



# ETUDE DE MATERIAUX OSL A DES FINS DE DOSIMETRIE NEUTRONS

Cyril VOYANT

**DEA** *Rayonnements et Imagerie en Médecine*



# PLAN

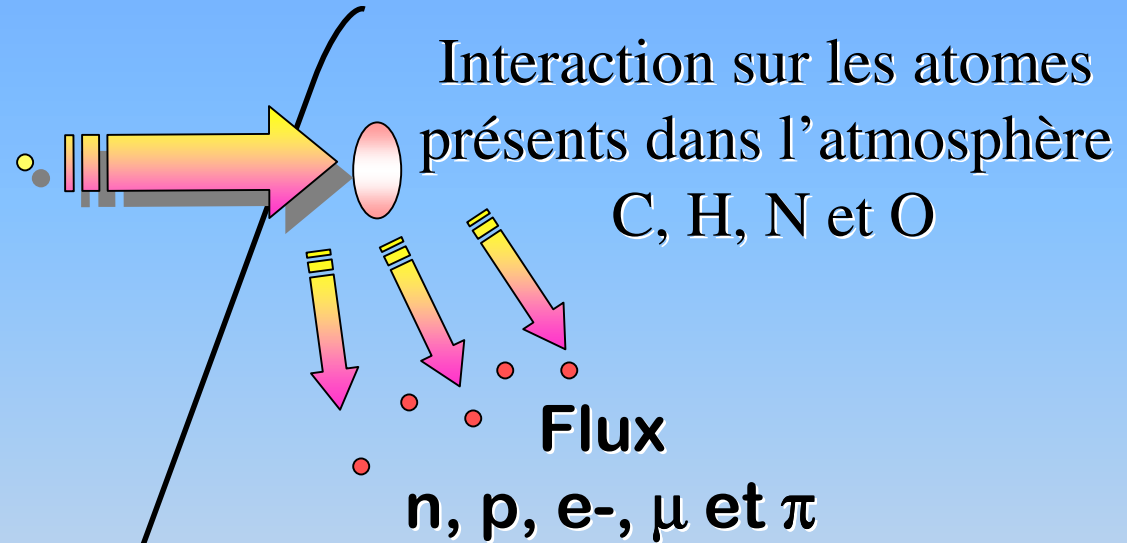
- o **Descriptif des environnements étudiés**
  - ❖ Environnement atmosphérique
  - ❖ Accélérateur
- o **Descriptif du mode dosimétrique utilisé**
  - ❖ Radio-luminescence stimulée optiquement (*OSL*)
  - ❖ Dopage en Bore
  - ❖ Conditionnement
  - ❖ Transposition à la dose déposée dans les tissus
- o **Confection du dosimètre**
  - ❖ Banc de lecture
  - ❖ Choix du dosimètre
  - ❖ Comparaison des dosimètres créés
- o **Étude du faisceau IRRAD-2**
  - ❖ Caractéristique de la source
  - ❖ Comparaison et interprétation des résultats



# Environnement atmosphérique

**Flux radiatif**  
**p,  $\alpha$ , e- et ions**  
**lourds**

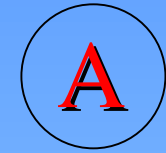
**Environnement**  
**spatial**



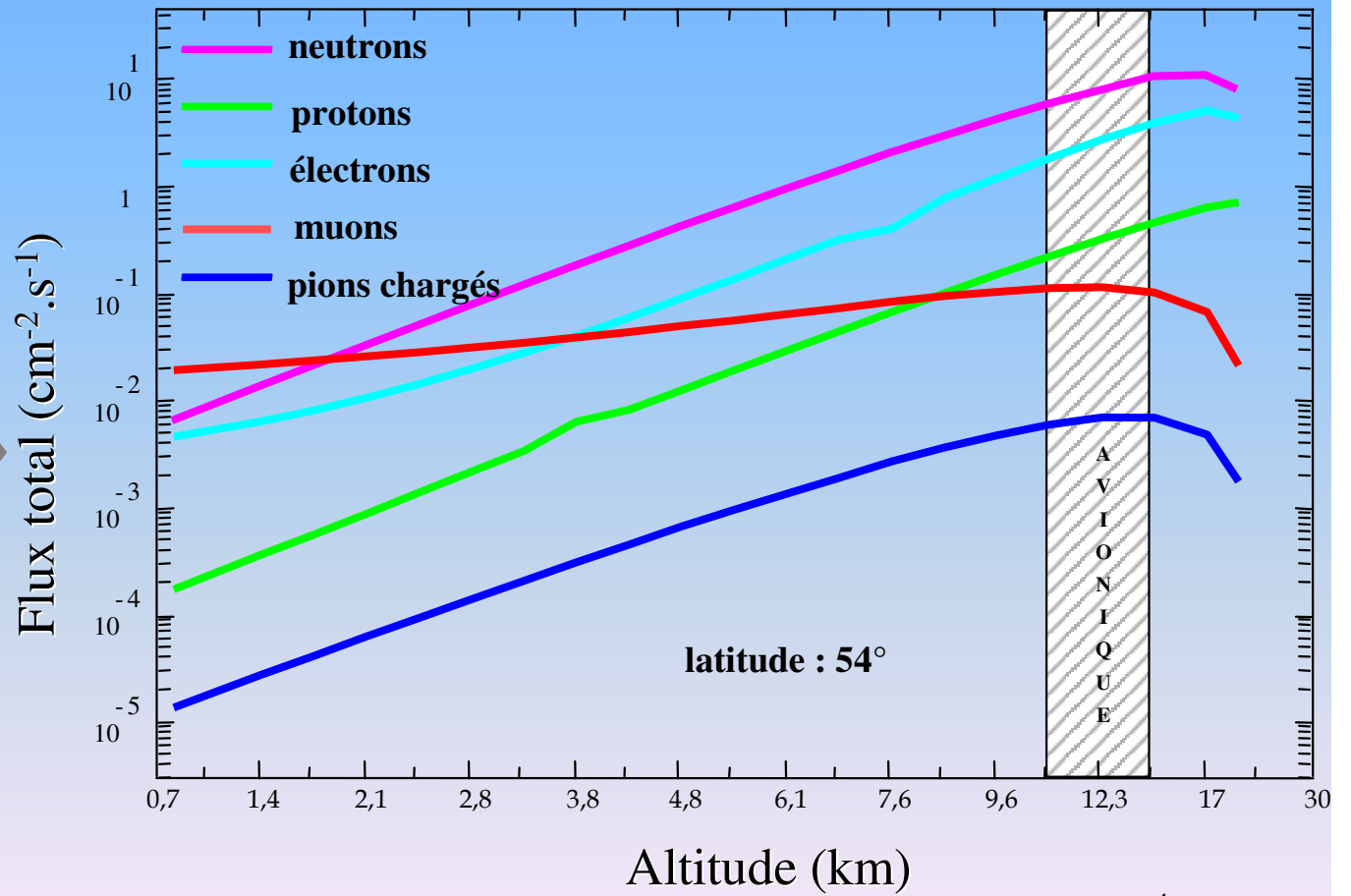
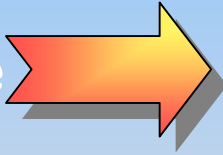
**Environnement**  
**atmosphérique terrestre**



