

29<sup>èmes</sup> journées des L.A.R.D – 10 au 12 Octobre 2012 à Clermont-Ferrand

---

# *Dosimétrie passive des neutrons rapides à l'aide des verres RPL dopés en Ag*

Youbba OULD SALEM

Abdellatif NACHAB

IPHC/DRS/RAMSES



# Sommaire

---

- Contexte
- Fonctionnement des RPL
- Neutron et ses interactions
- Etude de la faisabilité du dosimètre
- Conclusion

# Environnement de travail

**Institut Pluridisciplinaire  
Hubert Curien de  
Strasbourg**



**Radioprotection  
Dosimétrie**

**Analyse  
Expertise**

**Contrôle en  
Radioprotection  
Dosimétrie  
réglementaire**

**Recherche &  
Développement**

**Formation**

**Mesures  
Radioactivité  
( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )**

**Agréments et  
habilitation**

Métrie des  
Rayonnements  
Ionisants

Initiale

Expertise Radiologique  
(Mesure, Simulation)

Dosimétrie  
Active et passive  
(n,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )

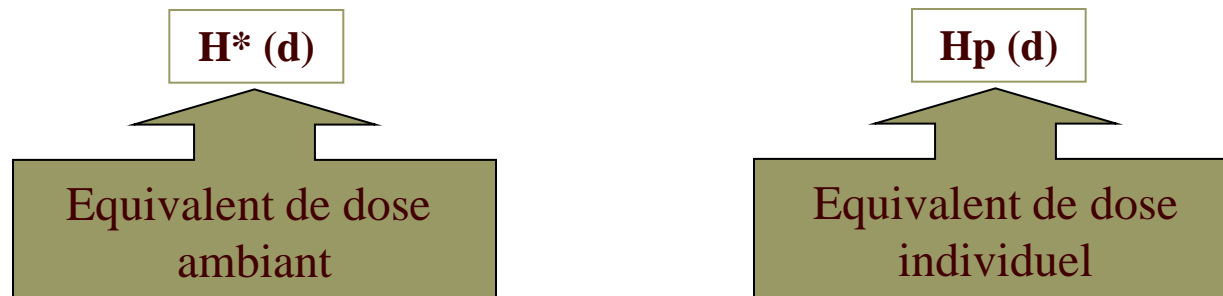
**Continue :  
PCR**

# Contexte

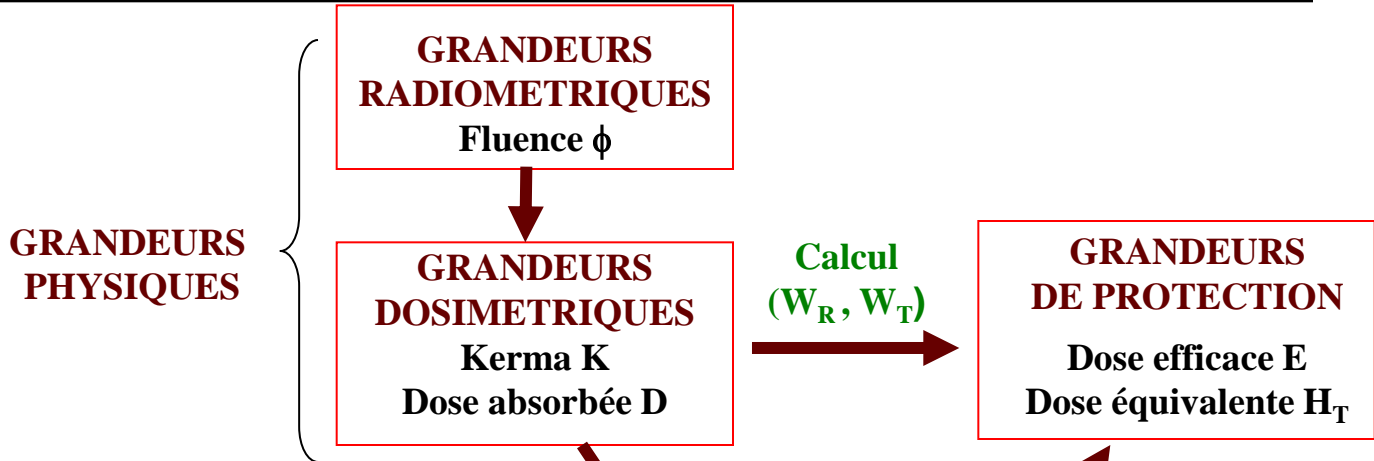
---

- **Problématique** : Dosimètre **R**adio**P**hoto**L**uminent (**RPL**), sensible aux rayonnements photoniques et particules chargées
- **Question** : Sensibilité aux neutrons ?
- **Objectif** : Etude de la faisabilité d'un dosimètre neutron par RPL

