

Questions spéciales de radioprotection: Contrôle de qualité d'images tomo- densitométriques

RPR 3010

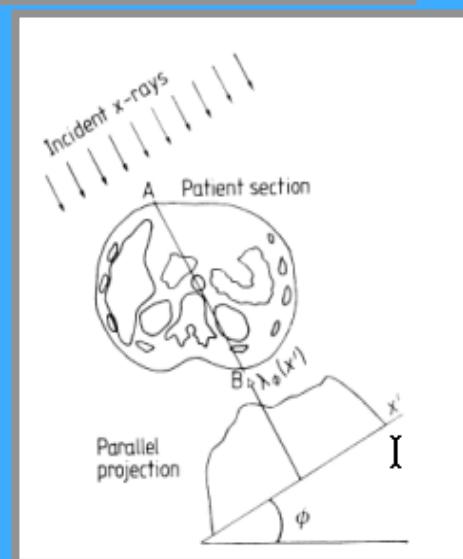
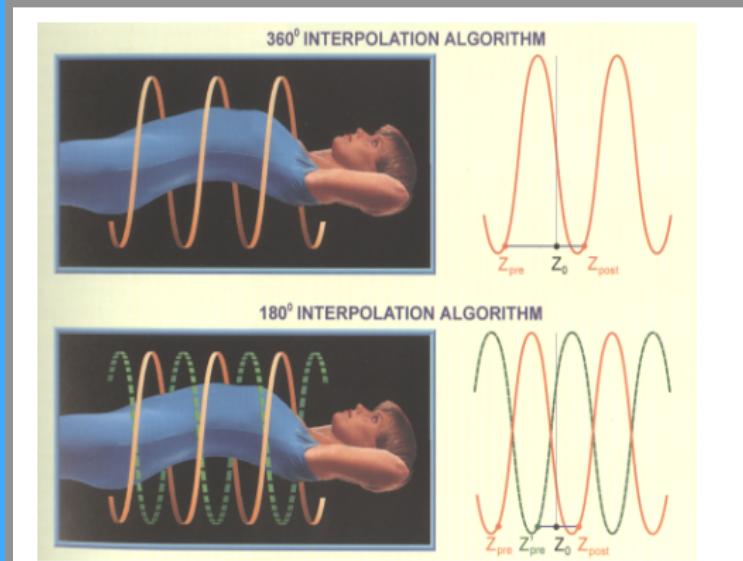
S. Vynckier

Stefaan.vynckier@uclouvain.be

Assurance de qualité : ensemble des opérations prévues et systématiques permettant de garantir avec un niveau de confiance suffisant qu'une structure, un système ou un composant donnera des résultats satisfaisants en service
(d'après l'OMS, 1990)

Assurance de qualité en radiothérapie : ensemble des protocoles de mesures qui permettent d'assurer la cohérence de la prescription médicale ainsi que son exécution en toute sécurité, c'est à dire la délivrance de la dose prescrite au niveau du volume cible en limitant au minimum l'irradiation des tissus normaux et celle du personnel, tout en garantissant une surveillance convenable du sujet en vue d'évaluer le résultat final du traitement.
(OMS, 1990)

Contrôle de qualité d'images tomo-densitométriques



Caracteristiques des CT

	1972	1980	1990	2000
Minimum scan time	300 s	5-10 s	1-2 s	0.3-1s
Data acquired per 360°	57.6 kB	1 MB	2MB	42 MB
Data per spiral sequence	-	-	24-48 MB	200-500 MB
Image matrix	80^2	256^2	512^2	512^2
Power (generator)	2 kW	10 kW	40 kW	60 kW
Slice thickness	13 mm	2-10 mm	1-10 mm	0.5-5 mm

Contrôle de qualité d'un scanner

- performances électromécaniques
 - exactitude de la localisation lumineuse
 - alignement de la table
 - positionnement de la coupe sur le topogramme
 - angle d'inclinaison du gantry
 - incrémentation de la table

Objet test « N »

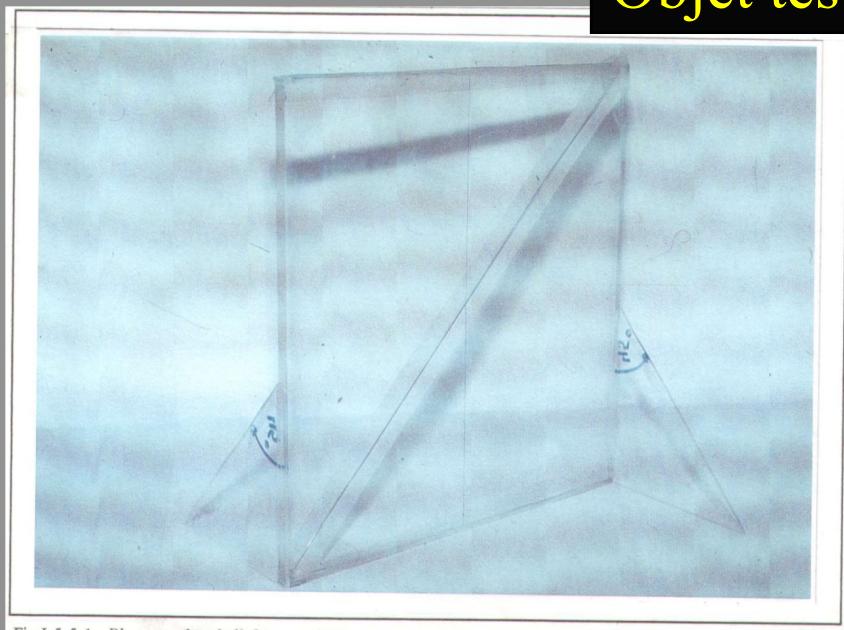


Fig I-5-5-1 : Photographie de l'objet test "N"
Plaque carrée en plexiglas supportant un fil de cuivre en forme de "N".

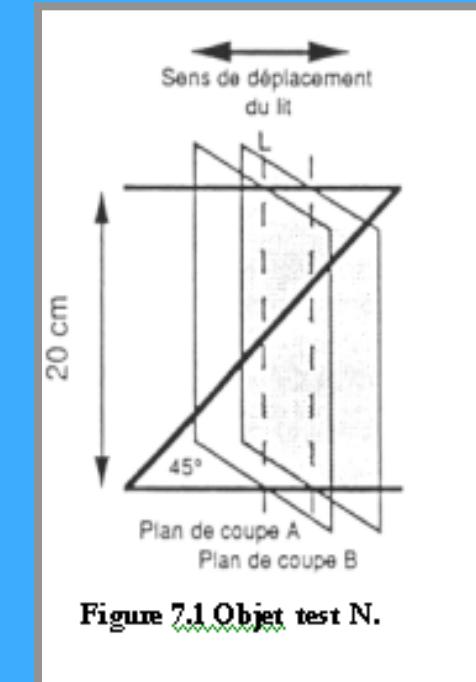
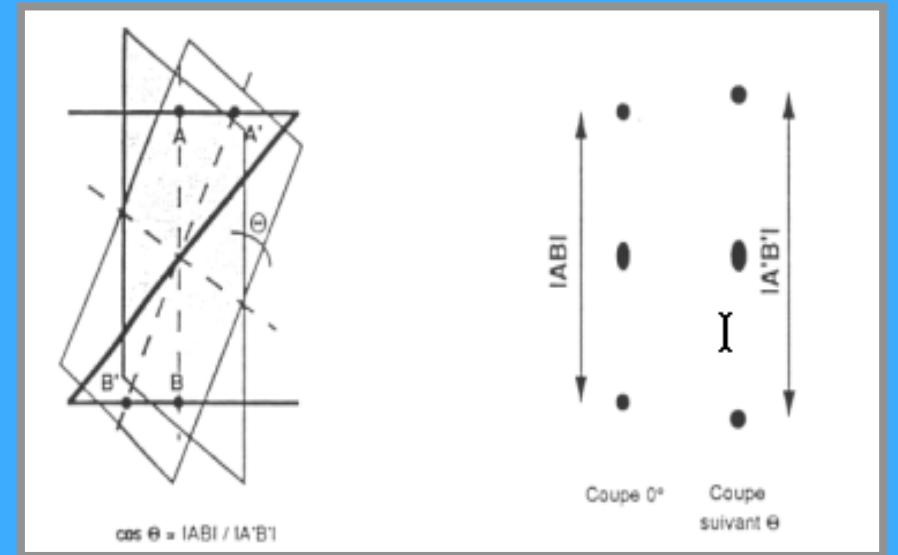
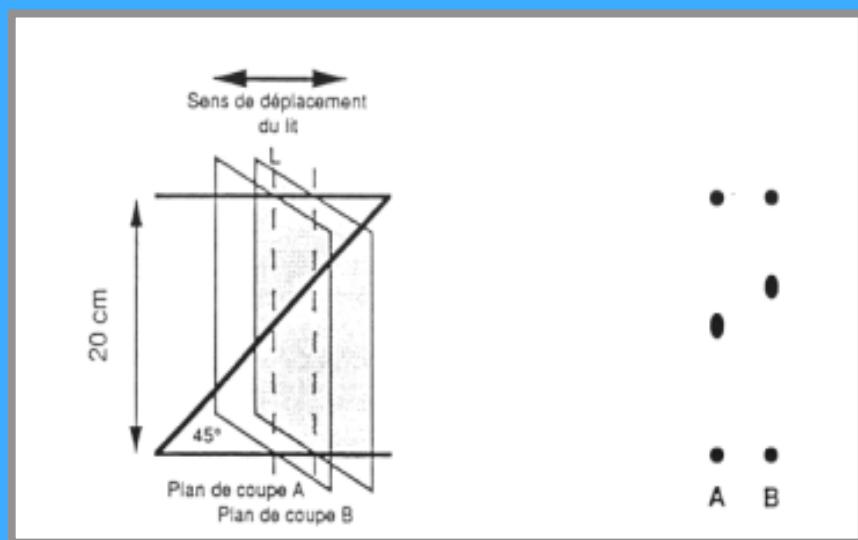


Figure 7.1 Objet test N.



Résultats des contrôles de qualité

les performances électromécaniques

	tolérance	résultats LX
localisation lumineuse	2 mm	1 mm
alignement table	5 mm	1,9 mm
position de coupe	2 mm	0,5 mm
inclinaison gantry	3°	2,22°
incrémentation table	3 mm	1 mm

Godfrey N. Hounsfield, the English engineer who developed the first CT scanner and received the Nobel Prize in medicine in 1979 together with the physicist A.M. Cormack.

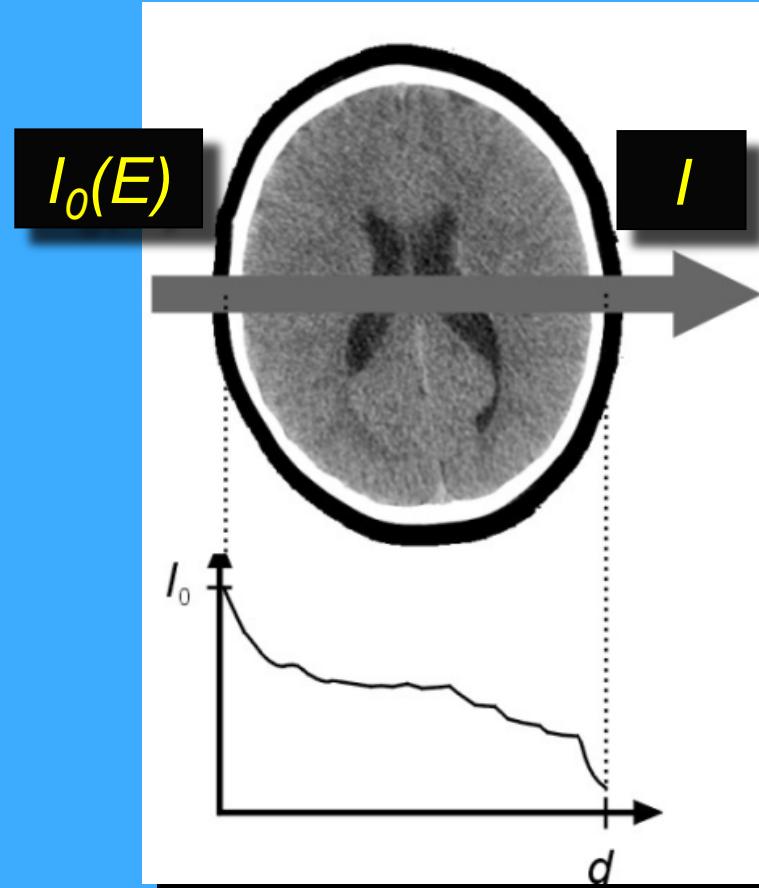


(from: W.A.
Kalender,
Computed
Tomography,
2000)

Godfrey Hounsfield

A handwritten signature in black ink on a white background. The signature reads "Godfrey Hounsfield" in a cursive, flowing script. The name is written in two lines, with "Godfrey" on the top line and "Hounsfield" on the bottom line.

Projection (P) par une ligne



$$I = \int_0^{E_{\max}} I_0(E) \cdot e^{-\int_0^d \mu(E) ds} dE$$

$$P = \ln \frac{I_0}{I}$$

$$\mu(x, y) = ?$$

JK

(from: W.A. Kalender, Computed Tomography, 2000)

Bases de tomographie

$\mu_{jk} ??$

Solution: prendre n projections



n^2 équations pour
 $n^2 \mu_{jk}$ valeurs



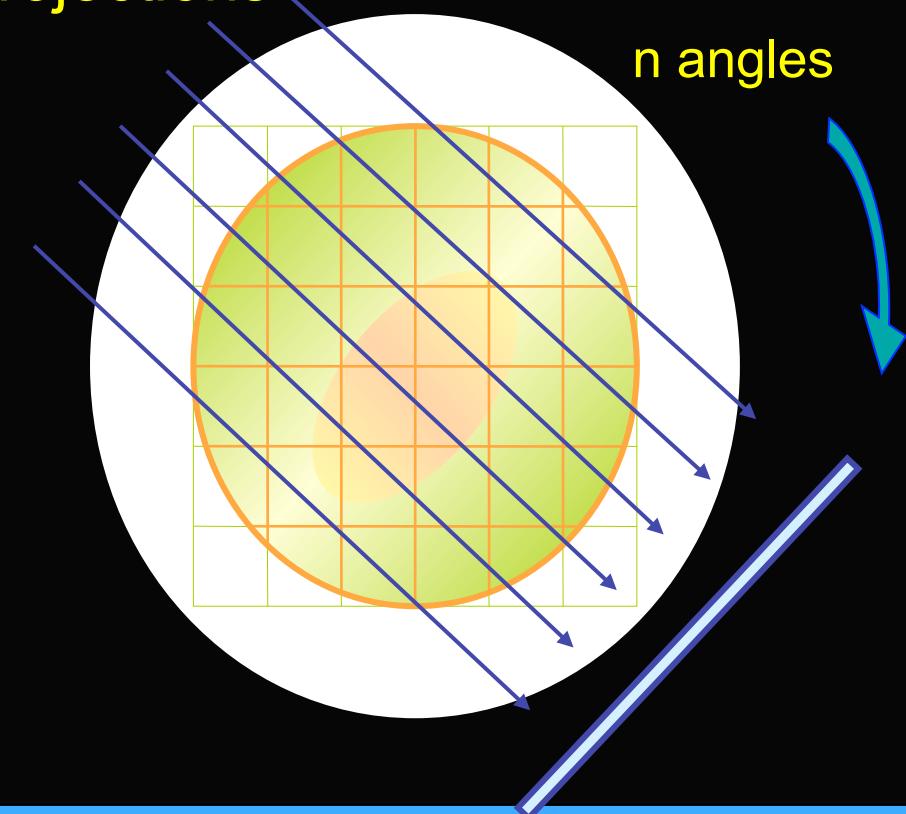
μ_{jk}

1ère X-ray Computed
Tomography machine
introduit par
Hounsfield in 1972

Nobel prize pour
Physiologie and
Medecine avec Cormack
in 1979

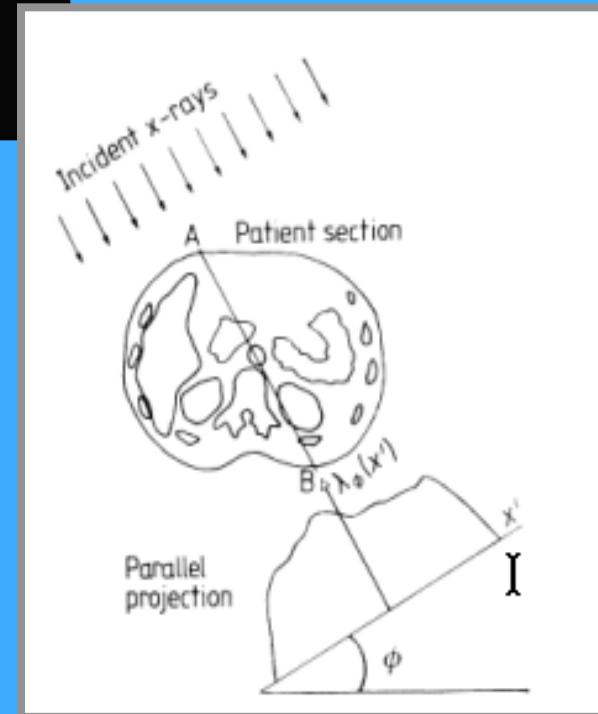
Mathematique pour la
reconstruction de l'objet
avec ∞ projections
introduit par Radon en
1917!

