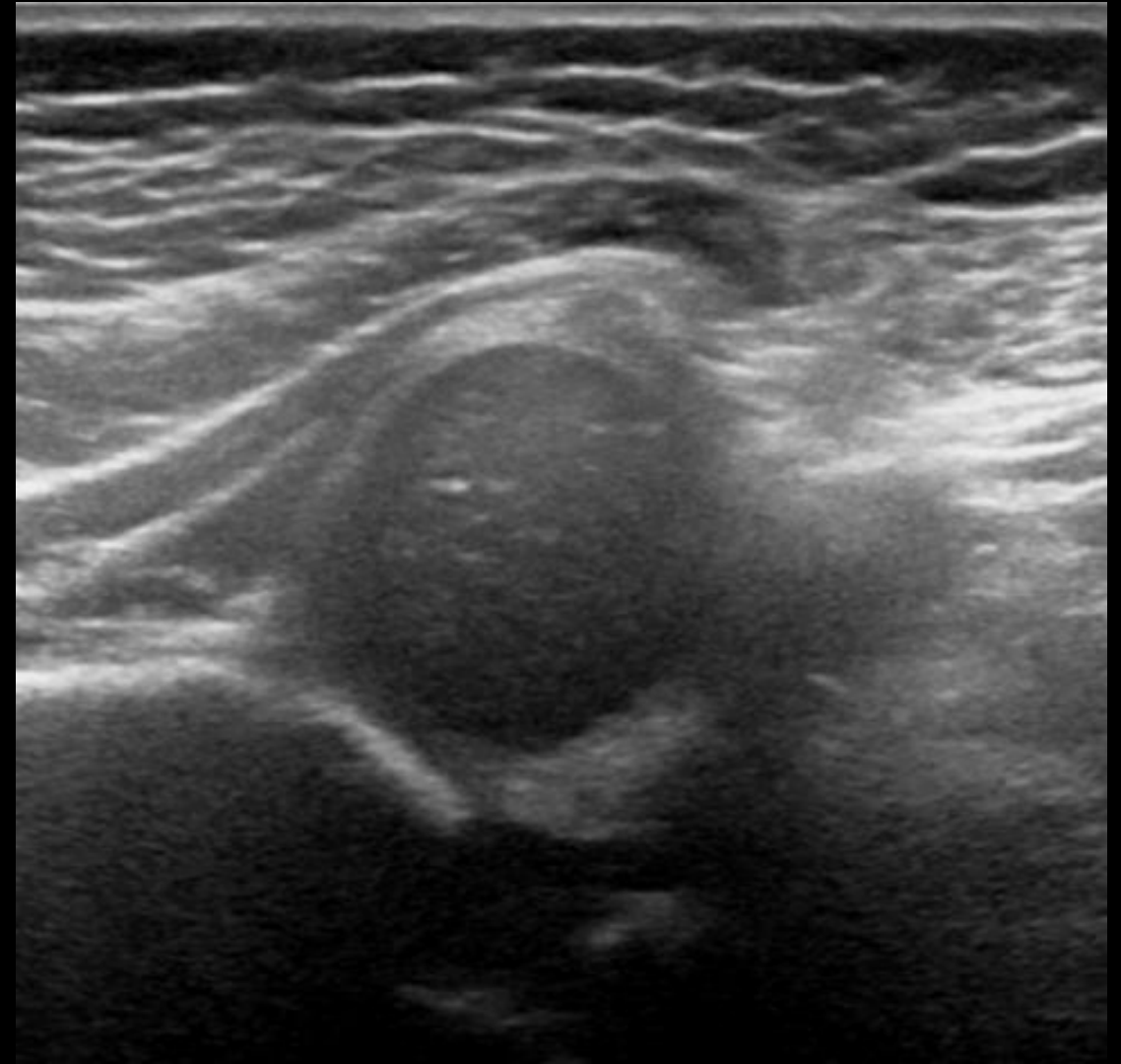
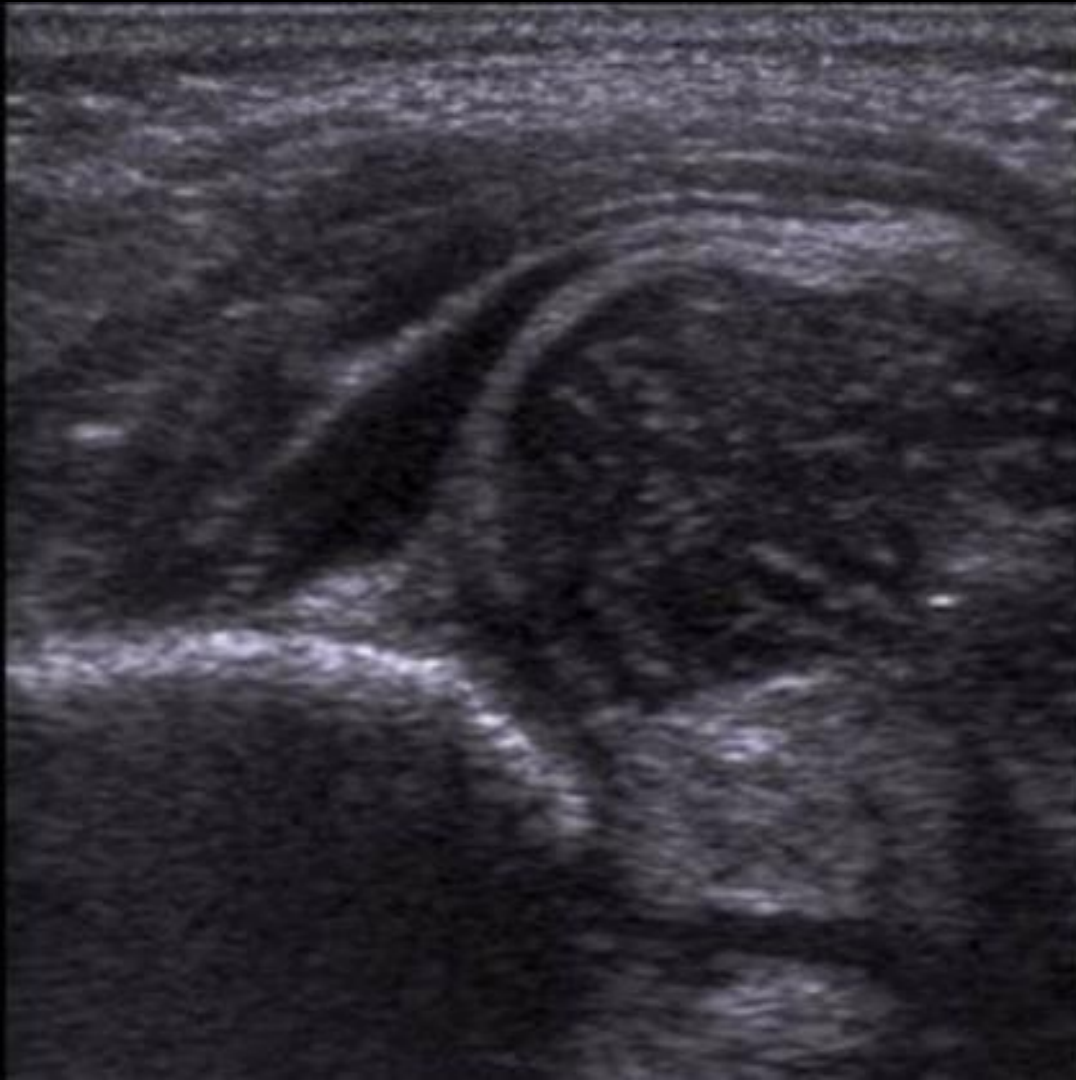
- Mesurée entre le bord médial de l'épiphyse fémorale et le noyau pubien
- Son augmentation traduit le décentrage de la tête fémorale avec hypertrophie du pulvinar et du ligament rond.
- ne varie pas avec le temps
- doit être bilatérale et symétrique.
- Rq ++++ : ne pas tenir compte de l'augmentation de l'épaisseur du fond de l'acétabulum en cas de recouvrement de plus de 50% et de limbus recouvrant, car peut être provoquée par une hypertonie des adducteurs due au décubitus latéral



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Echographie



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face

- Effectuée au cours du 4<sup>ème</sup> mois; elle doit être parfaite sur le plan technique
- **Préparation**
  - Bébé sans couche
  - Absence de grossesse pour l'accompagnante; tablier plombé
  - Prévenir l'accompagnant des éventuels pleurs lors de l'installation et de la mise en place des contentions
  - Explication de l'examen
- **Position**
  - Décubitus dorsal en rectitude
  - Bras écartés et mobilisés avec des sacs de sable
  - Membres Inférieurs allongés, serrés par la bande velcro aux niveaux des genoux
  - Fémurs parallèles
- **Centrage**
  - 2 travers de doigt au dessus du bord supérieure de la symphyse pubienne / ligne médiane



# Hanche

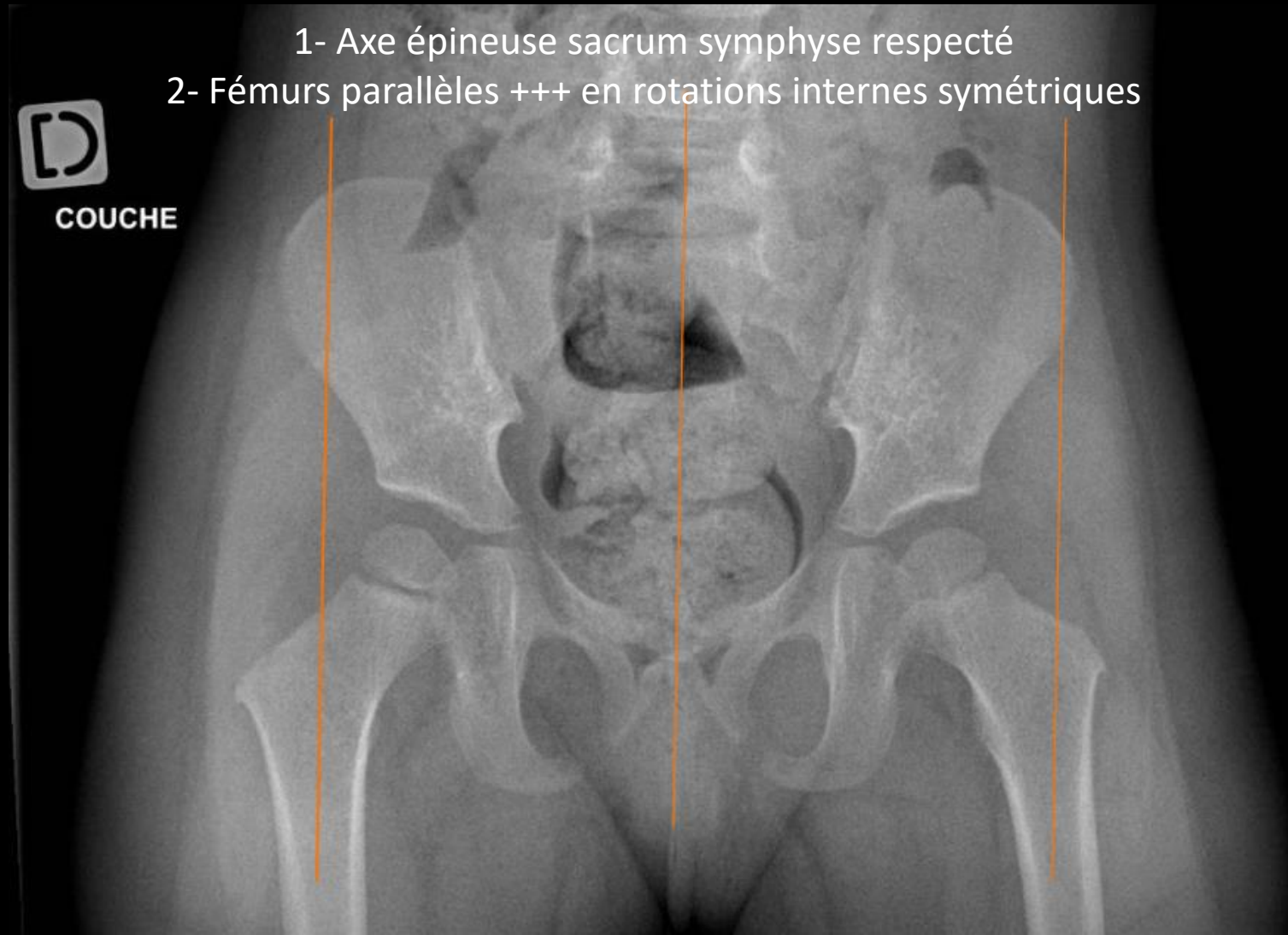
## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Critères de réussite

- 1- Axe épineuse sacrum symphyse respecté
- 2- Fémurs parallèles +++ en rotations internes symétriques



COUCHE



# Hanche

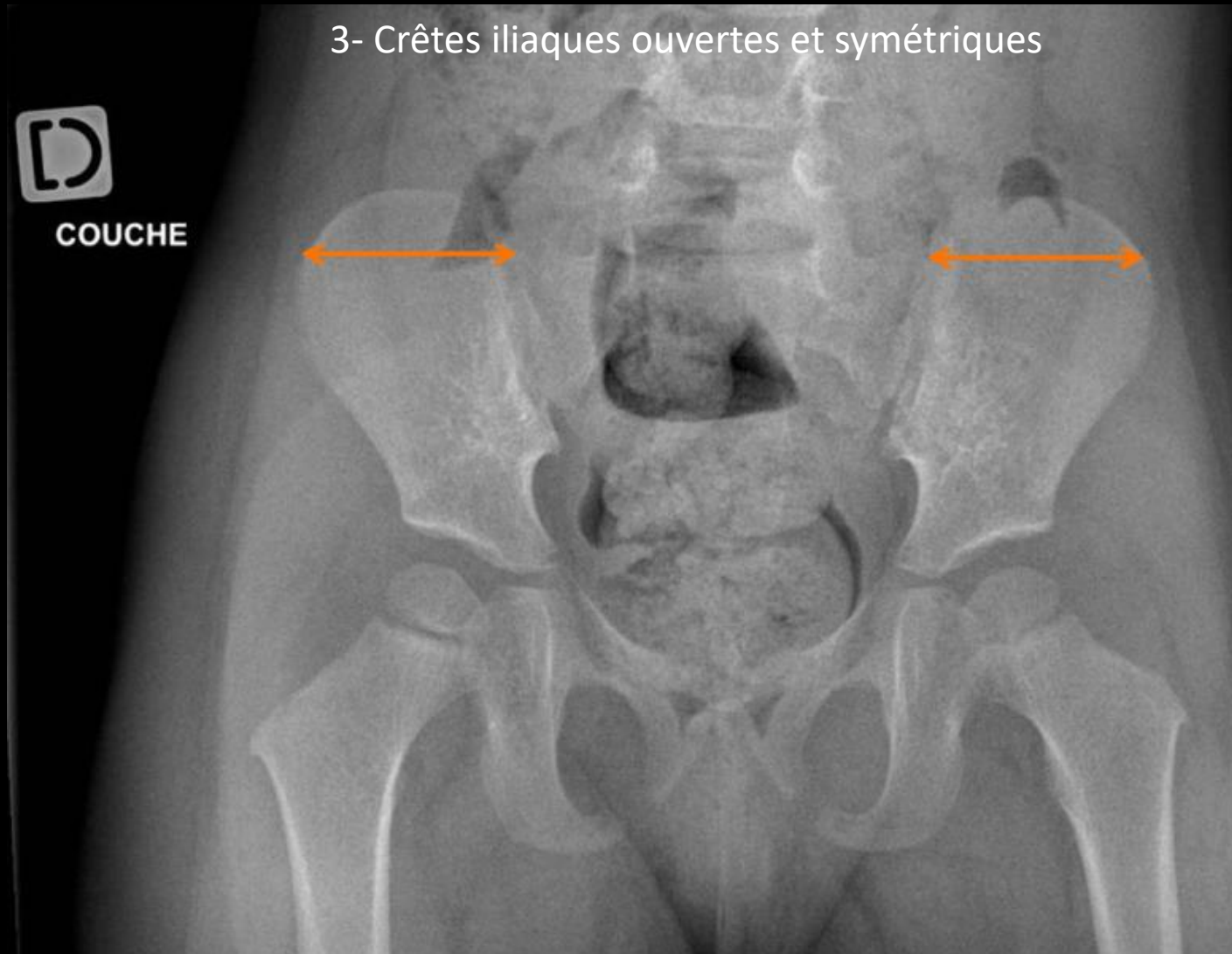
## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Critères de réussite

3- Crêtes iliaques ouvertes et symétriques



COUCHE



# Hanche

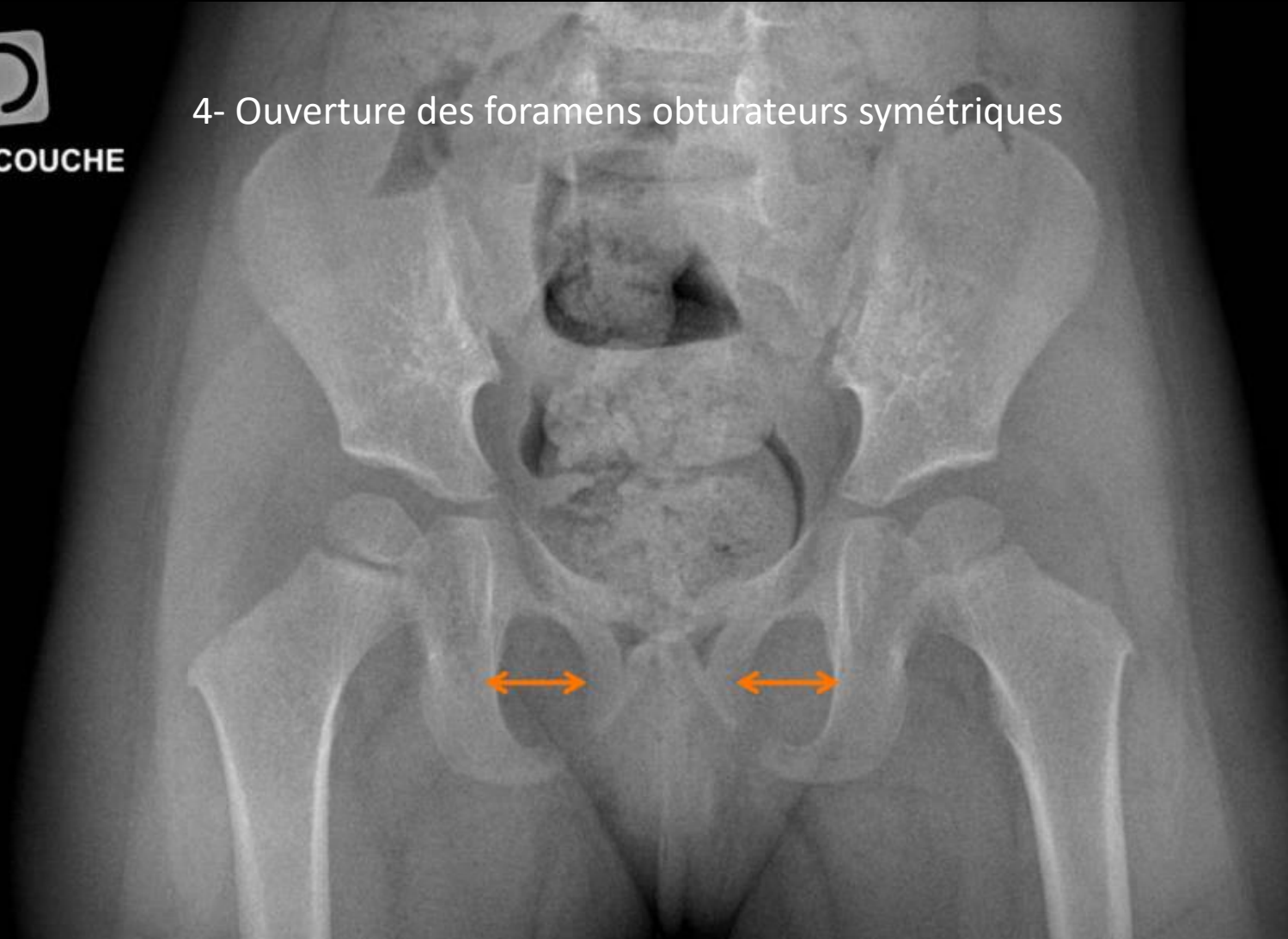
## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Critères de réussite



COUCHE

4- Ouverture des foramens obturateurs symétriques



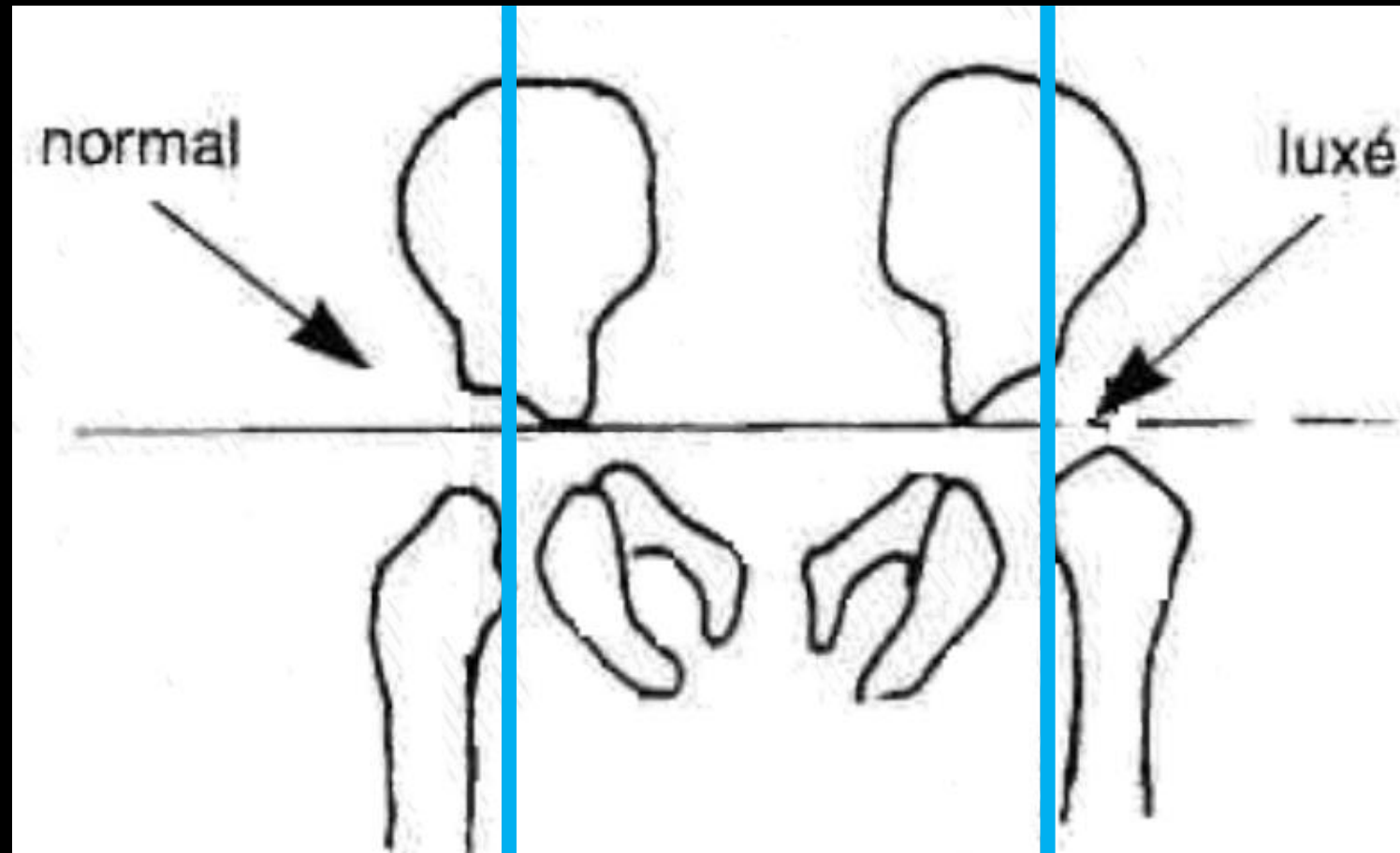
# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

#### Avant l'apparition des noyaux d'ossification des têtes fémorales

**Ligne de Putti** : La ligne verticale du petit trochanter doit couper le toit du cotyle dans sa moitié



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

#### Après l'apparition des noyaux d'ossification des têtes fémorales

**Ligne de Hilgenreiner** est tracée horizontalement, reliant bilatéralement la face inférieure de l'ilion à travers les cartilages en Y

