



AHEAD

Ultra High Dose Rate Dosimetry

Ouissal Khattabi

Jean-Marc Bordy, Tiberio Ceccotti, Gérard Baldacchino, Alain Savary





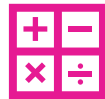
I. Contexte et but du projet



II. Schéma de traçabilité

1-2. Traçabilité et faisceaux

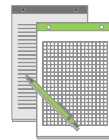
3-4. Dosimètre de transfert & équations



III. Détermination des facteurs de correction

1. Modélisation du TrueBeam LNE-LNHB

2. Modélisation de l'installation laser UHI100



IV. Conclusions

Sommaire

I. Contexte & but du projet

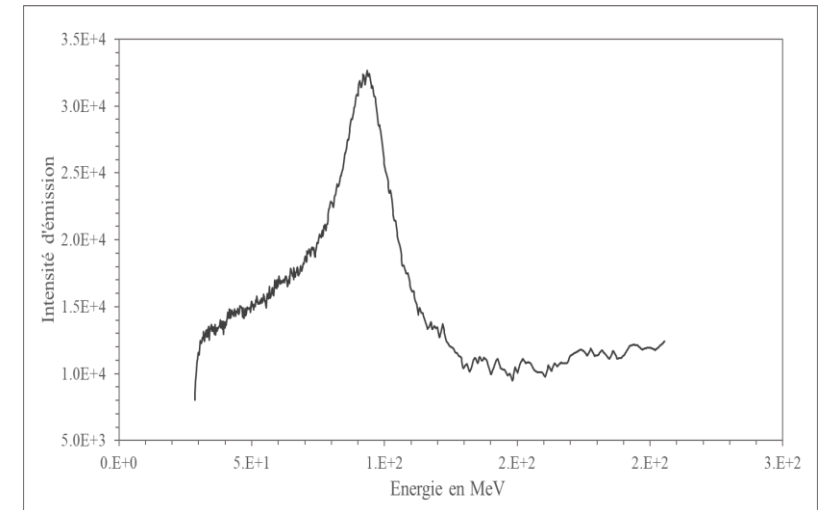
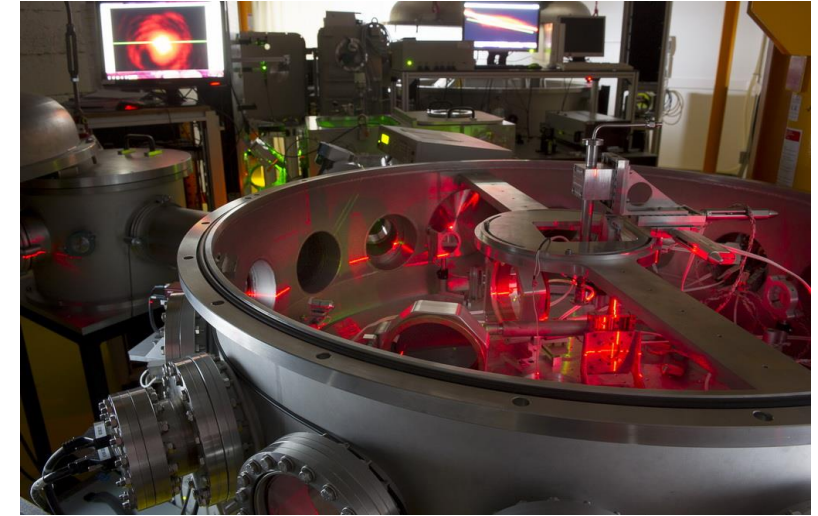


Contexte & but du projet

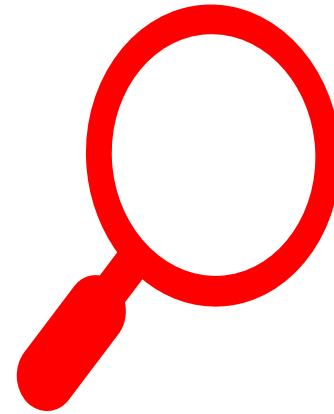
L'objectif est d'établir la traçabilité des irradiations Ultra-Flash (UHDR), délivrées avec des faisceaux pulsés d'électrons jusqu'à 200 MeV dont la durée des impulsions est de quelques femto secondes. Le principe de cette traçabilité pourra servir de modèle pour d'autres situations d'irradiations pulsées.

Notre objectif est de :

- Définir et mettre en œuvre le protocole de traçabilité aux références du LNE-LNHB en termes de dose absorbée dans l'eau
- Réaliser l'étude du dosimètre de transfert de référence entre les faisceaux LNE-LNHB et UHDR
- Etalonner le moniteur des faisceaux UHDR de l'installation UHI100



II. Schéma de traçabilité



1. Schéma de traçabilité

**Étalon de
référence LNE-
LNHB
(Faisceau 18 MeV e⁻)**

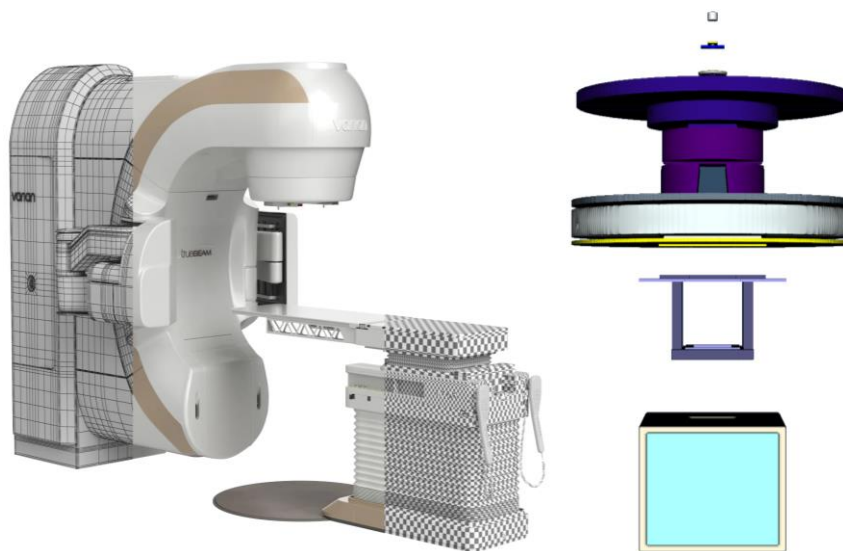
Moniteur du Varian
TrueBeam

Étalon primaire
« calorimètre »

