

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



Amélioration des performances en
dosimétrie de Fricke au LNHB/LMD pour
une utilisation comme dosimètre de
transfert graphite/eau

*Christel Stien, Valérie Lourenço, Soizic Sorel, Maiwenn Le Roy,
Aimé Ostrowsky, Stéphane Dufreinex*

Journées des LARD | Christel Stien

12/10/2012



www.cea.fr

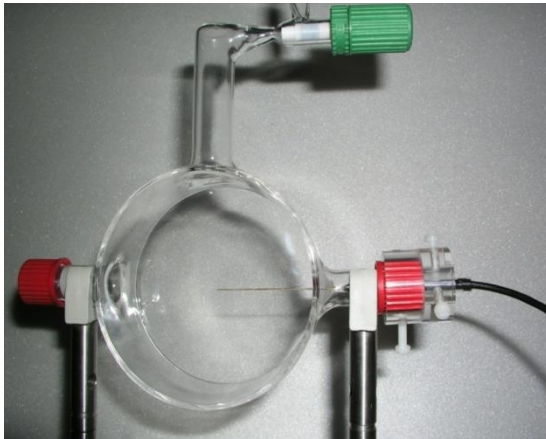
- Etablissement des références au LNHB/LMD
- Dosimétrie de transfert graphite/eau
- Dosimétrie de Fricke
 - Avantages et inconvénients
 - Principe
 - Méthode de transfert graphite/eau
- Amélioration des incertitudes
- Résultats
- Conclusion

Moyen d'établissement des références au LNHB/LMD : **Calorimétrie**

Mesure d'une élévation de température dans un corps

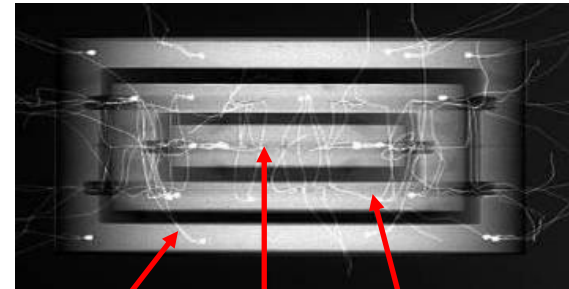
Deux méthodes utilisées au LMD :

Calorimétrie eau :



Dose absorbée dans l'eau

Calorimétrie graphite :



manteau absorbeur écran

Dose absorbée dans le graphite

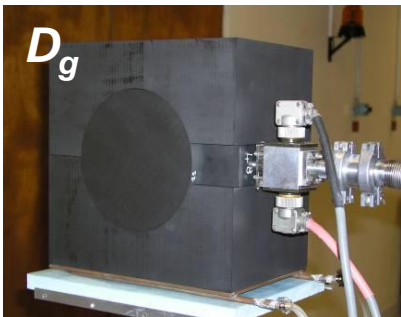
DOSIMÉTRIE DE TRANSFERT

En radiothérapie externe : références en **dose dans l'eau**

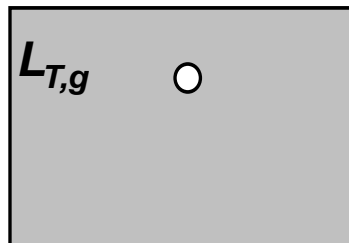
Pour l'établissement de références dans un calorimètre graphite :



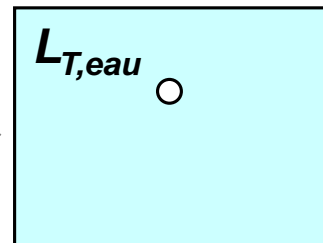
1 : Calorimétrie graphite



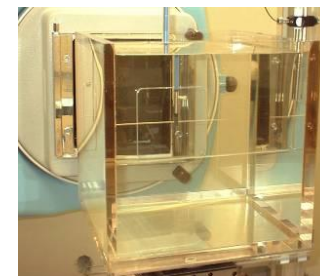
2 : Dosimètre de transfert dans le graphite