La tête fémorale doit être en dessous de cette ligne



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

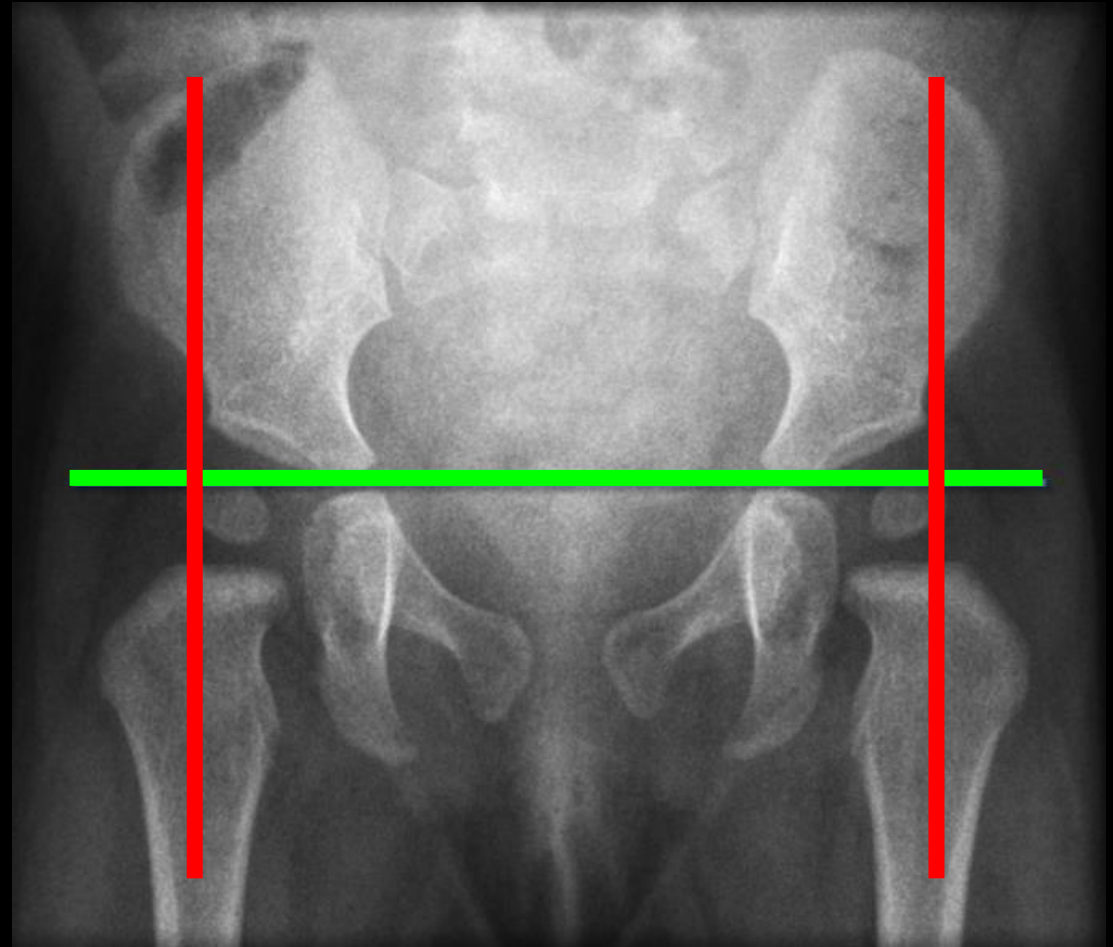
#### Après l'apparition des noyaux d'ossification des têtes fémorales

**Ligne de Hilgenreiner** est tracée horizontalement, reliant bilatéralement la face inférieure de l'ilion à travers les cartilages en Y

La tête fémorale doit être en dessous de cette ligne

**La ligne de Perkin** est tracée verticalement à travers la partie la plus latérale du toit acétabulaire, perpendiculairement à la ligne de Hilgenreiner

La tête fémorale ossifiée doit être située dans le quadrant inféro-médial créé



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

#### Après l'apparition des noyaux d'ossification des têtes fémorales

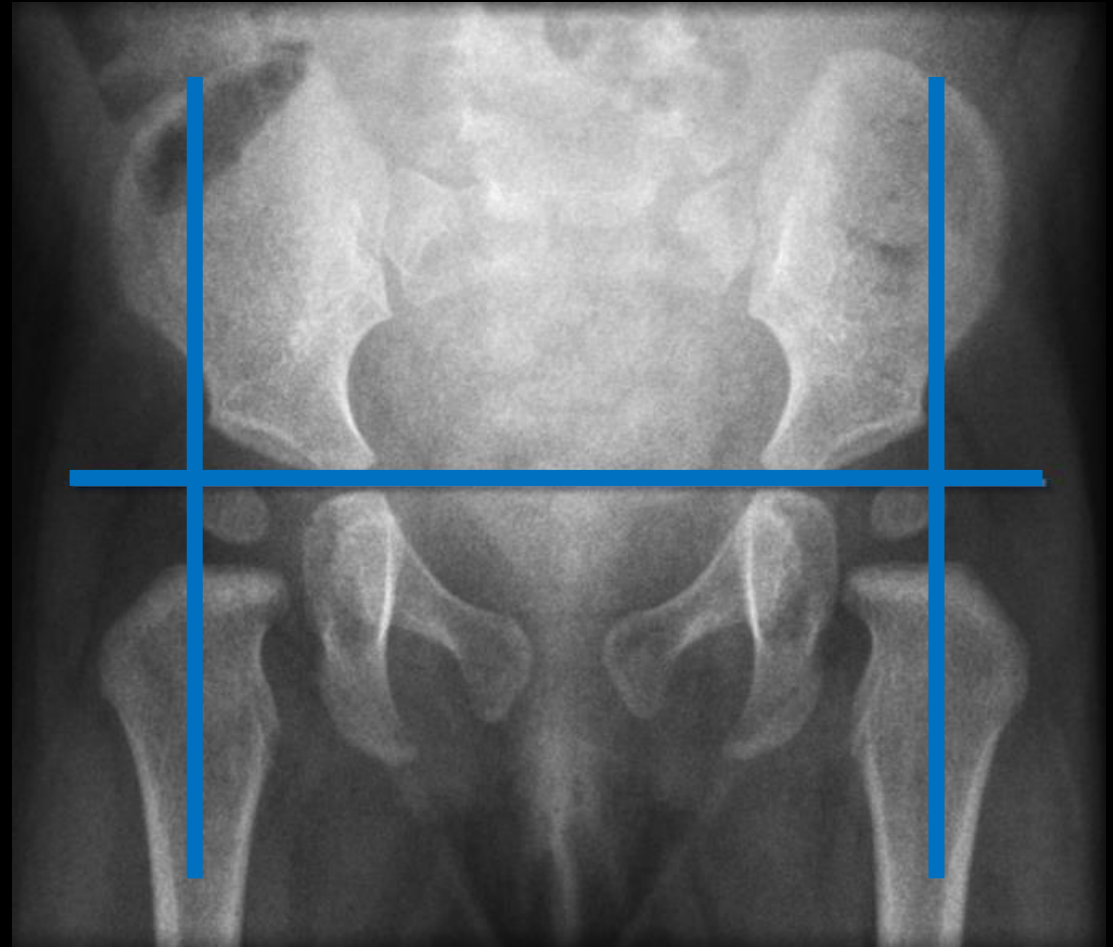
**Ligne de Hilgenreiner** est tracée horizontalement, reliant bilatéralement la face inférieure de l'ilion à travers les cartilages en Y

La tête fémorale doit être en dessous de cette ligne

**La ligne de Perkin** est tracée verticalement à travers la partie la plus latérale du toit acétabulaire, perpendiculairement à la ligne de Hilgenreiner

La tête fémorale ossifiée doit être située dans le quadrant inféro-médial créé

**Ligne d'Hilgenreiner** + **ligne de Perkin** = Construction d'Ombredanne



# Hanche

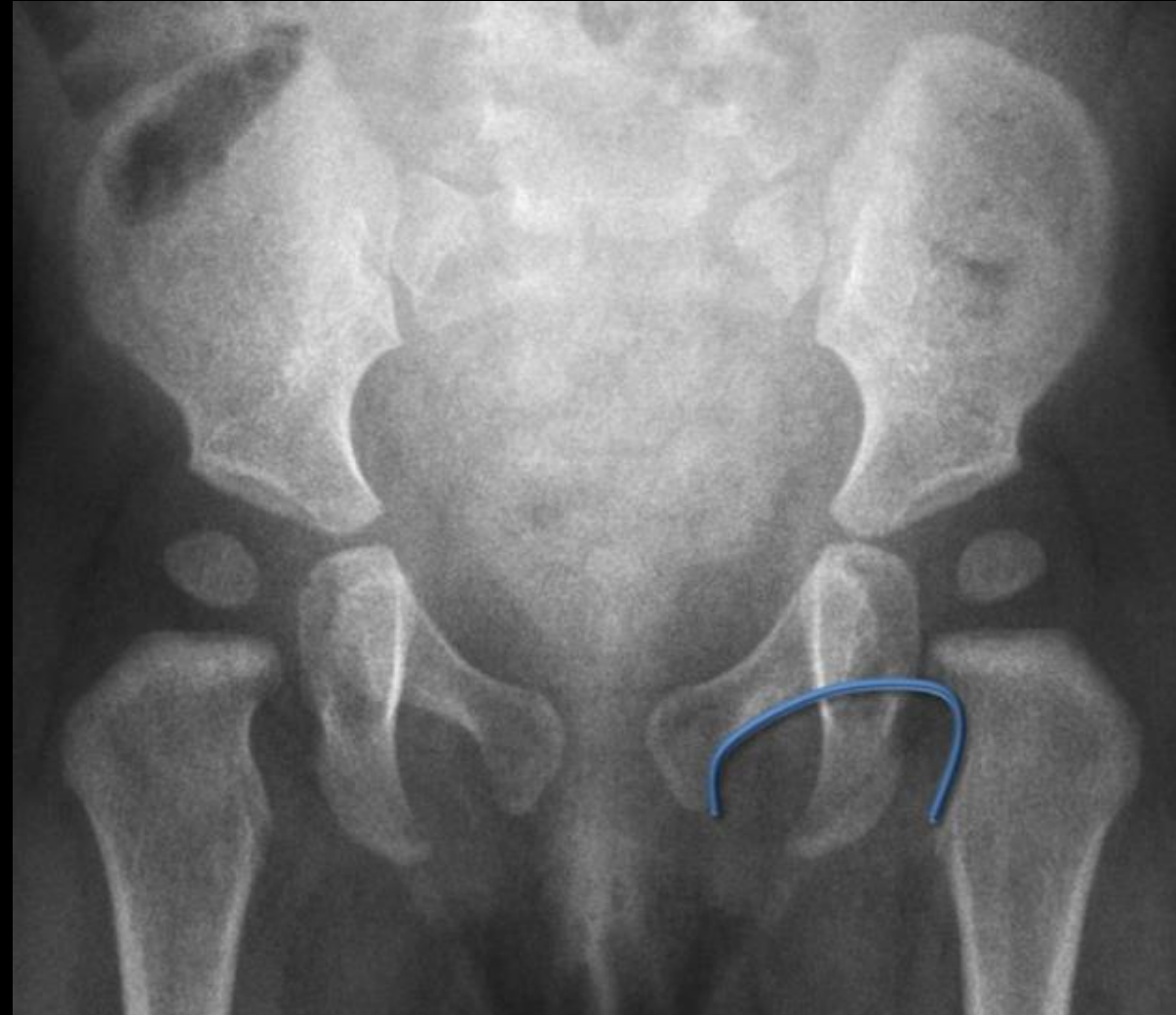
## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

#### Autres repères

Ligne de Shenton : ligne courbe imaginaire tracée le long du bord inférieur de la branche pubienne supérieure (bord supérieur du foramen obturateur ) et le long du bord inféro-médial du col du fémur

Cette ligne doit être continue et lisse



# Hanche

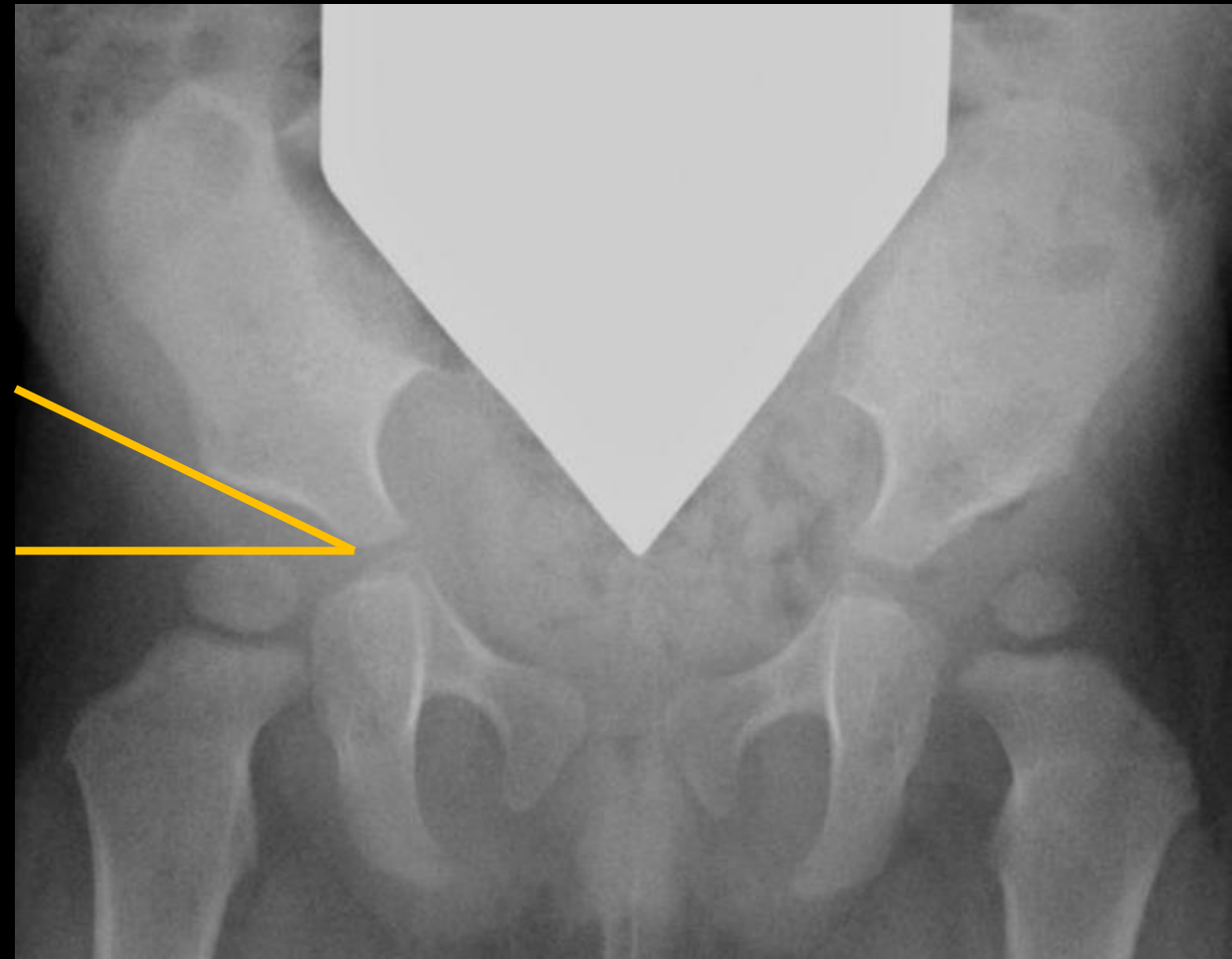
## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Résultats

#### Autres repères

##### Angle acétabulaire :

- Mesuré entre la ligne des Y et la ligne joignant l'extrémité médiale et latérale du toit de l'acétabulum
- 35° à la naissance, diminuant de 2° par mois jusqu'à 6 mois
- Assez imprécis :
  - Difficile de distinguer précisément la partie latérale de l'acétabulum osseux en cas d'émoussement du talus
  - Cliché mal réalisé
- Aspect morphologique du modelage osseux du toit de l'acétabulum a plus de valeur que l'angle acétabulaire

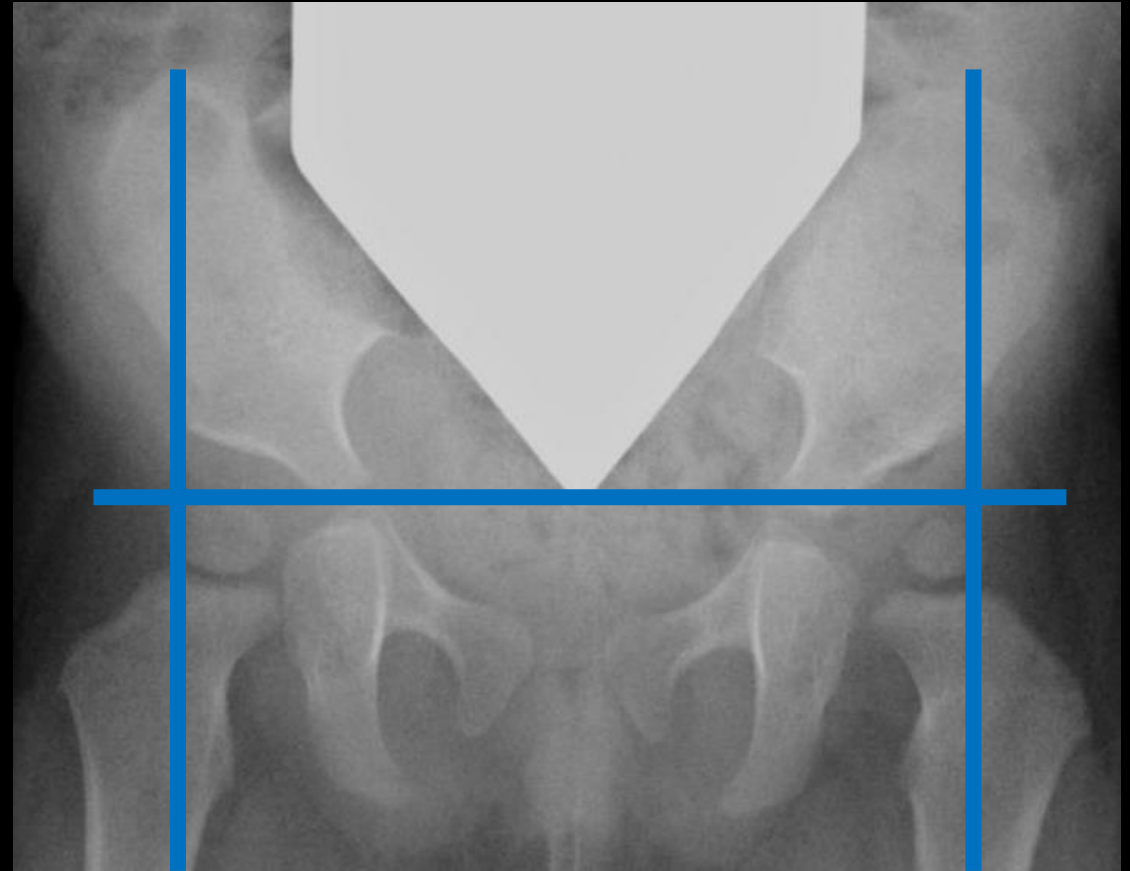


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Dysplasie de hanche

- La **dysplasie de hanche** se traduit par un défaut de modelage du fond du cotyle qui est court, non creusé et trop oblique, avec un déport de la charge minérale, centrée sur l'empreinte trop externe du noyau fémoral

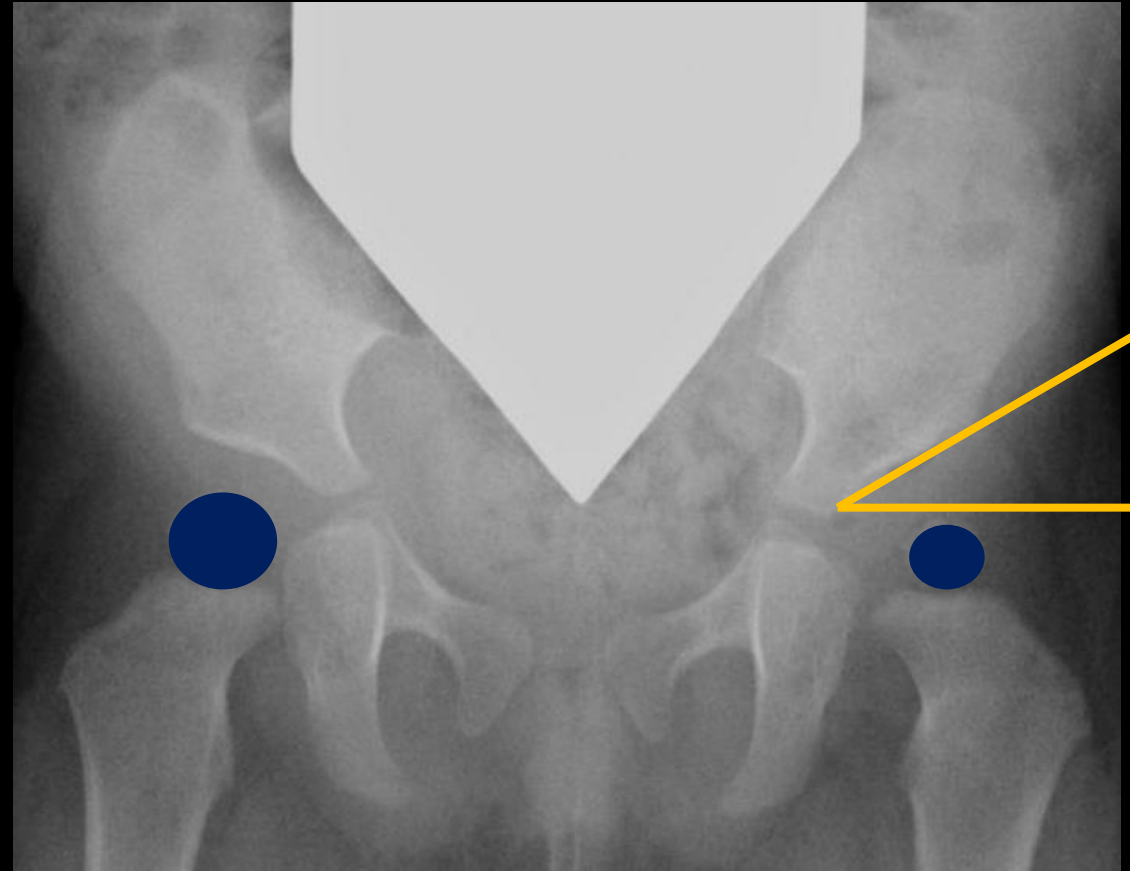


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Dysplasie de hanche

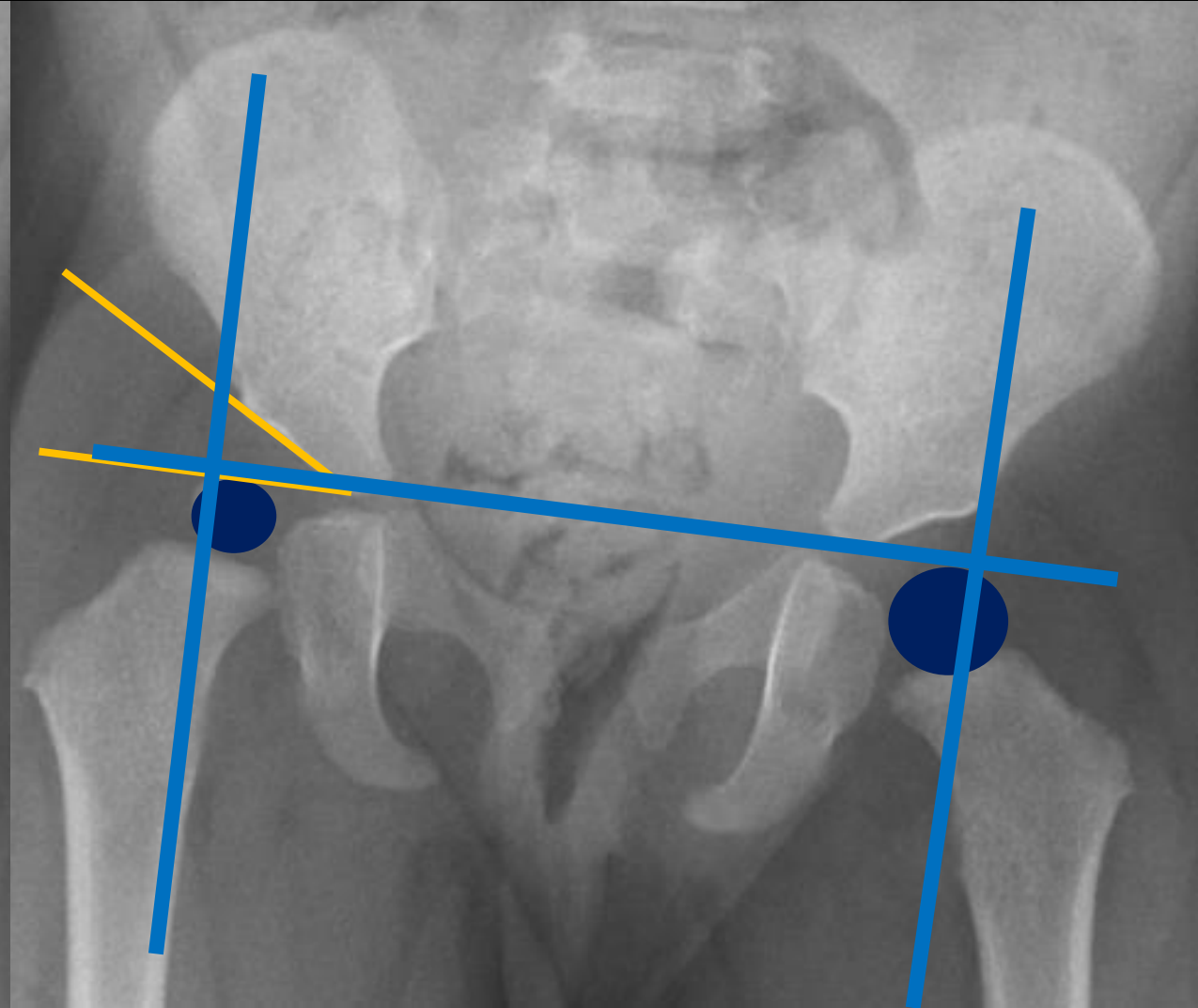
- La **dysplasie de hanche** se traduit par un défaut de modelage du fond du cotyle qui est court, non creusé et trop oblique, avec un déport de la charge minérale, centrée sur l'empreinte trop externe du noyau fémoral



