

Nouvelles techniques en tomodensitométrie

Pr. Ivan Bricault
et col.

Radiologie et Imagerie médicale



- ▷ 1/ Acquisitions ultra-rapides :
Scanners bi-tubes
et Scanners à larges détecteurs
- ▷ 2/ Nouveaux algorithmes de calcul des images :
Reconstruction itérative
- ▷ 3/ Scanner double énergie (Imagerie spectrale)
- ▷ 4/ Nouvelles modalités dérivées du scanner :
Cone-Beam CT et angiographie 3D

1/4

Acquisitions ultra-rapides

Augmenter la vitesse d'acquisition

- ▷ Rotation plus rapide :
 - 1972 :
 - balayage de la coupe en 10 minutes



Augmenter la vitesse d'acquisition

- ▷ Rotation plus rapide :
 - 1972 :
balayage de la
coupe en 10 minutes



- 2016 :
1 demi-tour en 0,135 s



Augmenter la vitesse d'acquisition

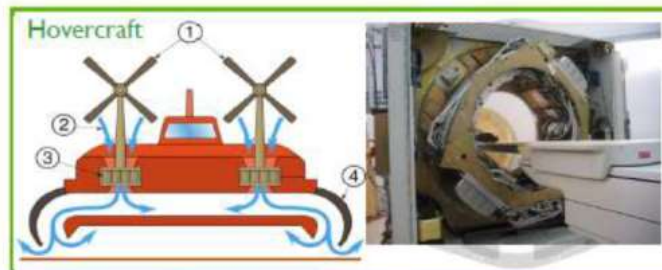
▷ Contraintes :

- Puissance du tube
- Mécaniques (accélération = 40G)
 - nouvelles architectures sur coussin d'air

Brilliance i CT – Statif sur coussin d'air

Résolution temporelle 135 msec – 0.27 sec

- 1er scanner au monde avec statif sur coussin d'air
 - Pour s'affranchir des barrières mécaniques
 - Potentiel de vitesse de rotation : 0,15 sec



Brilliance iCT floats on 5 microns of air

- Dependable, no bearings to wear out
- Self-stabilizing, fewer calibrations
- Silent

0.27 sec – ~4 tours / sec

Plus rapide pour :

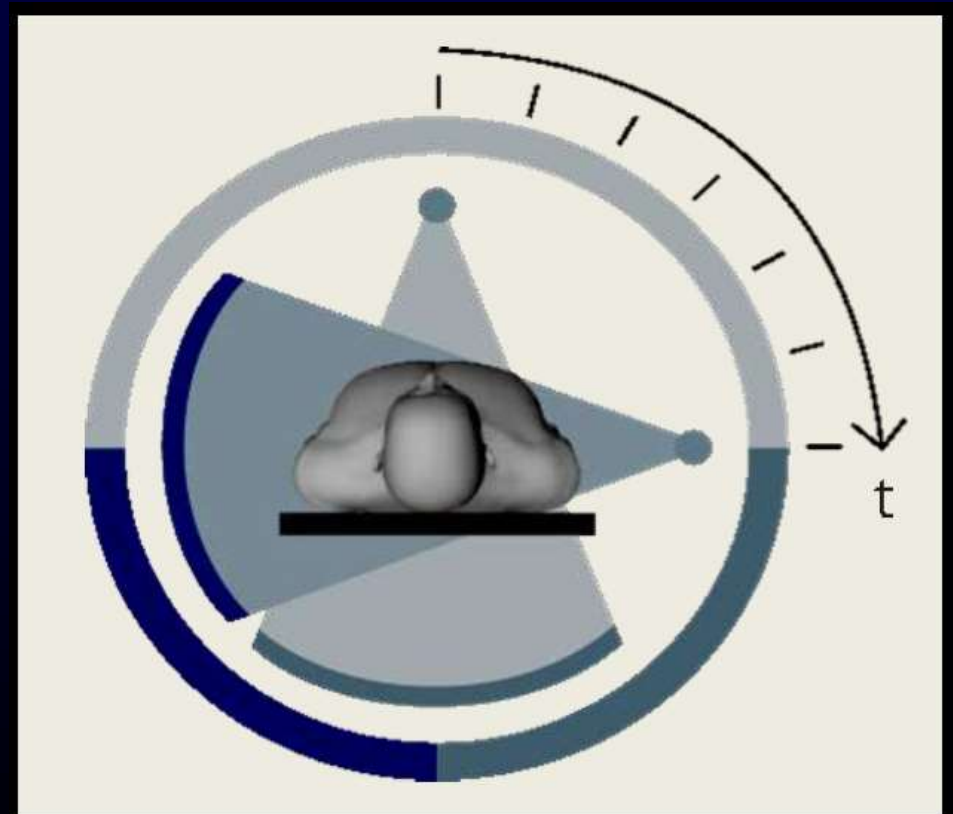
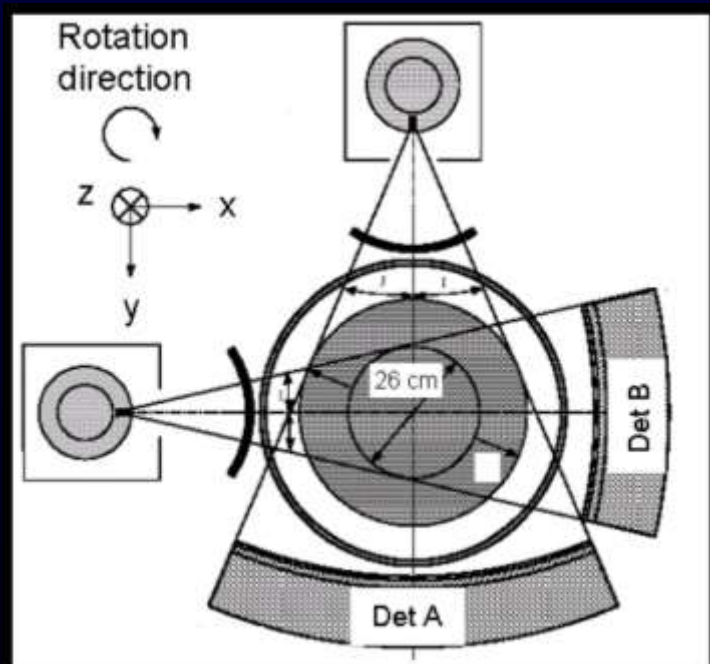
- résolution temporelle volumique
- coeur
- ...

Acquisitions ultra-rapides :

Scanners bi-tubes

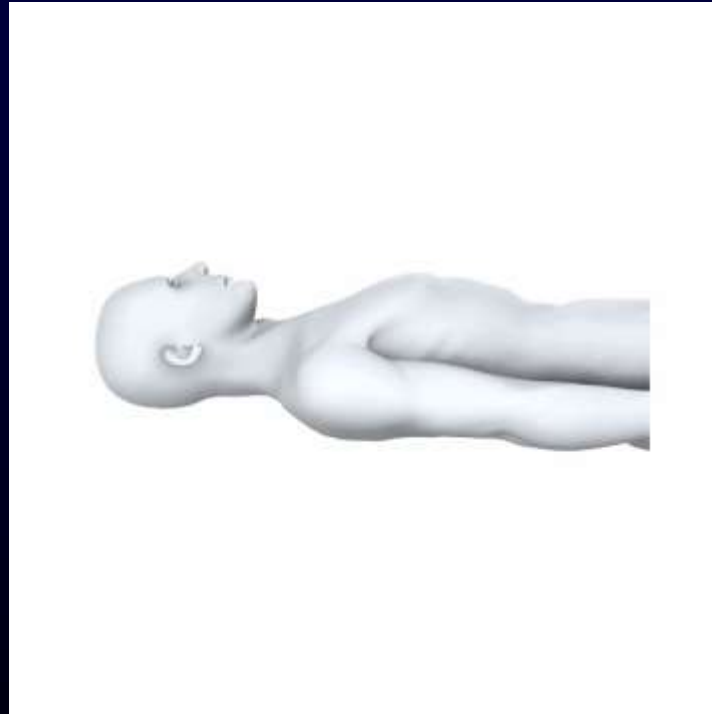
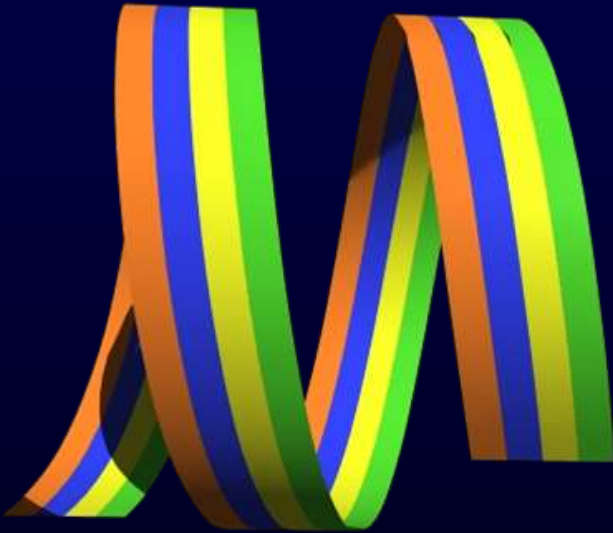
Le scanner bi-tubes bi-détecteurs

- ▷ 1 tour en 0,280 s → Données acquises en 0,062 s (16 acquisitions par secondes !)
- ▷ Double puissance de tube



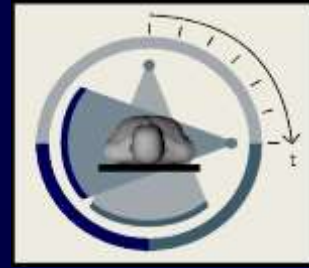
Le scanner bi-tubes bi-détecteurs

▷ Possibilité d'augmenter le pitch :

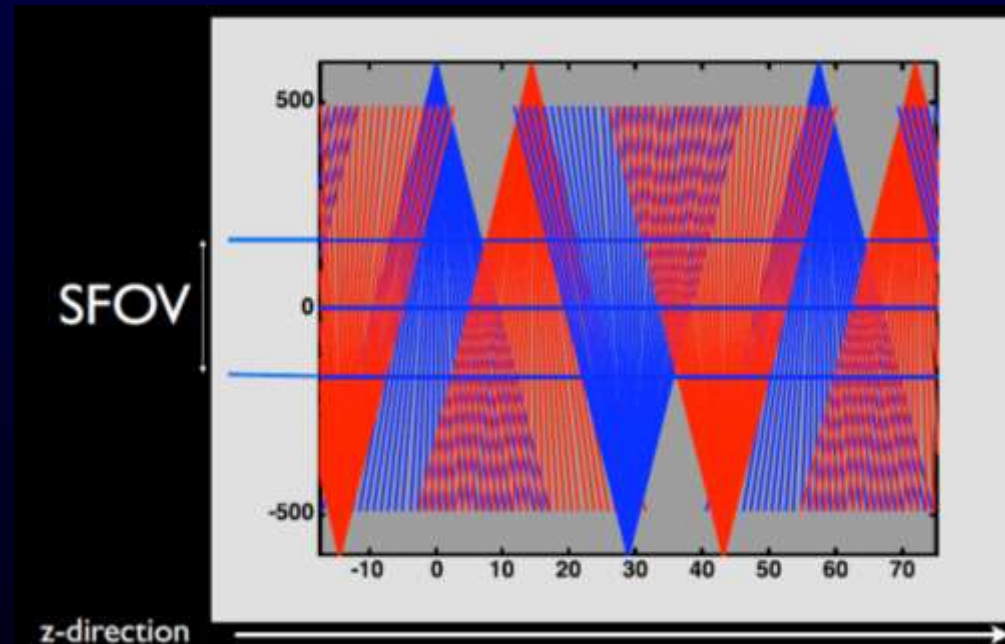
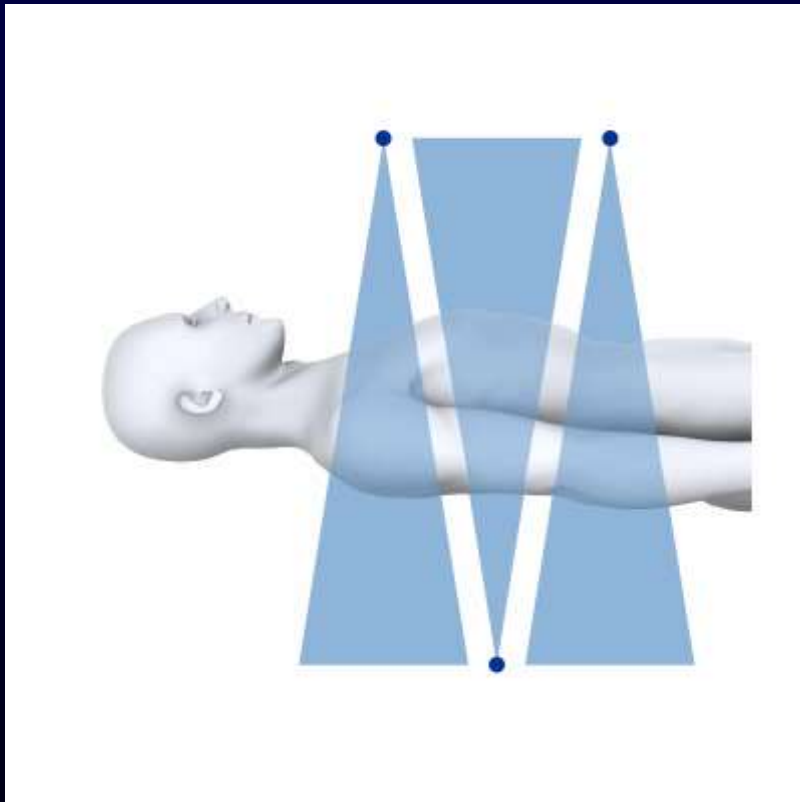


