

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 iterative
- ▶ 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

The diagram illustrates the principle of an air cushion vehicle (hovercraft). It shows a red hull supported by a thin layer of air between it and a red surface. Four propellers at the bottom (labeled 1, 2, 3, 4) blow air upwards to create this cushion. The photograph shows the Brilliance iCT scanner gantry mounted on a similar air cushion system.

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 :

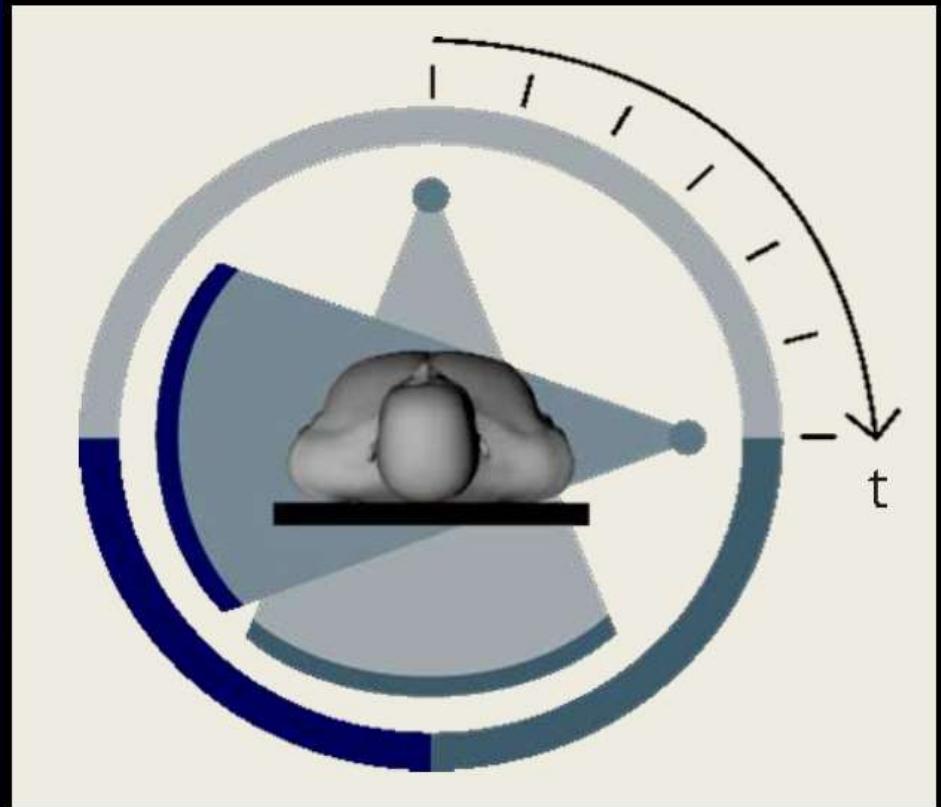
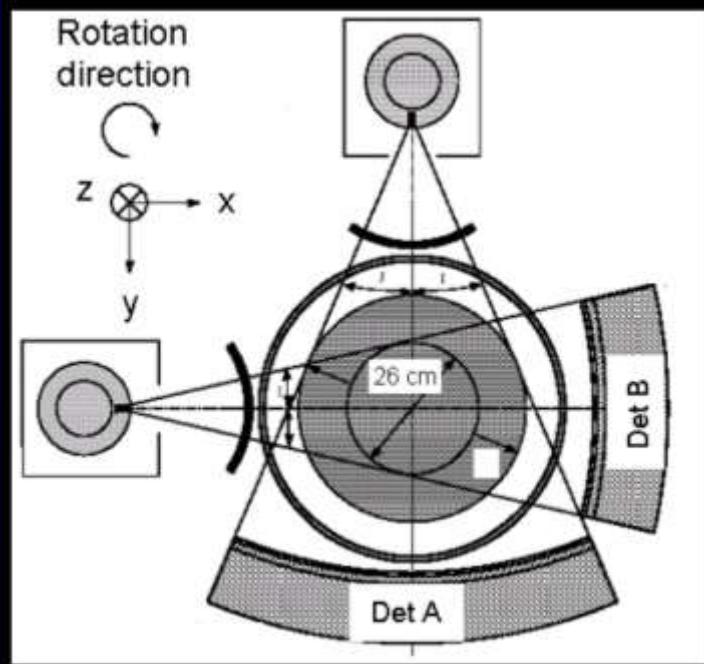
- résolution temporelle volumique
- cœur
- ...

Acquisitions ultra-rapides :

Scanners bi-tubes

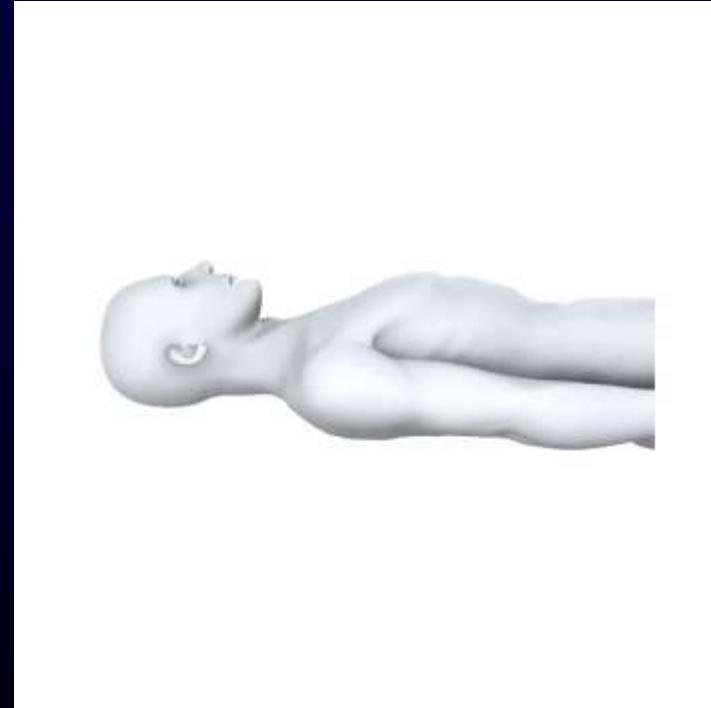
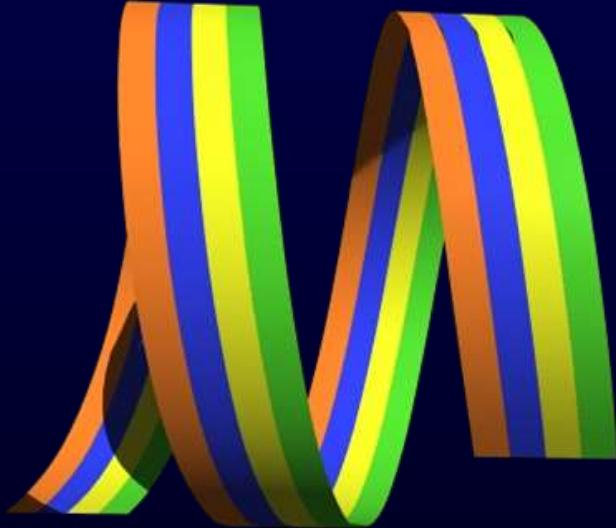
Le scanner bi-tubes bi-déTECTEURS

- ▶ 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 :



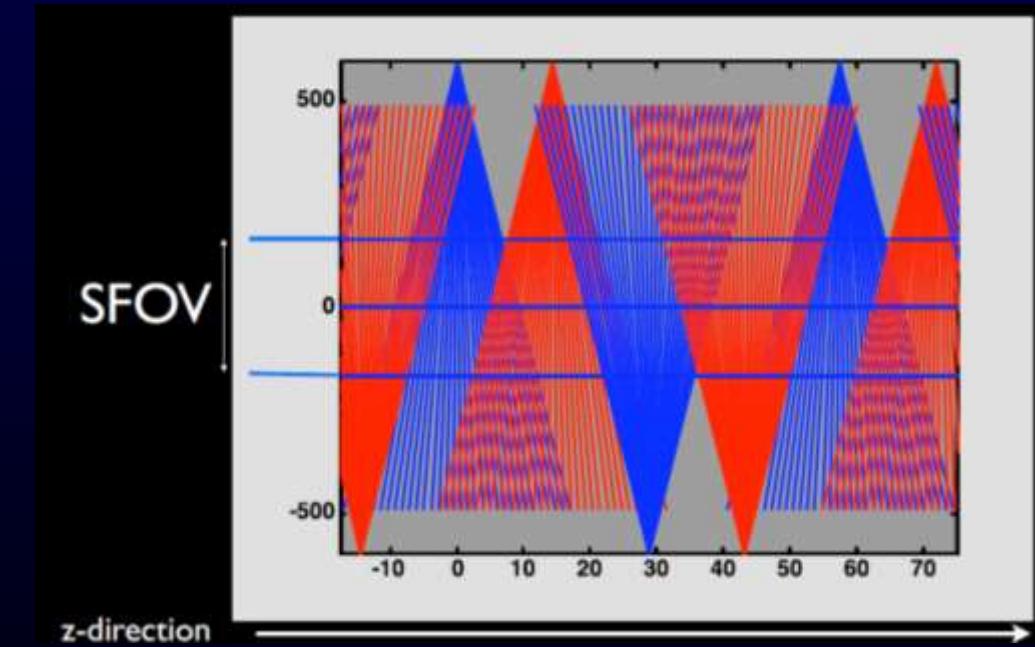
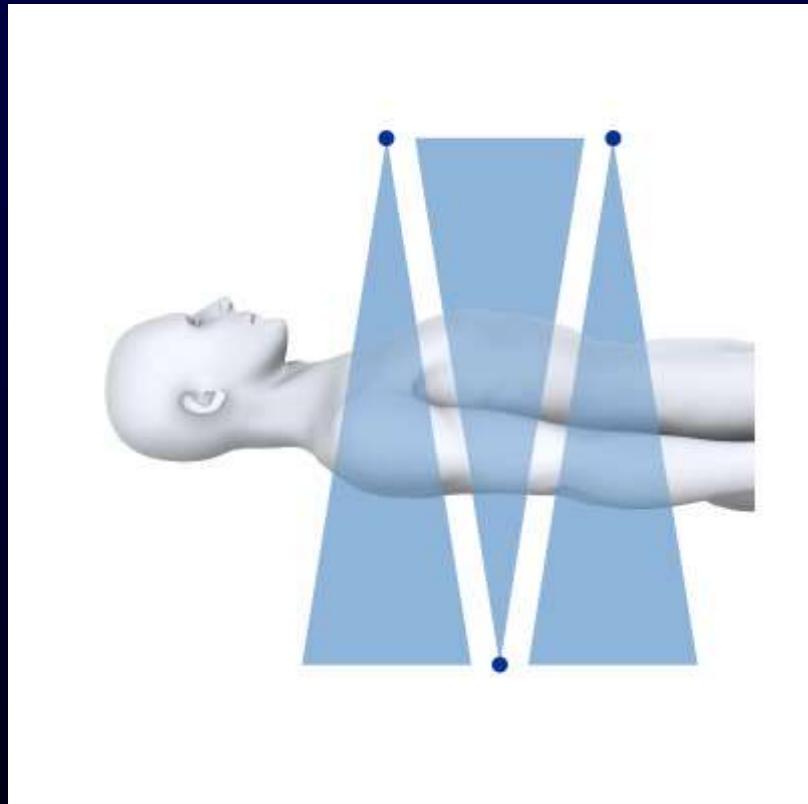
Mono-tube :

Zones du volume mal couvertes si on dépasse un pitch de 1,5

Le scanner bi-tubes bi-déTECTEURS



- ▷ Possibilité d'augmenter le pitch :

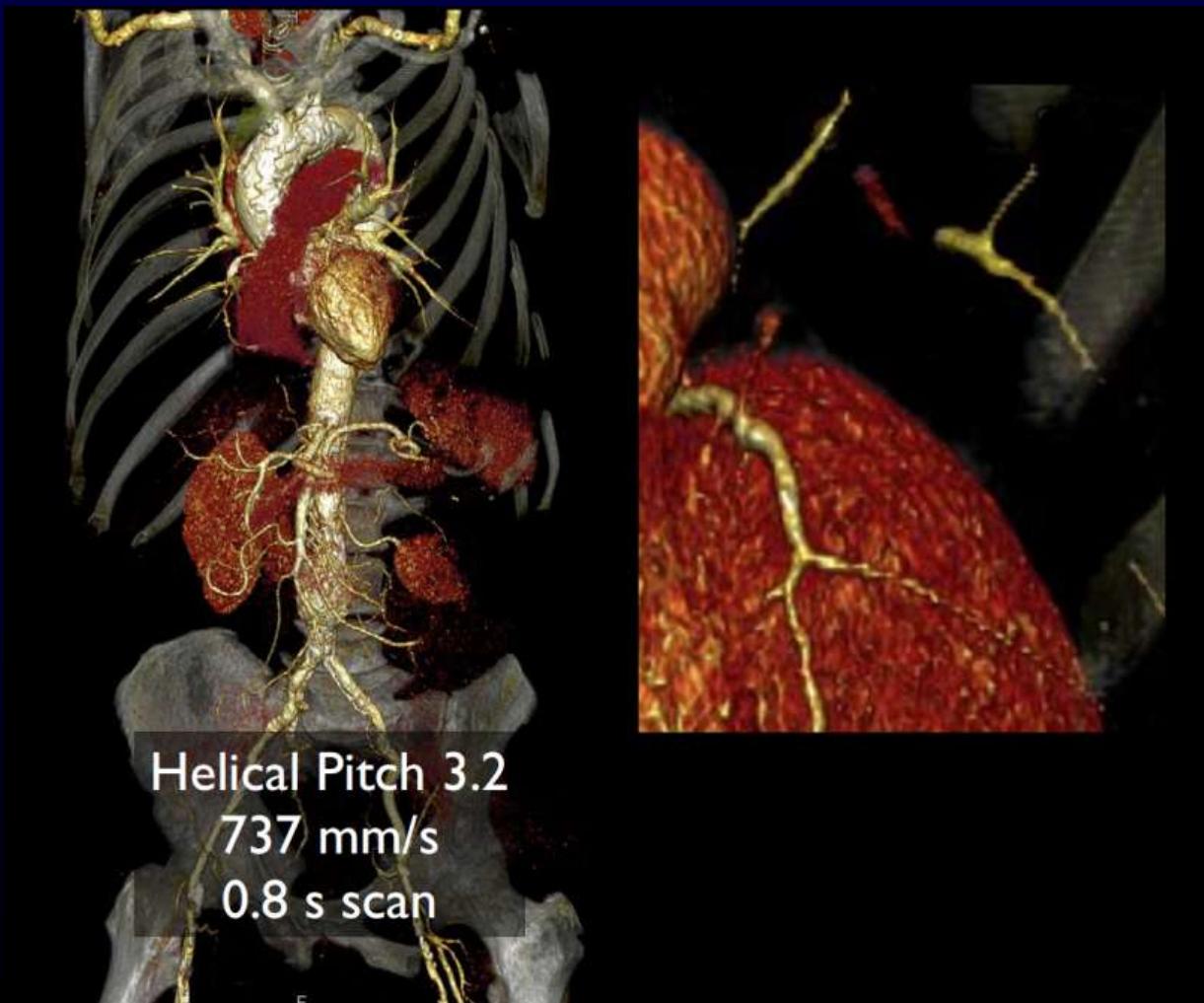


Bonne couverture du volume en bi-tube même avec un pitch > 3

Le scanner bi-tubes bi-déTECTEURS

► Applications :