n angles



Les nombres d'Hounsfield NH

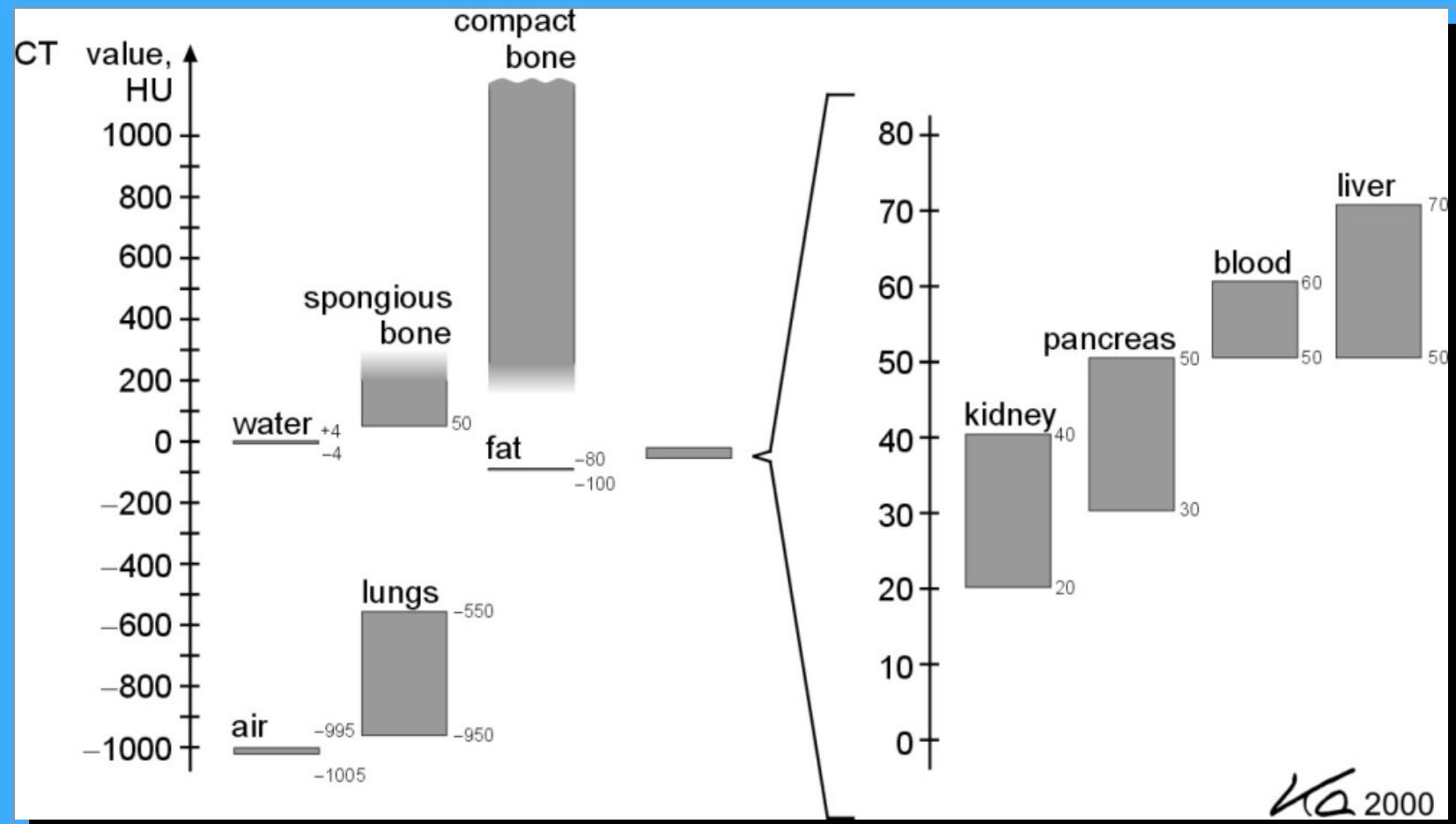
$$NH = \frac{\mu_{tissu} - \mu_{eau}}{\mu_{eau}} \times 1000$$



The Hounsfield scale.

CT values characterize the linear attenuation coefficient of the tissue in each volume element relative to the μ -value of water.

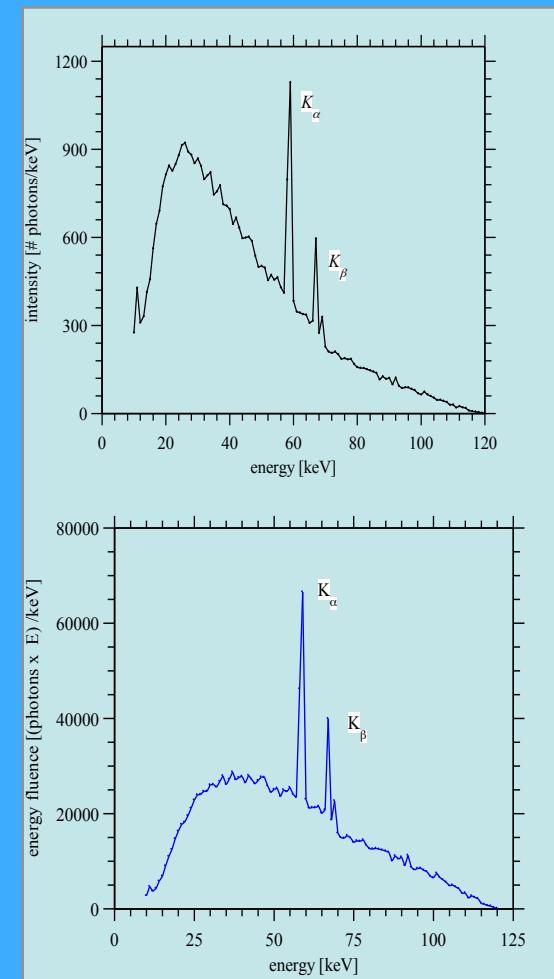
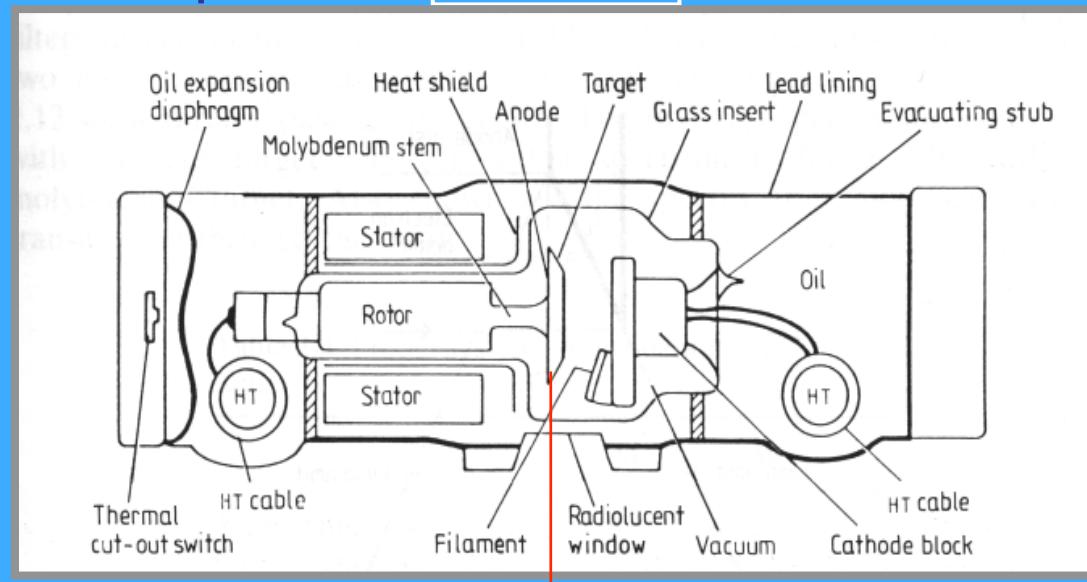
Les nombres d'Hounsfield NH



Contrôle de qualité d'un scanner

kW power

120 kVp



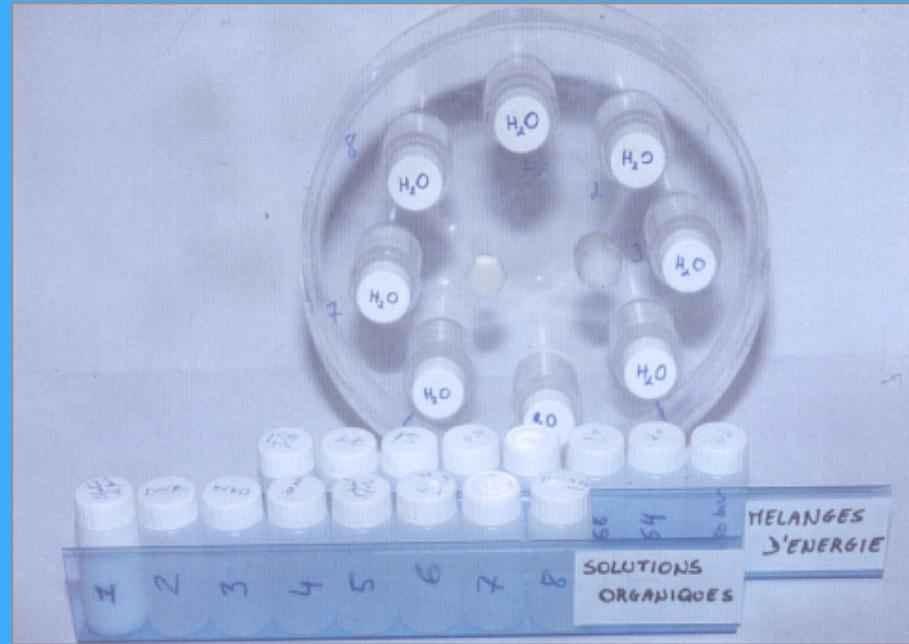
Contrôle de qualité d'un scanner

- qualité de l'image

- Énergie effectieve
- bruit (variation aléatoire des NH)
- l'uniformité
- linéarité
- résolution spatiale
- épaisseur de coupe
- détectabilité à bas contraste

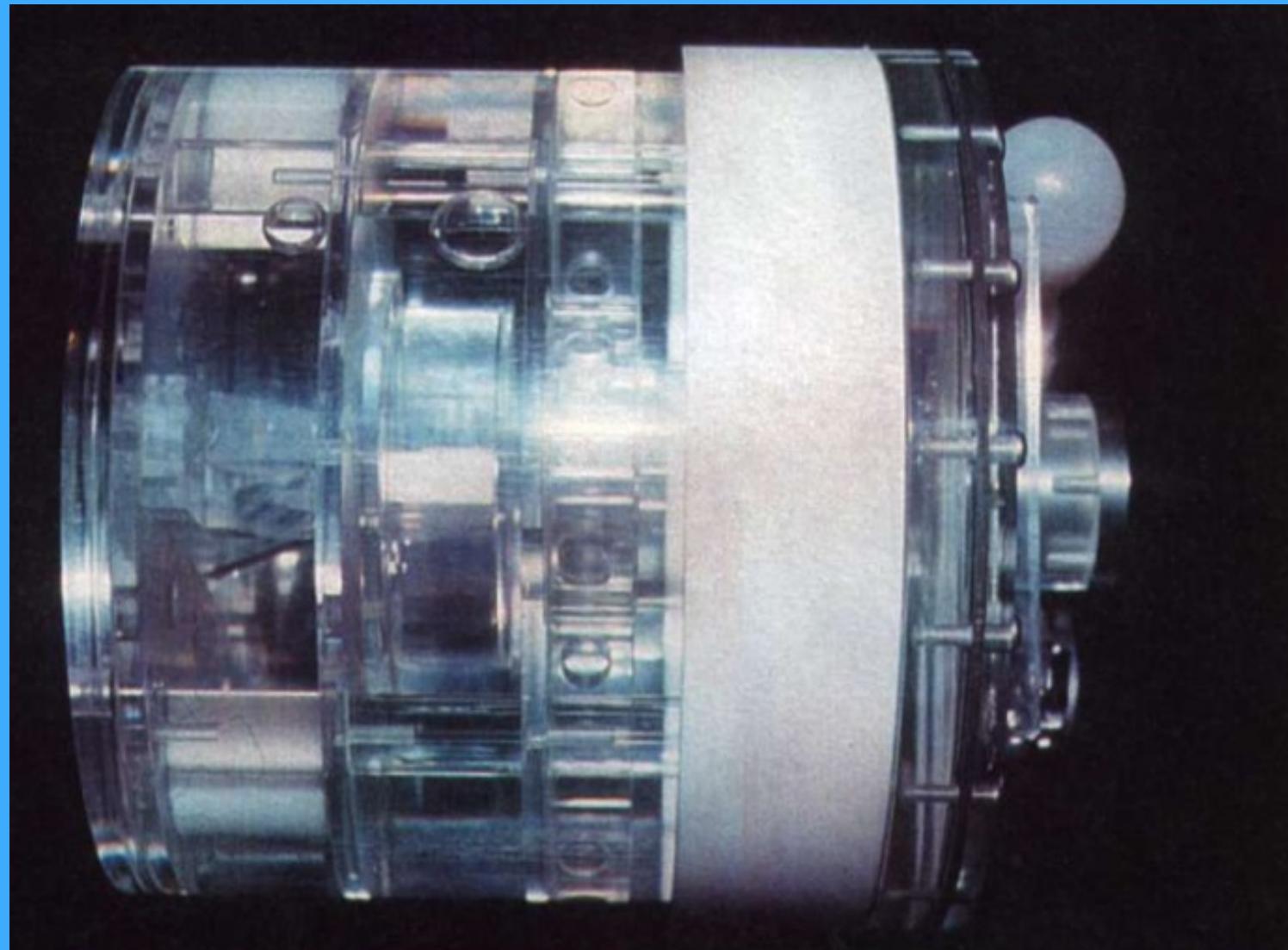
Énergie effectieve

. Il s'agit de mélanges d'éthanol (C_2H_5OH) et de tétrachlorure de carbone (CCl_4). Chacun de ceux-ci possède pour une énergie de rayons X donnée, le même coefficient d'atténuation que l'eau.

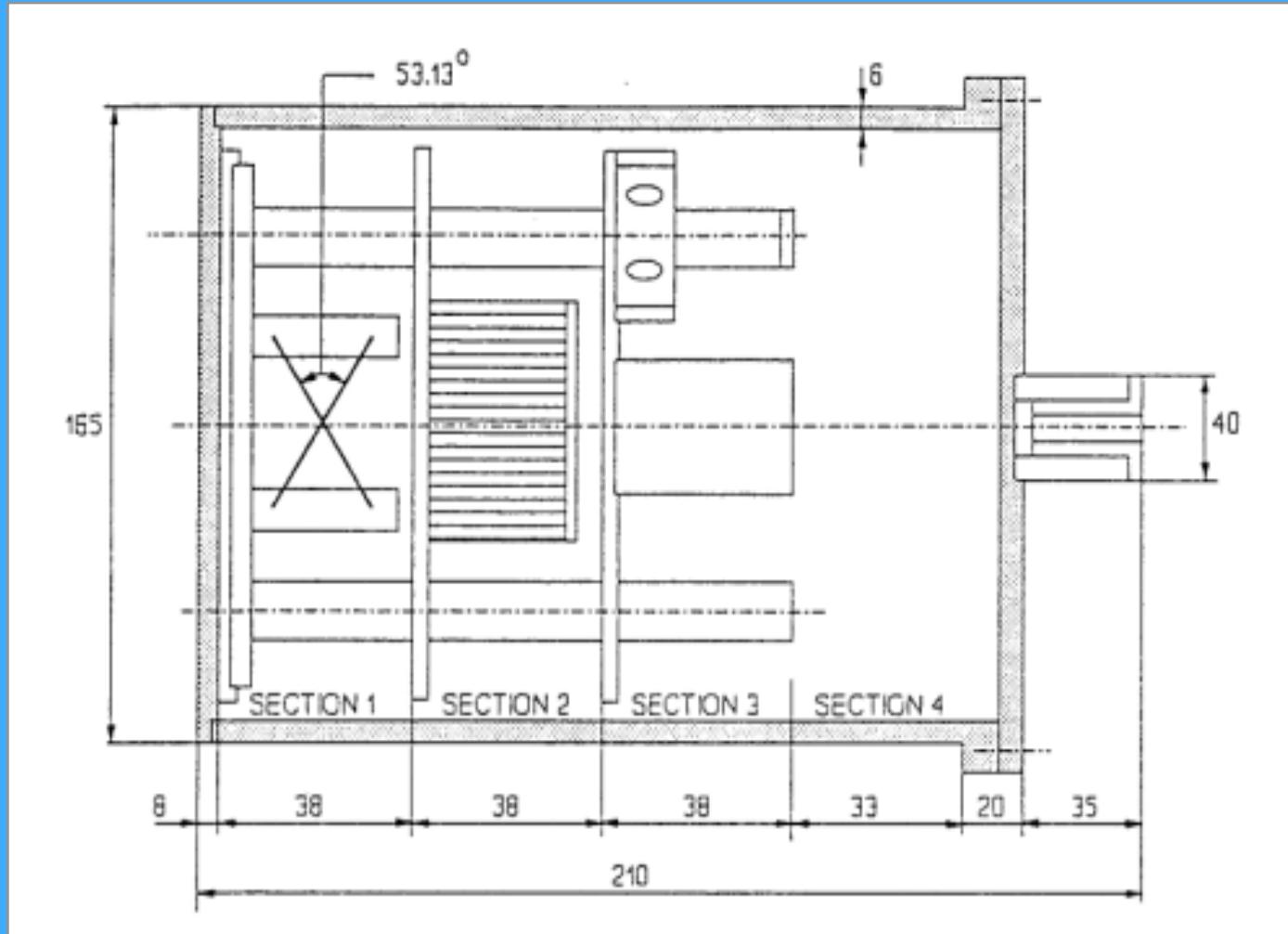


Énergie nominale	Énergie effective							
	LX		SR 7000			Elscint Twin		
	8/02/99	19/04/99	11/02/99	22/05/99	16/08/99	22/02/99	31/05/99	28/06/99
120 kV	72 keV	71 keV	72 keV	73 keV	76 keV	72 keV	76 keV	76 keV
130 kV	-	73 keV	-	-	-	-	-	-
140 kV	-	-	-	78 keV	-	-	-	-