Étalonnage du dosimètre de transfert



Détermination des facteurs de
correction associés au dosimètre de
transfert (mesure & simulation)



Étalonnage du
moniteur UHI100



Étalon de travail



**UHI100 de
référence de
l'utilisateur
(Faisceau 100 MeV e⁻)**

2. Comparaison des faisceaux LNE-LNHB et UHDR

Utilisation d'un dosimètre intégrateur

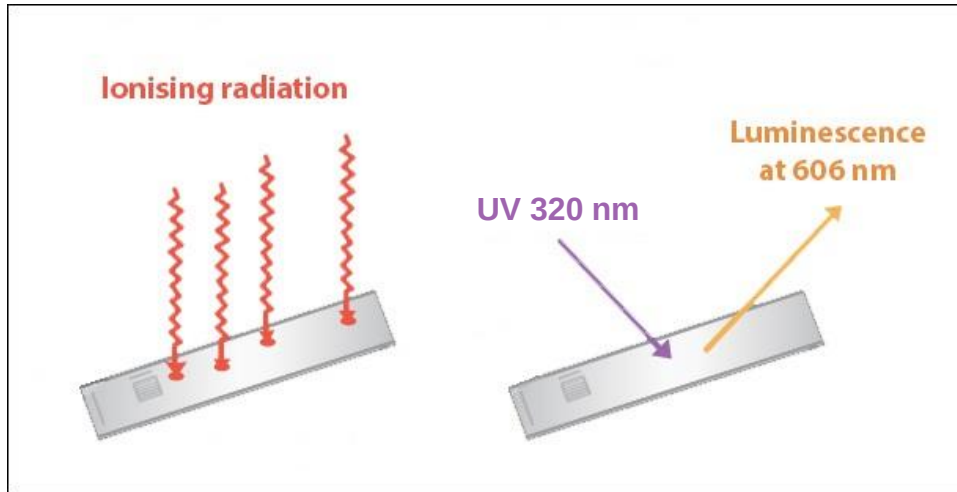
Besoin d'un facteur de correction semblable aux k_{Q,Q_0} en radiothérapie

Caractéristiques \ Faisceau	LNE-LNHB	UHI100
Energie	18 MeV	jusqu'à 200 MeV ($E_{\text{moy}}=100\text{MeV}$)
Durée des impulsions	$\sim 3 \mu\text{s}$	Quelques fs
Fréquence des impulsions	80-200 Hz	2 à 4 par minutes (manuel)
Dose par impulsion	$\sim 1 \text{ mGy / impulsion}$	Quelques mGy / impulsion
Dimensions du faisceau	Large ($10 \times 10 \text{ cm}^2$)	Diamètres de quelques mm

Pas de mesure calorimétrique $0,3 \text{ mK /Gy}$!
Donc utilisation d'un dosimètre de transfert

3. Dosimètre de transfert

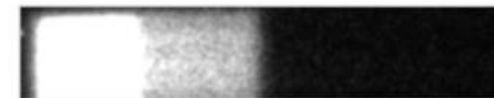
Le dosimètre choisi est un détecteur RPL (Radio- photoluminescent) dopé à l'argent. Lors de la phase d'exposition, le **rayonnement ionisant** (X, γ et β) arrache des électrons à leurs atomes, électrons qui sont ensuite piégés par les ions Ag⁺.



28 keV x-ray in static position



28 keV x-ray in dynamic use



Beta radiation (Kr-85)



Contaminated dosimeter



Dosimeter left on the scanner table



Dosimeter placed behind a metal clip

$$\text{Luminescence} \propto \text{Absorption de l'énergie} \propto \text{Dose}$$

On adopte un dosimètre plus large que le faisceau à cause de la non-reproductibilité de la directionnalité du faisceau de l'installation UHI100.

4. Équations de traçabilité

Le coefficient d'étalonnage du dosimètre de transfert dans l'installation UHI100 :

$$N_{UHI100,d} = N_{Dw,18MeV,d} k_{\text{énergie},d} k_{\text{débit},d}$$

Où :

$$k_{\text{débit},d} k_{\text{énergie},d} = \frac{N_{UHI100,d}}{N_{Dw,18MeV,d}} = \frac{D_{MC}^{UHI100/e^-}}{S_{mes,d,C}^{UHI100/e^-}} \frac{S_{mes,d}^{18MeV/e^-}}{D_{MC}^{18MeV/e^-}}$$

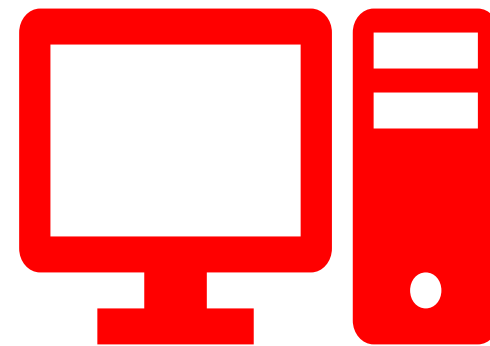
La dose absorbée dans l'eau de l'installation UHI100 est définie comme :

$$D_{UHI100} = S_{UHI100,d,C} N_{Dw,18MeV,d} k_{\text{énergie},d} k_{\text{débit},d} k_{\text{linéarité},d}$$