# Facteurs influençant le flux neutronique

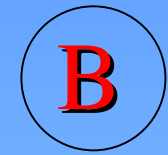


○ Altitude

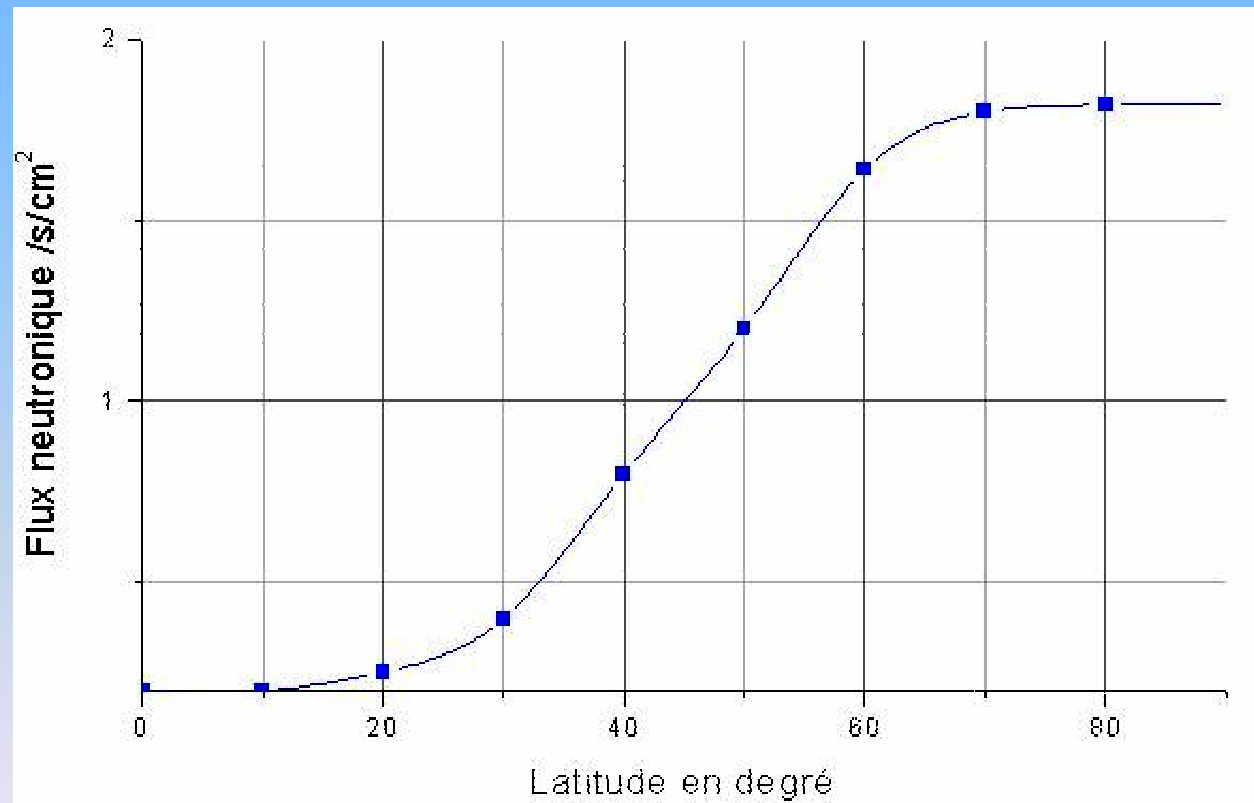
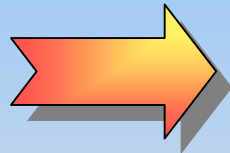