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

Radiographie du bassin de face – Dysplasie de hanche

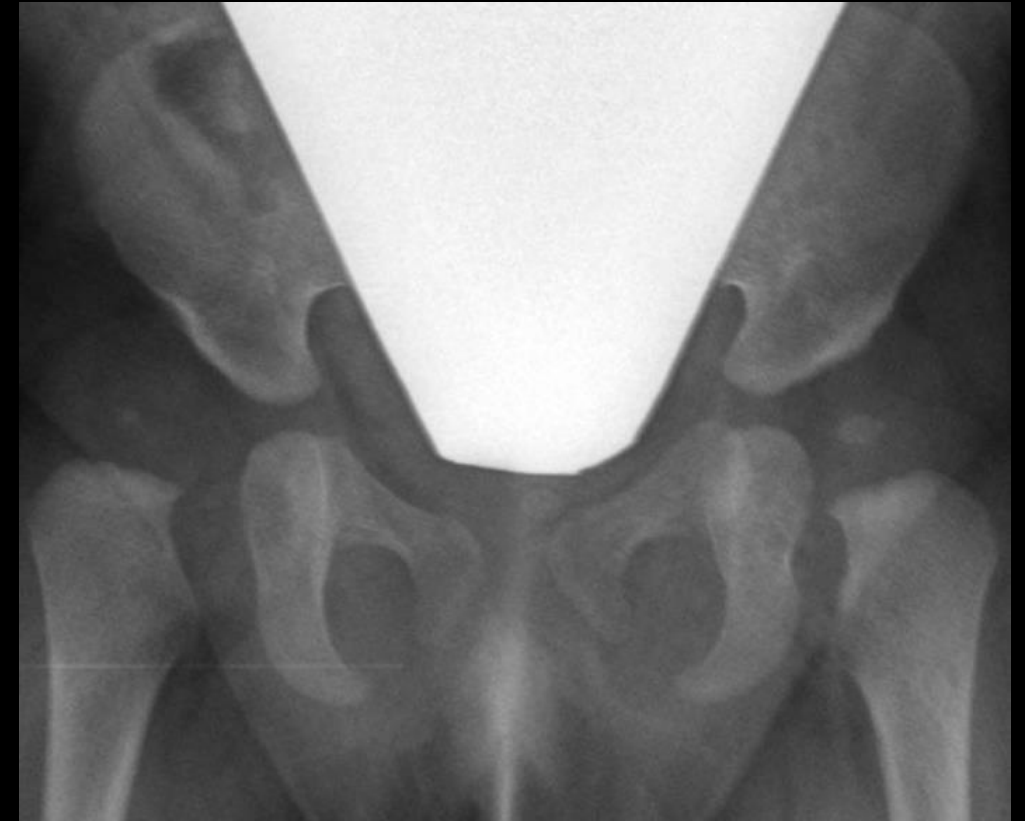
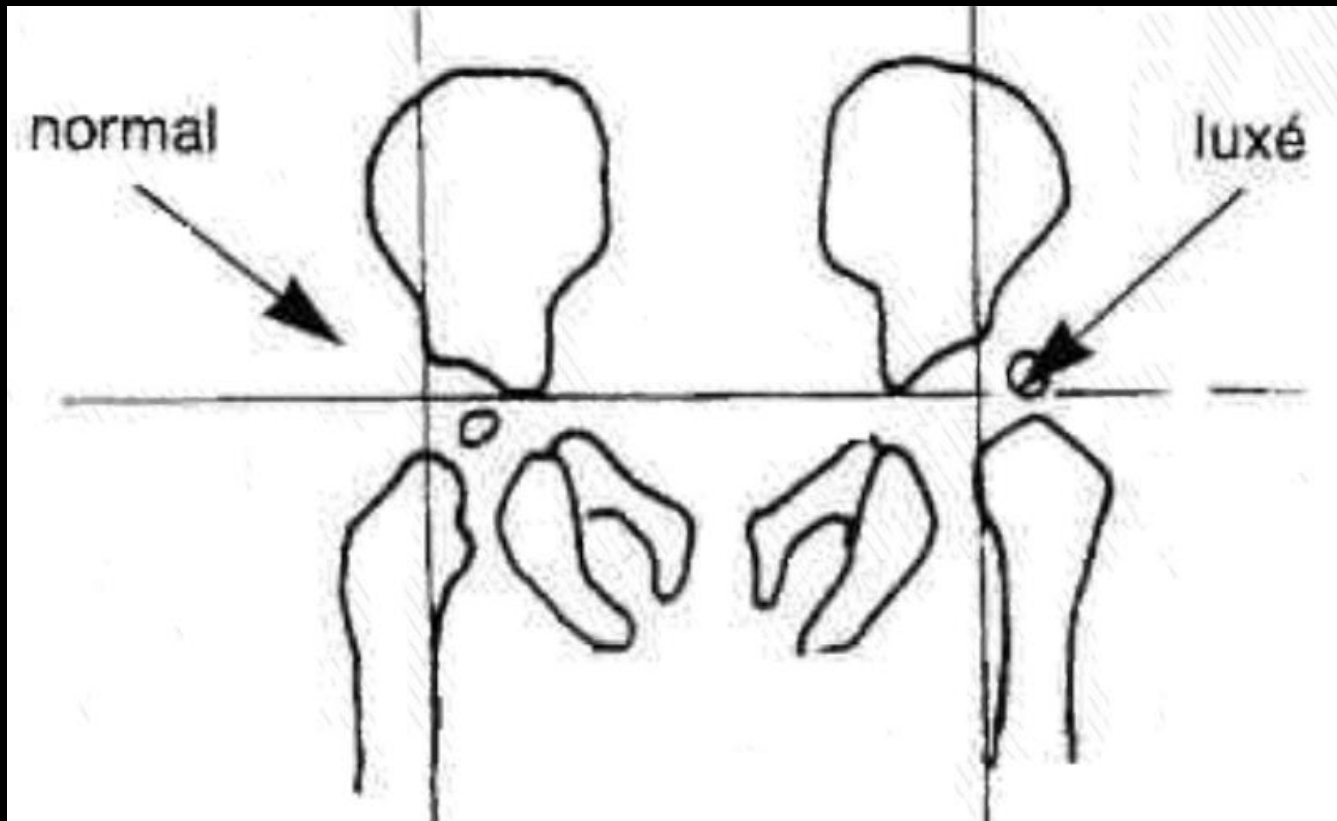


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

- La **luxation de hanche** se traduit par une excentration et une ascension de l'extrémité supérieure du fémur

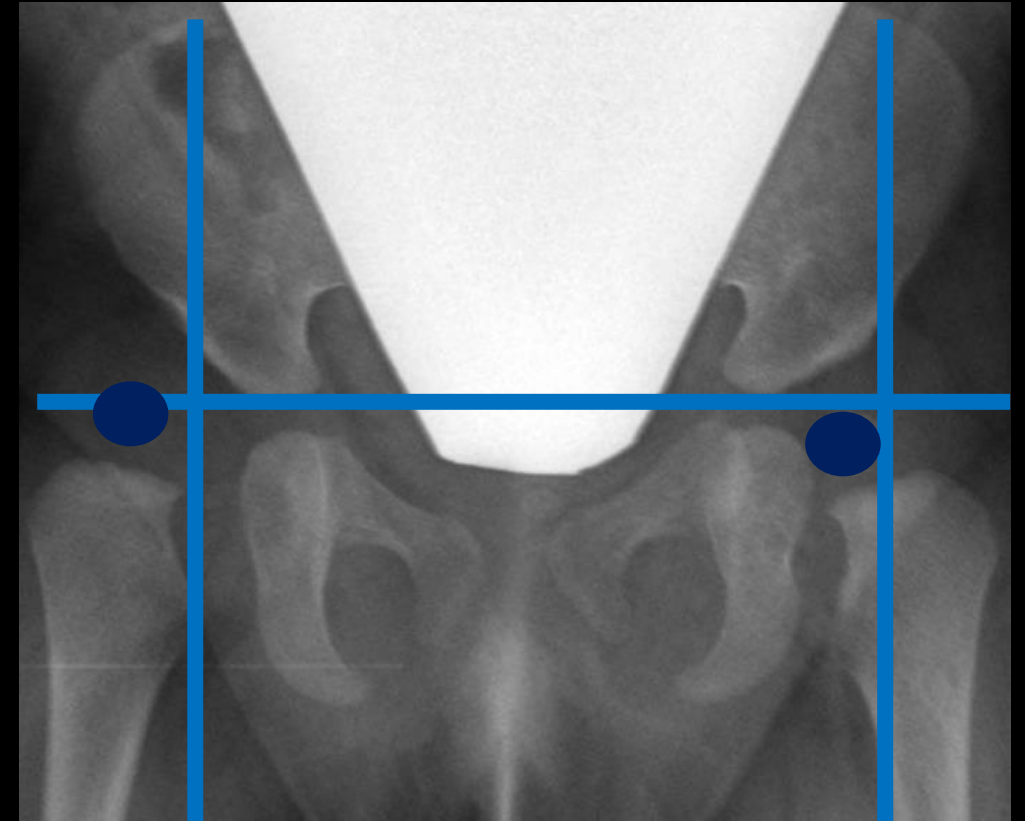
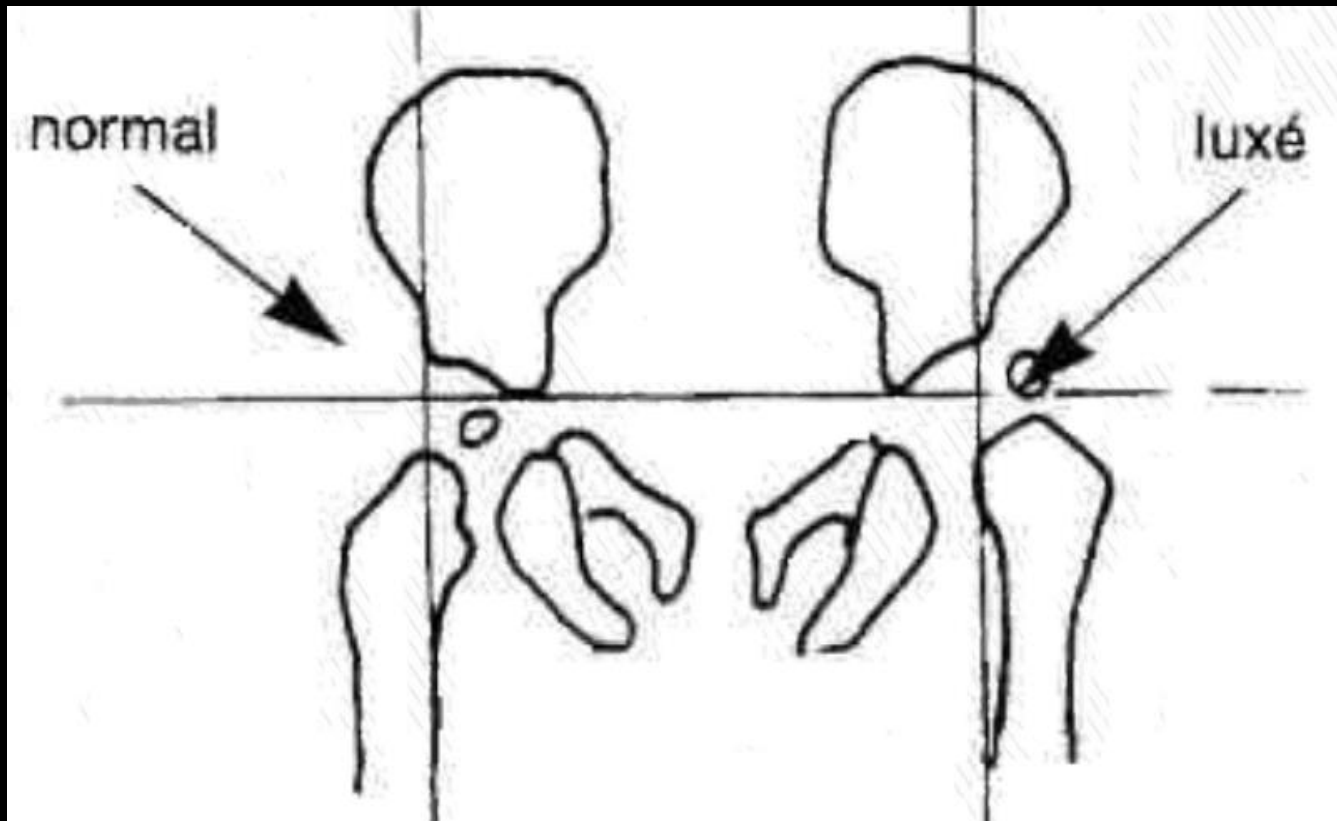


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

### Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

- La luxation de hanche se traduit par une excentration et une ascension de l'extrémité supérieure du fémur



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

Luxation bilatérale sur dysplasie

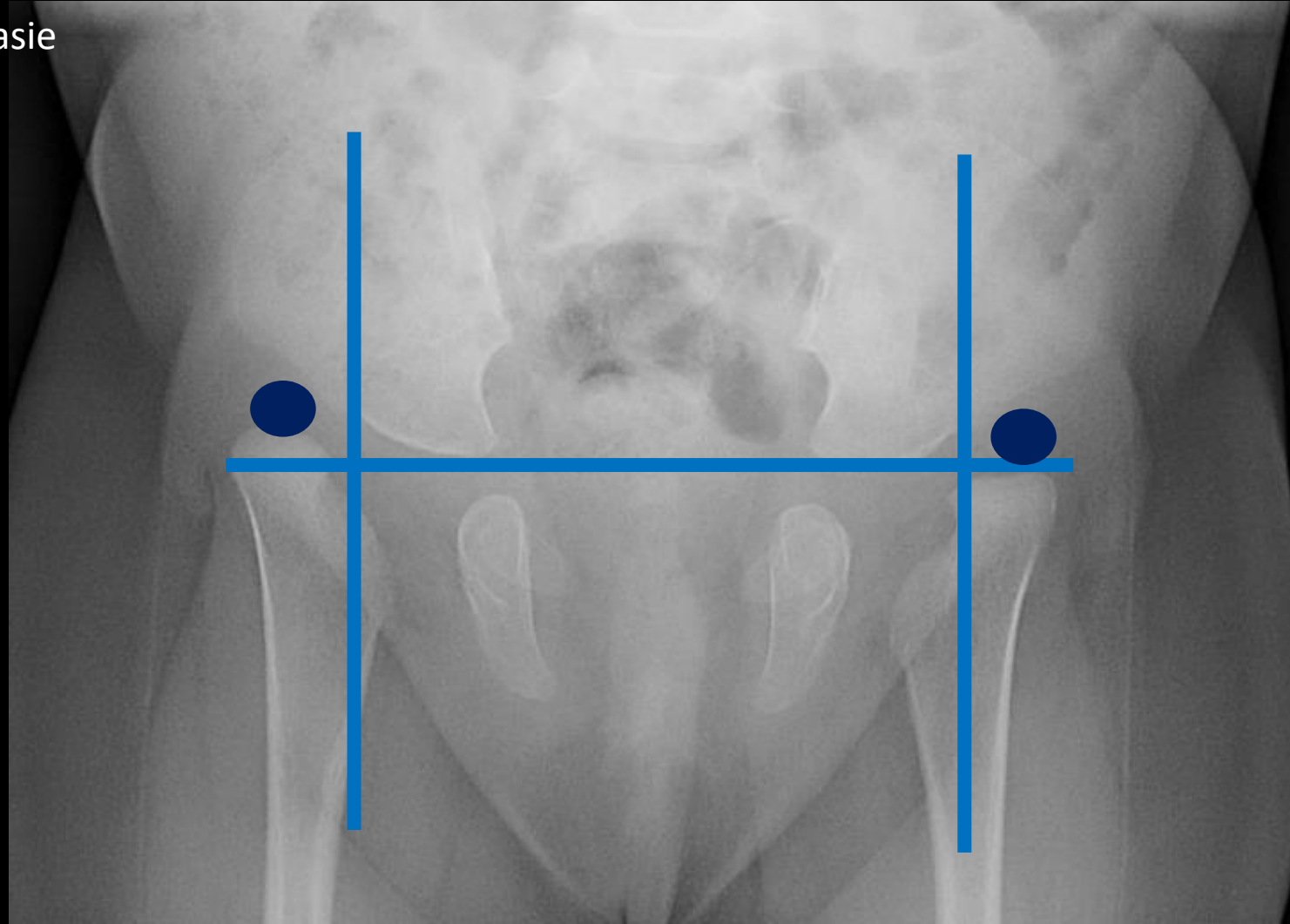


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

Luxation bilatérale sur dysplasie



# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

Luxation de hanche gauche sur dysplasie

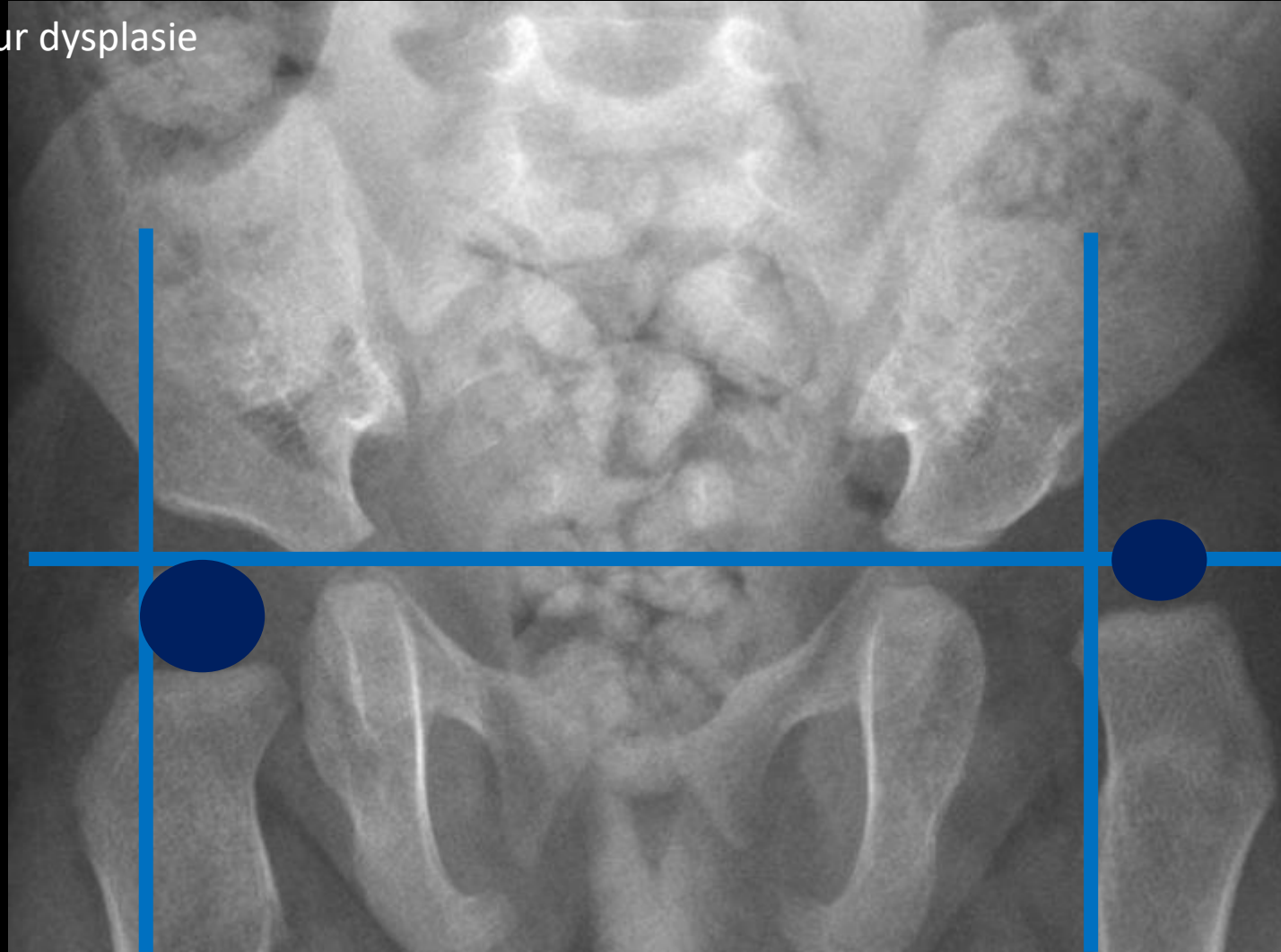


# Hanche

## Luxation congénitale de hanche

Radiographie du bassin de face – Luxation de hanche

Luxation de hanche gauche sur dysplasie

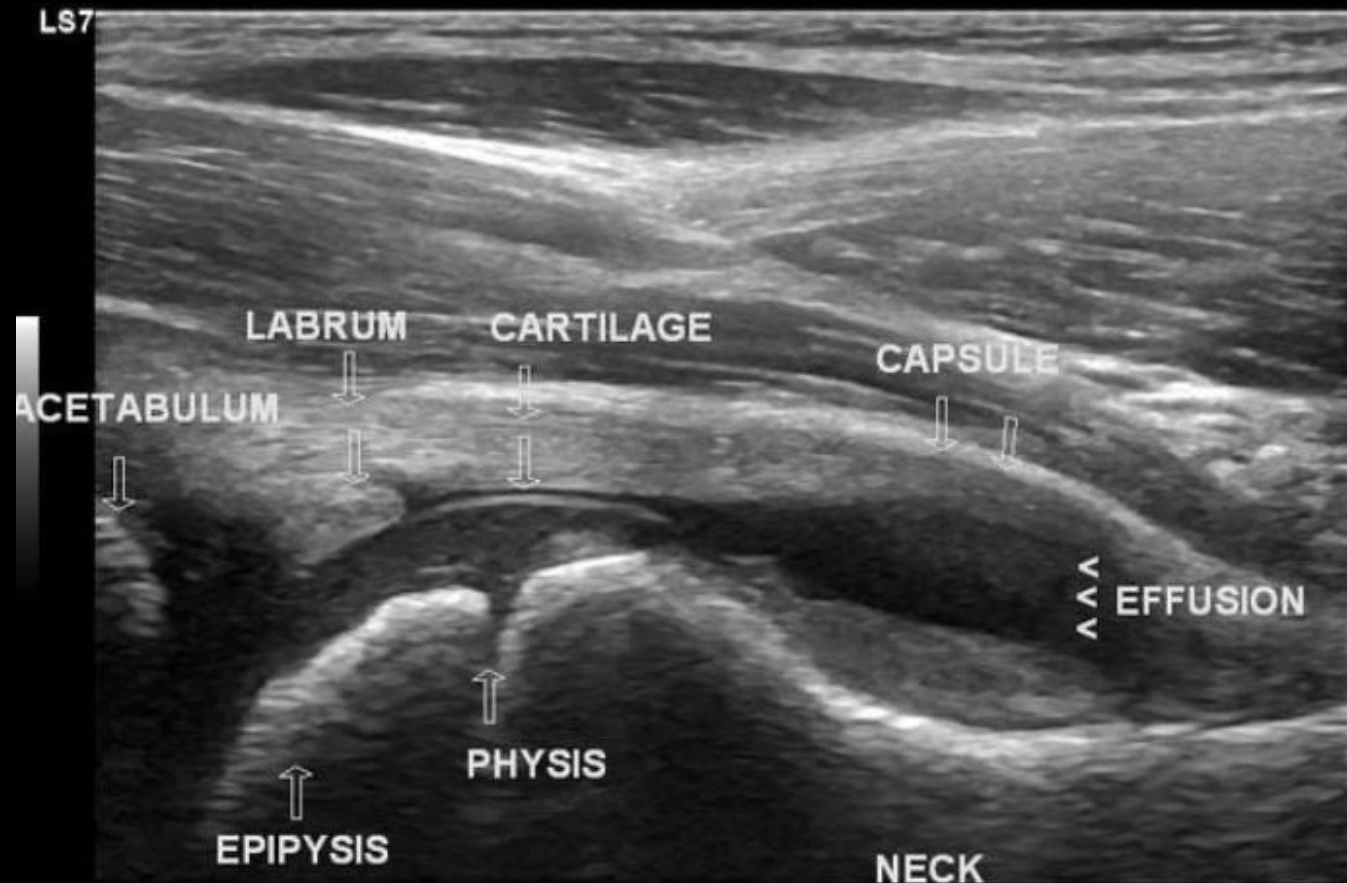


# Hanche

## Synovite Aigue Transitoire

= Rhume de hanche

- Affection inflammatoire aiguë spontanément résolutive affectant la muqueuse synoviale de la hanche
- Considérée comme l'une des causes les plus courantes de douleur à la hanche et de boiterie chez les jeunes enfants
- **Signes d'appel** : boiterie douloureuse, chez un enfant entre l'âge de 2 et 10 ans, avec un pic vers l'âge de 4 ans
- **Echographie** :
  - Épanchement intra-articulaire d'importance et d'échogénicité variable, transonore ou échogène avec épaissement possible de la synoviale
  - Une ponction articulaire doit être effectuée s'il y a un doute diagnostique avec une arthrite
- Une radiographie du bassin est préconisée 2 à 3 mois après pour vérifier l'intégrité de la tête fémorale (ostéochondrite?)



