

# Recherche d'effets caractérisant une violation de la symétrie en temps lors de la décroissance radioactive du neutron libre

(Search for time reversal violating effect in the decay of free neutron)

**Pierre Gorel**

(Journées Jeunes Chercheurs) 2003)



KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**



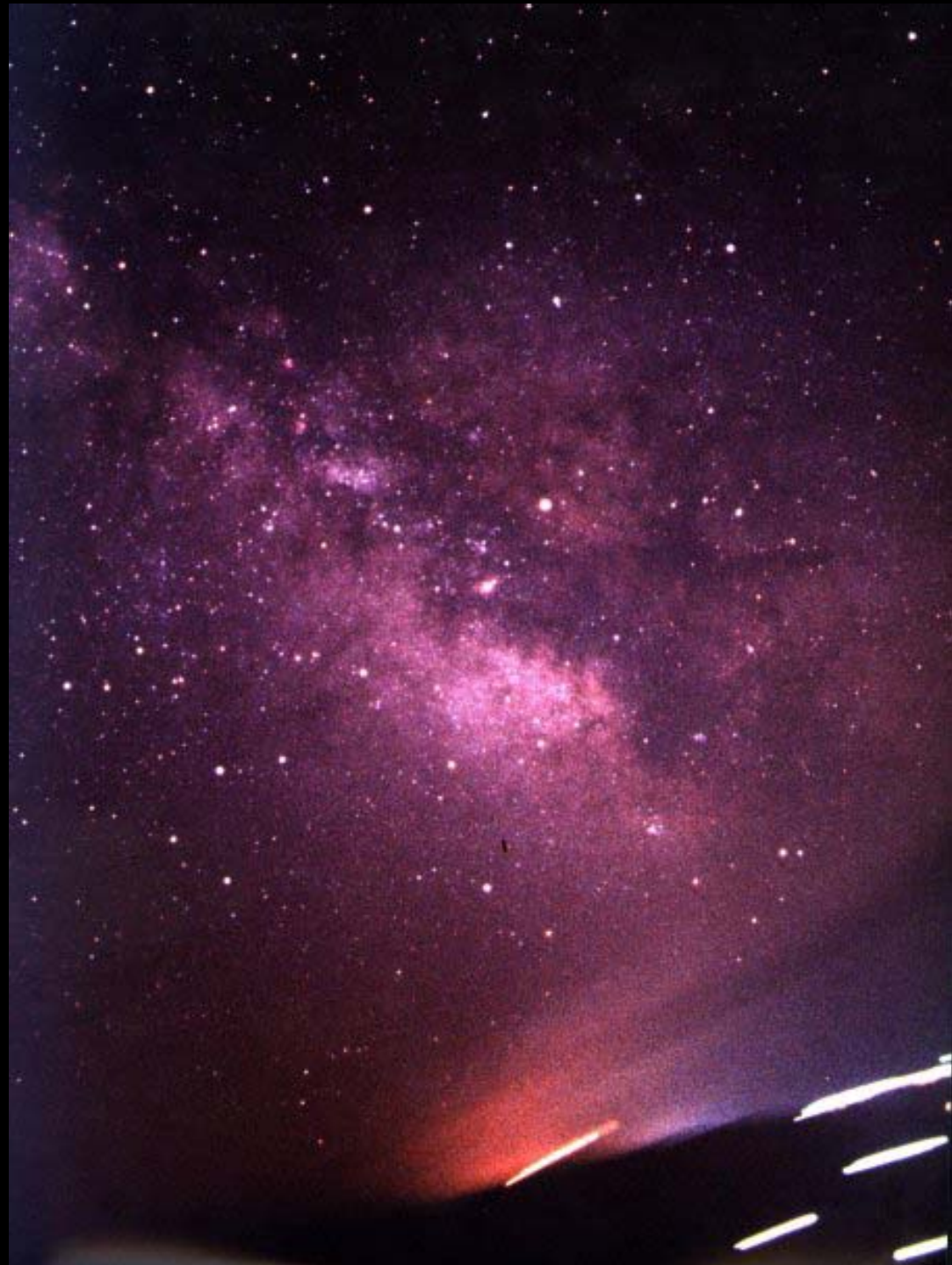
# Petite précision...

- Transformation C : inverse les charges
- Transformation P : inverse l'espace
- Transformation T : inverse le temps

Motivation

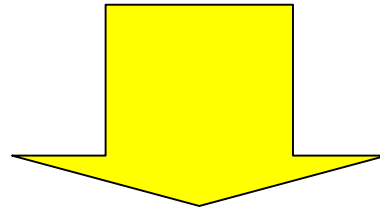
Principe de conservation  
(théorème CPT)