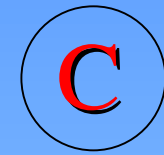
# Facteurs influençant le flux neutronique



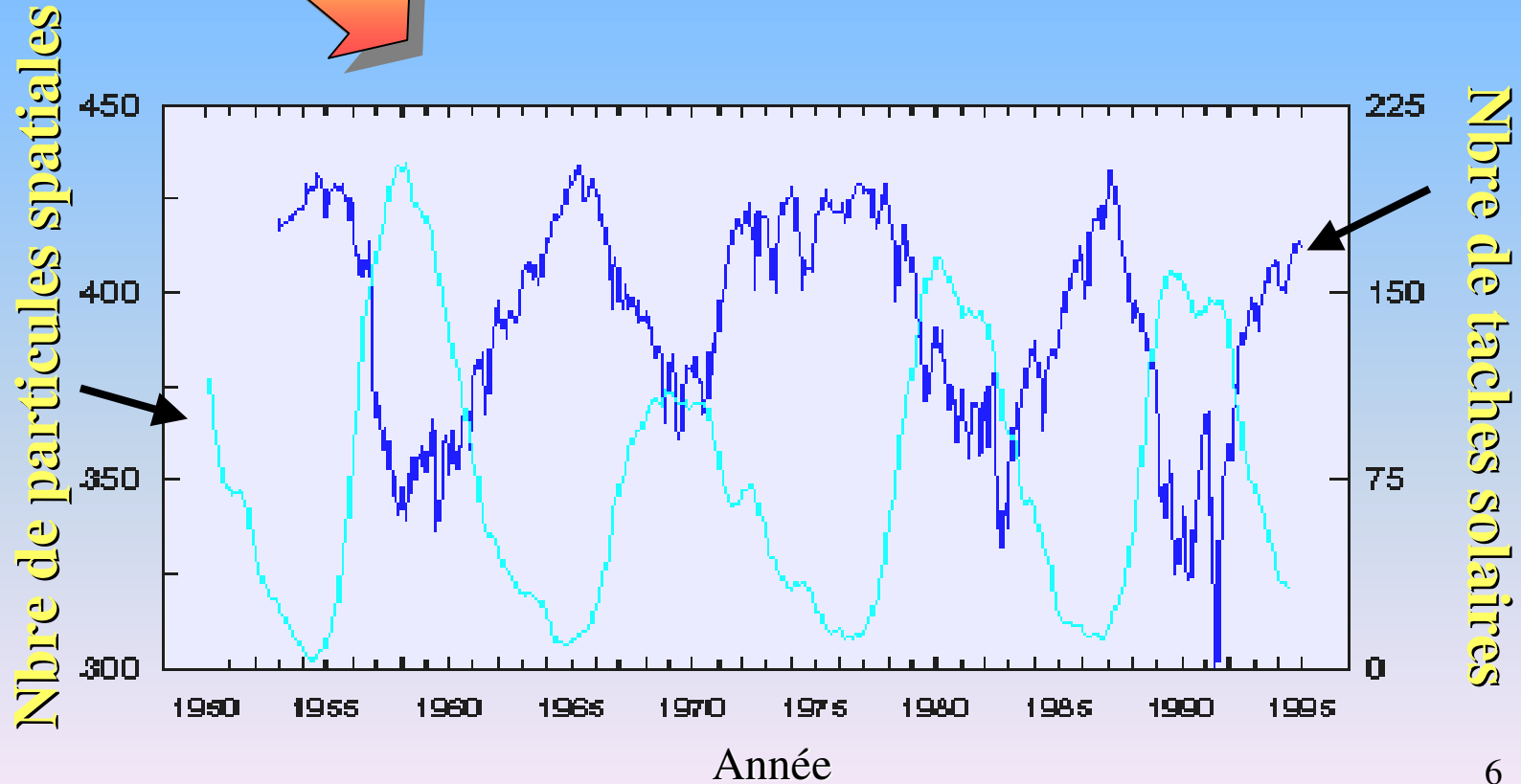
o Latitude



# Facteurs influençant le flux neutronique

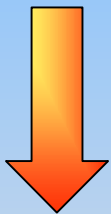


## o Activité Solaire

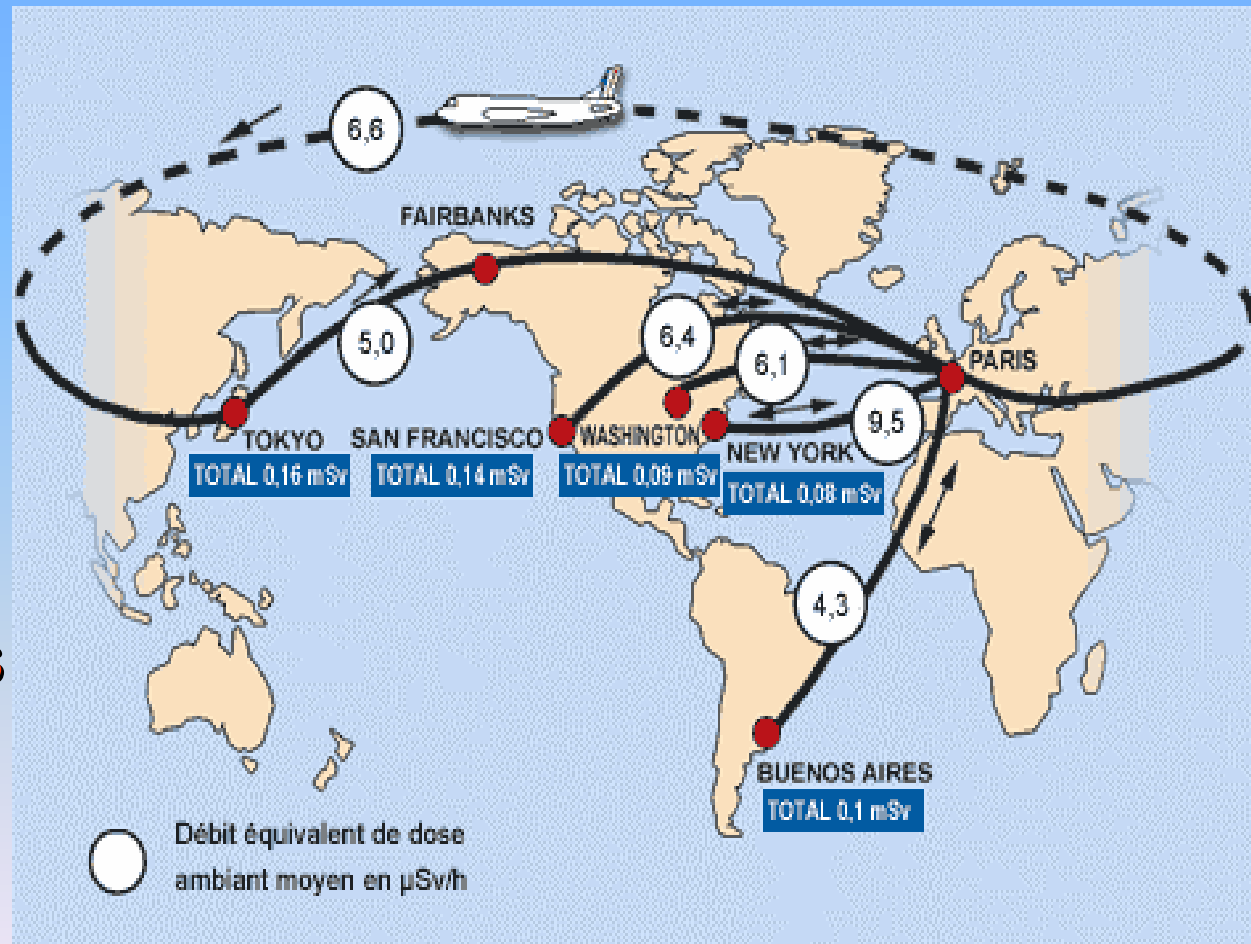


# « Toxicité » des neutrons atmosphériques

~ 0.1 mSv / trajet



**Risque d'Effets  
Stochastiques**





# Caractéristiques des accélérateurs étudiés

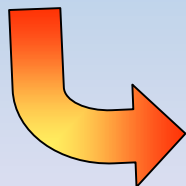