3 : Dosimètre de transfert dans l'eau

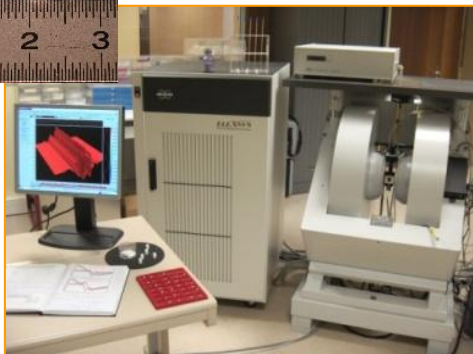


4 : Référence en dose absorbée dans l'eau



$$D_{eau} = D_g \left(\frac{L_{T,eau}}{L_{T,g}} \right) \prod_i k_i$$

Méthodes de transfert :



- Calculs Monte-Carlo
- Dosimétrie RPE/Alanine
- Dosimétrie de Fricke



Intérêt de la dosimétrie de Fricke comme dosimétrie de transfert:

- Gamme de dose : [1 ; 400] Gy
- Indépendant du débit de dose
- Mesures directement après irradiation
- **Equivalent eau** : 96% d'eau
- **Incertitudes** : 0,1% au NRC (Canada)

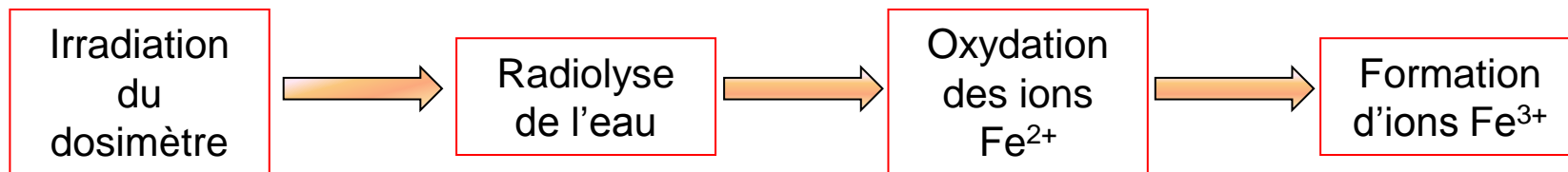
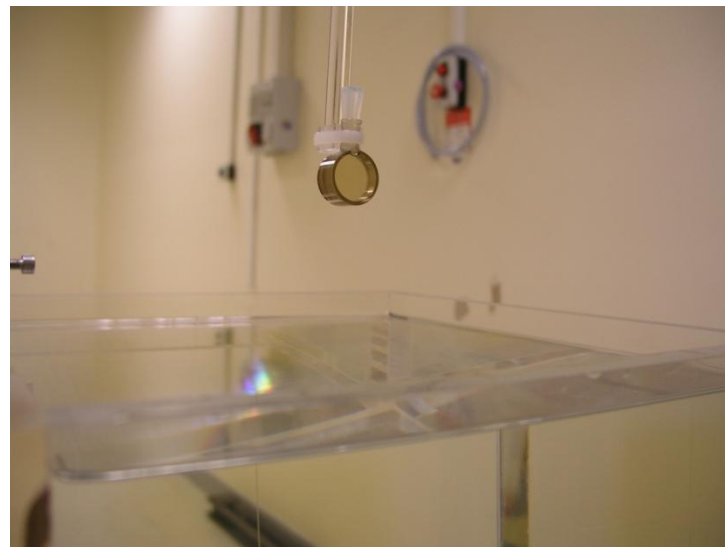
Principal inconvénient :

- Sensibilité aux impuretés organiques

- Dosimètre chimique à base de sulfate ferreux (Fe(II)) :

Composition de la solution :

- Sel de Mohr (Fe²⁺) : 10⁻³ mol/L
- Acide sulfurique : 0,4 M
- NaCl : 10⁻³ mol/L
- Eau : 96%



