

Références et perspectives en dosimétrie externe

(radioprotection)

Jean-Marc Bordy, Josiane Daures, Marc Denozière,
Nelly Lecerf, Wassim Ksouri

CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE LNHB),
F-91191 Gif sur Yvette CEDEX

Introduction

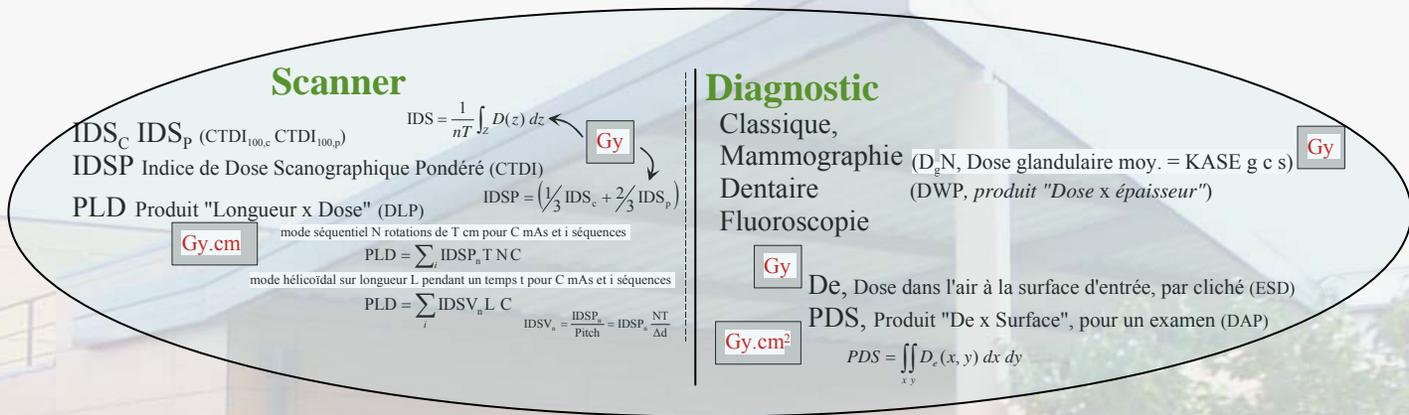
Incertitudes sur les équivalents de dose pour les photons

Point de mesure – point de référence pour les étalonnages

Nouveaux concepts de grandeurs dosimétriques

Mesures primaires dans les champs pulsés diagnostic

... / ...



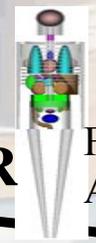
Calcul vers E

$$K_{air} = \frac{Q}{\rho_{air} V} \frac{W_{air}}{e} \frac{1}{1-g} \prod_i k_i$$



Grandeurs de Protection
 D_{T,R} dose engagée à l'organe
 H_T dose équivalente à l'organe
 E dose efficace
 [Gy / Sv]

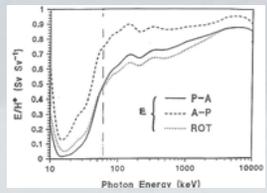
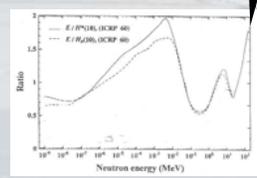
CIPR



Fantômes Anthropo.

en un point

Grandeurs Physiques (Primaires)
 γ, RX
 n, γ, RX, PC
 b, RX
 K_{air}, D_w
 Φ
 D_t(0,07)
 [Gy (gray)]

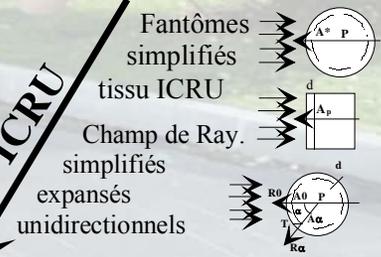


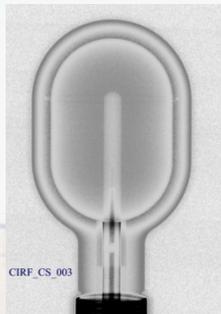
Estimateurs conservatifs!

Corps entier et extrémités

Grandeurs Opérationnelles
 H'(d), H*(d), Hp(d)
 [Sv (sievert)]

ICRU





Valeurs monocinétique (ICRU) $u_h = 0$

Valeurs pour des spectres $u_h = 2 \%$ (ISO 4037)

Pour prendre en compte la différence entre le champ de ray. au laboratoire « primaire » et celui au laboratoire secondaire. **La CDA + HV n'est un indicateur suffisamment sélectif**

Evolution, si le champs de ray. est très bien connu, on peut considérer $u_h = 0$

Mesure K_{air}
Chambre d'ionisation

Capuchon d'éq. Électronique

k_{manche}
 k_{paroi}
 k_{rec}, k_{pol}, \dots

Bien connaître ? spectrométrie

$$H = K_{air} \times h_K$$

$$u_H \quad 2.3 \% \longrightarrow 0.3 \%$$

h_K varie avec l'énergie,

Condition d'étalonnage :

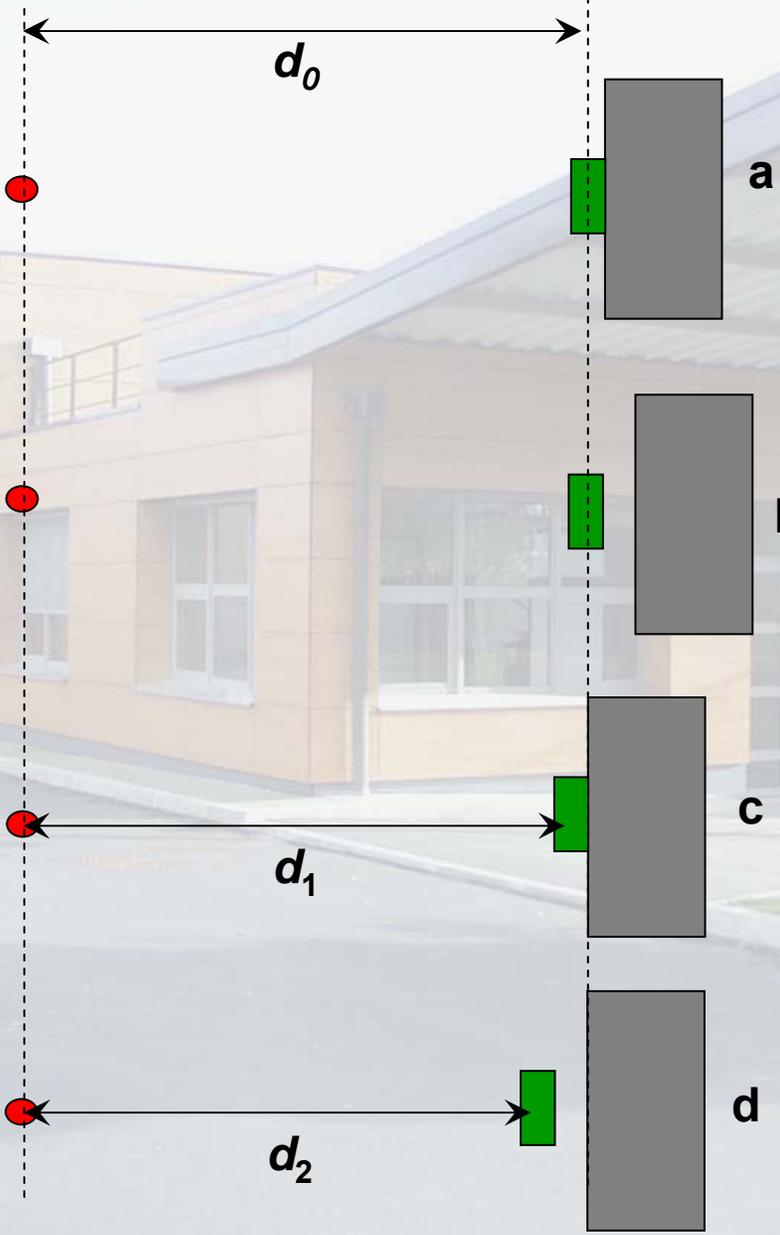
Pt de référence du dosimètre est situé au point de mesure du champ de ray.