☞ *Grandeurs opérationnelles (ICRU)*

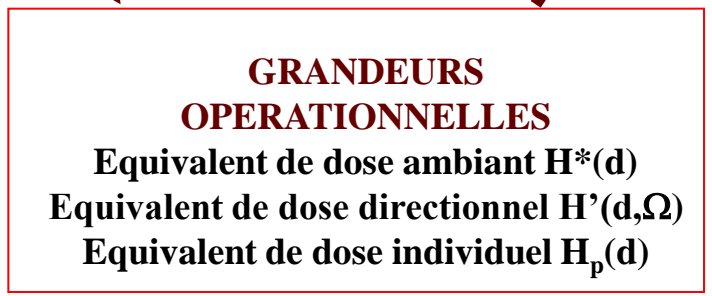


# Grandeurs en Radioprotection et Dosimétrie



$H_p$  : Dosimétrie personnelle

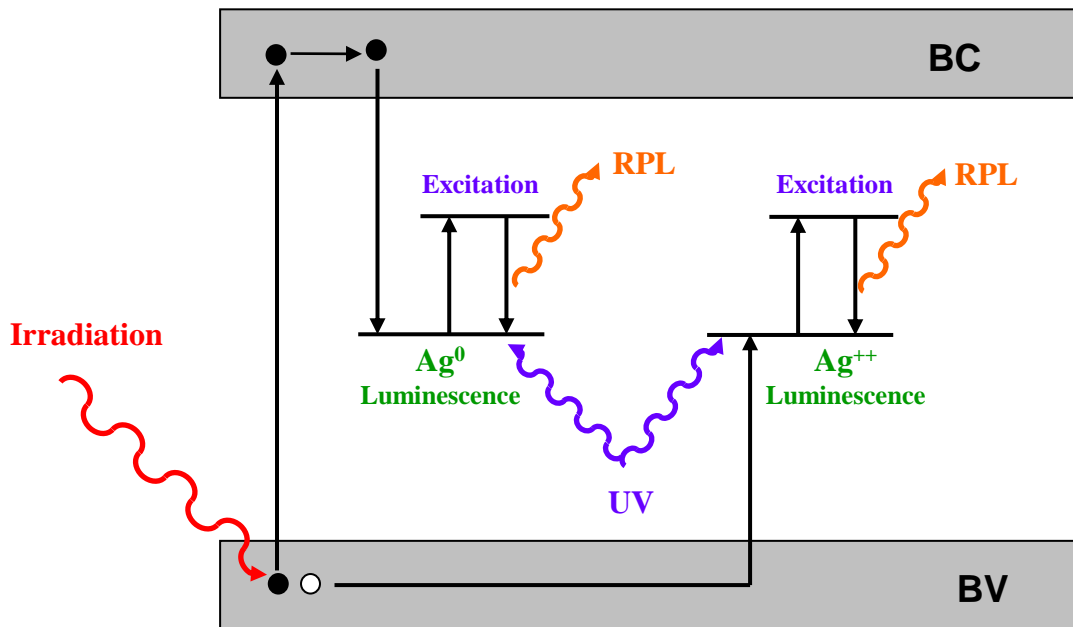
Grandeurs de protection	Grandeurs opérationnelles	Limites annuelles
Dose efficace	$H_p(10)$	20 mSv
Dose équivalente peau	$H_p(0,07)$	500 mSv
Dose équivalente cristallin	$H_p(3)$	150 mSv



$H^*$  : Dosimétrie d'ambiance

# Principe physique de RPL

## □ Phénomène de la radiophotoluminescence

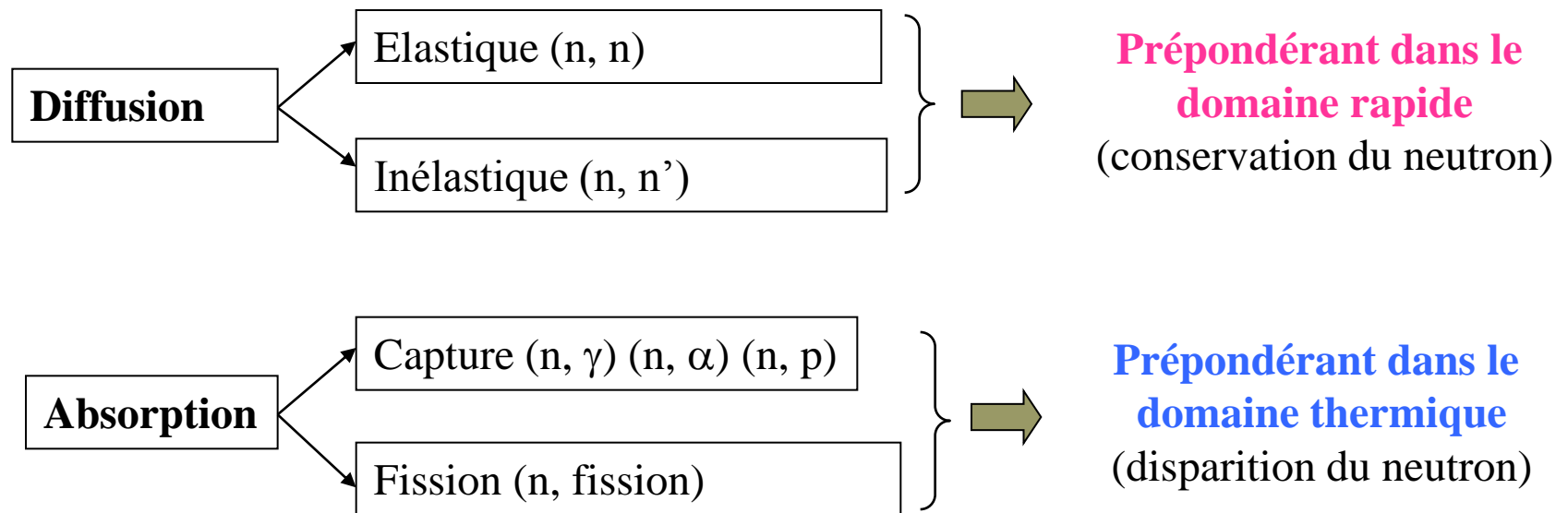


Création électron (e<sup>-</sup>) et trou (h<sup>+</sup>),  
piégeage par les ions Ag<sup>+</sup>



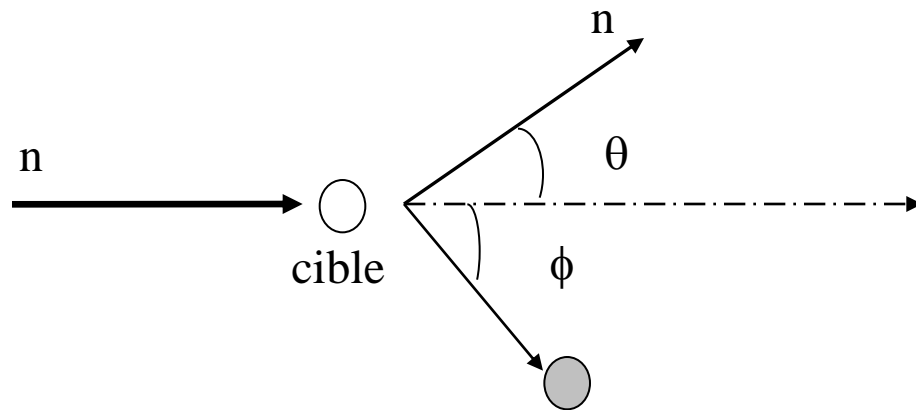
Excitation (UV) et émission d'une  
luminescence orange

