

DOSIMÈTRE DE RÉFÉRENCE ET DE TRANSFERT POUR LES MINI- FAISCEAUX EN RADIOTHÉRAPIE

S.Dufreneix, JM.Bordy, J.Daures, F.Delaunay, J.Gouriou,
M.Le Roy, A.Ostrowsky, B.Rapp, L.Sommier

Journées techniques de mesure SFRP
19-20 Novembre 2013

list

Laboratoire National
Henri Becquerel

LNE-LNHB



1. Présentation du Laboratoire National Henri Becquerel
2. Problématique des mini-faisceaux
3. Avancement du projet
4. Perspectives

Le laboratoire national pour la métrologie des rayonnements ionisants:

■ Missions du LNHB:

- Développer les références (mesure de dose absolue)
- Maintenir et améliorer les références existantes
- Transférer les références aux utilisateurs

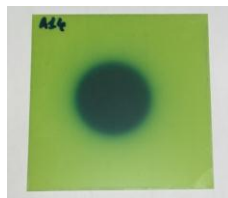
■ Installations utilisées:

- Accélérateur linéaire
- Sources de ^{60}Co

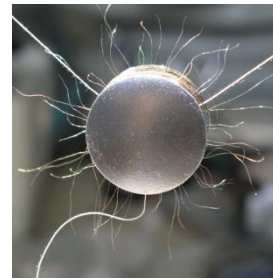


■ Dosimètres:

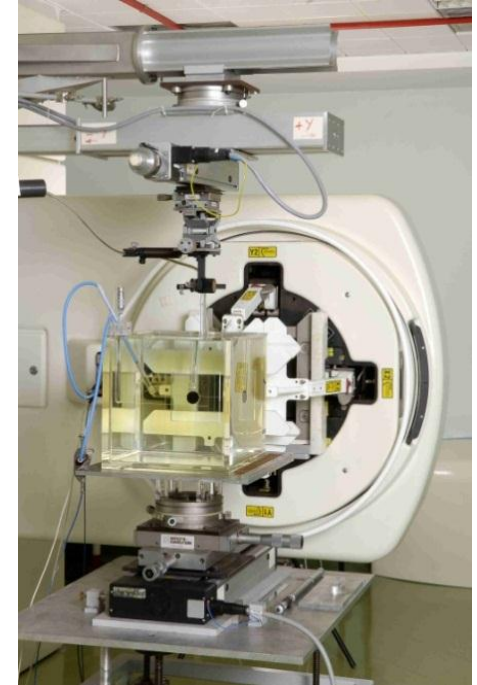
- Calorimètres graphite
- Solution de Fricke
- Chambres d'ionisation
- Films Gafchromics