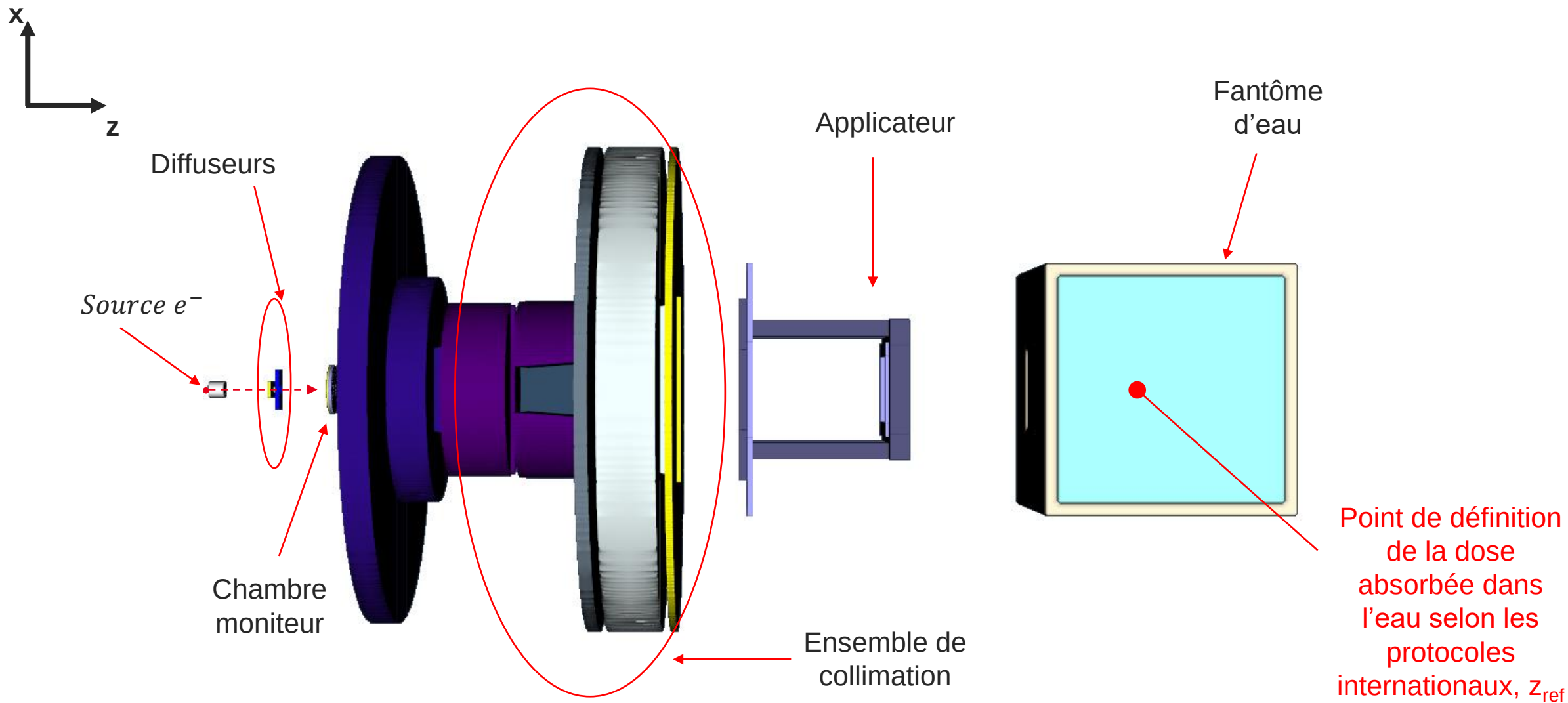
Cette dose permet de calculer le coefficient d'étalonnage du moniteur de UHI100 :

$$N_{\text{monit}} = D_{UHI100} / S_{\text{monit}}$$

III. Détermination des facteurs de correction

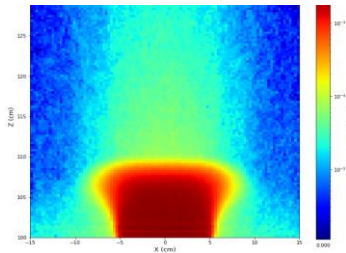
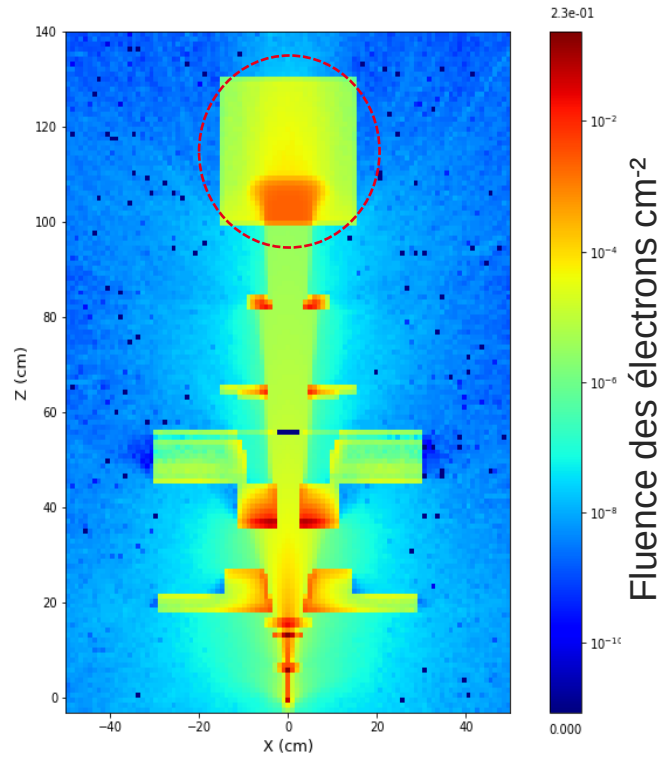