VS



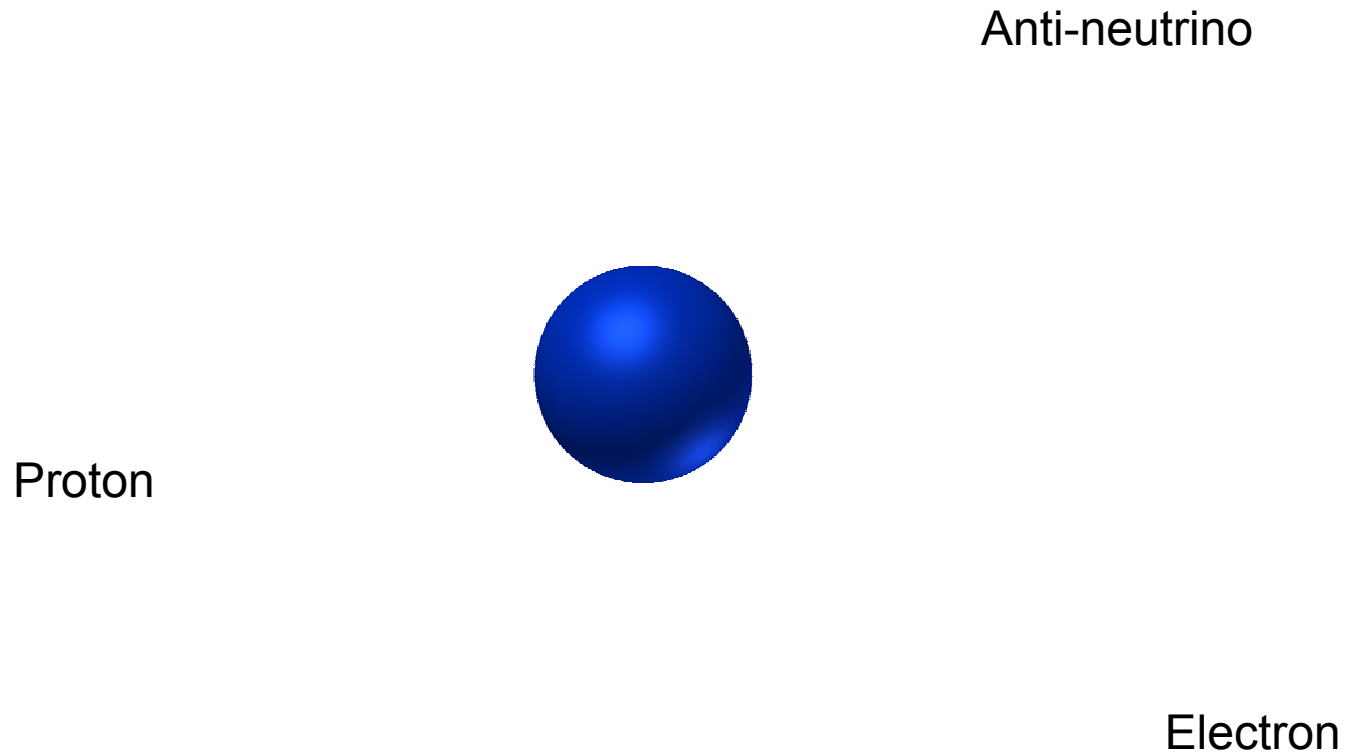
# Motivation

Violations de la symétrie CP connues trop faibles pour expliquer le surplus de matière  
(7-9 ordres de grandeurs)

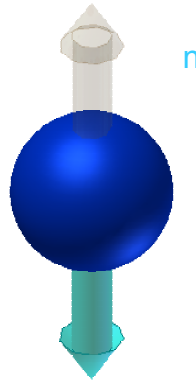
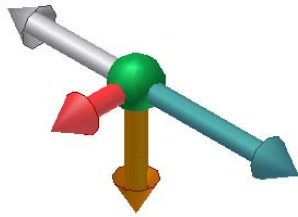


**LA CHASSE EST TOUJOURS OUVERTE !!!**

# Décroissance $\beta$ du neutron

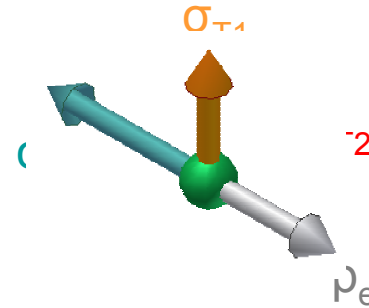


# ... avec les vecteurs



$J_n$  Spin du neutron

$p_e$  Quantité de mouvement de l'électron



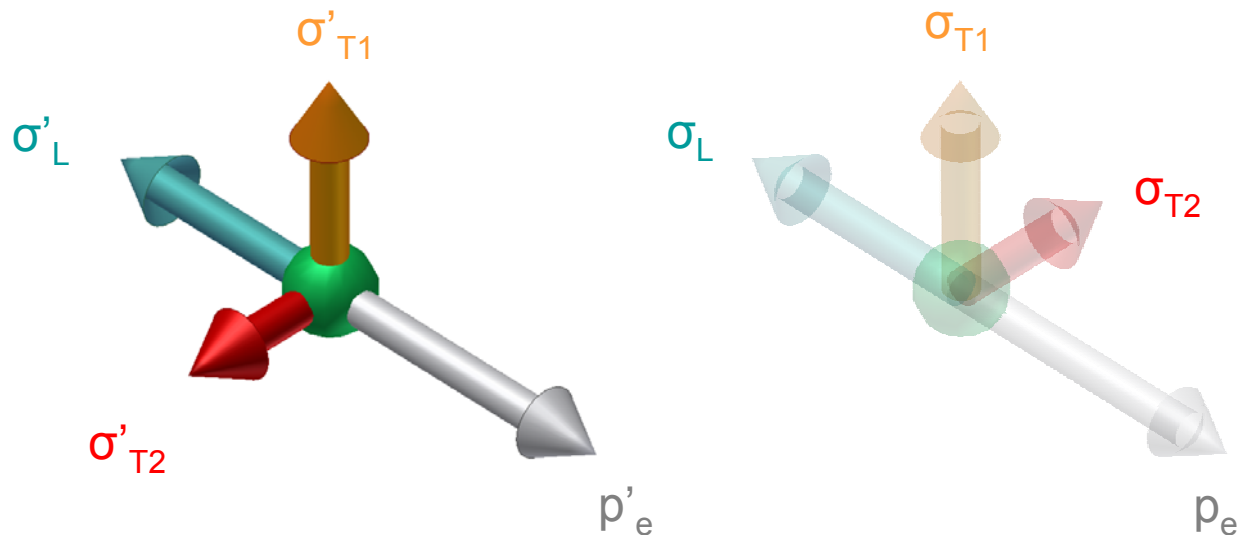
Spin de l'électron :

$\sigma_L$  composante longitudinale

$\sigma_{T1}$  première composante transversale

$\sigma_{T2}$  deuxième composante transversale

# Vecteurs concernant l'électron



**Si  $\sigma_{T2} \neq 0 \rightarrow$  violation de la symétrie en temps !**



# Quelques formules...

Taux de décroissance :

$$W \propto (1 + a \frac{\vec{p}_e \cdot \vec{p}_{\nu_e}}{E_e E_{\nu_e}} + A \frac{\vec{J}_n \cdot \vec{p}_e}{E_e} + B \frac{\vec{J}_n \cdot \vec{p}_{\nu_e}}{E_{\nu_e}} + R \frac{\vec{J}_n \cdot (\vec{p}_e \times \vec{\sigma})}{E_e} + N \text{ [red] [magenta]} + \dots)$$