Mono-tube :
Zones du volume mal couvertes si on dépasse un pitch de 1,5

Le scanner bi-tubes bi-détecteurs



▷ Possibilité d'augmenter le pitch :

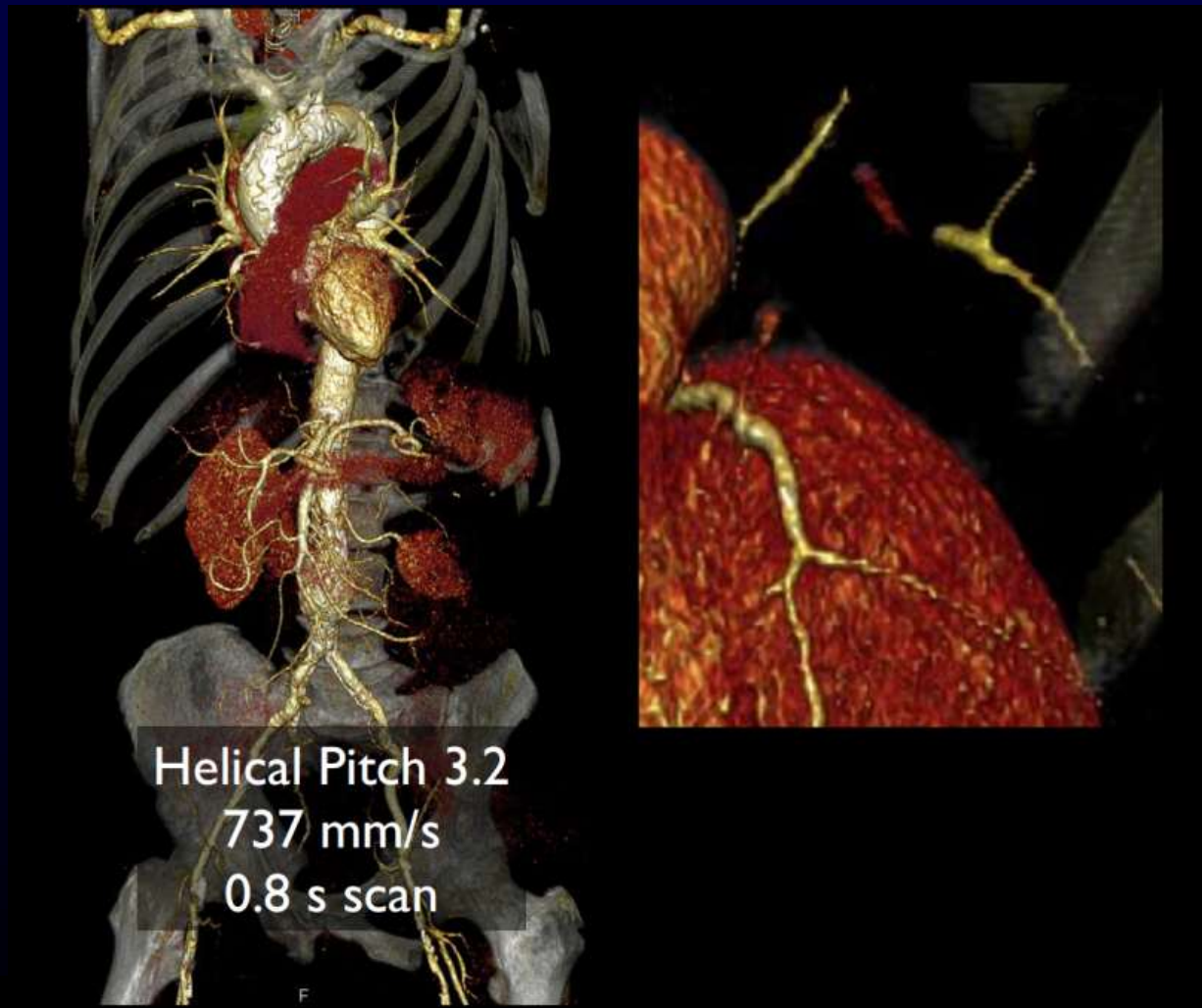


Bonne couverture du volume en bi-tube même avec un pitch > 3

Le scanner bi-tubes bi-détecteurs

▷ Applications :

Scanner thoraco-abdomino-pelvien en moins d'1 s

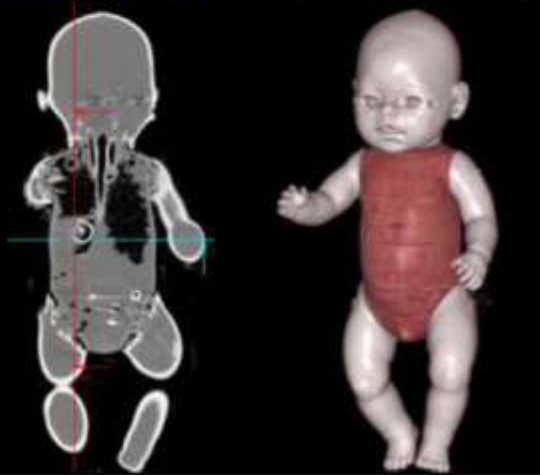


Le scanner bi-tubes bi-détecteurs

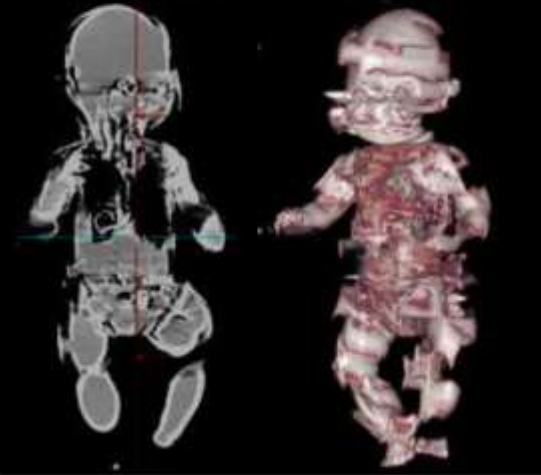
▷ Applications :

Scanner pédiatrique sans sédation

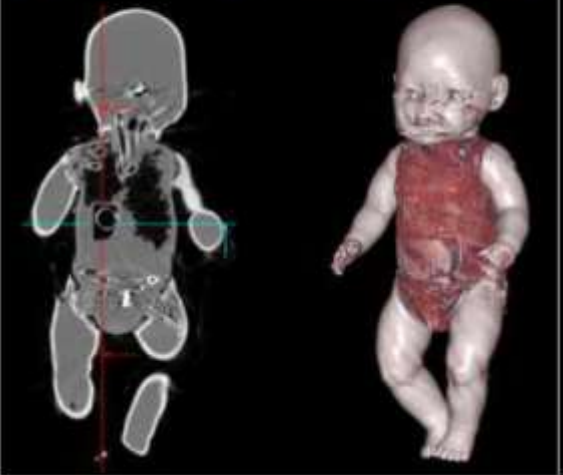
**Acquisition standard
*avec sédation***



**Acquisition standard
*sans sédation***



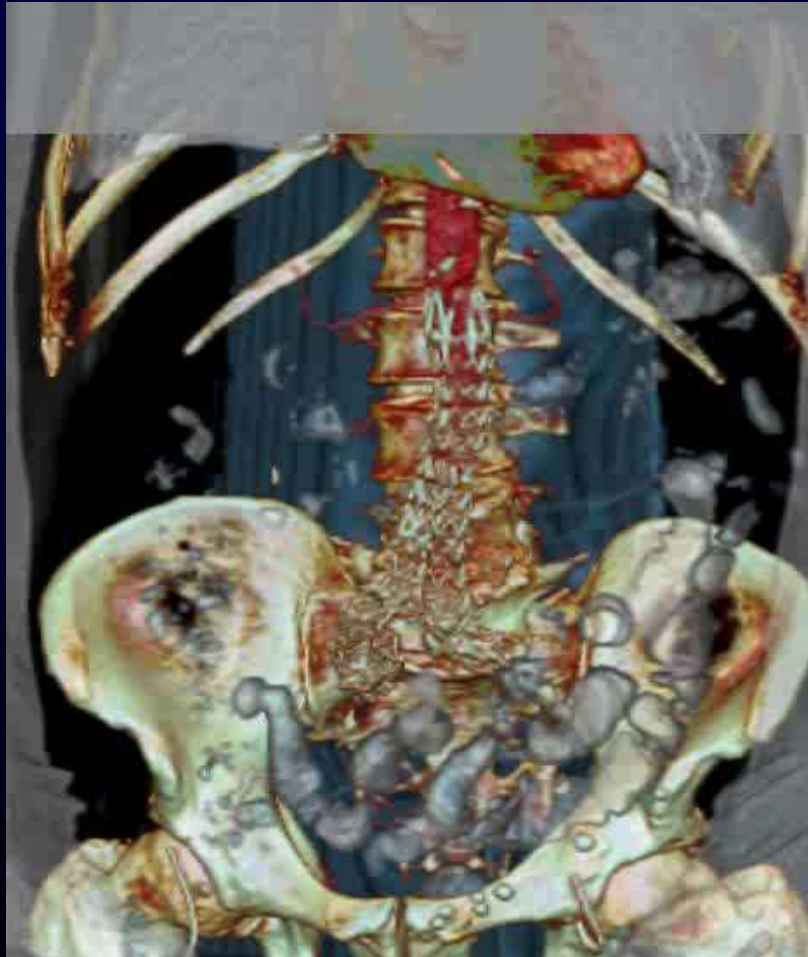
**Acquisition bi-tube
*sans sédation***



Le scanner bi-tubes bi-détecteurs

▷ Applications :

Scanner dynamique → acquisitions multiples



Acquisitions ultra-rapides :

Scanners à larges détecteurs

Le scanner à large détecteur

▷ Principe :

Pouvoir inclure tout le volume d'intérêt dans la zone de détection → pas de déplacement de la table

▷ Retour à l'acquisition incrémentielle ("Step and shoot")



Le scanner à large détecteur

▷ Historique :

- 1 seule coupe en 1972
- puis 4, 16, ..., 64 coupes simultanées

Le scanner à large détecteur

▷ Historique :

- 1 seule coupe en 1972
- puis 4, 16, ..., 64 coupes simultanées
- Maintenant : 320 coupes x 0,5 mm
= couverture de 16 cm

→ Cœur ou crâne acquis en 1 seul tour

Single Rotation
64 detector row CT coverage

Single Rotation
160 detector row CT coverage

Single Rotation
320 detector row CT coverage



Le scanner à large détecteur

▷ Historique :

- 1 seule coupe en 1972
 - puis 4, 16, ..., 64 coupes simultanées
 - Maintenant : 320 coupes x 0,5 mm
= couverture de 16 cm
- Coeur ou crâne acquis en 1 seul tour



Z = 16 cm
320 canaux



Le scanner à large détecteur

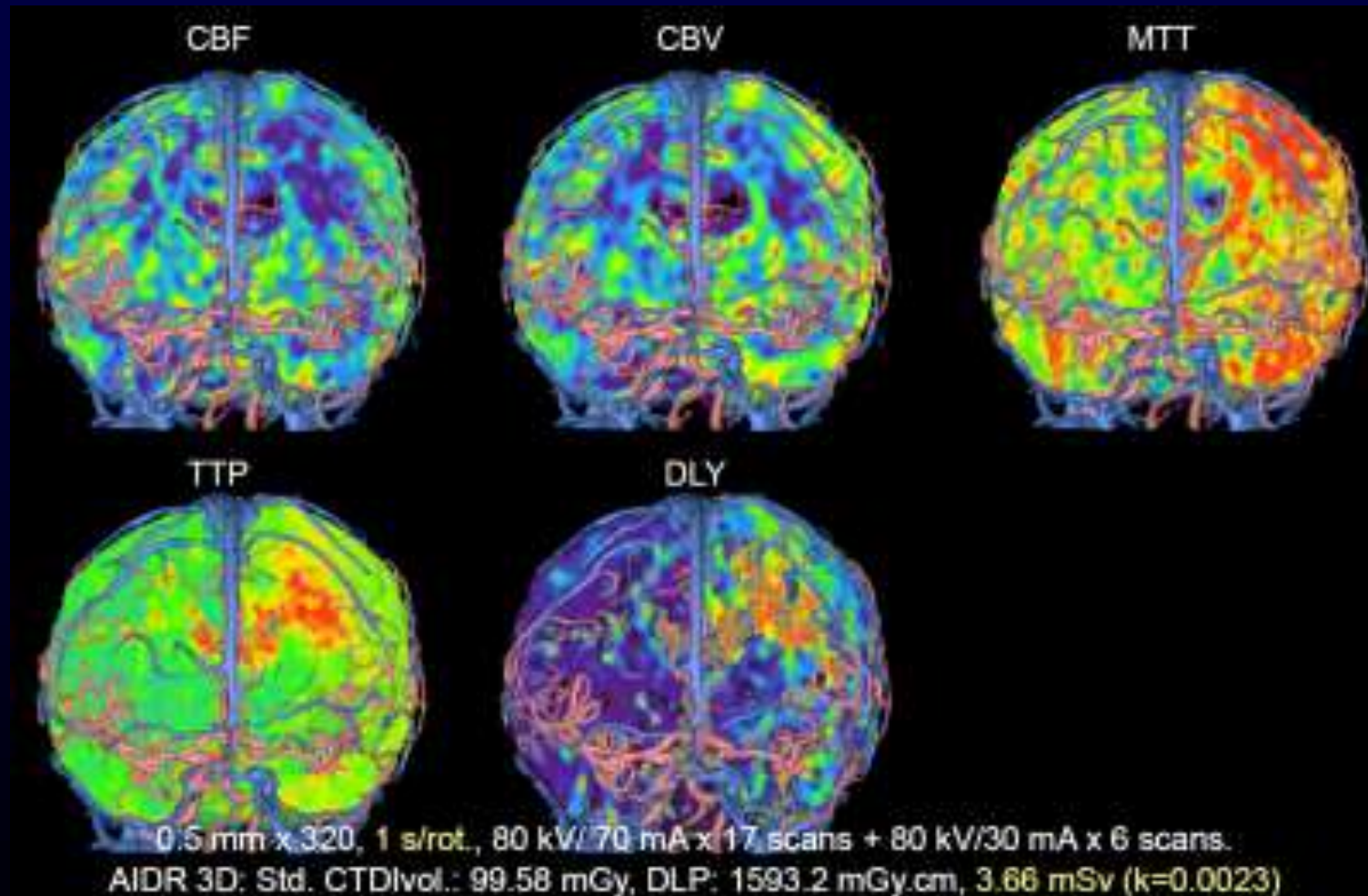
▷ Applications :