- Accélérateur à but thérapeutique : cyclotron de Nice, Orsay et Orléans



Géométrie du faisceau ⇒ Optimisation de la dose à la tumeur

Dosimétrie ⇒ Prévention d'éventuels risques liés à une trop forte exposition

- Accélérateur à but de recherche : CERN, CEA.DAM, ESRF, etc...



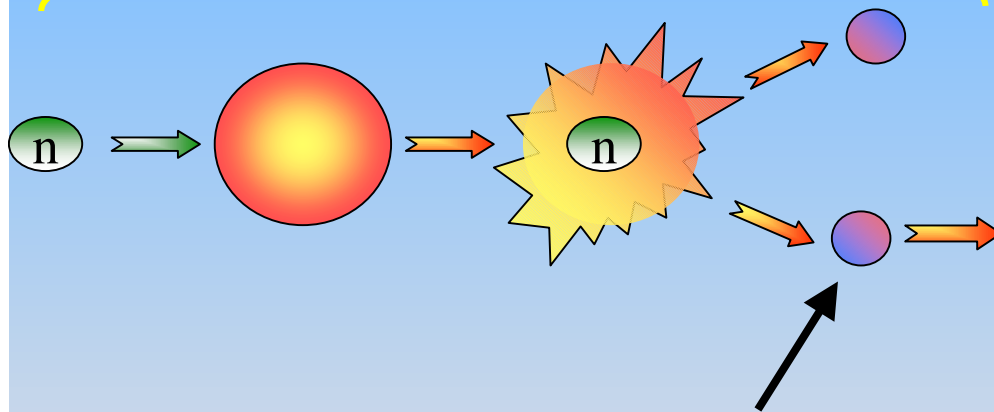
Géométrie du faisceau ⇒ Optimisation des différents processus d'interactions souhaités