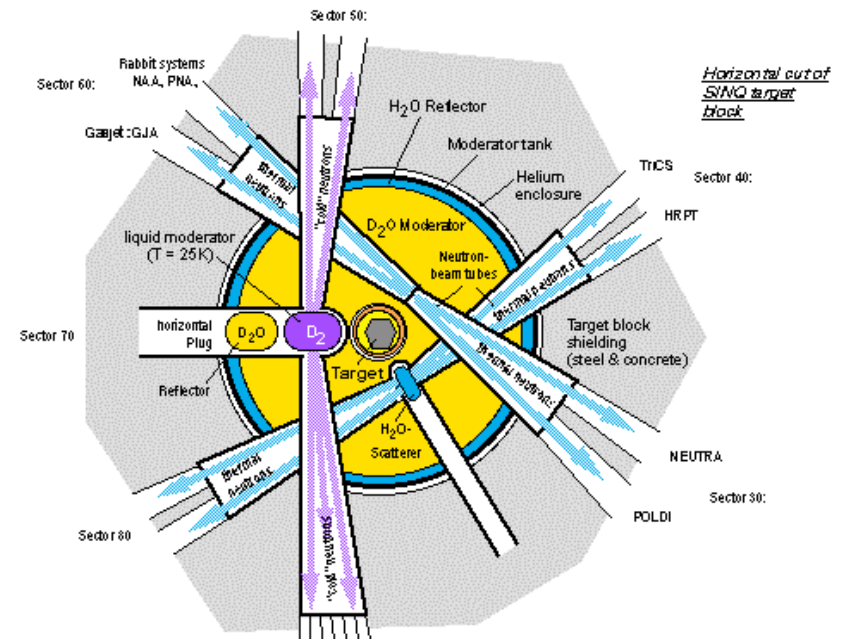
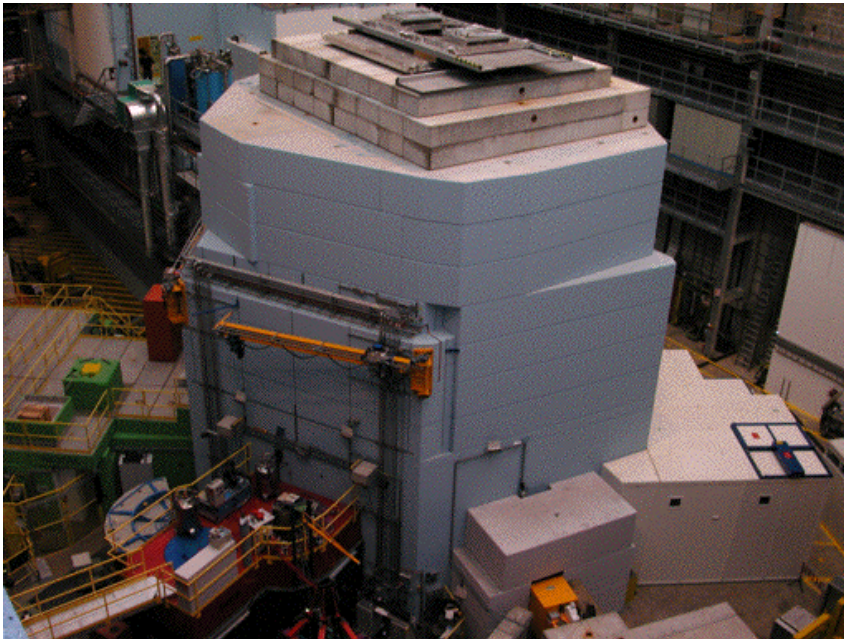
Triple produit soumis à la symétrie en temps :

$$R \frac{\vec{J}_n \cdot (\vec{p}_e \times \vec{\sigma})}{E_e} = R \frac{\text{[red]} \cdot (\text{[blue]} \times \text{[green]})}{E_e}$$

**Si  $R \neq 0 \rightarrow$  violation de la symétrie en temps !**

De quoi avons nous besoin ?

# Une source de neutrons ...



Sector 10: to neutron guides in neutron guide hall

H. Heyck/98

# Neutrons chauds, tièdes...

- Neutrons rapides :  $E > 1\text{MeV}$
- Neutrons lents :  $E < 1\text{eV}$
- Neutrons thermiques  $E \sim 0,025\text{eV}$