Visualisation 3D dynamique du rehaussement



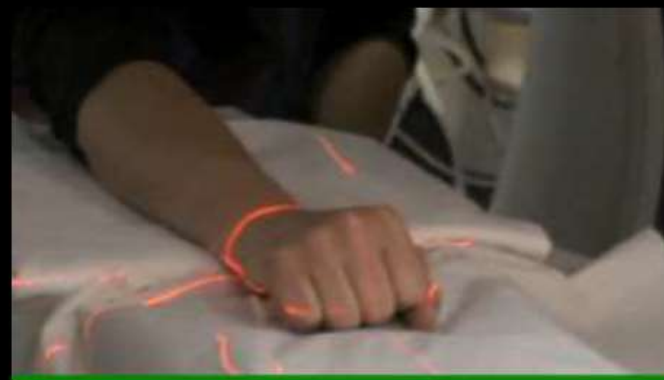
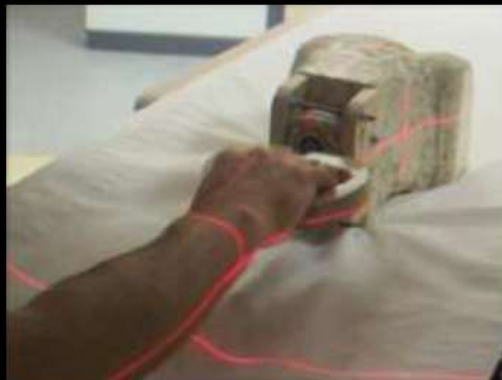
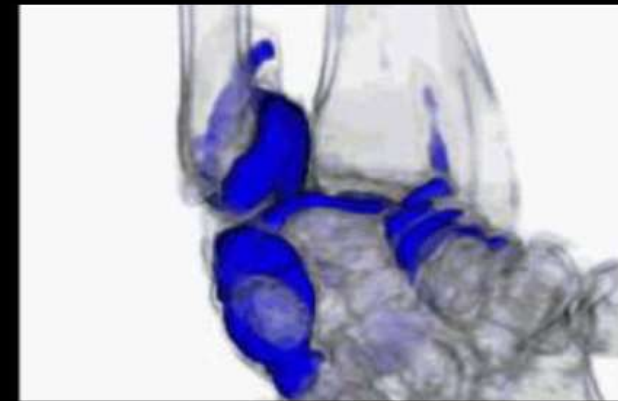
Le scanner à large détecteur

- ▷ Applications :
 - Etudes de perfusion



Le scanner à large détecteur

- ▷ Applications :
 - Etude 4D du mouvement

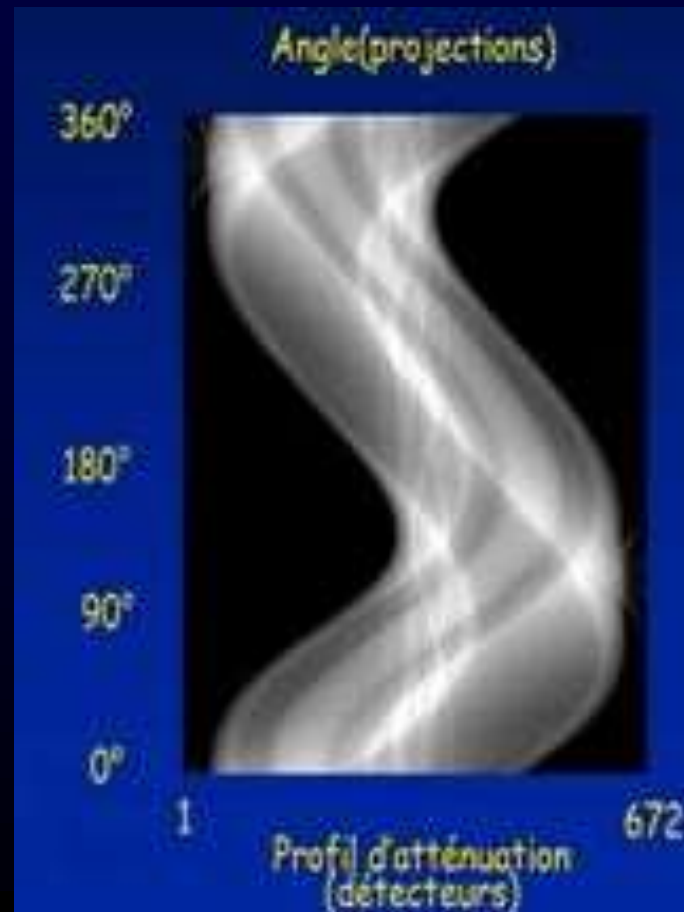


2/4

Nouveaux algorithmes
de calcul des images

Rappels

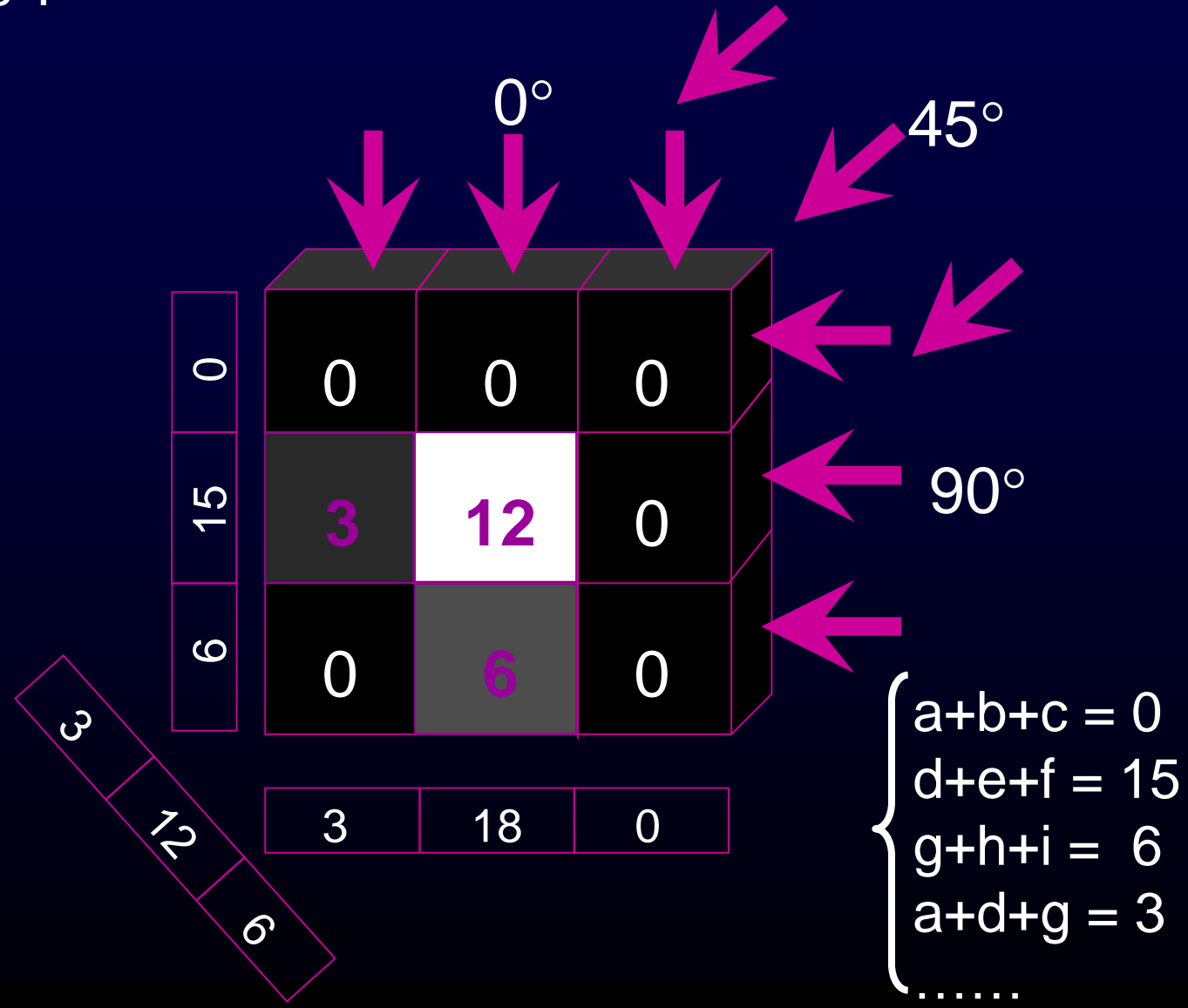
- Ensemble des mesures d'atténuation recueillies = données brutes / “raw data” / Sinogramme



Reconstruction d'une image 512x512 :

Système de 262 144 équations avec
262 144 inconnues ?

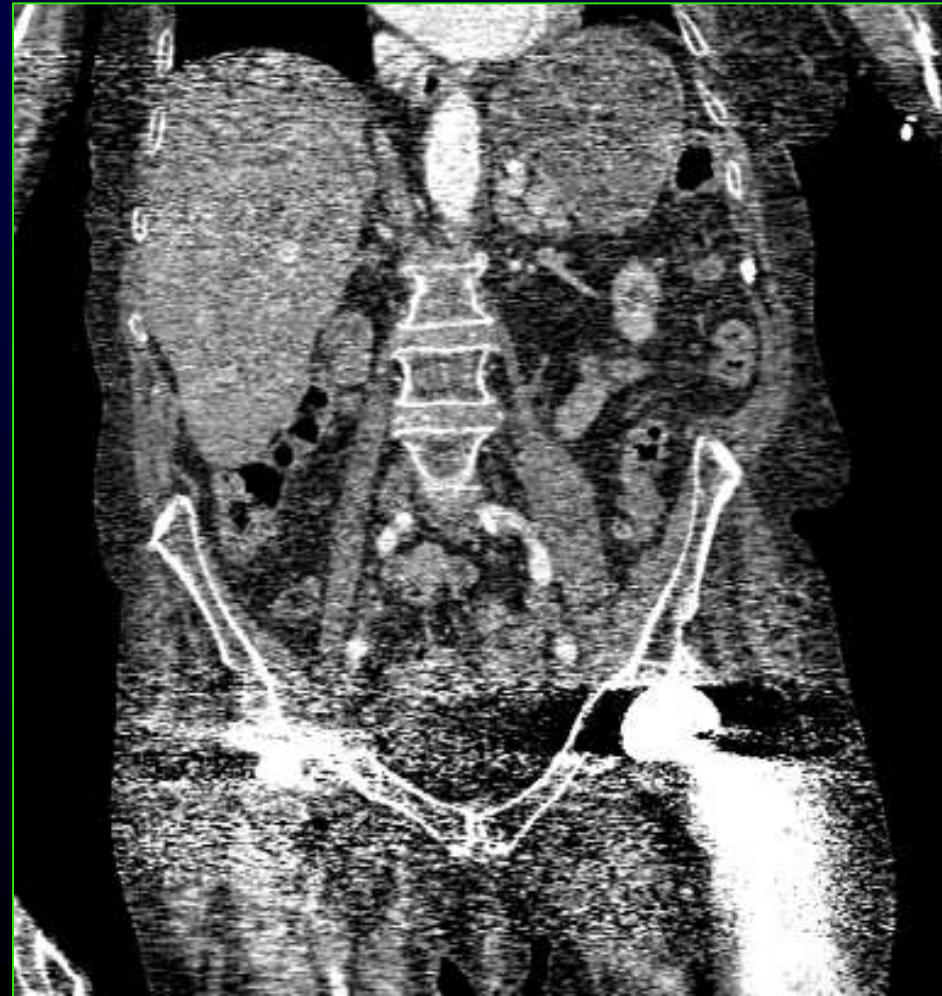
→ Impossible :
trop complexe,
temps de calcul
trop long