# Neutron et ses interactions



# Neutron et ses interactions

## □ Collision élastique



$$E_{cible} = \frac{4m_n m_{cible}}{(m_n + m_{cible})^2} E_n \cos^2 \phi$$

$E_n$  et  $E_{cible}$  énergies cinétiques  
de  $m_n$  et  $m_{cible}$

## □ Réaction de diffusion élastique et inélastique sur le noyau

☞ Plus la cible est légère, plus le transfert d'énergie est efficace

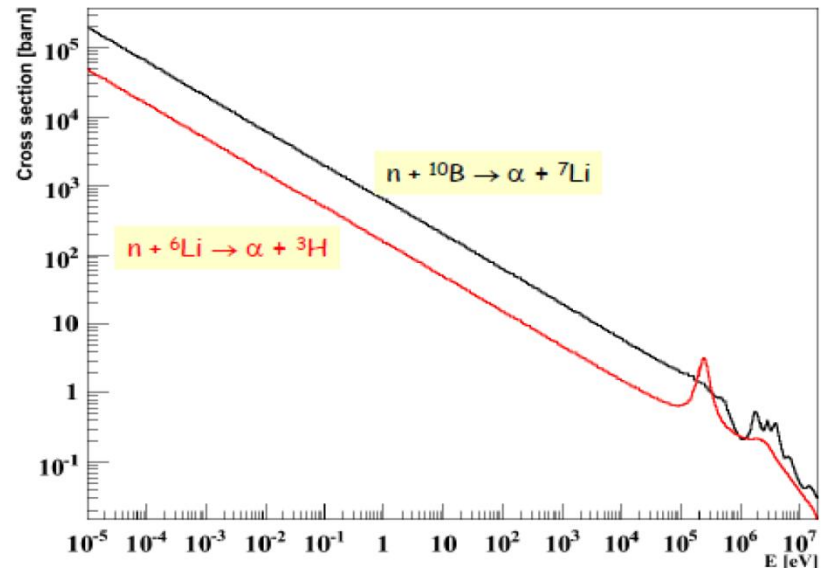
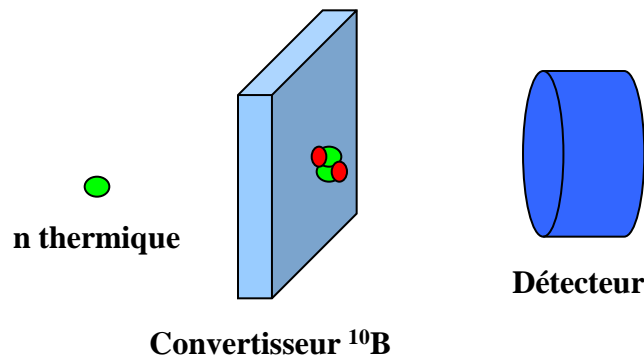
$$\Delta E = \frac{4A}{(1+A)^2} E_n$$



# Détection des neutrons

## □ Neutrons thermiques

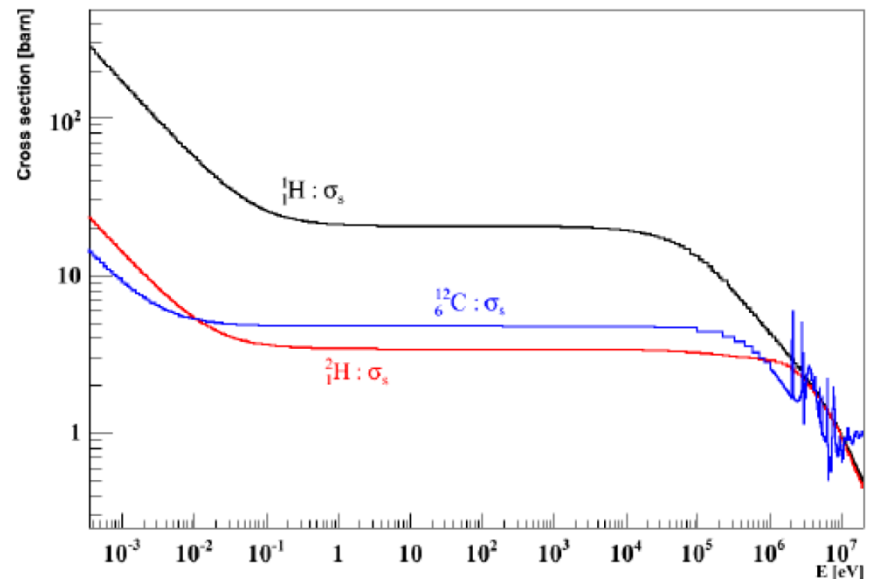
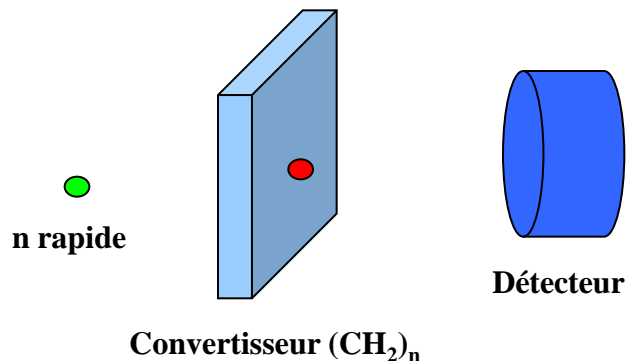
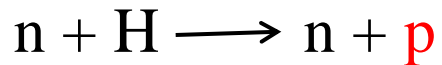
- ☞ Absorption du neutron avec  $\sigma$  élevée
- ☞ Production des particules chargées  $\Rightarrow$  détection