1. Modelisation du TrueBeam (LNHB)



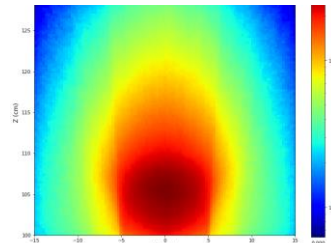
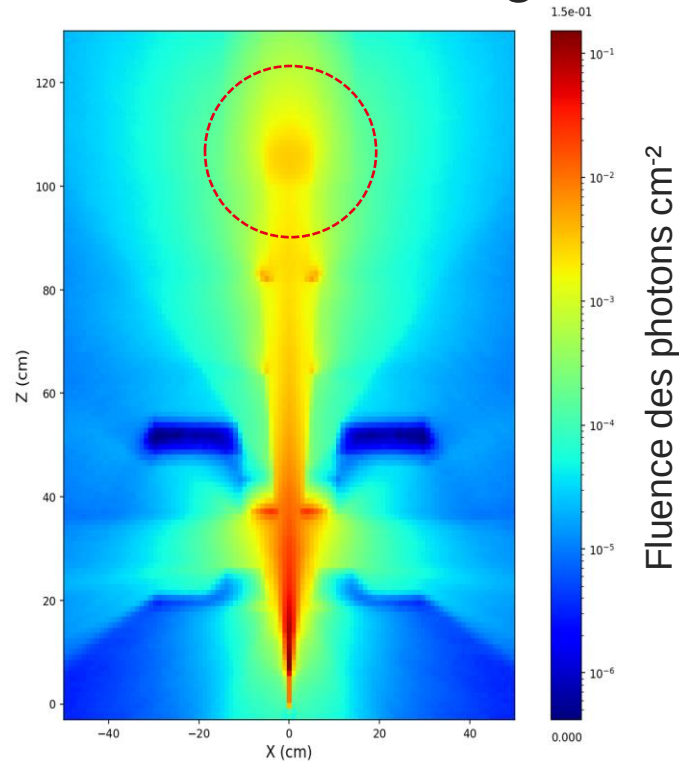
Définition de la dose pour le 18 MeV

Fluence d'électrons



$$D_{e-MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 3,625 \times 10^{-13} \text{ Gy}/e^-$$

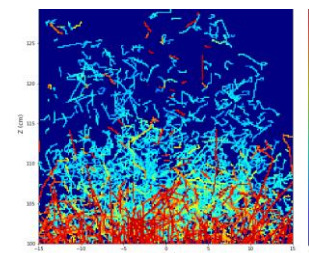
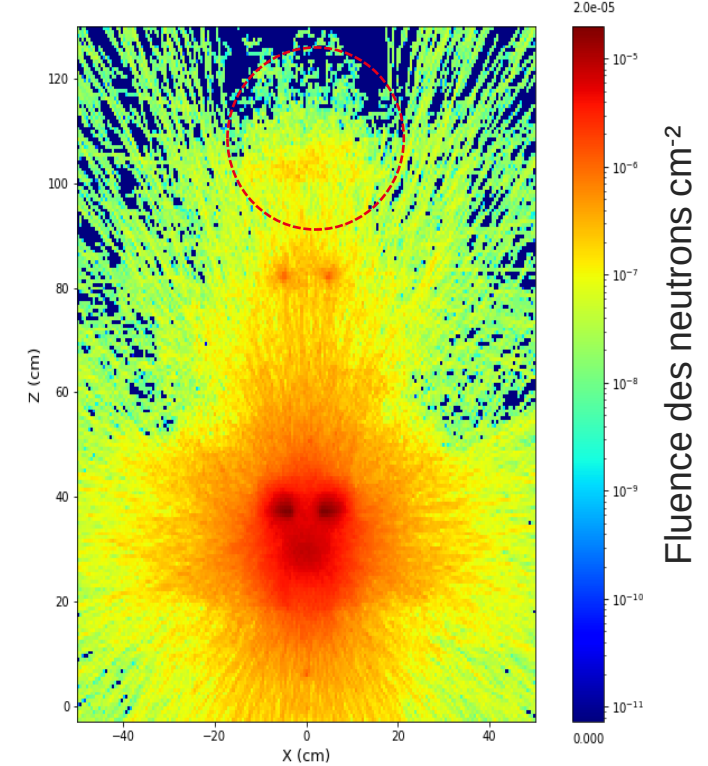
Fluence RX freinage



$$D_{\gamma MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 1,383 \times 10^{-14} \text{ Gy}/e^- (\sim 3,8\%)$$

$$D_{MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 3,625 \times 10^{-13} \text{ Gy}/e^-$$