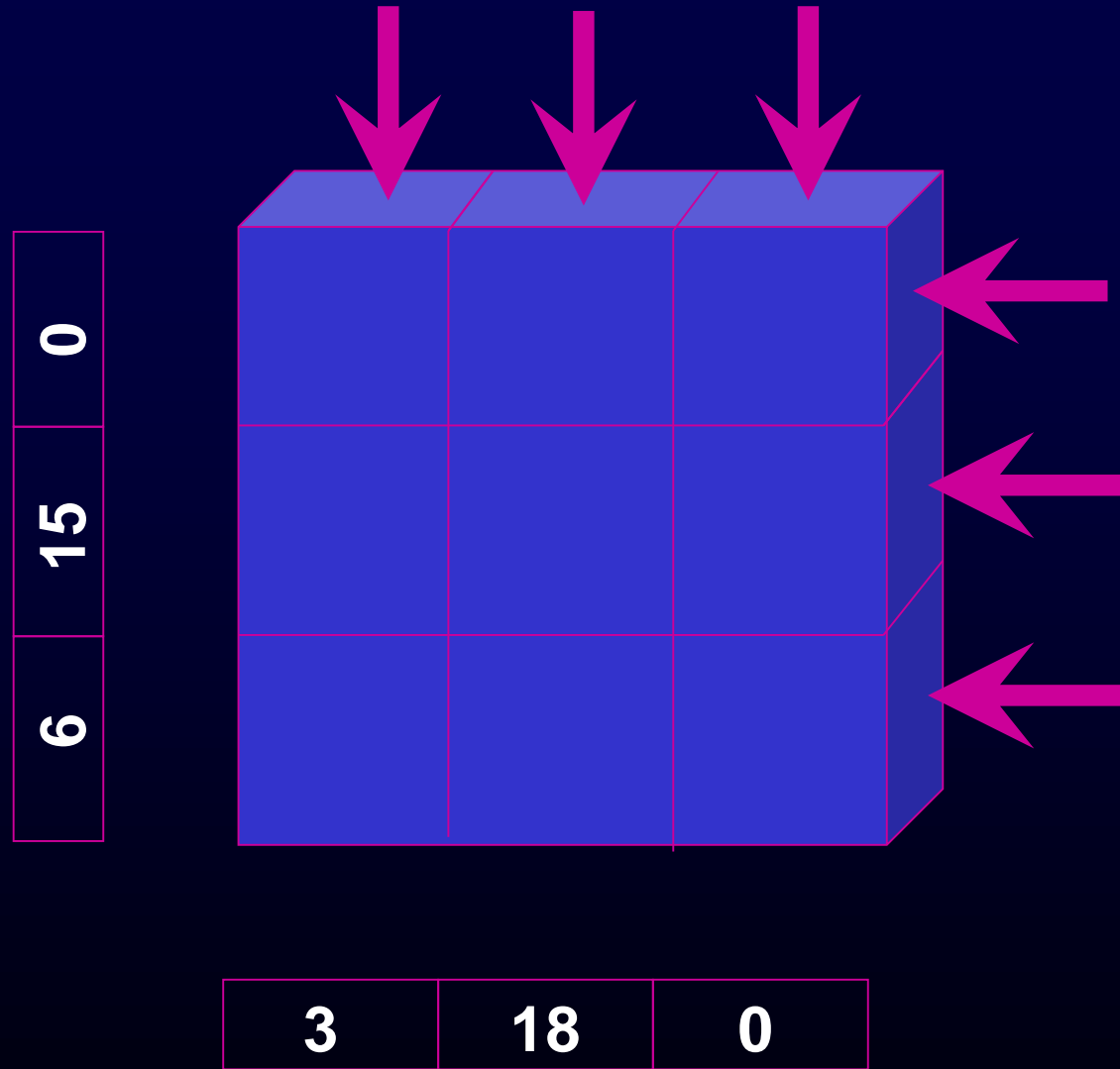
La rétroprojection filtrée

- ▷ Rapide
- ▷ Mais méthode approximative → sensible à la qualité des données brutes

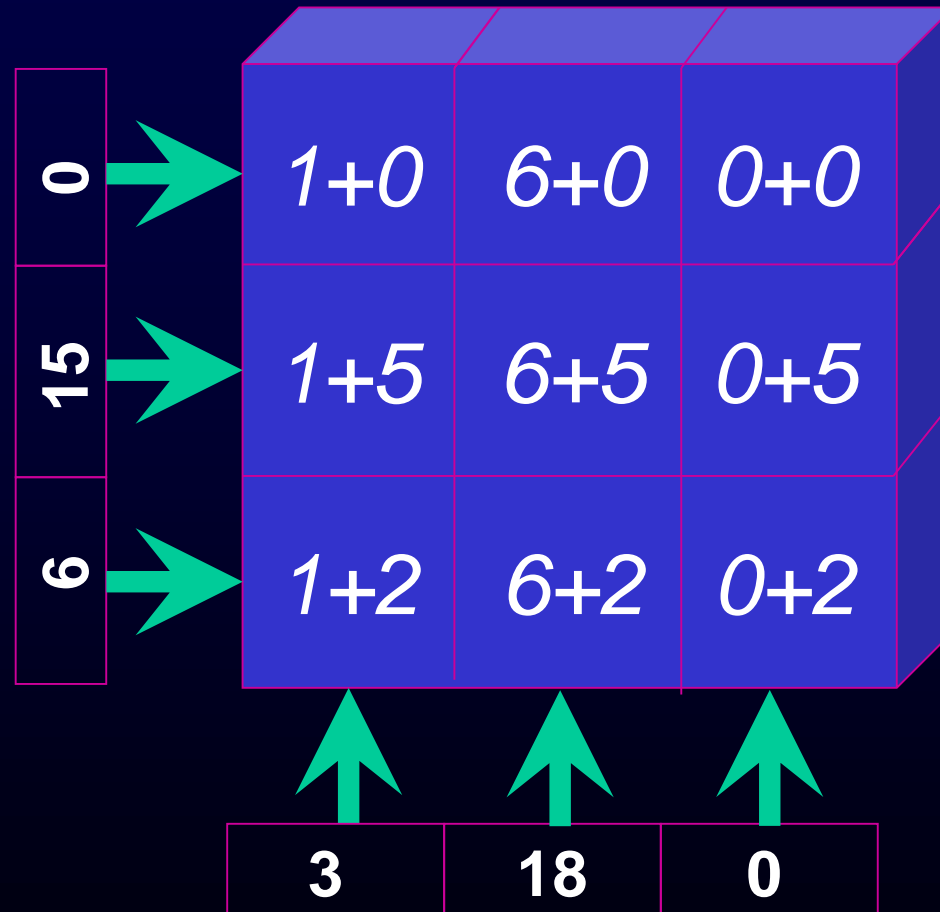
→ Mauvaises images en cas de données bruitées ou incomplètes



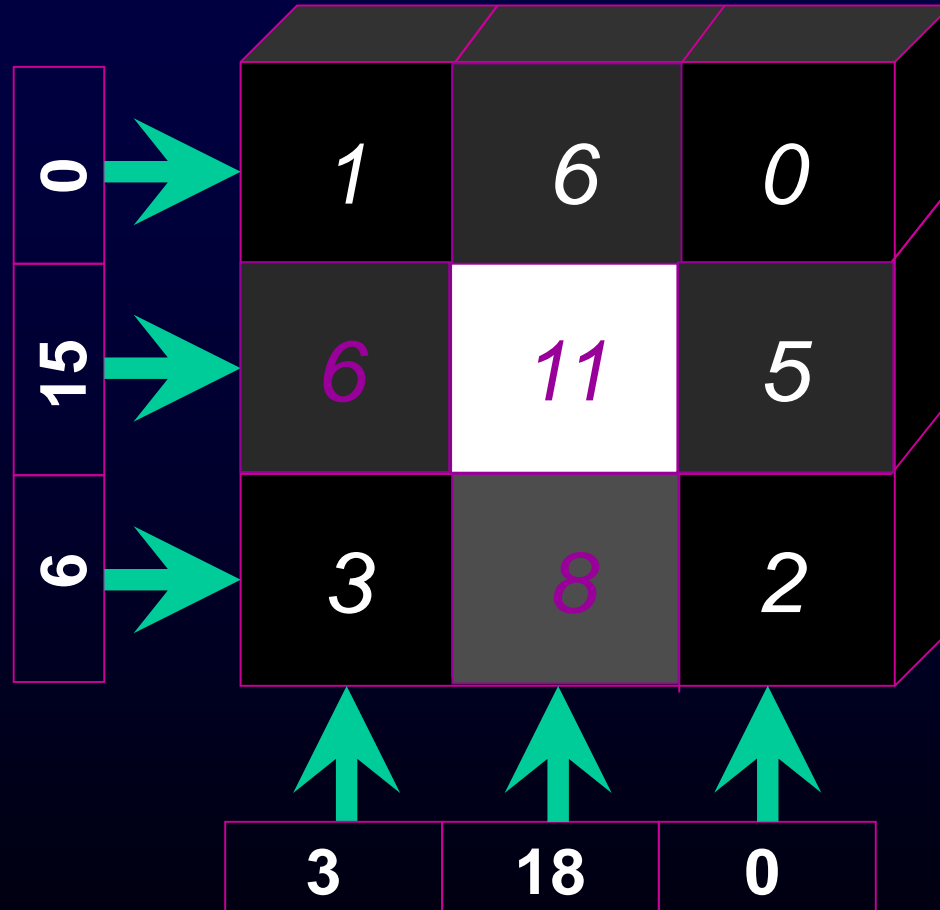
Rétro-projection :



Rétro-projection :



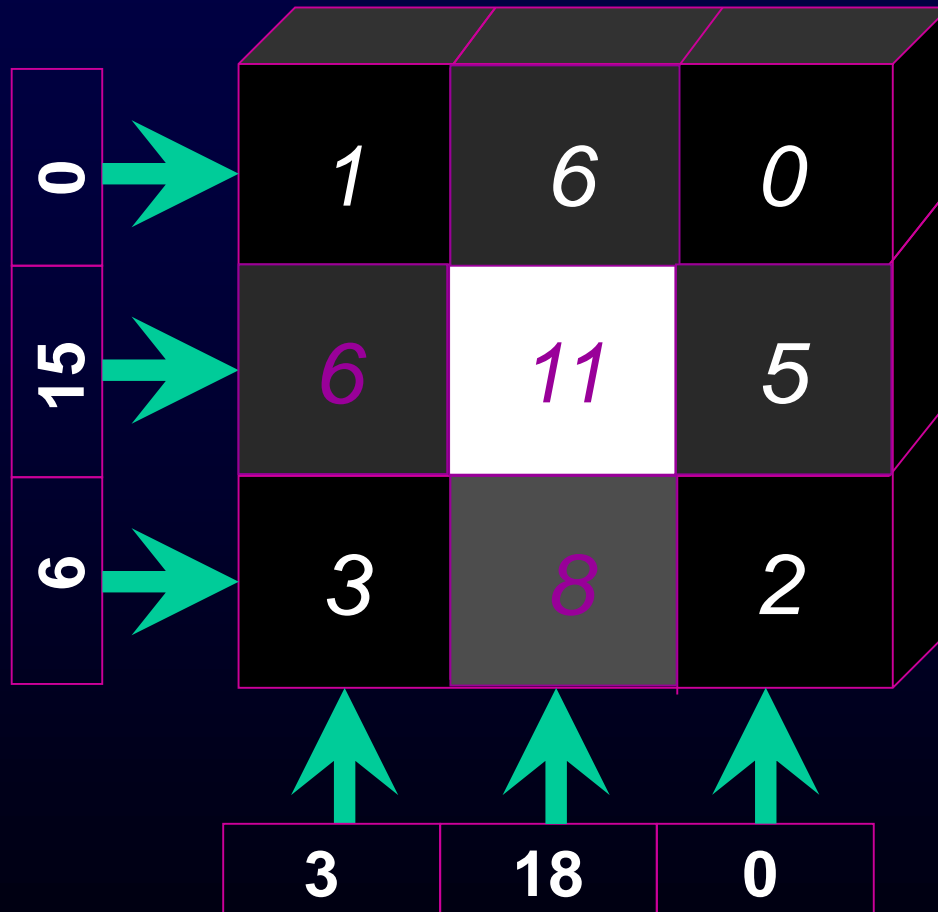
Calculé



0	0	0
3	12	0
0	6	0

Réel

Calculé



Nouveaux algorithmes de calcul des images :

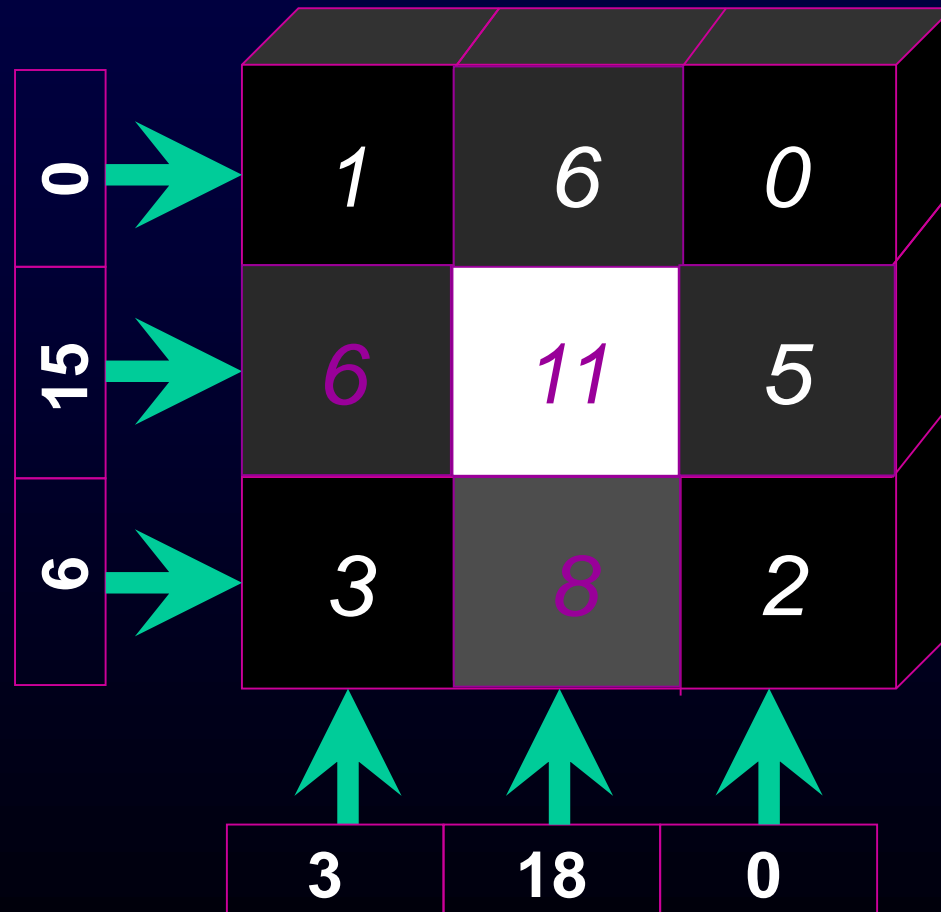
Reconstruction itérative

0	0	0
3	12	0
0	6	0

Réel

▷ Principe : Corriger les erreurs de la reconstruction initiale

Calculé



0	0	0
3	12	0
0	6	0

Réel

▷ Principe : Corriger les erreurs de la reconstruction initiale

Diagram illustrating a 3D cube structure with numbers and arrows indicating directions or values.