LA DOSIMÉTRIE DE FRICKE : PRINCIPE

- Lecture par spectrophotométrie des solutions irradiées à différentes doses

$$\text{Dose} = \frac{\Delta\text{DO}}{\rho \ell \varepsilon G(\text{Fe}^{3+})}$$

$$\Delta\text{DO} = \frac{\text{DO}_{304\text{nm}} - \text{DO}_{450\text{nm}}}{[1 + 0,0012 \times (T_{\text{irr}} - T_{\text{réf}})] \cdot [1 + 0,0069 \times (T_{\text{lect}} - T_{\text{réf}})]} - \Delta\text{DO}_{\text{blanc}}$$

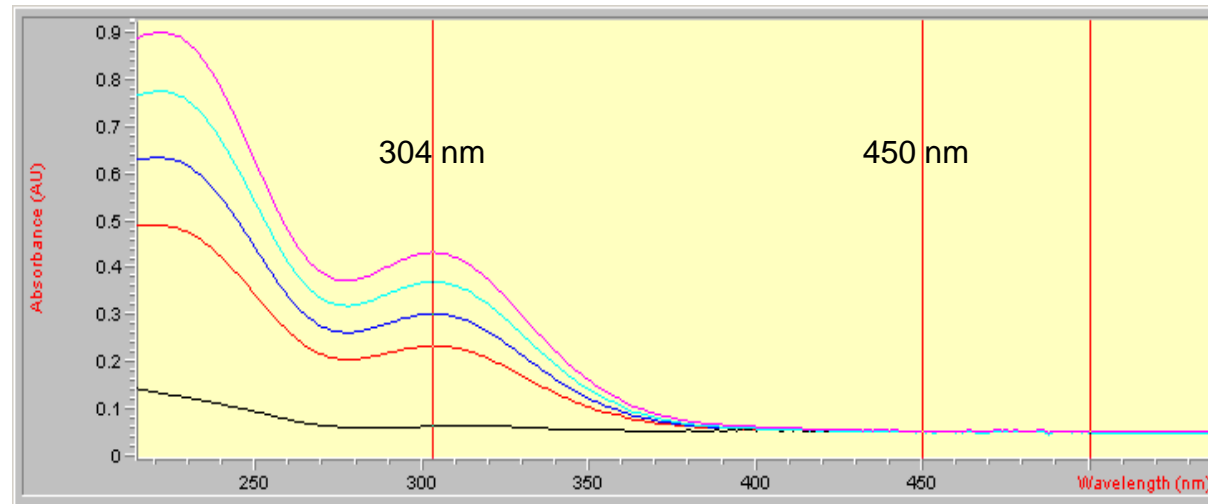
$\Delta(\text{DO})$: Différence entre les densités optiques mesurées à 303nm et 450nm