Difficile pour positionner certains dosimètres

- Clip pas amovible
- Difficile de faire une réponse angulaire

Envisager de prendre en compte l'ensemble « fantôme + le dosimètre » H_p

Le Pt de référence de cet ensemble est le centre de la face avant fantôme



Pt référence = Pt de mesure

$$N = \frac{H_{ref}}{M_{cor}}$$

Même Pt de mesure $H_{ref} = cte$

$$d_0 \neq d_1 \neq d_2$$

Albédo différent

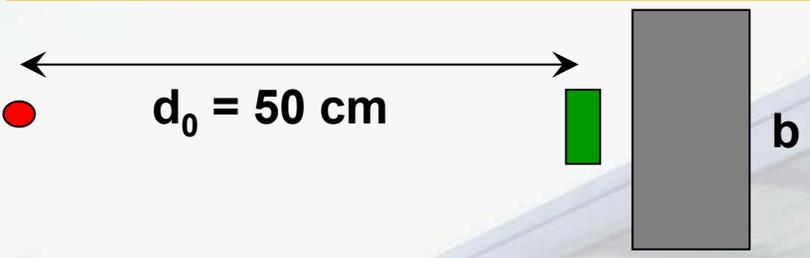
M_{cor} varie ; N varie

$$R=f(E)$$

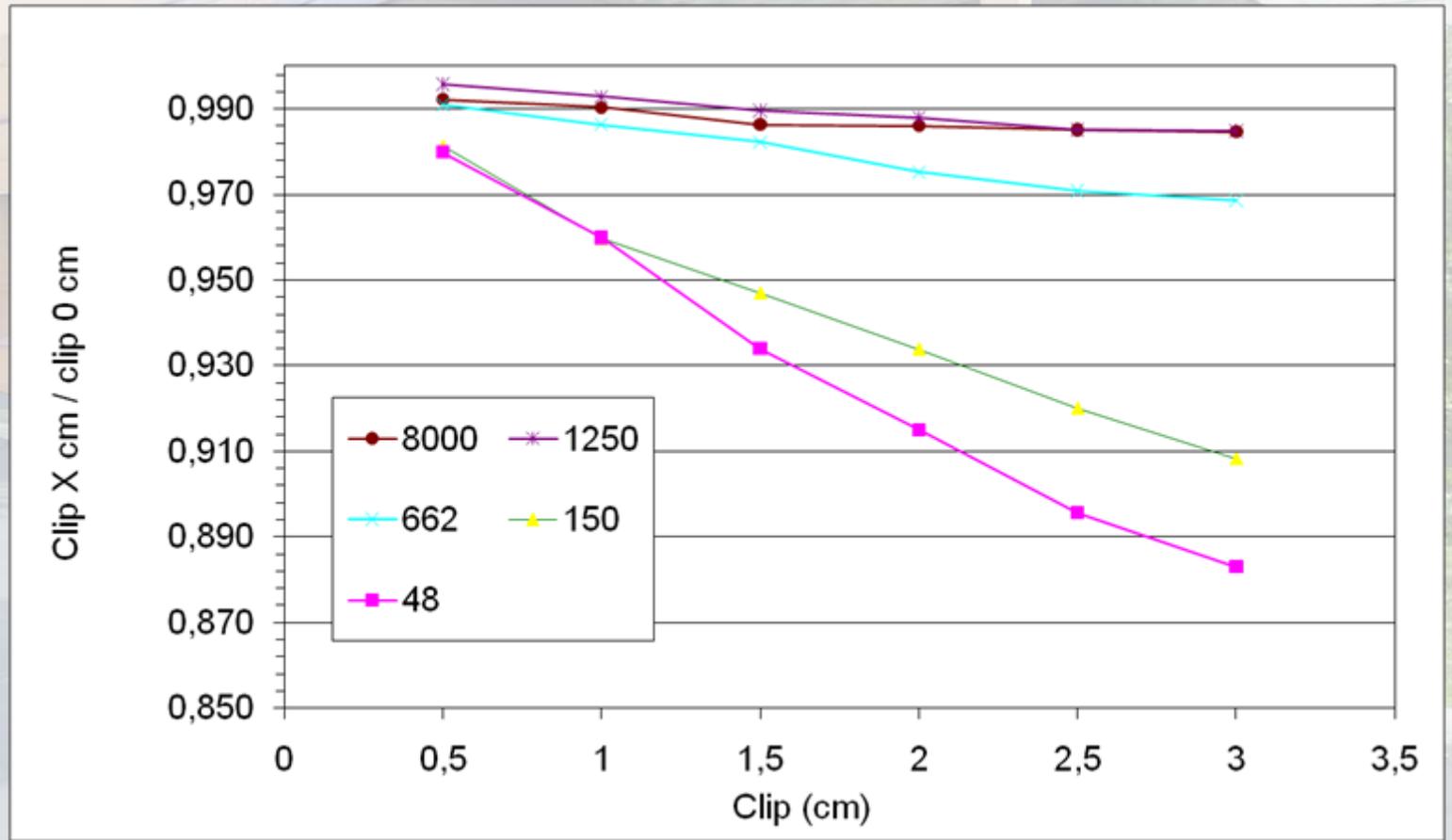
Caractéristiques du dosimètre

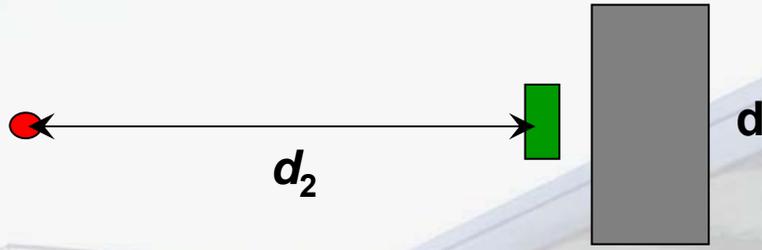
Clip

Clip



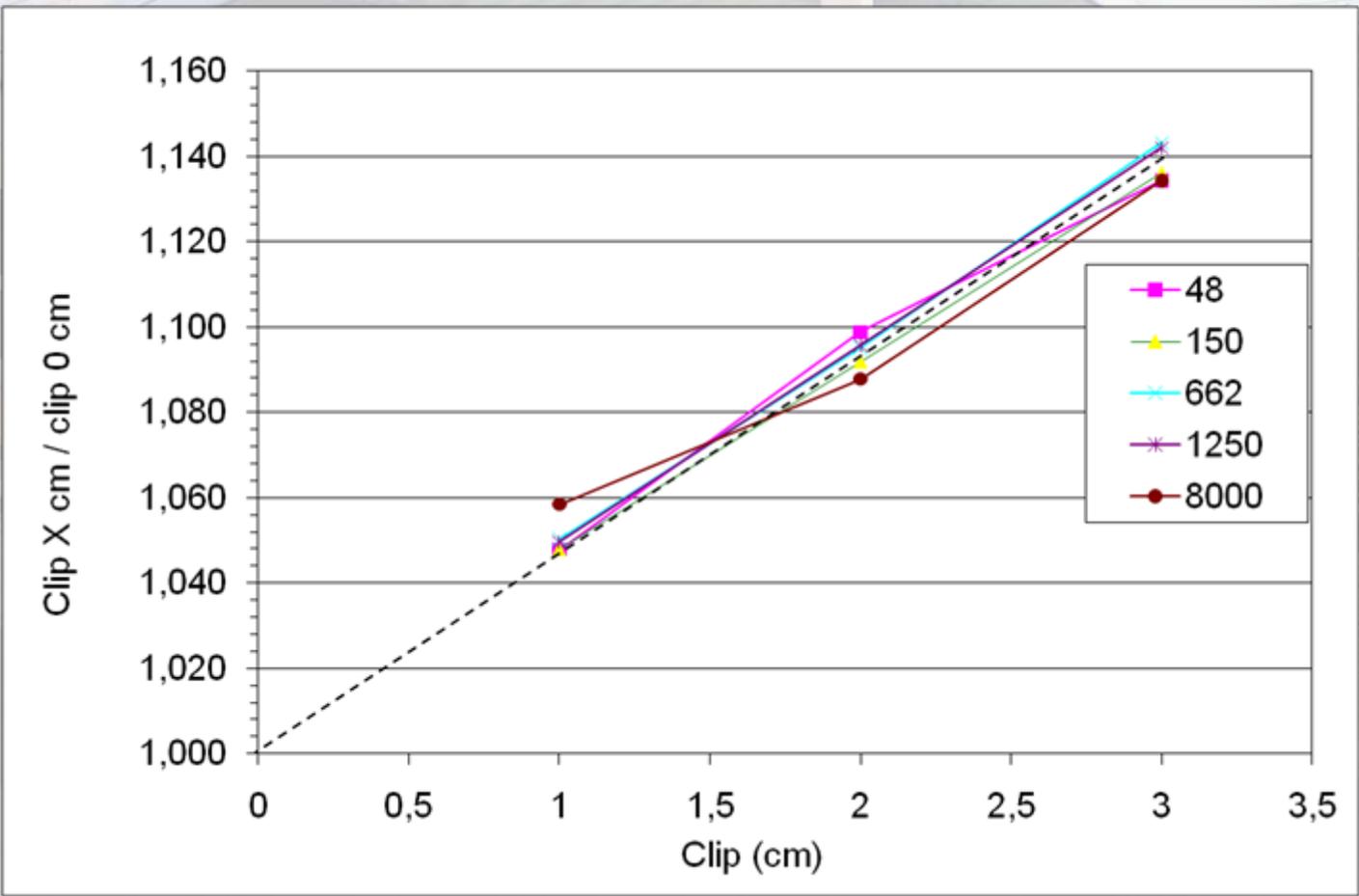
L'épaisseur du clip fait reculer le fantôme
« Perte » d'albedo