# Hanche

## Synovite Aigue Transitoire

= Rhume de hanche

**SYMPTOMATIC**

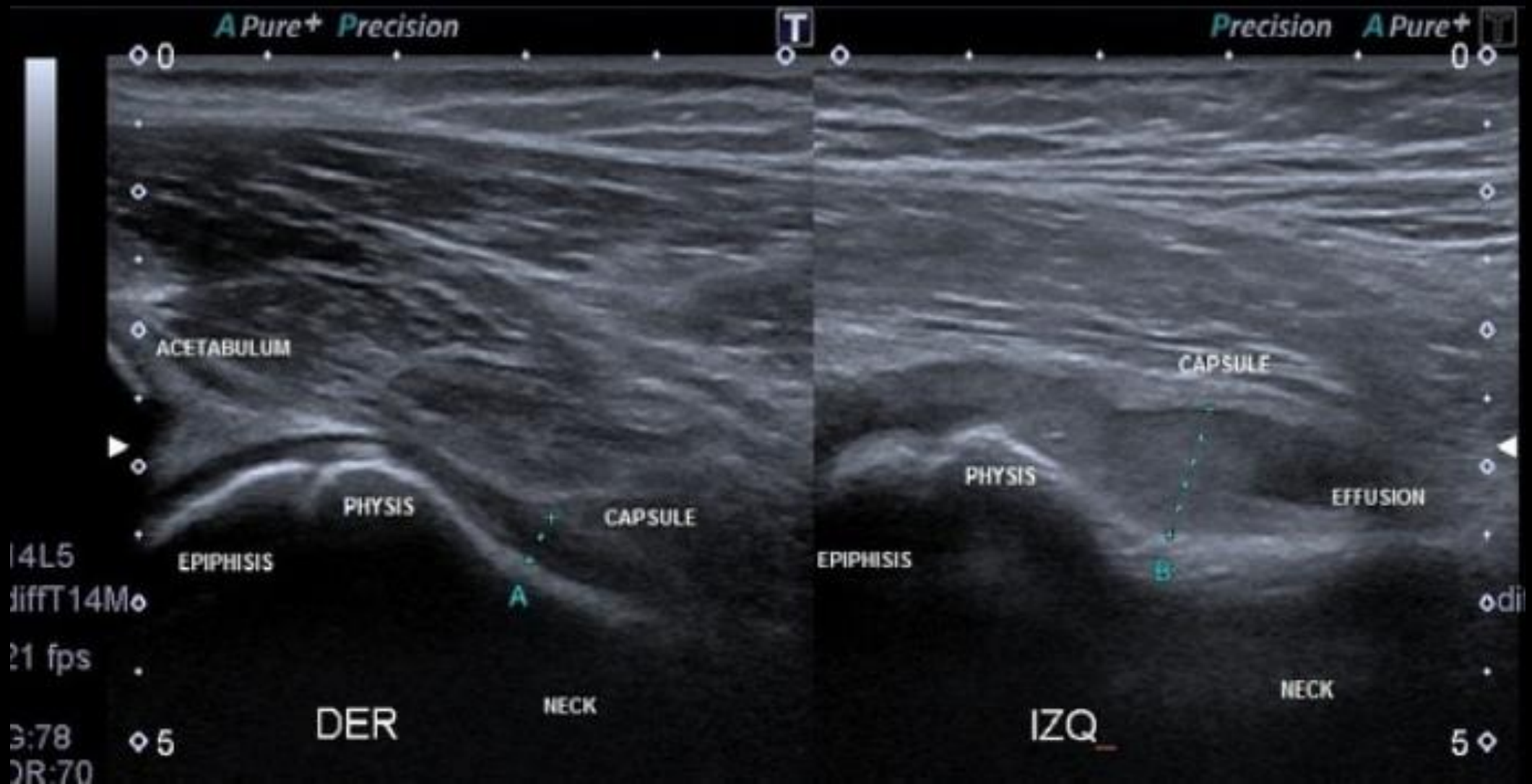
**ASYMPTOMATIC**



# Hanche

## Synovite Aigue Transitoire

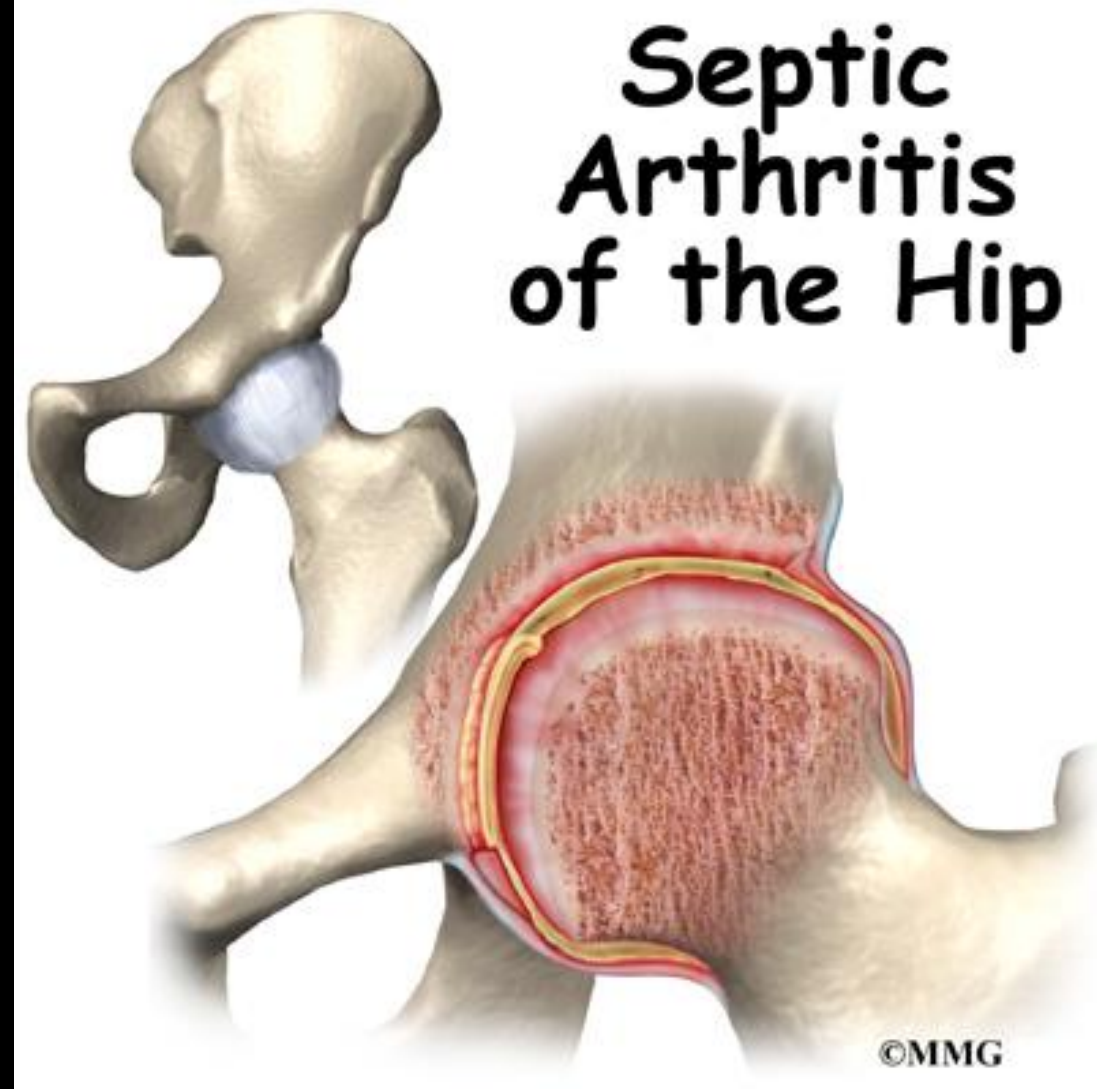
= Rhume de hanche



# Hanche

## Ostéo-arthrite

- Localisation préférentielle des infections ostéo-articulaires avant l'âge de 1 an (60%), elle est grave, bilatérale dans 10% des cas et multifocale dans 25%, avec association élective hanche-épaule ou hanche-genou
- Atteinte par voie hématogène
- Fièvre inconstante
- Germe le + fréquent: *S. aureus*
- Localisations fréquentes
  - Métaphyses
  - Rachis



# Hanche

## Ostéo-arthrite

### Radiographie du bassin de face

- Normale au début
- Plus tardivement :
  - Ostéolyse
  - Epaissement des parties molles
  - Réaction périostée
- Ces signes tardifs traduisent des lésions déjà importantes de l'os et de la maquette cartilagineuse

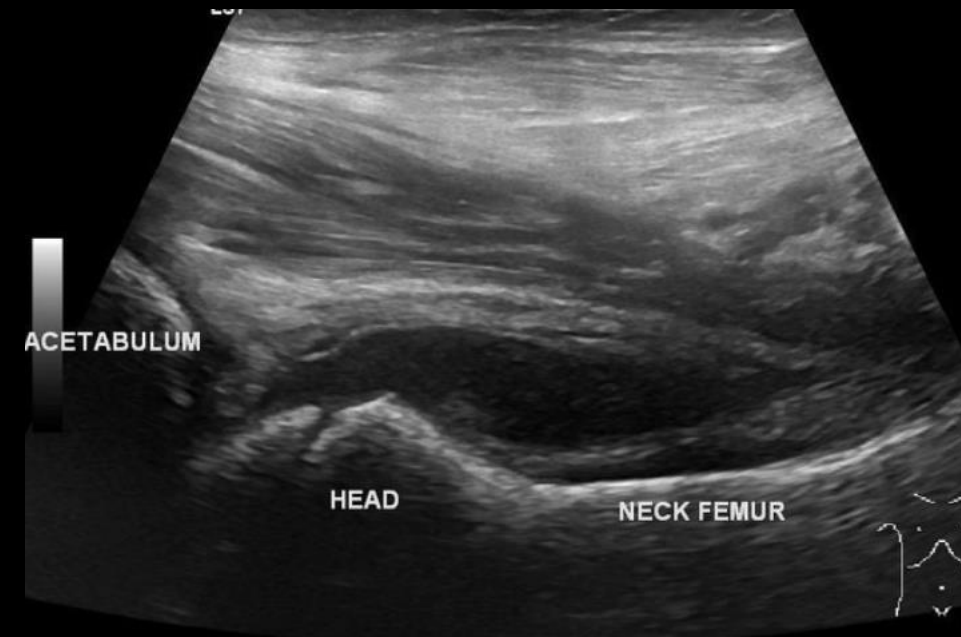


# Hanche

- L'épanchement articulaire doit être recherché par des coupes antérieures, dans l'axe du col-fémoral, il peut être transonore ou échogène et s'accompagner d'un épaissement de la capsule
- Il faut soigneusement rechercher un éventuel décollement périosté métaphyso-diaphysaire visible avant la survenue d'anomalies sur le cliché radiologique
- La ponction articulaire est effectuée à la moindre suspicion du diagnostic

## Ostéo-arthrite

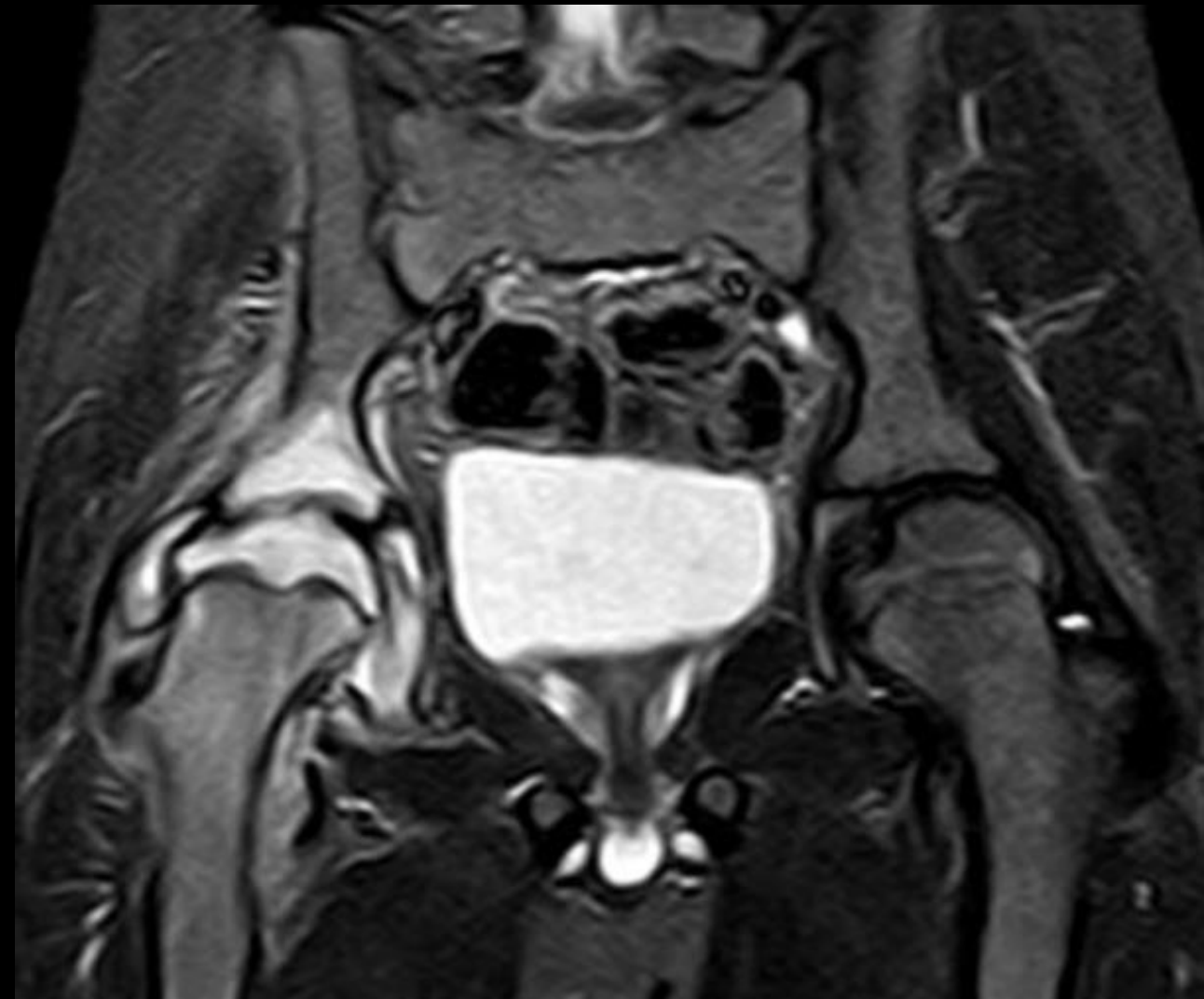
### Echographie



# Hanche

## Ostéo-arthrite

IRM

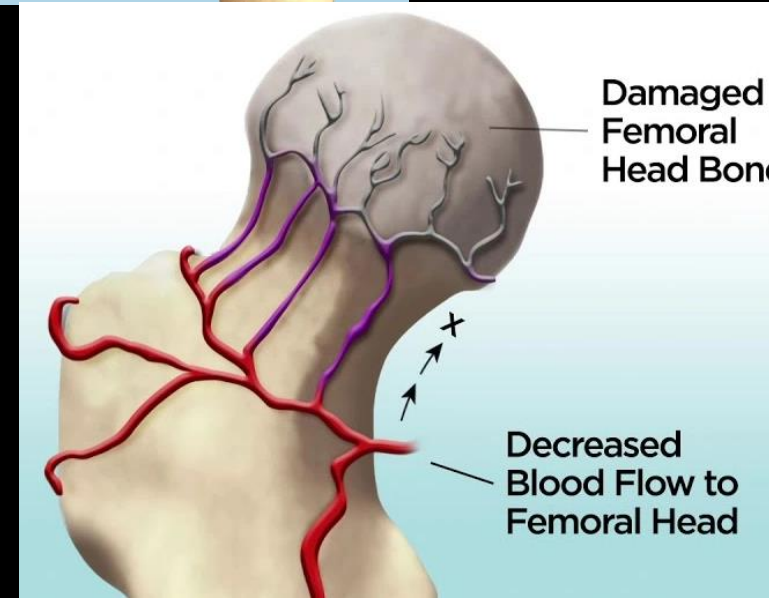
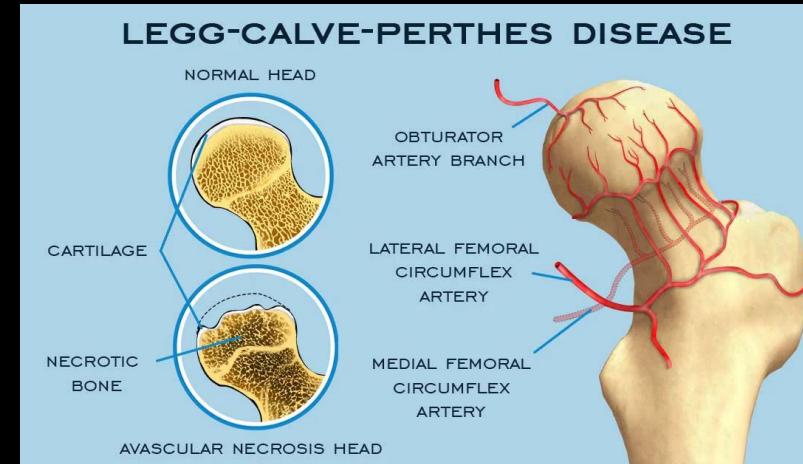


# Hanche

## Ostéocondrite de hanche

= Maladie de Legg-Perthes-Calvé

- Lésion ischémique de la tête fémorale, survenant entre 3 et 10 ans avec un pic vers 7 ans, plus souvent chez le garçon (4/5), bilatérale dans 10% des cas, de façon simultanée ou décalée dans le temps
- **Etiologie :**
  - Primitive, d'origine ischémique
  - Secondaire à une corticothérapie, une hypothyroïdie, une drépanocytose ...
- **Signes d'appel :** boiterie douloureuse, avec limitation de la mobilité de la hanche, chez un enfant en bonne santé. Les signes cliniques peuvent précéder de quelques jours à quelques mois la découverte radiologique
- **Echographie :**
  - Épanchement intra-articulaire inconstant

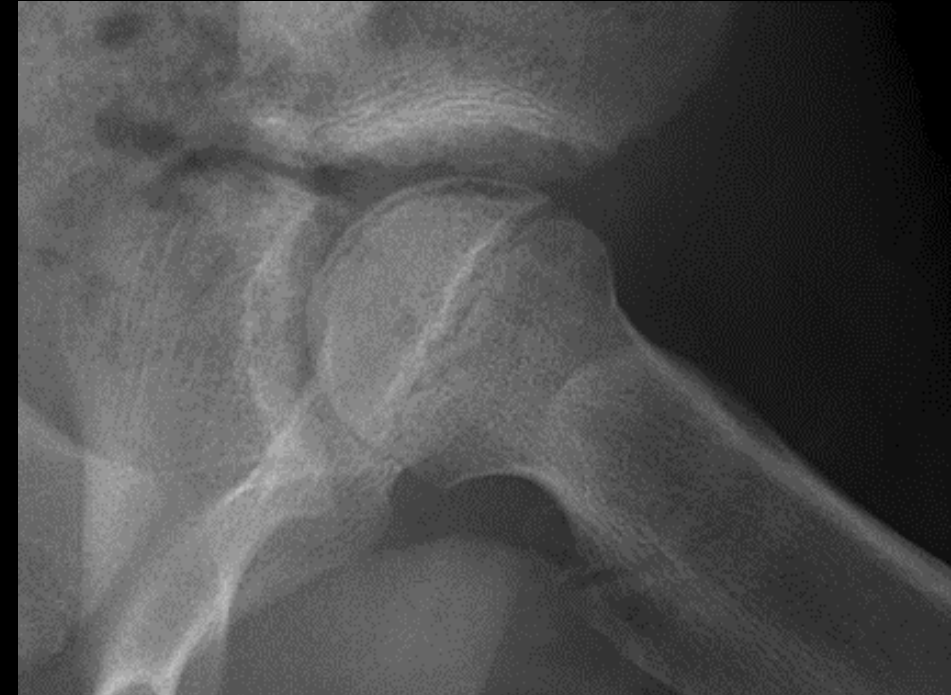
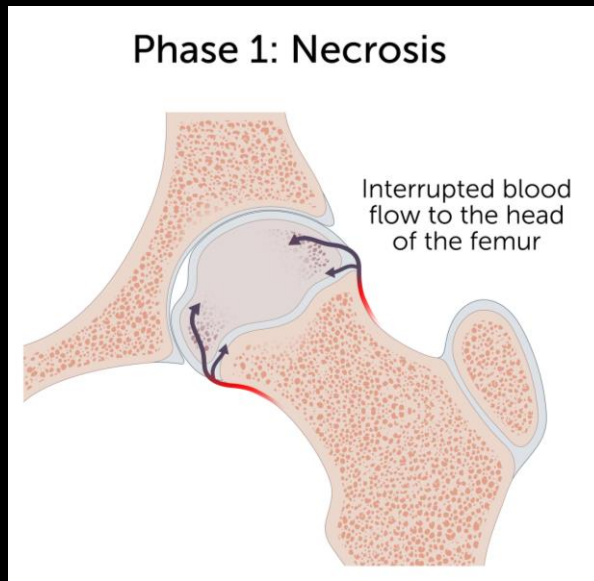


# Hanche

## Ostéocondrite de hanche

= Maladie de Leggs-Perthes-Calvé

- Radiographie du bassin :
  - Au début : Stade initial
    - Légère excentration de la tête fémorale et déminéralisation péri-articulaire
    - Clarté curviligne de fracture sous-chondrale ou image en « coup d'ongle », mieux visible sur une incidence en « grenouille »
    - Diminution de la hauteur et condensation discrète du noyau fémoral supérieur par rapport à l'autre, prédominant au pôle supéro-externe avec élargissement de la métaphyse et de l'interligne articulaire

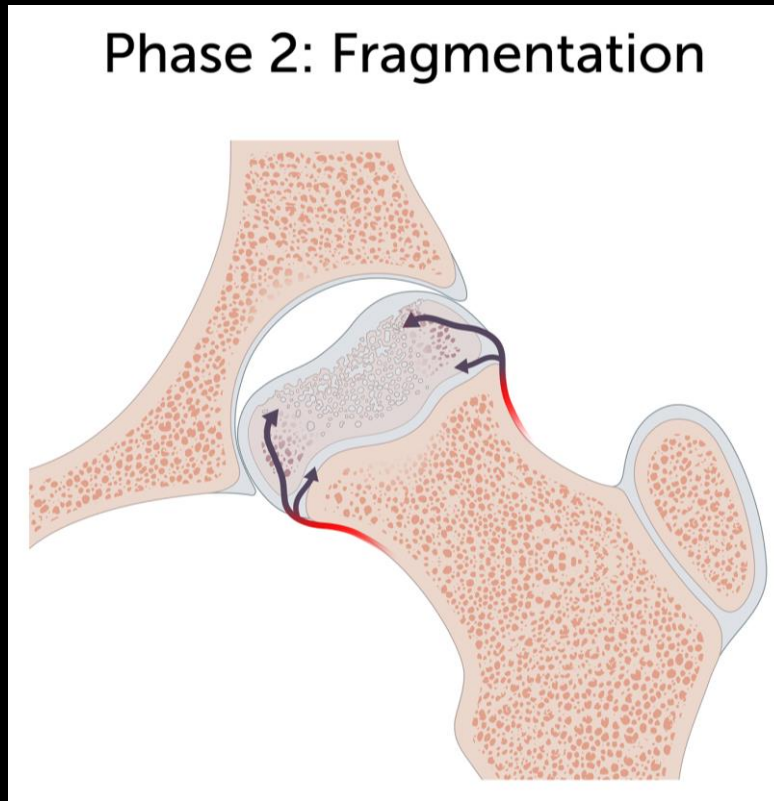


# Hanche

## Ostéocondrite de hanche

= Maladie de Leggs-Perthes-Calvé

- Radiographie du bassin :
  - Phase d'état : Stade de fragmentation
    - Condensation nette du noyau avec aplatissement et fragmentation
    - Élargissement et irrégularités métaphysaires