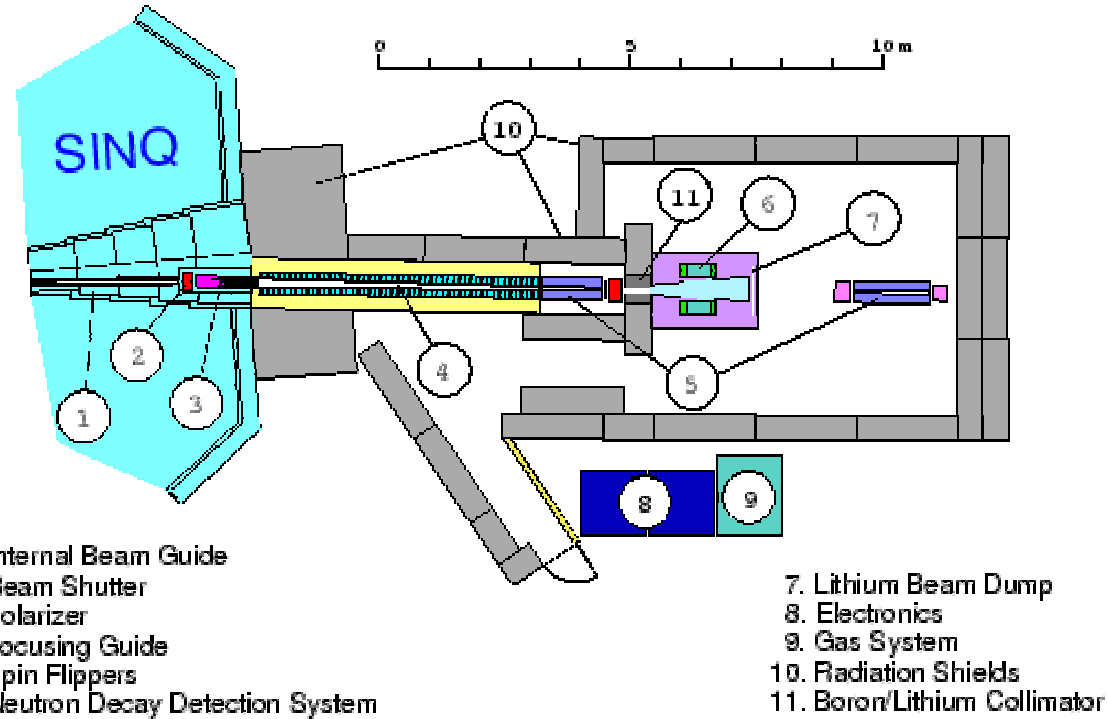
# ...et froids

- Energie :  $5 \cdot 10^{-5} \text{eV} - 0,025 \text{eV}$

Longueur d'onde comparable aux distances interatomiques

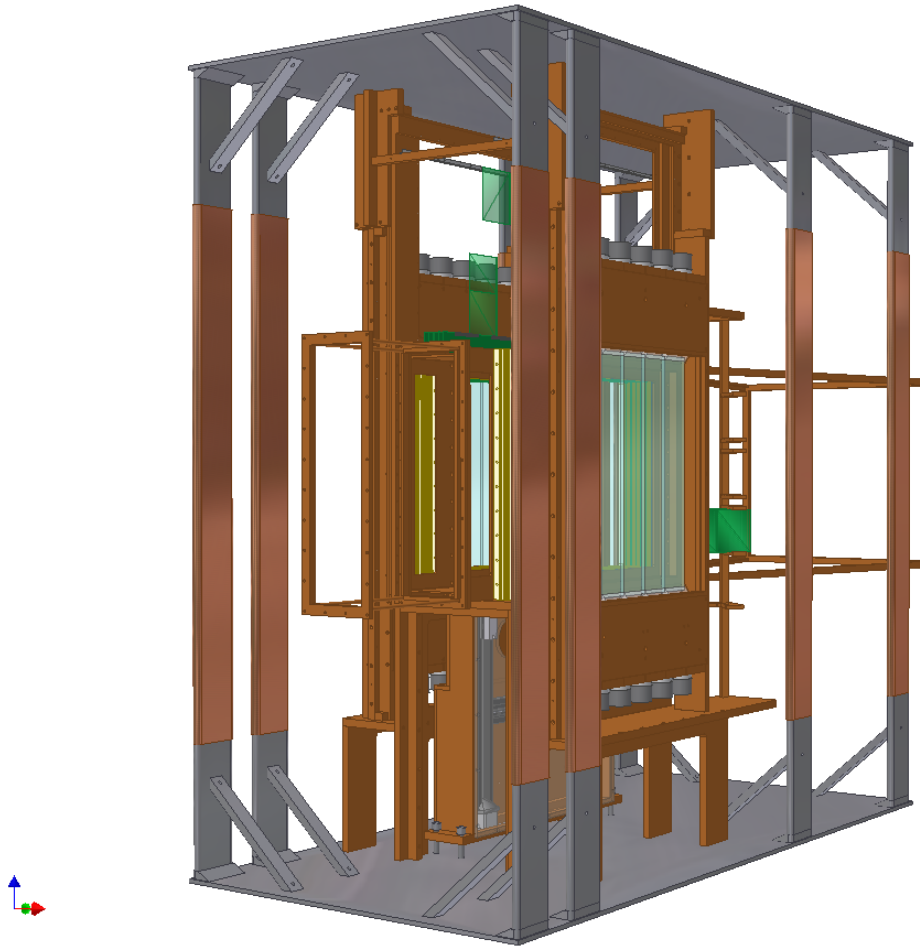
- Réflexion sur certains matériaux
- Guidage et polarisation possibles