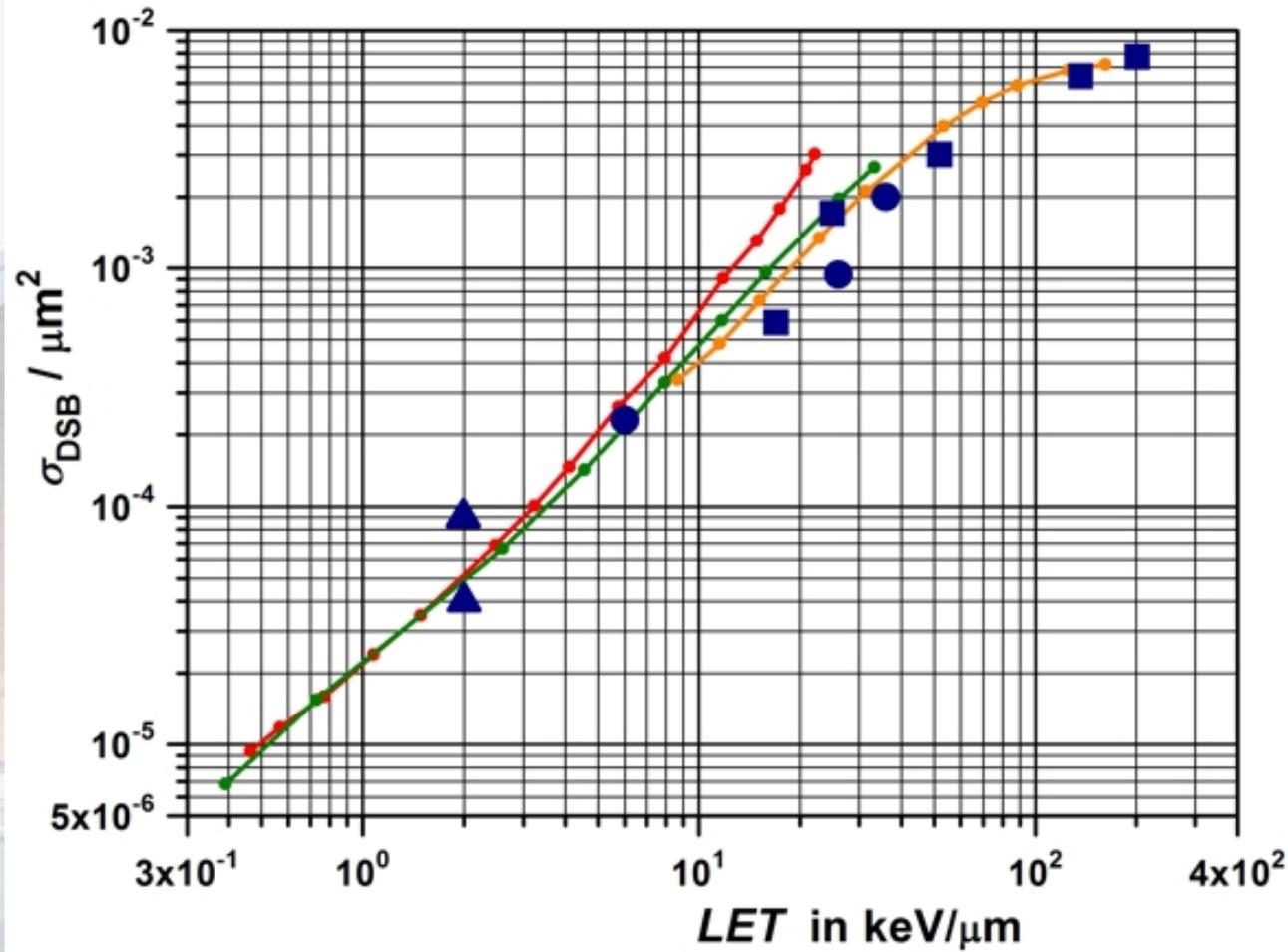
L'épaisseur du clip fait avancer le dosimètre
Signal augmente

$$\frac{50^2}{47^2} = 1,132$$



Taucher-Scholz, G. and Kraft, G.: Influence of Radiation Quality on the Yield of DNA Strand Breaks in SV40 DNA Irradiated in Solution. *Radiat. Res* 151, 595-604 (1999).

1. Grosswendt, B.: Nanodosimetry, the Metrological Tool for Connecting Radiation Physics with Radiation Biology. *Radiat. Prot. Dosim.* 122, 404-414 (2006).



Electrons



Protons



Alpha

σ_{DSB}



RX 250 keV



Carbone

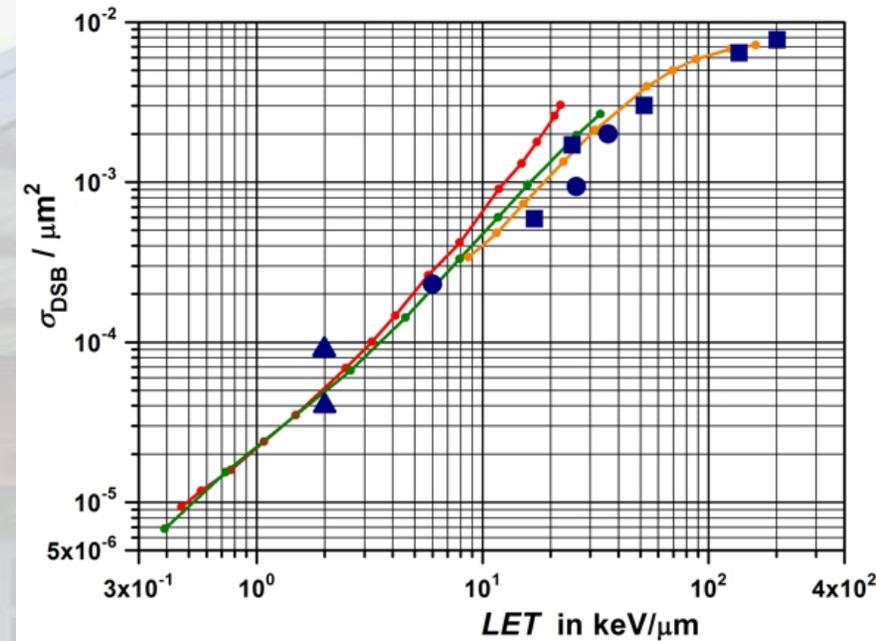


Alpha « Cluster fréquence » F2

Remplacer D par une grandeur représentative de la structure de la trace d'ionisation représentative du dommage à l'ADN (échelle nanométrique) et donc de l'efficacité biologique

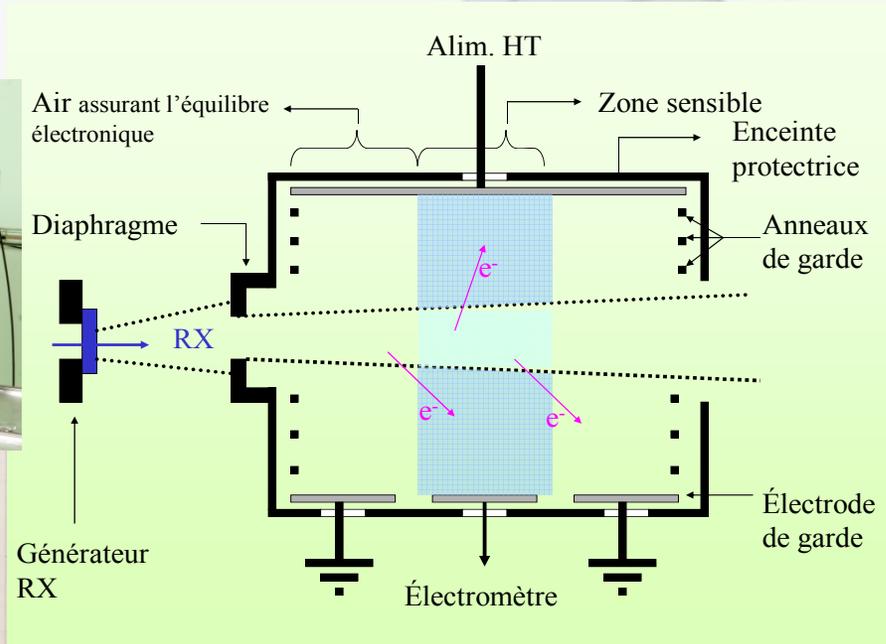
ADN pas la seule cible ! (bystander, ... !)