# Détection des neutrons

## □ Neutrons rapides

- ☞ Diffusion élastique et inélastique sur les noyaux légers
- ☞ Production des protons => détection



Section efficace de diffusion élastique

# Etude de la faisabilité du dosimètre

## □ Dispositif expérimental IPHC

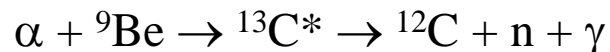
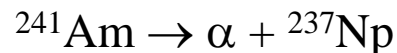
### Calibrateur

☞ Source neutron : Am-Be

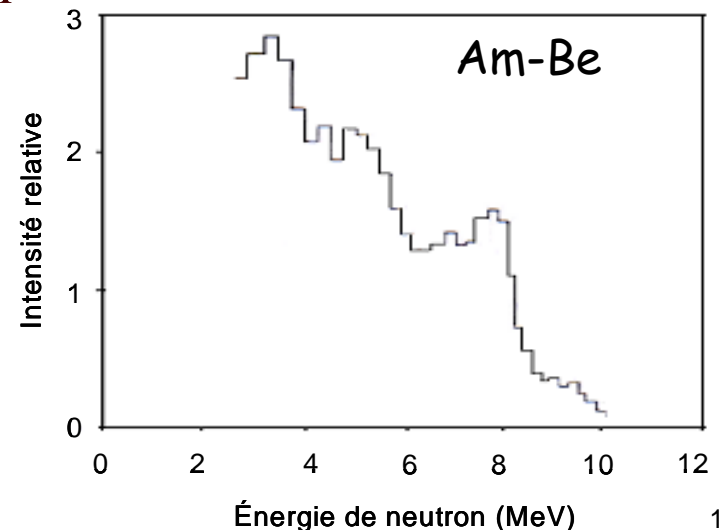
- Activité : 1 Ci
- Rayonnements : n,  $\gamma$
- Débit de dose : 49  $\mu\text{Sv/h}$  à 75 cm



Réaction de production des neutrons rapides

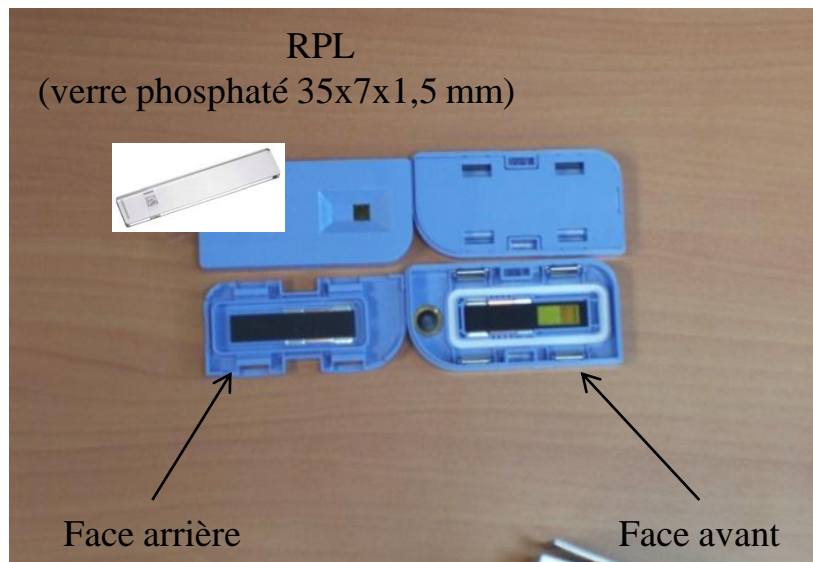
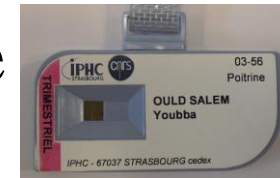


$$E_\gamma = 4,438 \text{ MeV}$$



# Etude de la faisabilité du dosimètre

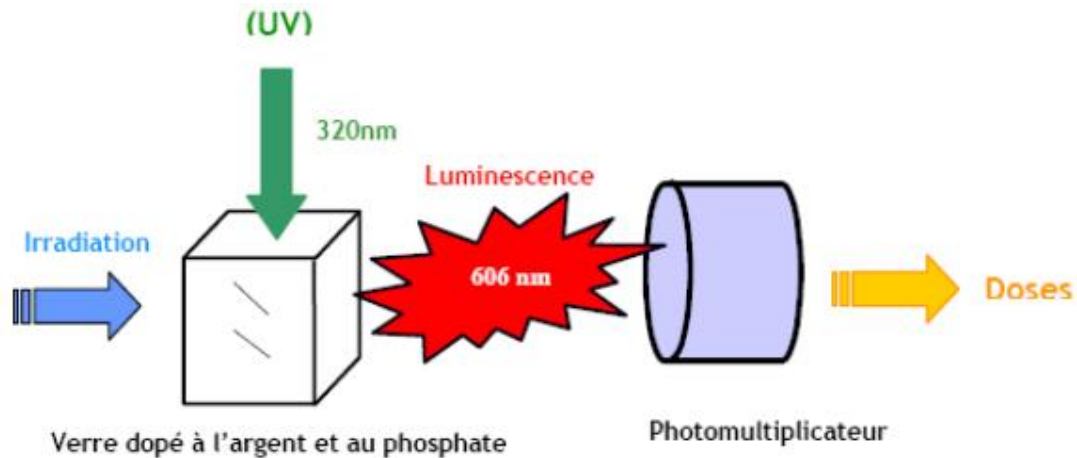
## □ Dosimètre utilisé au laboratoire



Eléments	Wt (%)
O	48,33
Na	13,24
Al	6,18
P	31,53
Ag	0,72

Composition élémentaire  
(analyse MEB à l'IPCMS)