Fantôme à utiliser pour la qualité de l'image



Fantôme à utiliser pour la qualité de l'image

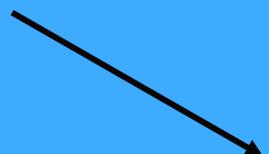


Le bruit

Le bruit est dû essentiellement à deux composantes :

- le bruit dit quantique qui provient de l'incertitude statistique sur le nombre de photons émis ;
- le bruit dû au système : le bruit électronique qui provient de la variation aléatoire du signal des détecteurs avant la digitalisation.

$$\sigma = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (NH_i - \overline{NH})^2 \right)^{1/2}}{n - 1}$$

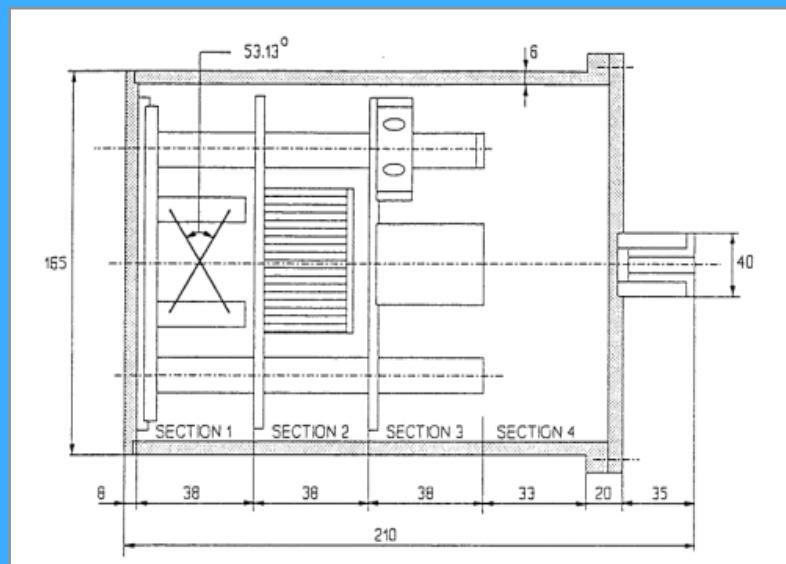
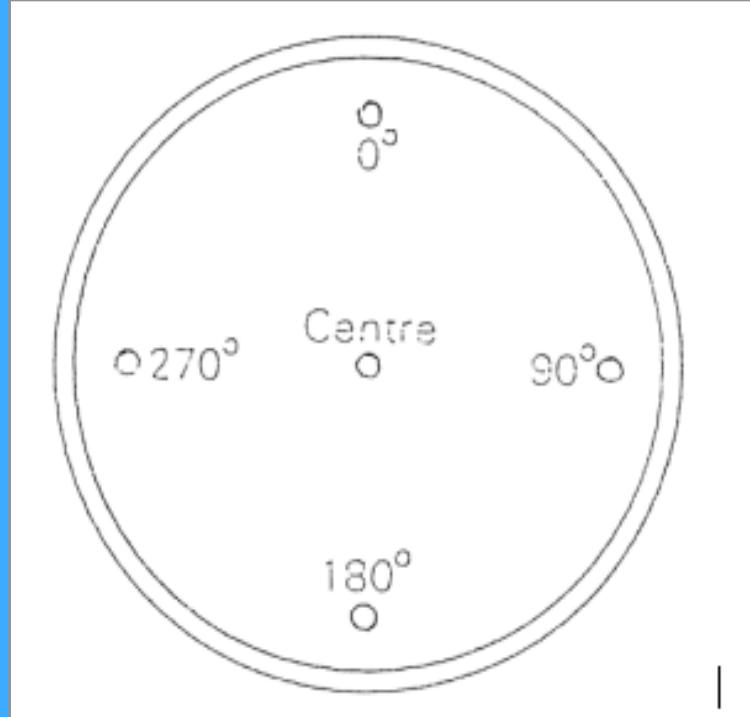


$$B = \frac{\sigma}{NH_{eau} - NH_{air}} \times 100\%$$

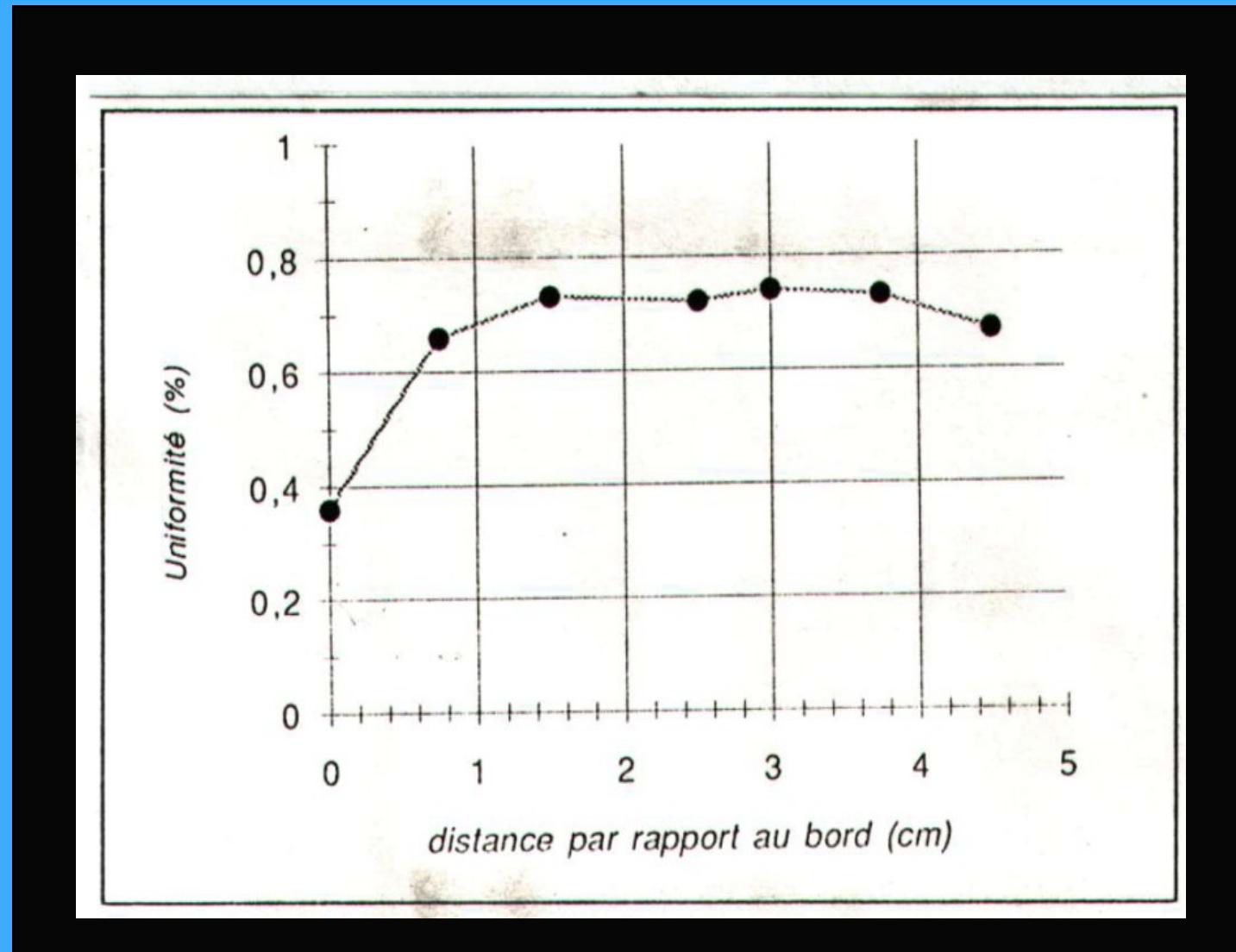
L'uniformité

L'uniformité est donc définie comme la différence entre les valeurs des pixels au centre (NH_c) d'une coupe homogène d'eau et celles en périphérie (NH_p) et ceci rapporté à l'échelle de contraste air-eau :

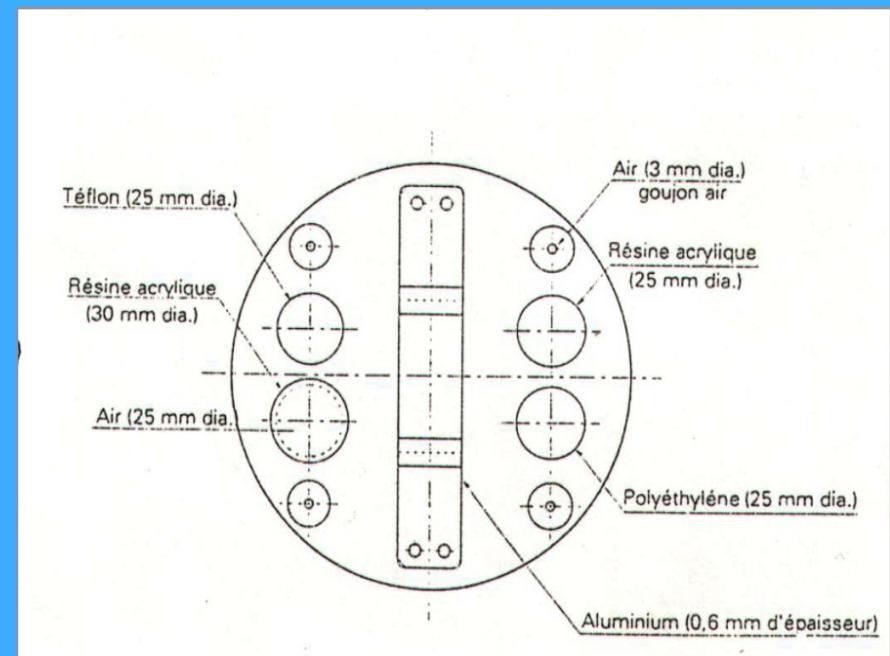
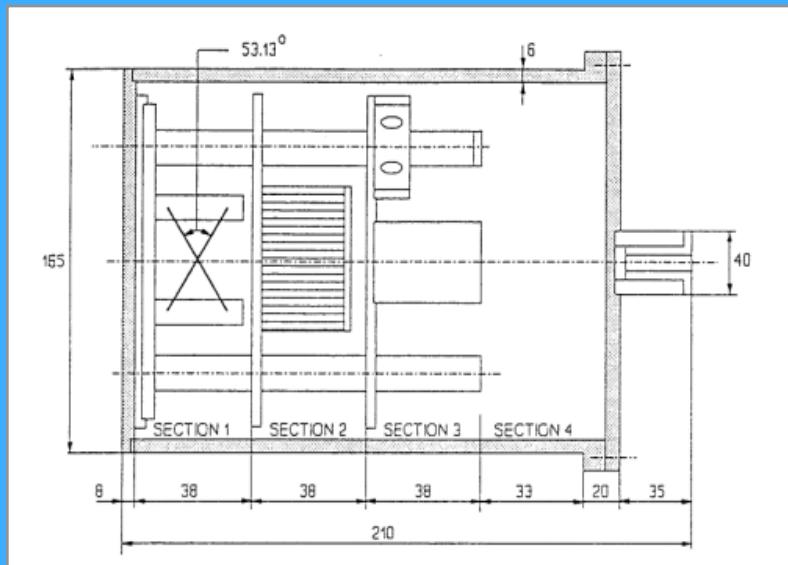
$$U = \frac{NH_c - NH_p}{NH_{eau} - NH_{air}} \times 100\%$$



L'uniformité



linéarité en NH



Tolérance :

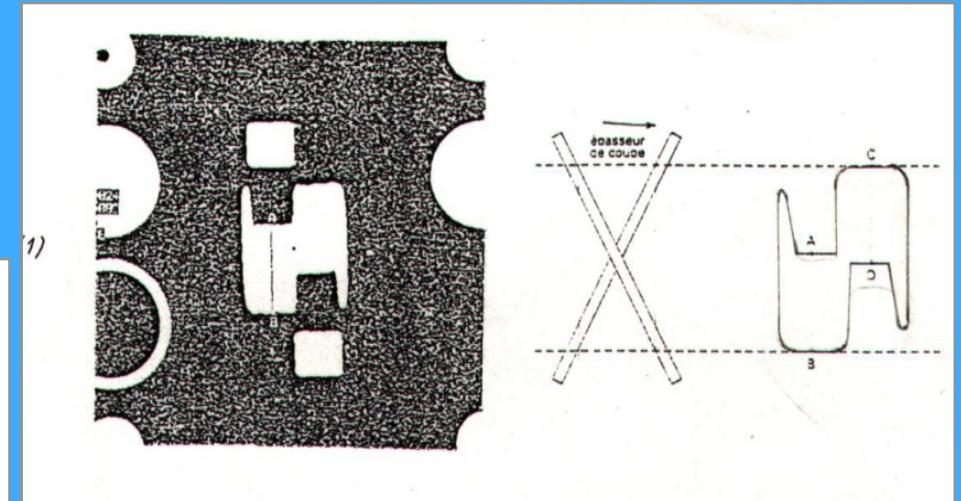
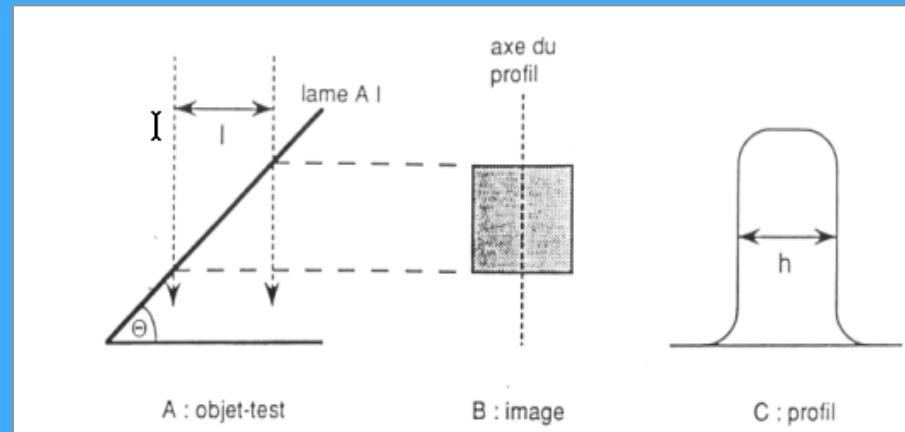
La SFPH donne comme valeur type de la relation 4.1 :
 $\mu = 2.01 \cdot 10^{-4} \text{ NH} + 0.188$.

La firme Philips donne les tolérances suivantes pour les inserts : téflon 910 ± 20
acrylique 120 ± 10
eau 0 ± 4
air -1000 ± 25
polyéthylène -65 ± 10 .

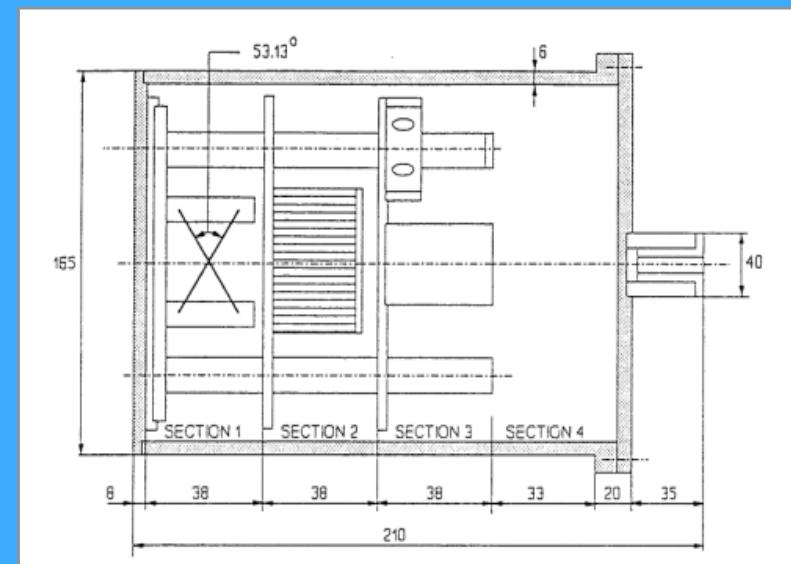
La firme Elscint donne les tolérances suivantes :

téflon -1090 ± 50
polyéthylène -77 ± 10
eau 0 ± 10
air -1000 ± 10 .