Top Face (Arrows pointing down):

- Left: 1
- Middle: 6
- Right: 0

Right Face (Arrows pointing left):

- Top: 6
- Middle: 5
- Bottom: 2

Bottom Face (Arrows pointing up):

- Left: 3
- Middle: 8
- Right: 2

Back Face (Arrows pointing right):

- Top: 10
- Middle: 25
- Bottom: 7

Center of the Cube: 11

Calculé (Calculated): 10, 25, 7

Réel (Real): 3, 18, 0

Calculé

Réel

La reconstruction itérative

- ▷ Améliorer l'image en la corrigeant petit à petit (par itérations successives), jusqu'à avoir la meilleure correspondance possible entre
 - l'image calculée finale
 - les données recueillies

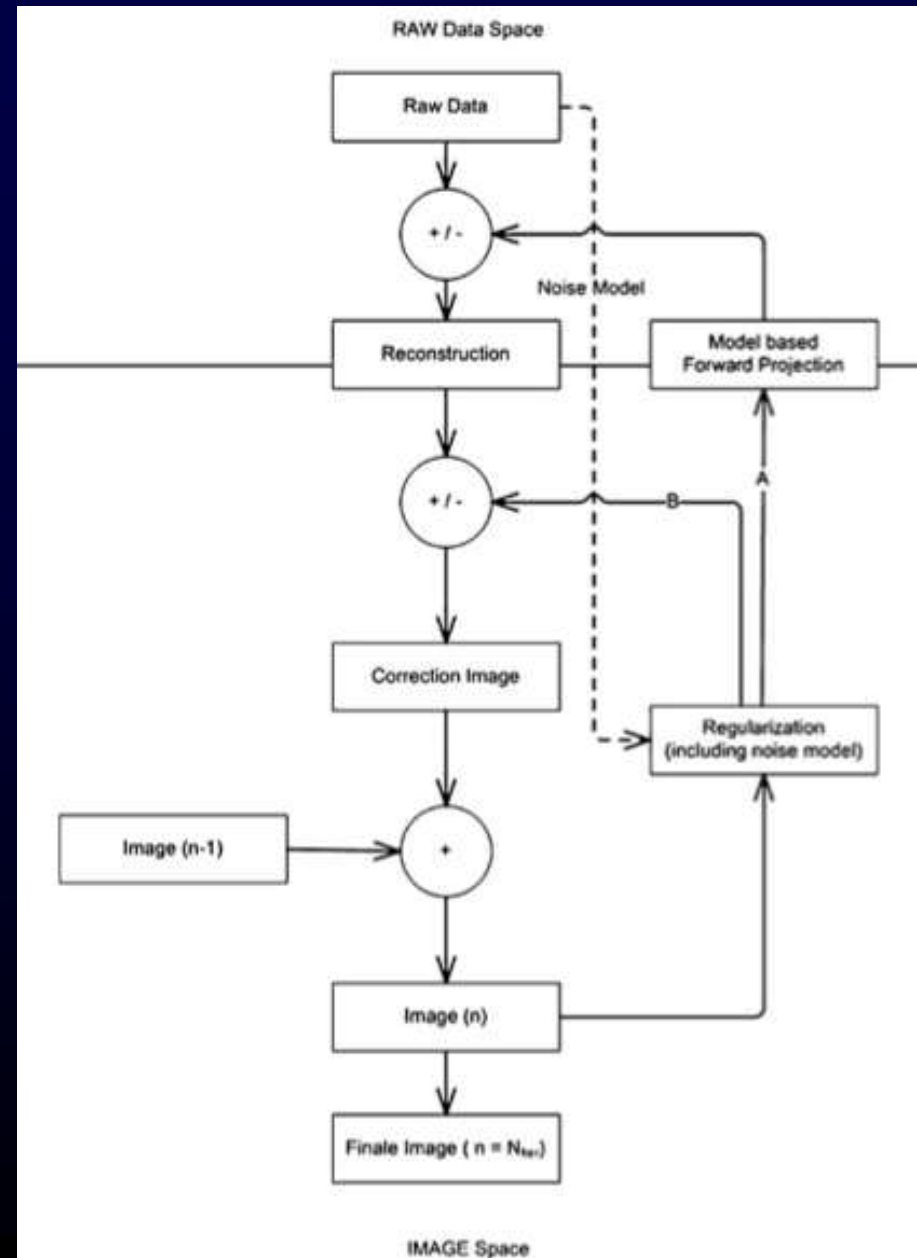
La reconstruction itérative

- ▷ Améliorer l'image en la corrigeant petit à petit (par itérations successives), jusqu'à avoir la meilleure correspondance possible entre
 - l'image calculée finale
 - les données recueillies

- ▷ Corrections guidées par les conditions d'acquisition des images :
 - géométrie des détecteurs
 - éléments générant des artéfacts
 - caractéristiques du bruit, ...

La reconstruction itérative

- Utilisation de modèles propres à chaque constructeur
- Grosse puissance de calcul nécessaire



Exemples de reconstructions itératives



Rétro Projection Filtrée

Exemples de reconstructions itératives



Rétro Projection Filtrée



R° itérative (IRIS)

Exemples de reconstructions itératives



Rétro Projection Filtrée



R° itérative (IRIS)



R° itérative (SAFIRE)

Exemples de reconstructions itératives



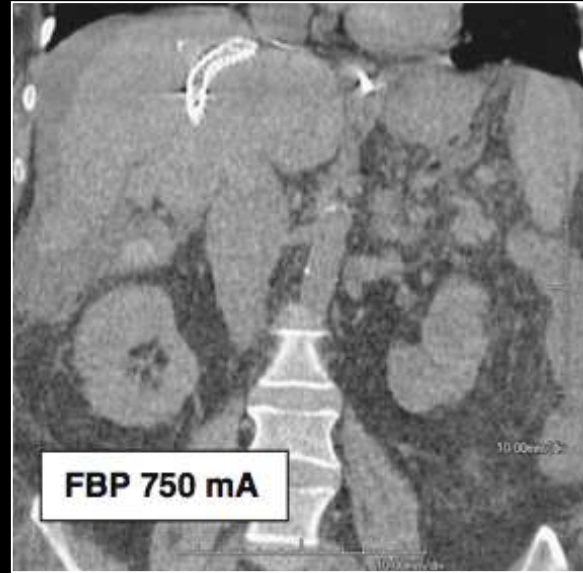
Rétro Projection Filtrée



Reconstruction itérative

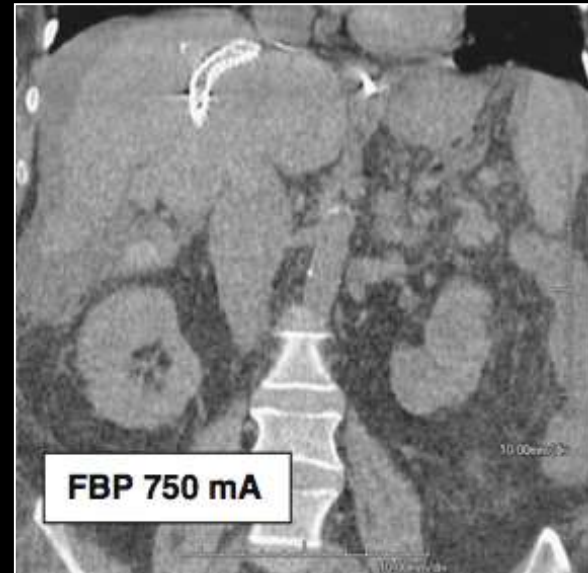
▷ Intérêt : Limiter l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



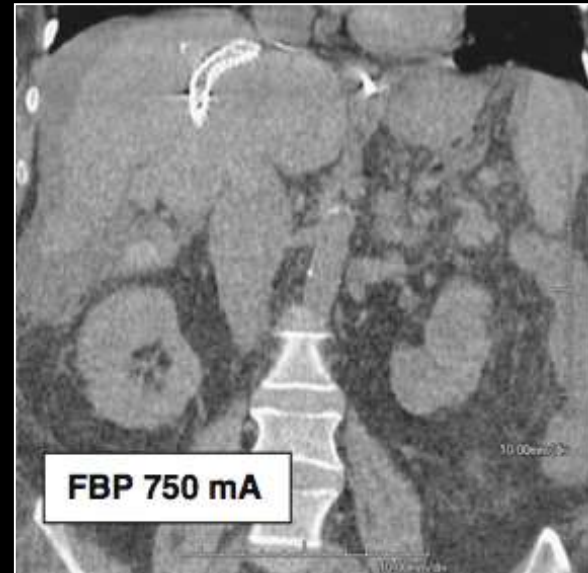
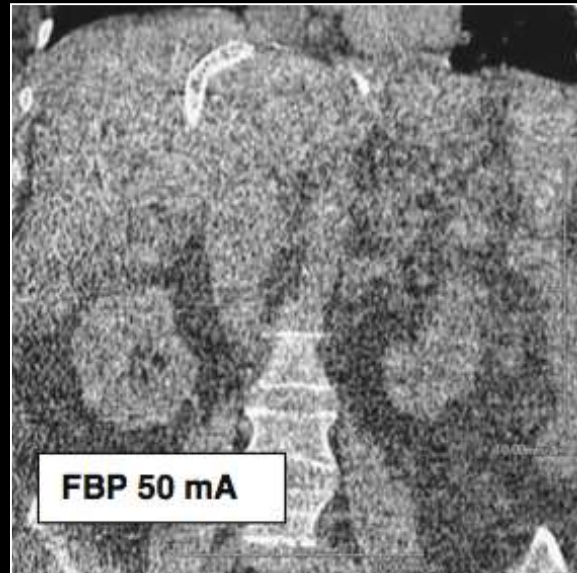
▷ Intérêt : Limitier l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