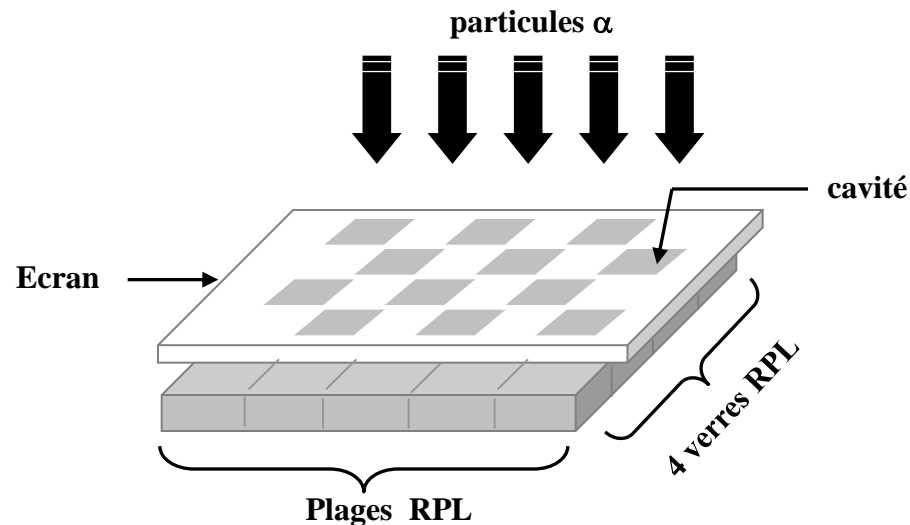
# Etude de la faisabilité du dosimètre



# Etude de la faisabilité du dosimètre

## □ Etudes préliminaires

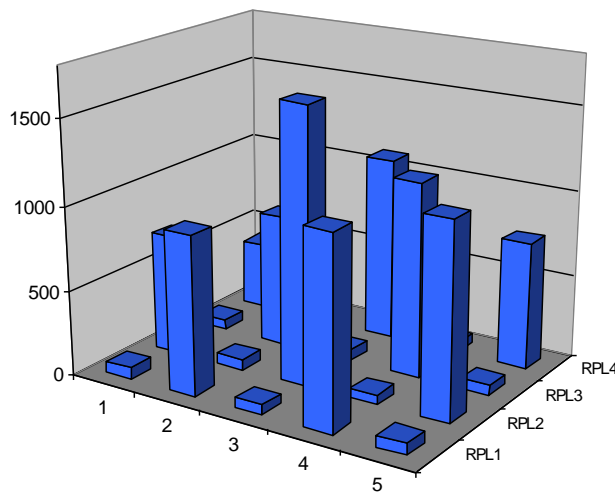
☞ Face sensible du RPL



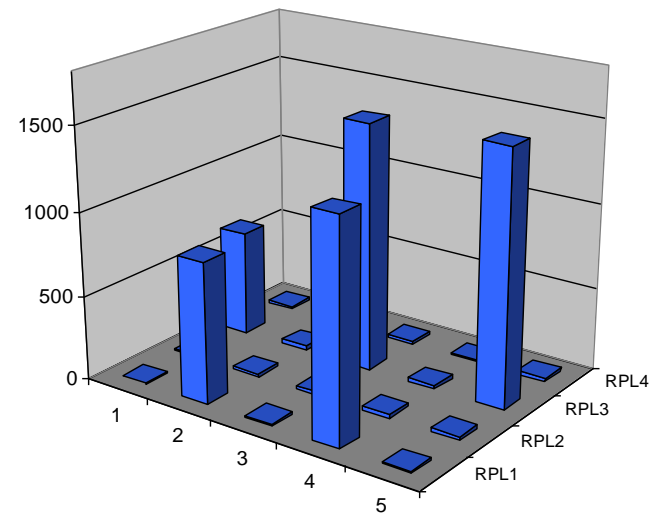
Montage du système d'irradiation

# Etude de la faisabilité du dosimètre

□ Résultats avec la source  $^{241}\text{Am}$  ( $E_{\alpha} = 5,48 \text{ MeV}$ )



Irradiation par la face avant  
de 4 RPL

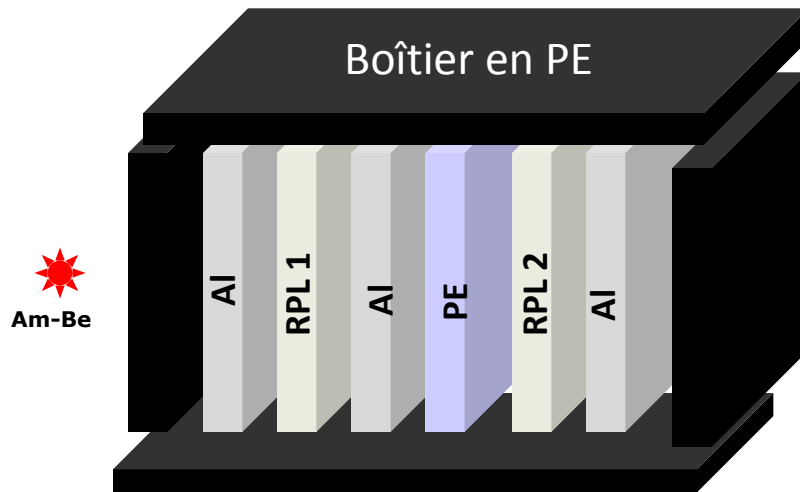


Irradiation par la face arrière  
des RPL2 et RPL4

☞ **Sensibilité du RPL aux  $\alpha$  dépend de la face irradiée et de l'énergie**

# Etude de la faisabilité du dosimètre

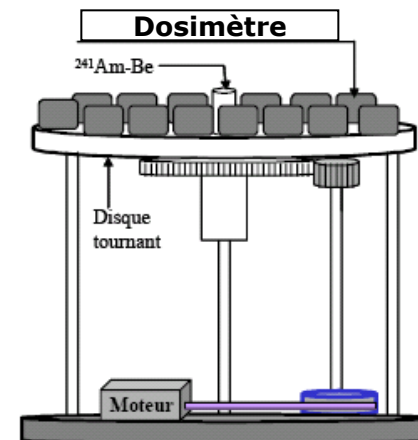
## □ Système dosimétrique mis en place



Matériaux	Épaisseur (mm)	Densité
Al	0,9	2,7
RPL	1,5	2,6
PE	1	0,93
Boîtier	1,9	0,93