Dosimétrie ⇒ Radioprotection des chercheurs et des collectivités locales

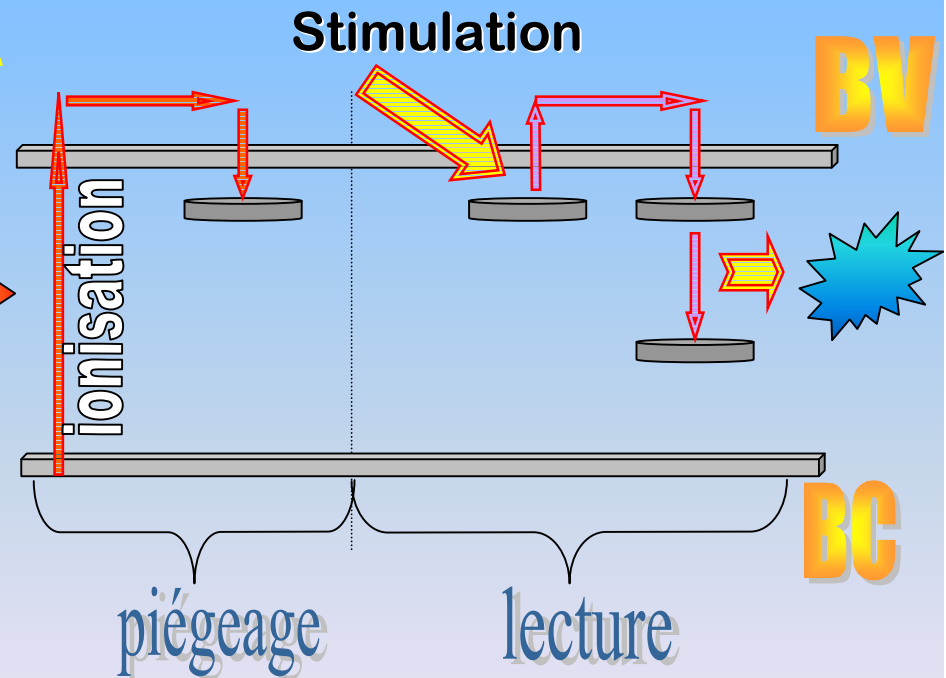


# Phénoménologie de l'OSL

Particule indirectement ionisante  
« transformée » en une ou plusieurs  
particules directement ionisantes



Si réaction sur le  $^{10}\text{B}$   
alors on a un  $\alpha$  et un noyau  
de Lithium

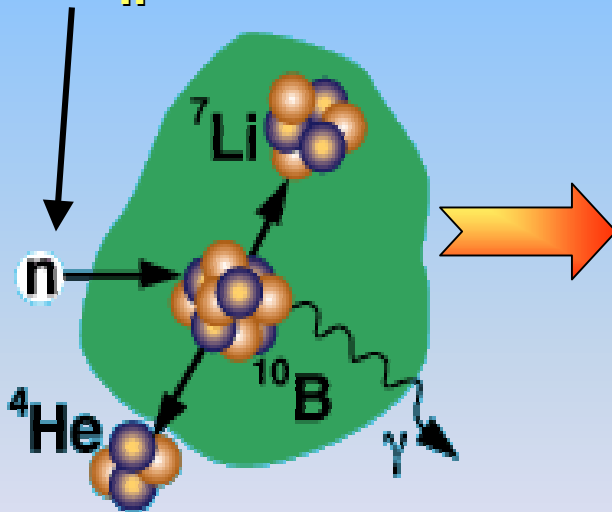


# Intérêt du dopage en bore

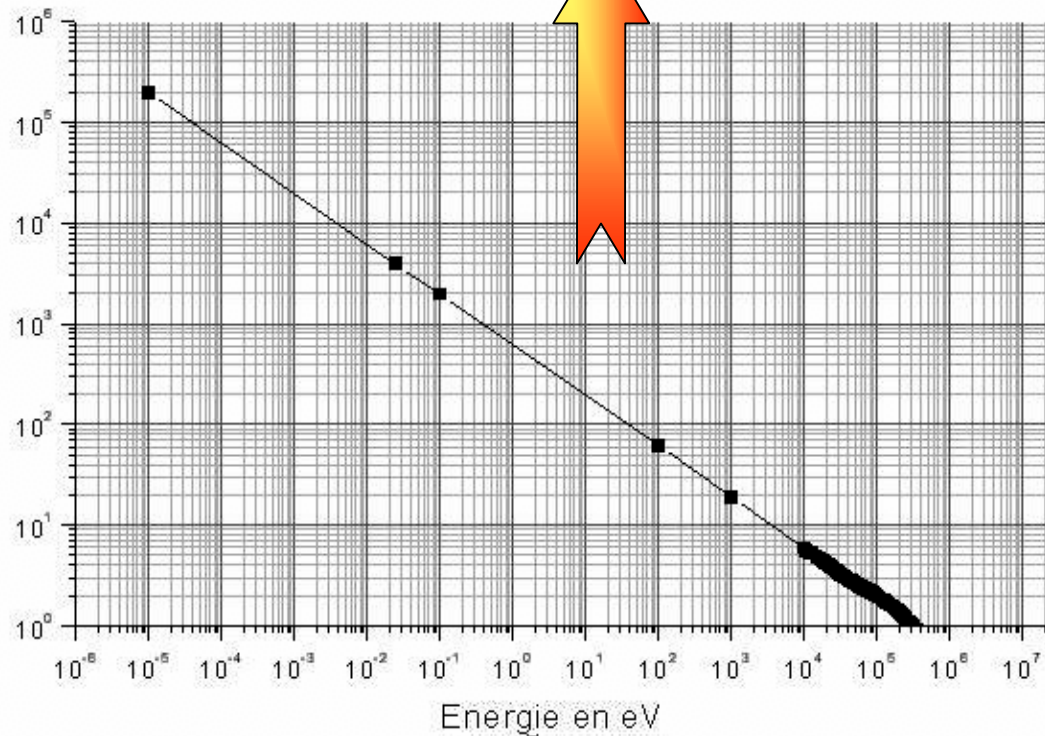
Interaction → dépôt d'énergie de 2.3 MeV  
sur 12 μm  
gain de 60 décibels