Films EBT3

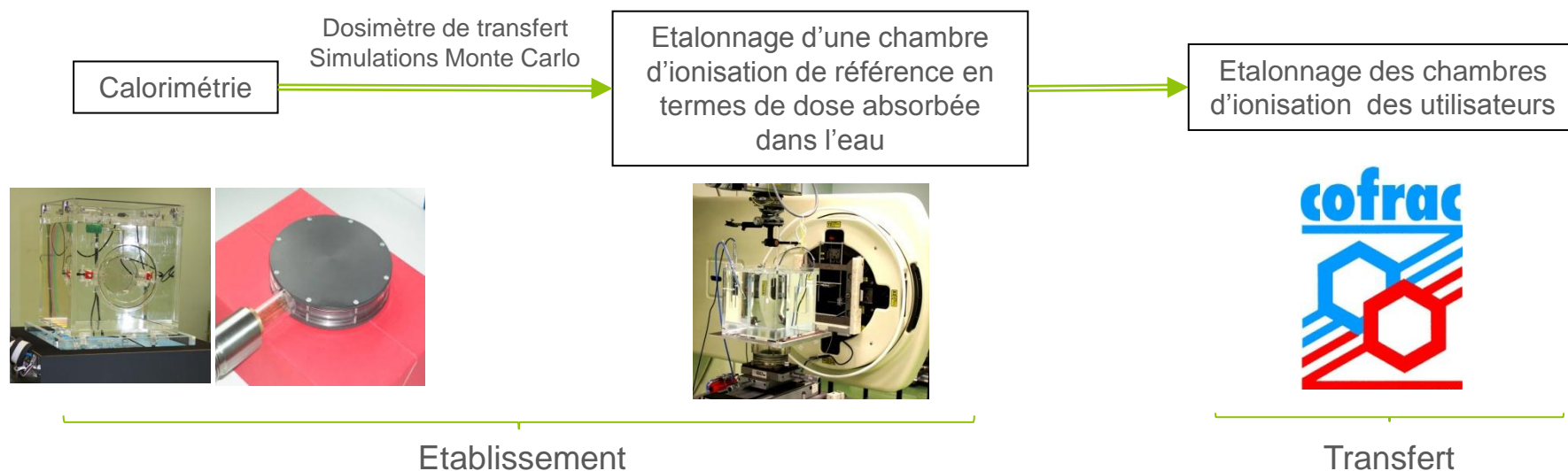


GR09



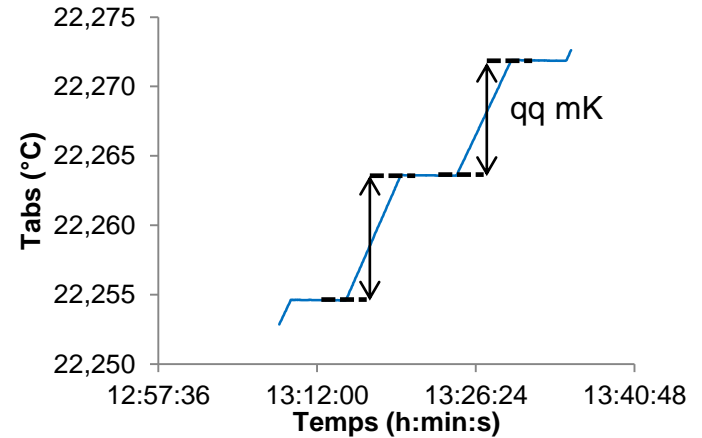
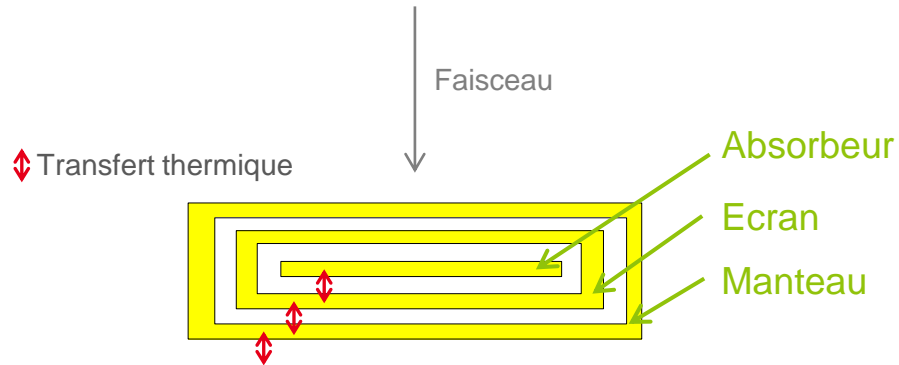
PTW 34070

Etablissement et transfert de référence en radiothérapie:



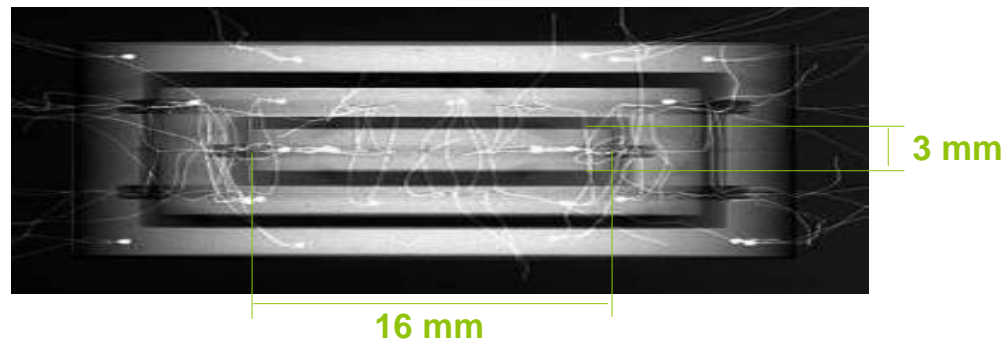
- Taille de champ de référence: 10 cm x 10 cm (AIEA TRS 398, AAPM TG51)
- Dosimètres irradiés en totalité, mesure ramenée en un point
- Incertitude sur le coefficient d'étalonnage: de 0.35 à 1.1 % (k=1)

Calorimétrie graphite:



- Mesure de l'élévation de température dans l'absorbeur (1 Gy => \approx 1 mK)
- Dépôt d'énergie dans un élément de masse connue