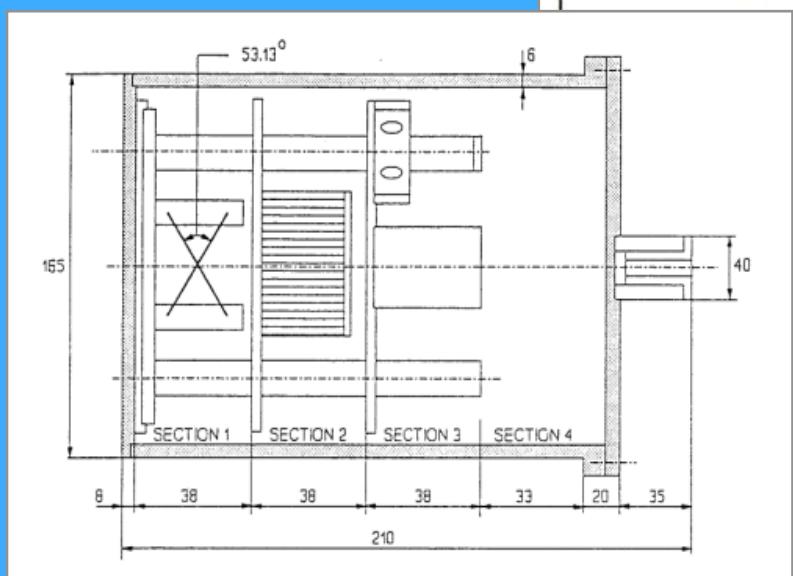
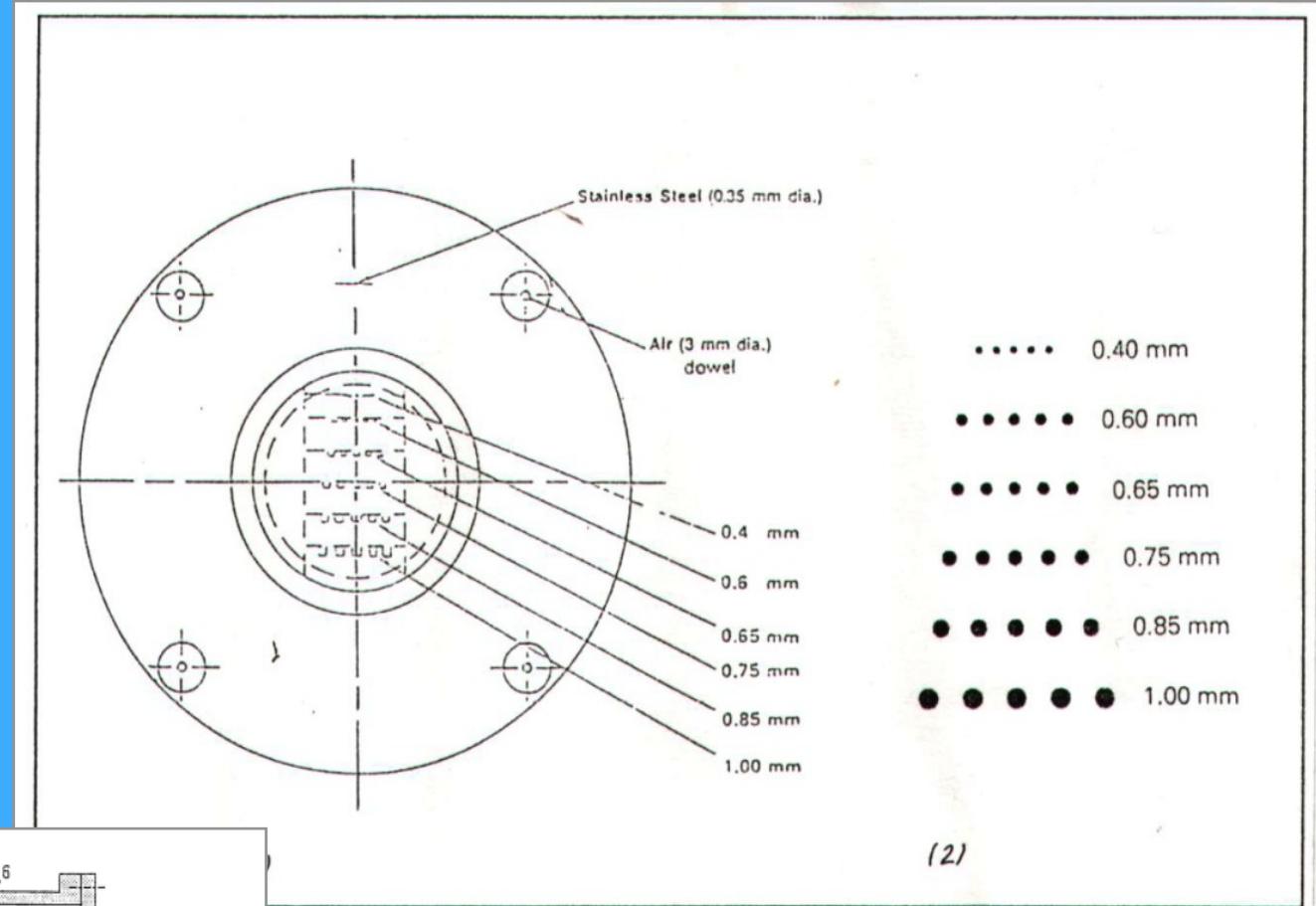
épaisseur de coupe



$$EC = h \cdot \tan(\alpha)$$

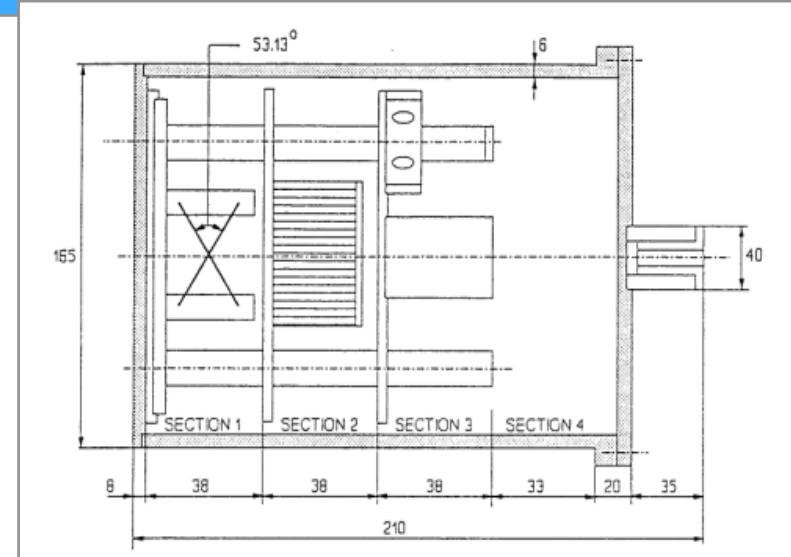
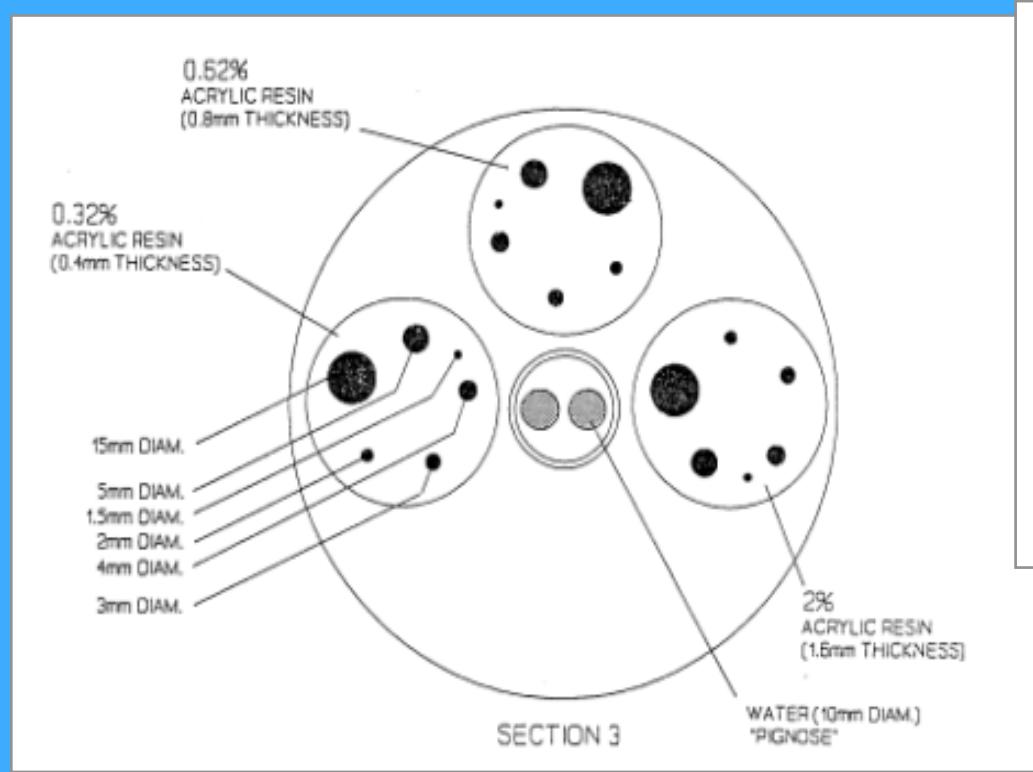


résolution



Détectabilité à bas contraste

La détectabilité à bas contraste indique la dimension de la plus petite lésion détectable pour des tissus de densités voisines. Ceci revient donc à mesurer la résolution spatiale pour des contrastes de plus en plus faibles, mais dans ces conditions, la mesure sera affectée par le bruit.



Résultats des contrôles de qualité

- qualité d'image (déetectabilité à bas contraste en mm)

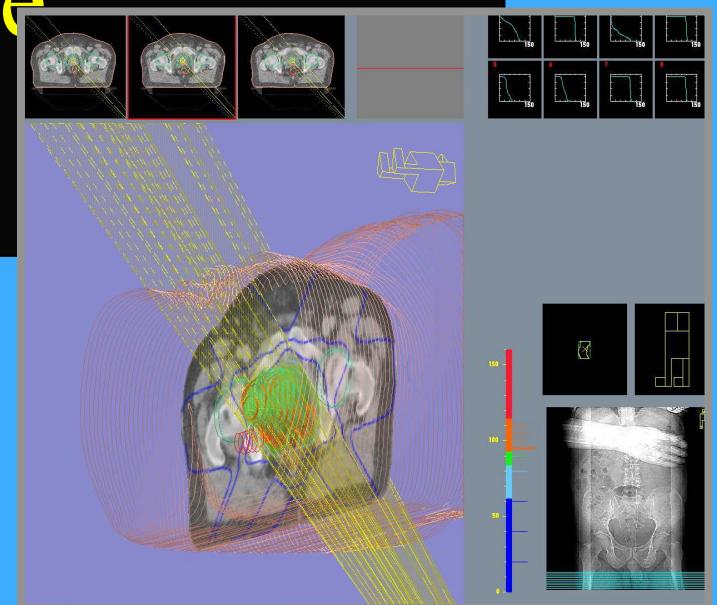
	tolérance	résultats	
		LX	Helax
standard	2	2	2
haute			
résolution	1,5	1,67	2

Contrôle de qualité d'un scanner

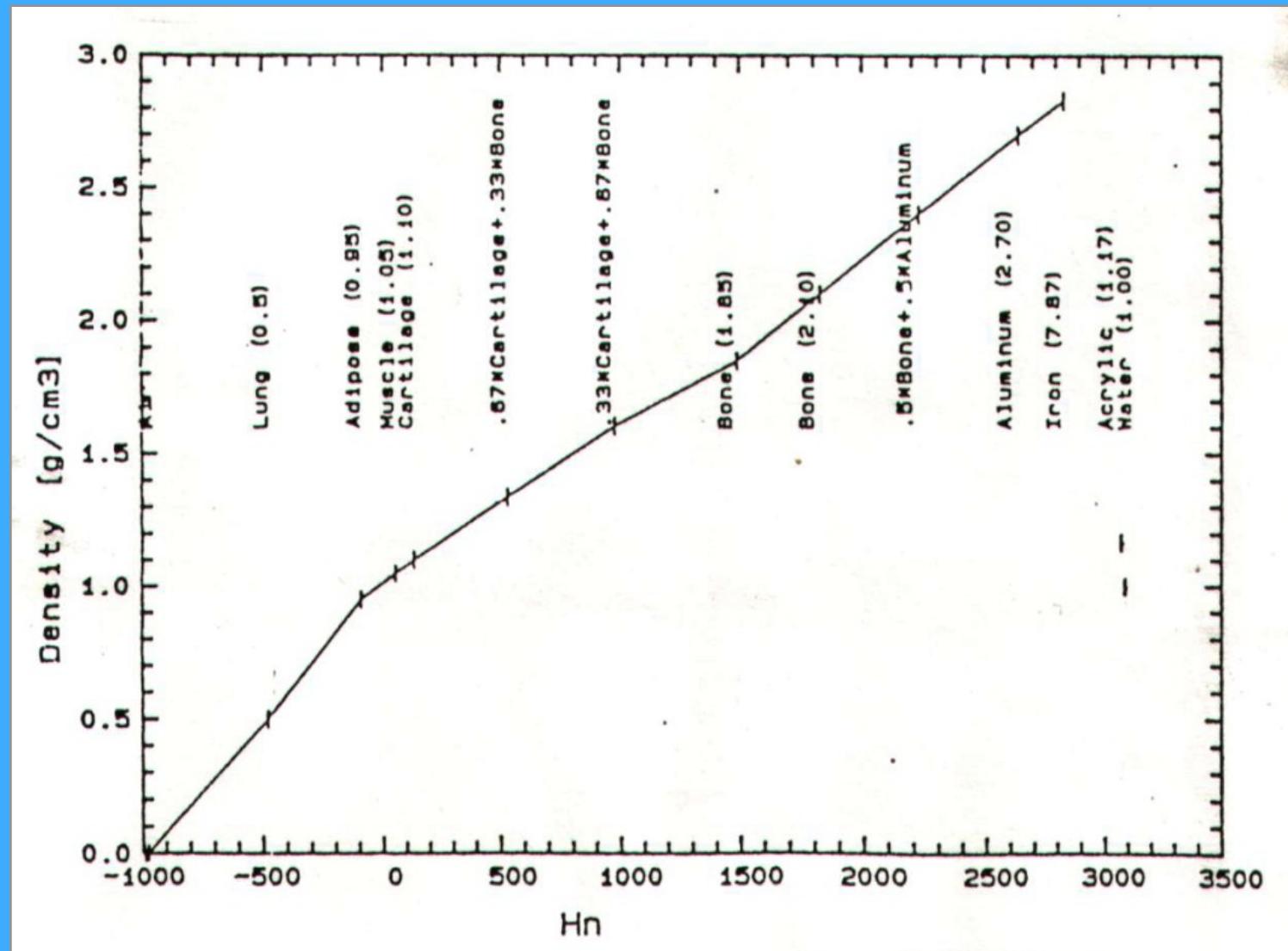
- détermination de la densité des tissus

- densité massique
- densité électronique

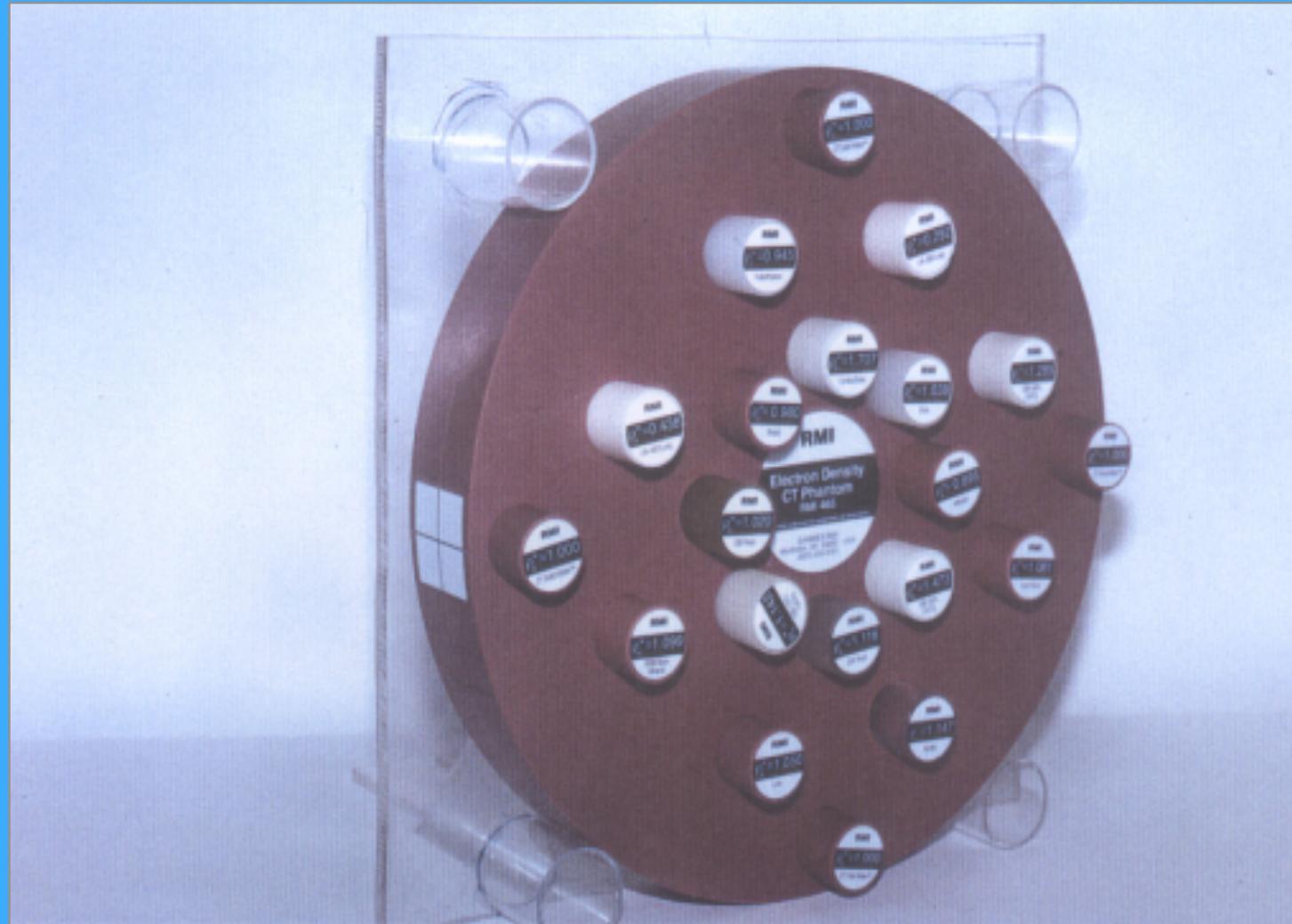
(relatif à l'eau)