.... /





Diagnostic 40 à 150 kV
(MD 03)



Continus 60 à 250 kV
(WK 06)



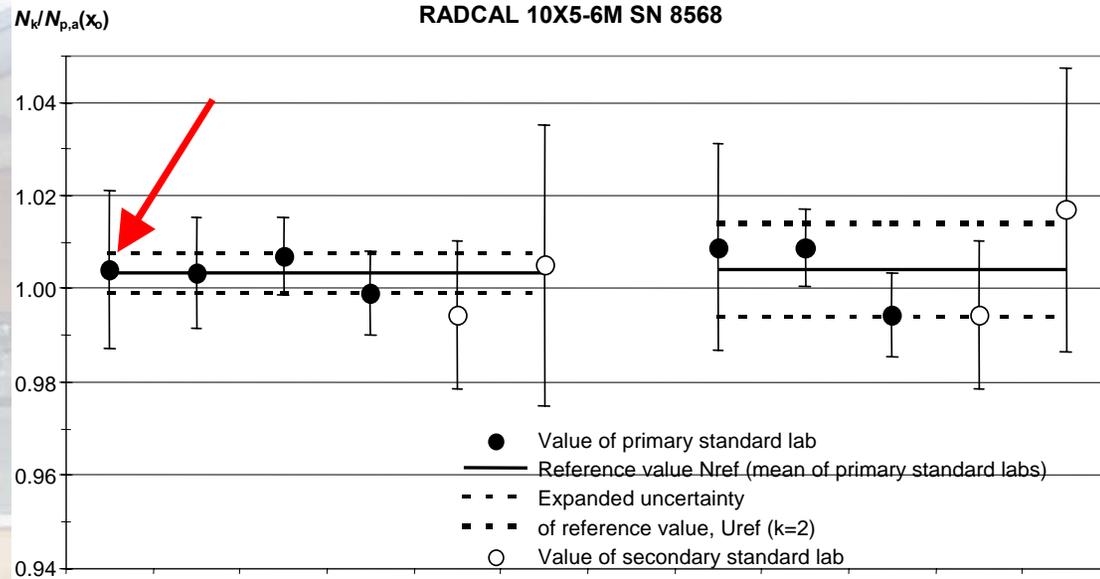
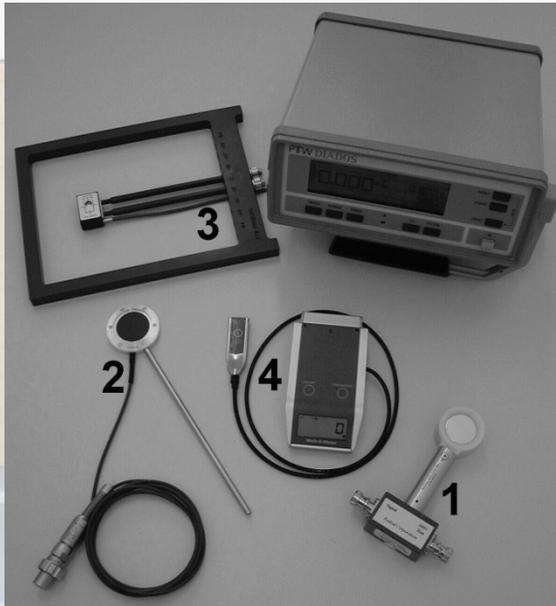
Mammographie 20 à 50 kV
(CE 98)

$$K_{air} = \frac{Q}{\rho_{air} \cdot V} \frac{W_{air}}{e} \frac{1}{1-g} \cdot \prod_i k_i$$



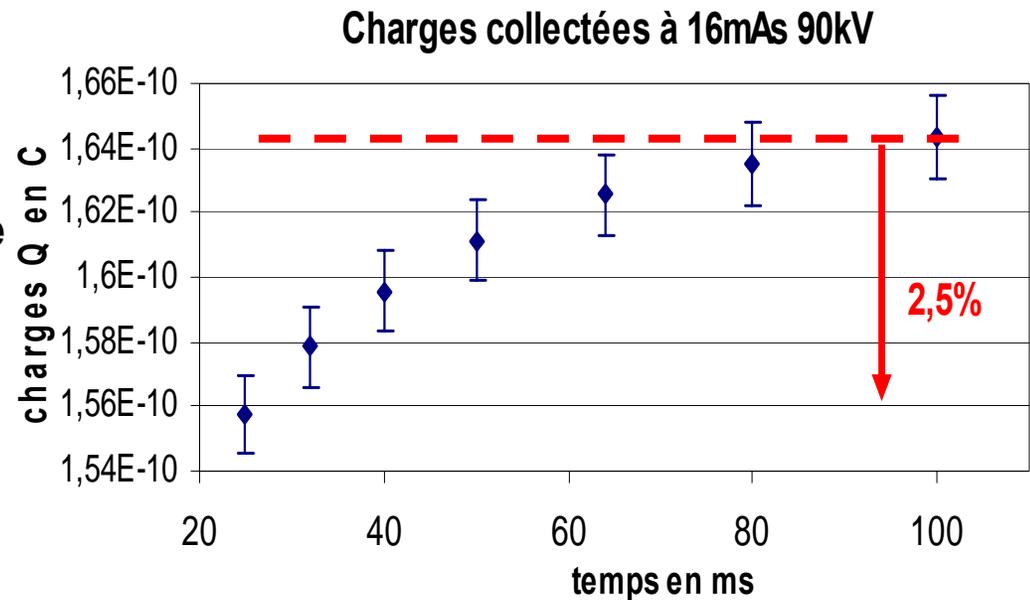
Continus 10 à 60 kV
(WK 07)

Comparaison EUROMET 526 : Mammographie



Durée des impulsions : 1 seconde !

**Pour un nombre de mAs affiché cte
la charge collectée diminue avec
la durée des impulsions !**

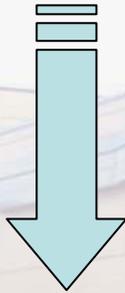


Deux axes de réflexion possibles .

1 – Mise en cause du détecteur : Recombinaison suit la théorie de Boag si durée d'irradiation $t \gg$ temps de déplacement τ des ions or pour le diagnostic avec chambre à parois d'air $t \# \tau =$ quelques ms.