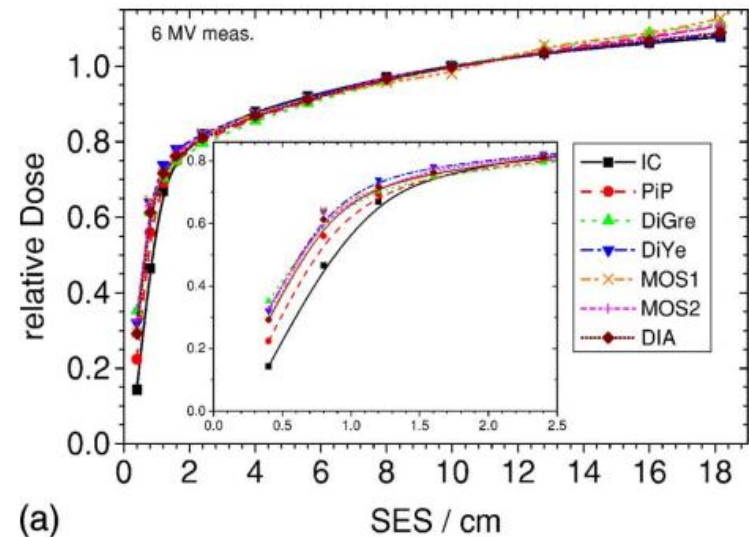
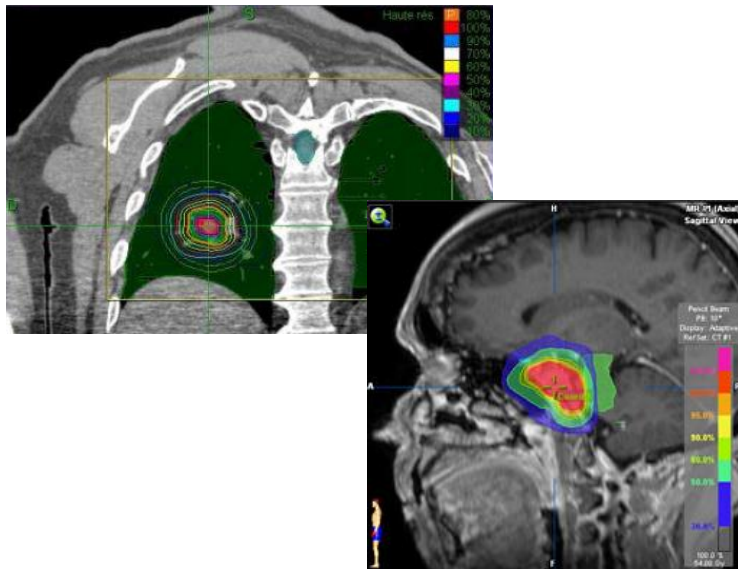
- Caractéristiques du GR09 utilisé pour les références en champ 10 cm x 10 cm:



1. Présentation du Laboratoire National Henri Becquerel
2. Problématique des mini-faisceaux
3. Avancement du projet
4. Perspectives

Utilisation des mini-faisceaux en radiothérapie:

- Pour les tumeurs situées à proximité d'organes à risque
- Permettent une meilleure résolution spatiale