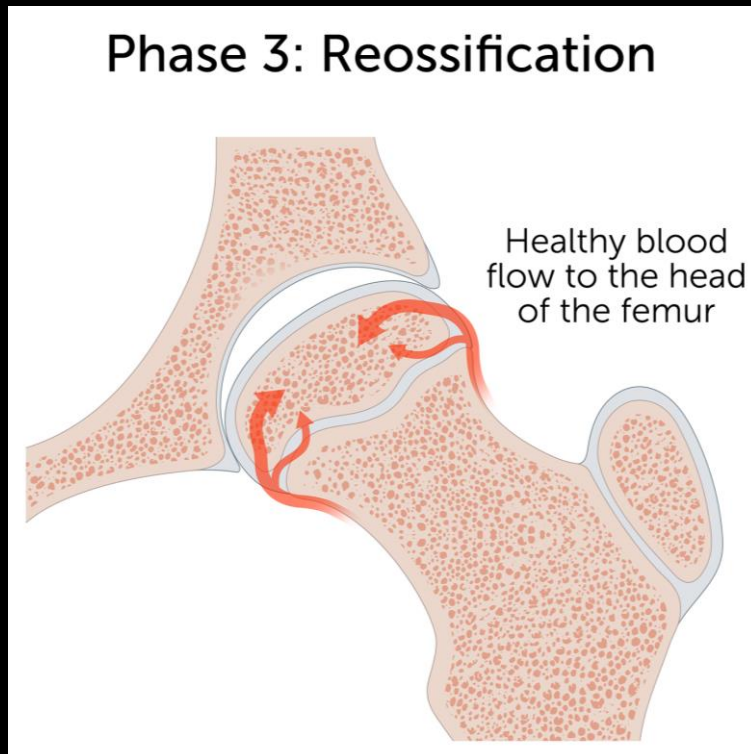


# Hanche

## Ostéocondrite de hanche

= Maladie de Leggs-Perthes-Calvé

- Radiographie du bassin :
  - Evolution : Stade de réossification
    - Extension de la destruction du noyau
    - Début de la phase de réparation au bout de 8 à 10 mois, avec reconstitution d'un noyau fémoral supérieur plus ou moins déformé

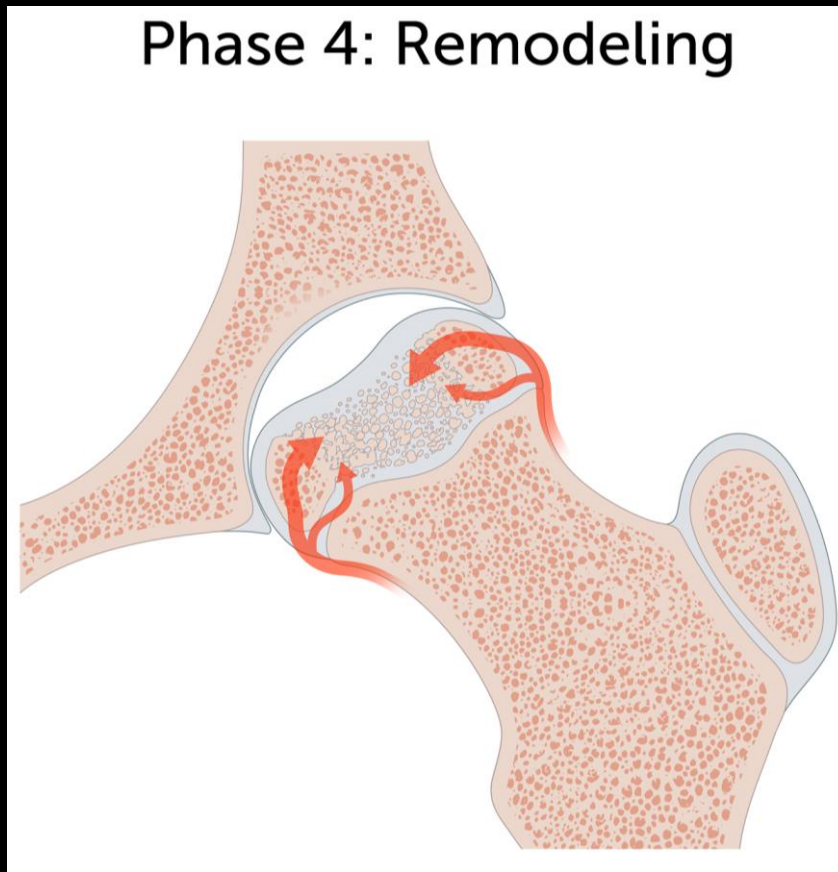


# Hanche

## Ostéocondrite de hanche

= Maladie de Leggs-Perthes-Calvé

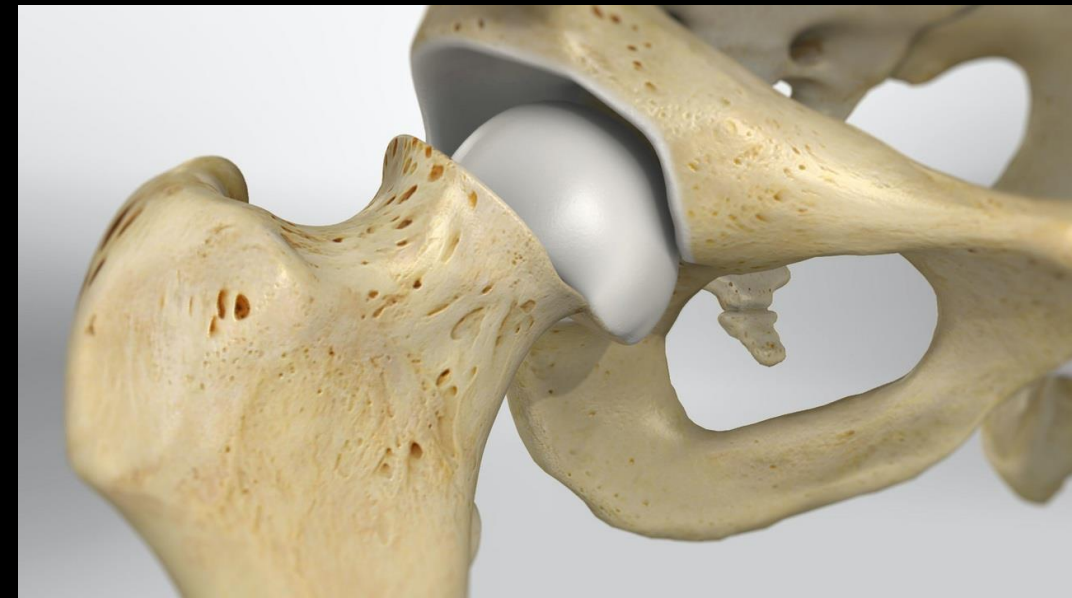
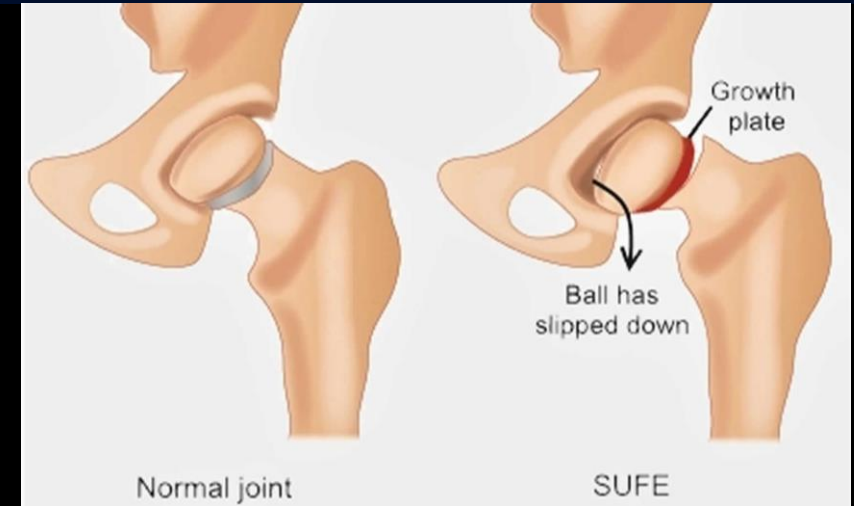
- Radiographie du bassin :
  - Séquelles possibles : tête déformée, aplatie, col court et large avec coxa vara et risque de coxarthrose précoce



# Hanche

## Epiphysiolyse

- Bascule et glissement de l'épiphyse fémorale supérieure correspondant à une lésion du cartilage de croissance Salter-Harris de type I due à des traumatismes répétés sur fond de facteurs prédisposants mécaniques et probablement hormonaux
- L'une des anomalies de la hanche les plus fréquentes à l'adolescence et elle est bilatérale dans 20 à 40 % des cas
- L'épiphysiolyse fémorale supérieure est plus fréquente chez les garçons que chez les filles et plus fréquente chez les patients afro-antillais que chez les patients caucasiens
- L'âge de présentation dépend quelque peu du sexe, les garçons se présentant plus tard (10 à 17 ans) que les filles (8 à 15 ans)
- Terrain : obésité, puberté
- Attention : prise en charge chirurgicale urgente !!!



# Hanche

## Epiphysiolyse

### Présentations cliniques

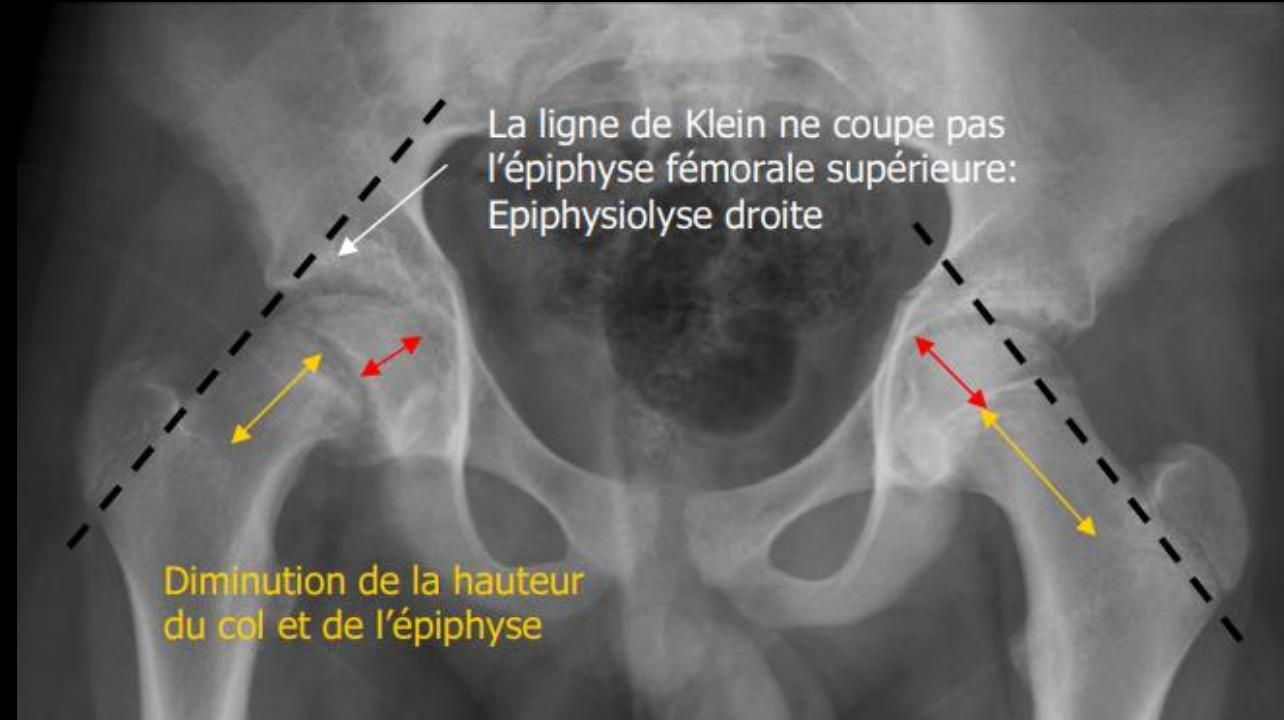
- **Aigu** : douleur intense à la hanche et incapacité à supporter le poids, généralement après un traumatisme mineur, avec des symptômes prodromiques tels qu'une vague douleur à l'aîne ou à la cuisse jusqu'à 3 semaines avant la présentation aiguë
- **Chronique** : représente la présentation la plus courante. Douleur vague à l'aîne et à la cuisse pendant plus de 3 semaines, pouvant évoluer vers une claudication
- **Aigu à chronique** : les symptômes prodromiques sont présents depuis plus de 3 semaines, mais il y a une aggravation soudaine des symptômes, y compris une incapacité à supporter son poids alors qu'il était auparavant capable de le faire

# Hanche

## Epiphysiolyse

### Signes radiologiques

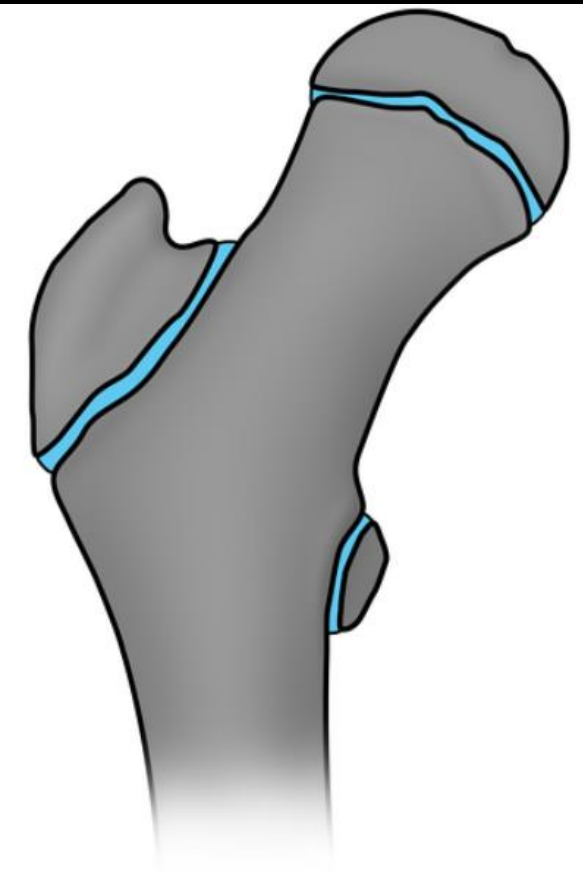
- Sur l'incidence de face :
  - Modification des repères épiphysaires par rapport à la ligne de Klein (tangente au bord fémoral qui coupe normalement l'épiphyse fémorale supérieure)
  - Diminution de hauteur du noyau épiphysaire
  - Élargissement puis aspect incurvé et irrégulier de la ligne physaire avec augmentation de la flèche basicapitale
  - Expulsion du col fémoral objectivé par la diminution ou la disparition du triangle cervical interne recouvrant l'ischion



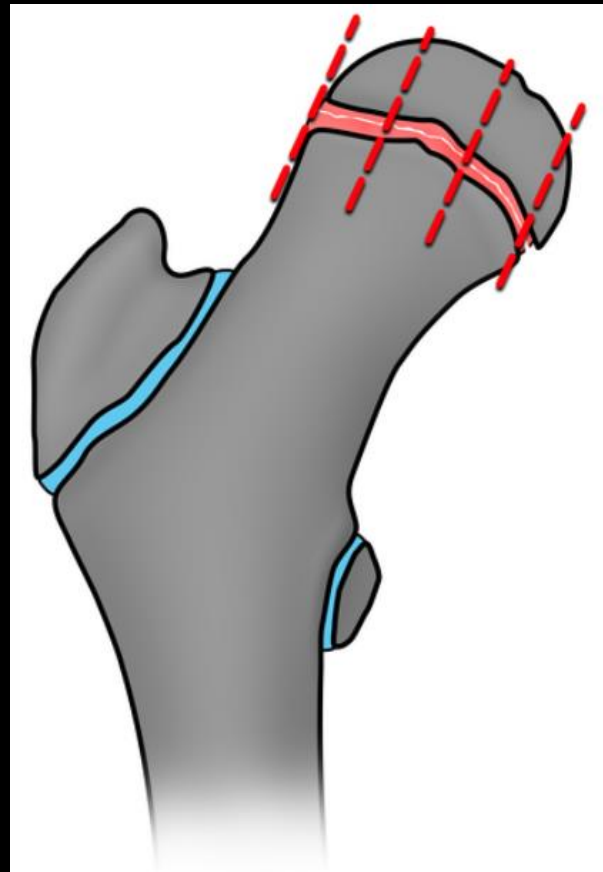
# Hanche

## Epiphysiolyse

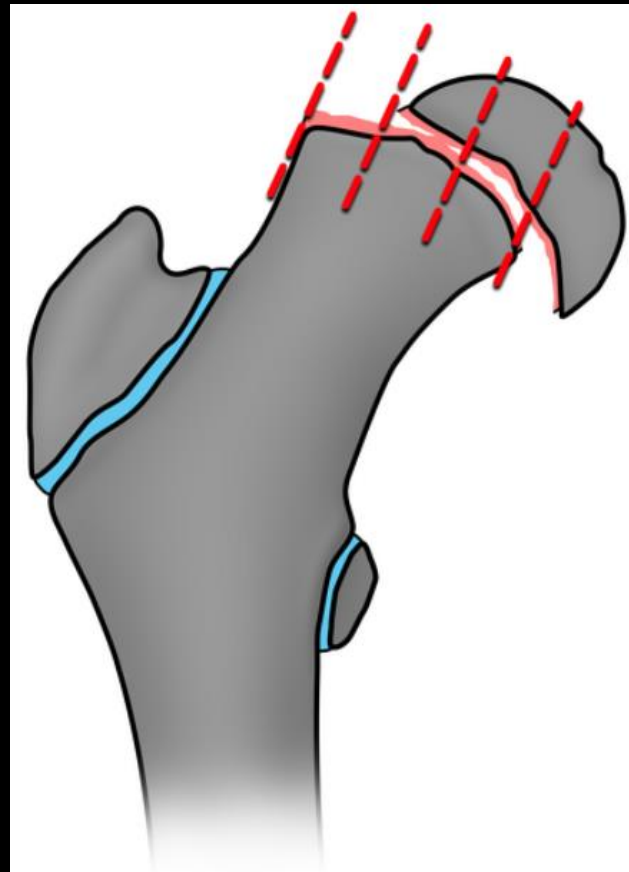
Signes radiologiques



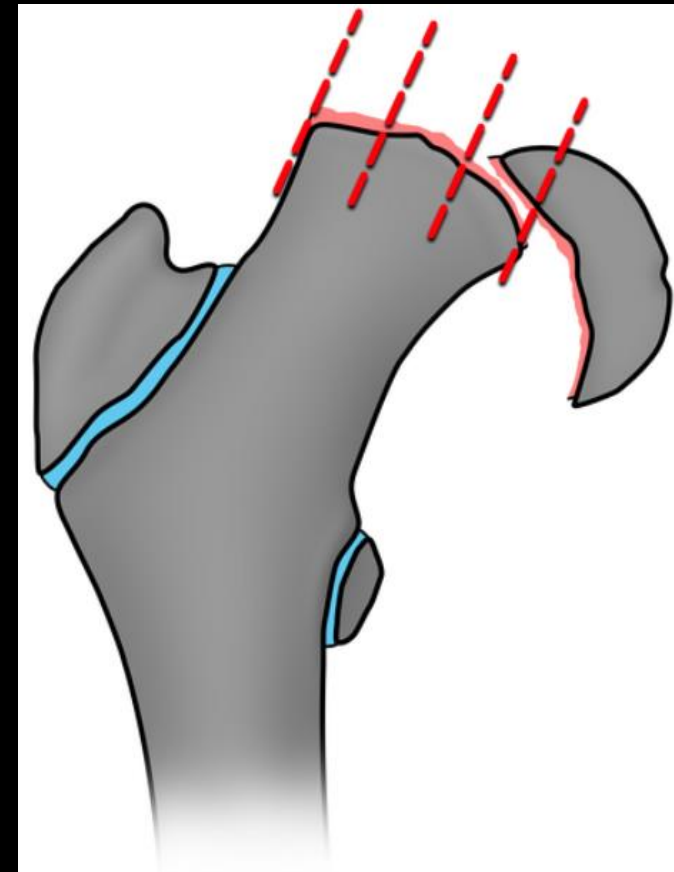
Normal



Mild



Moderate



Severe

# Hanche

## Epiphysiolyse

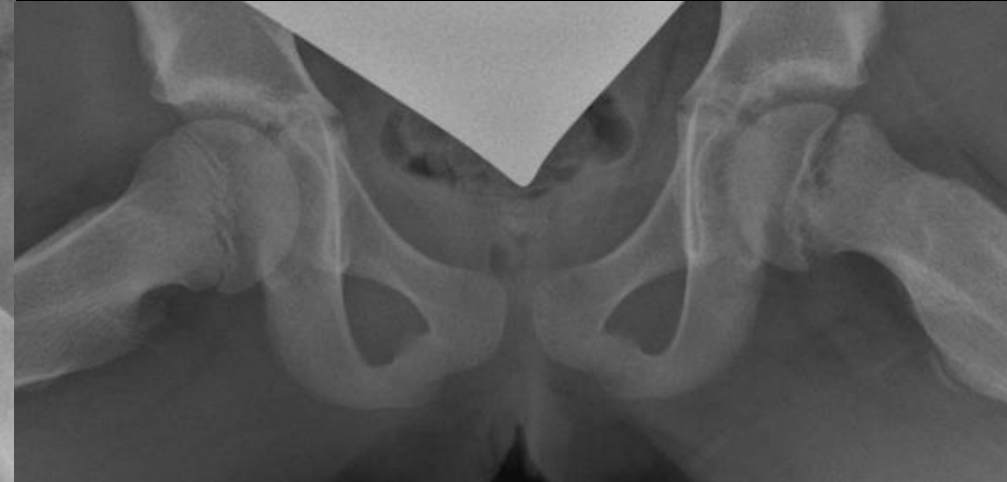
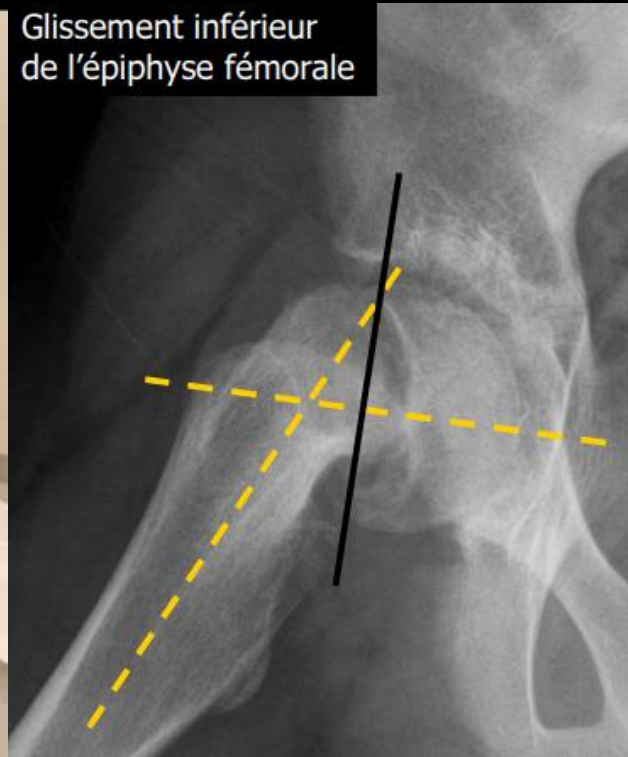
### Signes radiologiques

- Une incidence de profil (Lauenstein) est indispensable pour mieux apprécier le déplacement du noyau fémoral
- La perpendiculaire à la ligne passant par les 2 becs épiphysaires est normalement parallèle à l'axe du col
- Si ces 2 lignes se coupent, c'est qu'il existe un glissement de l'épiphyse