# ... un polariseur...



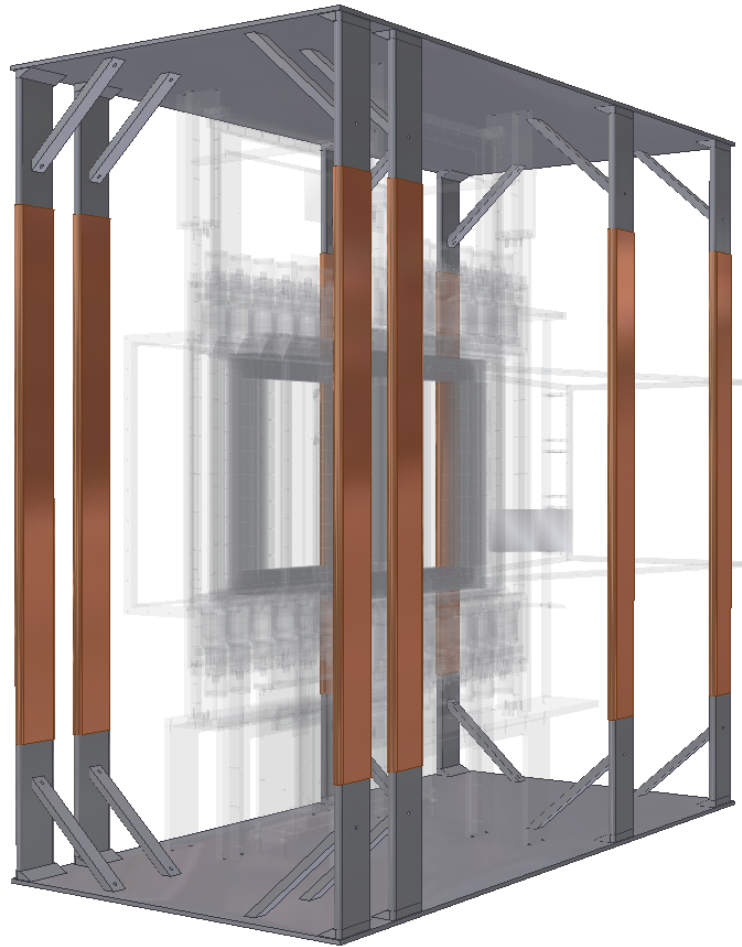
→ Spin du neutron

..., et “un” détecteur



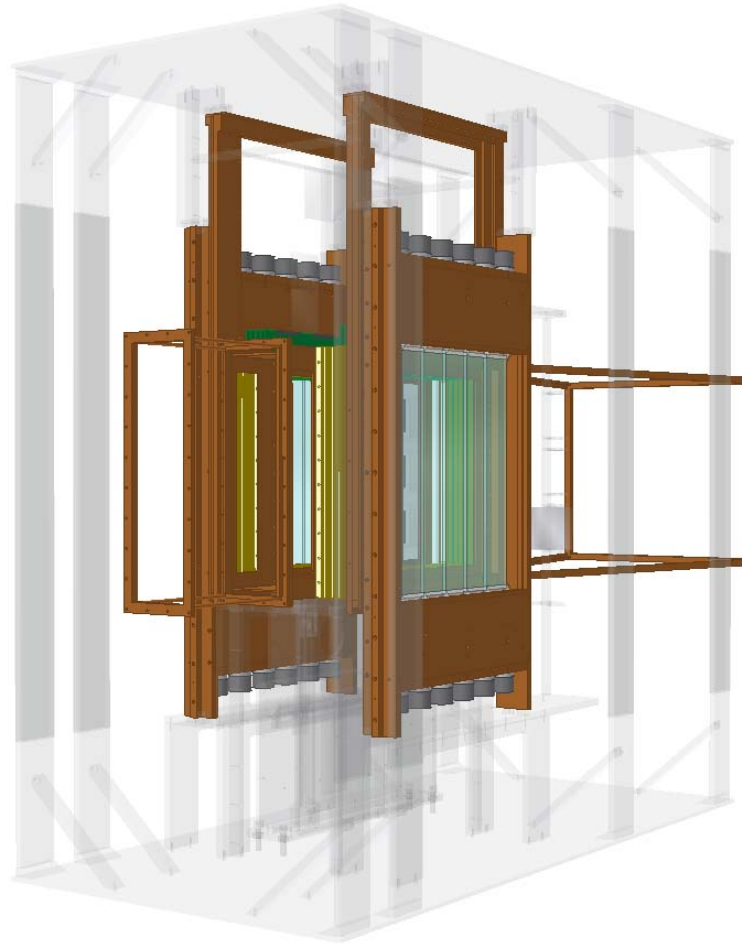
→ Spin et quantité de mouvement de l'électron