Réaction souhaitée

$$\langle E_n \rangle \sim 10^{-2} \text{eV}$$



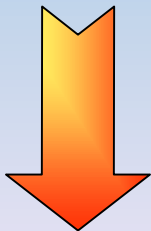
Section efficace simulée par le code ENDF  
exprimée en barn



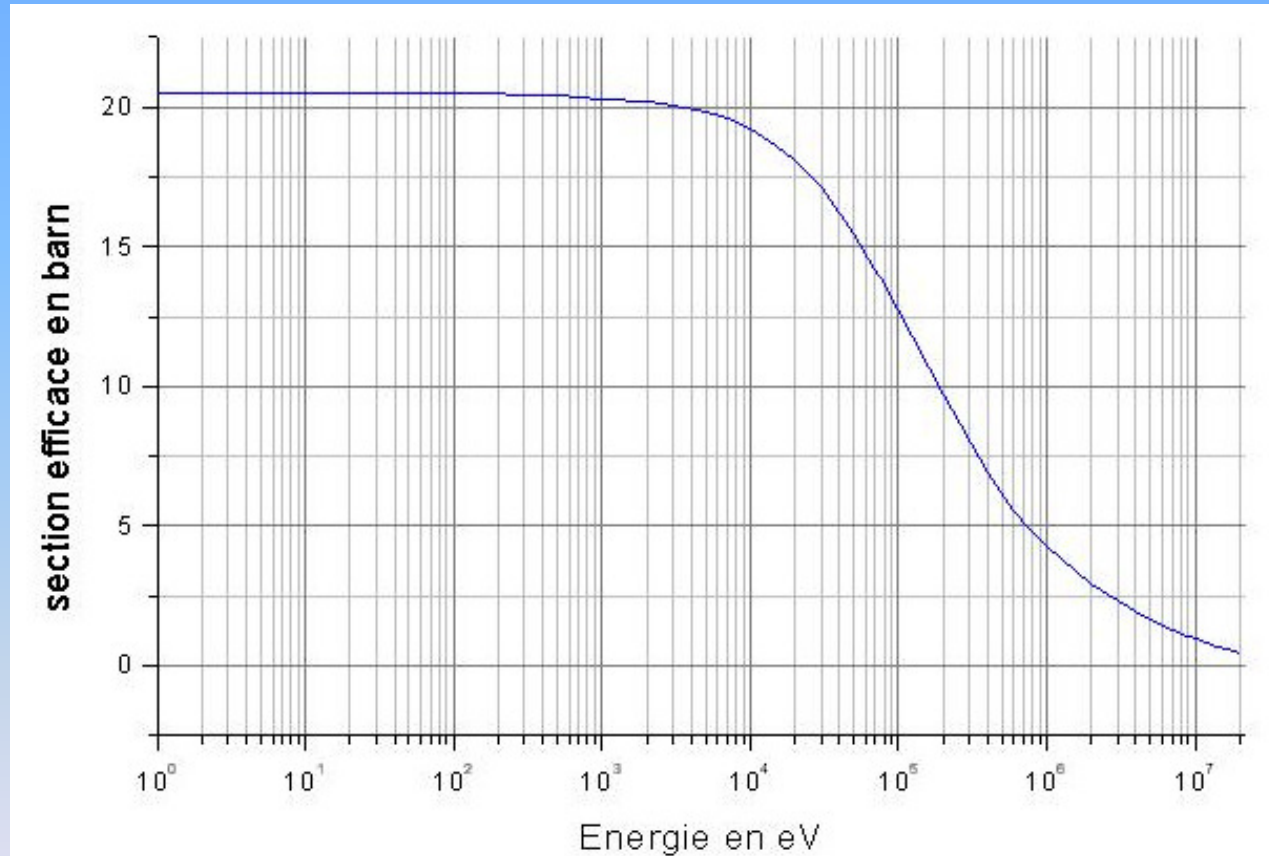
# Conditionnement des dosimètres

Dépôt de dose par  
proton de recul issu  
de chocs élastiques

- $M_{\text{proton}} \sim M_{\text{neutron}}$