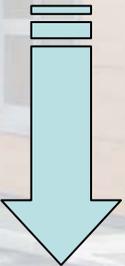
2 – Mise en cause du générateur : Technologie capable d'appliquer plusieurs dizaines de kV et de mA en moins d'une milliseconde et de les maintenir pendant quelques 10 ms avec une puissance de plusieurs dizaines de kW !

mAs théoriques (affichés)



**Pertes (électronique du générateur,
transmission et stabilisation de la puissance)**

mAs elect



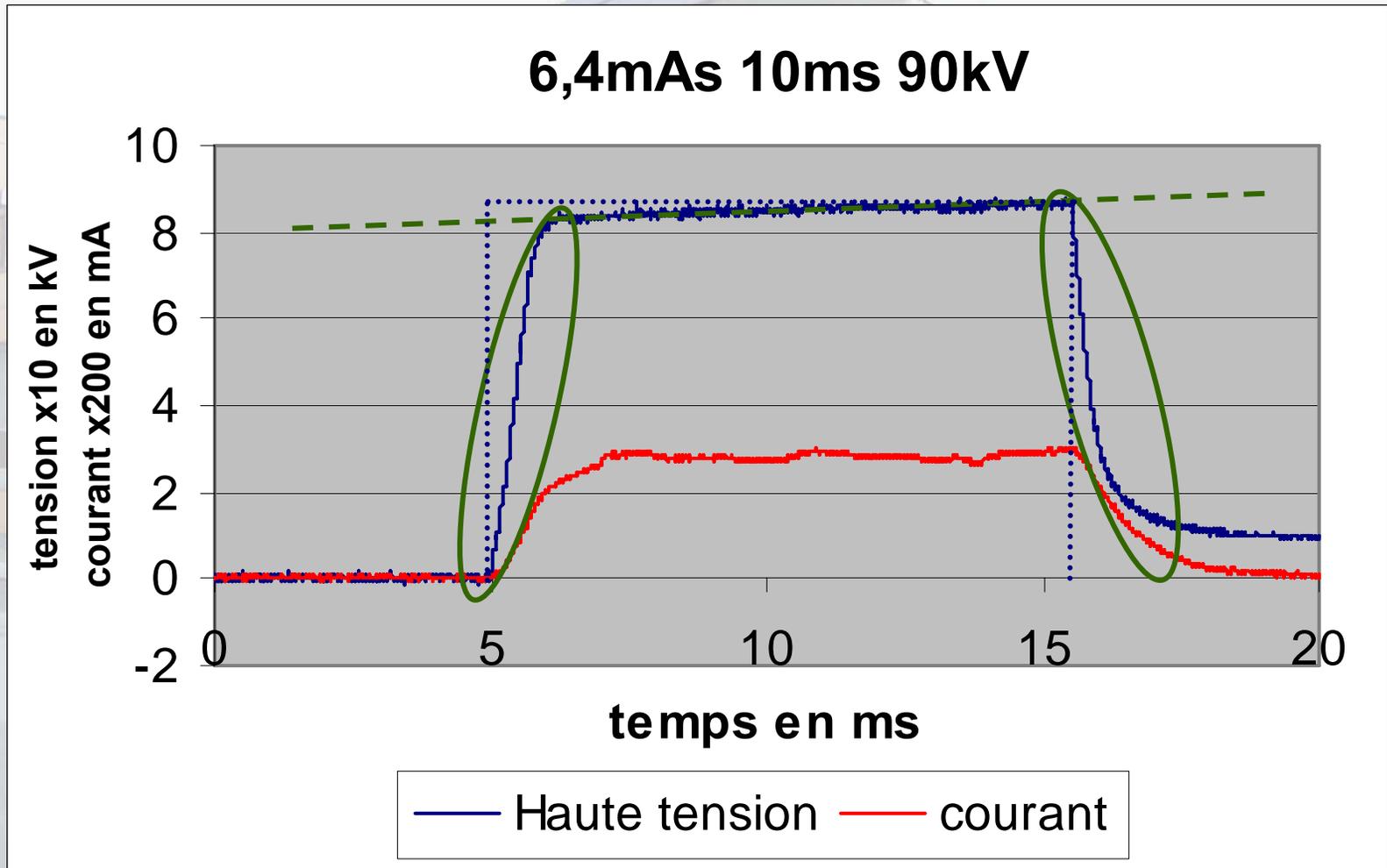
Pertes (une partie des RX ne sort pas du tube)

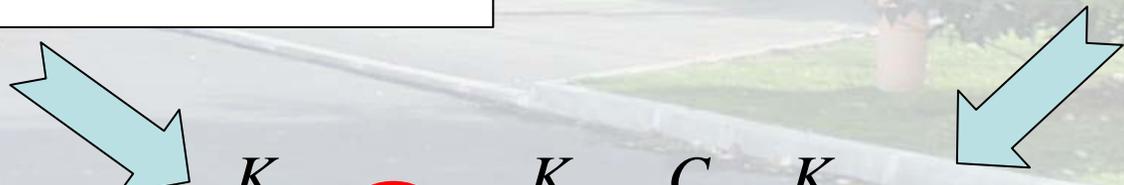
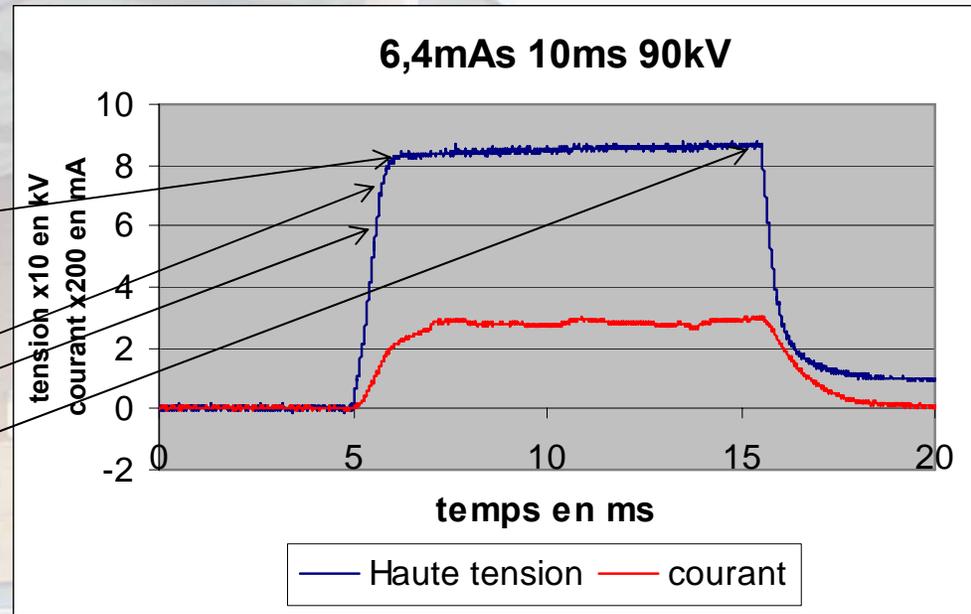
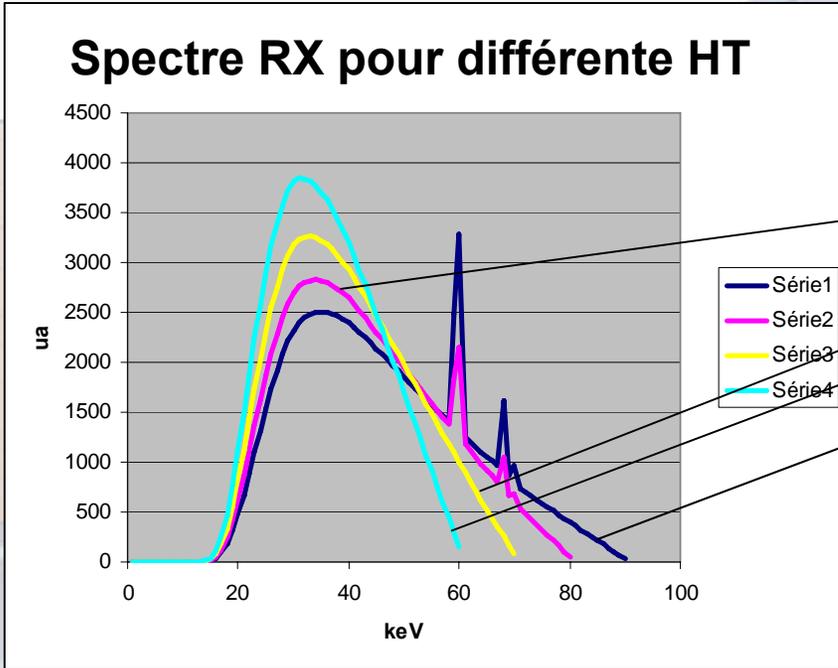
mAs efficace