# La structure magnétique

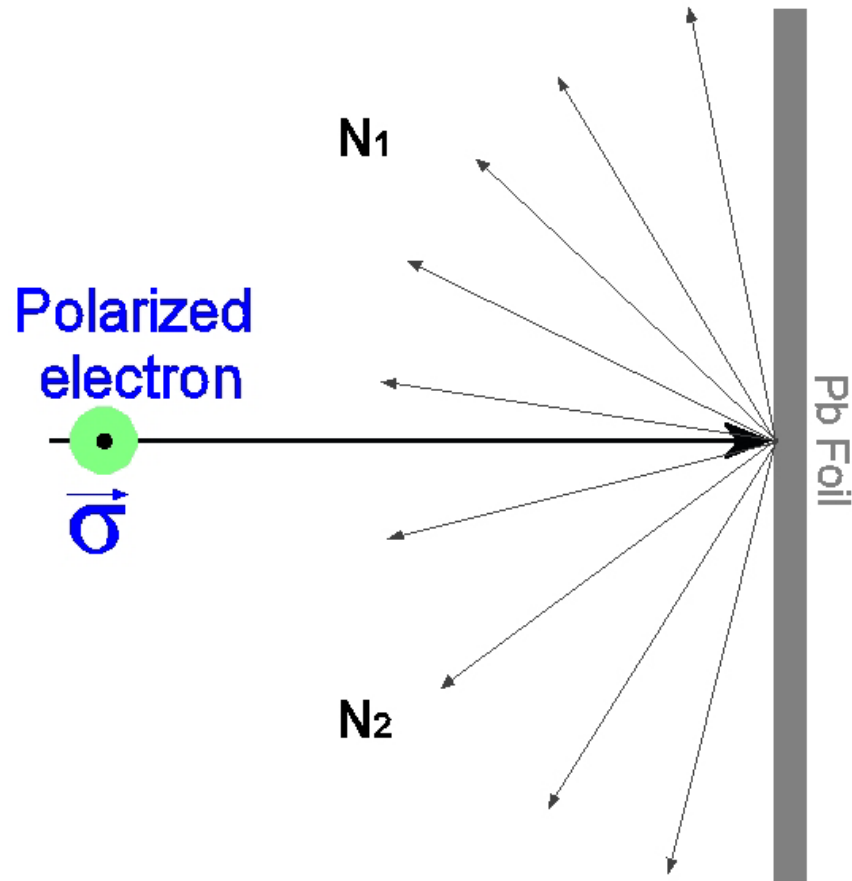




# La partie active

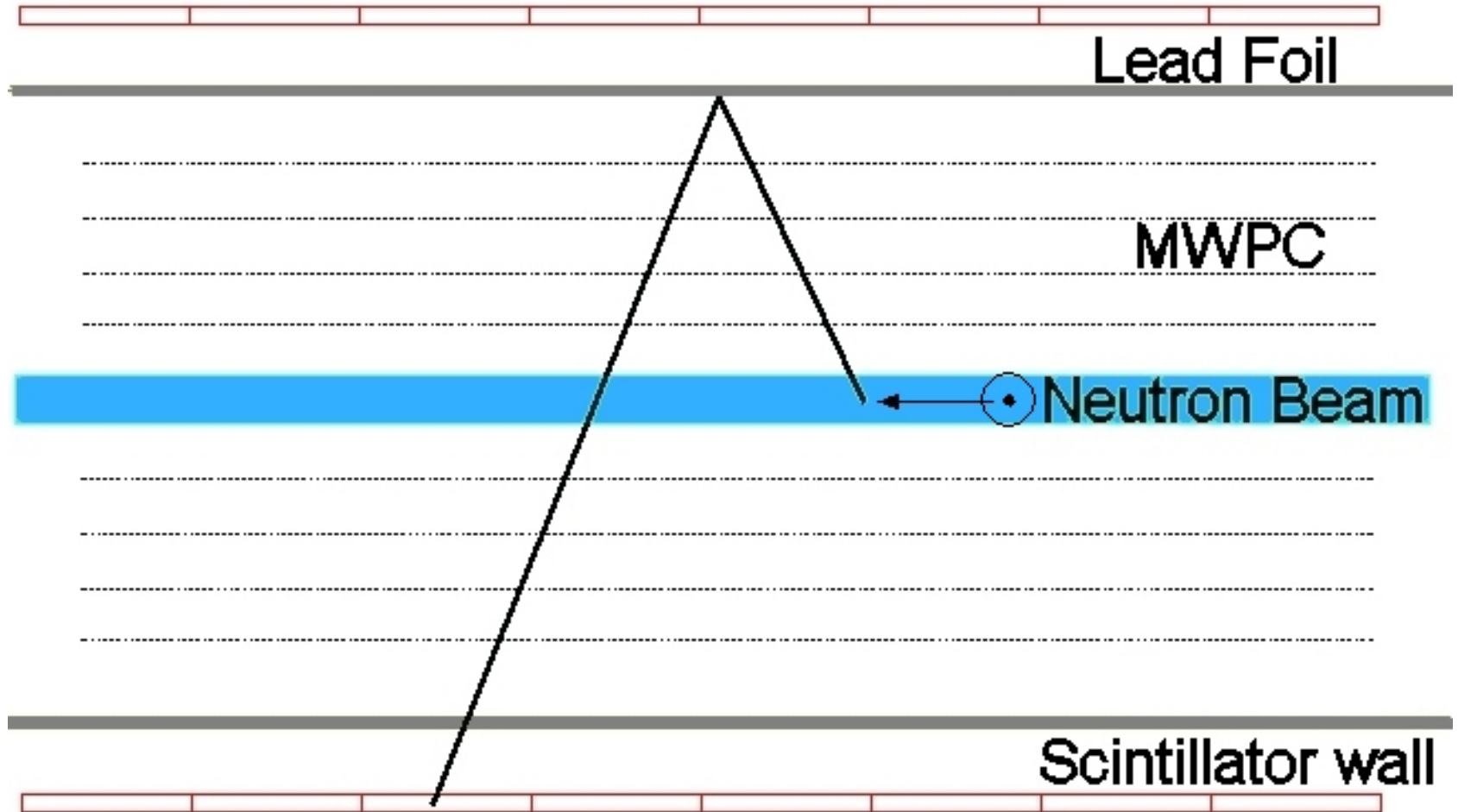


# Deviation de Mott



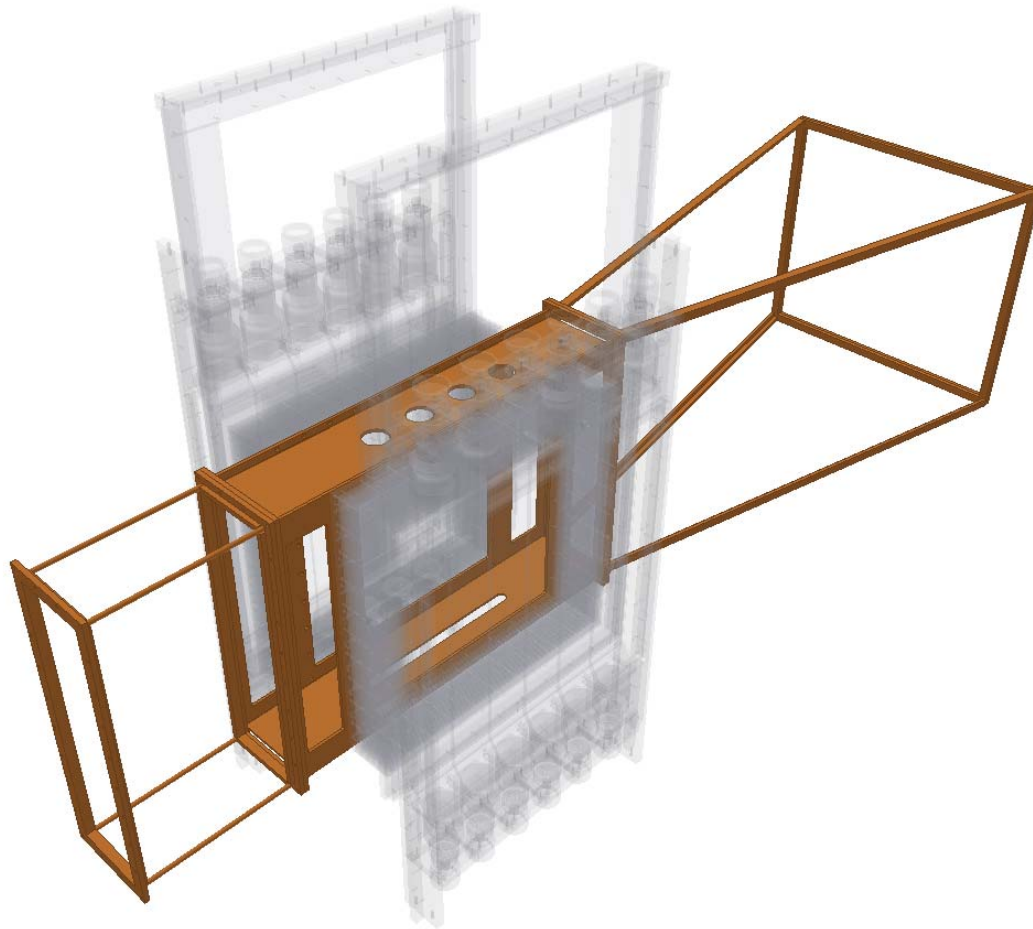
L'asymétrie  $N_1/N_2$  permet de connaître la polarisation verticale de l'électron

