



# Spectrométrie en conditions cliniques de faisceaux de rayons X de basse énergie utilisés en mammographie numérique

*Présenté par : Sophie RIBES (1)*

*Avec : M. Saïssac (2), R. Bazer-Bachi (3), C. Magenc (3), et O. Caselles (1,4)*

(1) SIMAD, LU 50, Université Paul Sabatier – (2) CQFDose – (3) IRAP, UMR 5277, Université Paul Sabatier, Toulouse  
(4) CLCC Institut Claudius Regaud, Toulouse.



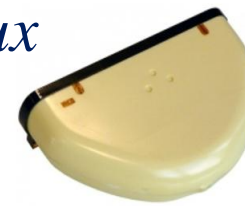
## *Plan de la présentation :*

- Rappels du contexte général
- Faisceaux de mammographie
- Spectrométrie en conditions cliniques
- Mises en œuvre expérimentales
- Conclusions & perspectives

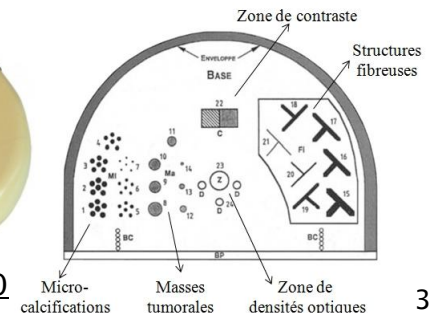


# Rappels du contexte général :

- ❑ Incidence du cancer du sein, importance du diagnostic précoce
  - *Programme national organisé de dépistage de masse (2004)*
  - *Femmes de 50 à 74 ans, deux clichés par sein, tous les deux ans*
  
- ❑ Contrôle qualité obligatoire des installations
  - *Fantôme passif MTM 100*
  - *Installations analogiques*
  - *Qualité d'image : résolution spatiale, contraste, bruit*
  - *Installations numériques...*
  
- ❑ Risques de cancers radio-induits, principe ALARA
  - *Spécification de la qualité des faisceaux*



Fantôme passif MTM 100





# Faisceaux de mammographie :

## □ Approche classique

- *Couche de demi-atténuation, tension de pointe, dosimétrie*
- *Kerma dans l'air ou débit de kerma dans l'air (ICRU)*
- *Chambre d'ionisation plate, aluminium, kV-mètre*

## □ Approche proposée

- *Spectre expérimental i.e. distribution énergétique*
- *Meilleure caractérisation possible*
- *Indices de qualité, fluences, débits de fluence, dosimétrie*
- *Acquisitions réalisées sous conditions cliniques*



# Spectrométrie en conditions cliniques :

## □ Débit de fluence particulaire et durée d'exposition

- $10^6$  à  $10^7$  photons.mm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> à 66 cm
- Durée d'exposition moyenne de 500 ms
- Distorsions, comptage inexact

## □ Solution exploitée

- Collimateur sténopé en tungstène ( $\varnothing=100$  μm)
- Semi-conducteur refroidi (Peltier)
- Mesures dans le faisceau primaire
- Problématiques d'alignement



# Spectrométrie en conditions cliniques :

## ❑ Dispositif expérimental

- *Détecteur semi-conducteur refroidi*
- *Collimateur sténopé*
- *Mise en forme numérique des impulsions*
- *Forme trapézoïdale adaptée aux forts débits*
- *Analyseur multicanaux (1024)*
- *Approximation de la distribution continue*
- *Liaison PC (RS232 ou USB)*