$$k_{tc} = \frac{\text{mAs}_{\text{théorique}}}{\text{mAs}_{\text{efficace}}}$$

Impulsion théorique « carrée »

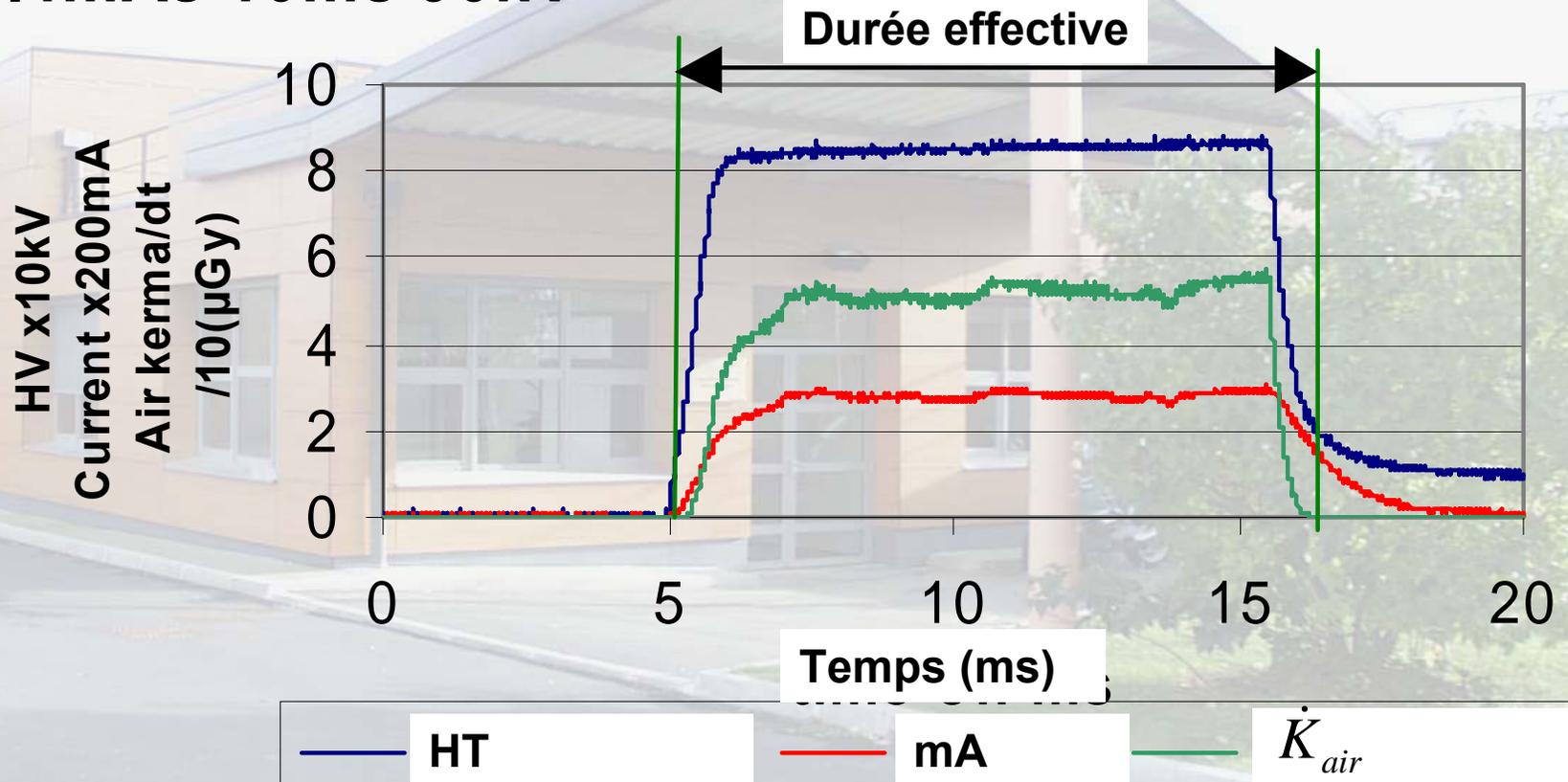
HT différente → spectre différent





$$\frac{K_{air} \text{ mA}}{mAs} = \frac{K_{air}}{\left(\frac{C}{s}\right)_s} \frac{C}{s} = \frac{K_{air}}{s}$$