Caractéristiques des composants du dosimètre

- ☞ RPL1 : exposition due aux  $\gamma$  et n
- ☞ RPL2 : exposition due aux  $\gamma$ , n et p
- ☞ Différence : réponse du RPL

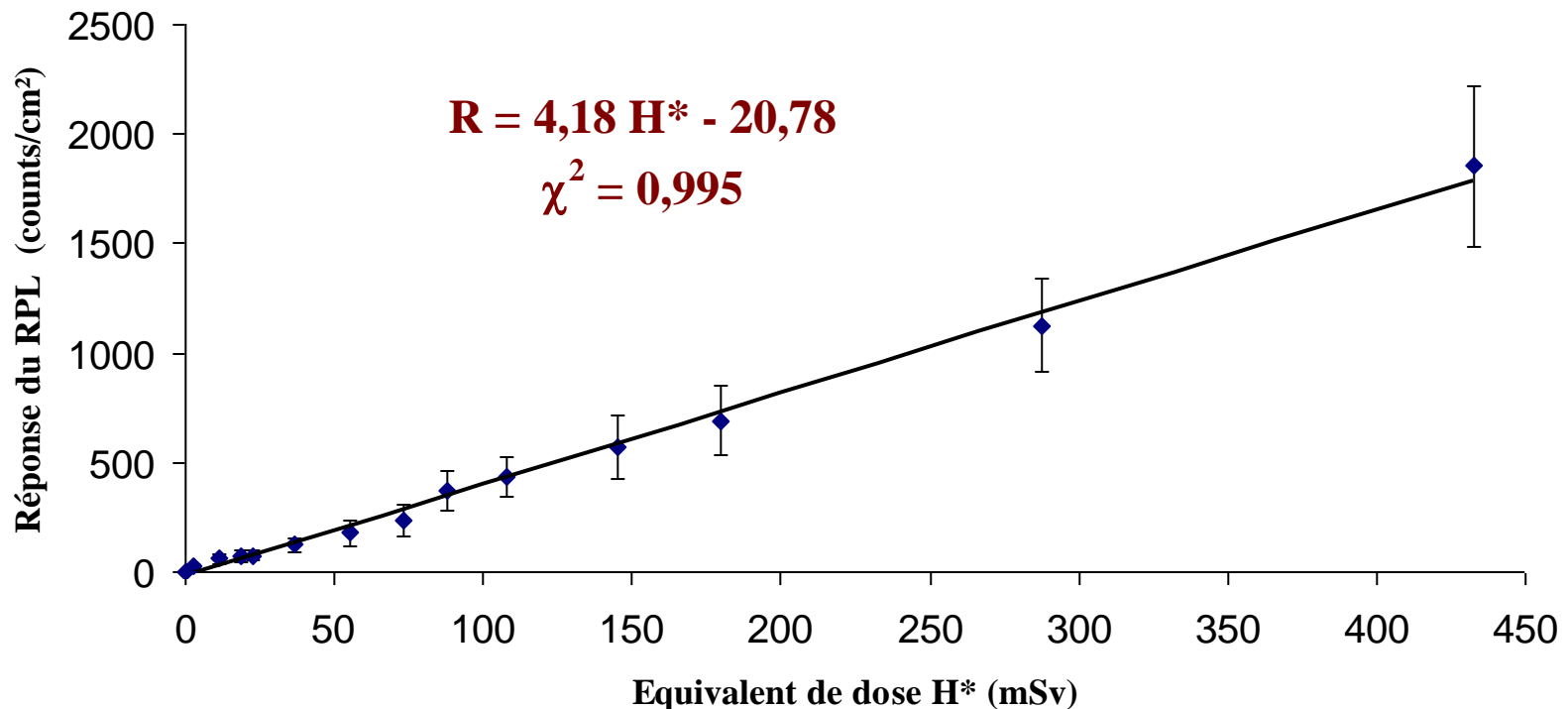


Système utilisé pour l'irradiation



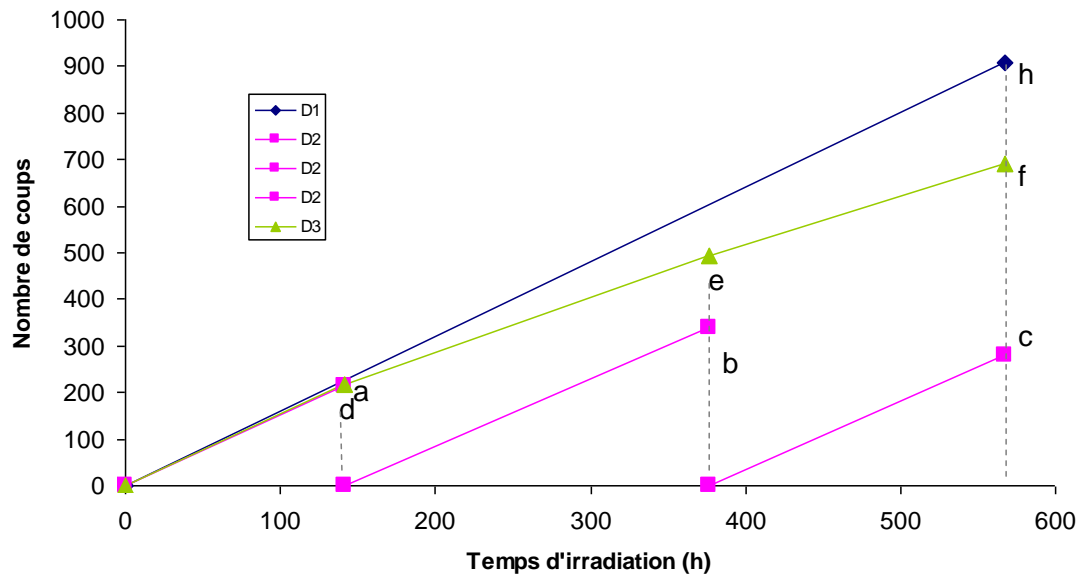
# Etude de la faisabilité du dosimètre

## □ Réponse du dosimètre en fonction de $H^*(10)$



# Etude de la faisabilité du dosimètre

- Etude de l'accumulation de dose : problème de << Fiding >>



**D1 : Lecture au point h**

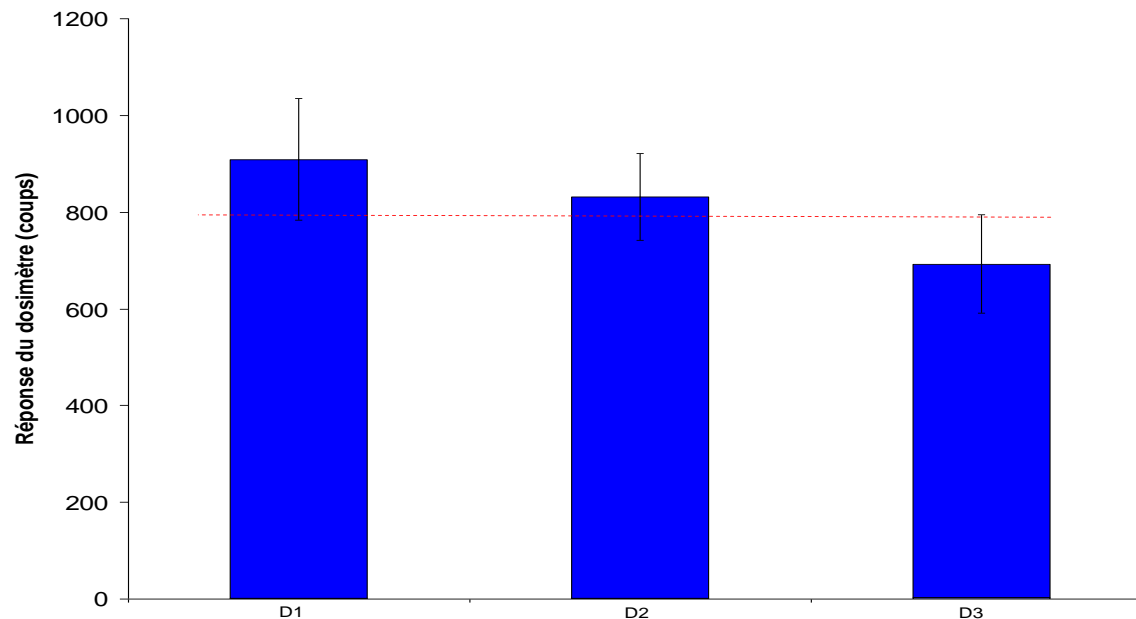