# Principe de la mesure :

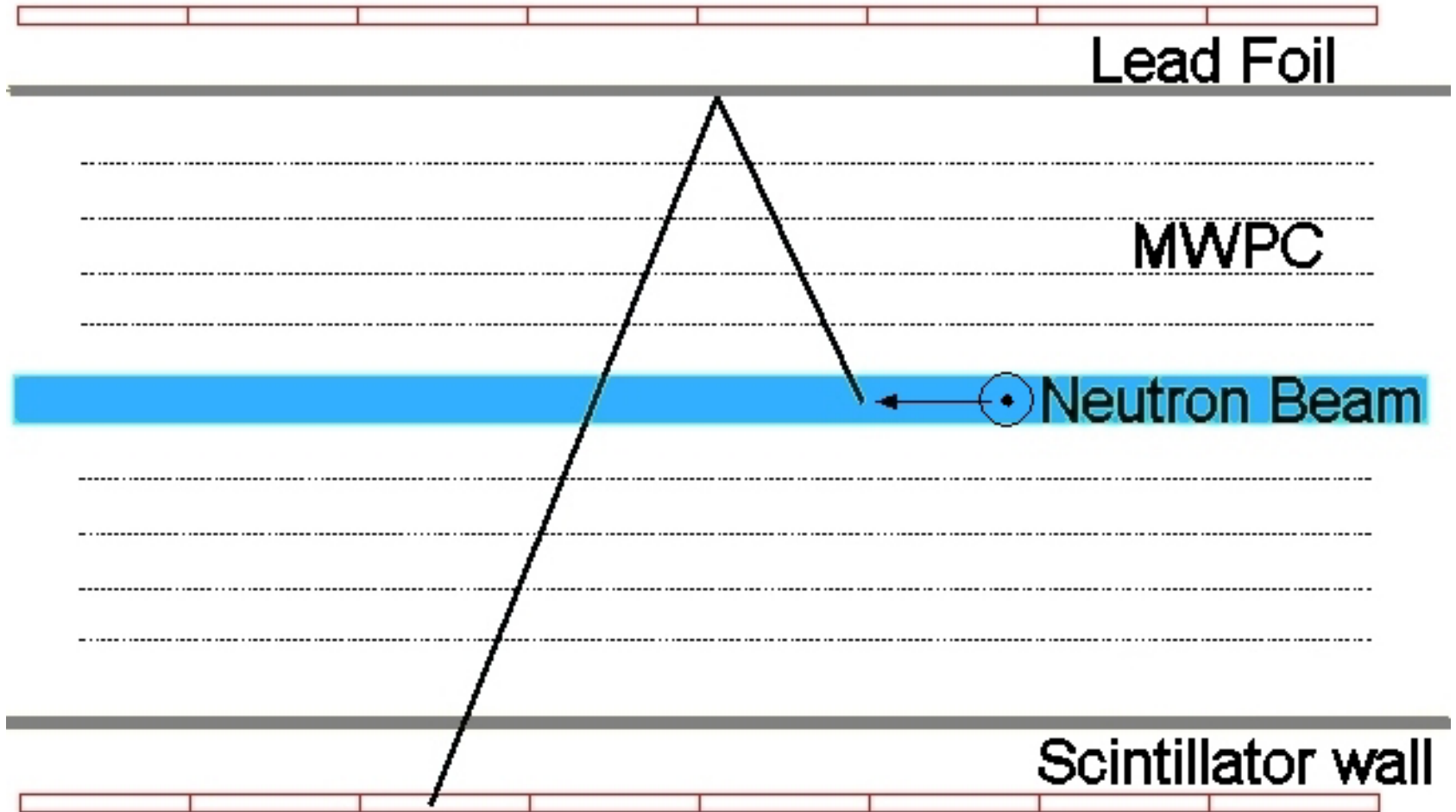


Les neutrons polarisés se désintègrent...