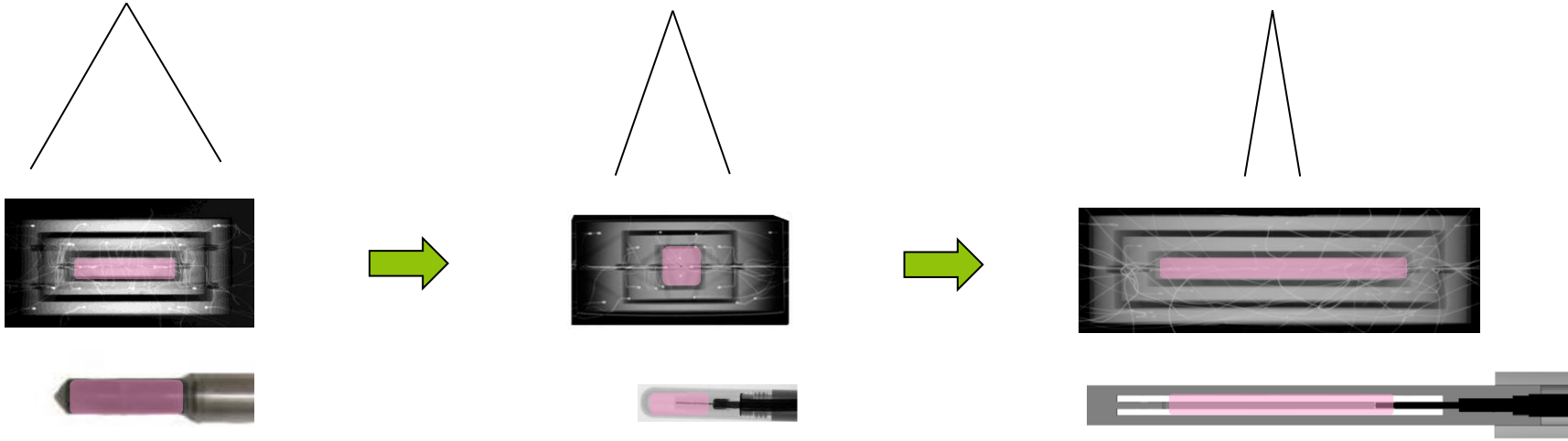


(a)

Sauer OA, Wilbert J. 2007. Measurement of output factors for small photon beams. Medical Physics 34: 1983-1988.

- Augmentation de l'incertitude sur la dose absorbée dans l'eau délivrée
- Nécessité d'étendre le système de références dosimétriques actuel

Références dosimétriques dans les petits et mini faisceaux:



10 cm x 10 cm	
Calorimètre GR09	Ø: 16 mm
Chambre de référence: NE 2571	V: 0.6 cm ³

4 cm x 4 cm 2 cm x 2 cm	
Calorimètre GR10	Ø: 6 mm
Chambre de référence: Exradin A1SL	V: 0.057 cm ³

< 2 cm	
Calorimètre GR11	Ø: 30 mm
Chambre de référence: plate parallèle	Ø: 30 mm

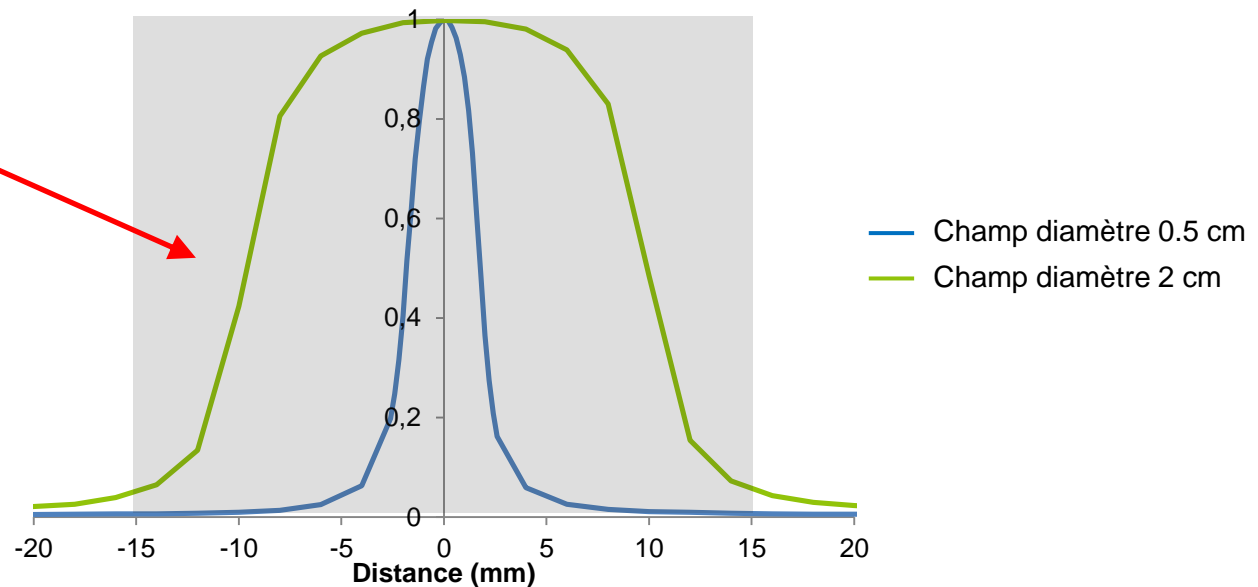
- Projet européen EMRP (2008-2011)
« External Beam Cancer Therapy »
 - Thèse M. Le Roy (2011)

- Projet européen EMRP (2012-2015)
« Metrology for radiotherapy using complex radiation fields »

Nouvelle approche pour les mini-faisceaux:

- Mesure de la dose intégrée sur une surface ($\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$)
- Grands dosimètres, partiellement irradiés
- Lien avec le formalisme classique par la détermination du profil de dose
 - Dose intégrée sur une surface + profil de dose => Dose ponctuelle