**D2 : Lecture aux point a, b, c avec remise à zéro**

**D3 : Lecture aux points d, e, f sans remise à zéro**

Protocole test d'accumulation de dose/aux neutrons de Am-Be

# Etude de la faisabilité du dosimètre

- Etude de l'accumulation de dose : Réponse de 3 dosimètres



D1 : exposition continue

D2 : somme des réponses avec remise à zéro 👉 24% d'écart entre D1 et D3

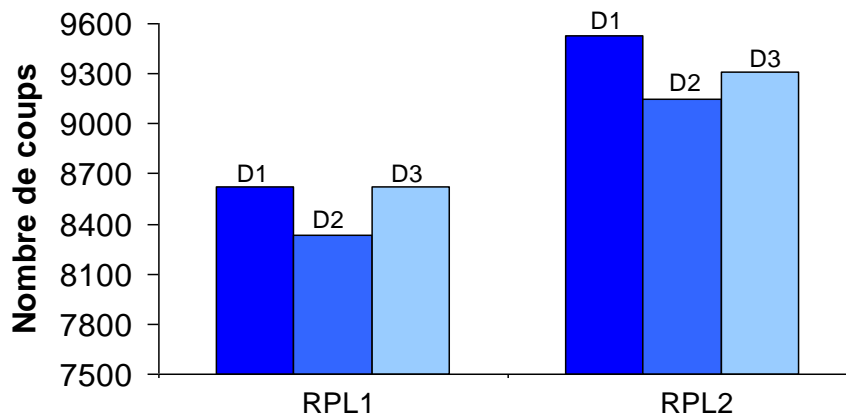
D3 : exposition cumulée sans remise à zéro

# Etude de la faisabilité du dosimètre

## □ Problème du préchauffage

	D1	D2	D3
RPL1 ( $\gamma, n$ )	8620	8336	8623
RPL2 ( $\gamma, n, p$ )	9528	9151	9313

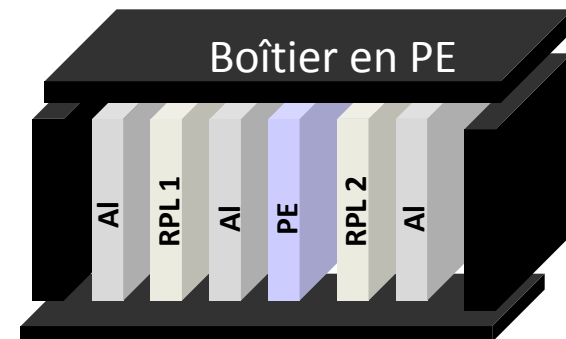
Mesures nettes RPL1 et RPL2 pendant 23 jours