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

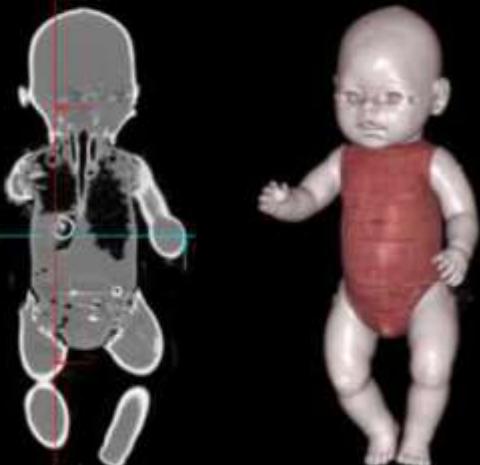


Le scanner bi-tubes bi-déTECTEURS

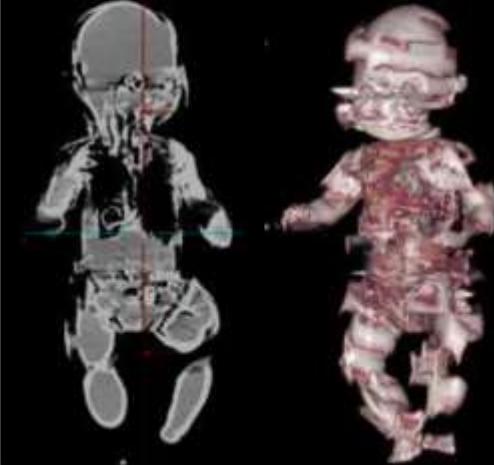
► Applications :

Scanner pédiatrique sans sédation

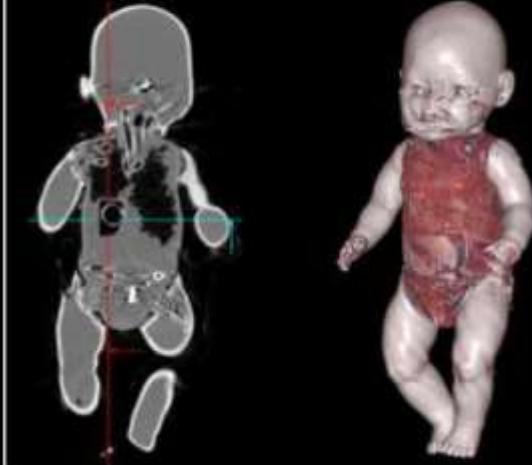
**Acquisition standard
avec sédation**



**Acquisition standard
sans sédation**



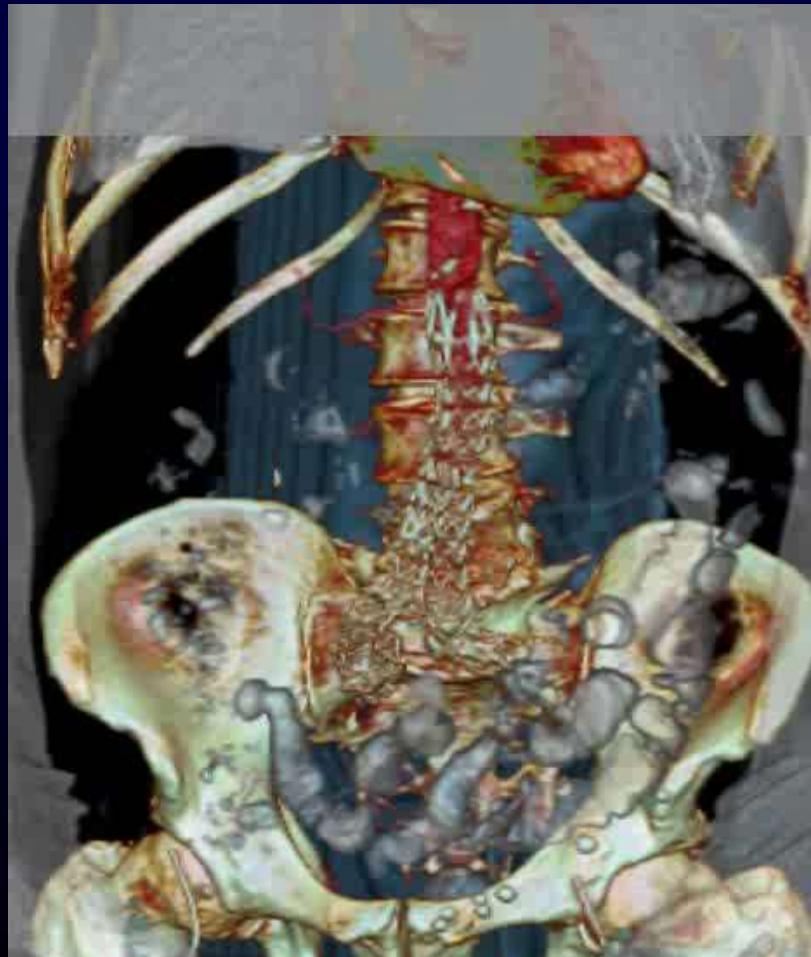
**Acquisition bi-tube
sans sédation**



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”)

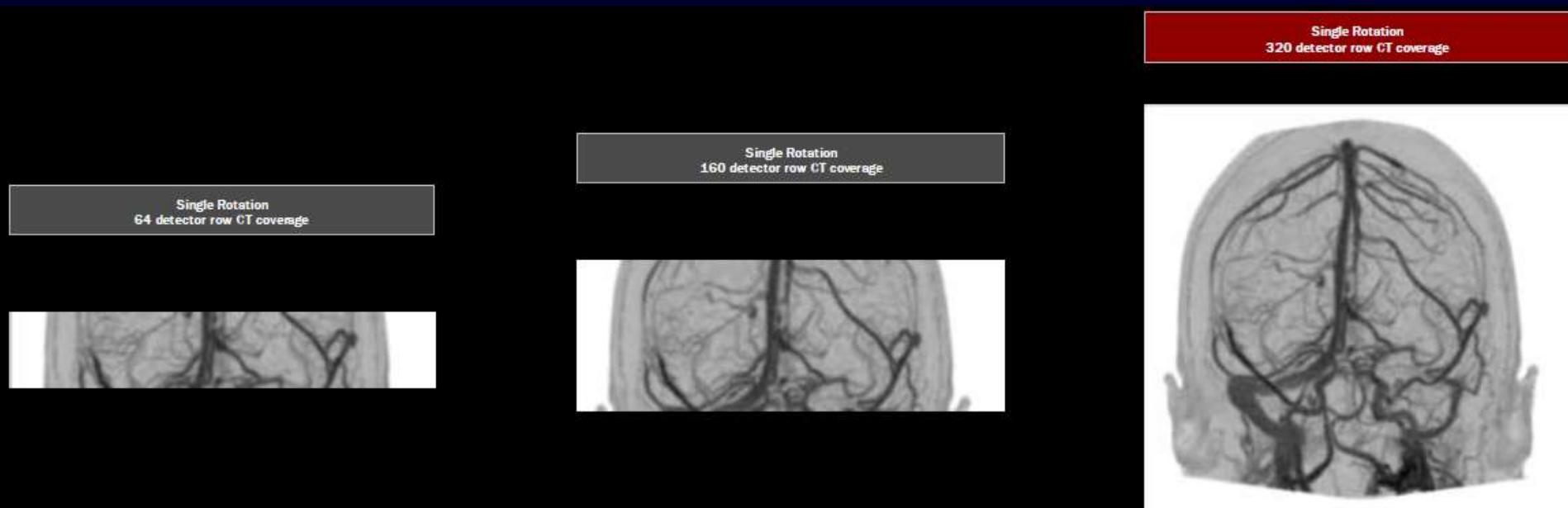


Le scanner à large détecteur

- ▷ 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
- Coeur ou crâne acquis en 1 seul tour



Le scanner à large détecteur

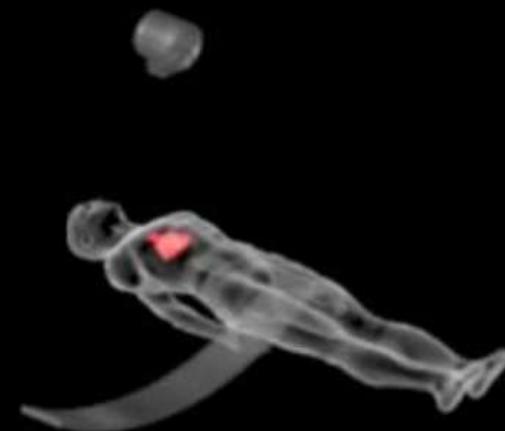
► Historique :

- 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

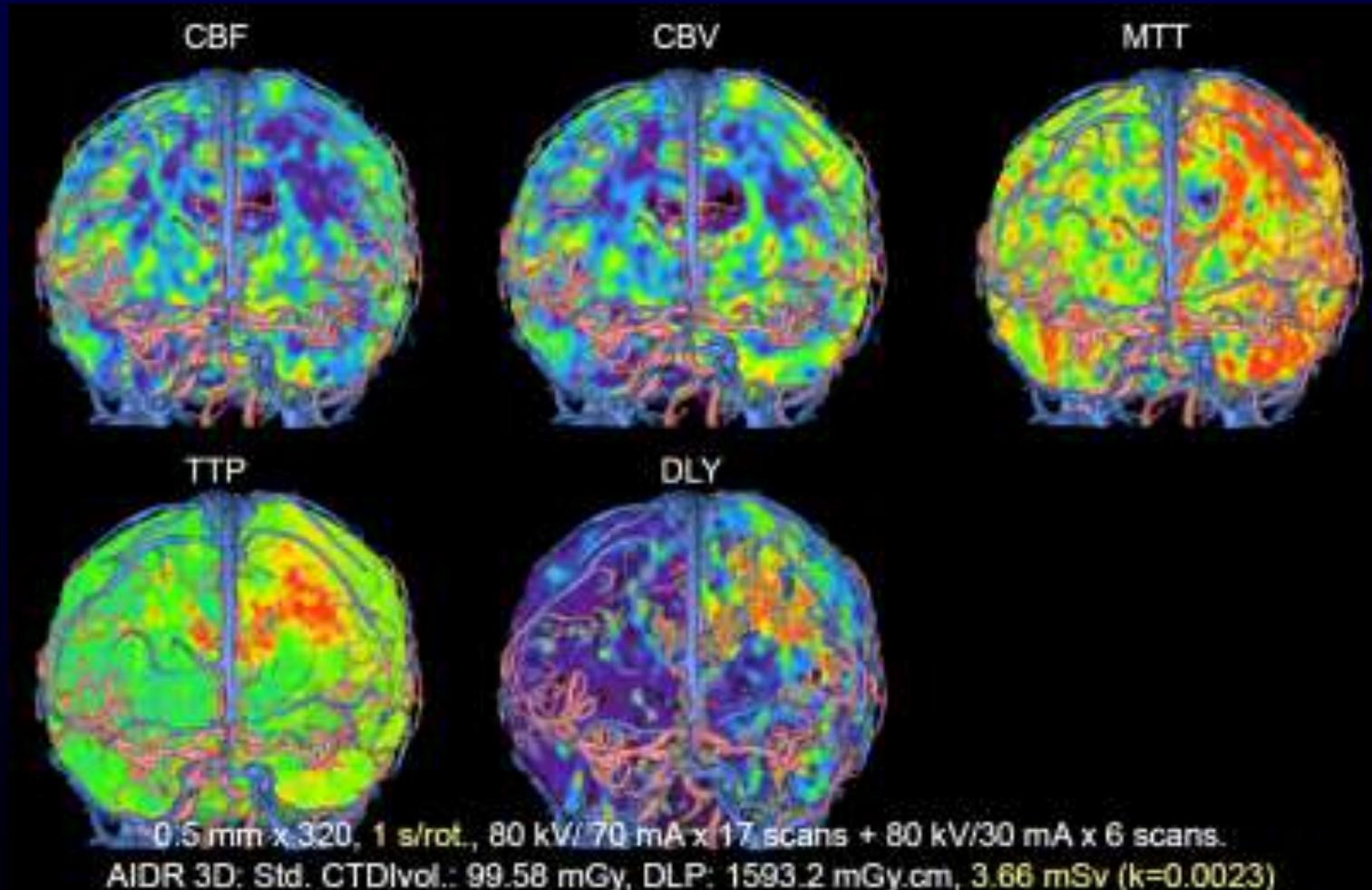
► Applications :