ρ (kg/m³) : Masse volumique de la solution

ℓ (m) : trajet optique de la cuve

ε (m²/mol) : coefficient d'extinction molaire

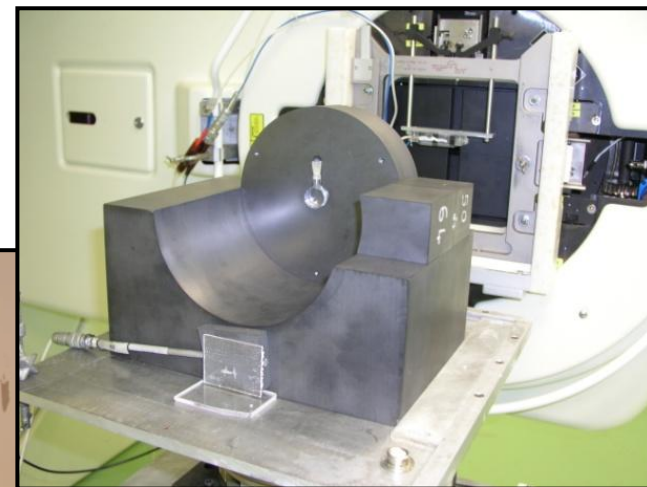
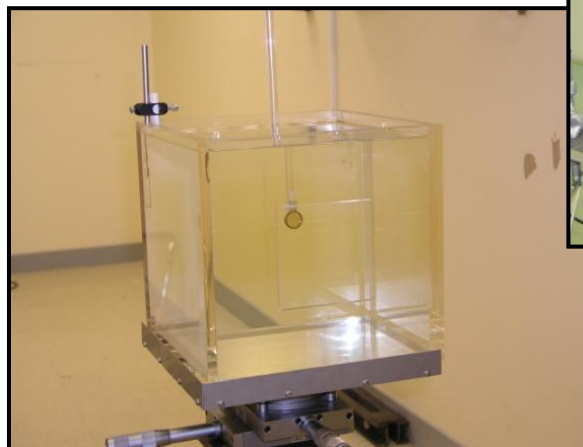
$G(\text{Fe}^{3+})$ (mol.kg/Gy) : Rendement radiochimique



LA DOSIMÉTRIE DE FRICKE : MÉTHODE DE TRANSFERT GRAPHITE/EAU

Irradiation de dosimètres de Fricke dans des fantômes graphite et eau

$$\frac{D_{eau}}{D_g} = \frac{\Delta DO_{eau}}{\Delta DO_g} \cdot \prod_i k_i$$



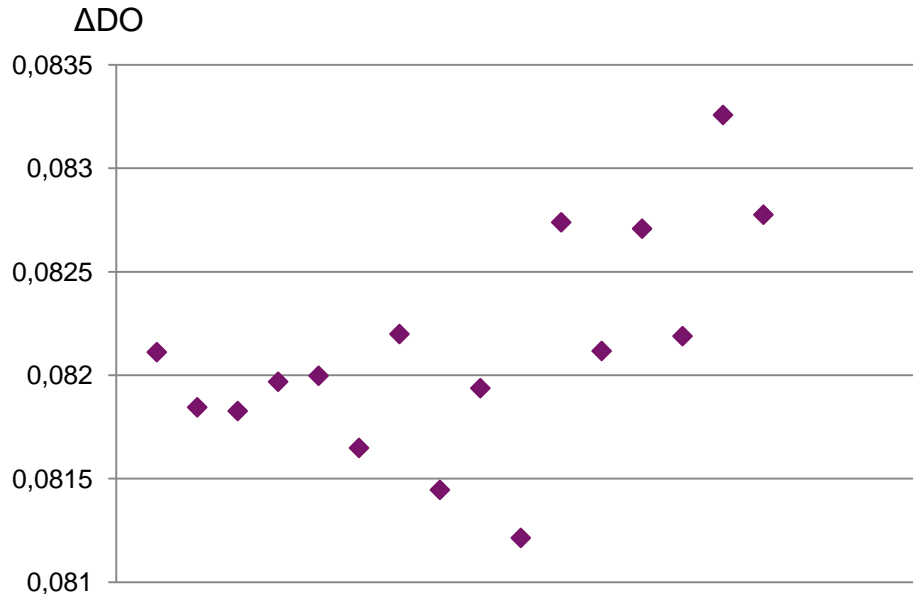
Objectif pour l'établissement de références en dose absorbée dans l'eau :
Incertitude de 0,2% à k=1

LA DOSIMÉTRIE DE FRICKE : MÉTHODE DE TRANSFERT GRAPHITE/EAU

Problème : Incertitude sur la mesure par spectrophotométrie élevée

$$\Delta DO = \frac{DO_{304nm} - DO_{450nm}}{[1 + 0,0012x(T_{irr} - T_{réf})] \cdot [1 + 0,0069x(T_{lect} - T_{réf})]} - \Delta DO_{blanc}$$

Mesure du blanc :