6.4mAs 10ms 90kV

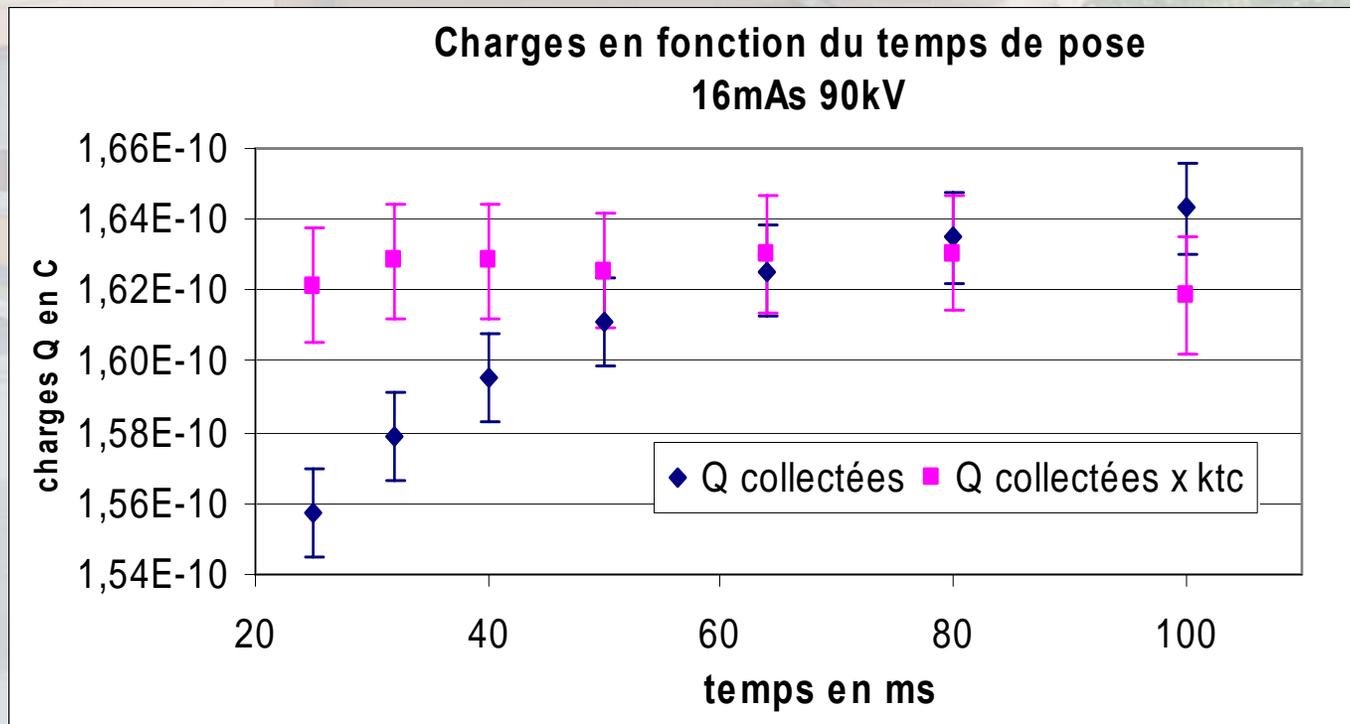


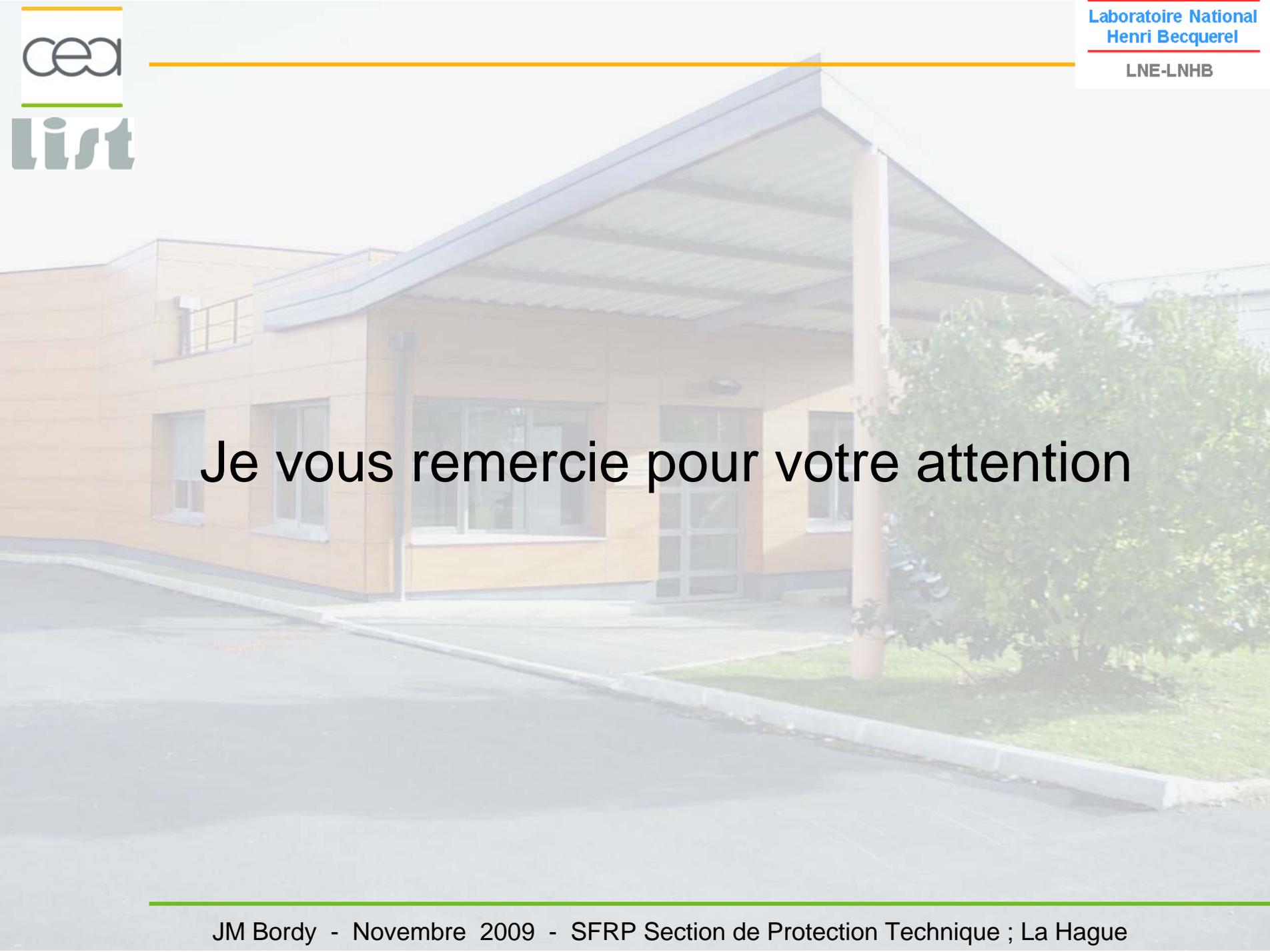
$$\text{mAs efficace} = \left(\int_t I dt \right) \times t_{\text{efficace}}$$

Facteur de correction pour les temps courts

Pour un générateur donné

$$k_{tc} = \frac{mAs_{\text{théorique}}}{mAs_{\text{efficace}}}$$





Je vous remercie pour votre attention