Visualisation 3D dynamique du rehaussement



Le scanner à large détecteur

- ▶ Applications :
Etudes de perfusion

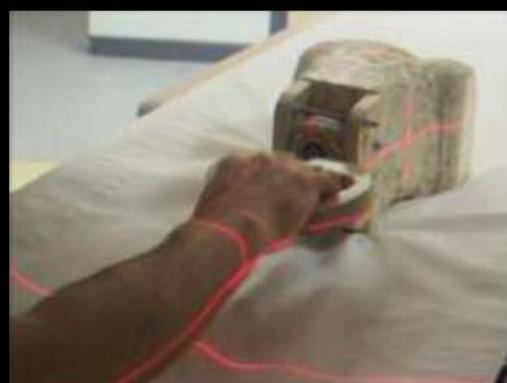


Le scanner à large détecteur

▷ Applications :
Etude 4D du mouvement



W 256 - L 127

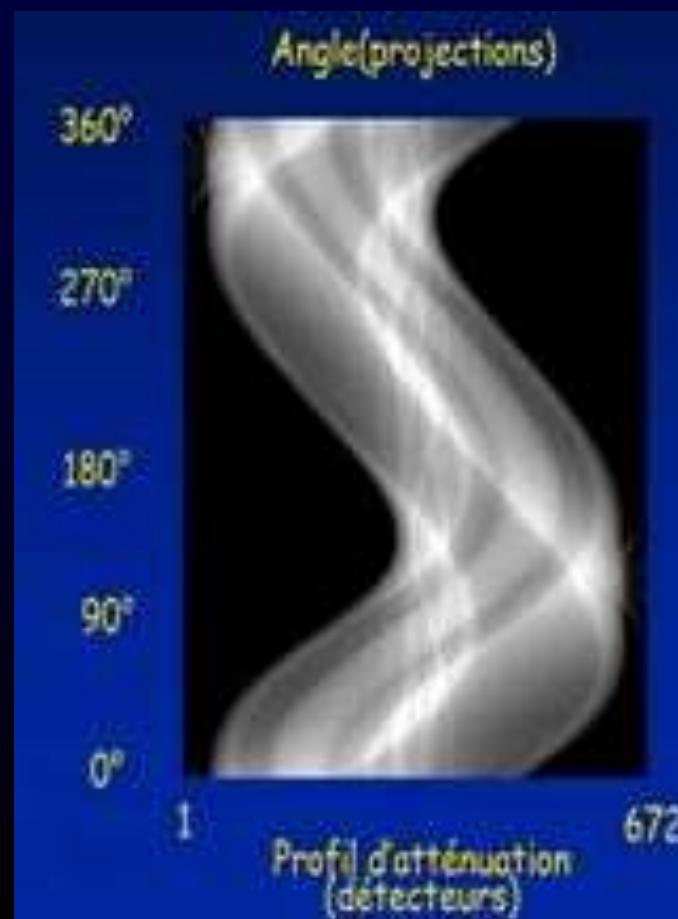


2/4

Nouveaux algorithmes de calcul des images

Rappels

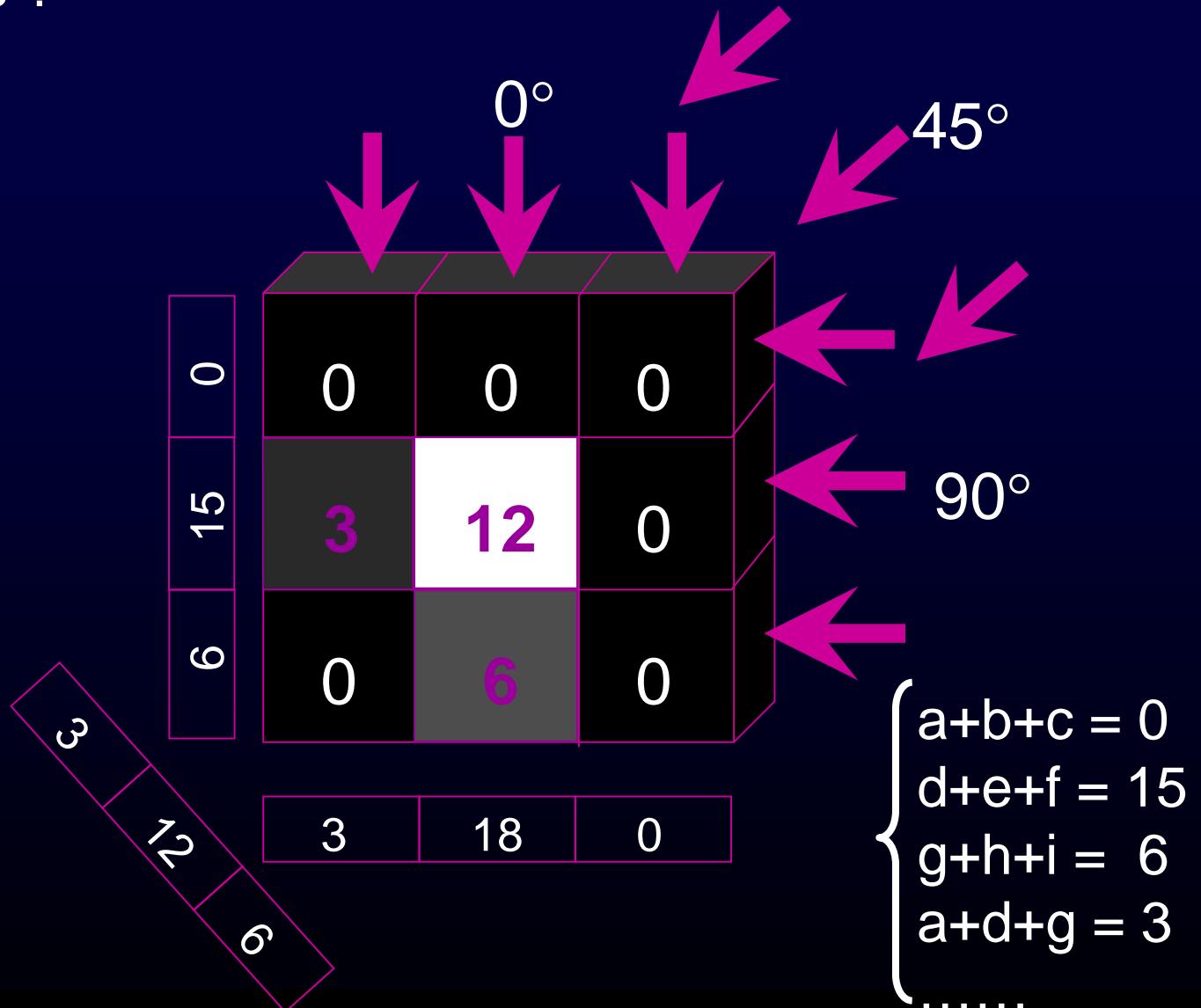
- ▶ Ensemble des mesures d'atténuation recueillies = données brutes / “raw data” / Sinogramme



Reconstruction d'une image 512x512 :

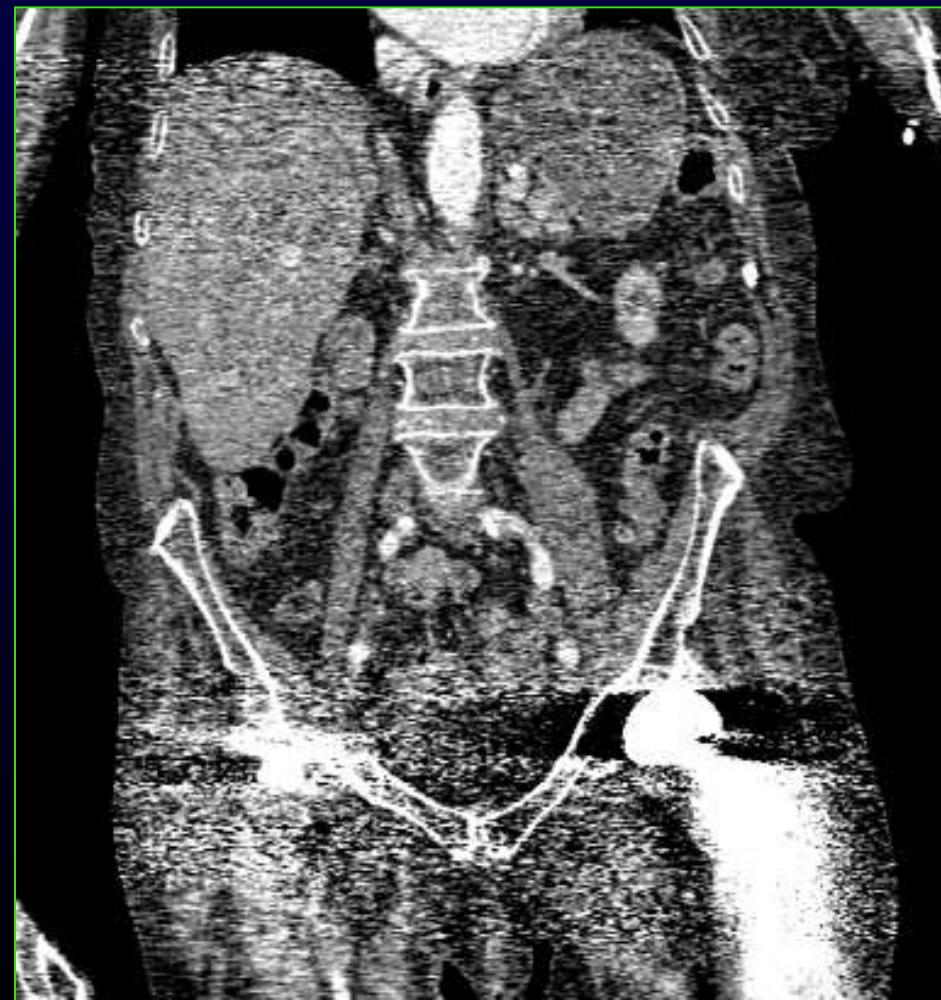
Système de 262 144 équations avec
262 144 inconnues ?

→ Impossible :
trop complexe,
temps de calcul
trop long

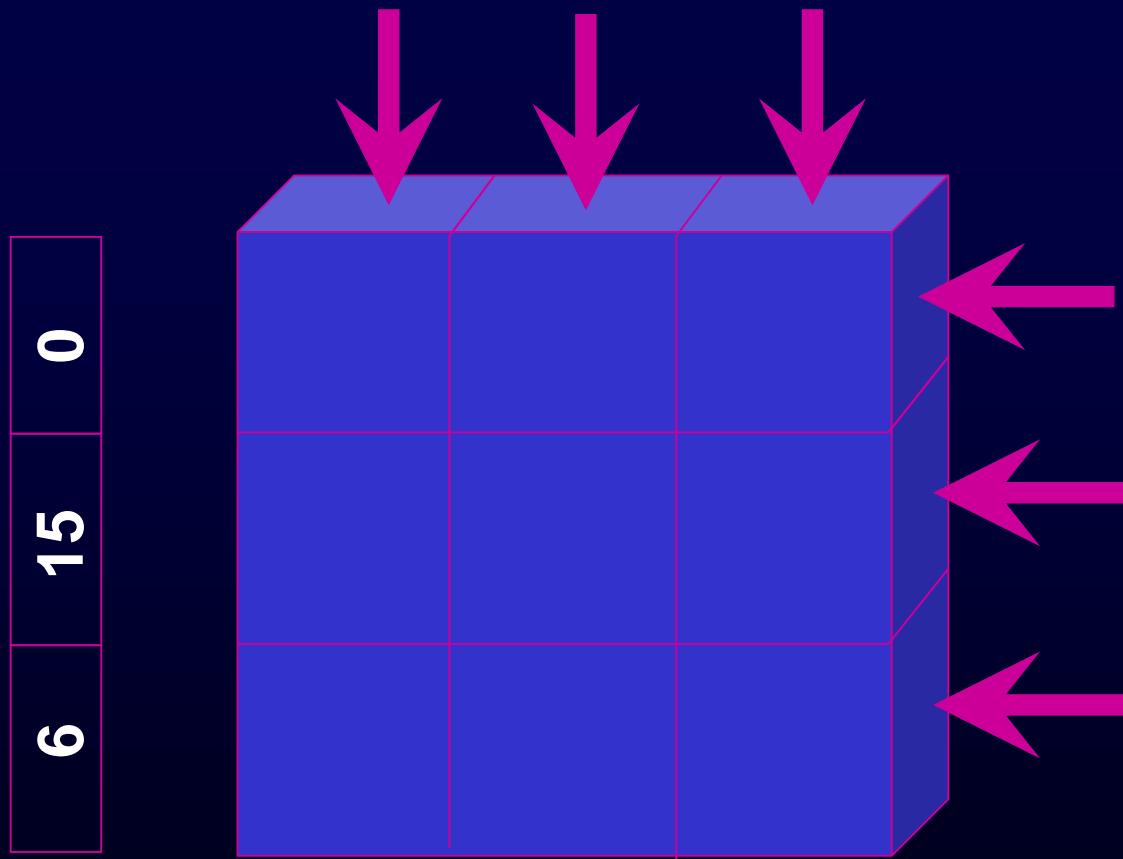


La rétroprojection filtrée

- ▷ Rapide
- ▷ Mais méthode approximative → sensible à la qualité des données brutes
 - Mauvaises images en cas de données bruitées ou incomplètes