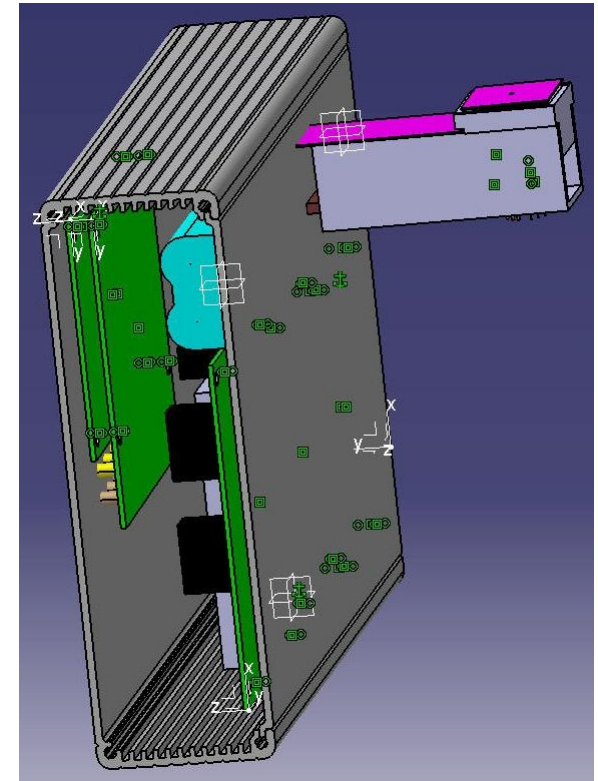


Schéma CAO du dispositif expérimental



# Spectrométrie en conditions cliniques :

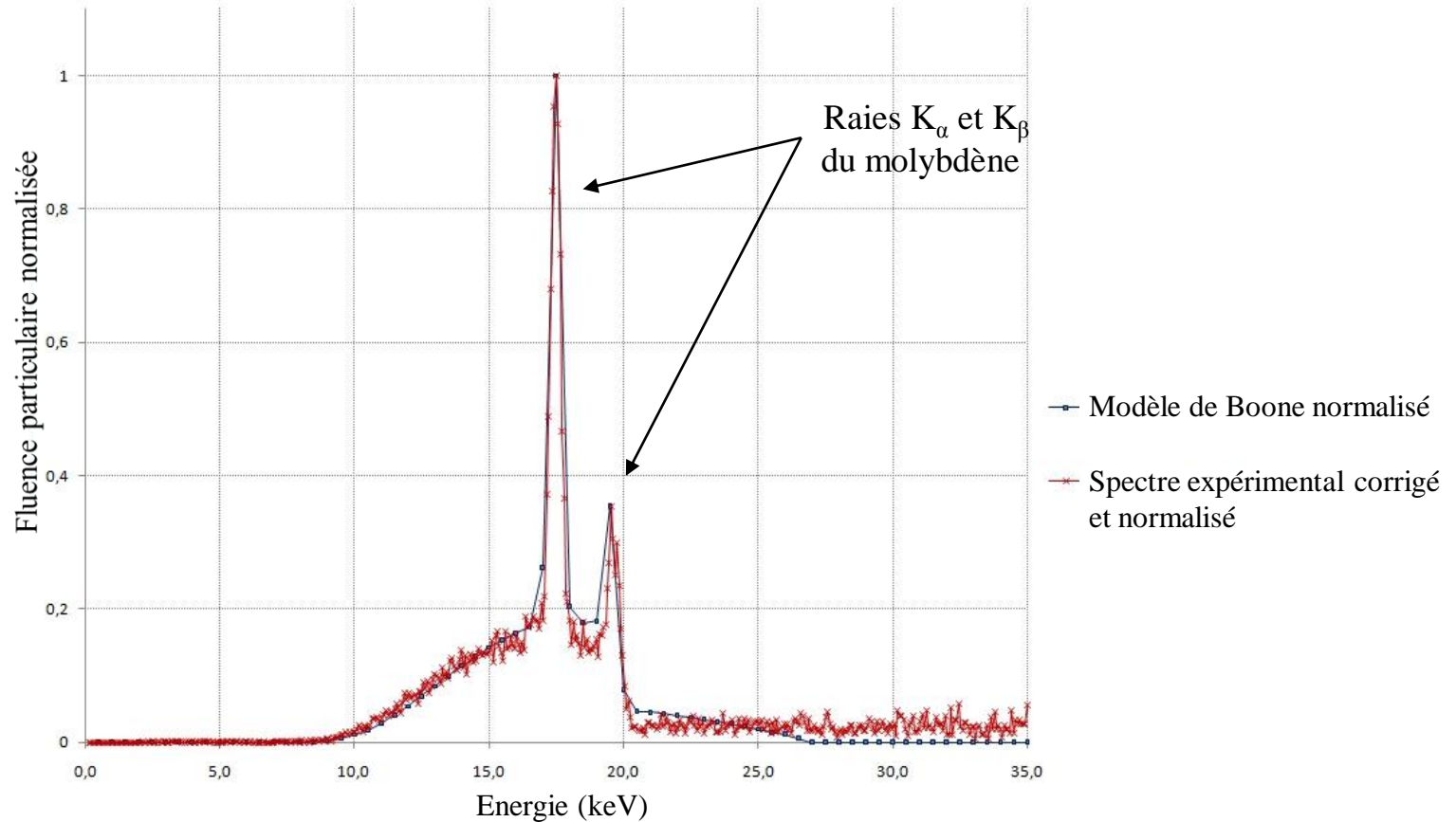
- ❑ Traitement de l'information spectrale
  - *Calibration linéaire canal-énergie du MCA*
  - *Correction de fraction de surface exposée et de durée d'exposition*
  - *Correction de l'efficacité intrinsèque totale*
  