▷ Intérêt : Limitier l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



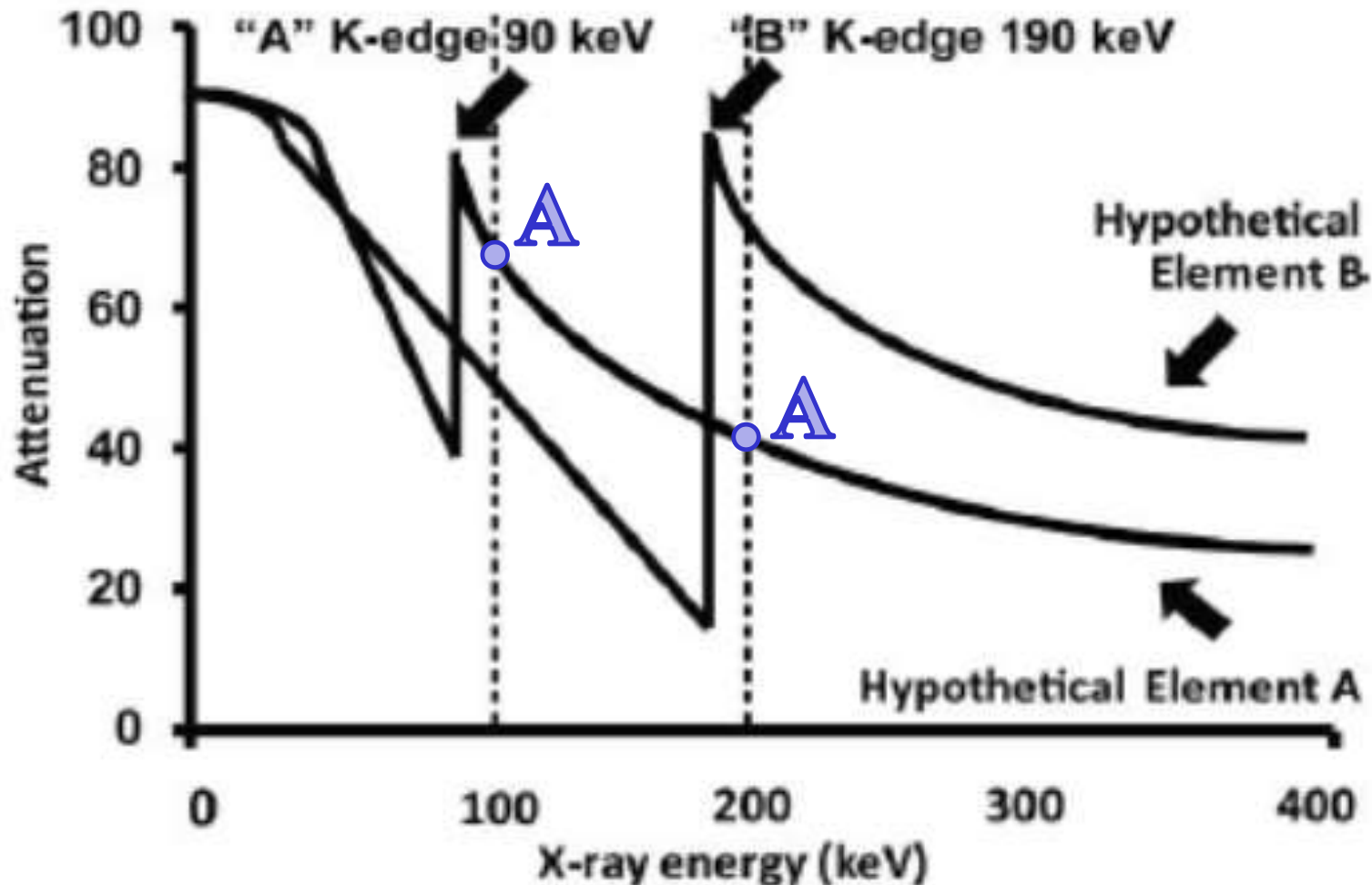
Reconstr° itérative



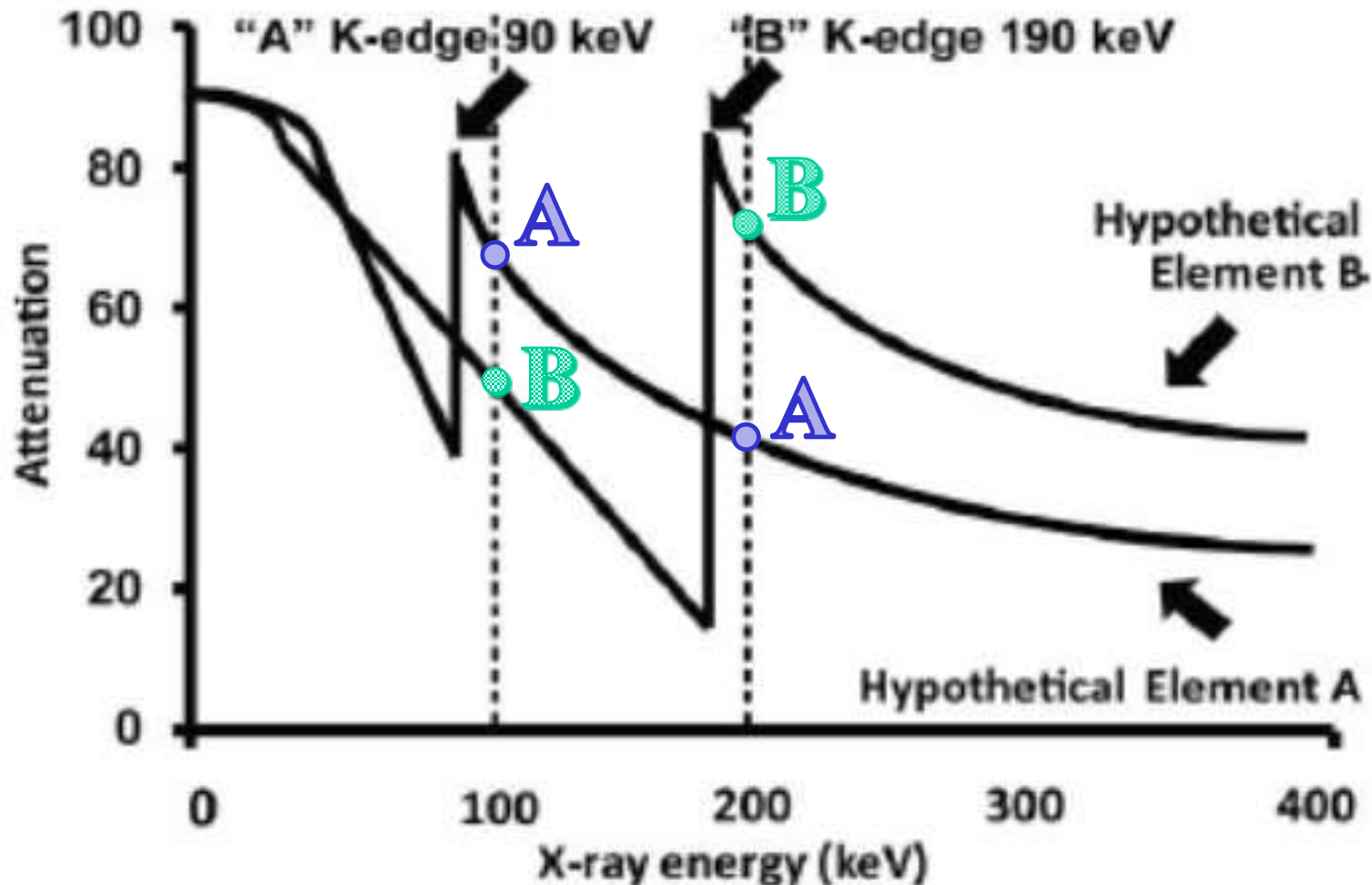
3/4

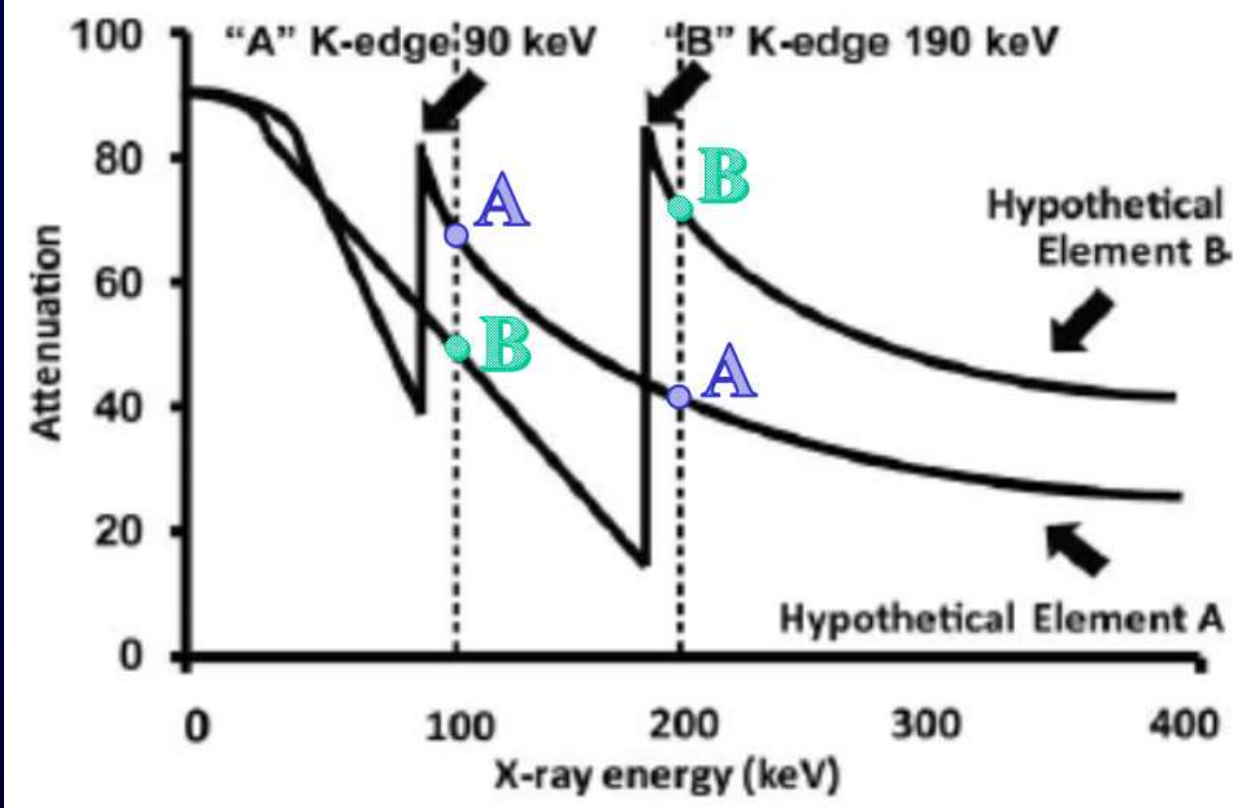
Scanner double énergie
(Imagerie spectrale)

► Les matériaux (surtout ceux à Z élevé) présentent une atténuation différente en fonction du niveau d'énergie des rayons X



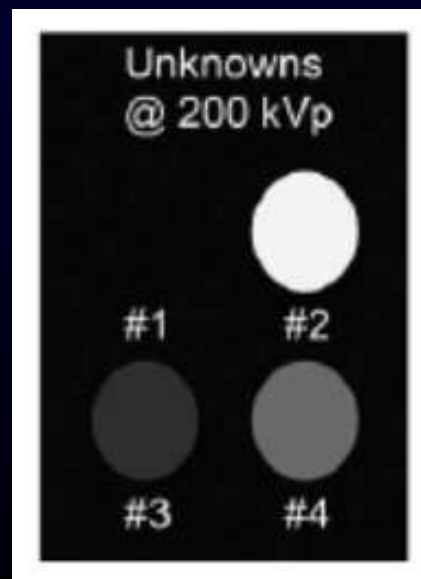
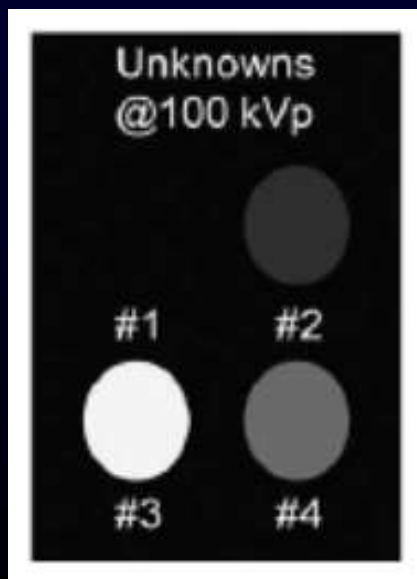
► Les matériaux (surtout ceux à Z élevé) présentent une atténuation différente en fonction du niveau d'énergie des rayons X

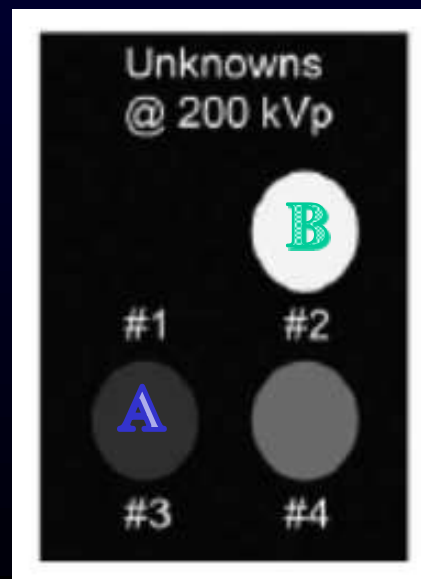
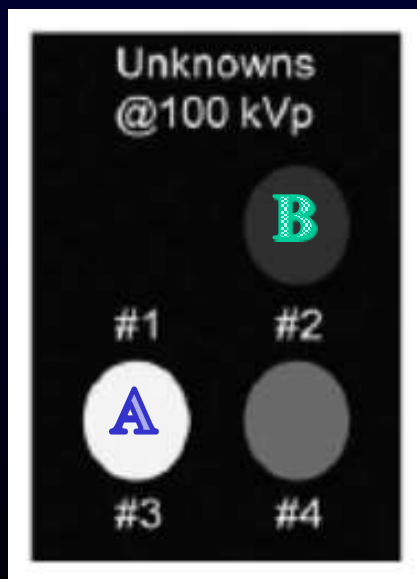
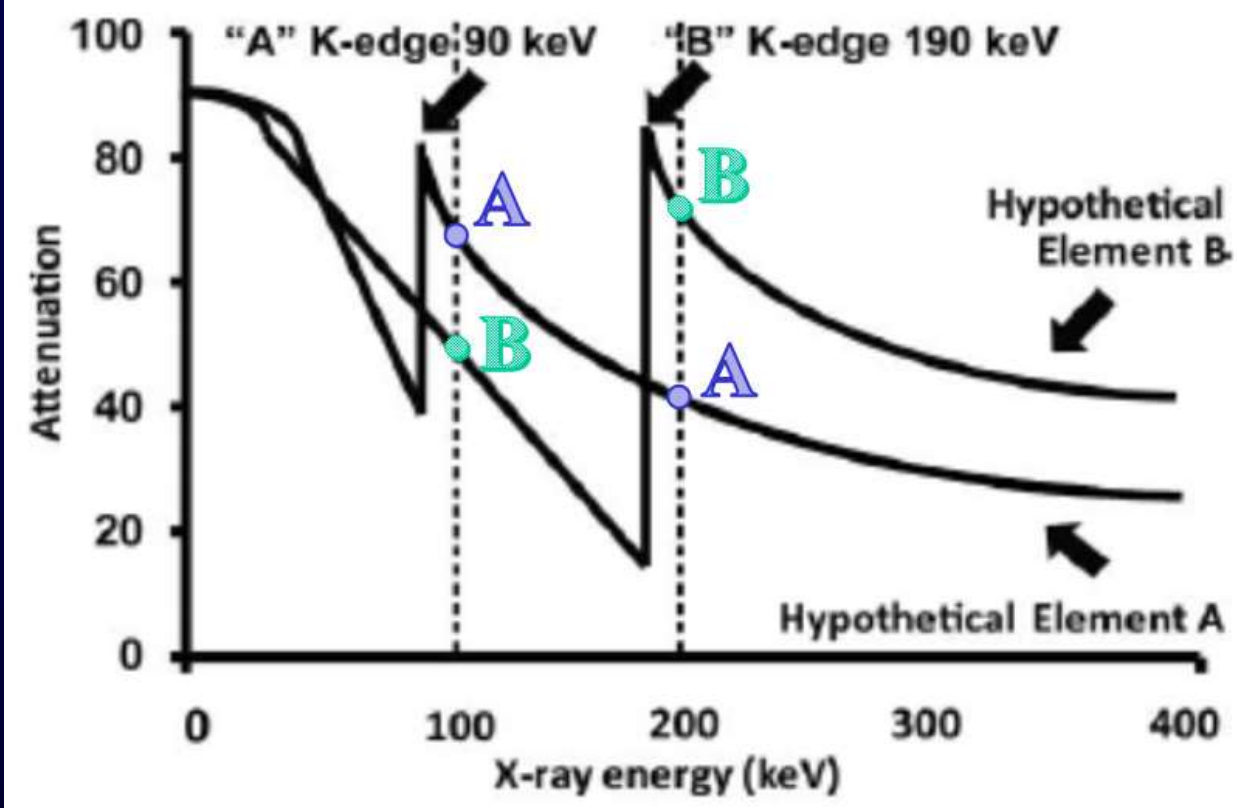




A ?