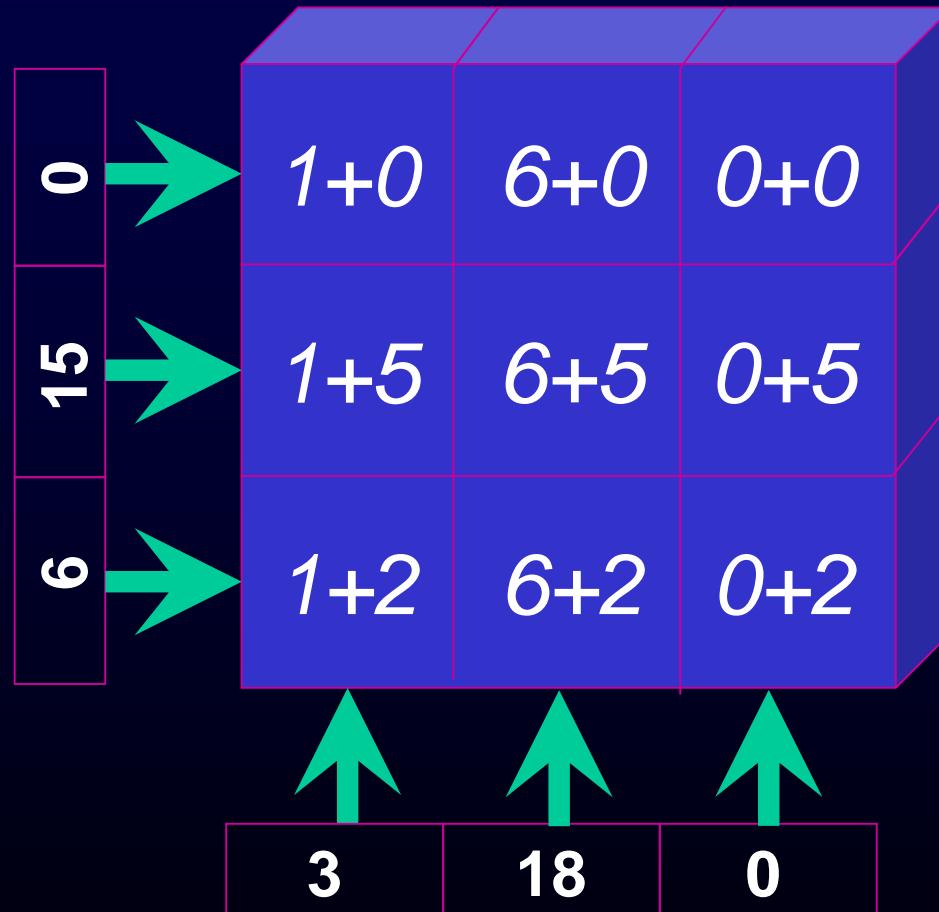


Rétro-projection :

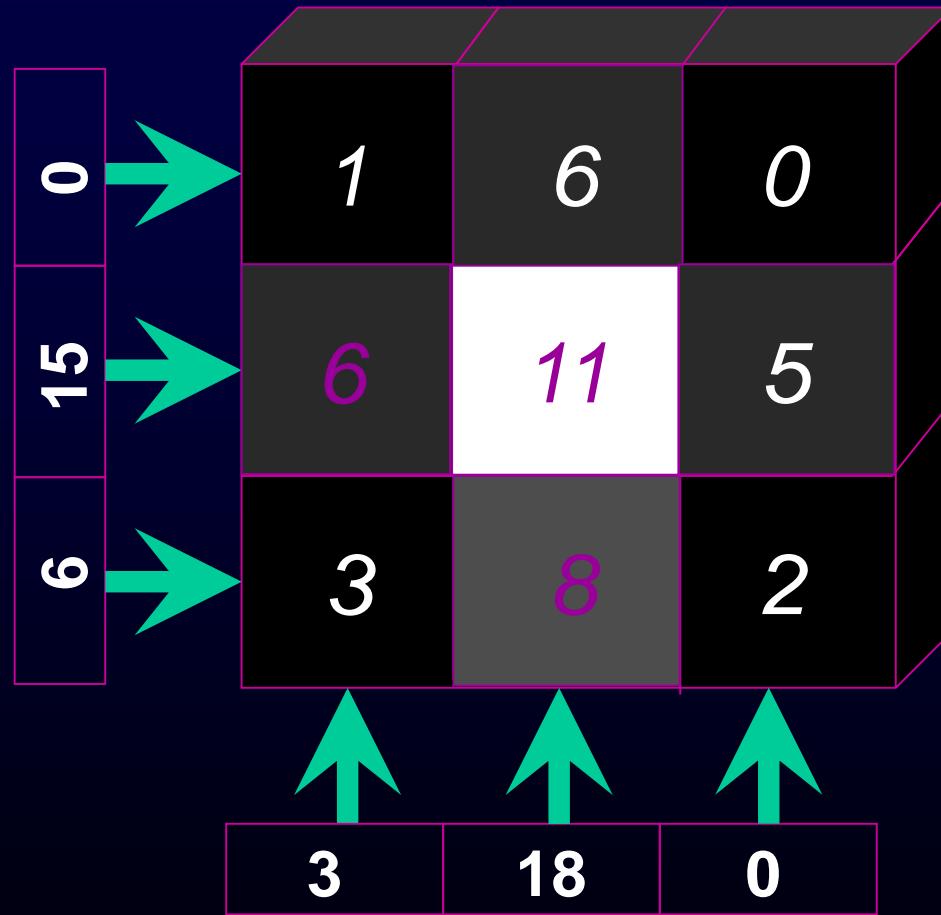


3	18	0
---	----	---

Rétro-projection :



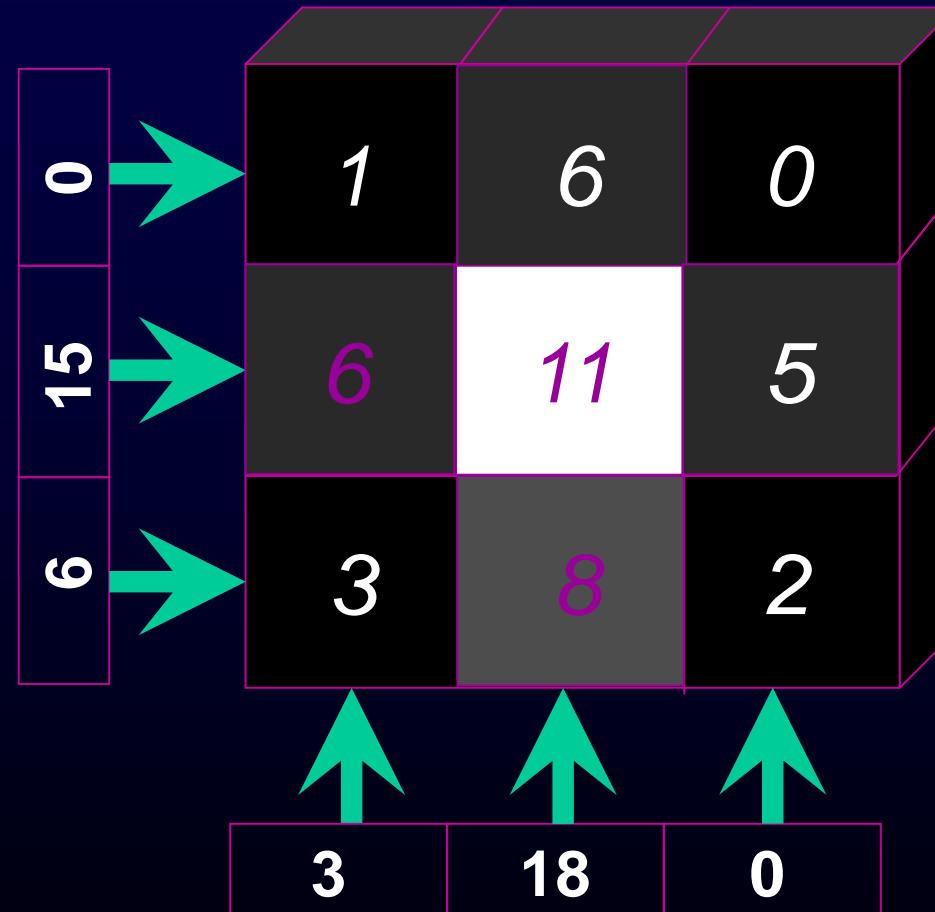
Calculé



0	0	0
3	12	0
0	6	0

Calculé

Réel



Nouveaux algorithmes de calcul des images :