Incidence de Lauenstein



Glissement inférieur de l'épiphyse fémorale

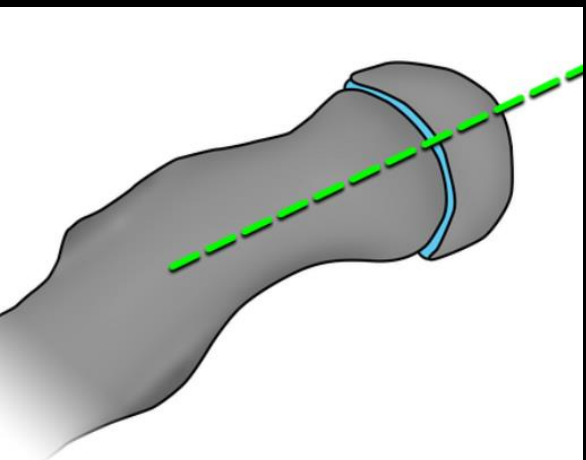


# Hanche

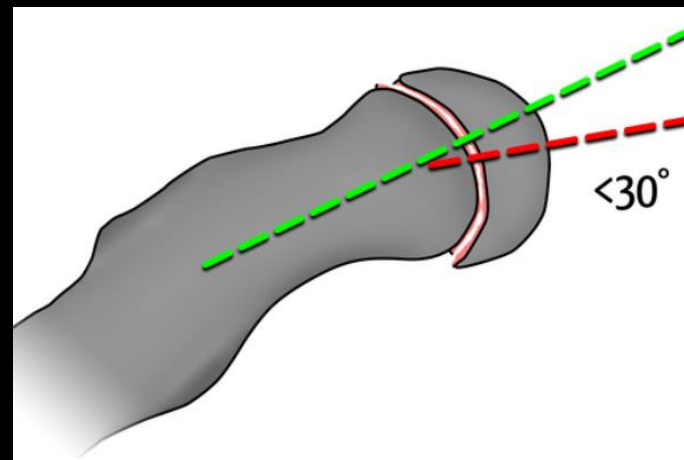
## Epiphysiolyse

### Signes radiologiques

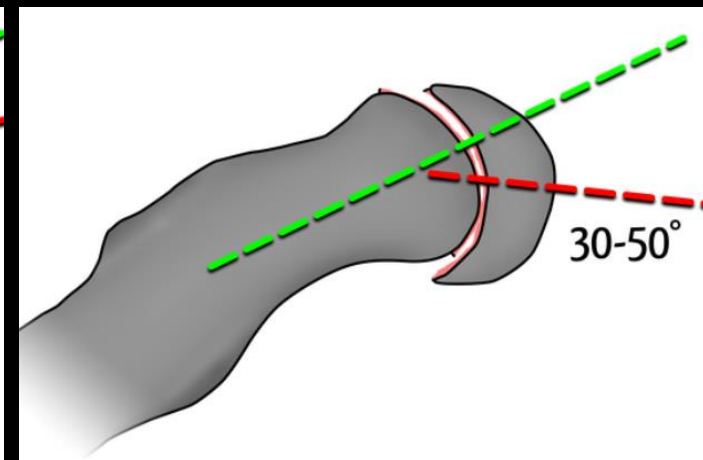
Evaluation de l'angle de Southwick



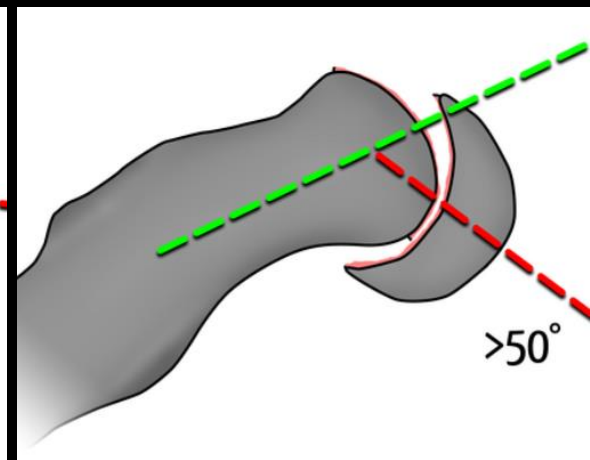
Normal



Grade I



Grade II

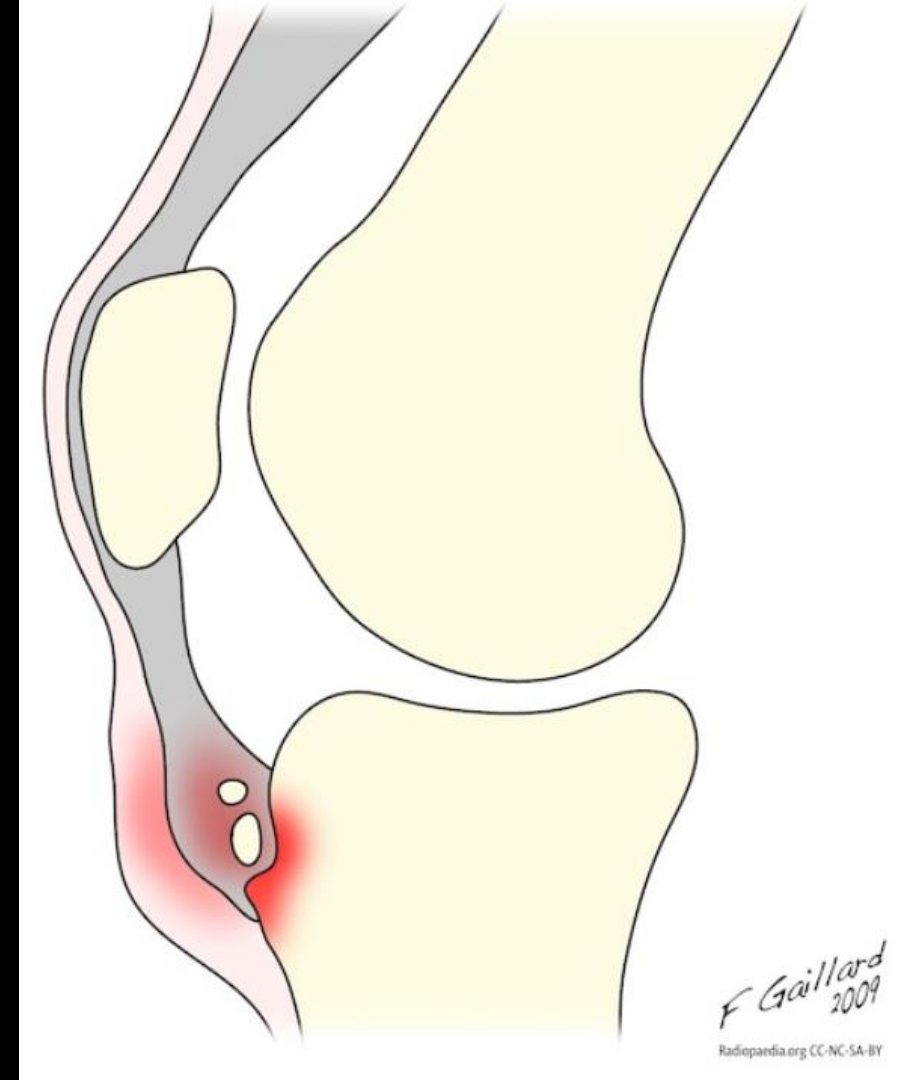


Grade III

# Genou

## Maladie d'Osgood-Schlatter

- Apophysite de la tubérosité tibiale antérieure
- Lésion de fatigue chronique due à des **microtraumatismes répétés** au niveau de l'insertion du tendon patellaire sur la tubérosité tibiale, touchant généralement les **garçons âgés de 10 à 15 ans**
- Observée chez les adolescents actifs, en particulier ceux qui sautent et donnent des coups de pied
- Bilatérale chez 25 à 50 % des patients
- Cliniquement, les patients présentent une **douleur et un gonflement de la tubérosité tibiale exacerbés par l'exercice**



# Genou

## Maladie d'Osgood-Schlatter

### Radiographie conventionnelle

- Le gonflement des tissus mous avec perte des bords tranchants du tendon rotulien est le premier signe de la phase aiguë ; ainsi, une histoire compatible est également essentielle pour établir le diagnostic
- La **fragmentation osseuse au niveau de la tubérosité tibiale** peut être évidente 3 à 4 semaines après le début

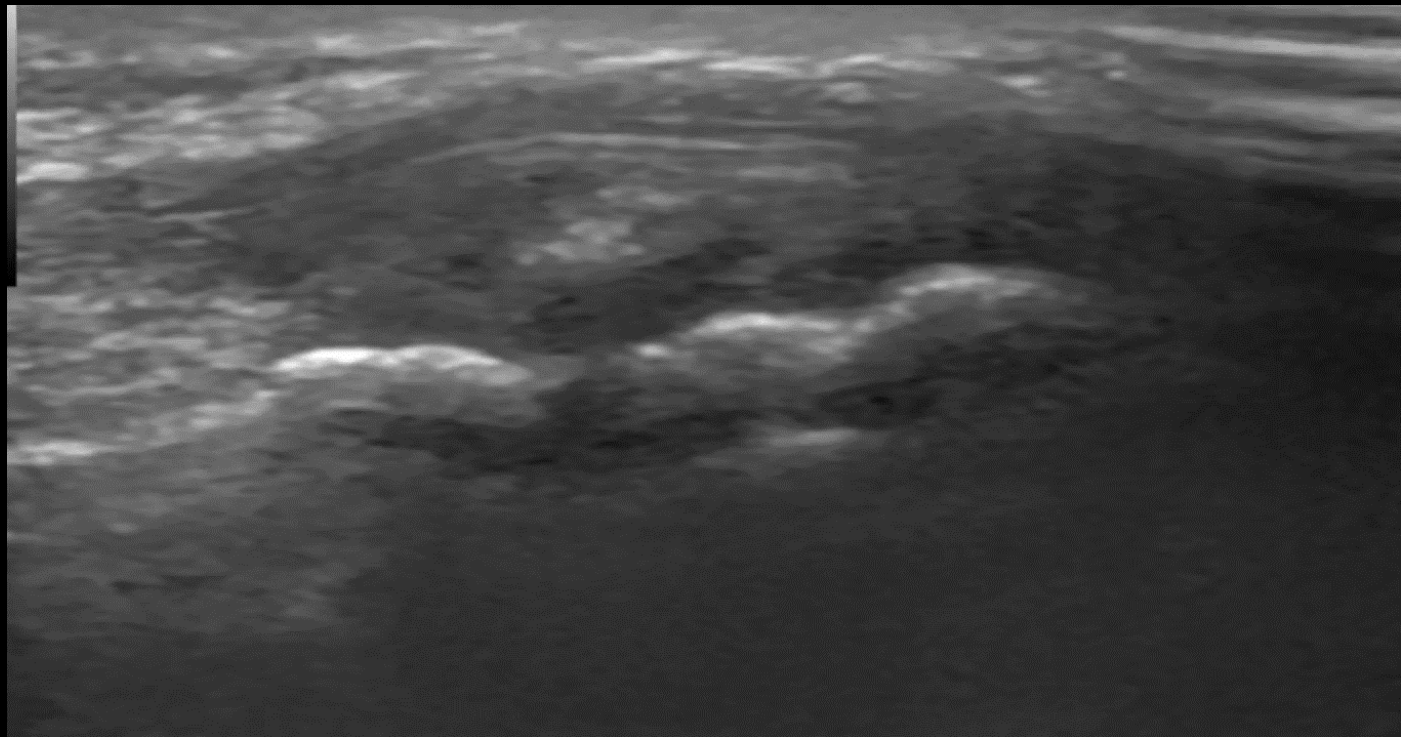
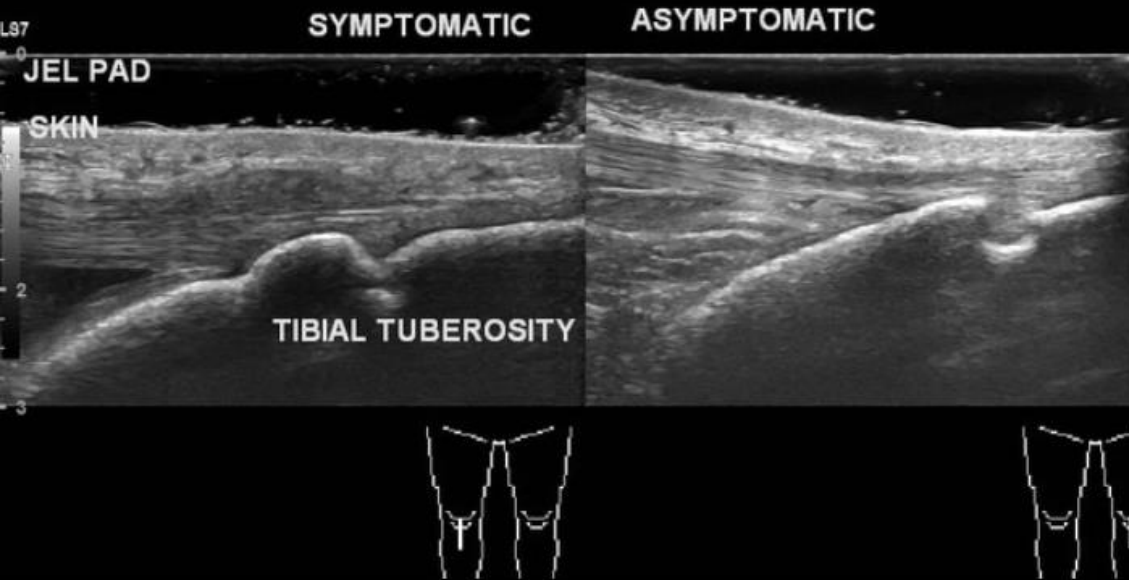


# Genou

## Maladie d'Osgood-Schlatter

### Echographie

- Gonflement du cartilage non ossifié et des tissus mous sus-jacents
- Fragmentation et irrégularité du centre d'ossification avec échogénicité interne réduite
- Epaisseur du tendon rotulien distal
- Bursite infrapatellaire

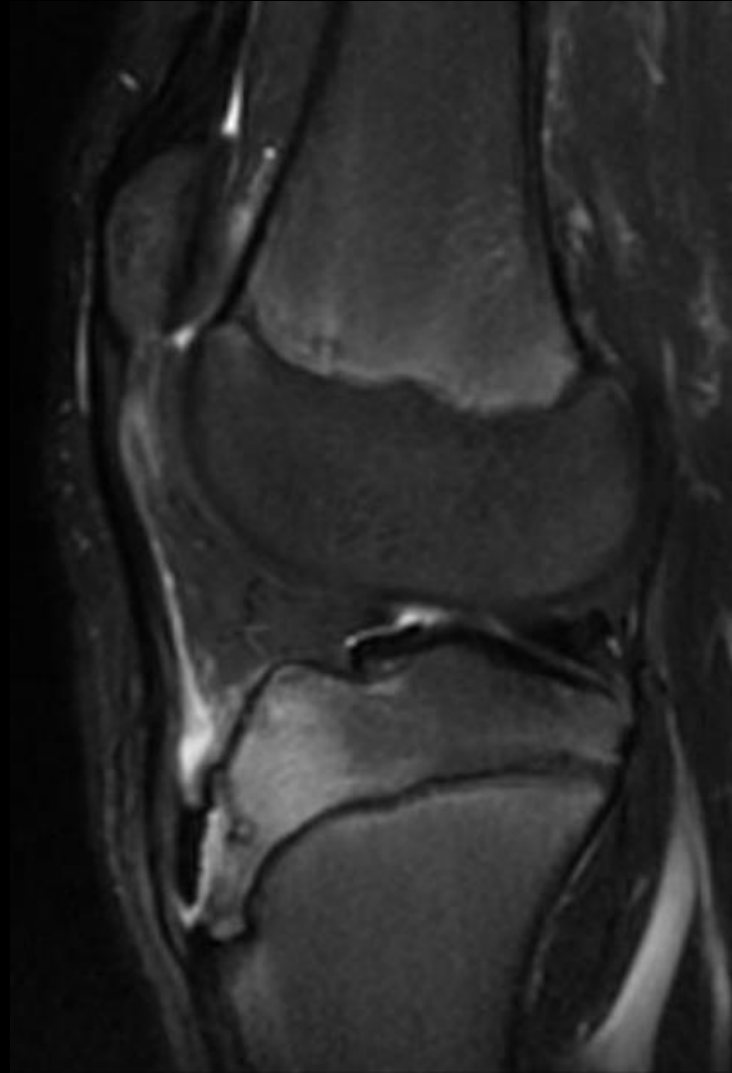
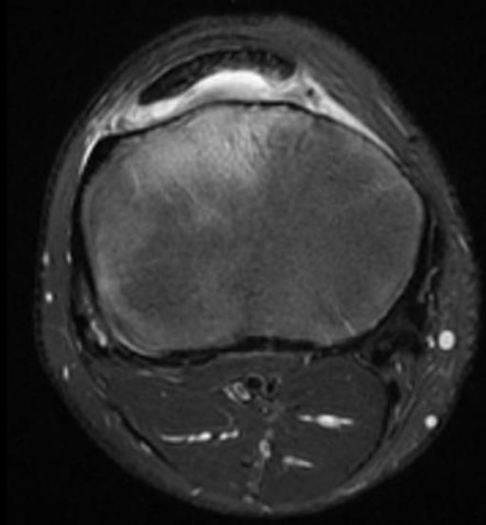


# Genou

## Maladie d'Osgood-Schlatter

IRM

- Gonflement des tissus mous antérieurs à la tubérosité tibiale
- Epaississement et œdème du tendon rotulien distal
- Bursite infrapatellaire
- Œdème médullaire au niveau de la tubérosité tibiale

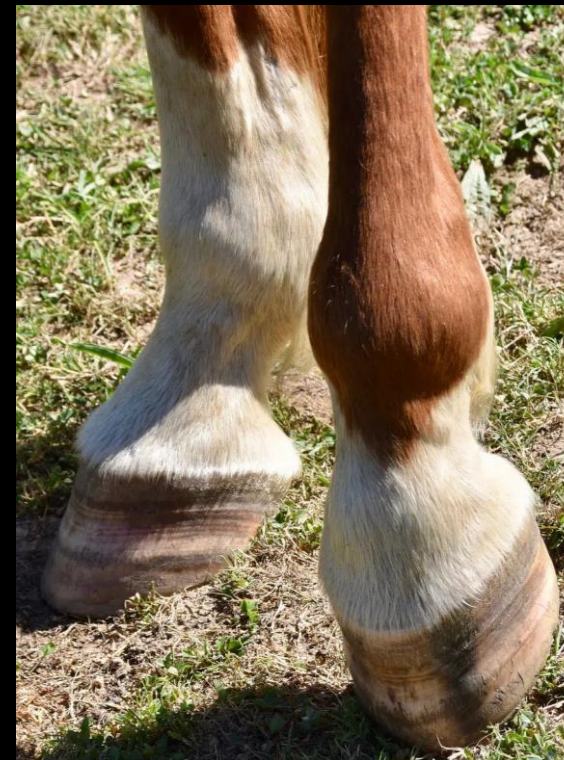
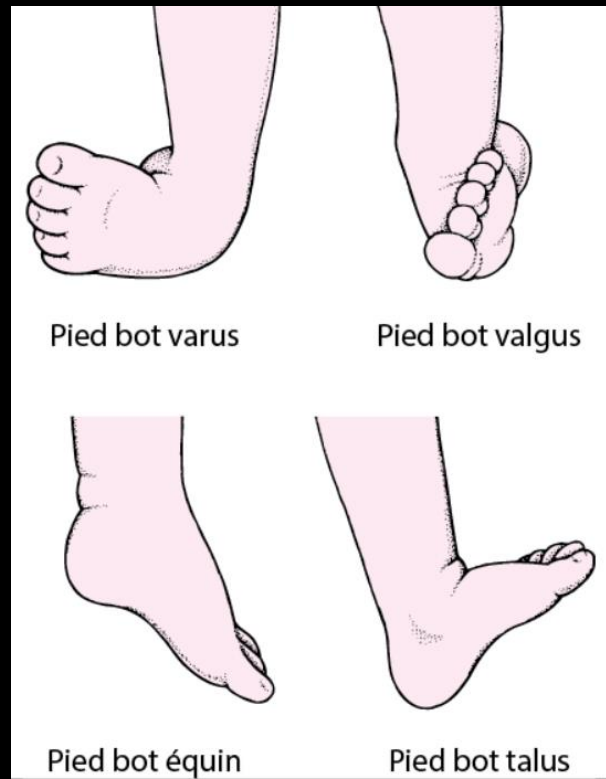


# Déviations des pieds du nourrisson

## Pieds

### Pied bot varus équin

- Le pied forme avec la jambe un angle ouvert en avant avec déficit de flexion dorsale, la plante regarde en arrière :
- De face : superposition talo-calcanéenne : adduction dans le bloc calcanéo-pédieux ou la médiotarsienne (angle calcaneus – 5<sup>ème</sup> métatarsien augmenté)
- De profil : parallélisme talocalcanéen



# Pieds

## Déviations des pieds du nourrisson

### Pied bot varus équin



# Pieds

## Déviations des pieds du nourrisson

### Pied talus congénital

- Forme du pied conservée, excès de dorsi-flexion de la cheville
- Les radiographies sont inutiles
- Elles montreraient une diminution de l'angle talo-tibial ( $< 70^\circ$ )



# Pieds

## Déviations des pieds du nourrisson

### Metatarsus adductus

- Anomalie la plus fréquente : adduction de l'avant-pied par **désaxation au niveau de l'interligne tarso-métatarsienne**
- Les radios sont inutiles, elles montreraient une augmentation de l'angle calcanéo-5<sup>ème</sup> métatarsien avec un angle talocalcanéen normal



# Pieds

## Déviations des pieds du nourrisson

### Pied convexe congénital

- La plante du pied est convexe avec mobilité anormale entre l'avant et l'arrière-pied
- En profil : le talus est vertical
- Incidence de face de la cheville (et non du pied) : l'angle talo-calcanéen est peu modifié



# Pieds

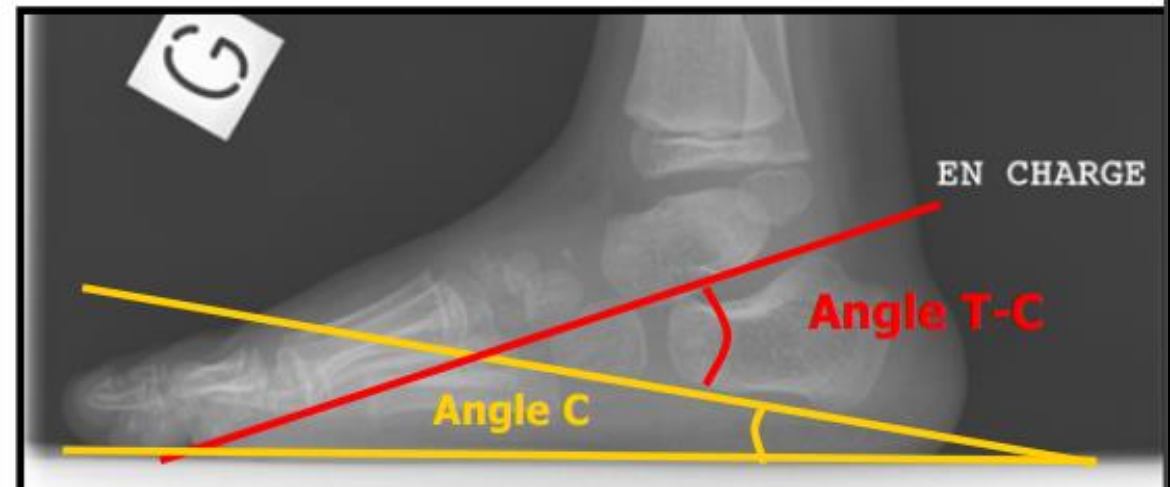
## Déformations de la voûte

### Pied plat

- Le calcaneus est trop horizontal
- Hyperlaxité plantaire, physiologique jusqu'à 3 ans
- Origine neurologique
- Synostose du tarse, pied plat douloureux chez l'enfant vers l'âge de 10 ans; les clichés simples et/ou la TDM montrent un défaut de segmentation : synostose talo-calcanéenne (60% des cas) ou calcanéonaviculaire (30% des cas)



- Chez le jeune enfant :
  - **Mesure de l'angle de l'arche interne sur Rx de pied de profil en charge d'après Rigault :**
    - Angle formé par la tangente au bord inférieur du calcanéum et l'horizontale (angle C)
    - Angle formé par les tangentes au bord inférieur du talus et du calcanéum (angle talo-calcaneen T-C)
  - **Interprétation:**
    - **Normal:**
      - Angle C  $\approx 20^\circ$ , sa diminution reflète l'effondrement de l'arche plantaire
      - Angle T-C  $\approx 45^\circ$
    - **Pied plat:**
      - Angle C diminué
      - Avec ou sans  $\uparrow$  de l'angle T-C



- Chez le grand enfant :
  - Mesure de l'angle de l'arche interne sur Rx de pied de profil en charge par l'angle de Djian formé par les lignes passant par:
    - Le point d'appui du sésamoïde medial du 1er rayon
    - Le point le plus bas de l'interligne talo-naviculaire
    - Le point d'appui le plus déclive du calcanéum
  - Interprétation:
    - Normal:  $125^{\circ}$  (116-136)
    - Pied plat si  $\hat{a} > 136^{\circ}$
    - Pied creux si  $\hat{a} < 115^{\circ}$



# Pieds

- Le calcanéus est trop oblique en avant et en haut
- Associé au varus et valgus
- Maladie neuromusculaire, dysraphisme occulte
- Décubitus prolongé
- Traumatisme local

## Déformations de la voûte

### Pied creux



# Maladie osseuse constitutionnelle

- La **circonstance clinique de découverte** d'une maladie osseuse constitutionnelle est variable :
  - Le plus souvent, une **anomalie de croissance**, que le diagnostic ait été fait en anténatal ou plus tard, que cette anomalie de croissance soit globale ou porte simplement sur un segment, ou que l'on observe une asymétrie de longueur des membres inférieurs
  - Un **syndrome dysmorphique** plus ou moins associé à un **retard psychomoteur**
  - Une **anomalie de la transparence osseuse par excès ou par défaut**
- Quelques soient ces circonstances, le **diagnostic** repose sur l'examen radiologique conventionnel et va s'appuyer sur l'étude des paramètres suivants :
  - Les proportions du corps
  - La taille et la forme de chaque os
  - La densité et la structure de l'os
  - La topographie des lésions
  - L'âge de survenue et de disparition des différents symptômes
  - Les signes associés, cliniques ou paracliniques
- Il existe une **nomenclature internationale de ces MOC**; on distingue ainsi 5 grands groupes :
  - **Ostéochondrodysplasies** avec anomalies du cartilage et/ou de la croissance et du développement de l'os
  - **Dysostoses** caractérisées par des malformations particulières de certains os, isolées ou en association
  - **Ostéolyses idiopathiques**
  - **Aberrations chromosomiques**
  - **Maladies osseuses métaboliques primitives**