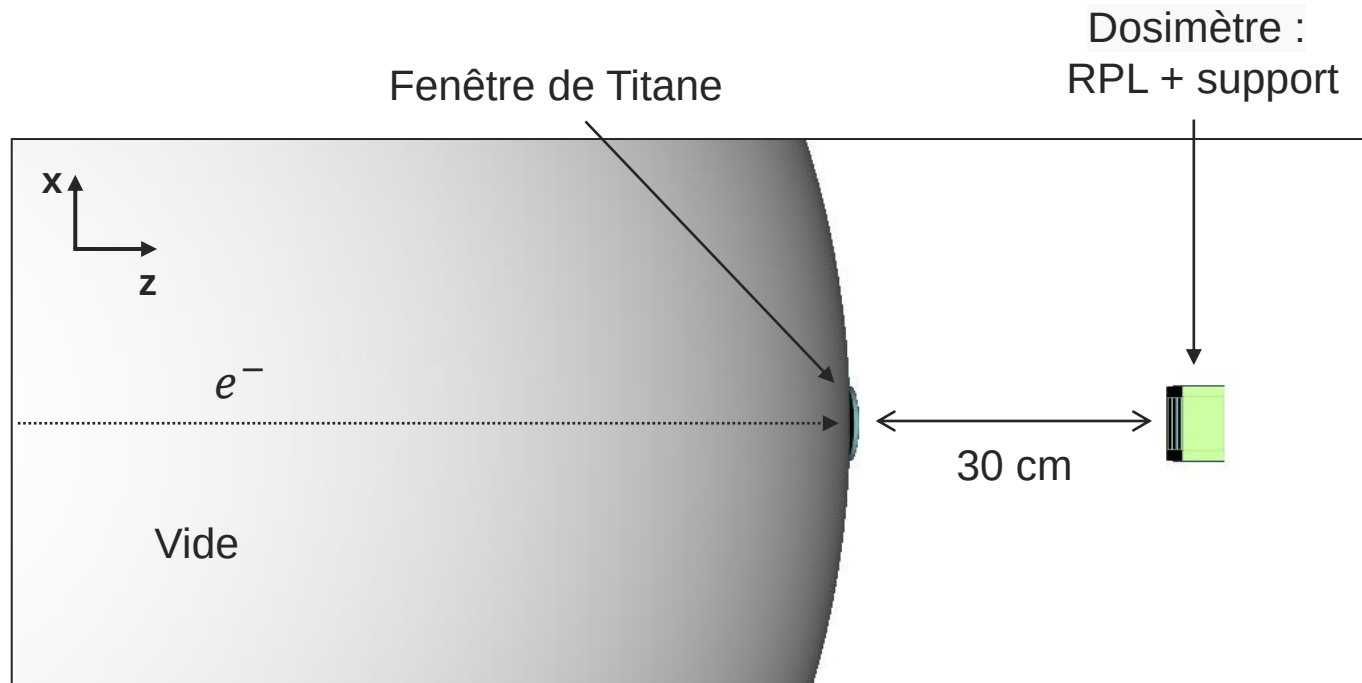
Fluence des neutrons



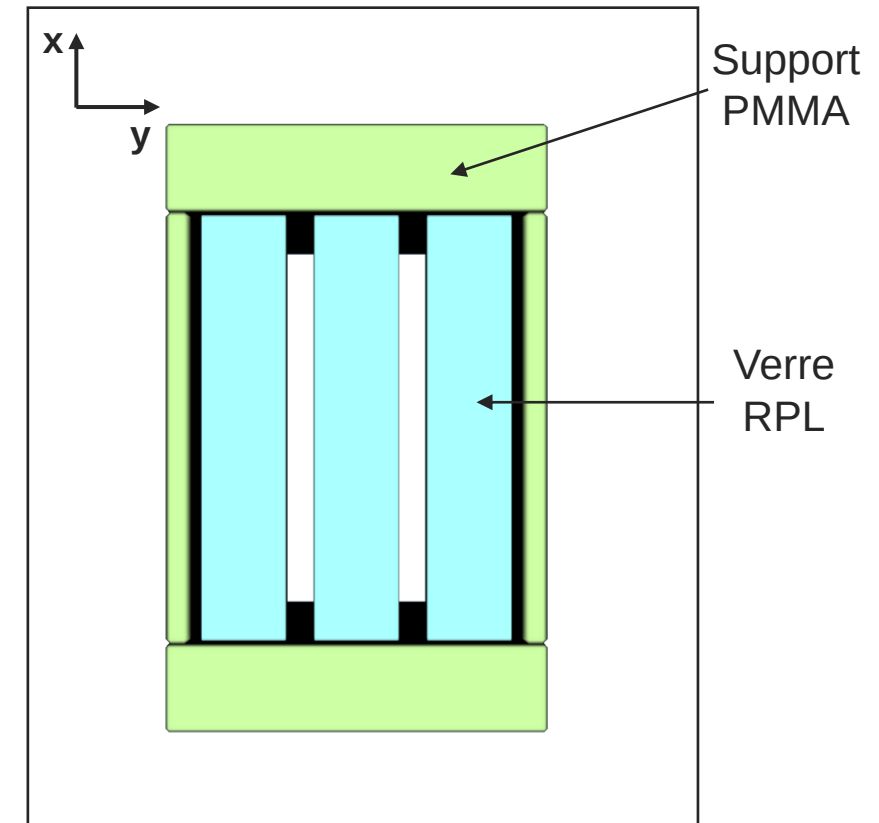
$$D_{n MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 9,635 \times 10^{-19} \text{ Gy}/e^-$$