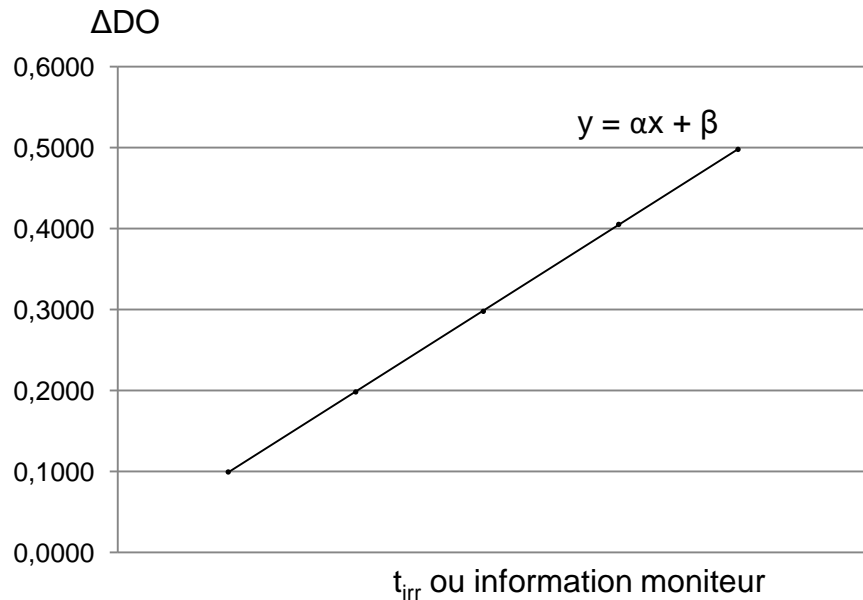


Solution de Fricke non irradiée :
 $\sigma = 0,6\%$ à $k=1$

LA DOSIMÉTRIE DE FRICKE : MÉTHODE DE TRANSFERT GRAPHITE/EAU

Méthode des pentes afin de s'affranchir de la mesure du blanc

$$\Delta DO = \frac{DO_{304nm} - DO_{450nm}}{[1 + 0,0012x(T_{irr} - T_{réf})] \cdot [1 + 0,0069x(T_{lect} - T_{réf})]} - \cancel{\Delta DO_{blanc}}$$

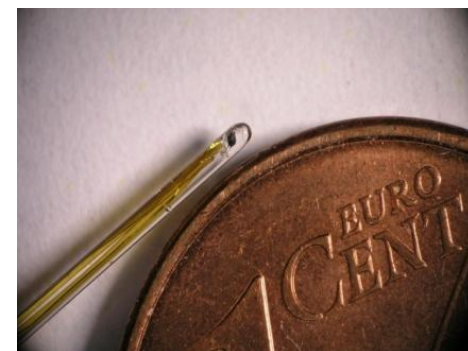


$$\frac{D_{eau}}{D_g} = \frac{\alpha_{eau}}{\alpha_g} \cdot \prod_i k_i$$

→ Incertitude statistique sur la pente de droite et aux incertitudes sur les facteurs de correction k_i

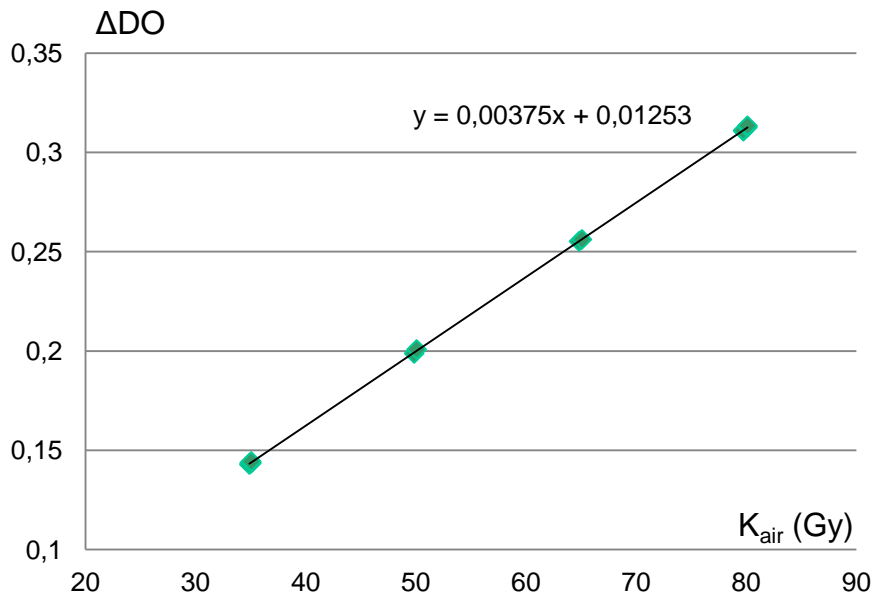
Principaux paramètres influençant l'incertitude sur la pente de la droite :