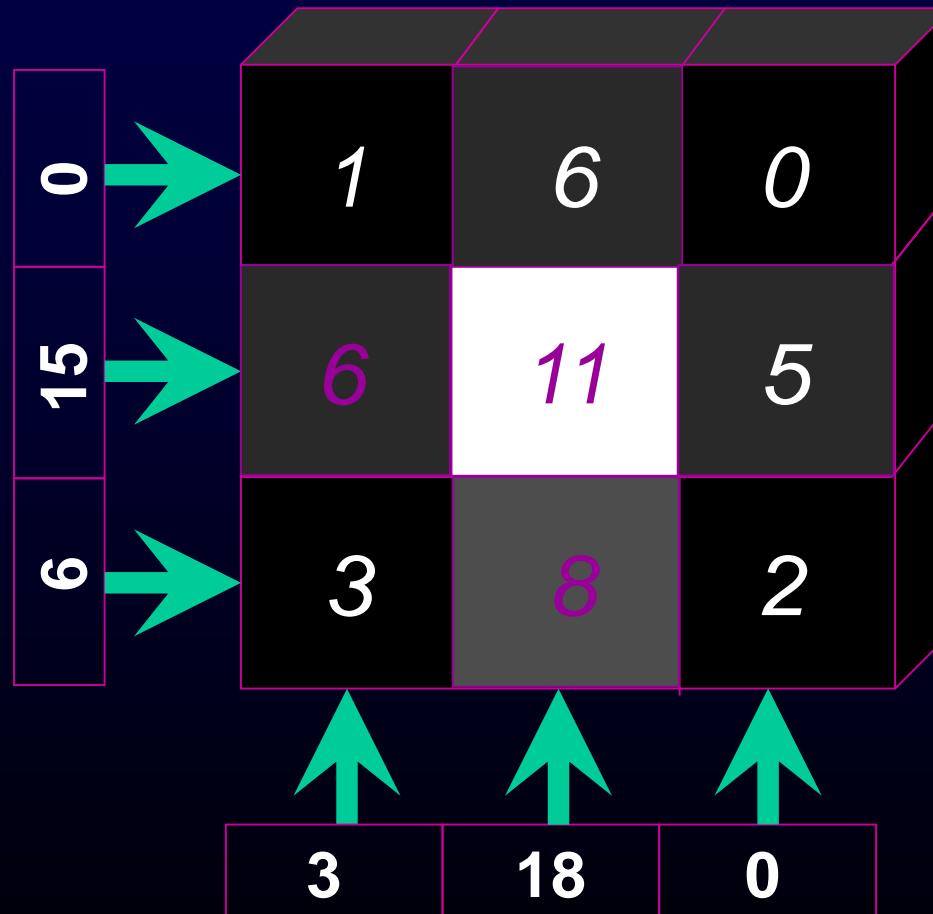
Reconstruction itérative

0	0	0
3	12	0
0	6	0

▷ Principe : Corriger les erreurs de la reconstruction initiale

Réel

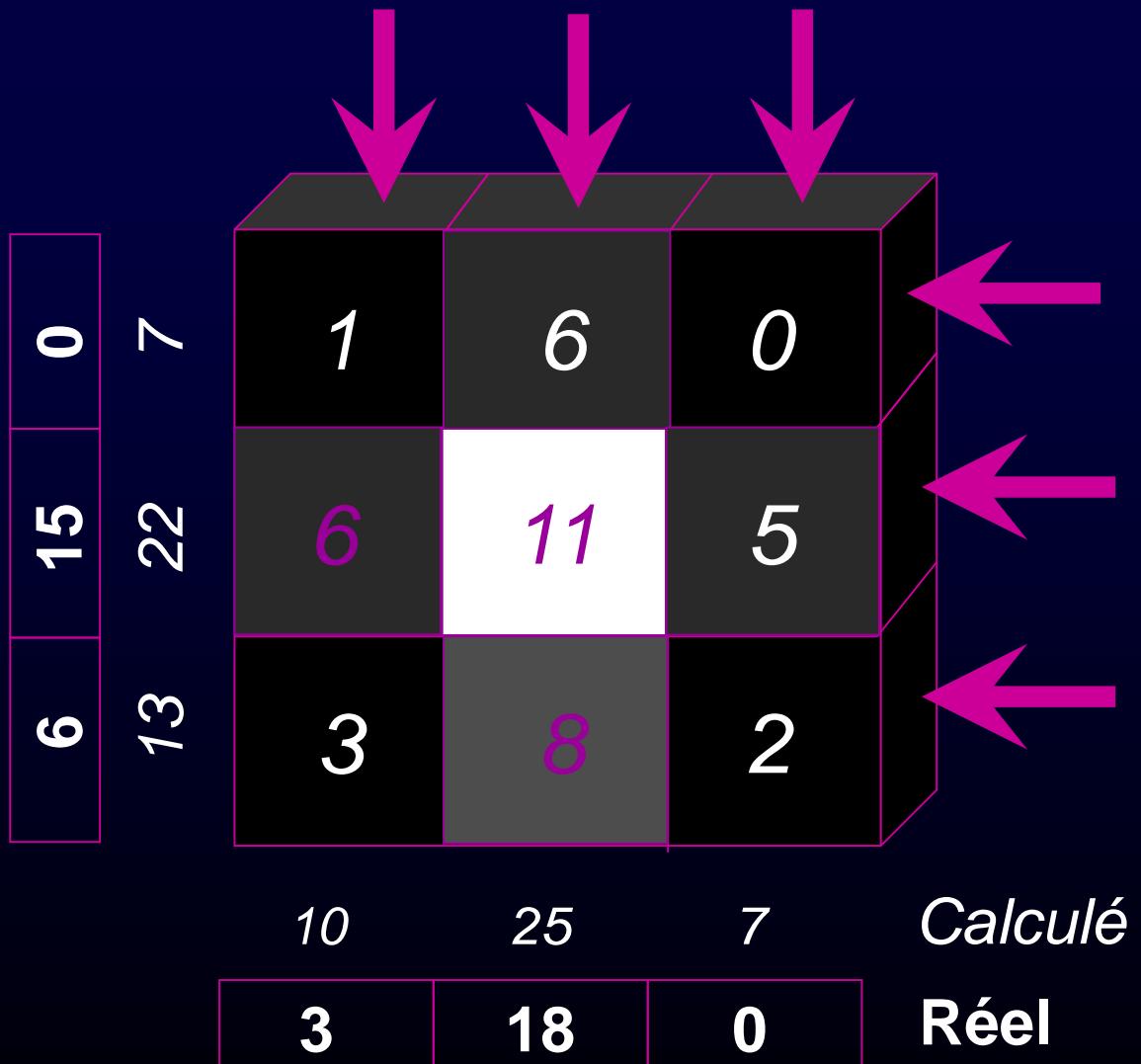
Calculé



0	0	0
3	12	0
0	6	0

Réel

▷ Principe : Corriger les erreurs de la reconstruction initiale



La reconstruction itérative

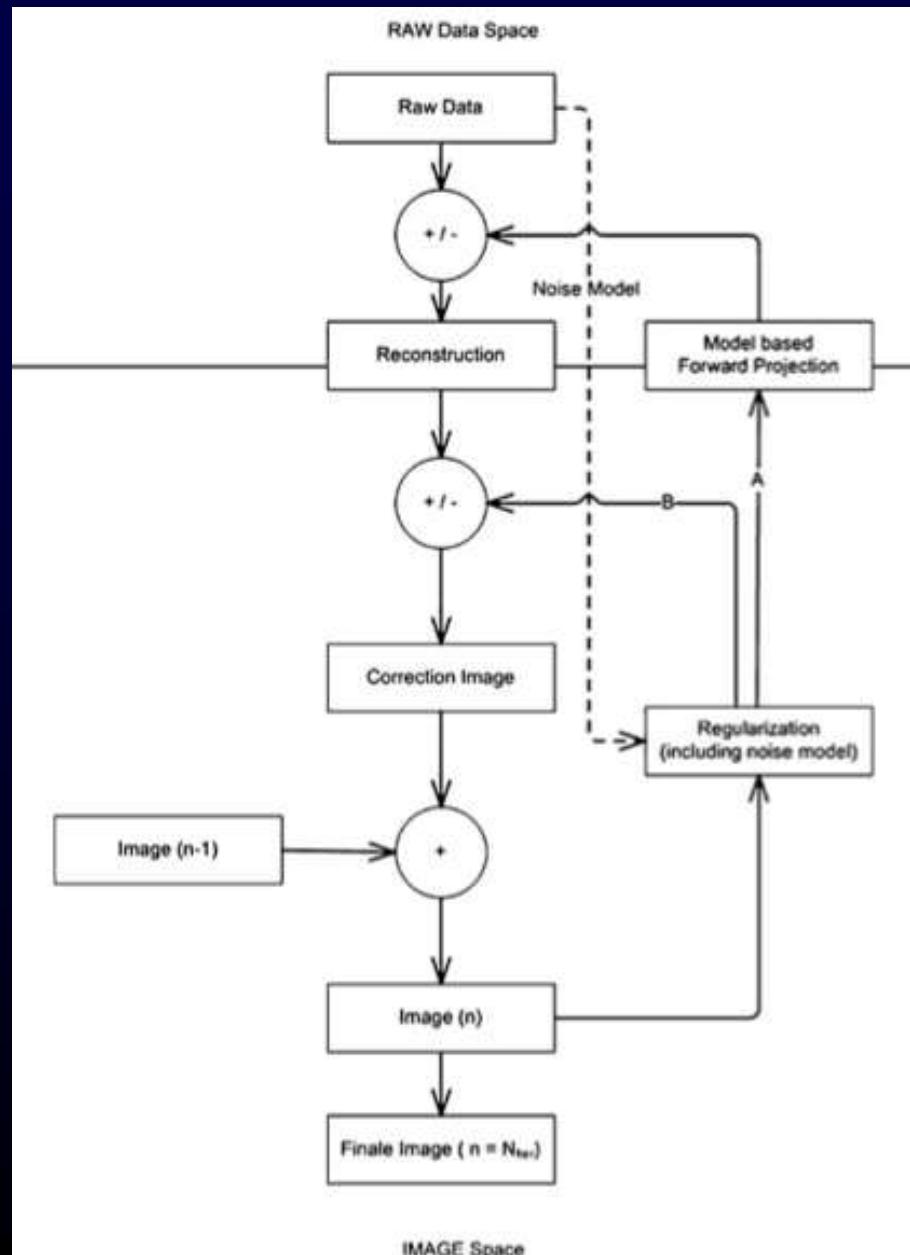
- ▷ Améliorer l'image en la corigeant petit à petit (par itérations successives), jusqu'à avoir la meilleure correspondance possible entre
 - l'image calculée finale
 - les données recueillies

La reconstruction itérative

- ▷ Améliorer l'image en la corrigéant 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



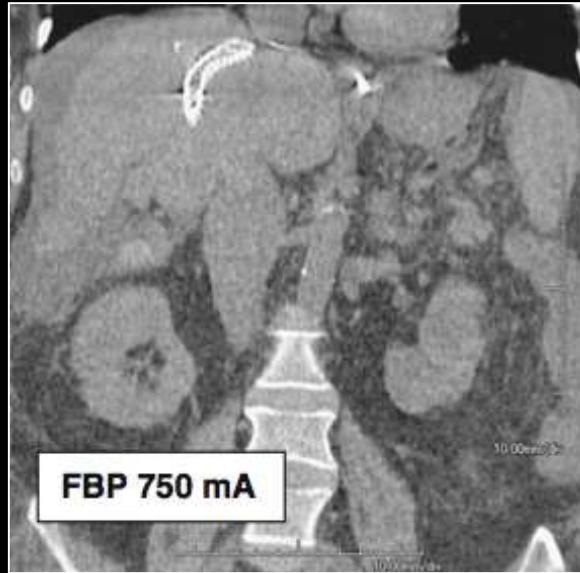
Rétro Projection Filtrée



Reconstruction itérative

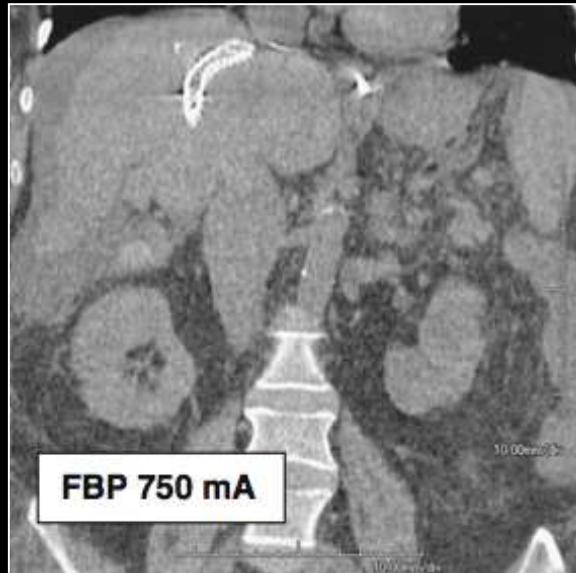
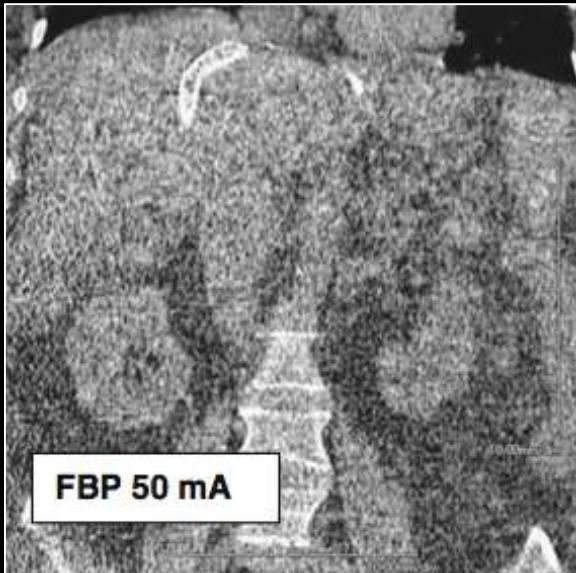
▷ Intérêt : Limiter l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



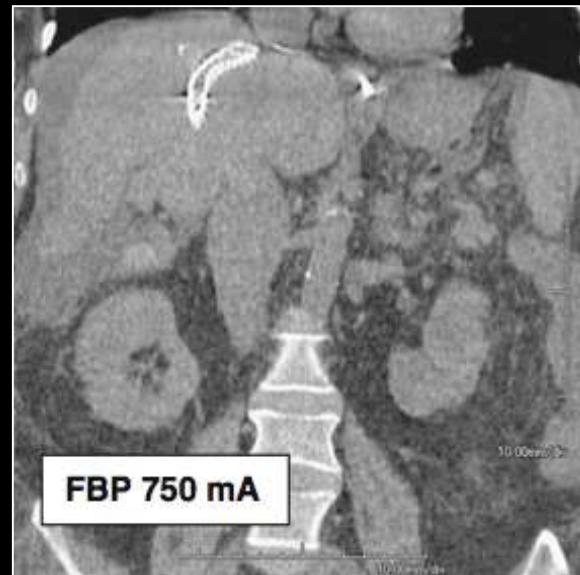
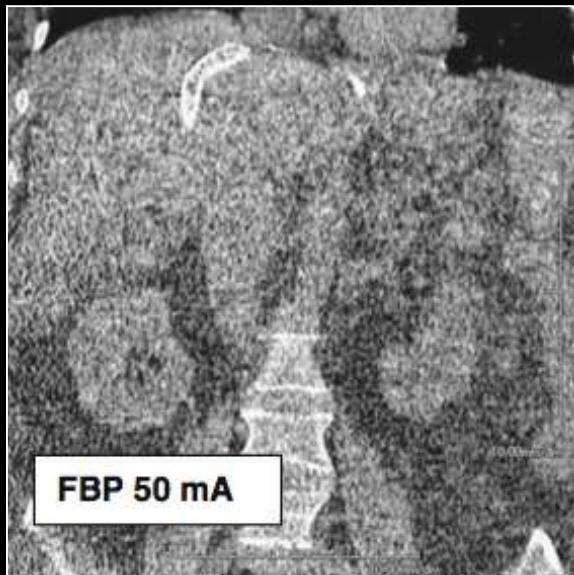
▷ Intérêt : Limiter l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