- isotropie

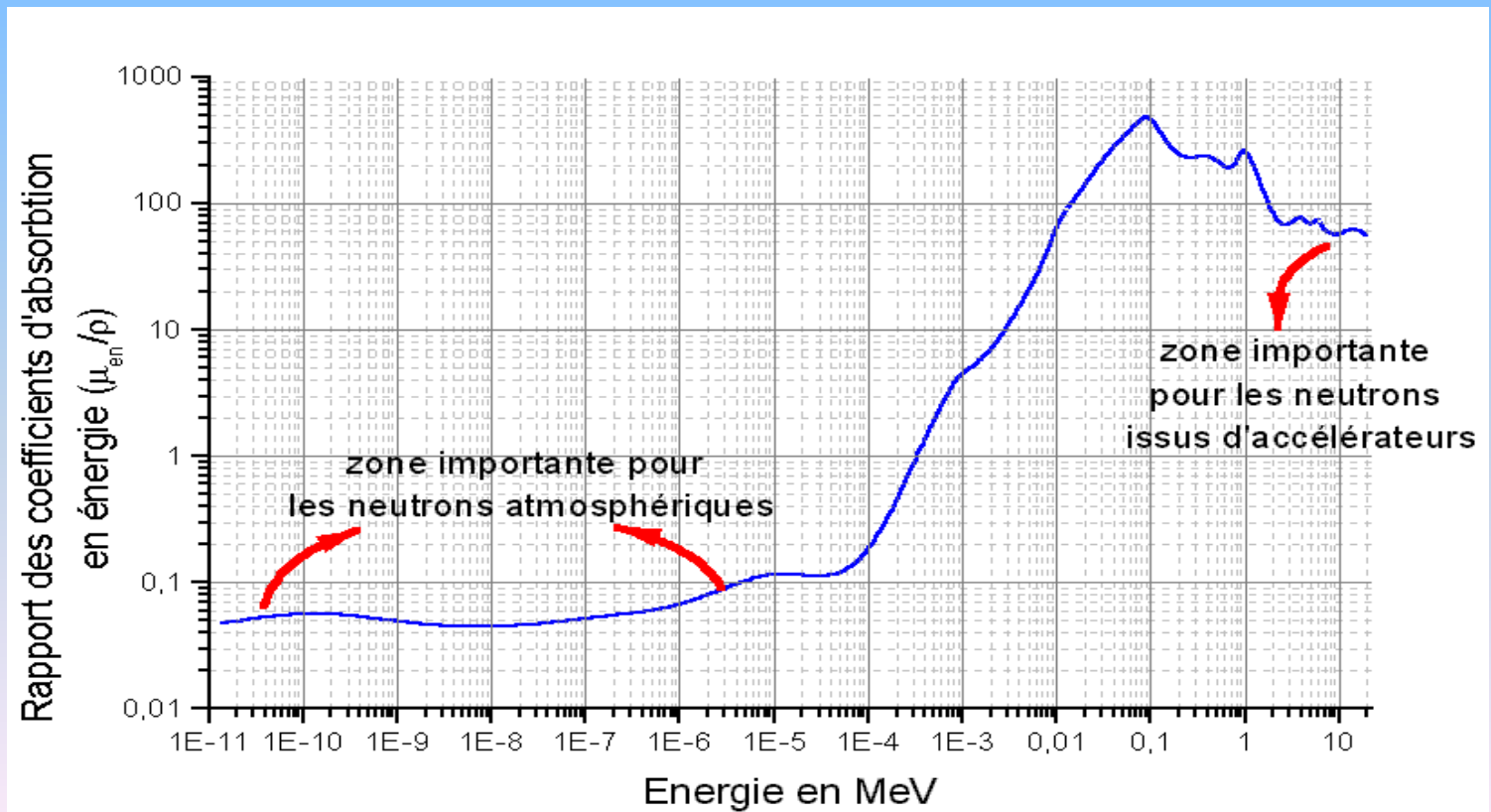
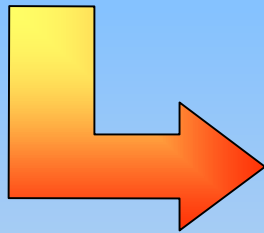


$$\langle E_{\text{recul}}^{\text{labo}} \rangle_{\Omega} \approx \frac{\iint E_{\text{initial}}^{\text{labo}} \cdot \cos^2(\theta_{CM} / 2) \cdot d\Omega_{CM}}{\iint d\Omega_{CM}} \approx E_{\text{initial}}^{\text{labo}} / 2$$