2. Modélisation de UHI100

Vue de côté

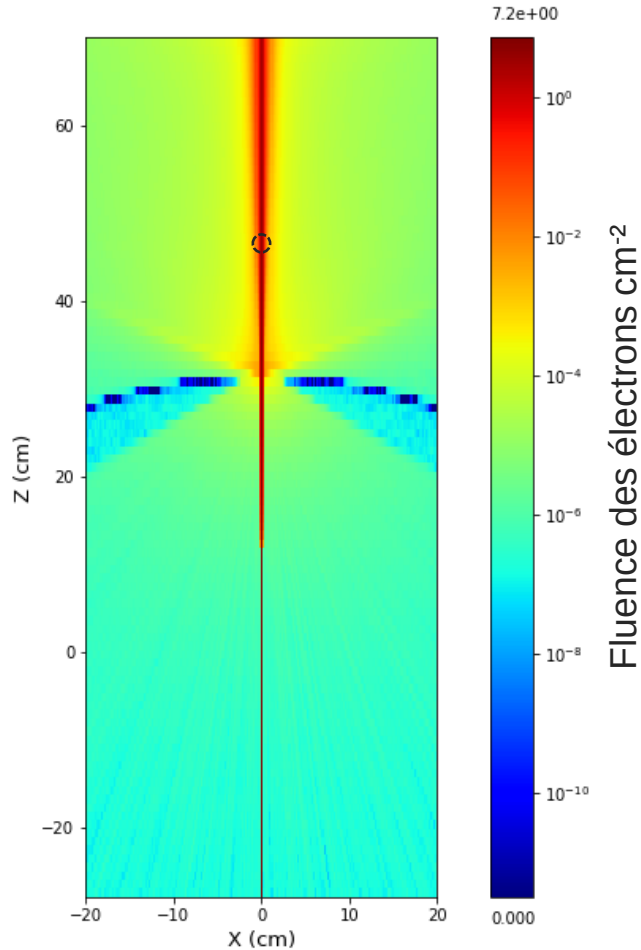


Vue de haut



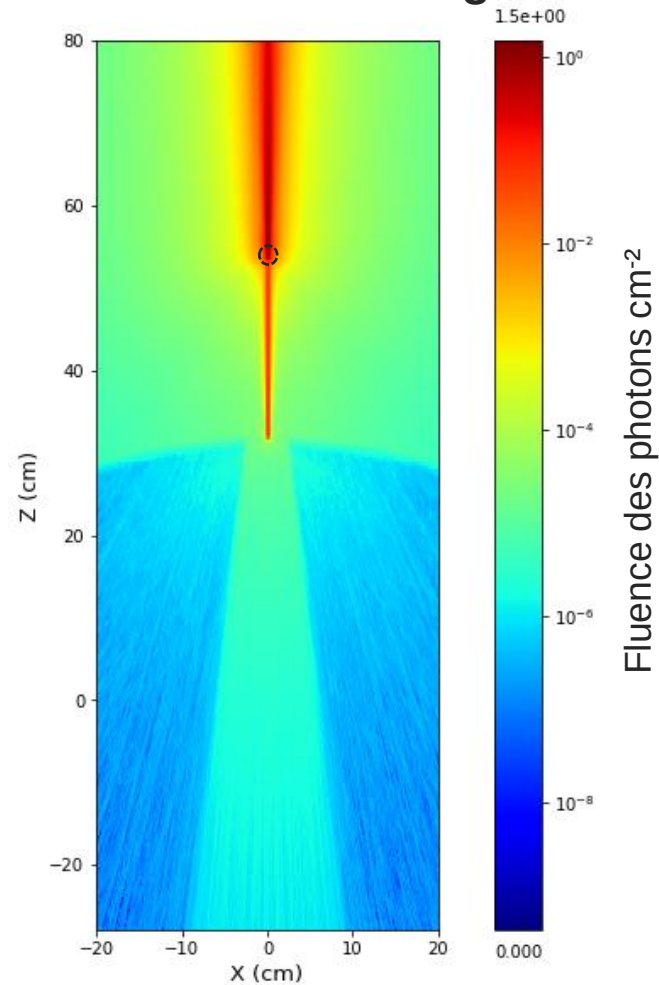
Définition de la dose pour UHI100

Fluence d'électrons



$$D_{e-MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 1,582 \times 10^{-9} \text{ Gy}/e^-$$

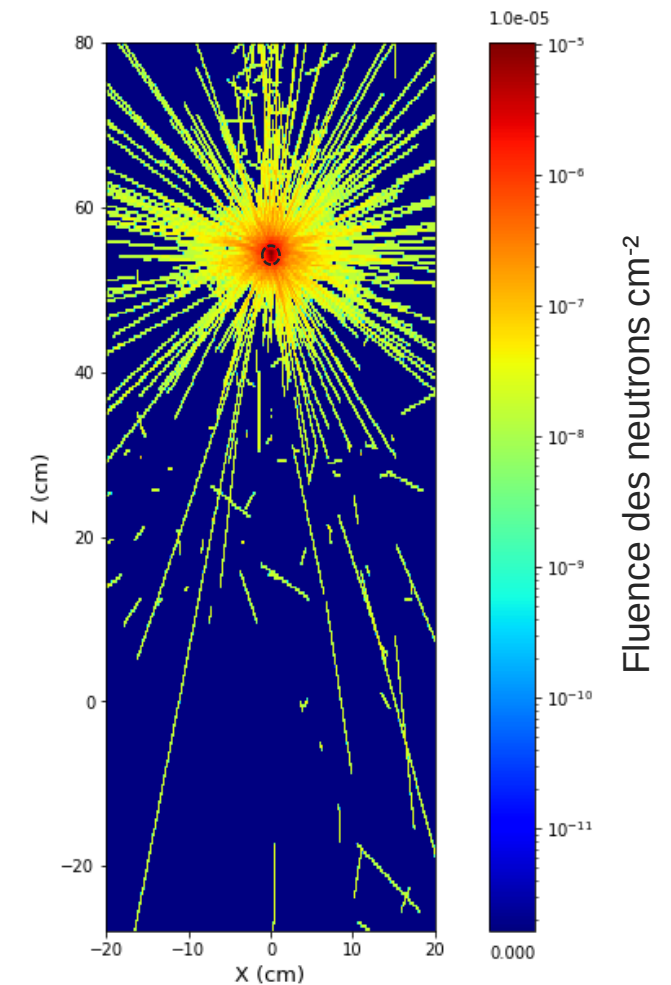
Fluence RX freinage



$$D_{\gamma MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 1,025 \times 10^{-11} \text{ Gy}/e^-$$