# Maladie osseuse constitutionnelle

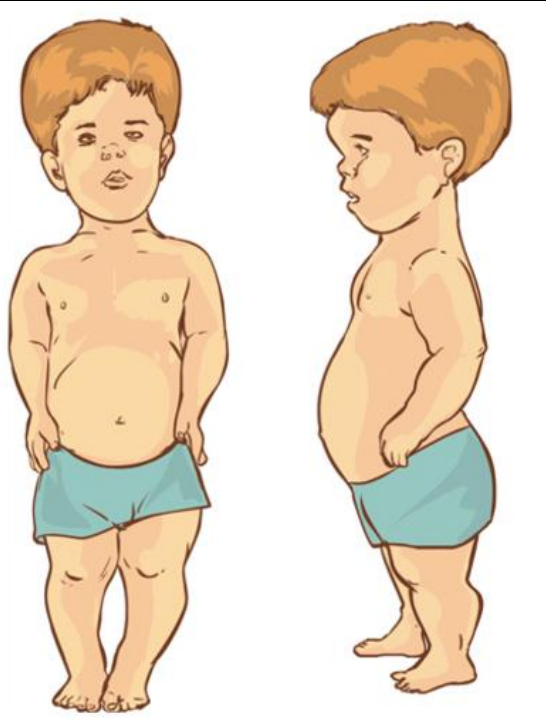
## Achondroplasie

- L'achondroplasie est une **maladie génétique congénitale** entraînant un **nanisme rhizomélique** et constitue la **dysplasie squelettique la plus courante**
- Elle survient en raison de **mutations sporadiques dans la majorité des cas**, mais peut être héritée sous forme de maladie autosomique dominante. L'achondroplasie homozygote est mortelle
- La maladie résulte d'une mutation du gène 3 du facteur de croissance des fibroblastes (FGFR3) situé sur le chromosome 4p16.3 qui provoque une **formation anormale du cartilage**
- Il existe une prévalence d'environ **1 naissance sur 25 000 à 50 000**, les hommes étant plus fréquemment touchés que les femmes
- L'achondroplasie est la **cause la plus fréquente de nanisme des membres courts**. Les patients ont une intelligence et une fonction motrice normales, présentant des étapes motrices retardées. Ils peuvent présenter des déficits neurologiques spécifiques. La sténose du foramen magnum peut, par exemple, se manifester par des difficultés à avaler ou à ronfler

# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

- Presque tous les os du squelette sont touchés et, par conséquent, toutes les parties du corps présentent des modifications osseuses accompagnées de modifications secondaires des tissus mous
- Au cours de la période prénatale, il est difficile de diagnostiquer des caractéristiques achondroplasiques avant le 3<sup>e</sup> trimestre

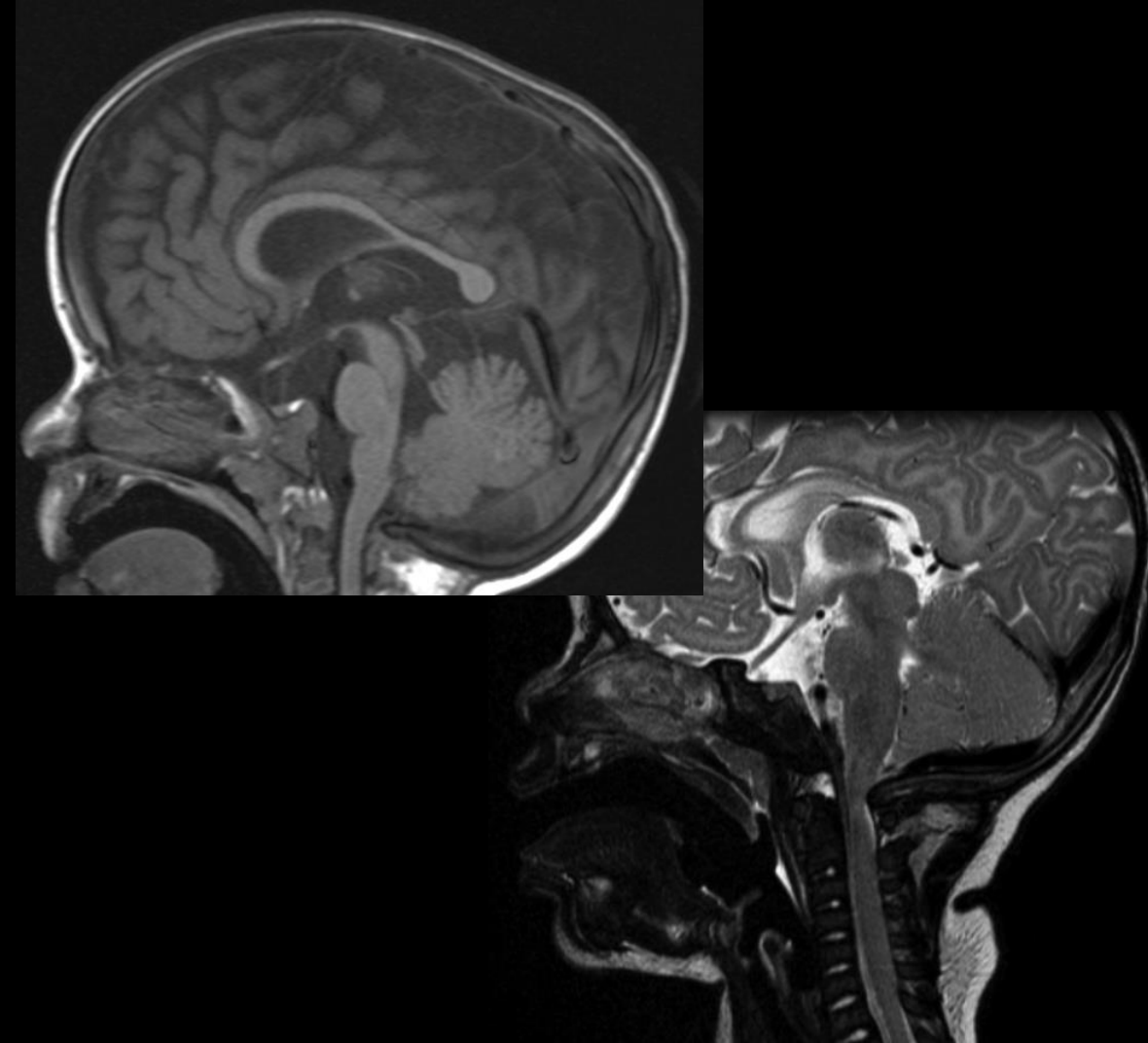


# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

### Atteinte crânienne

- Voûte crânienne relativement grande avec une petite base du crâne
- Bosses frontales avec arête nasale déprimée
- Foramen magnum rétréci
- Élévation relative du tronc cérébral entraînant une grande citerne suprasellaire et un sinus droit orienté verticalement
- Hydrocéphalie communicante (due à une obstruction veineuse au niveau du sinus sigmoïde)
- Grande fontanelle antérieure chez la petite enfance ; peut persister jusqu'à 5 ou 6 ans



# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

### Atteinte rachidienne

- Festonnement postérieur des corps vertébraux
- Diminution progressive de la distance interpédiculaire au niveau du rachis lombaire : la diminution de L5-S1 est pathognomonique
- Cyphose thoraco-lombaire
- Elargissement des disques intervertébraux
- Angle accru entre le sacrum et la colonne lombaire

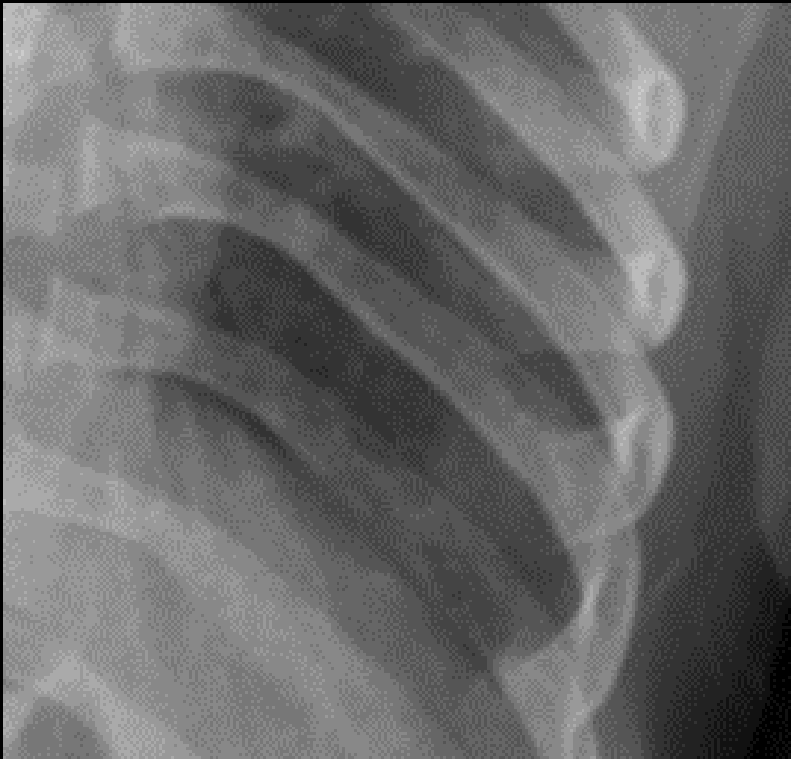


# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

### Atteinte thoracique

- Evasement antérieur des côtes
- Rétrécissement antéropostérieur des côtes

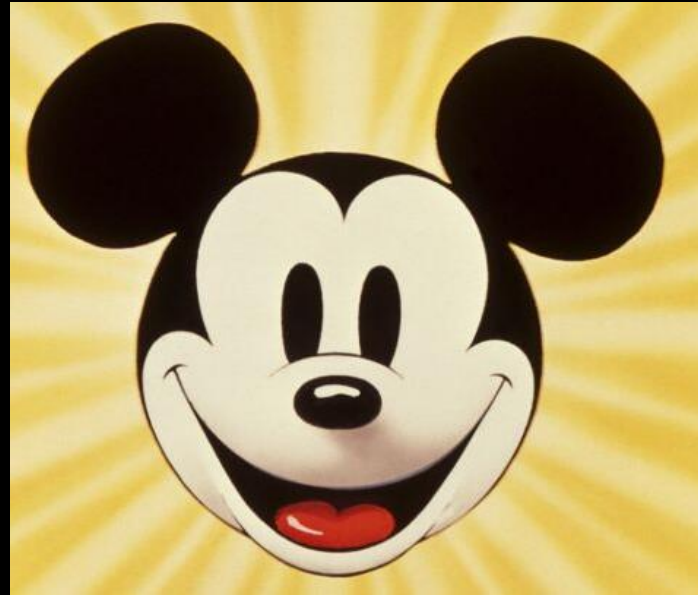


# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

### Atteinte du bassin et des hanches

- Toit acétabulaire horizontal ( angle acétabulaire diminué )
- Petites ailes iliaques carrées ( pierre tombale ou oreille de Mickey Mouse)
- Courtes encoches sacro-iliaques



# Maladie osseuse constitutionnelle

## Achondroplasie

### Atteinte des membres

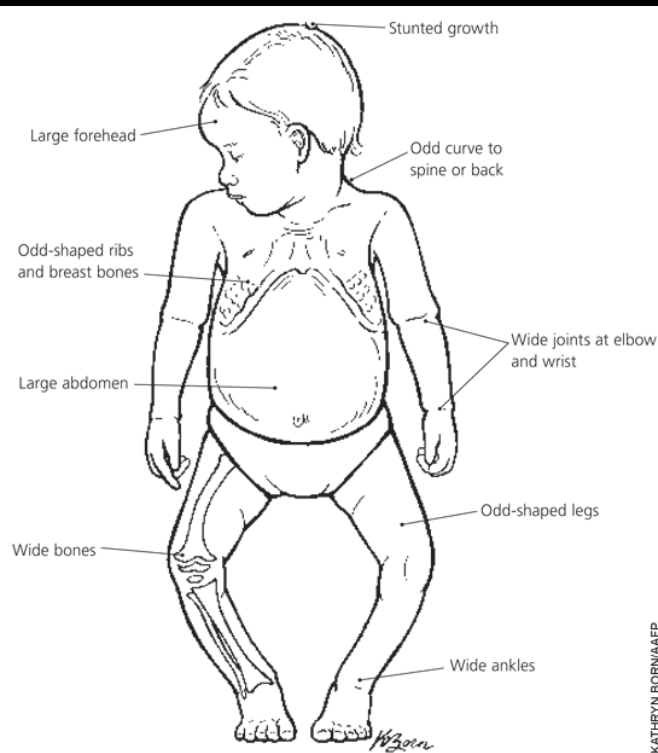
- **Evasement métaphysaire** : peut donner un aspect de type os en trompette
- **Les fémurs et les humérus sont particulièrement raccourcis** (raccourcissement rhizomélique )
- Les membres peuvent également **paraître épaissis** mais sont en fait normaux dans l'absolu ; l'épaississement est perçu en raison d'une longueur réduite
- **Les os métacarpiens et métatarsiens, et dans certains cas les phalanges proximales, sont courts et de longueur similaire**



# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

- Troubles du métabolisme phosphocalcique, par carence ou inefficacité de la vitamine D, retentissant sur le développement et la minéralisation de l'os dans les zones de croissance les plus actives :
  - La prédominance topographique des signes radiologiques varie en fonction de l'âge
  - Les signes radiologiques associent ostéomalacie, déminéralisation, anomalies métaphysaires et troubles du modelage



# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

### Formes cliniques

- **Avant l'âge de 3 mois :**
  - Rachitisme carenciel par prématurité ou carence maternelle (multiparité)
  - Rachitisme lié à une hypophosphatasie
- **Entre l'âge de 3 et 18 mois :**
  - Rachitisme commun carenciel, forme la plus fréquente de la maladie autrefois, est devenue rare du fait de la prévention
- **Au-delà de l'âge de 2 ans :**
  - Rachitisme carenciel possible (encéphalopathe ou infirme moteur)
  - Rachitisme vitaminorésistant plus fréquent :
    - Secondaire à une maladie chronique d'un organe intervenant dans le métabolisme de la vitamine D (intestin, foie, reins)
    - Idiopathique, plus rare : hypophosphatasie, rachitisme hypophosphatémique et pseudo-carenciel

# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

### Aspects radiologiques

- **Avant l'âge de 6 mois** : modes de révélation : pneumopathie et convulsion sans fièvre
- **Crâne** :
  - Aplatissement postural de la voûte dû à l'ostéomalacie
  - Déminéralisation intense avec voûte et massif facial transparents, contrastant avec les zones à charge minérale invariable (bourgeons dentaires et rochers), réalisant la classique image de « dents suspendues »
  - Élargissement des sutures et des synchondroses
- **Thorax** :
  - Scapulas transparentes, presque invisibles
  - Aspect large des extrémités antérieures des côtes
  - Anomalies parenchymateuses dues aux pneumopathies fréquentes
- **Poignet** :
  - Retard d'apparition des noyaux du carpe
  - Déformations métaphysaires discrètes ou absentes



# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

### Aspects radiologiques

- **Avant l'âge de 6 mois** : modes de révélation : pneumopathie et convulsion sans fièvre
- **Crâne** :
  - Aplatissement postural de la voûte dû à l'ostéomalacie
  - Déminéralisation intense avec voûte et massif facial transparents, contrastant avec les zones à charge minérale invariable (bourgeons dentaires et rochers), réalisant la classique image de « dents suspendues »
  - Élargissement des sutures et des synchondroses
- **Thorax** :
  - Scapulas transparentes, presque invisibles
  - Aspect large des extrémités antérieures des côtes
  - Anomalies parenchymateuses dues aux pneumopathies fréquentes
- **Poignet** :
  - Retard d'apparition des noyaux du carpe
  - Déformations métaphysaires discrètes ou absentes



# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

### Aspects radiologiques

- **Au-delà de l'âge de 6 mois** – Les anomalies radiologiques prédominent sur les métaphyses des poignets et des genoux
- Élargissement en cupule de la métaphyse avec aspect crénelé et mal défini de la bordure
- Augmentation de la distance entre la bordure métaphysaire et le noyau épiphysaire
- **Diaphyses :**
  - Corticales fibrillaires et mauvaises différenciation cortico-médullaire
  - Fracture et décollements périostés possibles dans les formes graves
  - Déformations lors de l'acquisition de la station debout : coxa vara, genu valgum ou varum, arcuature des membres inférieurs...
- **Crâne :**
  - Outre les signes précédents, retard de fermetures des fontanelles

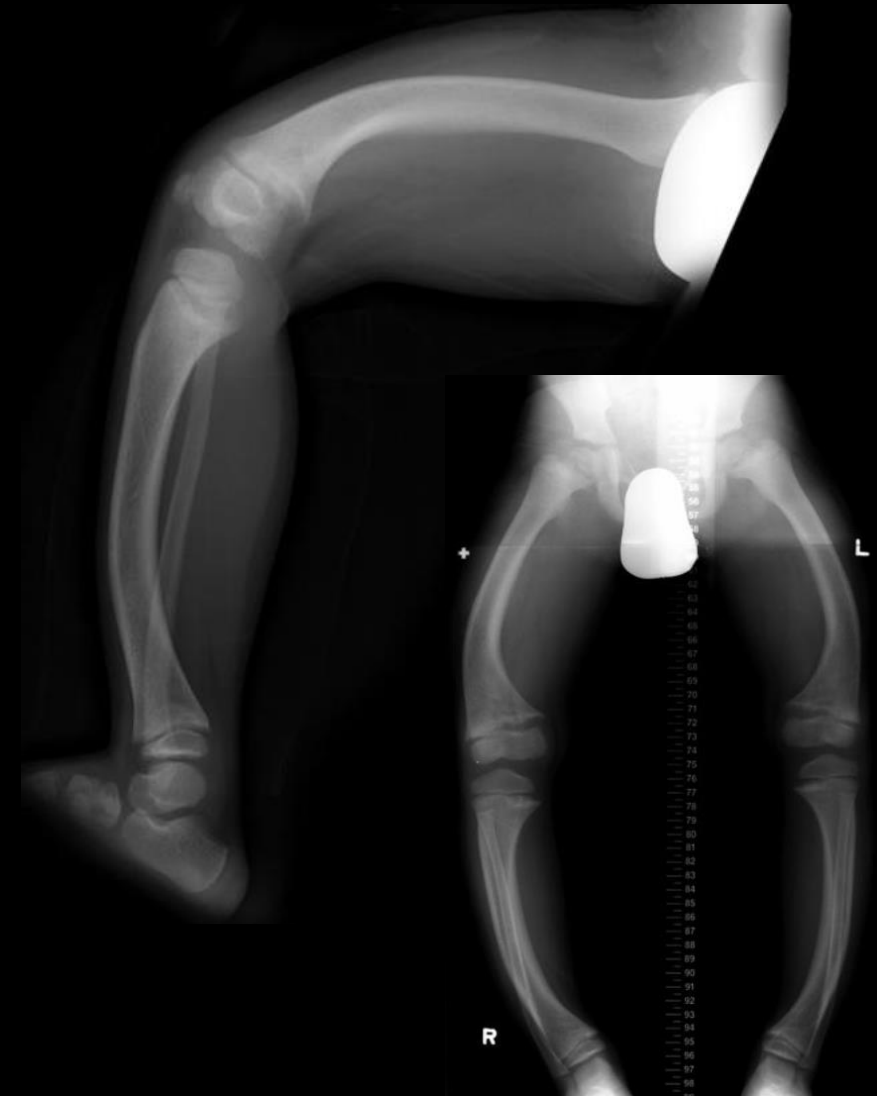


# Maladie osseuse métabolique

## Rachitisme

### Aspects radiologiques

- **Au-delà de l'âge de 6 mois** – Les anomalies radiologiques prédominent sur les métaphyses des poignets et des genoux
- Élargissement en cupule de la métaphyse avec aspect crénelé et mal défini de la bordure
- Augmentation de la distance entre la bordure métaphysaire et le noyau épiphysaire
- **Diaphyses :**
  - Corticales fibrillaires et mauvaises différenciation cortico-médullaire
  - Fracture et décollements périostés possibles dans les formes graves
  - Déformations lors de l'acquisition de la station debout : coxa vara, genu valgum ou varum, arcuature des membres inférieurs...
- **Crâne :**
  - Outre les signes précédents, retard de fermetures des fontanelles



# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

- Longtemps considéré comme une maladie du passé, le scorbut refait surface en France chez l'enfant, révélant des fragilités nutritionnelles contemporaines.
- Cette recrudescence, documentée par une récente étude nationale, rappelle que les carences sévères persistent dans nos sociétés et peuvent se manifester par des signes radiologiques évocateurs.
- Dans ce contexte, l'imagerie joue un rôle clé de sentinelle diagnostique, permettant d'identifier précocement une pathologie ancienne redevenue d'actualité.

# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

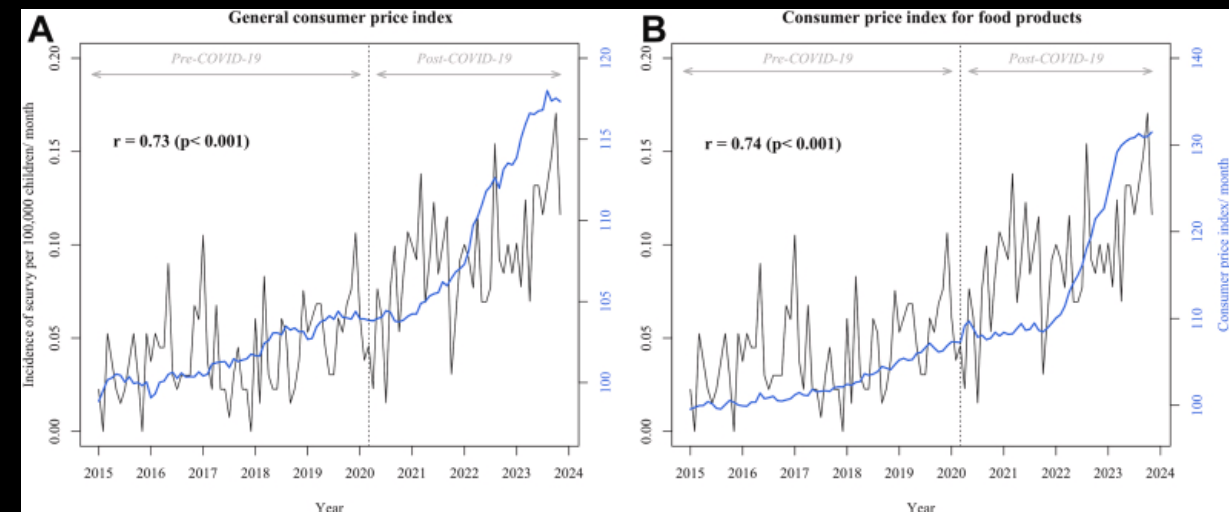
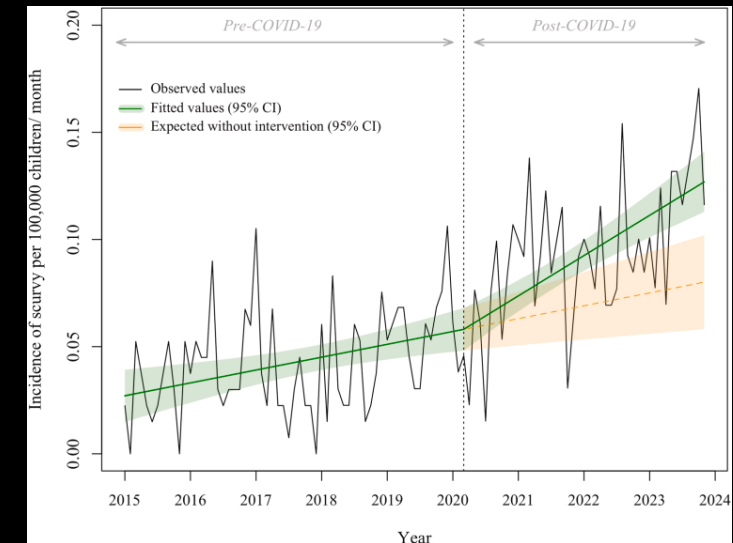
### Epidémiologie

#### Scurvy incidence trend among children hospitalised in France, 2015–2023: a population-based interrupted time-series analysis

Zein Assad,<sup>a,b,c,i</sup> Maëlle Trad,<sup>a,j</sup> Zaba Valtuille,<sup>d</sup> Cécile Dumaine,<sup>a</sup> Albert Faye,<sup>a,e</sup> Tania Ikowsky,<sup>a</sup> Florentia Kaguelidou,<sup>d,f</sup> Lindsay Osei,<sup>b,g</sup> Naim Ouldali,<sup>a,c</sup> and Ulrich Meinzer<sup>a,h,\*</sup>

Lancet Reg Santé Eur. 6 décembre 2024 ;49:101159. doi : 10.1016/j.lanepe.2024.101159

- Cette étude nationale publiée dans The Lancet Regional Health – Europe révèle une augmentation de 34,5 % de l'incidence du scorbut et de la malnutrition chez l'enfant pour la période suivant la pandémie de COVID-19.
- Les auteurs corrèlent cette recrudescence, témoignant de disparités nutritionnelles et socio-économiques, à la hausse de l'indice des prix à la consommation.
- 888 enfants ont été hospitalisé en France pour scorbut entre 2015 et 2023, avec un âge médian de 11 ans.