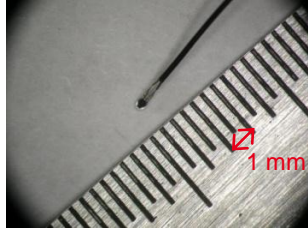
Volume sensible du calorimètre GR11



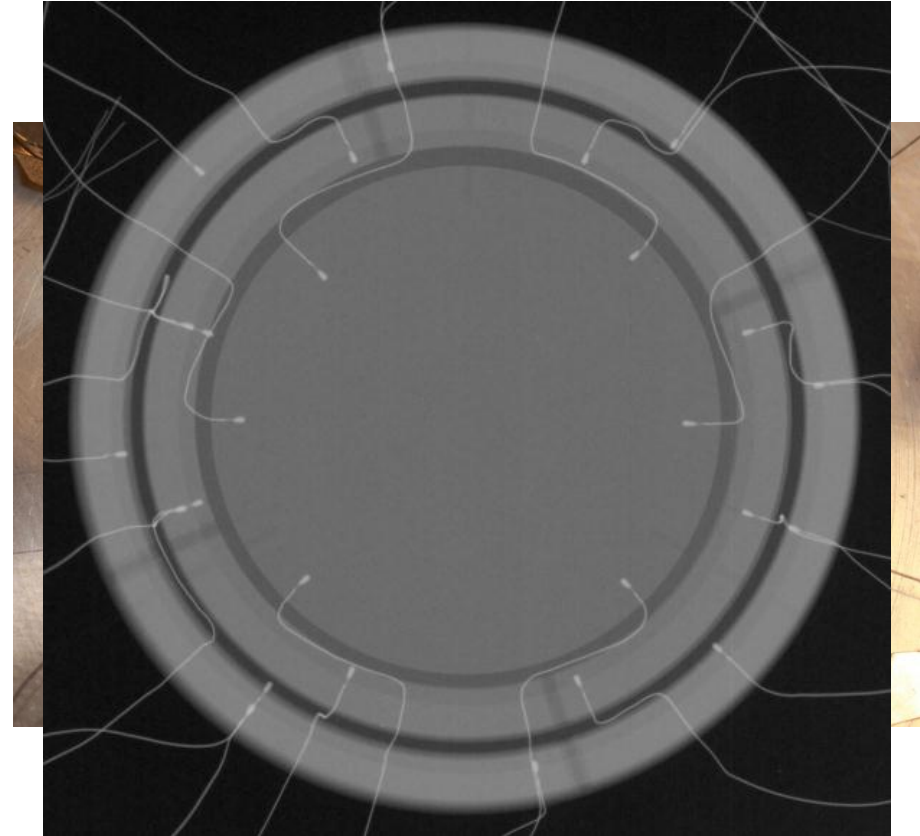
1. Présentation du Laboratoire National Henri Becquerel
2. Problématique des mini-faisceaux
3. Avancement du projet
4. Perspectives

Construction du calorimètre:

- Tri des thermistances $R(T) = R_0 \cdot e^{\left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right]}$



- Minimisation des transferts thermiques:
 - Faces recouvertes de mylar aluminisé (sauf pour l'absorbeur)
 - Fils des thermistances de petit diamètre (0.28 mm)
 - Calorimètre placé sous vide (10^{-5} - 10^{-6} mbar au niveau de la pompe)



Caractérisation du GR11:

■ Masse de l'absorbeur:

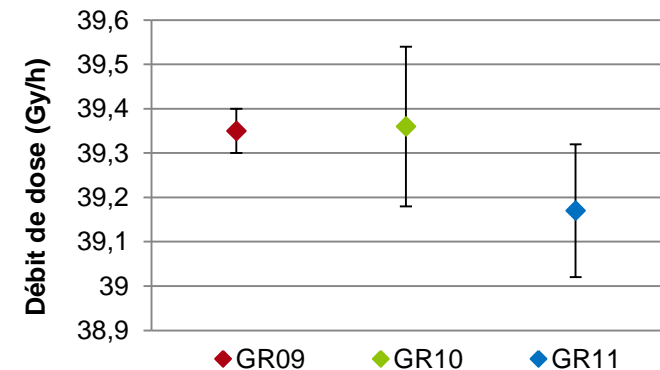
	Masse (mg)	Incertitude (mg)	Proportion
Graphite	3773.968	± 0.05	99.65%
6 thermistances + fils	6.648	± 0.30	0.18%
3 tiges de kapton	0.595	± 0.05	0.01%
Résine	6.050	± 0.09	0.08%
Absorbeur	3787.26	± 0.32	100.00%