$\rho \varepsilon \lg(\text{Fe}^{3+})$	Utilisation de la même cuve spectrophotométrique pour les mesures
	Utilisation de la même solution mère pour les mesures
	Même qualité de faisceau
T_{irr}	Contrôle de la température
	Mesure grâce à une sonde PT100
T_{lect}	Contrôle de la température dans le support de cuve
	Mesure grâce à une thermistance
Mesure DO	Limites de l'appareillage

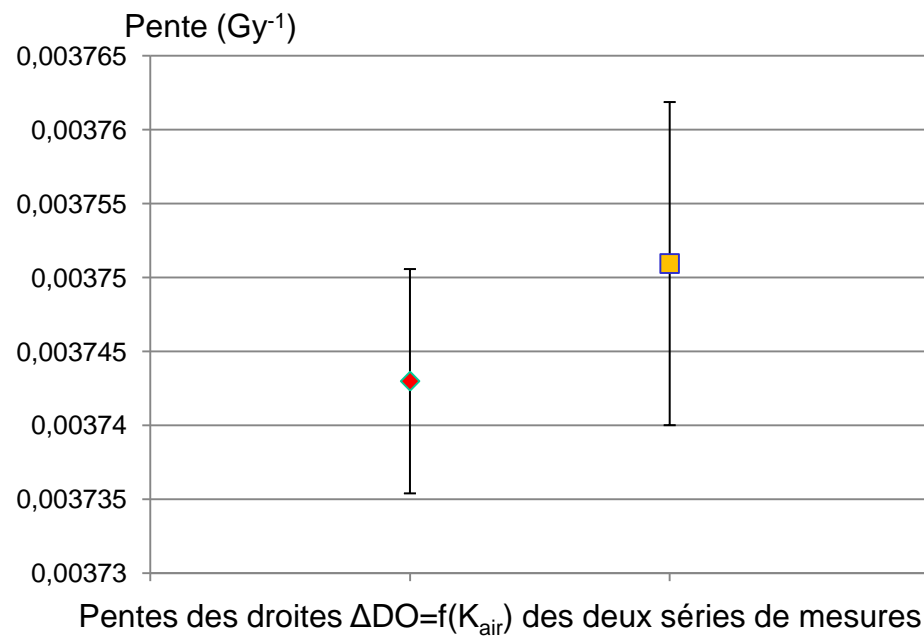


Test de la méthode :