D1 : exposition continue

D2 : somme des réponses avec remise à zéro

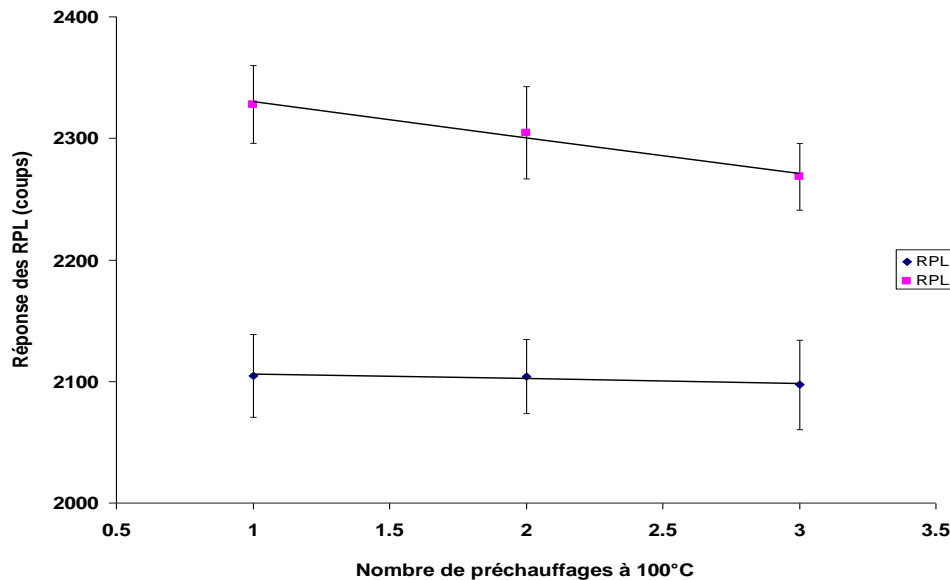
D3 : exposition cumulée sans remise à zéro



☞ Effet de préchauffage sur les centres luminescents dus aux protons ?

# Etude de la faisabilité du dosimètre

## □ Correction du signal protons

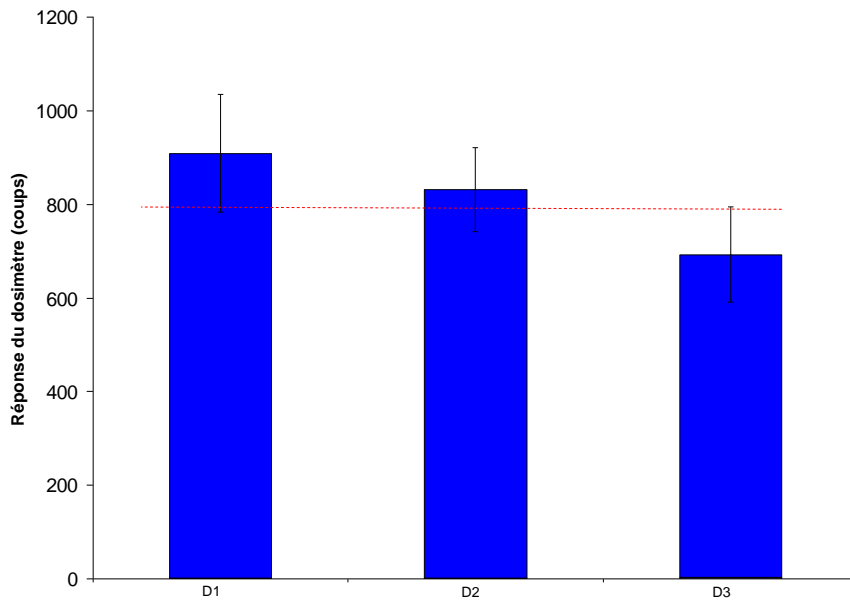


- ☞ RPL1 : exposition due aux  $\gamma$  et n
- ☞ RPL2 : exposition due aux  $\gamma$ , n et p
- ☞ RPL1 et RPL2 : même quantité d'irradiations en termes de n et  $\gamma$

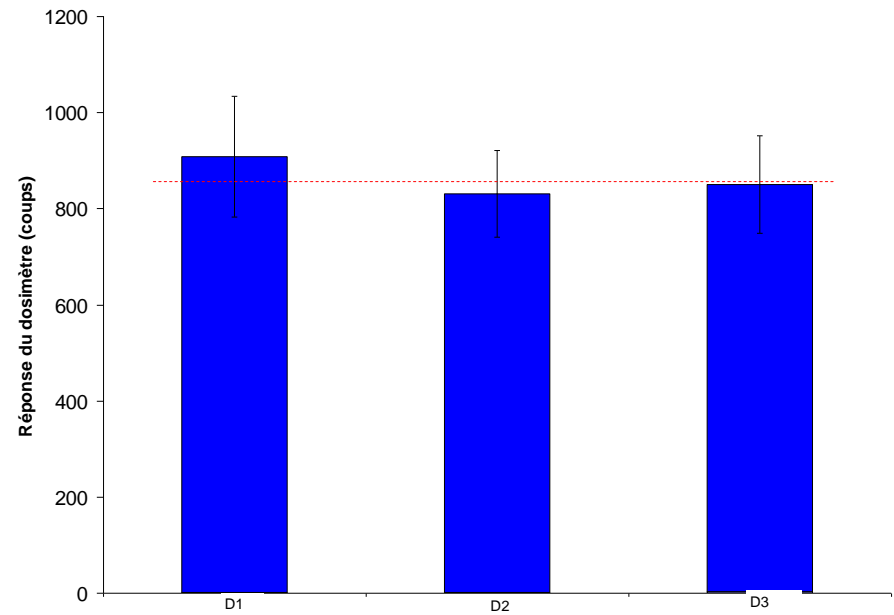
☞ Effet de préchauffage sur les centres luminescents dus aux protons  
(écart de **23%** entre la première et la troisième lecture du RPL2)

# Etude de la faisabilité du dosimètre

□ Résultat après correction de D3



Réponse de 3 dosimètres sans correction



Réponse de 3 dosimètres avec correction

☞ Pas de perte de signal mais nécessité de réinitialisation dans le cas des protons, avant réutilisation

# Conclusion

---

- ❖ Sensibilité du dosimètre radiophotoluminescent aux particules lourdes dépend de la face irradié et de l'énergie.
- ❖ Faisabilité d'un dosimètre neutron d'ambiance à l'aide de RPL.
- ❖ Pas de perte de signal pour des longues expositions.
- ❖ Réalisation d'un dosimètre neutrons personnel par RPL.



---

Merci pour votre attention