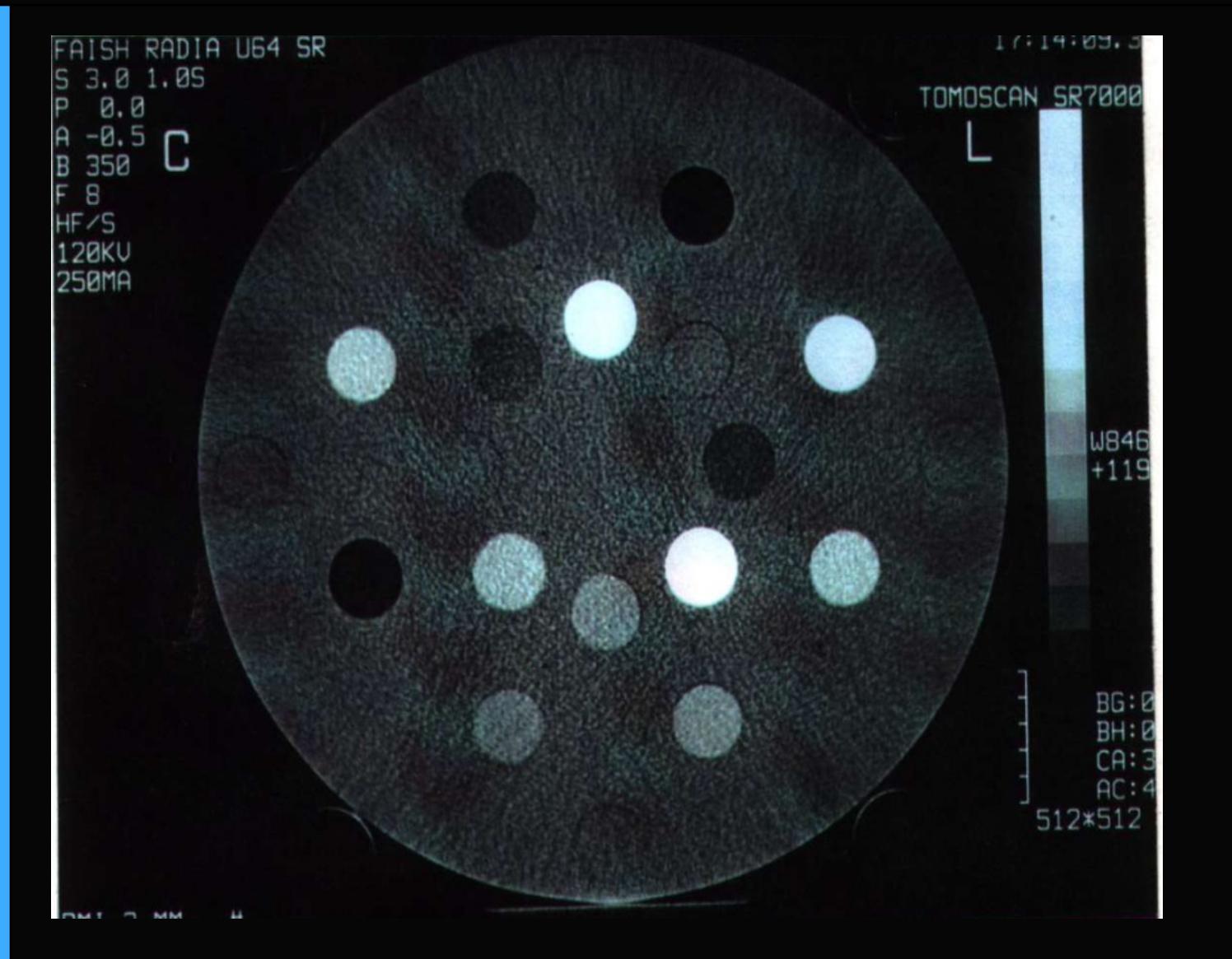
Calibration NH - -densité utilisé pour les calculs planning



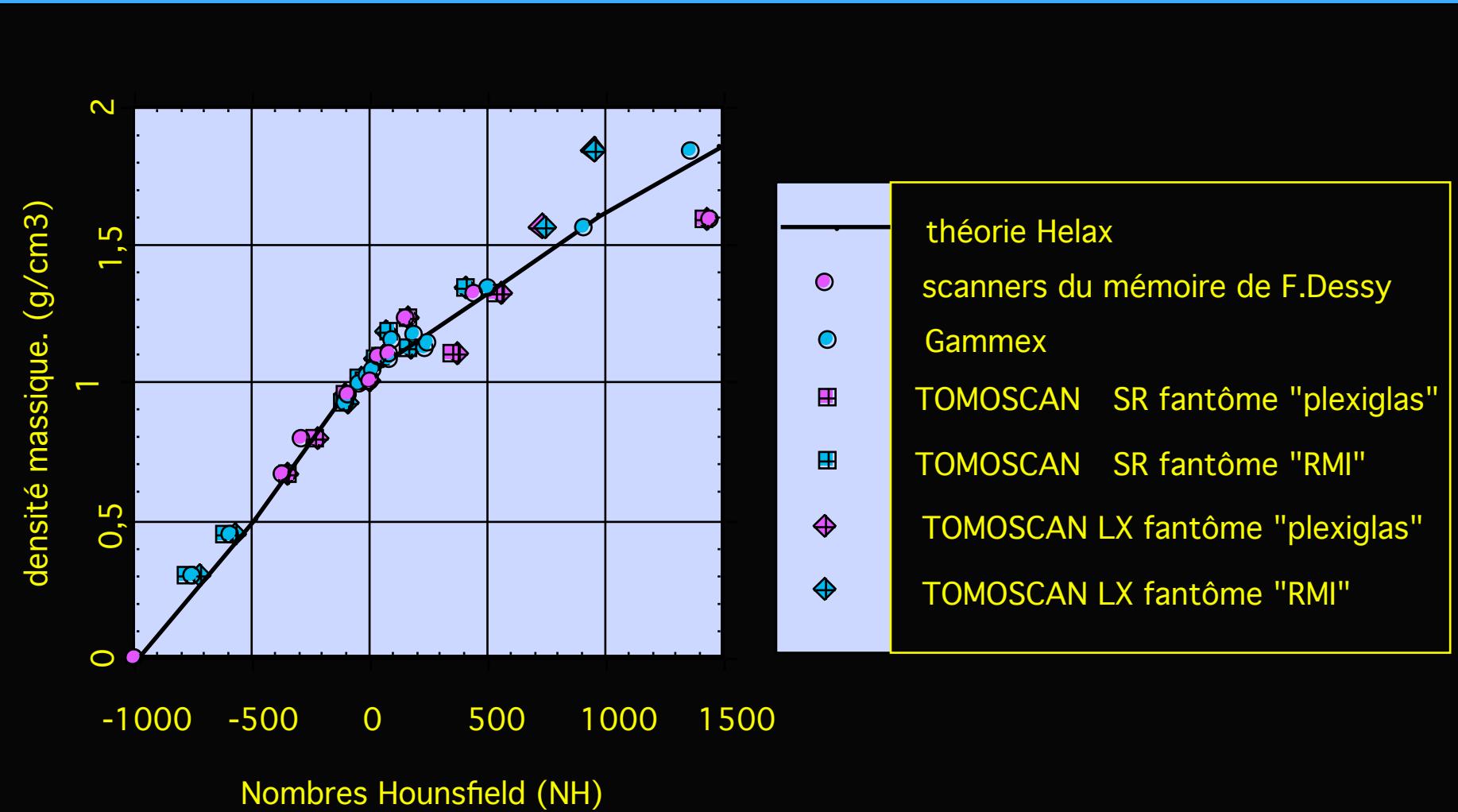
Fantôme à utiliser pour la calibration en densité



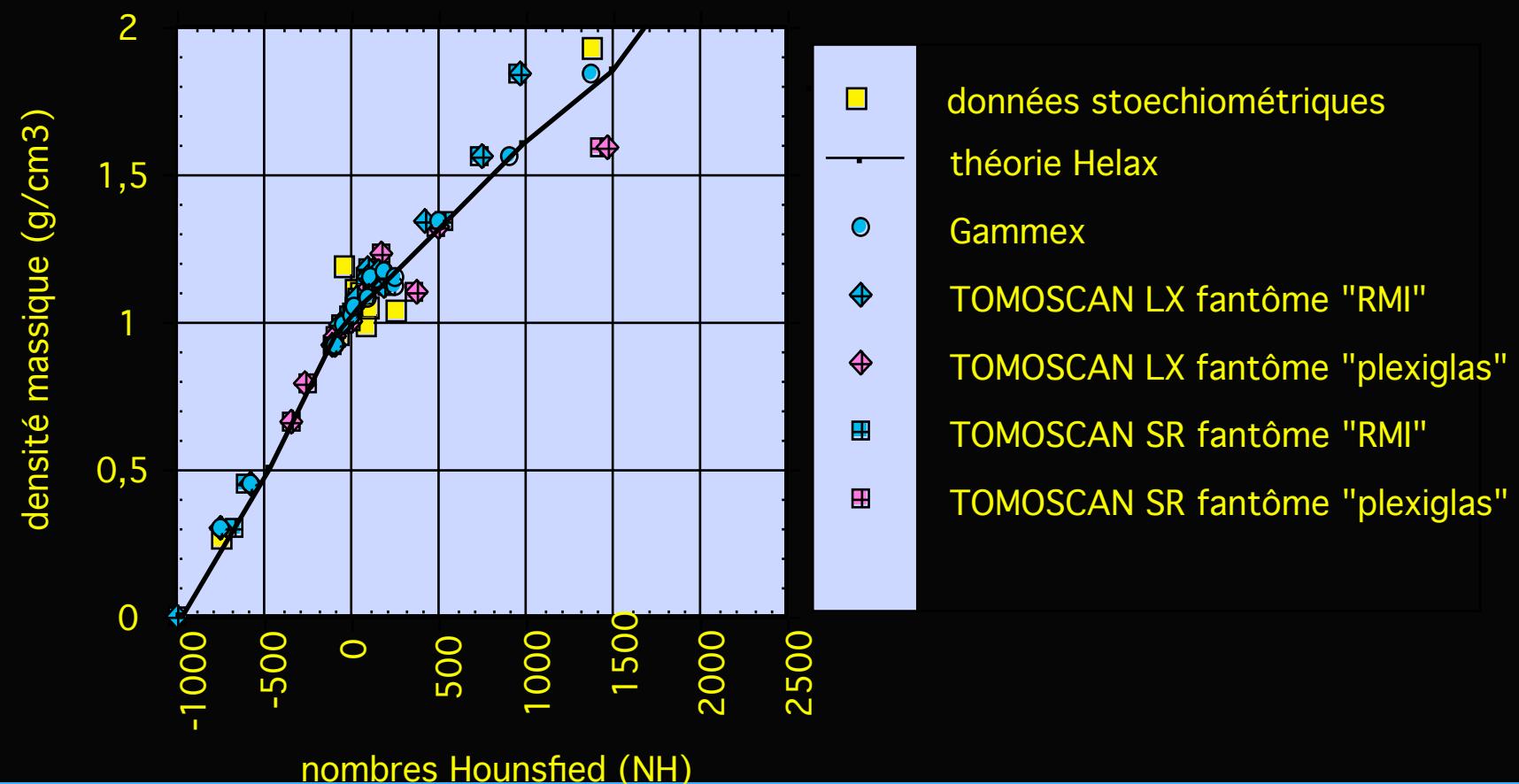
Fantôme à utiliser pour la calibration en densité : résultat du scan



Rapport densité massique - nombres Hounsfield



Rapport densité massique - nombres Hounsfield : comparaison avec les données stoechiométriques



Contrôle de qualité d'un scanner

- Dose délivrée

Acquisition parameters

- Tube (focal spot...)
- Tube filtration
- Geometry
- Collimators

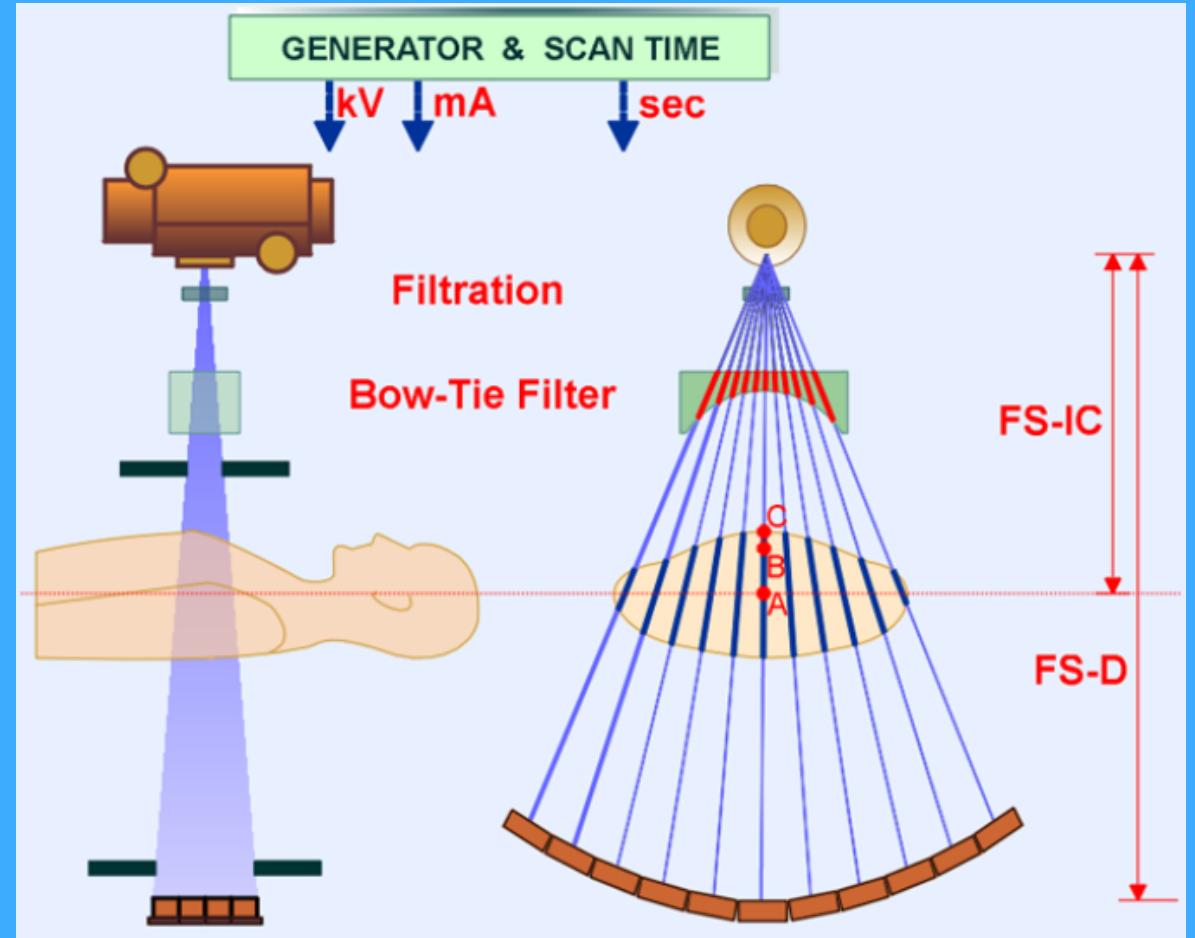
Mx8000 Dual-Quad-IDT Acquisition parameters

Dose

- Acquisition parameters
- Tube (focal spot...)
- Tube filtration
- Geometry
- Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System



Mx8000 Dual-Quad-IDT Acquisition parameters

Dose

- ✓ Acquisition parameters
- Tube (focal spot...)
- Tube filtration
- Geometry
- Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System

120 kV, 100 mAs,
Rot.time=0.75sec, Scan angle=360°,
STD Resolution.

Dual:

2x0.5mm, 2x1.0mm, 2x2.5mm, 2x5mm, 2x8mm, 2x10mm
(1mm) (2mm) (5mm) (10mm) (16mm) (20mm)

Quad:

2x0.5mm, 4x1.0mm, 4x2.5mm, 4x5mm, 2x8mm, 2x10mm
(1mm) (4mm) (5mm) (20mm) (16mm) (20mm)

IDT:

4x0.75mm, 4x1.5mm, 16x0.75mm, 16x1.5mm
(3mm) (6mm) (12mm) (24mm)

Mx8000 Dual-Quad-IDT Tube

Dose

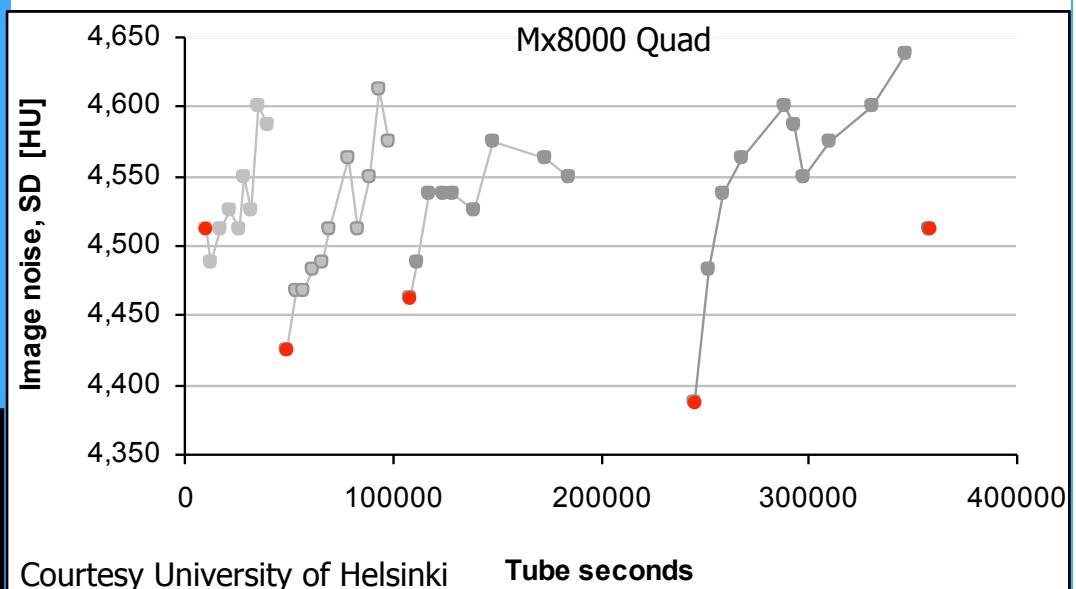
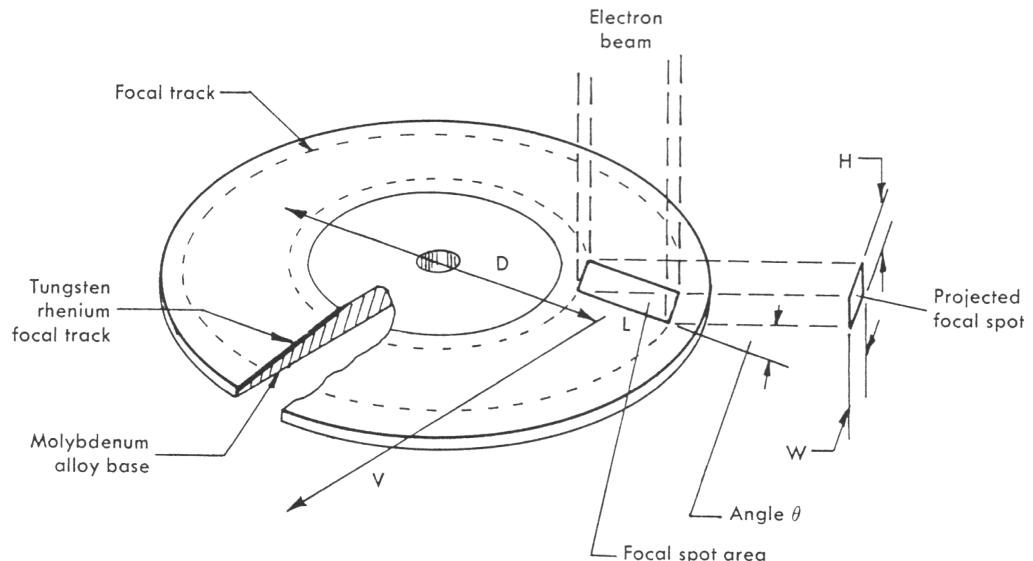
- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot,...)
- Tube filtration
- Geometry
- Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System