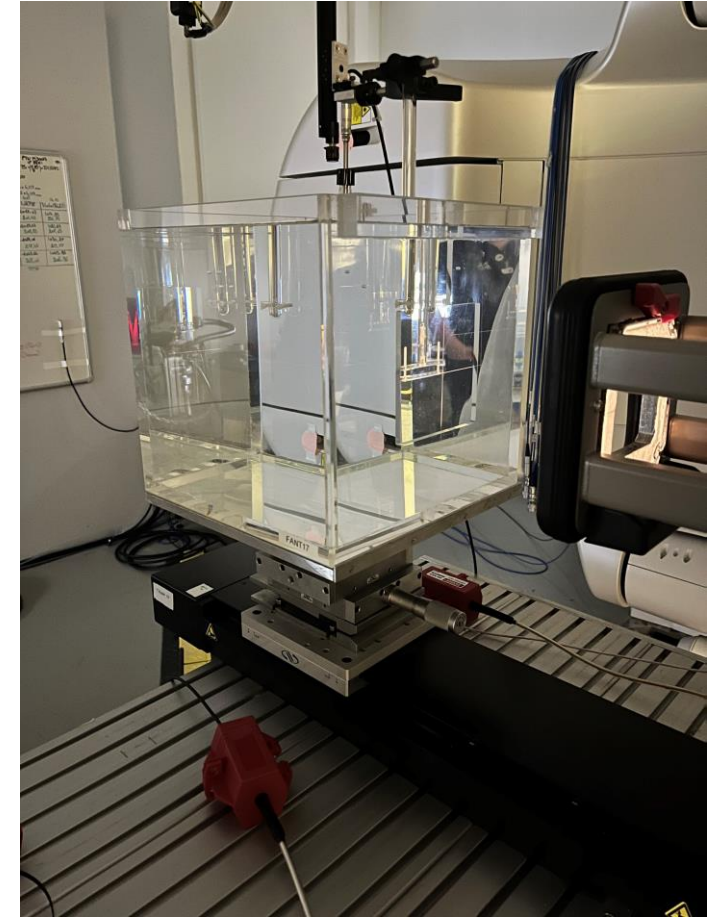
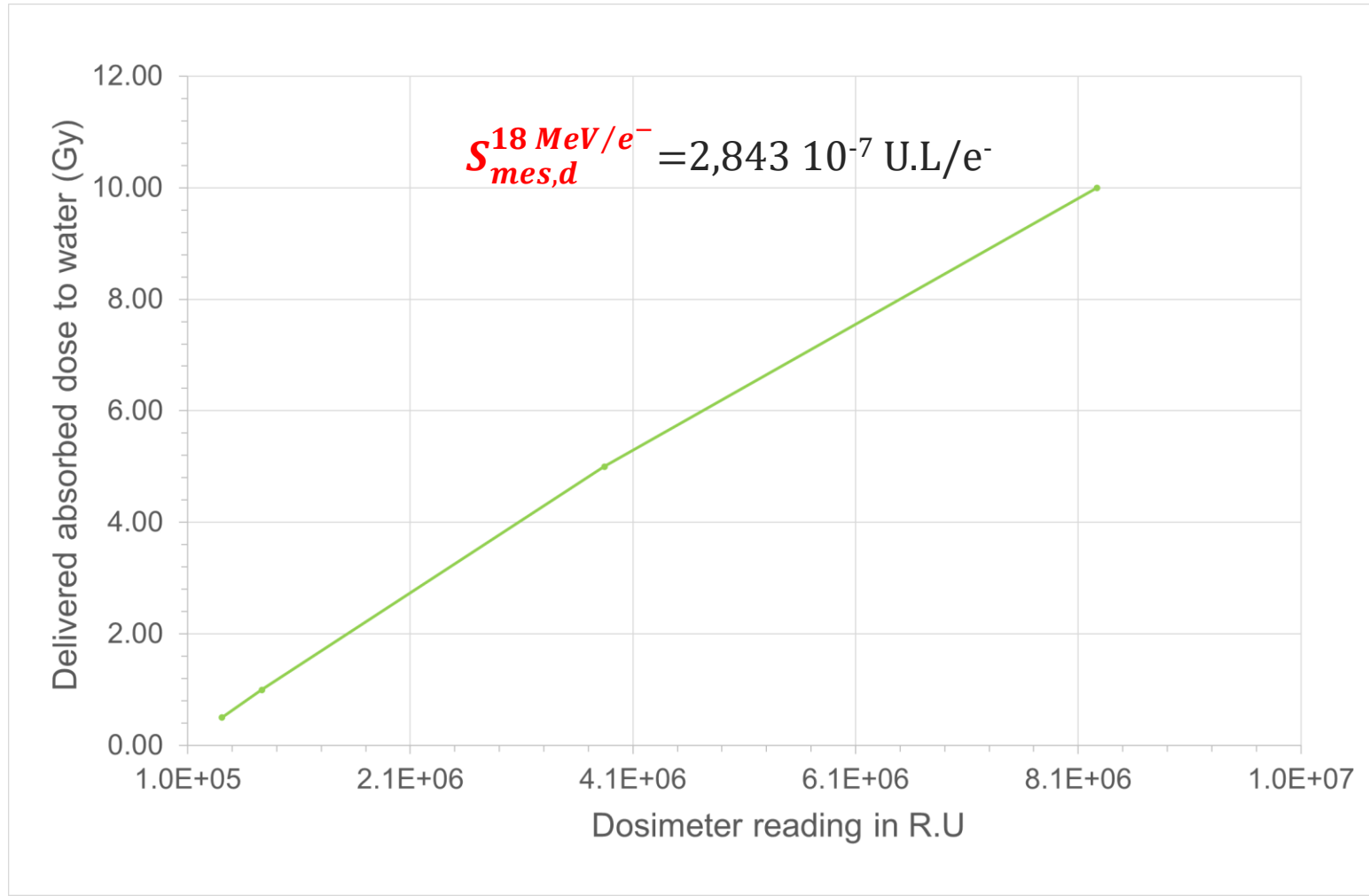
$$D_{MC}^{UHI100/e^-} = 1,582 \times 10^{-9} \text{ Gy}/e^-$$

Fluence des neutrons



$$D_{n MC}^{18 \text{ MeV}/e^-} = 6,932 \times 10^{-17} \text{ Gy}/e^-$$

3. Vérification de la linéarité et $S_{mes,d}^{18 MeV/e^-}$



La réponse du dosimètre est linéaire $\rightarrow k_{linéarité,d} = 1$

4. Facteur de correction énergie-débit

$$k_{\text{débit},d} k_{\text{énergie},d} = \frac{N_{UHI100,d}}{N_{Dw,18MeV,d}} = \frac{\overset{1,592 \times 10^{-9} \text{ Gy/e}^-}{D_{MC}^{UHI100/e^-}}}{\underset{\text{En attente de la disponibilité de l'installation}}{S_{mes,d,C}^{UHI100/e^-}}} \frac{\overset{2,843 \times 10^{-7} \text{ R.U/e}^-}{S_{mes,d}^{18 \text{ MeV/e}^-}}}{\underset{3,763 \times 10^{-13} \text{ Gy/e}^-}{D_{MC}^{18 \text{ MeV/e}^-}}}$$