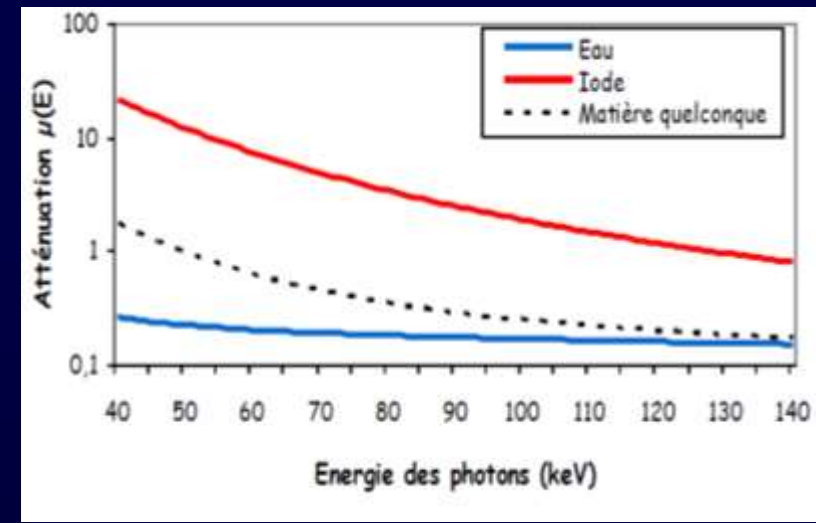
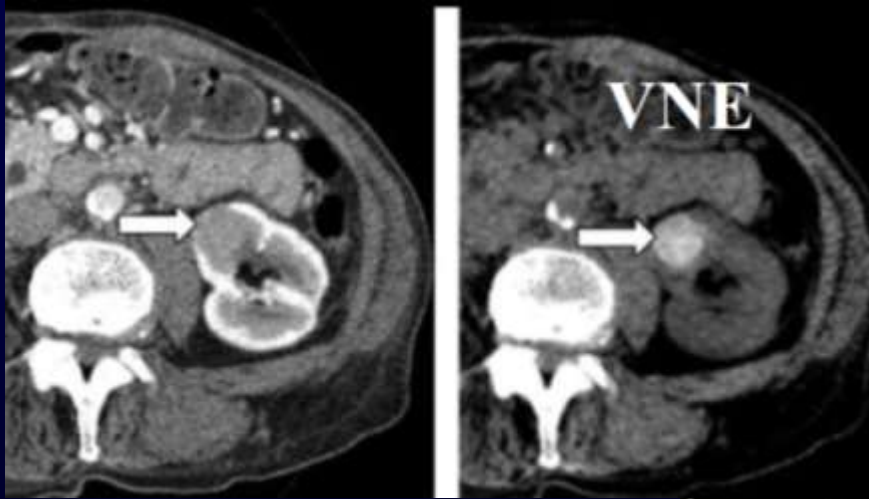
B ?





Applications

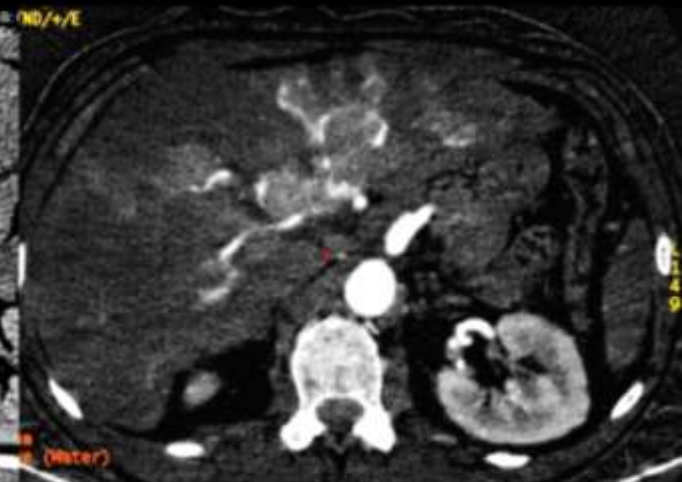
▷ Suppression de l'iode
("Virtual Non Enhanced")



▷ Renforcement
de l'iode

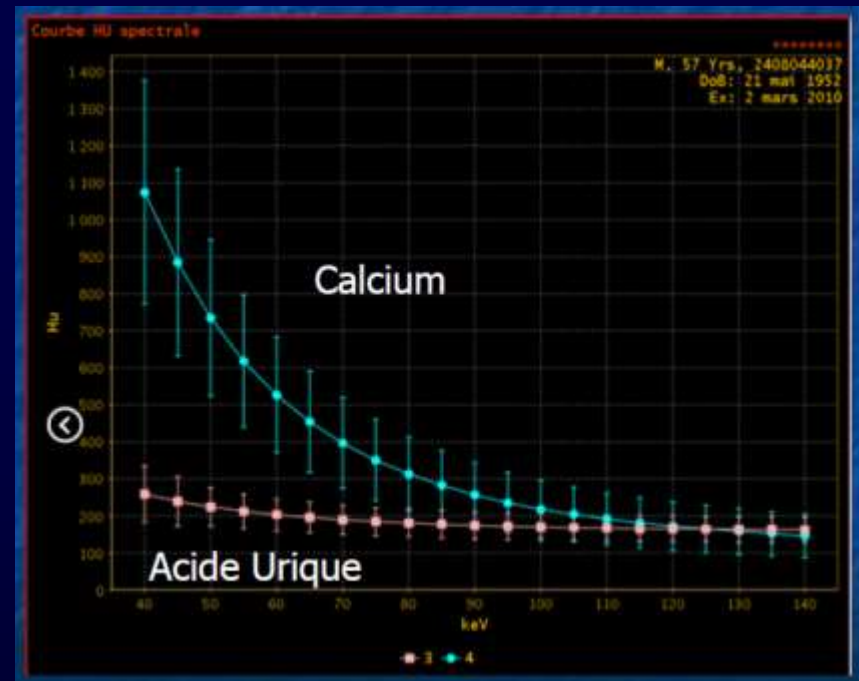
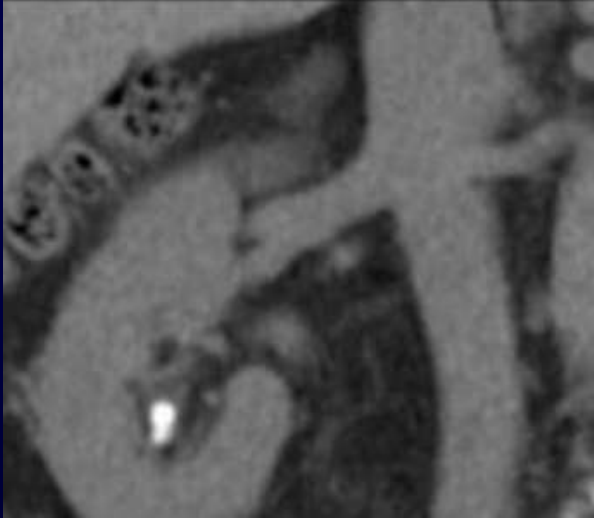


Imagerie standard



Imagerie spectrale - iode

Applications



► Identification
de la
composition des
calculs

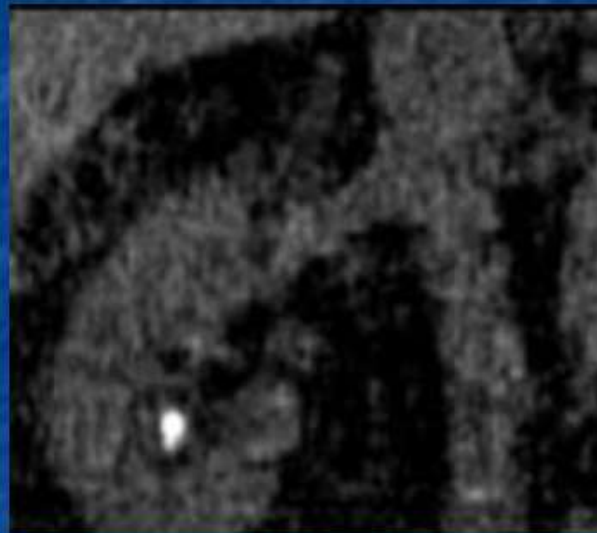


Image acide urique

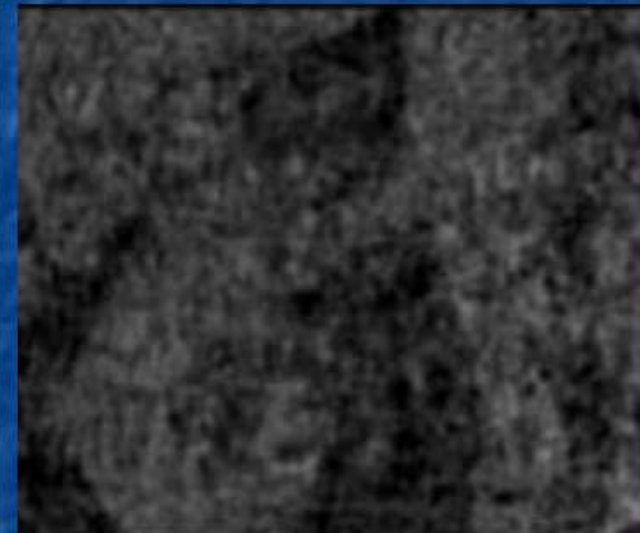
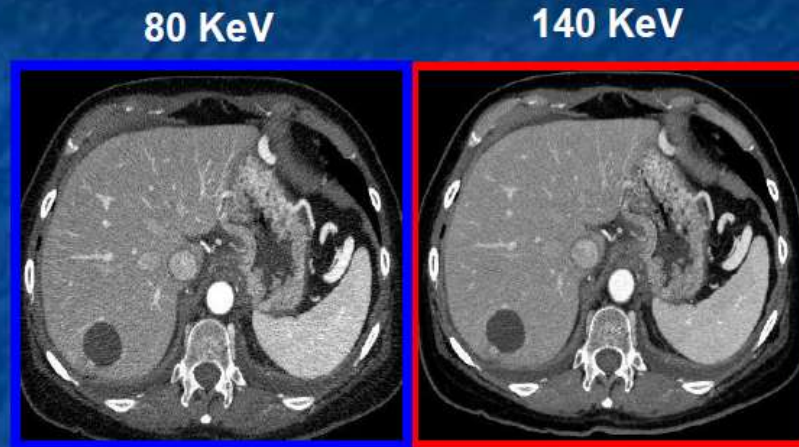