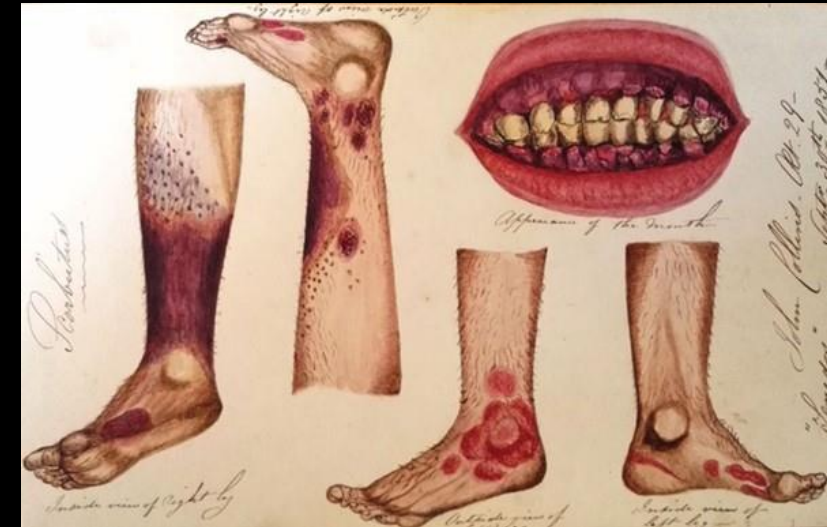


# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

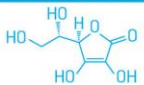
### Aspect clinique

- Le scorbut est lié à une carence en vitamine C (ascorbique)
- Cette maladie est devenue exceptionnelle et survient chez des enfants qui sont nourris exclusivement avec du lait bouilli ou pasteurisé sans apport de jus d'orange ou d'autre forme de vitamine C dans leur alimentation
- Les signes en général n'apparaissent qu'après 6 mois car les réserves d'origine maternelle sont maintenues jusque-là
- L'atteinte de la plaque de croissance s'accompagne d'une fragilité hémorragique des extrémités osseuses
- Le scorbut ou maladie de Barlow peut donner chez l'enfant des douleurs articulaires ou osseuses, une asthénie, des œdèmes des membres inférieurs, des ecchymoses et des gingivorragies ; parfois, une véritable immobilité d'un membre liée à une fracture méconnue



Une maladie due à une carence en vitamine C

#### UNE VITAMINE INDISPENSABLE



La vitamine C, ou **acide ascorbique**, maintient la **cohésion des tissus** dans l'organisme.

Sans elle, les tissus sont fragilisés, ce qui entraîne des problèmes de cicatrisation et des hémorragies.



Le corps humain ne **pouvant pas produire lui-même** de vitamine C, la seule manière d'en obtenir passe par la **consommation d'aliments qui en contiennent**.

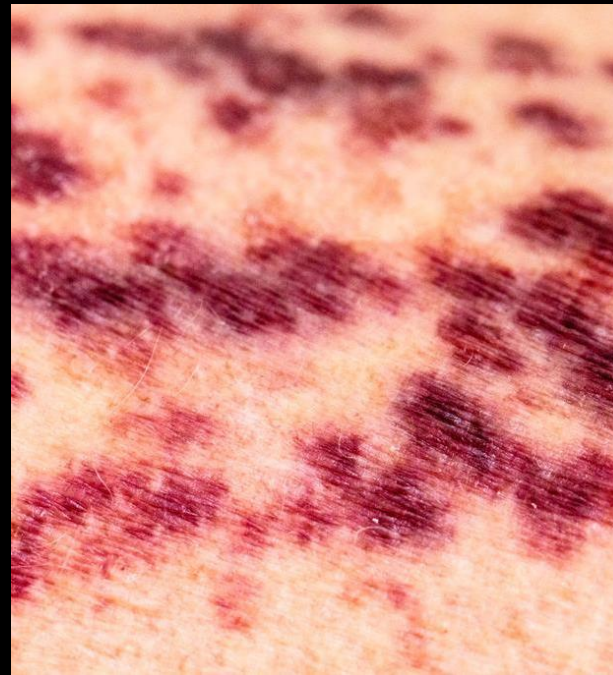


#### COMMENT SOIGNE-T-ON LE SCORBUT ?

Si un **traitement médical** à base de **vitamine C** fait disparaître le syndrome, le meilleur moyen de prévention reste une **alimentation saine**.

#### LES PRINCIPAUX SYMPTÔMES

- Déchaussement des dents
- Hémorragies des gencives
- Douleurs articulaires
- Fatigue
- Perte de cheveux



# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

### Physiopathologie

- Contrairement à la plupart des autres animaux, les humains ne peuvent pas produire leur propre vitamine C
- La vitamine C est synthétisée par presque tous les vertébrés à partir du D-glucose. Plus précisément, l'humain ne possède pas l'enzyme gulonolactone oxydase (GULO), responsable de la transformation de la L-gulonactone (dérivé du D-glucose) en 2-céto-L-gulonelactone. Ce sera ce dernier métabolite qui sera finalement converti en L-ascorbate
- Le manque de vitamine C alimentaire (acide ascorbique) peut être lié à une consommation alimentaire insuffisante, à la destruction de la vitamine C dans les aliments causée par la cuisson et la mise en conserve, ou à l'absence de fruits frais dans l'alimentation
- La vitamine C est essentielle à la synthèse du collagène, agissant comme une coenzyme pour produire la réticulation des fibres de collagène. Une réticulation défectueuse du collagène compromet l'intégrité de la peau, des articulations, des os et des vasculaires

# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

### Aspects radiologiques

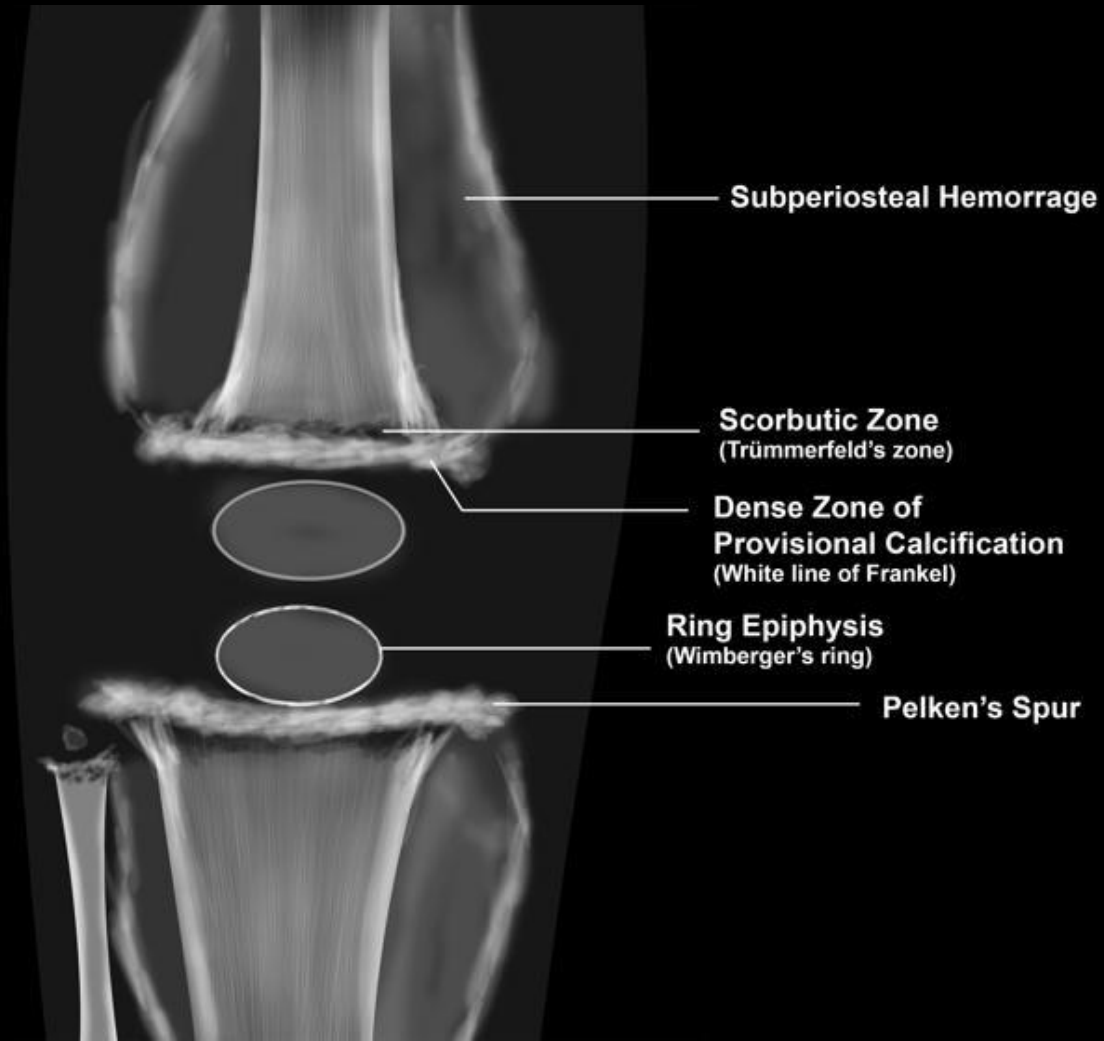
- Pour les radiologues, cette recrudescence impose une vigilance accrue.
- Le scorbut présente des signes osseux caractéristiques à l'imagerie : hématome sous-périosté, zone scorbutique radioclaire métaphysaire cotoyant une zone dense métaphysaire, éperon métaphysaire, fente latérale métaphysaire, anneau épiphysaire, hémarthrose... Souvent confondus avec des signes d'hémopathie ou de traumatismes non accidentels, pensons à évoquer le diagnostic de scorbut devant ces signes radiologiques, dans un contexte de douleurs osseuses, boiterie, anémie, pétéchies, ecchymose.

# Maladie osseuse métabolique

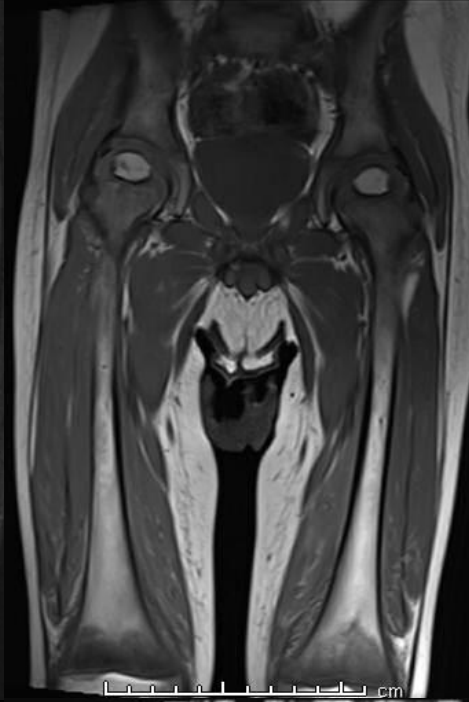
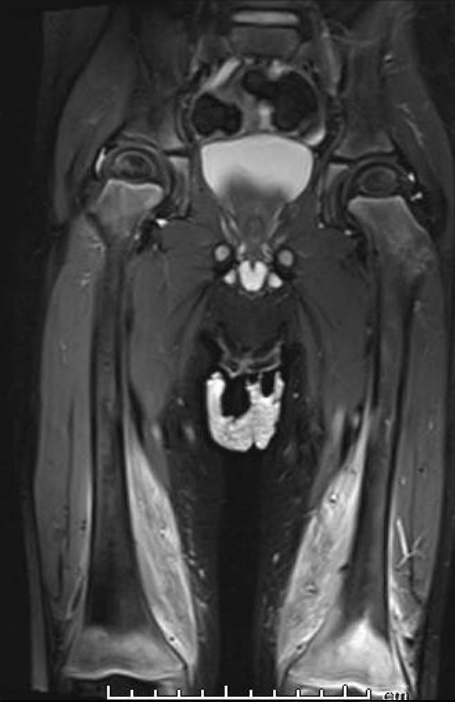
## Scorbut

### Aspects radiologiques

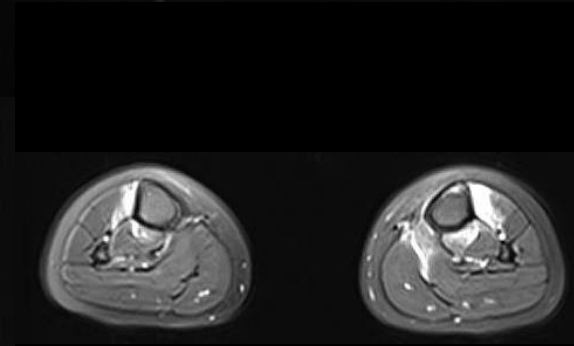
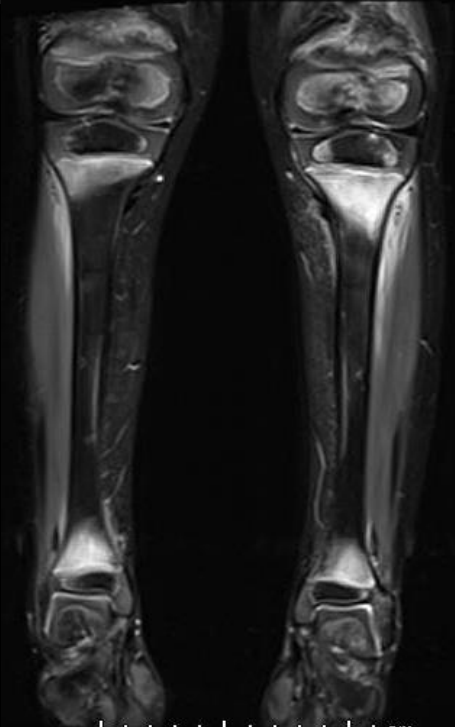
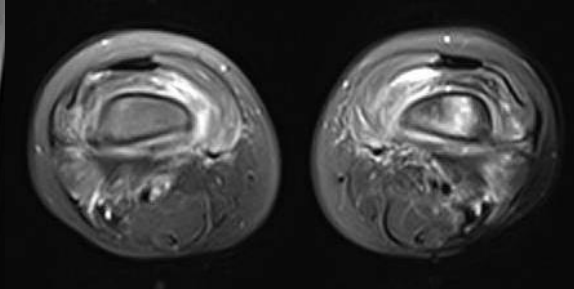
- Radiologiquement la déminéralisation est diffuse et les métaphyses sont élargies
- Amincissement cortical
- Réaction périostée en lien avec des hématomes sous-périostés
- Hémarthrose
- Signe annulaire de Wimberger : liseré radiodense circulaire entourant les centres d'ossification épiphysaires
- Ligne de Frankel : zone dense de calcification provisoire
- Zone de Trummerfeld : bande radioclaire sous la ligne de Frankel (« zone scorbutique »)
- Eperon de Pelkan : éperons métaphysaires dus à la cicatrisation de microfractures

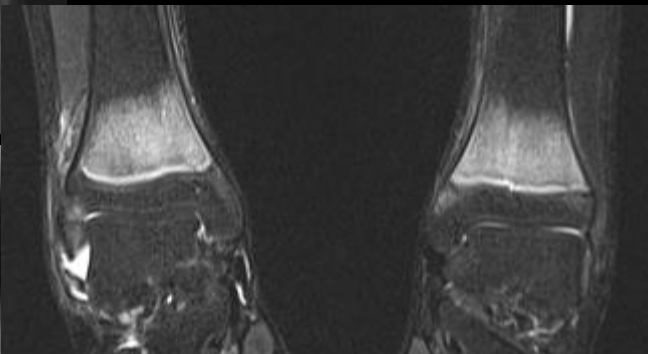
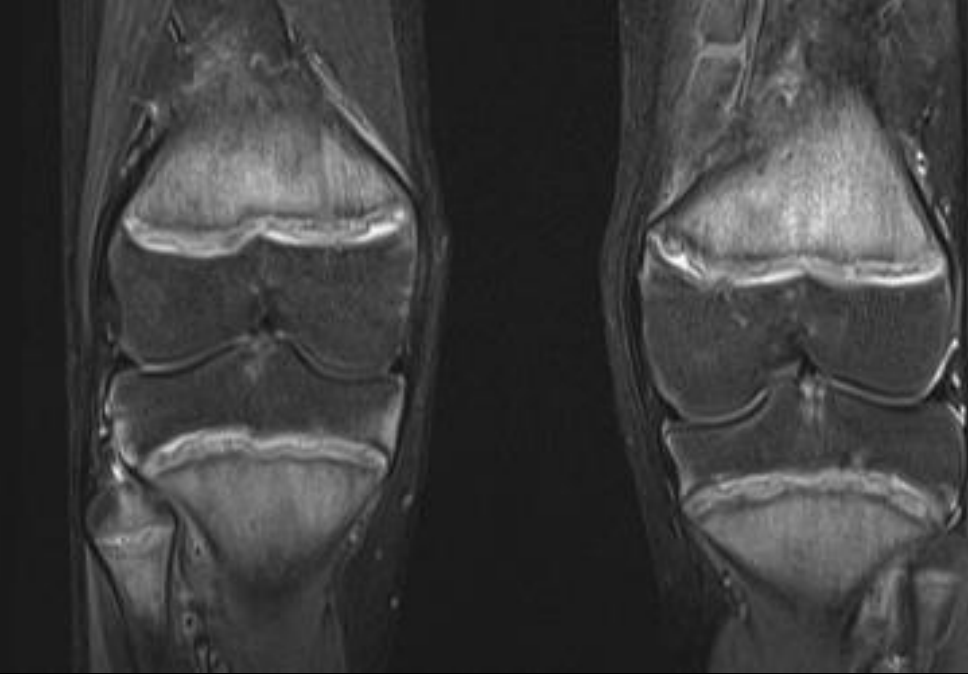






ues





Aspe



# Maladie osseuse métabolique

## Scorbut

### Diagnostic et traitement

- Le diagnostic de scorbut va être posé sur le dosage de l'acide ascorbique mais des pièges sont à connaître :
  - la fréquence des carences multiples : peuvent s'associer un rachitisme et d'autres signes de dénutrition ;
  - la possibilité d'observer chez le même enfant une carence en vitamine C et une éventuelle maltraitance ;
  - une carence en cuivre peut donner un tableau radiologique proche.
- Le traitement consiste en l'administration de vitamine C qui fait régresser les signes cliniques en moins de 2 semaines et les signes radiologiques en quelques semaines. Les noyaux épiphysaires paraissent de plus en plus cerclés et les bandes denses métaphysaires migrent vers la diaphyse

# Maladie osseuse métabolique

## Hypothyroïdie

- Le pronostic de l'hypothyroïdie a été transformé par le dépistage systématique actuel (2/1000 naissances)
- Les signes d'appel en sont : grossesse prolongée, détresse respiratoire néonatale, hypothermie, hypotonie, retard à l'élimination du méconium, ictère néonatal prolongé



*Cretinisme aus Steyermark!*



# Maladie osseuse métabolique

## Hypothyroïdie

### Signes radiologiques

- **A la naissance :**
  - Retard net de maturation osseuse
  - Corps vertébraux de la charnière thoracolombaire ovales avec encoches vasculaire antérieure très développée
  - Aspect irrégulier des noyaux épiphysaires et des os ronds présents
  - L'échographie cervicale permet de différencier les enfants ayant une thyroïde en place (anomalie métabolique) de ceux ayant une loge vide (recherche de structure thyroïdienne par scintigraphie)
- **Ultérieurement :**
  - Aspect fragmenté, mûriforme des épiphyses et des os ronds
  - Augmentation diffuse de la densité osseuse
  - Sutures et fontanelles larges, multiples os wormiens
  - Retard d'apparition des sinus paranasaux et des mastoïdes
- Sous traitement, la maturation osseuse se normalise
- La surveillance repose sur les dosages biologiques et l'évaluation radiologique périodique de la maturation osseuse



# Maladie osseuse métabolique

## Hypothyroïdie

### Signes radiologiques

- A la naissance :
  - Retard net de maturation osseuse
  - Corps vertébraux de la charnière thoracolombaire ovales avec encoches vasculaire antérieure très développée
  - Aspect irrégulier des noyaux épiphysaires et des os ronds présents
  - L'échographie cervicale permet de différencier les enfants ayant une thyroïde en place (anomalie métabolique) de ceux ayant une loge vide (recherche de structure thyroïdienne par scintigraphie)
- **Ultérieurement :**
  - Aspect fragmenté, mûriforme des épiphyses et des os ronds
  - Augmentation diffuse de la densité osseuse
  - Sutures et fontanelles larges, multiples os wormiens
  - Retard d'apparition des sinus paranasaux et des mastoïdes
- **Sous traitement, la maturation osseuse se normalise**
- La surveillance repose sur les dosages biologiques et l'évaluation radiologique périodique de la maturation osseuse



## MANIPULATEUR(TRICE)S EN ELECTORADIOLOGIE MÉDICALE

Rejoignez une équipe jeune et dynamique et travaillez sur un **plateau médico-technique moderne et innovant** assurant une **activité pluridisciplinaire complète** (neurologique, ORL, cardio-thoracique, uro-digestive, oncologique, ostéo-articulaire, imagerie de la femme...) :

### Notre plateau médico-technique comprend :

- Radiologie conventionnelle (4 Tables Télécommandées ; 1 salle SAU, 3 appareils mobiles), Conebeam, Ostéodensitomètre.
- Activité interventionnelle (Radiologie et scanner)
- Mammographie
- 5 échographes (protocole de coopération MERM)
- 2 scanners (General Electric) ; installation d'un 3e scanner (au sein du SAU courant 2025).
- 2 IRMs (1,5T Sola Siemens – 3T Skyra Siemens)

### Nous rejoindre en tant que MERM c'est :

- Travailler dans un hôpital récent, à proximité immédiate de la ville de Metz, dont l'accès est facilité (axe autoroutier et transport en commun (Mettis),
- Disposer d'un plateau technique performant dont le choix de renouvellement des équipements prends en compte l'avis de l'équipe MERM,
- Travailler au sein d'une équipe soudée et dynamique
- Techniquer des examens variés et prendre en charge des pathologies extrêmement diverses, conférant un intérêt intellectuel indéniable aux postes occupés dans le service.
- Avoir la possibilité d'évoluer tout au long de sa carrière.
- Une montée en compétence assurée grâce à des opportunités régulières de formation continue et de promotion professionnelle.

**Le service est moteur dans de nombreux projets : éco-responsabilité, amélioration de la prise en charge pédiatrique, certification Norme ISO 99-300.**



### VOS AVANTAGES EN DÉTAIL :

- Stagiairisation en 3 mois
- 13 mois de salaire
- Prime Buzyn à 100 % : Montant de 118 € net.
- Gardes dimanches / jours fériés : payées en heures supplémentaires majorées
- Mission Hublo : remplacement avec rémunération.
- CGOS : Bénéficiez de prestations sociales et autres avantages.

### REJOIGNEZ NOTRE ÉQUIPE !



**Dr Rémi DUPRES (Chef de Service) :**  
remi.dupres@chr-metz-thionville.fr

**M. Yves SOULATGES (Cadre de pôle) :**  
yves.soulatges@chr-metz-thionville.fr





Le CHR de THIONVILLE recrute !

## MANIPULATEUR(TRICE)S EN ELECTORADIOLOGIE MÉDICALE

Rejoignez une équipe jeune et dynamique et travaillez sur un **plateau médico-technique moderne et innovant** assurant une **activité pluridisciplinaire complète** (neurologique, ORL, cardio-thoracique, uro-digestive, oncologique, ostéo-articulaire, imagerie de la femme...) :

### Notre plateau médico-technique comprend :

- Radiologie conventionnelle (4 salles de standard, 1OPT/Cone beam)
- Mammographie au sein du centre de sénologie (HFME)
- 2 échographes (protocole de coopération MERM)
- 2 scanners TOSHIBA (renouvellement pour Général Electric prévu en 2025)
- 2 IRMs ARTIST et ARTIST Lift (1.5T Général Electric)

### Nous rejoindre en tant que MERM c'est :

- Disposer d'un plateau technique performant
- Travailler au sein d'une équipe soudée et dynamique
- Réaliser les actes relevant de l'imagerie médicale qui concourent à la prévention, au dépistage, au diagnostic sur prescription médicale.
- Avoir la possibilité d'évoluer tout au long de sa carrière.
- Une montée en compétence assurée grâce à des opportunités régulières de formation continue et de promotion professionnelle.

**Le service est moteur dans de nombreux projets : éco-responsabilité, amélioration de la prise en charge pédiatrique, certification Norme ISO 99-300.**



### VOS AVANTAGES EN DÉTAIL :

- Stagiairisation en 3 mois
- 13 mois de salaire
- Prime Buzyn à 100 % : Montant de 118 € net.
- Gardes dimanches / jours fériés : payées en heures supplémentaires majorées
- Mission Hublo : remplacement avec rémunération.
- CGOS : Bénéficiez de prestations sociales et autres avantages.

### REJOIGNEZ NOTRE ÉQUIPE !

#### Contacts

**Dr Rémi DUPRES :**  
remi.dupres@chr-metz-thionville.fr

**M. Yves SOULATGES (Cadre de pôle) :**  
yves.soulatges@chr-metz-thionville.fr