- ❑ Efficacité intrinsèque totale
  - *Probabilité d'interaction dans le détecteur (EPE, Compton)*
  - *Calcul théorique pour toutes les énergies (NIST-Constructeur)*
  - *Calcul du nombre de photons incidents au niveau du détecteur*



# Spectrométrie en conditions cliniques :

## □ Validation de la méthodologie correctrice

Spectre expérimental Mo/Mo, 27 kV, 45 mA.s et modèle MASMIP de Boone



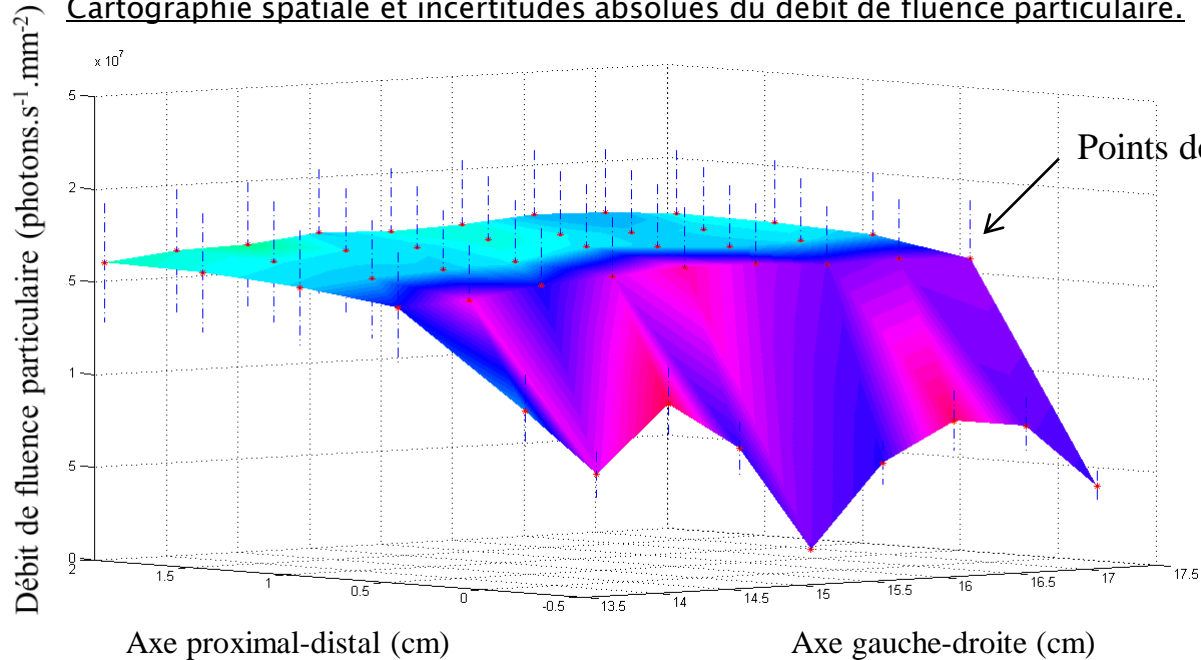




# Mises en œuvre expérimentales :

□ Contrôle du flux  $\dot{\Phi} = \sum_{E=0}^{E=kV} \frac{dN(E)}{dS.dt} = \sum_{E=0}^{E=kV} \dot{\Phi}(E)$  en  $\text{mm}^{-2}.\text{s}^{-1}$

Cartographie spatiale et incertitudes absolues du débit de fluence particulaire.