Image calcium

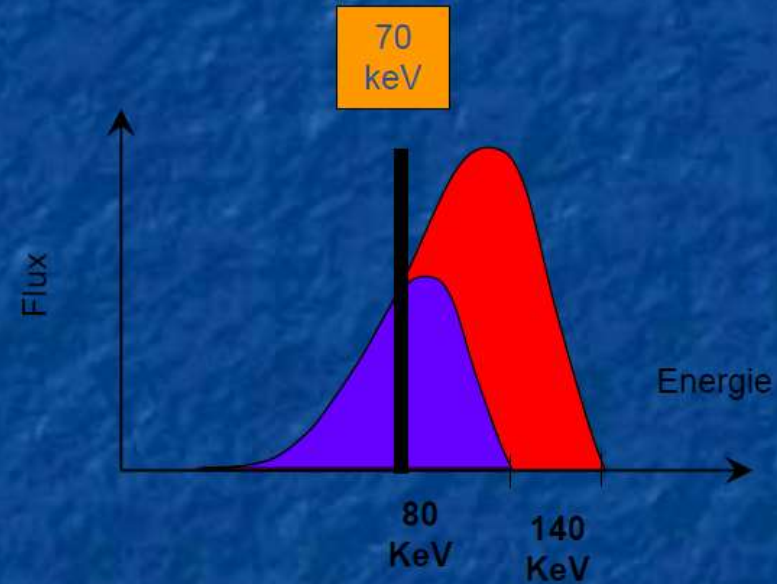
Applications

▷ Calcul d'images monochromatiques



- Contraste ↗
- Bruit ↗

- Contraste ↘
- Bruit ↘



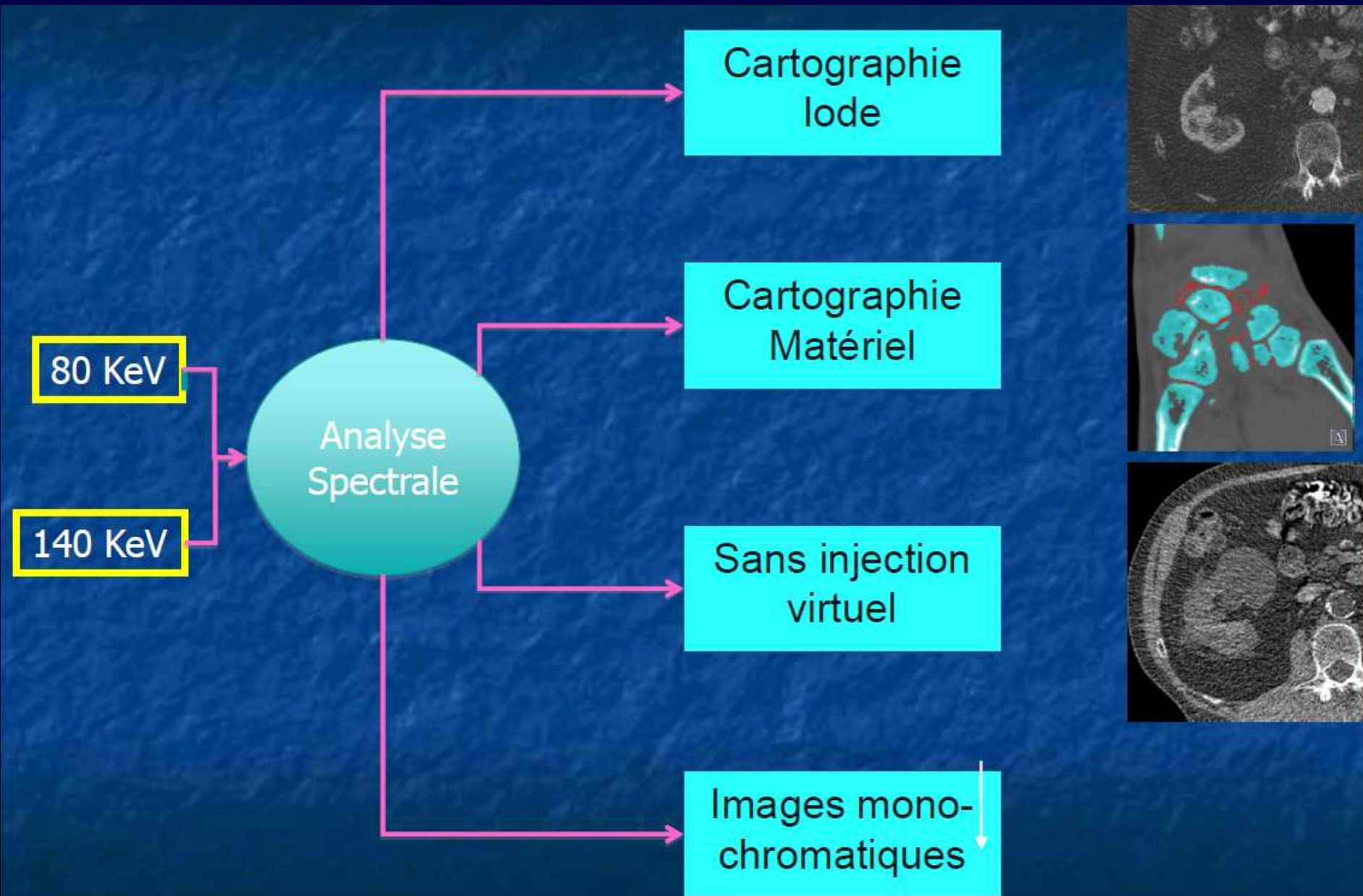
70 keV



Image
Monochromatique:

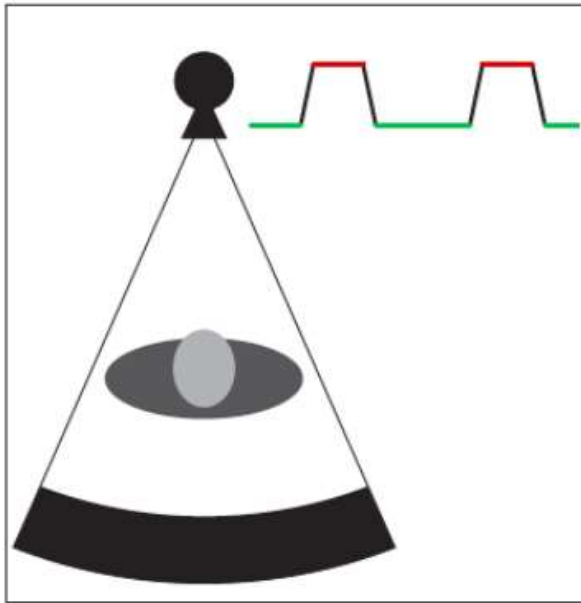
- Contraste ↗
- Bruit ↘

Applications

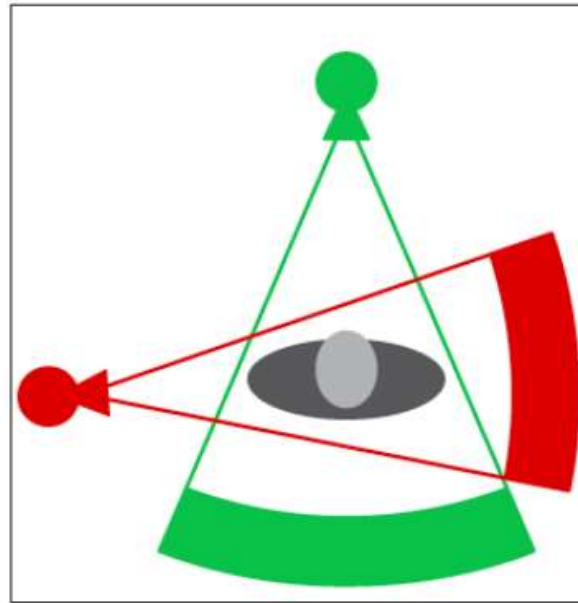


Techniques d'acquisition en double énergie

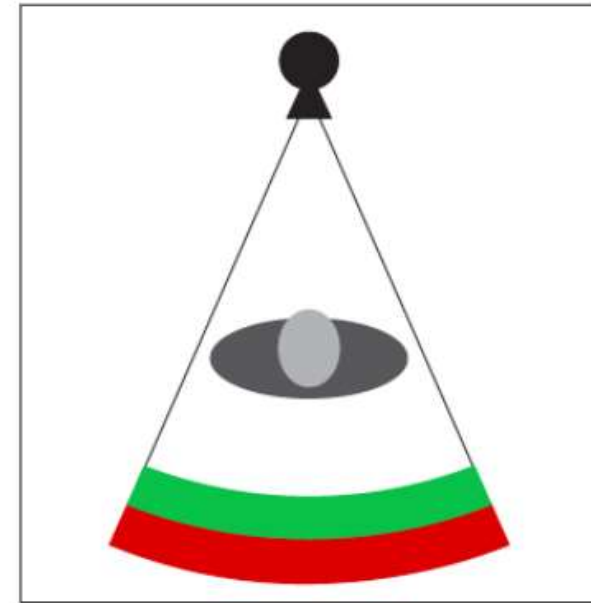
- ▷ Acquisitions à 80 keV et 140 keV
- ▷ 3 méthodes différentes par 3 constructeurs :



Même détecteur



Deux détecteurs



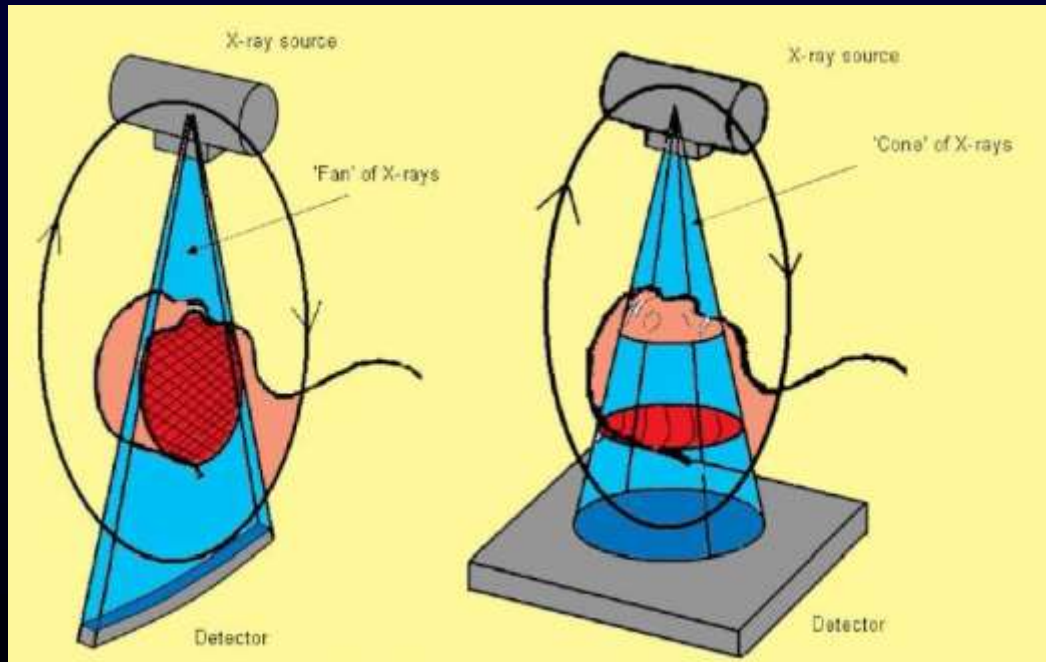
Détecteur
Sandwich

4/4

Nouvelles modalités
dérivées du scanner

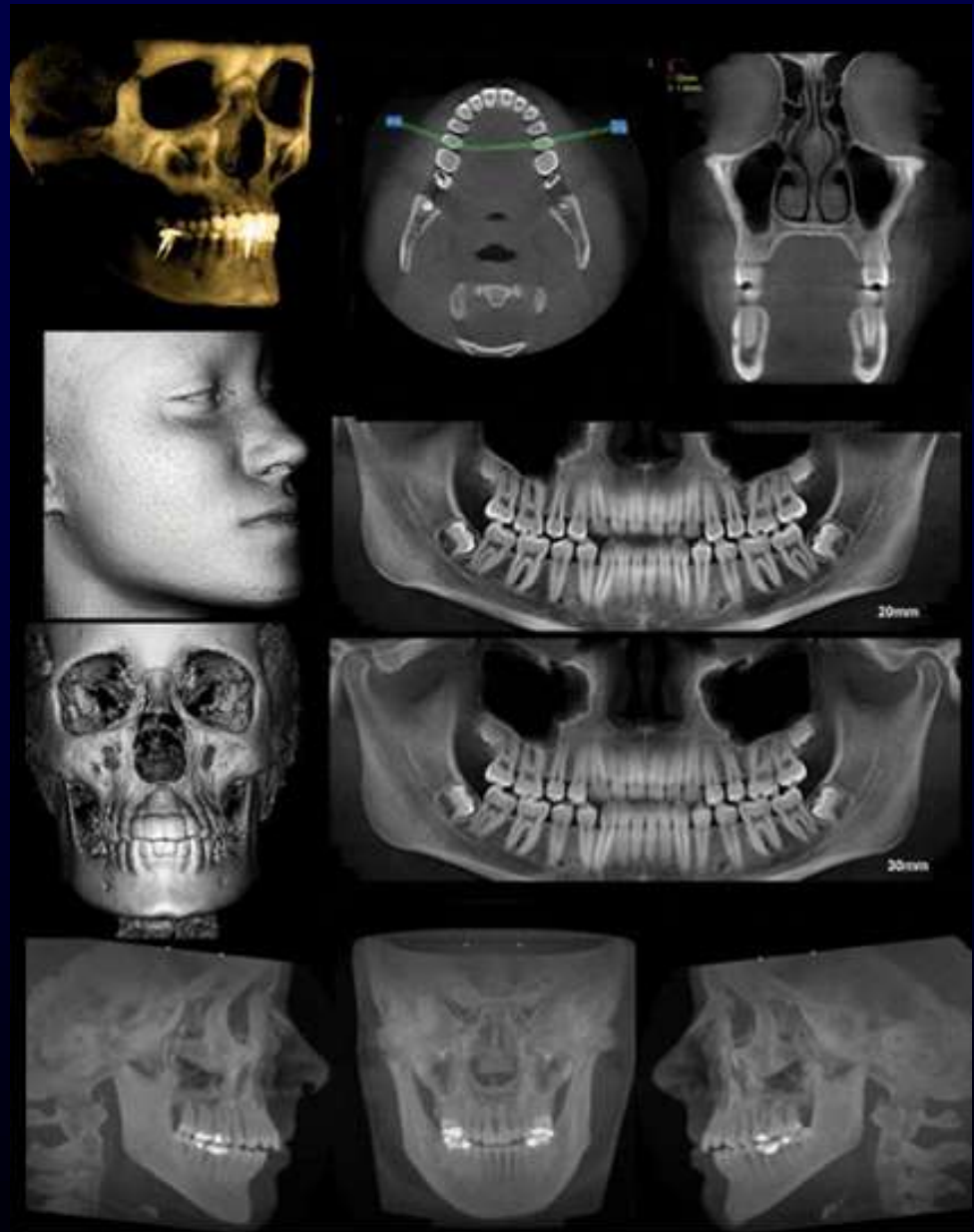
Cone-Beam CT

▷ Barrettes de détecteurs du scanner remplacées par un capteur plan



Cone-Beam CT

▷ Applications
en imagerie
dentaire /
maxillo faciale



Angiographie 3D

- ▶ La rotation du système capteur plan permet une acquisition volumique en coupes
- ▶ vs. TDM conventionnelle : temps d'acquisition \uparrow , résolution en contraste \downarrow , problème des collisions