IDT installed 04/2002
Quad installed 07/2002
Dual installed 01/2003

(14 months)
(11 months)
(6 months)



Mx8000 Dual-Quad-IDT Tube filtration

Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
 - Geometry
 - Collimators

Dual-Quad-IDT
Tube filtration:

1.2mm Ti
+
Inherent tube
filtration

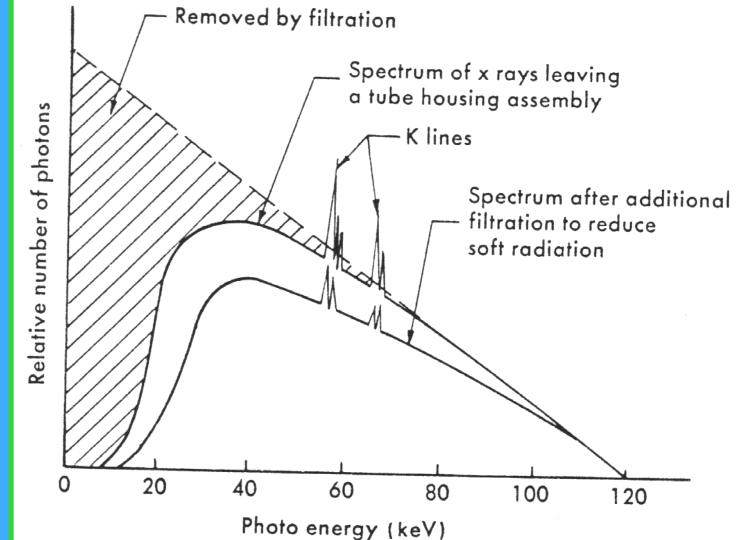
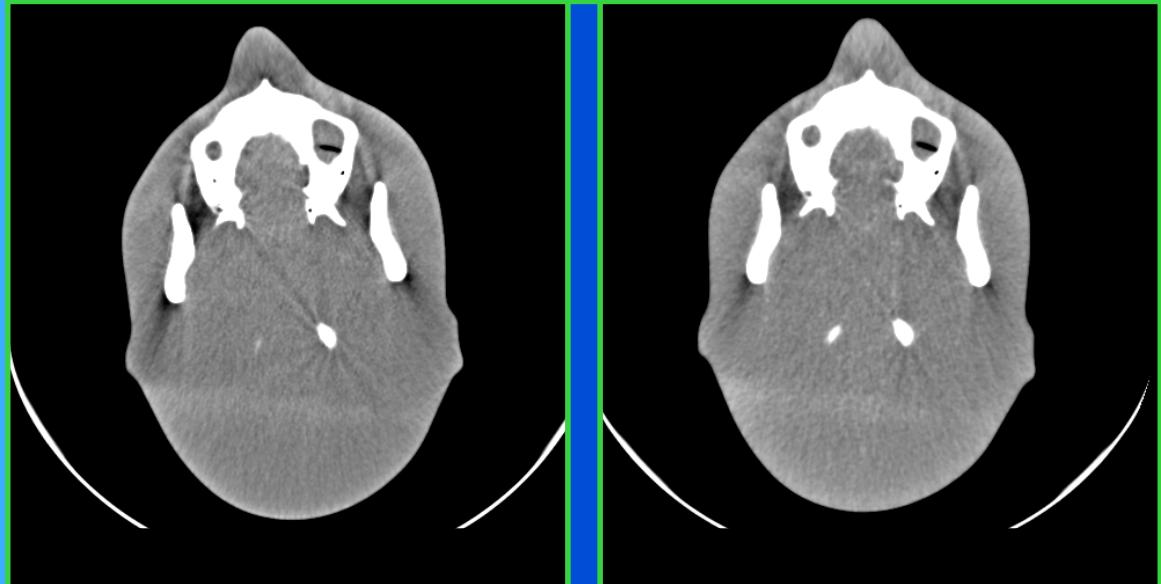


Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System



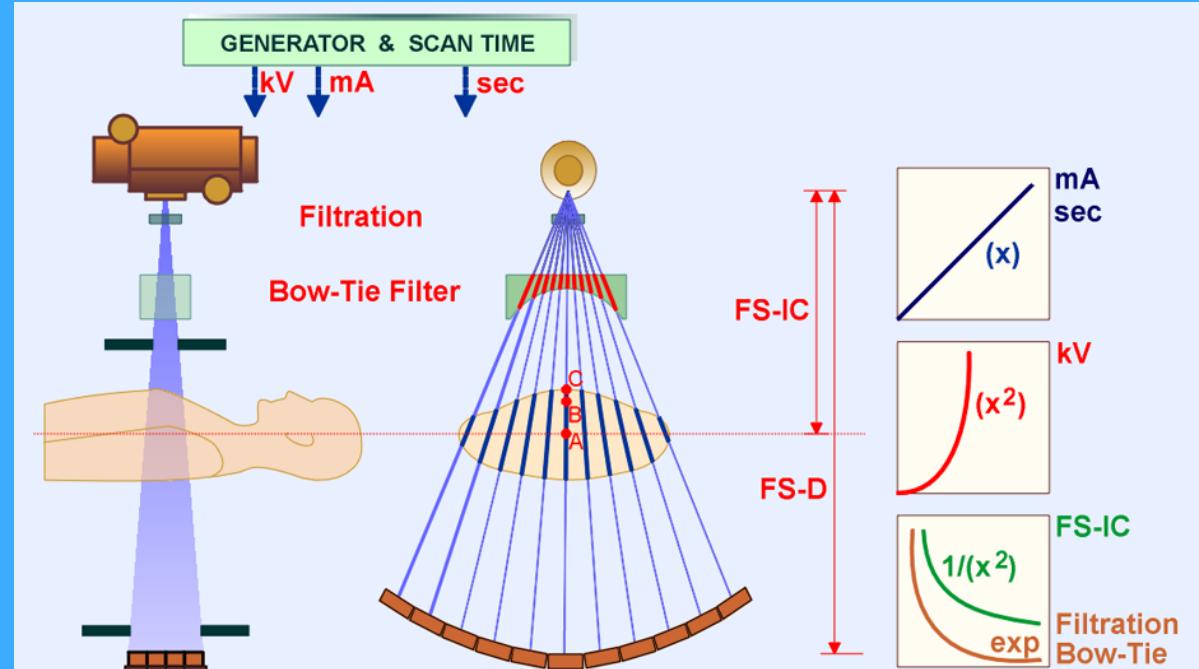
Mx8000 Dual-Quad-IDT: Geometry

Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
- ✓ Geometry
- Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System



Dual-Quad-IDT

Intermediate Geometry : FS-IC = 570 mm
FS-D = 1040 mm

Mx8000 Dual-Quad-IDT: Collimation

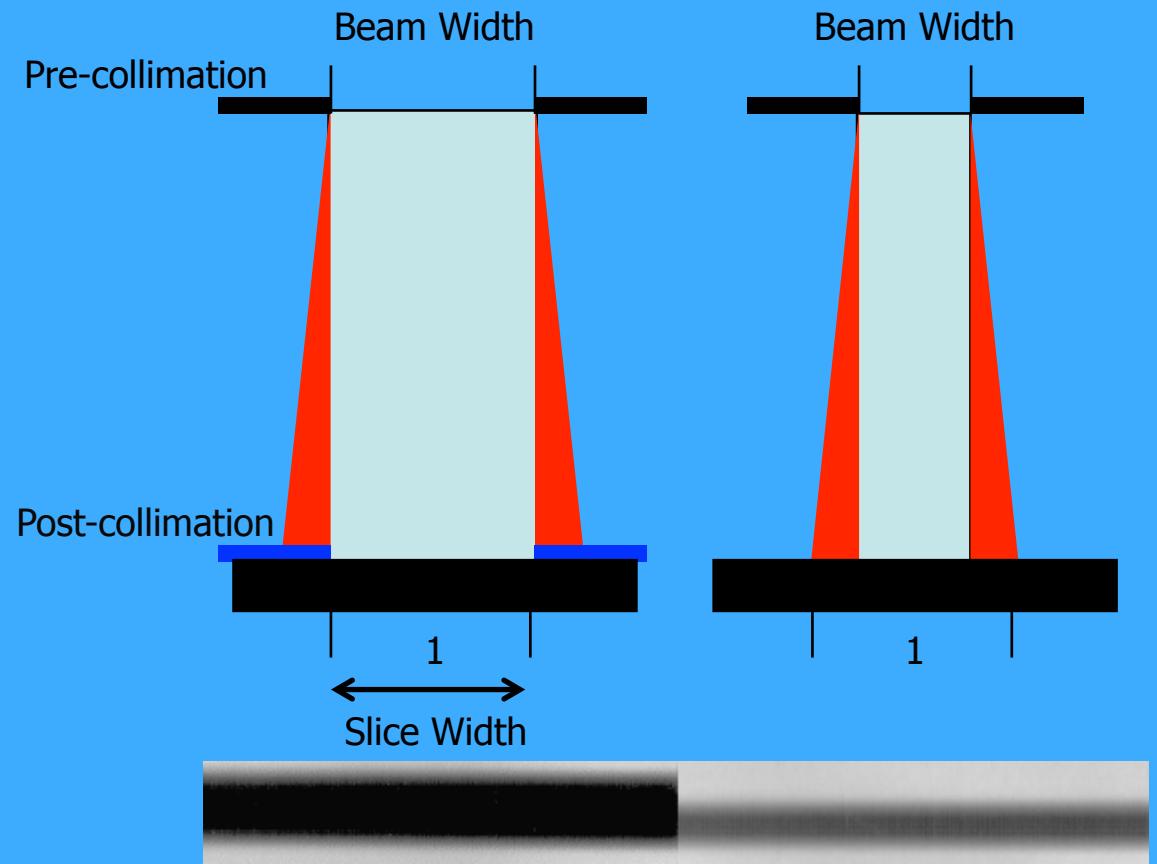
Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
- ✓ Geometry
- ✓ Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System

Single-Slice CT



Mx8000 Dual-Quad-IDT: Collimation

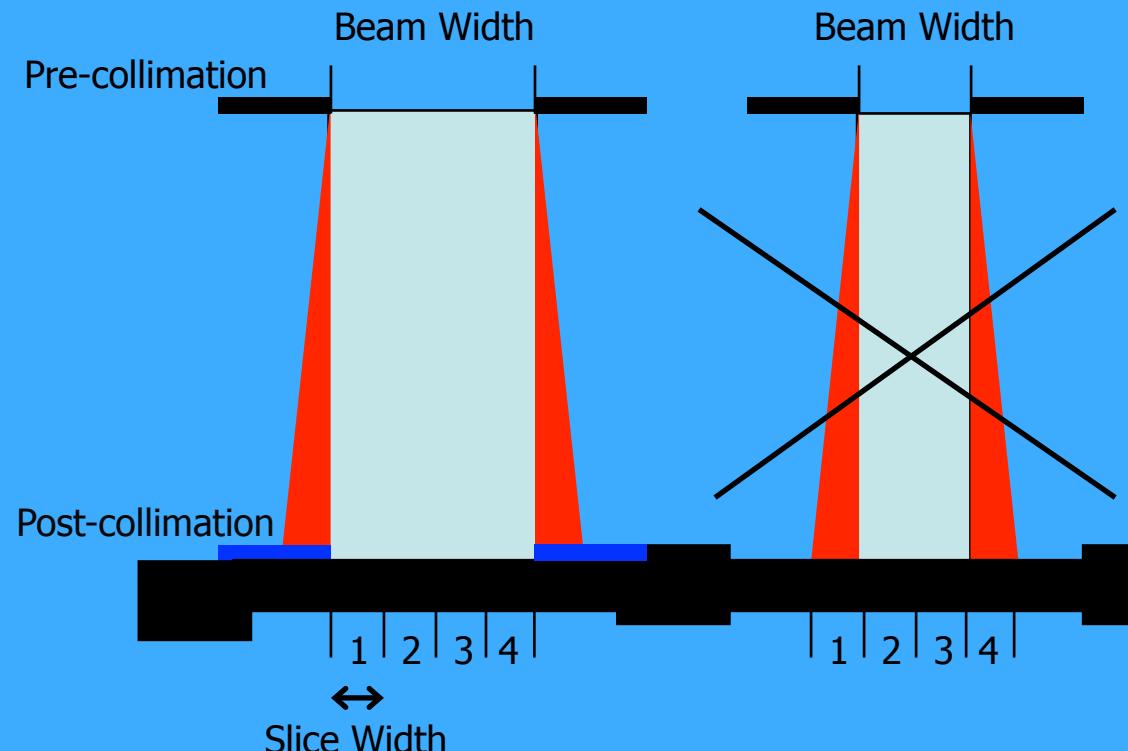
Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
- ✓ Geometry
- ✓ Collimators

Image quality

- Reconstruction algorithm
- Detection System

Quad-Slice CT...



Dual-Quad: post collimation,
IDT: no post-collimation

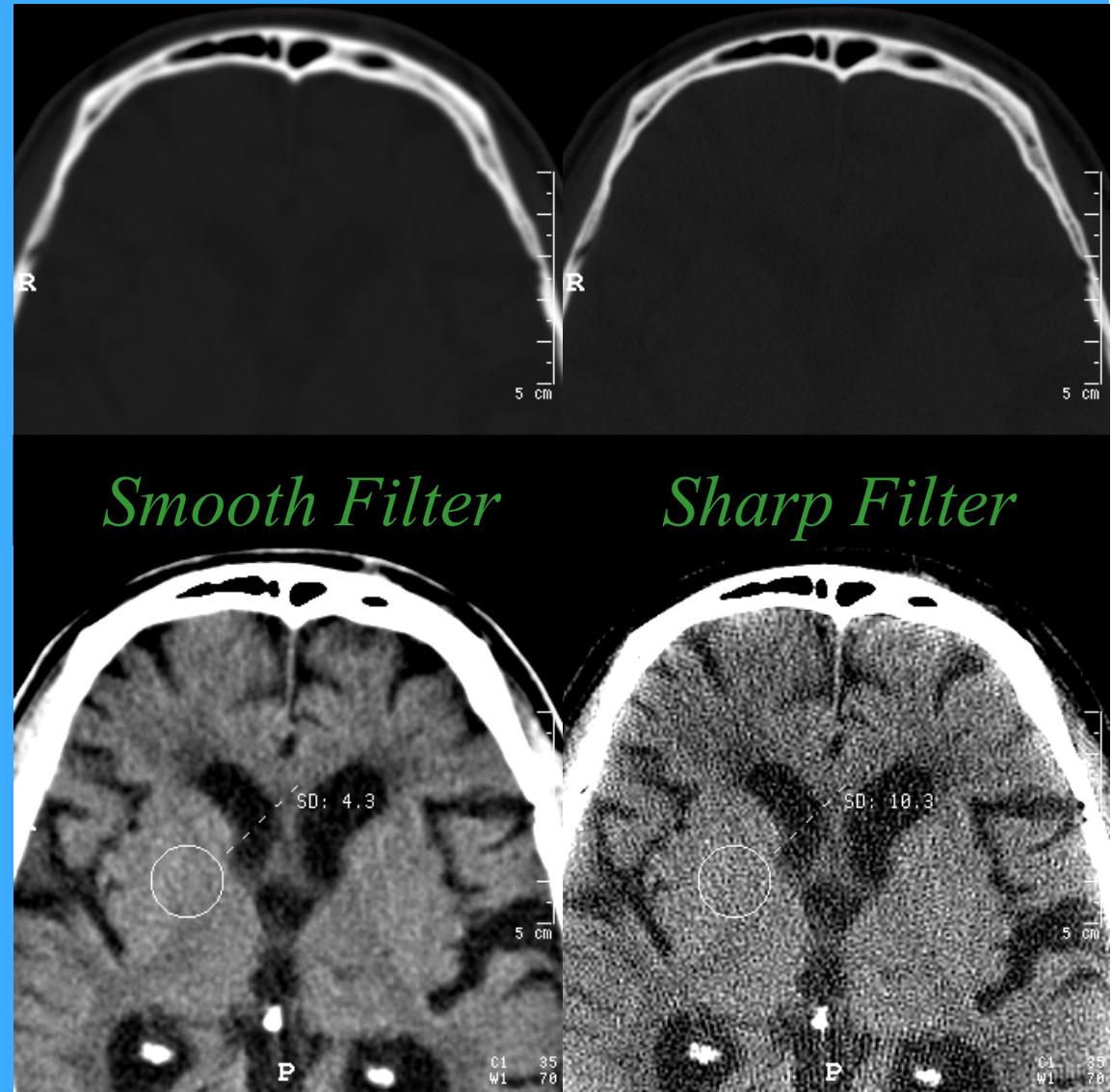
Mx8000 Dual-Quad-IDT Reconstruction algorithm

Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
- ✓ Geometry
- ✓ Collimators

Image quality

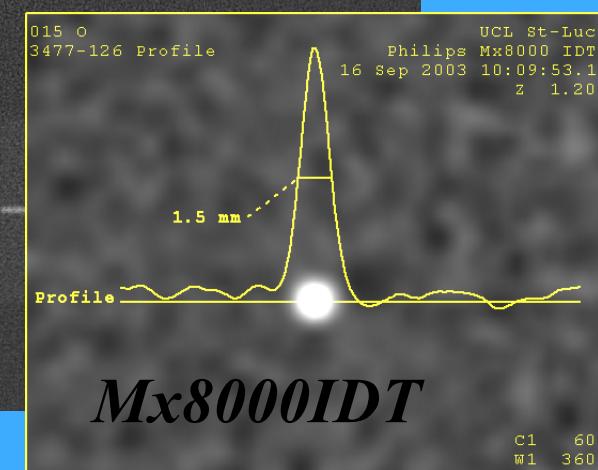
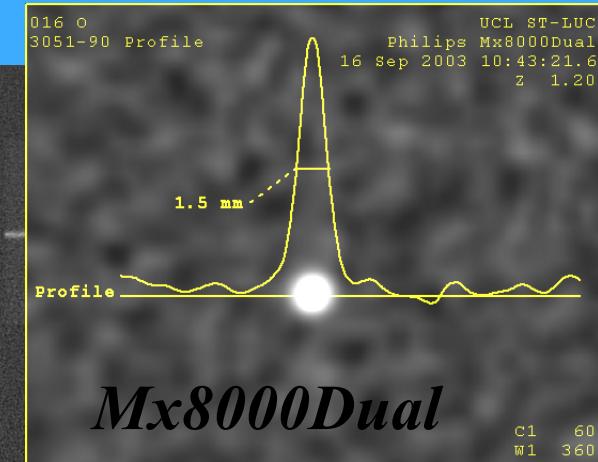
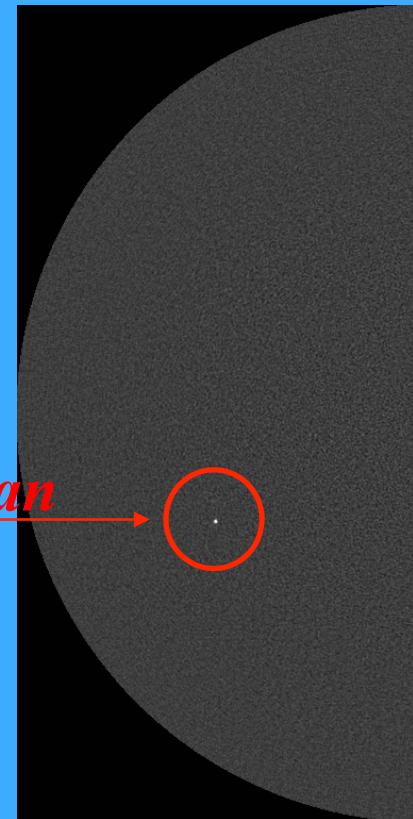
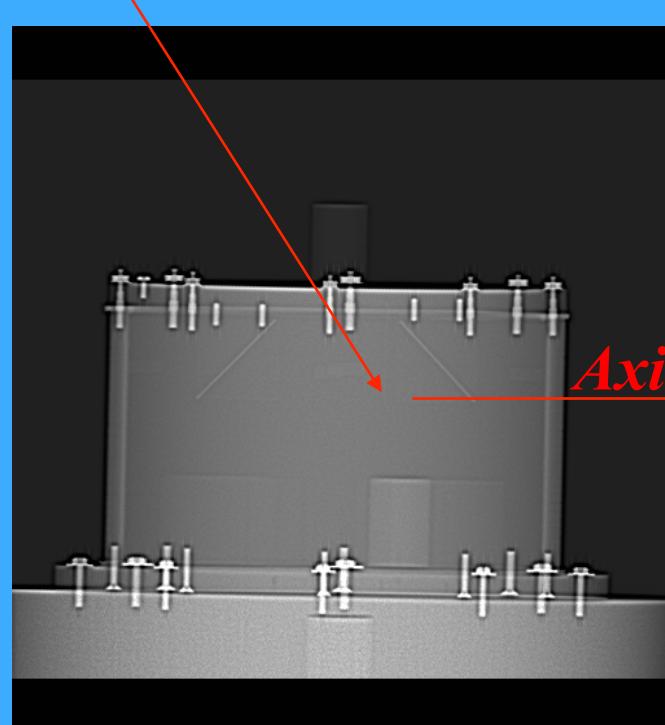
- ✓ Reconstruction algorithm
- Detection System



Mx8000 Dual-Quad-IDT Reconstruction algorithm

Point Spread Function

Cu wire (0.2mm diameter)



Mx8000 Dual-Quad-IDT: Detection

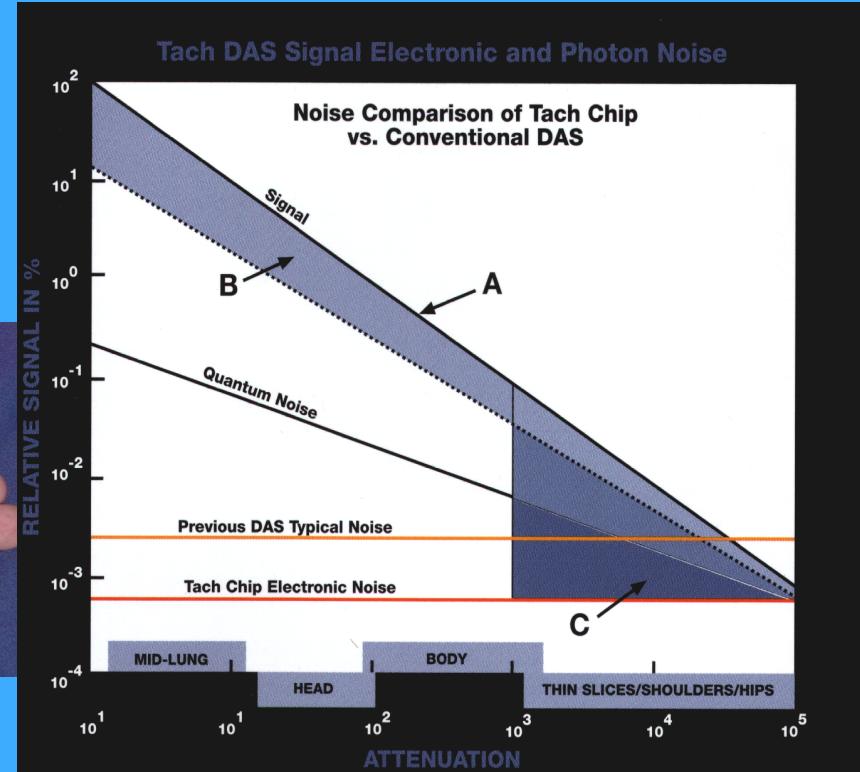
Dose

- ✓ Acquisition parameters
- ✓ Tube (focal spot...)
- ✓ Tube filtration
- ✓ Geometry
- ✓ Collimators



Image quality

- ✓ Reconstruction algorithm
- ✓ Detection System



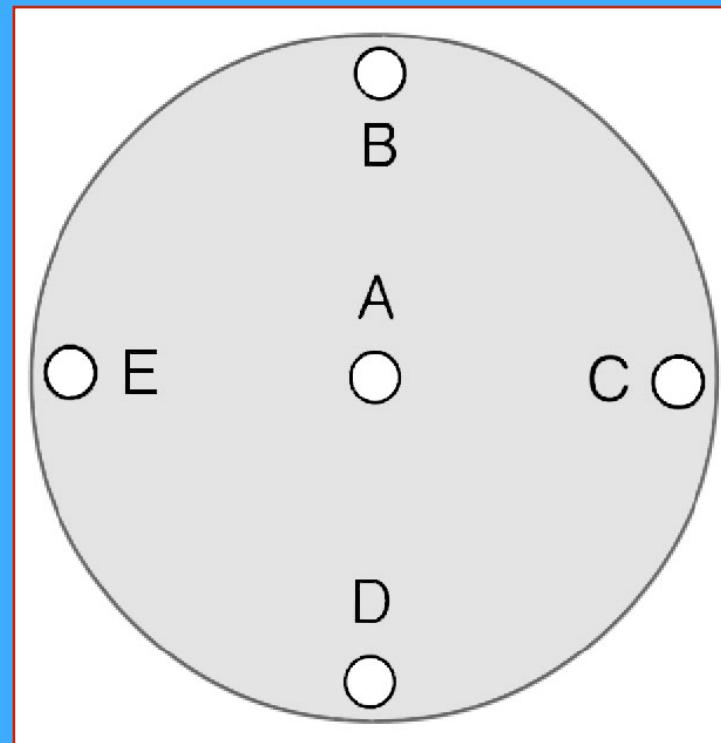
Direct current to digital signal conversion

Dual-Quad: conventional DAS
IDT: Tach DAS

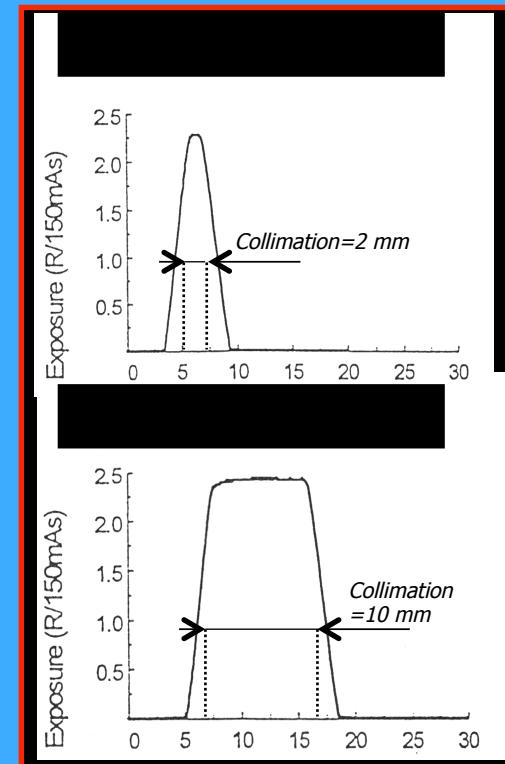
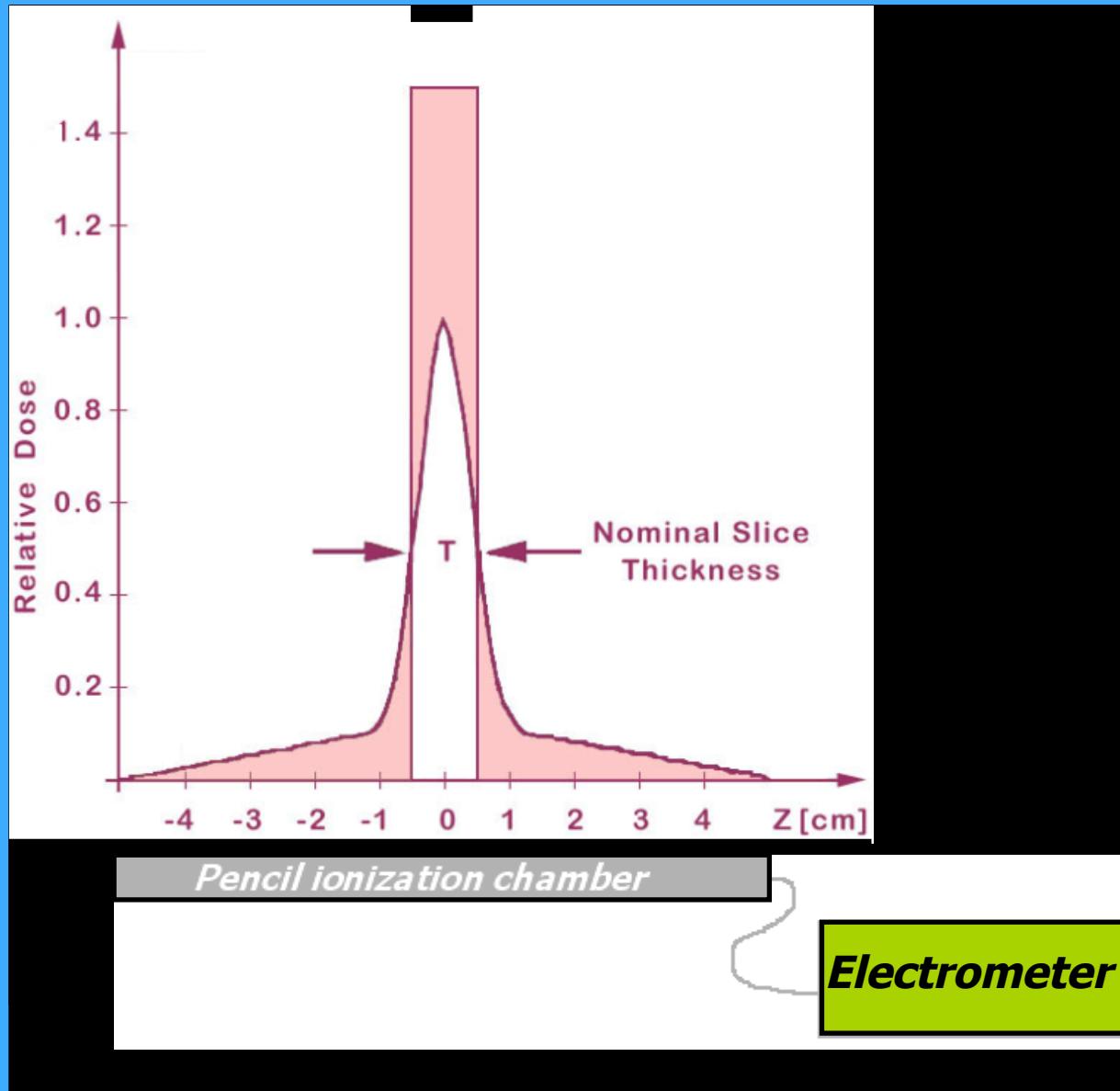
Dose measurements: CTDI Phantoms

Head : 16 cm ø
Material: plexiglass
Probe inserts: A – center

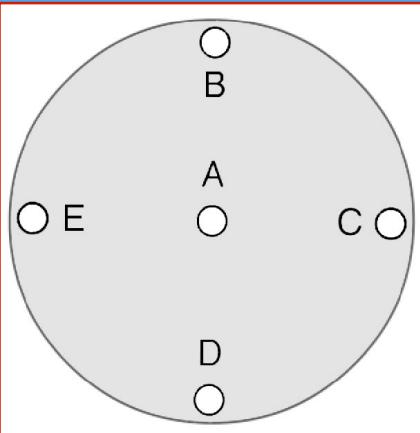
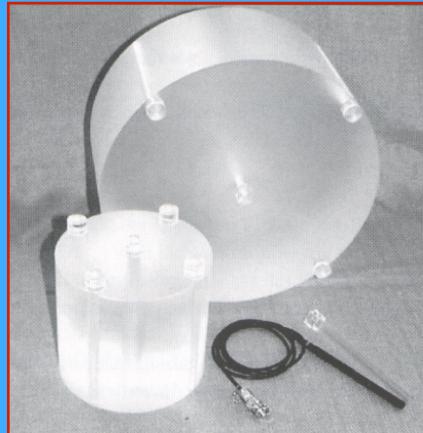
Body: 32 cm ø
Density: 1.19 gr/cm³
B,C,D,E – 1 cm below surface



Dose measurements: Dose profile



Dose measurements: Definitions



Head Scan

FOV=250mm
120 kV, 100 mAs
Rot.time=0.75sec
Scan angle=360°
STD Resolution,

Body Scan

FOV=350mm
120 kV, 100 mAs
Rot.time=0.75sec
Scan angle=360°
STD Resolution,

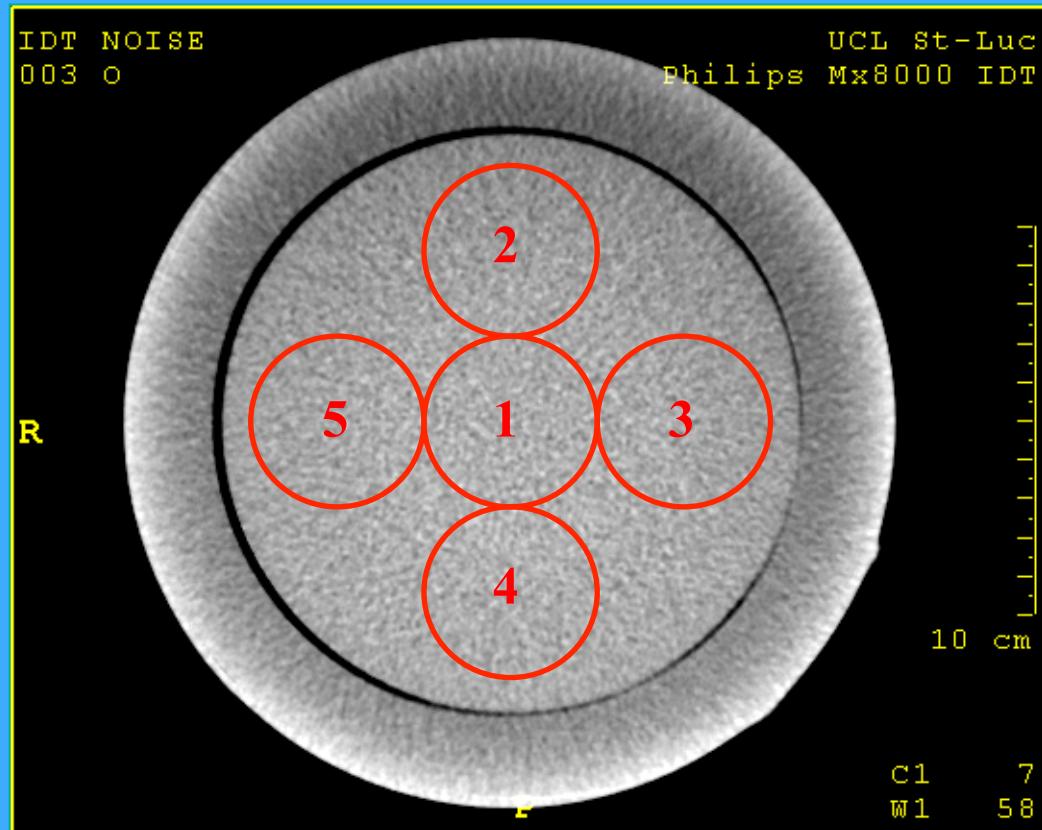
- CTDI₁₀₀ – IEC definition

$$\text{CTDI}_{100} = \frac{1}{nT} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