■ Résistance des fils n'appartenant pas à l'absorbeur : $13.7 \pm 0.7 \Omega$

■ Fuites thermiques (par rapport au GR09):

- 3 fois plus importantes entre l'absorbeur et l'écran
- 6 fois plus importantes entre l'écran et le manteau

■ Comparaison du GR11 au GR09 et GR10 en dose absorbée dans le graphite au Co60



Construction des chambres d'ionisation de référence:

2 modèles envisagés:

■ Double volume (2 x 1 mm):



Electrodes externes

30 mm

Electrode centrale

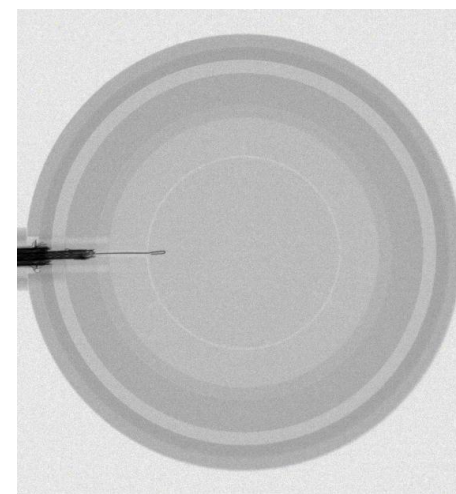
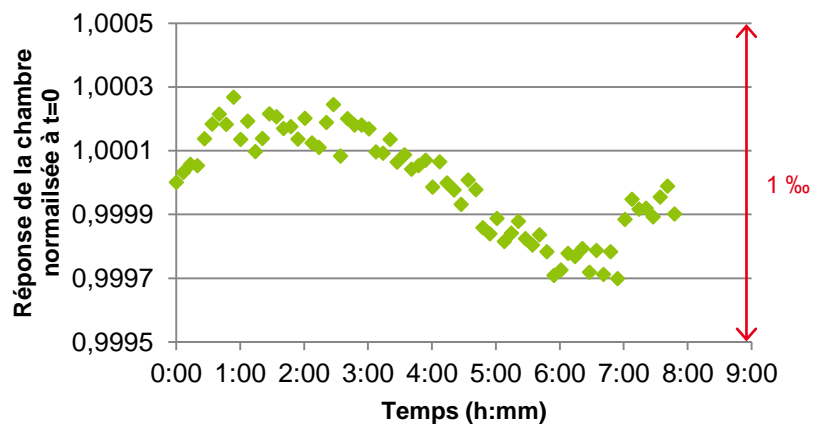
Electrode de garde

■ Simple volume (1 x 2 mm):



■ Bruit de fond de l'ordre de $5 \cdot 10^{-15}$ A

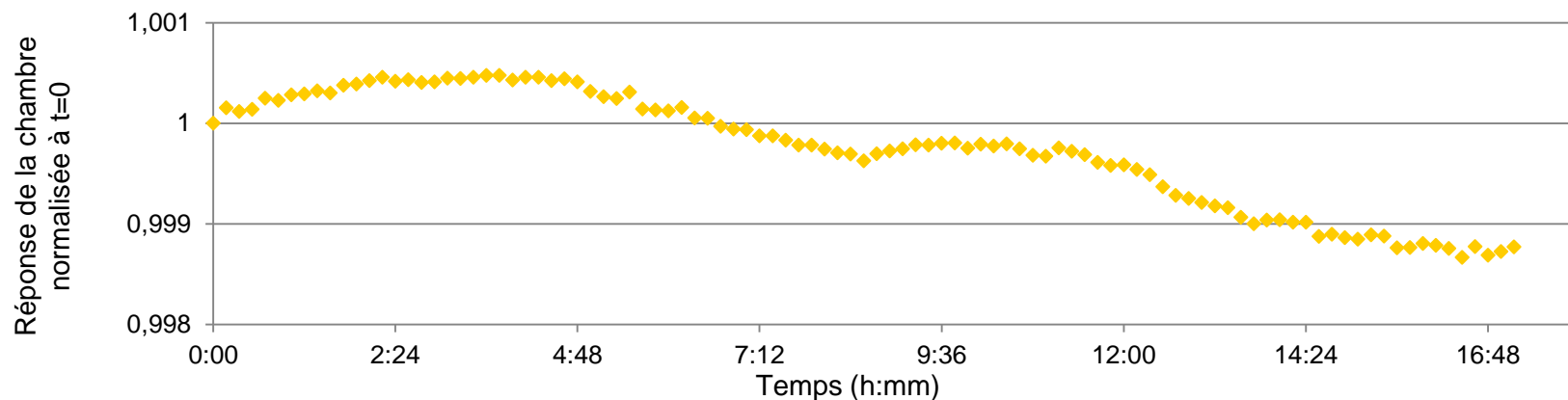
■ Stabilité dans l'air :