▷ Intérêt : Limiter l'irradiation

Rétro Projection Filtrée



Reconstr° itérative

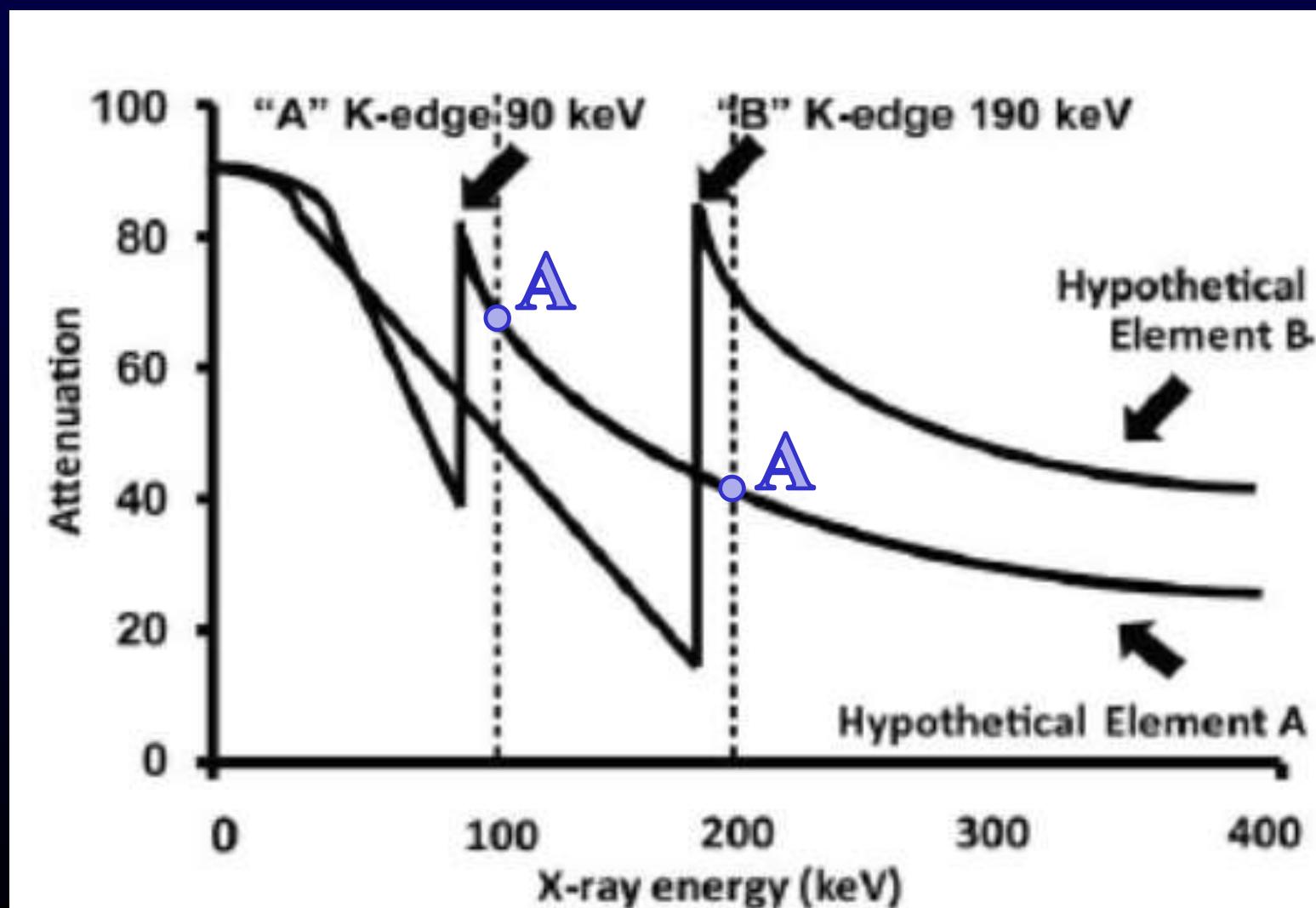


3/4

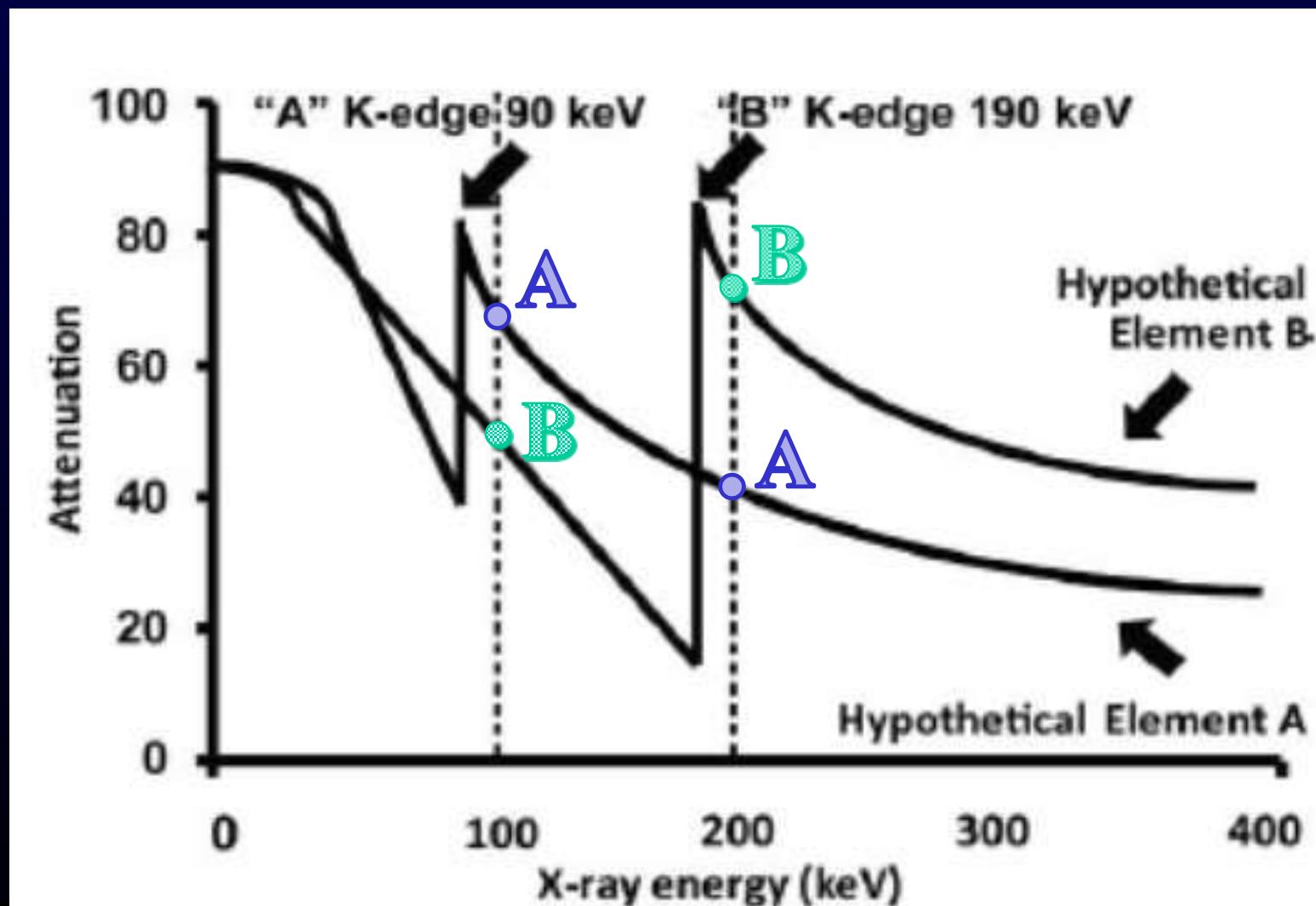
Scanner double énergie

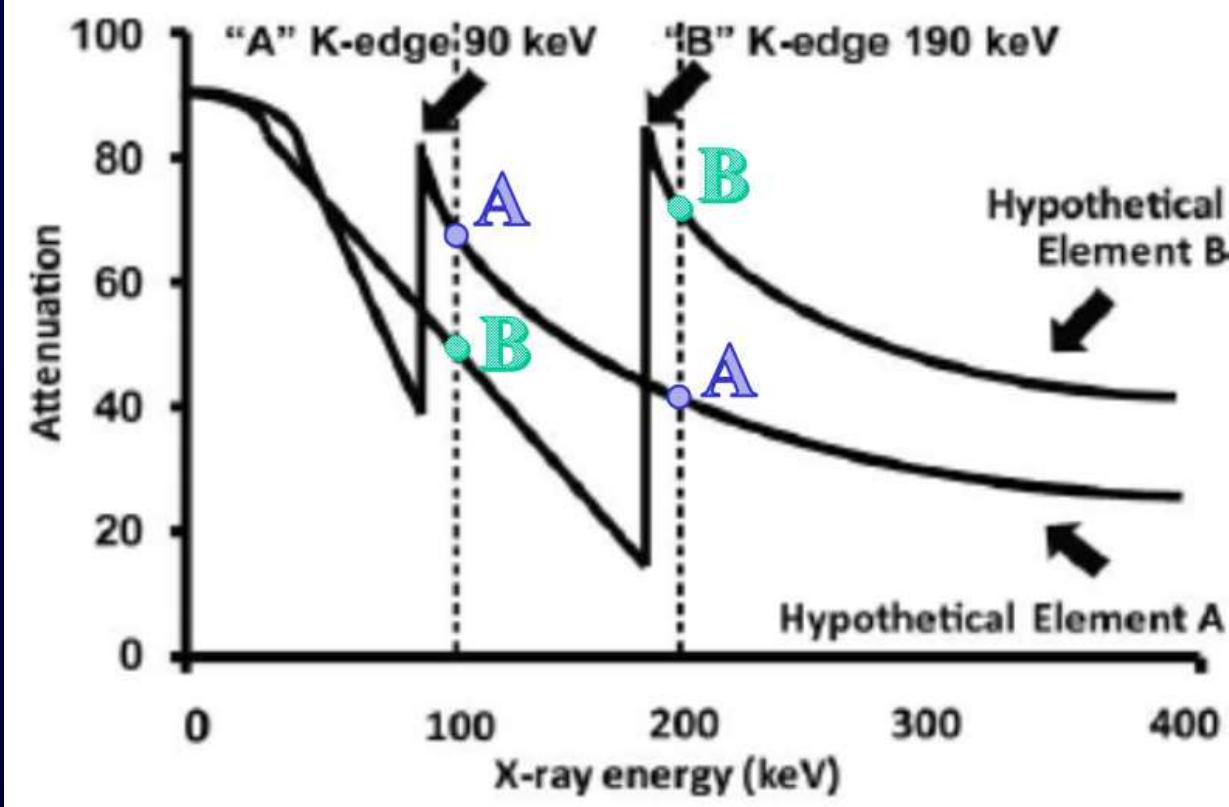
(Imagerie spectrale)

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



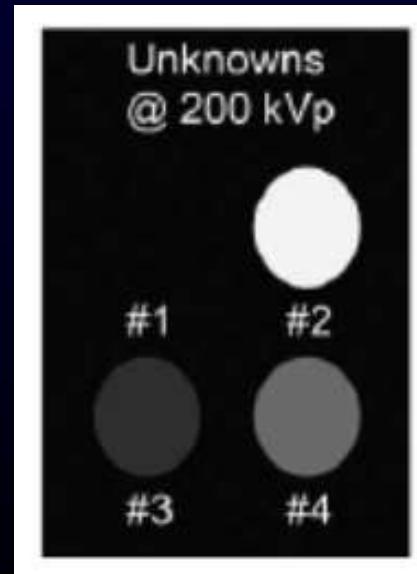
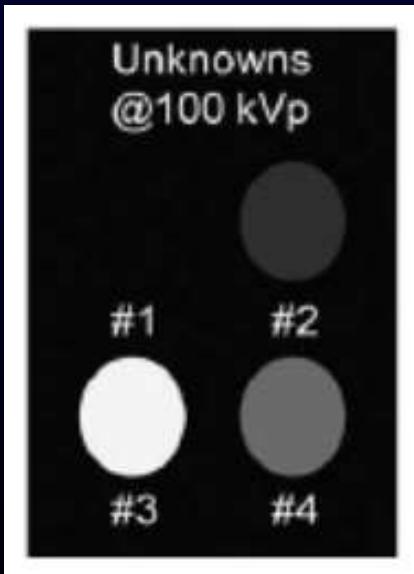
- ▶ Les matériaux (surtout ceux à Z élevé) présentent une atténuation différente en fonction du niveau d'énergie des rayons X

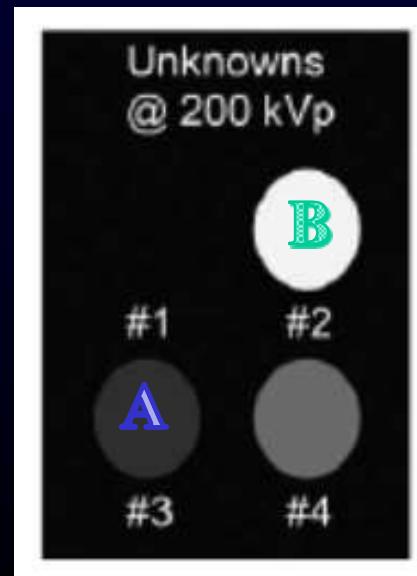
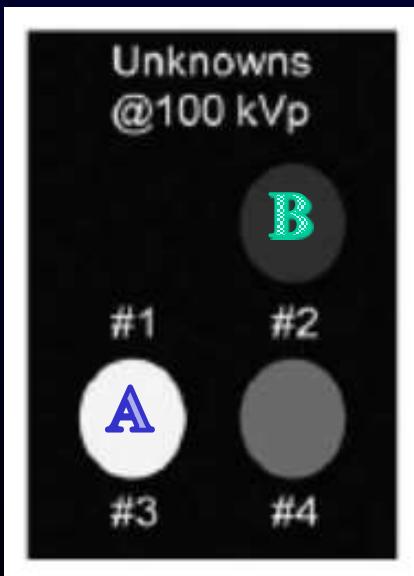
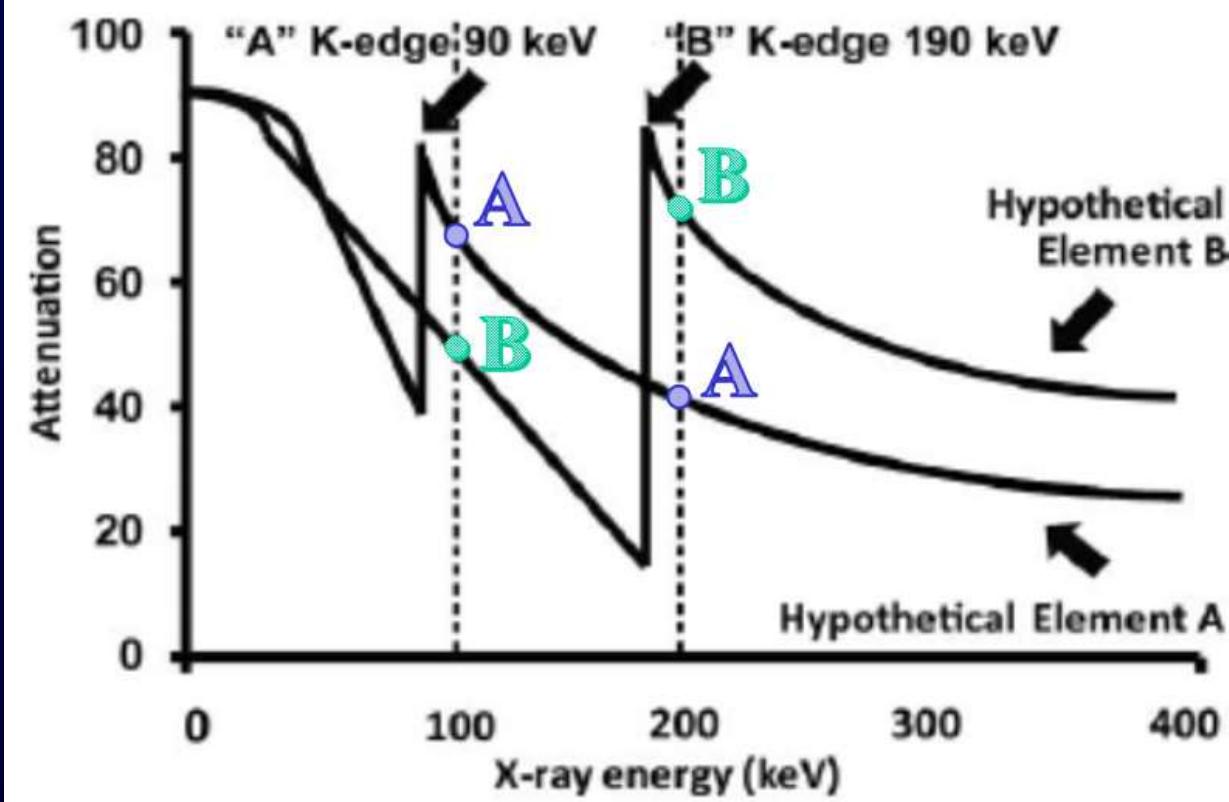




A ?