Dose to air: Roentgen to mGy
Conversion factor: 8.7 mGy/R

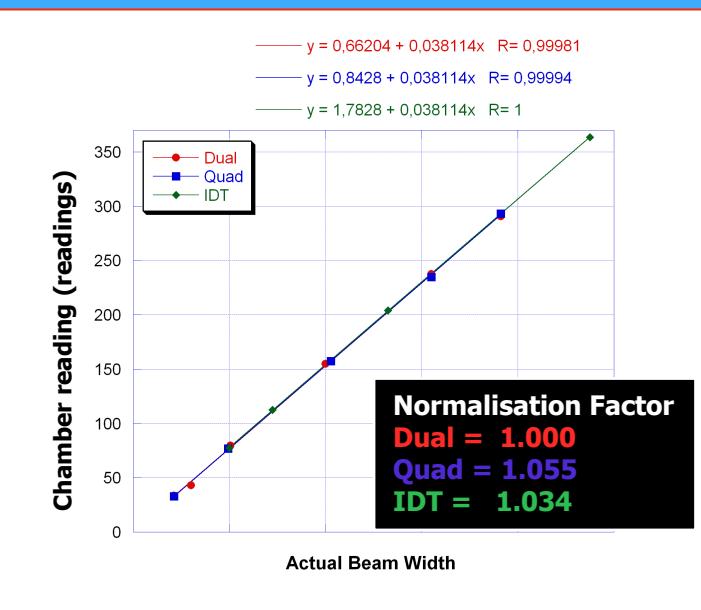
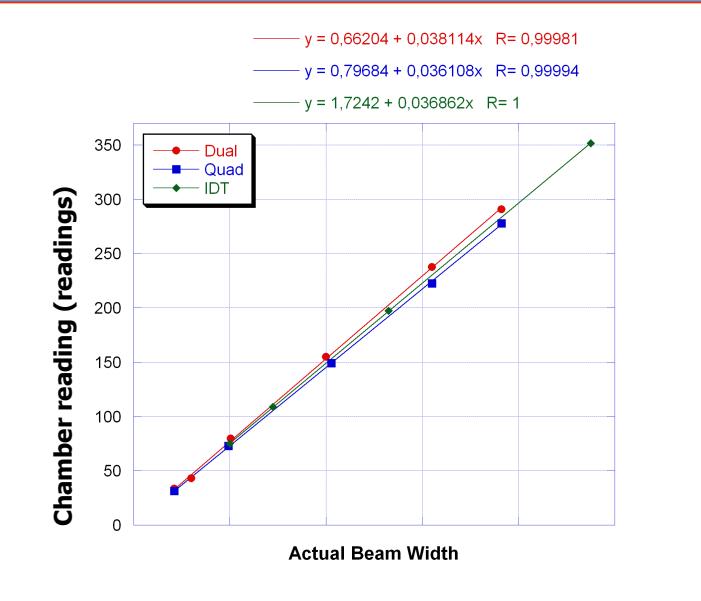
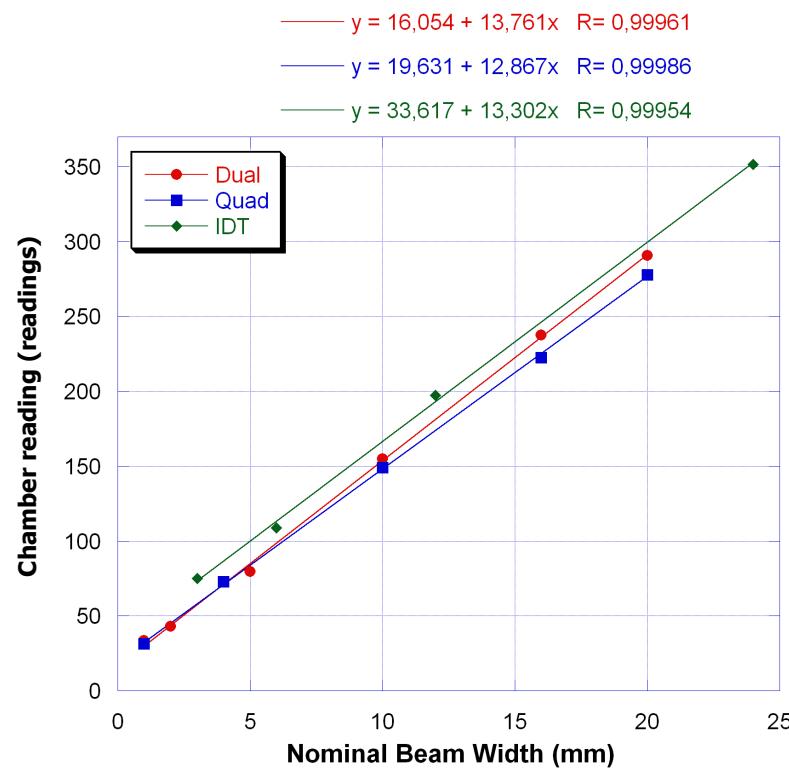
- Weighted CTDI: $\text{CTDI}_W = \frac{1}{3} \text{CTDI}_{100}(\text{center}) + \frac{2}{3} \text{CTDI}_{100}(\text{sur})$

Noise measurements: Catphan Phantom

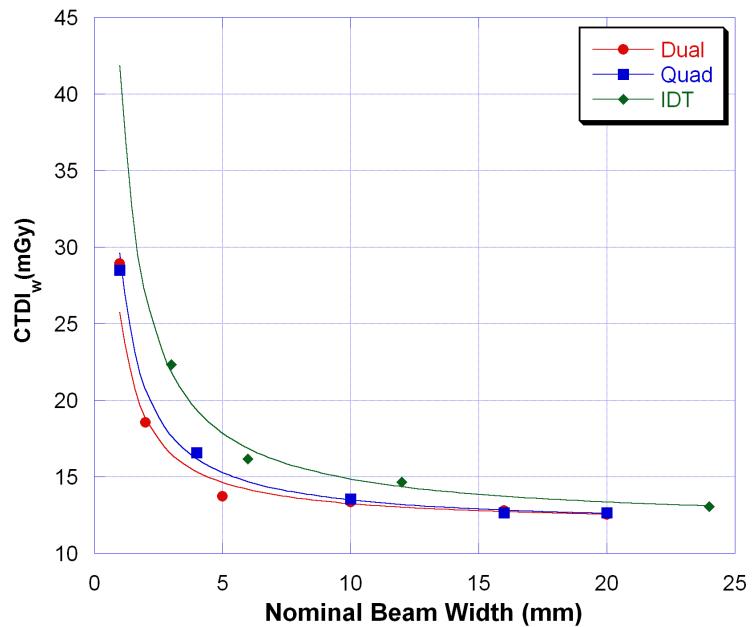
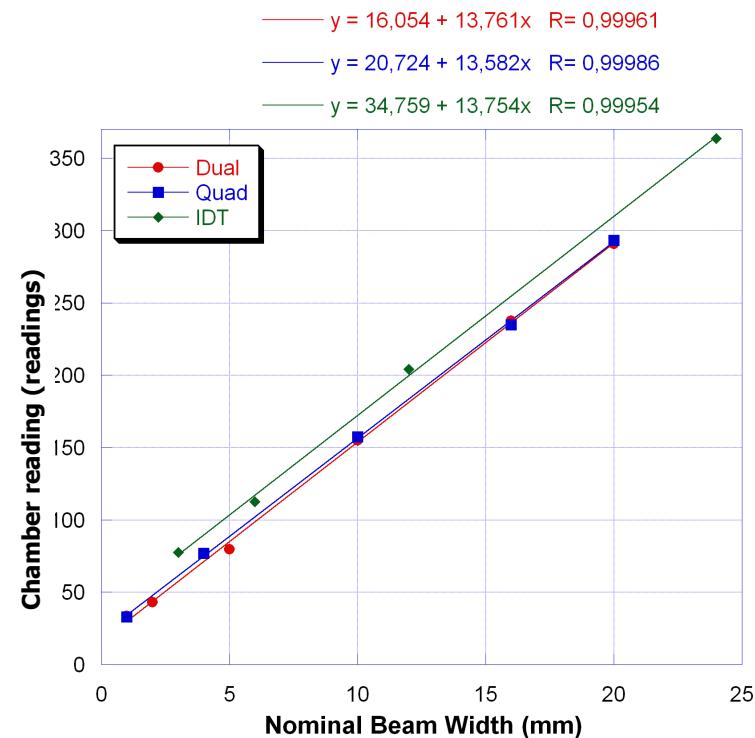


Head Scan
FOV=250mm
120 kV, 300 mAs
Rot.time=0.75sec
Scan angle=360°
STD Resolution,
EB Filter, 512x512

Results



Results

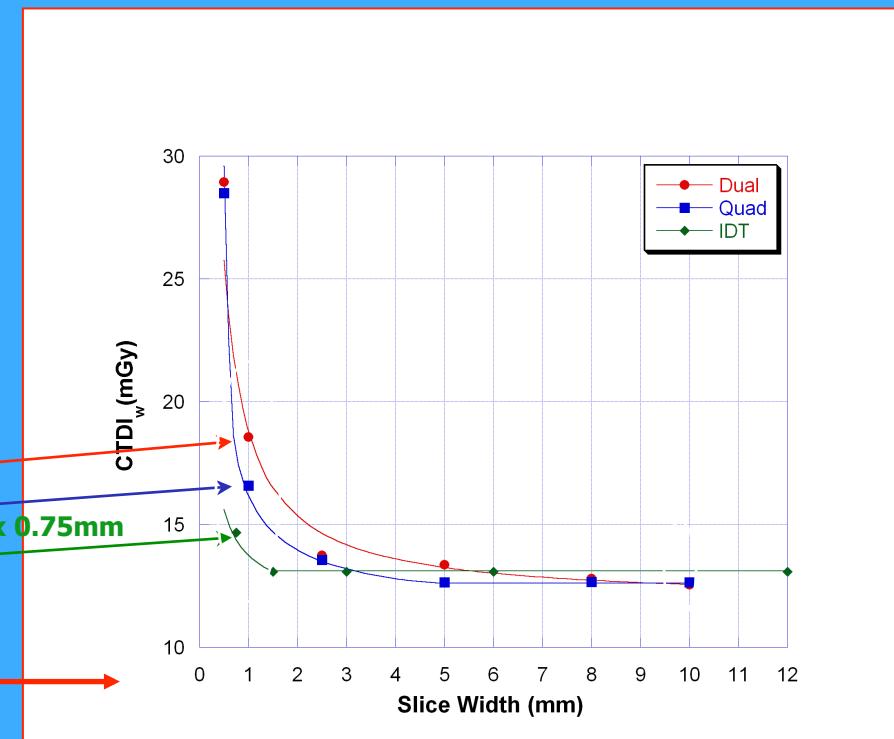
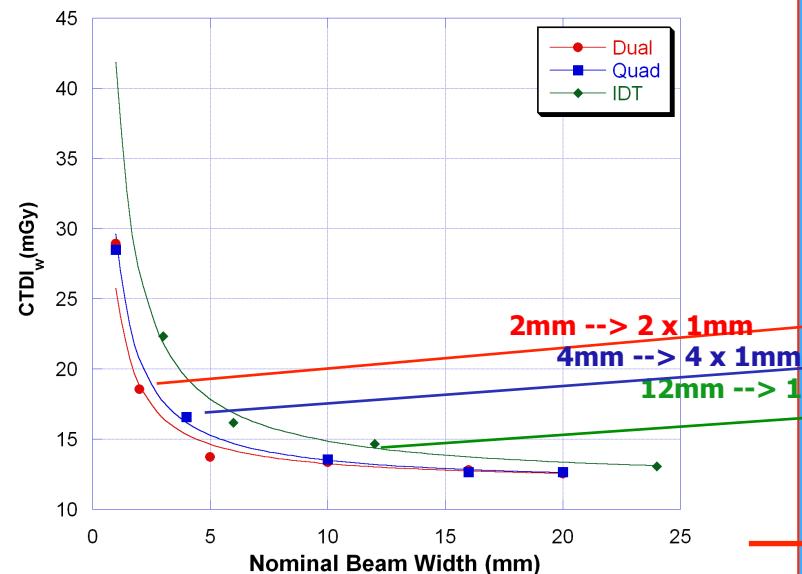


$$CTDI_{w100} = \frac{1}{nT} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

Results

At 1mm: Dual=18.81 mGy, Quad=16.18 mGy, IDT=13.74 mGy
(1.37) (1.18) (1.0)

At 10mm: Dual=12.56 mGy, Quad=12.61 mGy, IDT=13.11 mGy
(0.96) (0.96) (1.0)



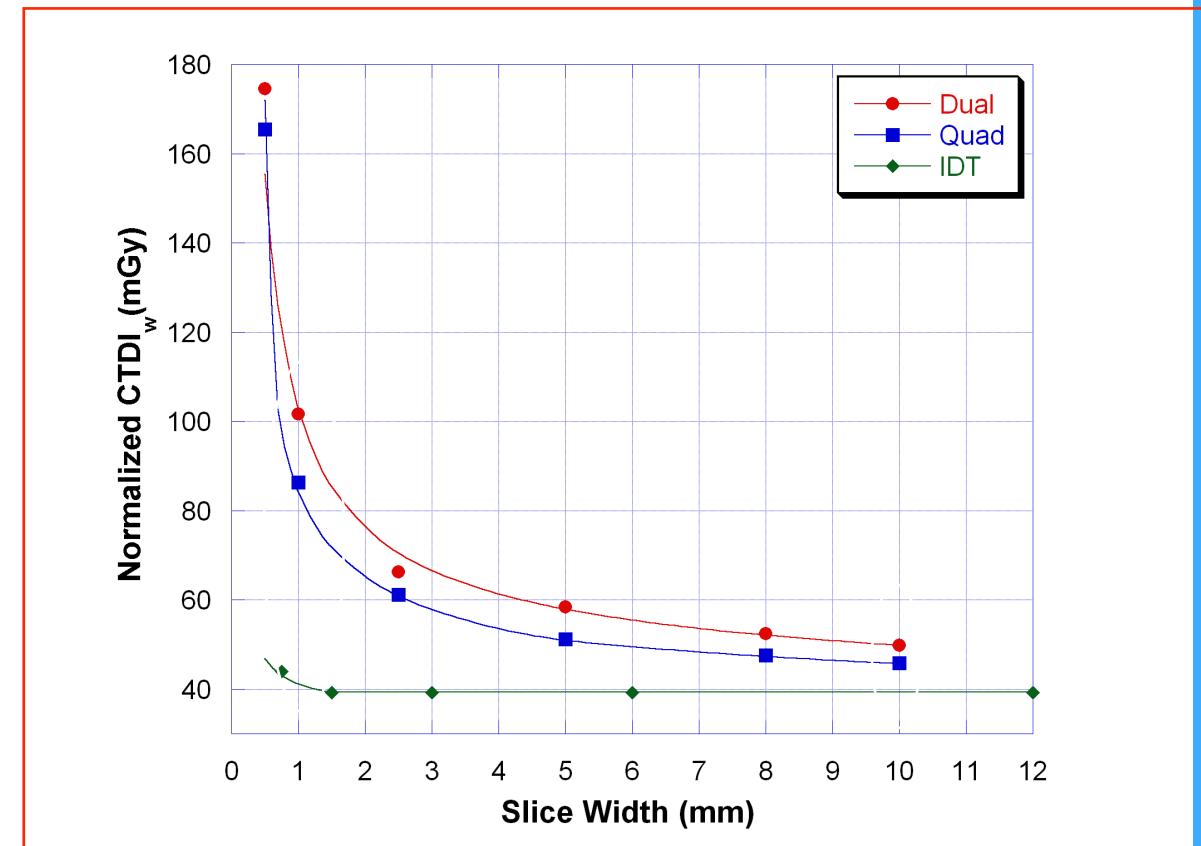
Dual=101.58 mGy, Quad=86.37 mGy, IDT=41.21 mGy
(2.46) (2.10) (1.0)

Dual= 49.79 mGy, Quad=45.89 mGy, IDT=39.33 mGy
(1.27) (1.17) (1.0)

Normalized CTDI_w (or CTDI_{WN}) is the dose which would be needed to obtain the same noise level as on the IDT for the same slice width:

Noise \propto $1 / \sqrt{\text{Dose}}$

Or Dose \propto $1 / \text{Noise}^2$



Low contrast resolution: comparison

Dual

Quad

IDT