Points de mesure expérimentaux

Rh/Rh, 30 kV, 56 mA.s

Maillage unitaire de 0,5 cm

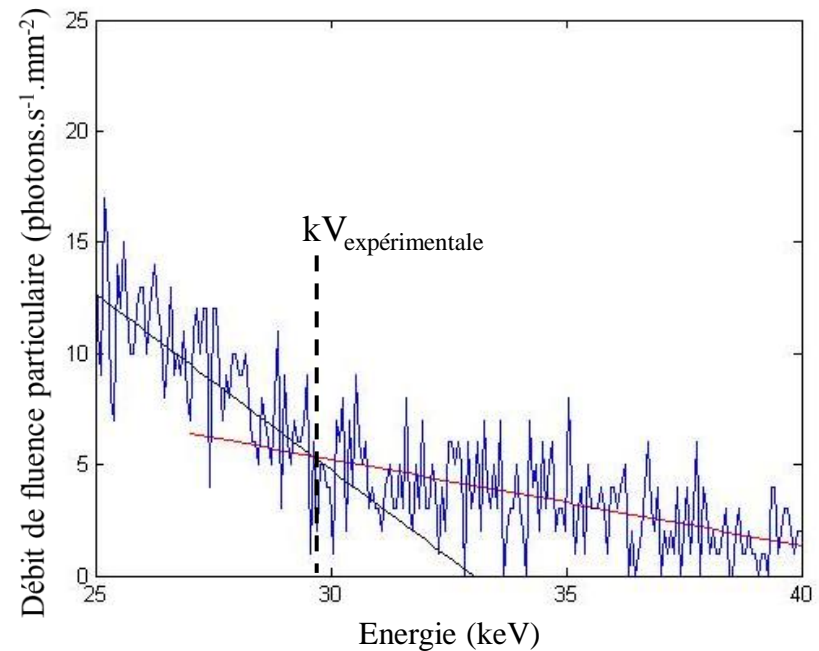
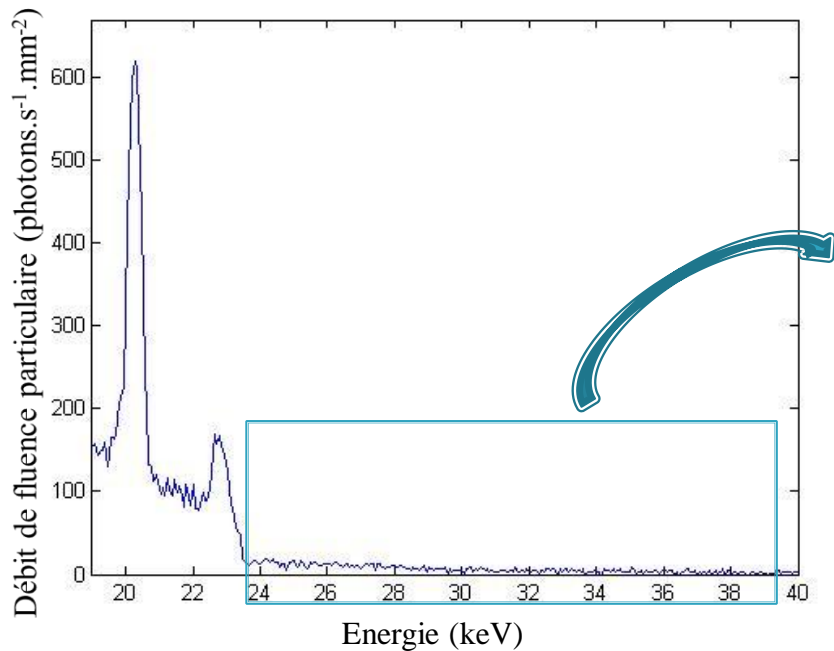
$$\langle \dot{\Phi} \rangle = 1,6.10^7$$

- *Homogénéité au voisinage de l'axe*
- *Concordance avec la littérature ( $10^6$  à  $10^7 \text{ mm}^{-2}.\text{s}^{-1}$  à 66 cm)*

# Mises en œuvre expérimentales :

## □ Extraction de la tension de pointe

Exemple d'extraction de la tension de pointe expérimentale pour un spectre Rh/Rh.