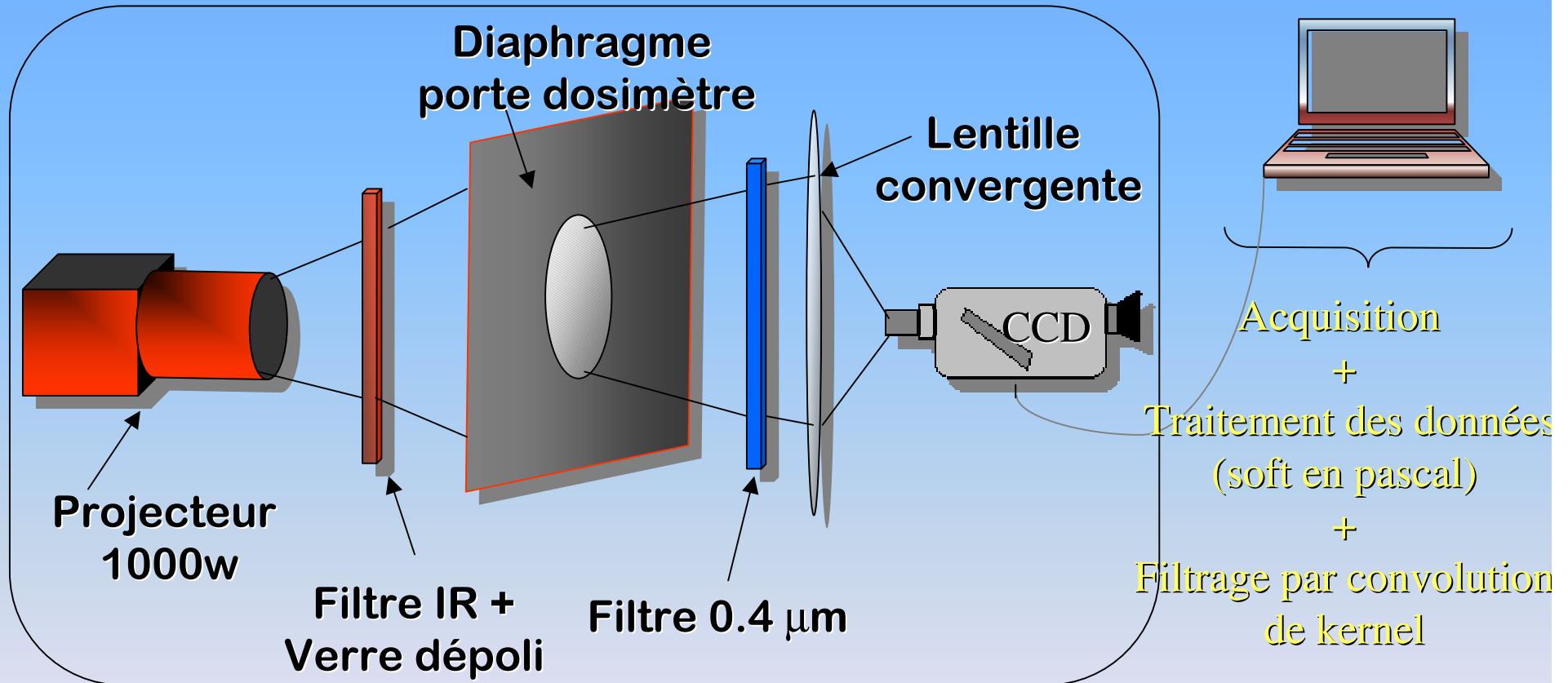


# Transposition de la dose dans le dosimètre à la dose dans les tissus

$$dD_{SrS:B}^{tissus} = \left( \frac{\rho \cdot x}{m} \right)_{SrS:B+liant}^{tissus} \cdot \left( \frac{d^3 N}{dE \cdot dt \cdot dS} \right) \cdot E \cdot \left( \frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{SrS:B+liant}^{tissus} \cdot dE \cdot t \cdot S$$



# Processus de lecture



**Caisson d'étanchéité ventilé**

# Choix du dosimètre

**Dosimètre** →

1.5%  
SrS:Ce,Sm,B + Polyéthylène (ou bolus)  
quelques ppm  
30% 70%

**Protocole  
de fabrication** →

- Frittage du  $B_2O_3$
- Mixage, tamisage et dilution du liant
- Moule aux parois anti-adhérentes
- Chauffage sous pression du mélange

# Comparaison des dosimètres

## o Étude TL



Influence du recuit, de la nature  
et de la concentration du dopage

## o Tests d'homogénéité → Après une irradiation de gradient nul

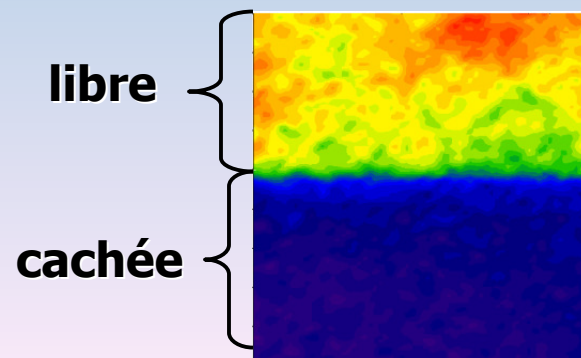
Étude des variances →  $\sigma^2 = \langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2 \Rightarrow \text{Std.Dev.} = \sigma = \sqrt{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_n (I_n - \langle I \rangle)^2}$

Fit des histogrammes →  $f(x) = f_0 \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$  où  $\sigma$  est l'écart type

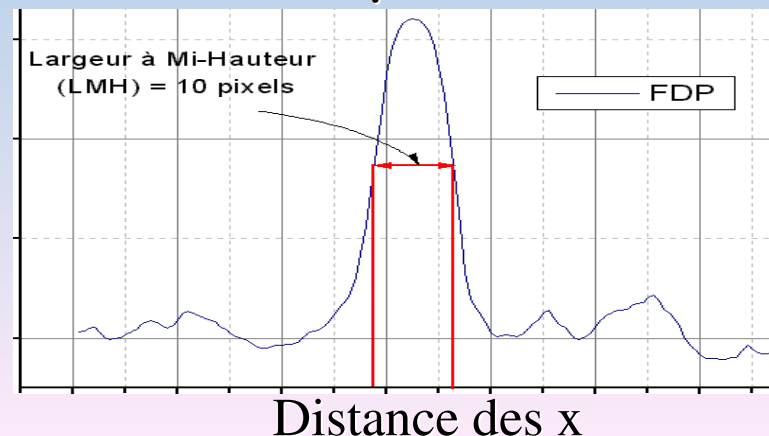
## o Tests de résolution



## Fonction Dispersion Ponctuelle



Intensité du pixel





# Étude du faisceau IRRAD-2

## Nature du faisceau :

- Qualité → Neutrons propres
- Flux →  $10^9 \text{n/s/cm}^2$
- Spectre → Continu ciblé sur 0.1 MeV
- Dose → 5 Gy
- DSP → 85 cm
- Position de la cible → Décalé de l'axe protonique

## Mode de validation de bons dosimètres :

- Étalonnage aux  $\gamma$  de 1 MeV
- Étude de la perte de signal (*fading*)
- Élaboration de coefficients qui rendent compte de la sensibilité relative de nos matériaux



**Optimisation de la dosimétrie des neutrons**





# CONCLUSION

**DOSIMETRIE**

- Nos dosimètres sont sensibles aux neutrons de 1 MeV



**Nécessité de validation pour les autres énergies**

**CARTOGRAPHIE**

- Possibilité d'effectuer des profils dosimétriques



**Travaux sur le bruit, la résolution,  
le traitement numérique et  
la miniaturisation de l'appareillage**