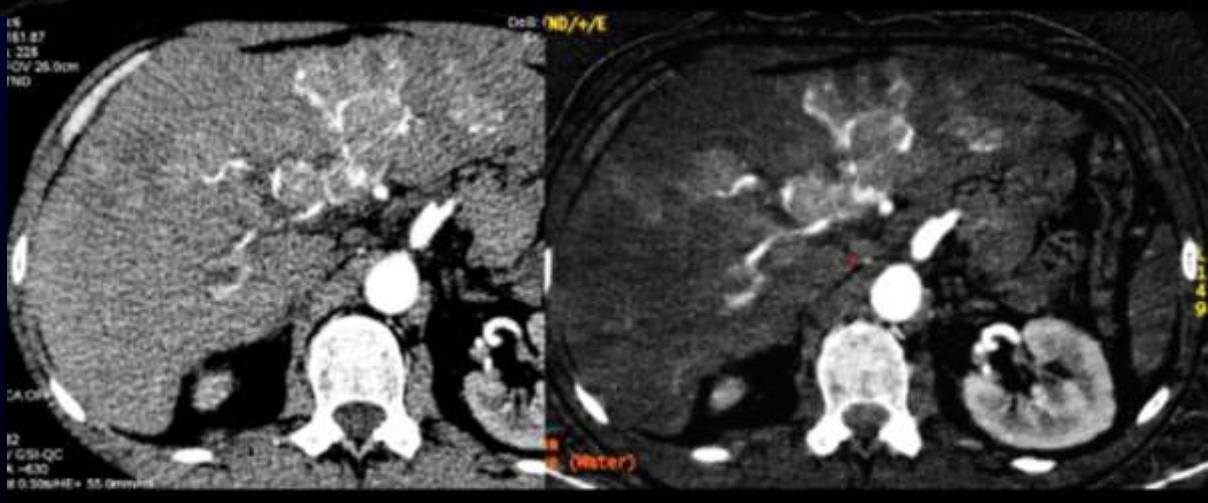
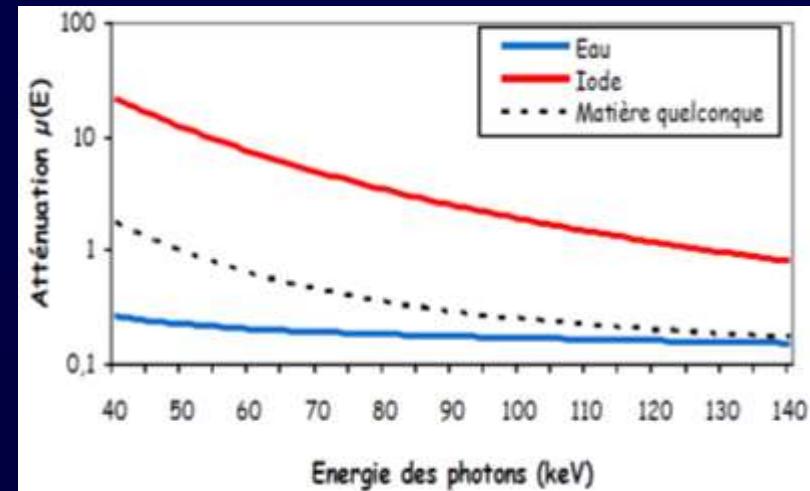
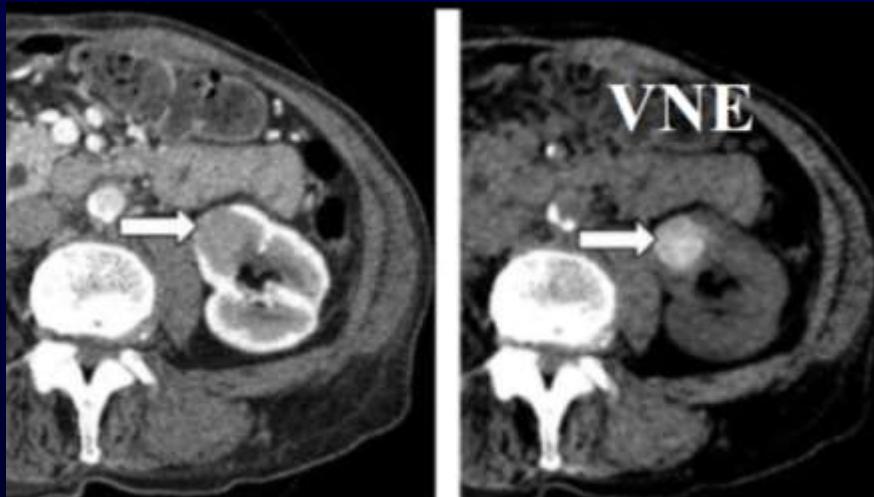
B ?





Applications

- ▶ Suppression de l'iode (“Virtual Non Enhanced”)

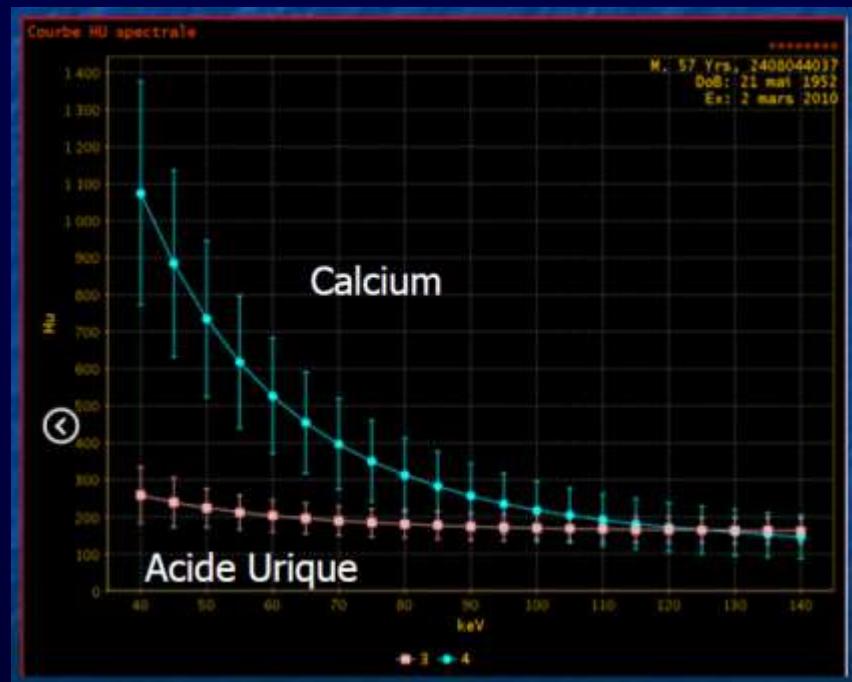
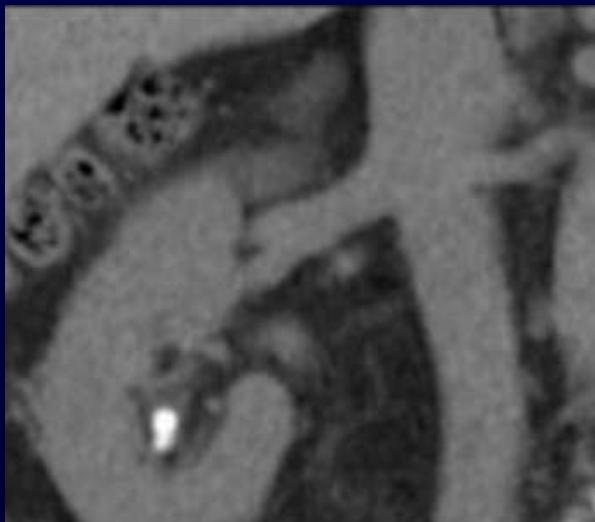


- ▶ Renforcement de l'iode

Imagerie standard

Imagerie spectrale - iode

Applications



- ▷ Identification de la composition des calculs

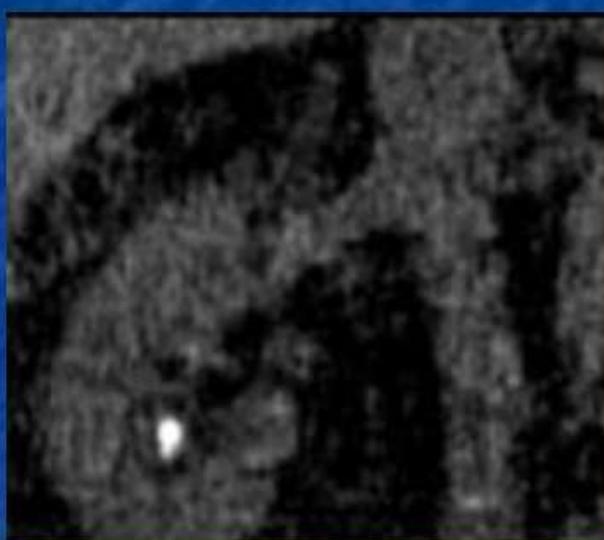


Image acide urique

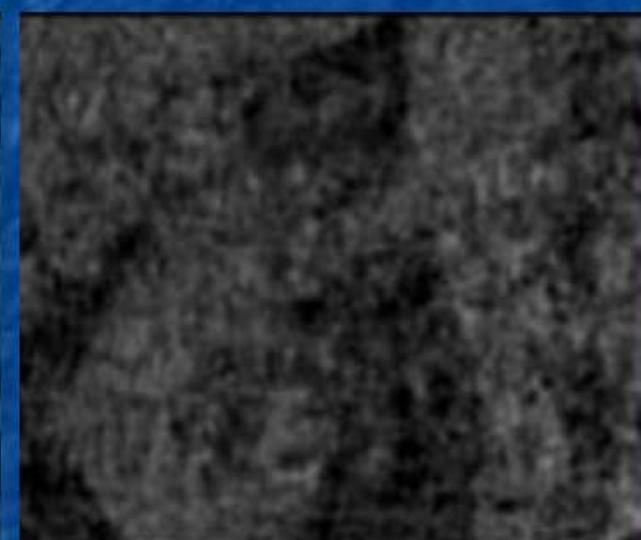
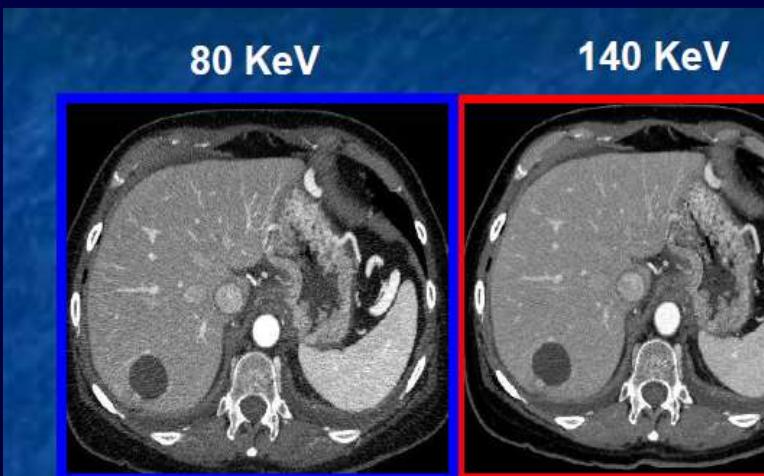