- *Point intersection de deux droites estimées (moindre carrés)*
- $kV_{\text{nominale}} = 30$  et  $kV_{\text{expérimentale}} = 29,61 \rightarrow 1,29\%$  de différence

# Mises en œuvre expérimentales :

## □ Extraction de la couche de demi-atténuation

➤ Via l'exposition : 
$$F(E) = 1,82 \cdot 10^{-8} \cdot \Phi(E) \cdot E \cdot \left. \frac{\mu_{en}}{\rho} \right|_{air}$$

*F(E) en mR*  
*Φ(E) en photons.mm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>*  
*E en keV*  
*μ<sub>en</sub>/ρ en cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>*

$$T(x) = \frac{1}{F_T} \sum_{E=0}^{E=kV} F(E) \cdot \exp(-\mu_{al}(E) \cdot x_{al}) \quad \text{et} \quad T(x) = \frac{1}{2} \Leftrightarrow x = CDA$$

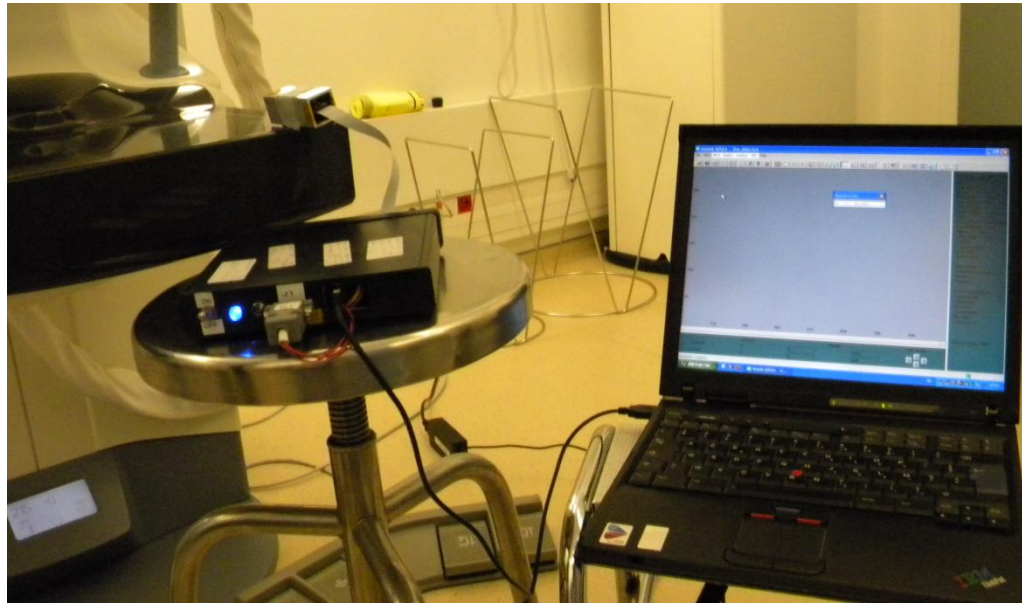
➤ Ou via le kerma dans l'air : 
$$K_{air}(E) = \Phi(E) \cdot E \cdot \left. \frac{\mu_{tr}}{\rho} \right|_{air} \quad \text{en Gy}$$

	kV	CDA (mm Al)	Flux (mm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )
Nominal	30,0	0,42	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>7</sup>
Test 1	29,6	0,42	1,6.10 <sup>7</sup>
Test 2	30,9	0,42	1,9.10 <sup>7</sup>



# Mises en œuvre expérimentales :

- ❑ Recueil simultané de deux types d'information
  - *Qualité d'image : nouveau fantôme passif et calcul d'un score*
  - *Informations spectrales : qualité du faisceau, flux, énergie moyenne, homogénéité, dosimétrie*



Possible mise en place simultanée du fantôme sous compression et du détecteur



# Conclusions & perspectives :

- ❑ Faisabilité des acquisitions sous conditions cliniques
  - *Utilisation d'un seul collimateur sténopé ( $\varnothing=100\mu\text{m}$ )*
- ❑ Validation de la calibration du MCA et des corrections spectrales
  - *Adéquation aux modèles empiriques de Boone*
  - *Validation des paramètres : kV, CDA, flux*
- ❑ Recueil simultané de la qualité d'image et d'un spectre
  - *Inclinaison du dispositif, alignement avec le point focal*
  - *Tolérance angulaire de mesure*
- ❑ Possibilité d'étude dosimétrique : kerma dans l'air, KASE,  $D_e$ , DGM