Construction des chambres d'ionisation de référence:

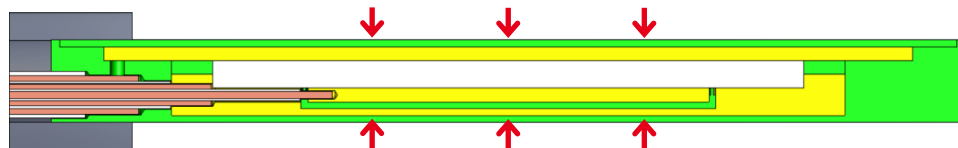
■ Stabilité dans l'eau:

■ Critère: ± 1 ‰ sur 12h



■ Déformation du volume sensible:

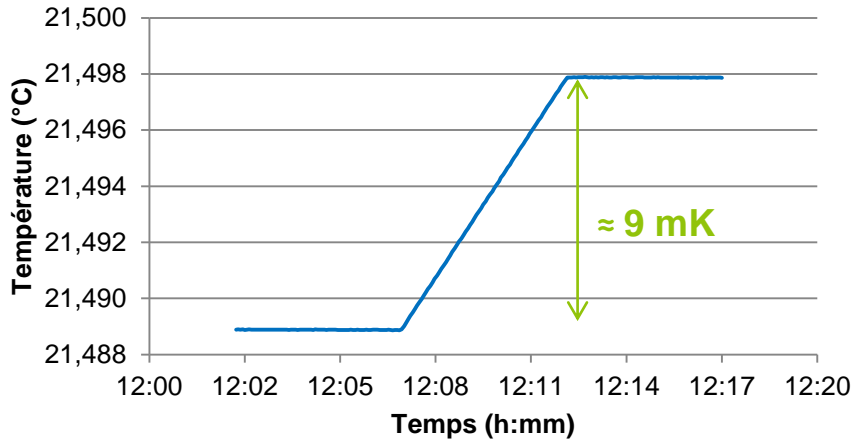
■ 1‰ de dérive → variation de 2 μm de l'épaisseur du volume sensible



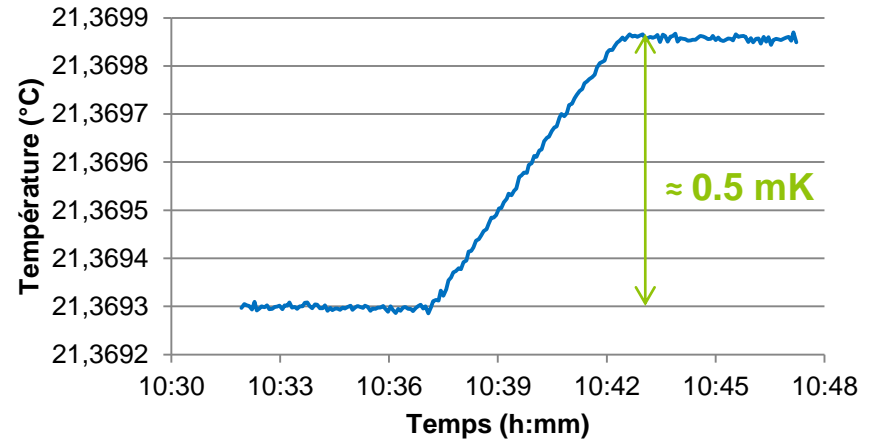
Premières mesures calorimétriques dans les mini-faisceaux:

■ GR11 (irradiations de 5 min):

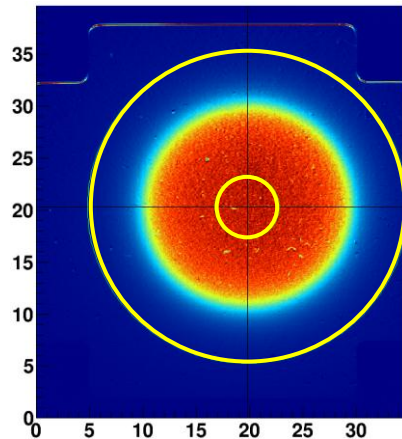
■ Champ diamètre 2 cm:



■ Champ diamètre 0.5 cm:



■ Comparaison des calorimètres GR10 et GR11 dans le champ de 2 cm de diamètre :



- GR10 => dose ponctuelle
- GR11 => dose intégrée sur une surface
- rapport des doses mesurées = rapport des intégrales mesurées

1. Présentation du Laboratoire National Henri Becquerel
2. Problématique des mini-faisceaux
3. Avancement du projet
4. Perspectives

Travail en cours:

- Construction des dosimètres:
 - Réalisation de chambres d'ionisation avec des boîtes d'étanchéité en polystyrène réticulé

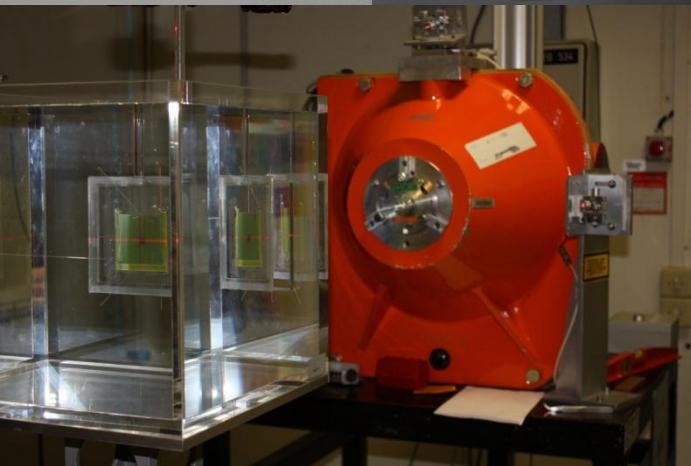
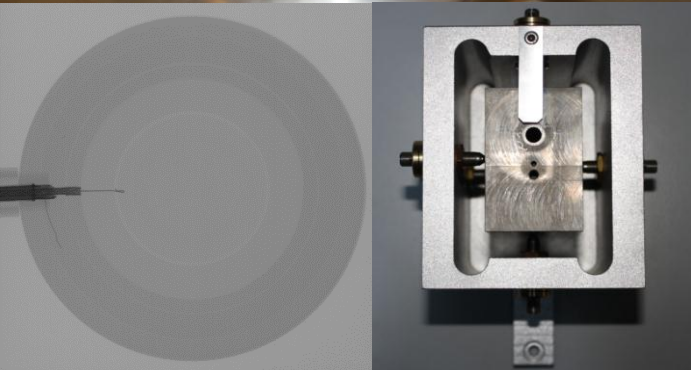
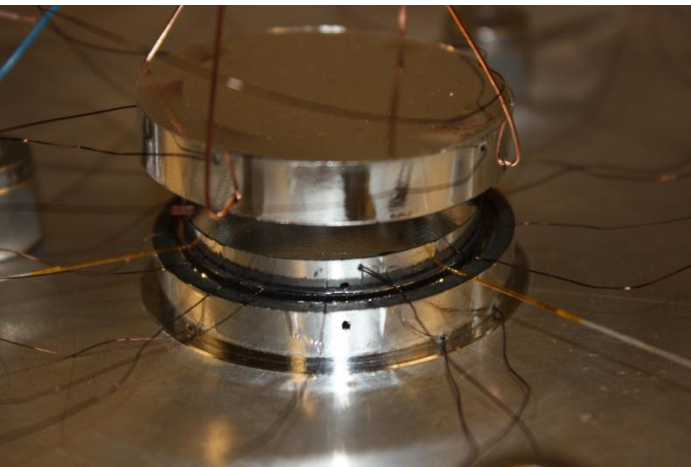
- Lien avec le formalisme classique:
 - Etude pour l'utilisation des EBT3 (dépendance en énergie, ...)
 - Mesure des profils de dose
 - Comparaison des 2 approches dans le champ de 2 cm de diamètre

- Etalonnage de la chambre d'ionisation de référence:
 - Mesures calorimétriques et ionométriques dans des champs de 2, 1 et 0.75 cm de diamètre (6MV)
 - Calcul des facteurs de correction par Monte Carlo (EGSnrc et Penelope)

A plus long terme:

- Utilisation d'une nouvelle grandeur dosimétrique (et d'un nouvel indice de qualité des faisceaux)

- Intégration de cette nouvelle grandeur dans les TPS



Merci pour votre attention

stephane.dufreneix@cea.fr

Laboratoire National Henri Becquerel
Laboratoire de Métrologie de la Dose
CEA Saclay
Point courrier 104 Bâtiment 534
91191 Gif sur Yvette Cedex