Image calcium

Applications

▷ Calcul d'images monochromatiques

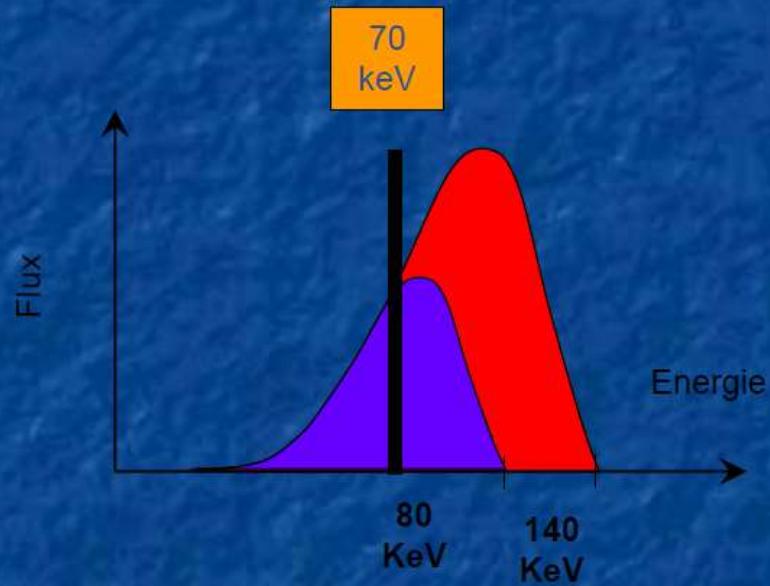


- Contraste ↗
- Bruit ↘

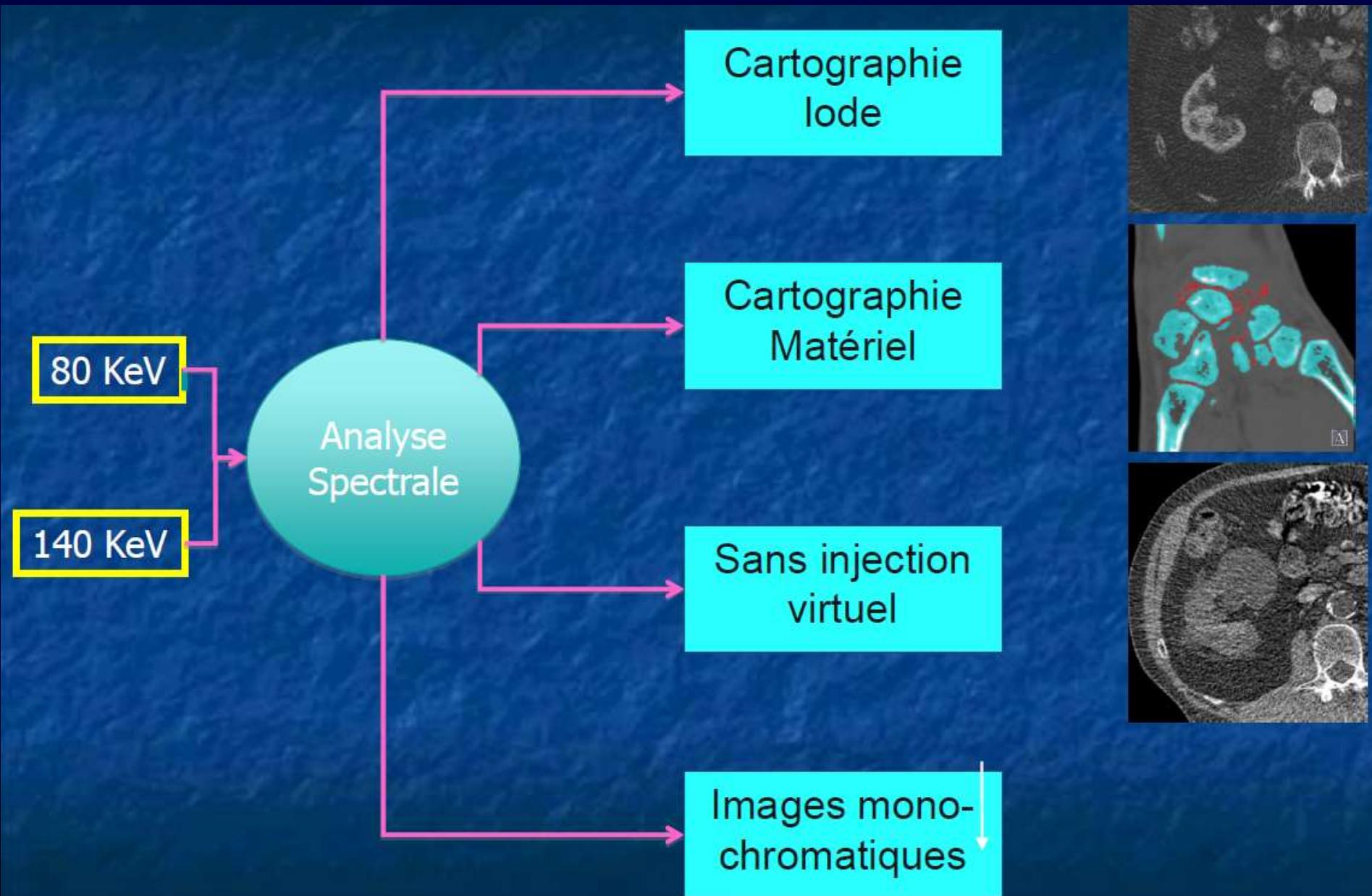
- Contraste ↗
- Bruit ↘



Image
Monochromatique:
•Contraste ↗
•Bruit ↘

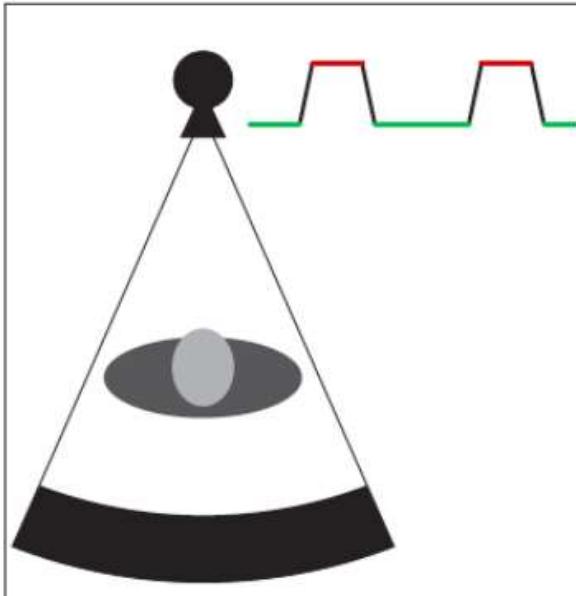


Applications

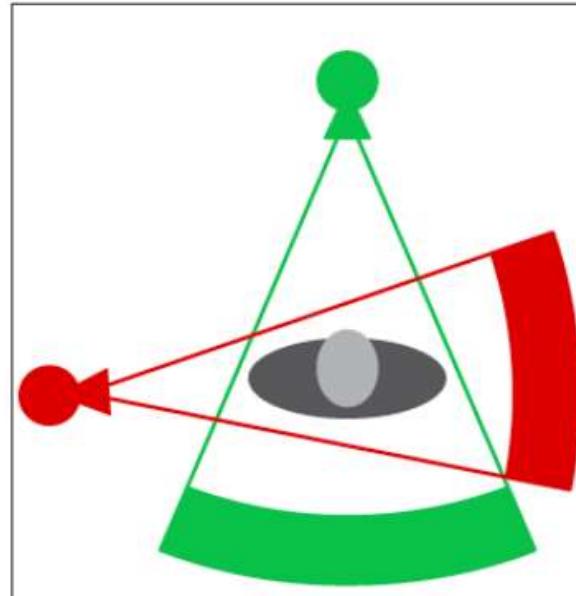


Techniques d'acquisition en double énergie

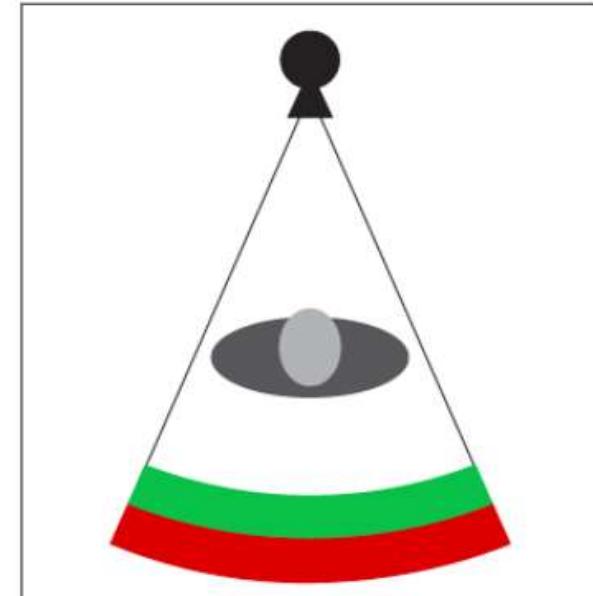
- ▶ Acquisitions à 80 keV et 140 keV
- ▶ 3 méthodes différentes par 3 constructeurs :



Même détecteur



Deux détecteurs



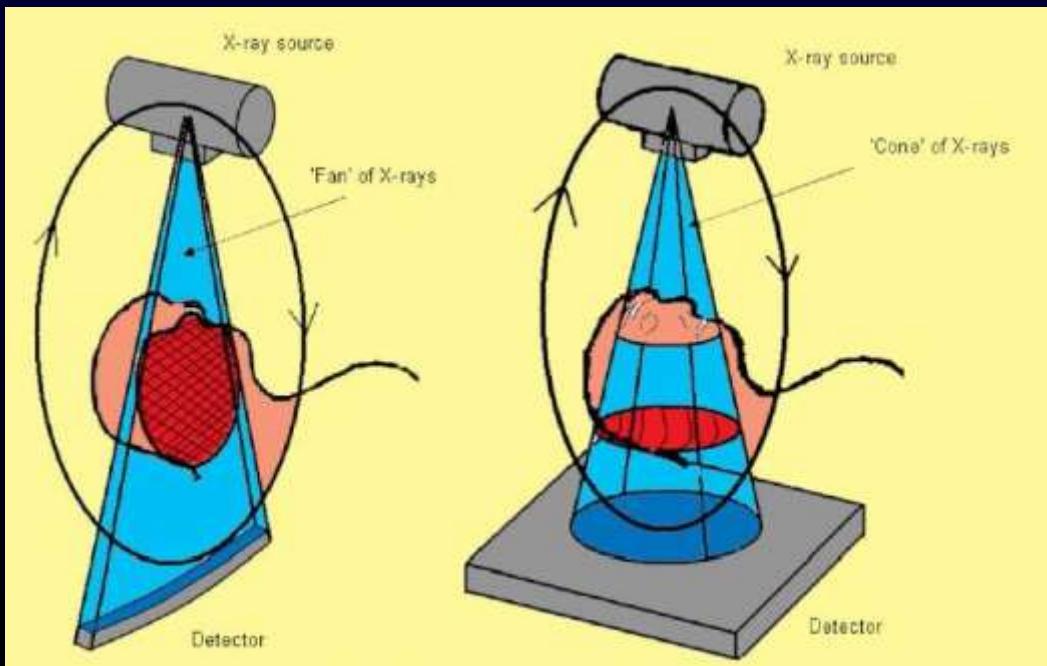
DéTECTEUR
Sandwich

4/4

Nouvelles modalités
dérivées du scanner

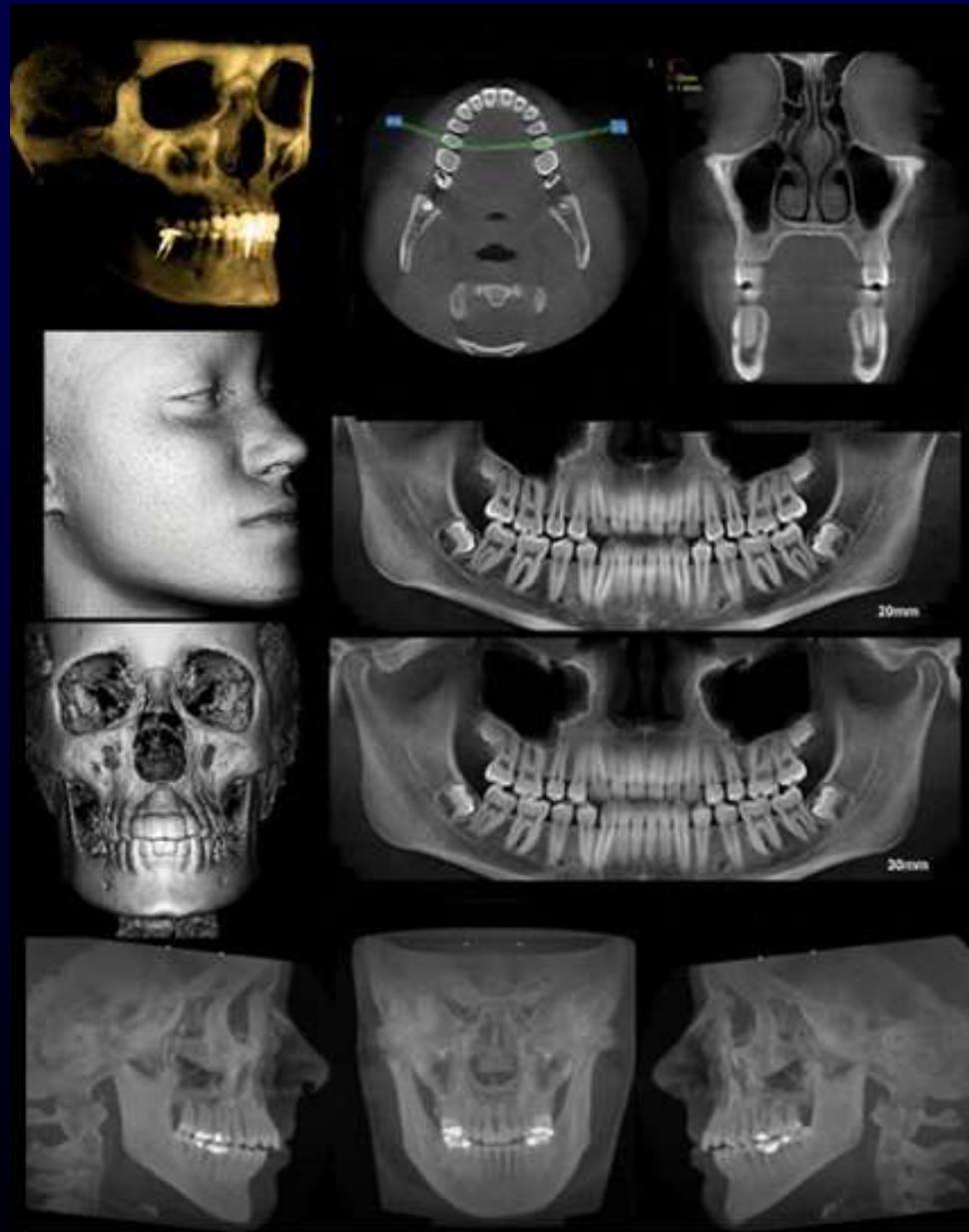
Cone-Beam CT

- ▶ 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 ↑, résolution en contraste ↓, problème des collisions