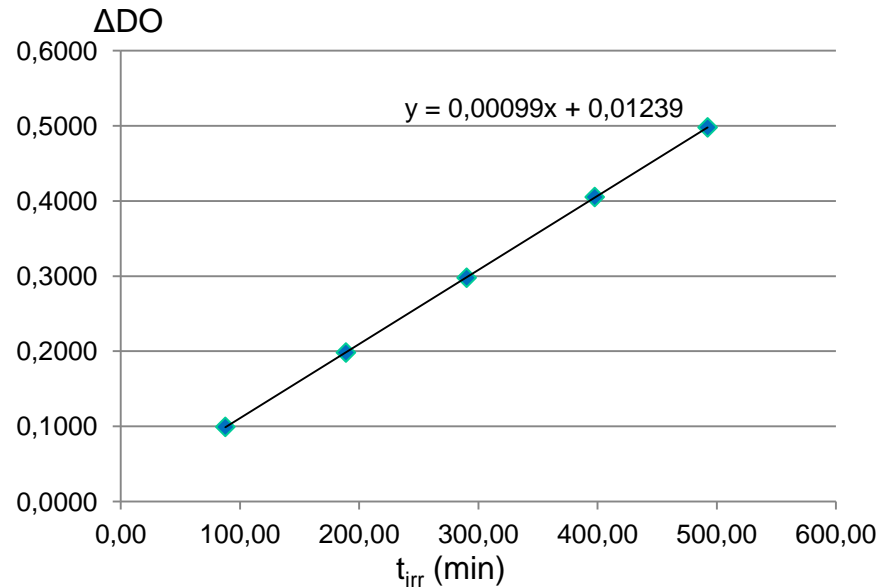
- Deux séries d'irradiations de 8 dosimètres dans un faisceau γ de Cobalt-60 **dans l'air**



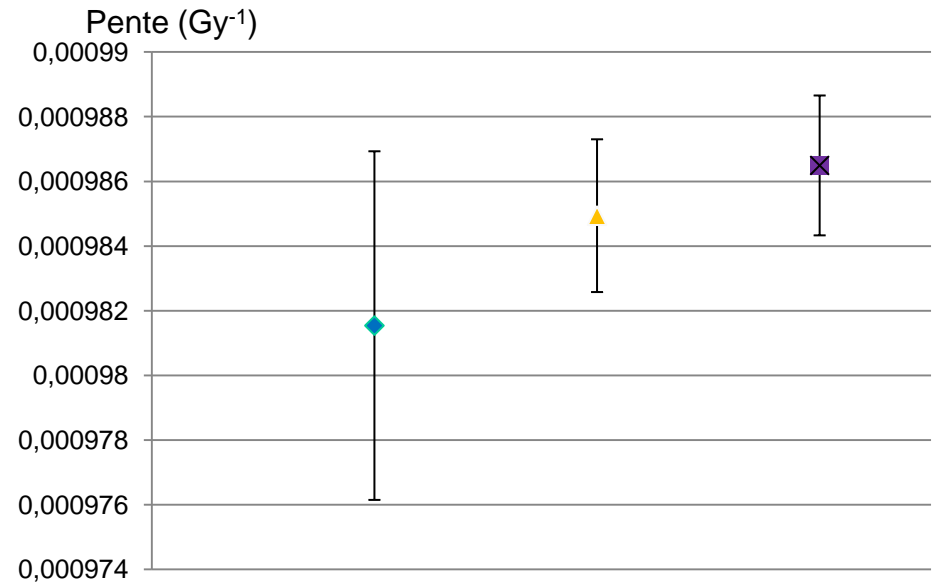
	Série 1	Série 2
Pente	0,003743	0,003751
Erreur type (1σ)	0,20%	0,29%



- Trois séries d'irradiations de 5 dosimètres dans un faisceau γ de Cobalt-60 dans un fantôme graphite



t_{irr} (min) corrigée de la décroissance de la source



Pentes des droites $DO=f(t_{irr})$ des quatre séries de mesure

	Série 1	Série 2	Série 3
Pente	9,815E-04	9,849E-04	9,865E-04
Erreur type (1σ)	0,55%	0,24%	0,22%

Voie d'amélioration :

Mesures spectrophotométriques

Utilisation d'un flux d'azote dans le compartiment échantillon du spectrophotomètre :
domaine d'absorption du dioxygène

Applications :

Projet européen HLT 09

Références dosimétriques pour les faisceaux de
rayons X de haute énergie de très petite section ($< 1 \text{ cm}^2$)

Calorimétrie graphite → Transferts par dosimétrie de Fricke



Merci de votre attention