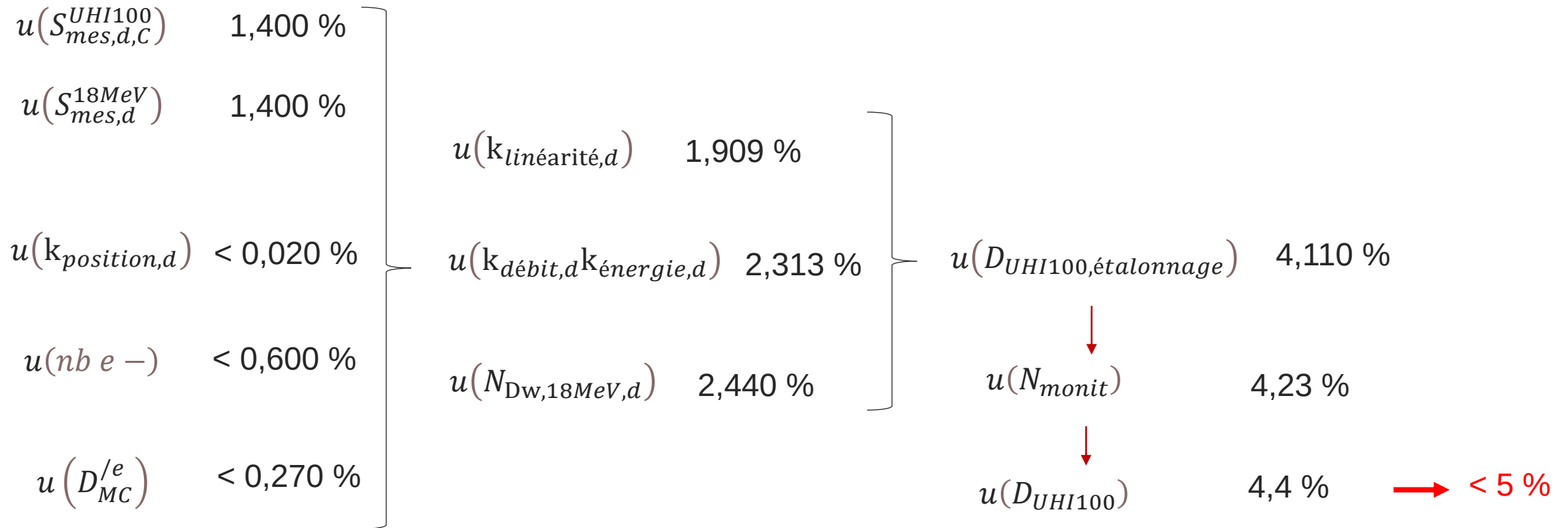
Mesures avec dosimètre

Calcul MCNP

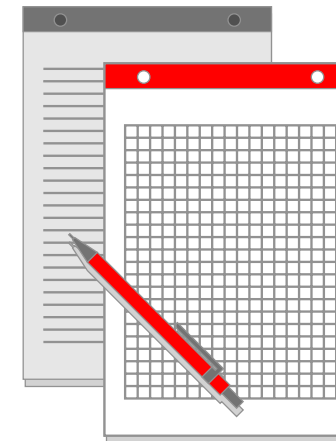


5. Évaluation d'incertitude

k=1 :

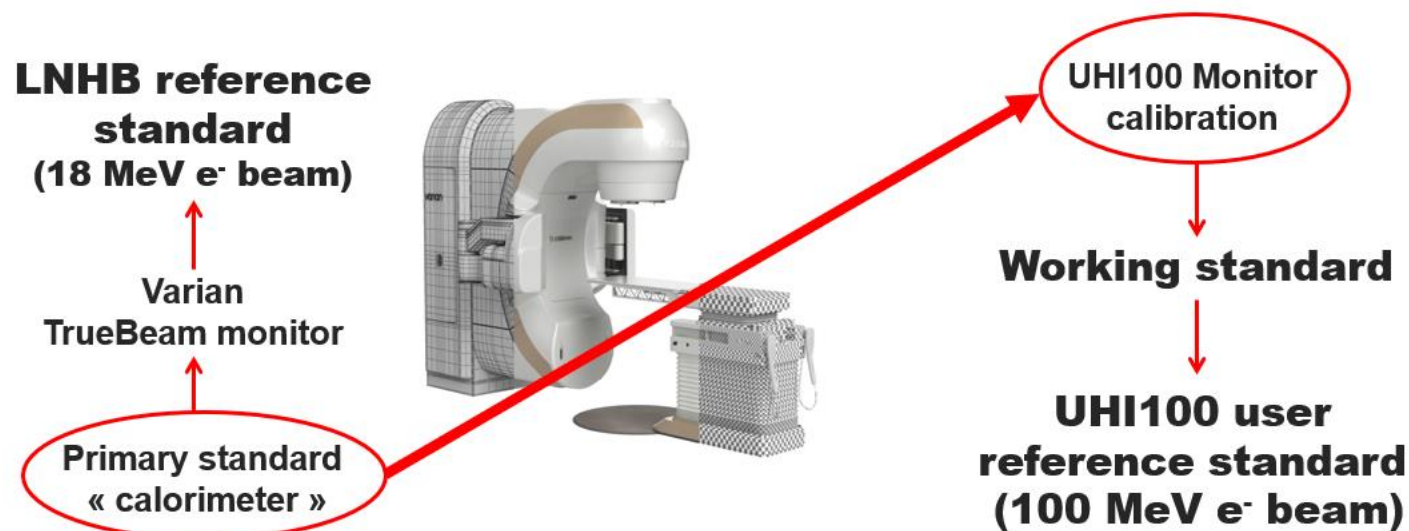


IV. Conclusions



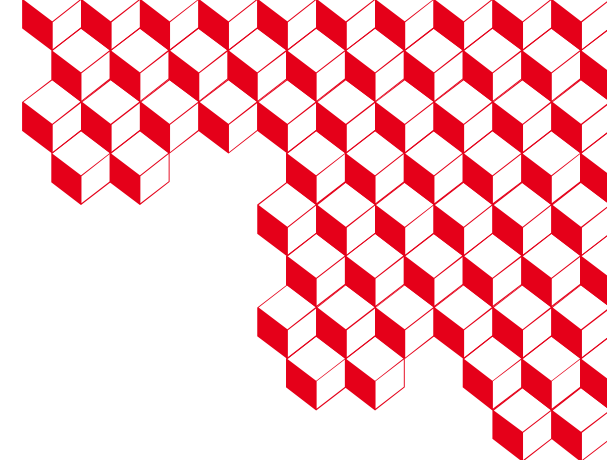
Conclusions

- Le schéma de traçabilité a été établi et l'incertitude est actuellement évaluée à 4,4%
- Avant une réelle utilisation en radiothérapie, un champ d'irradiation diffusé sera nécessaire, et la fréquence de pulses doit être à ~ 100 hz. Dans ce cas, une mesure primaire basée sur la calorimétrie sera possible.





list



Merci de votre attention

Ouissal KHATTABI

Université Paris Saclay, CEA, List,

Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB)

F91120, Palaiseau , France

Ouissal.khattabi@cea.fr