# Une enceinte remplie d'Helium

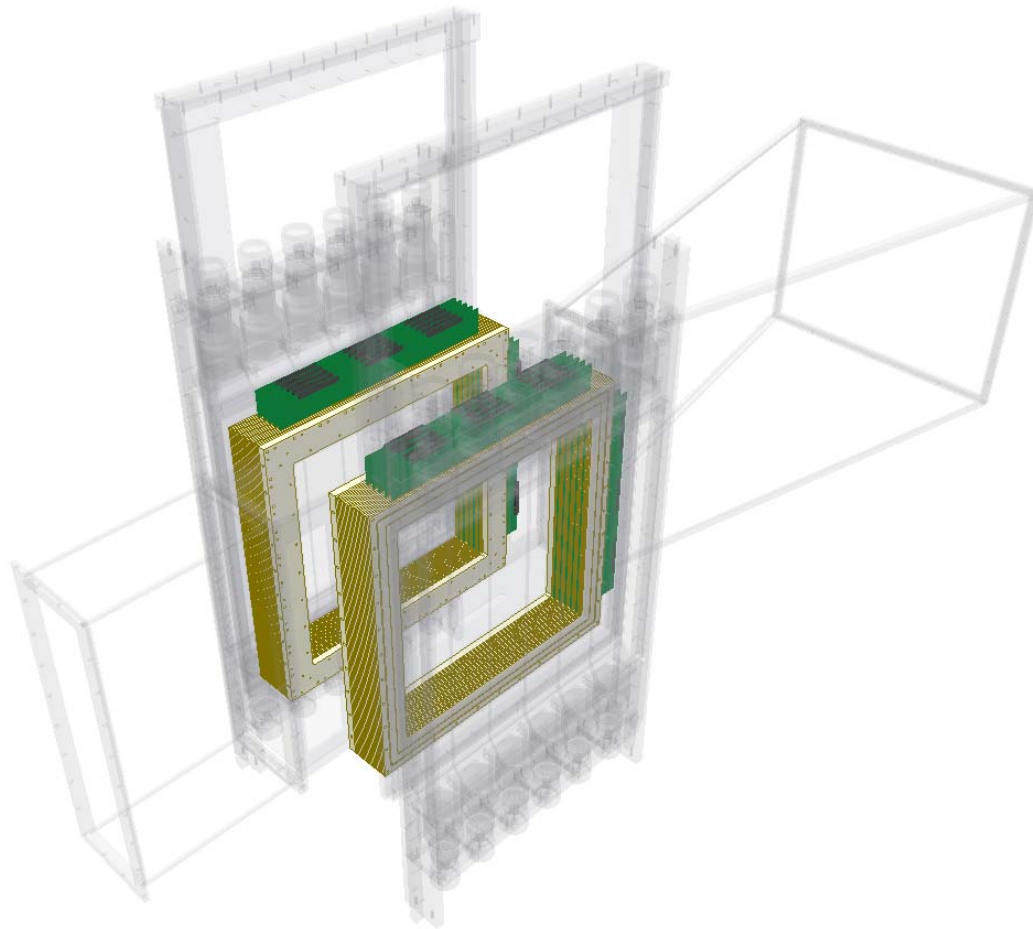


# Principe de la mesure :

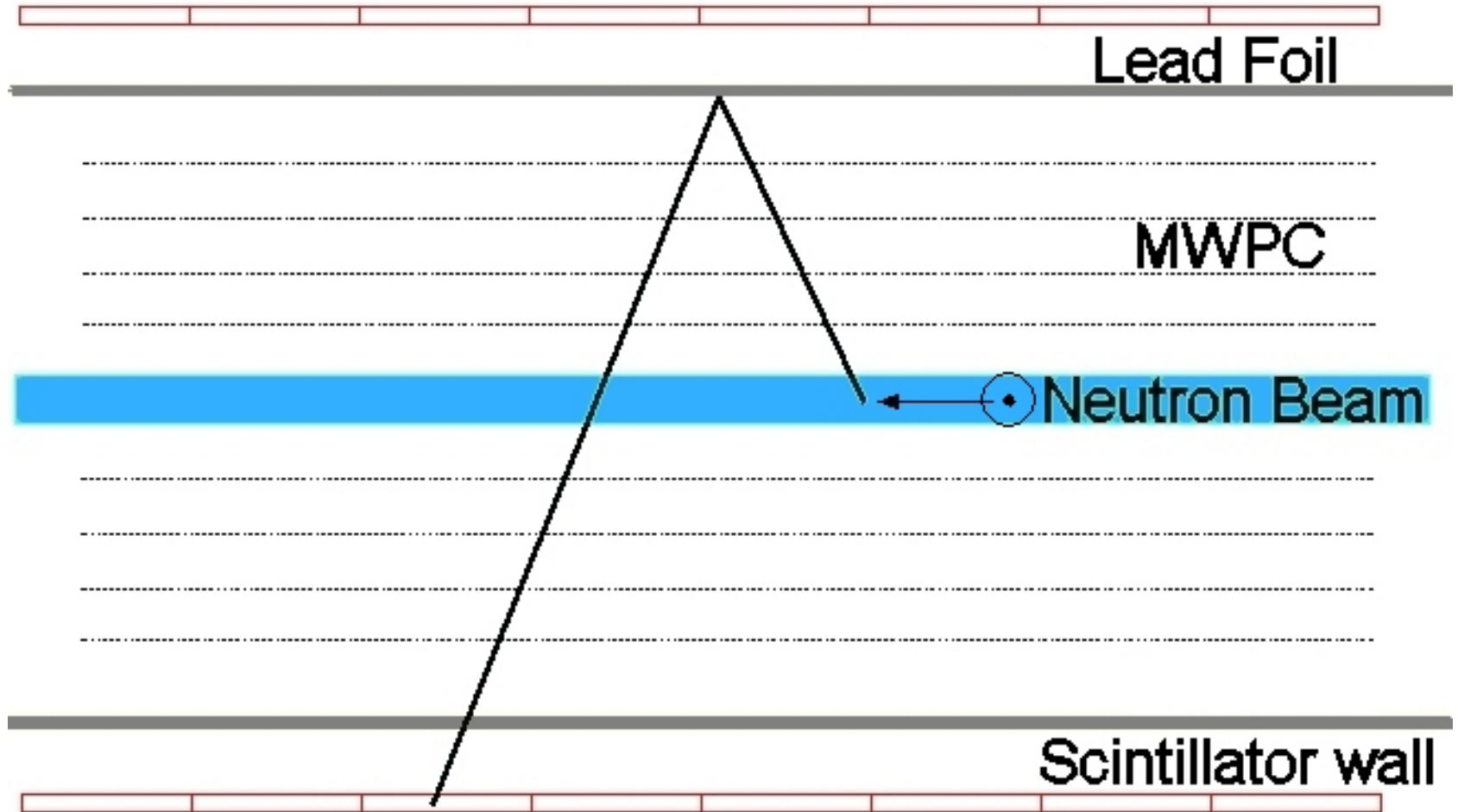


...les électrons sont détectés par la chambre à fils...

# Les chambre à fils



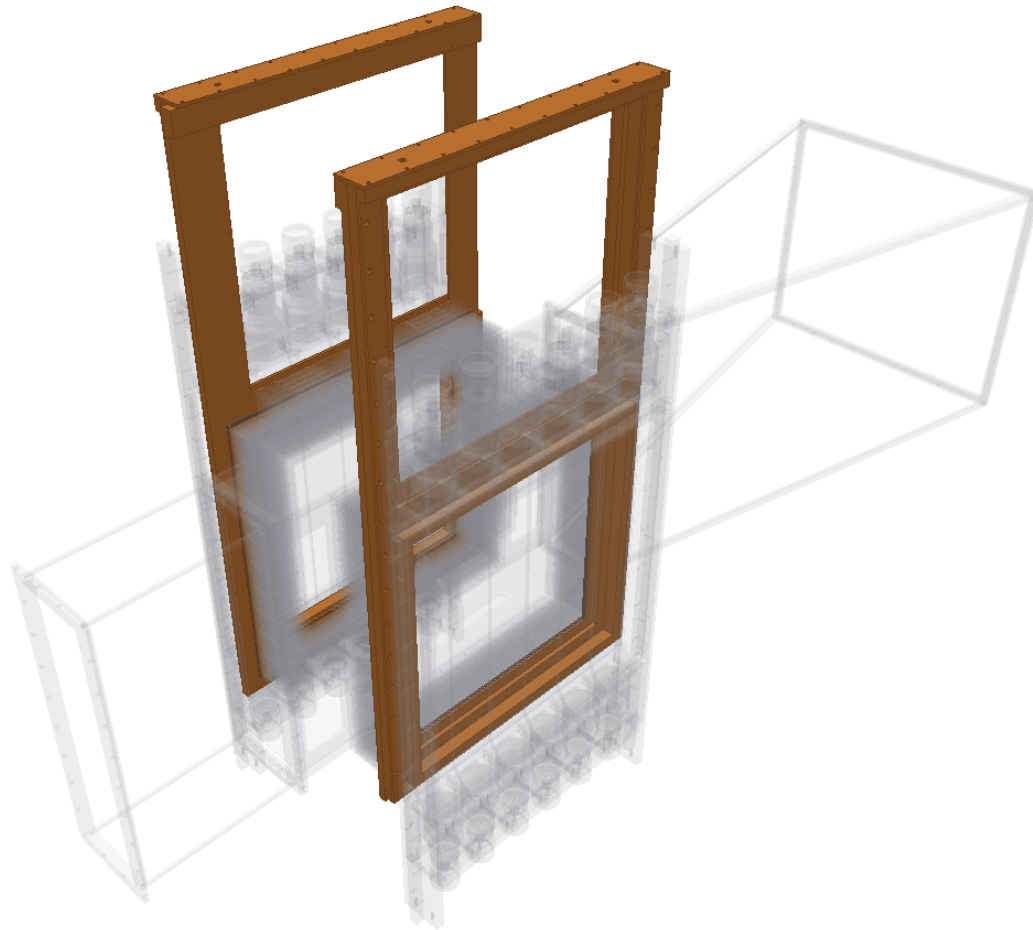
# Principe de la mesure :



... ils rebondissent sur la feuille de plomb...

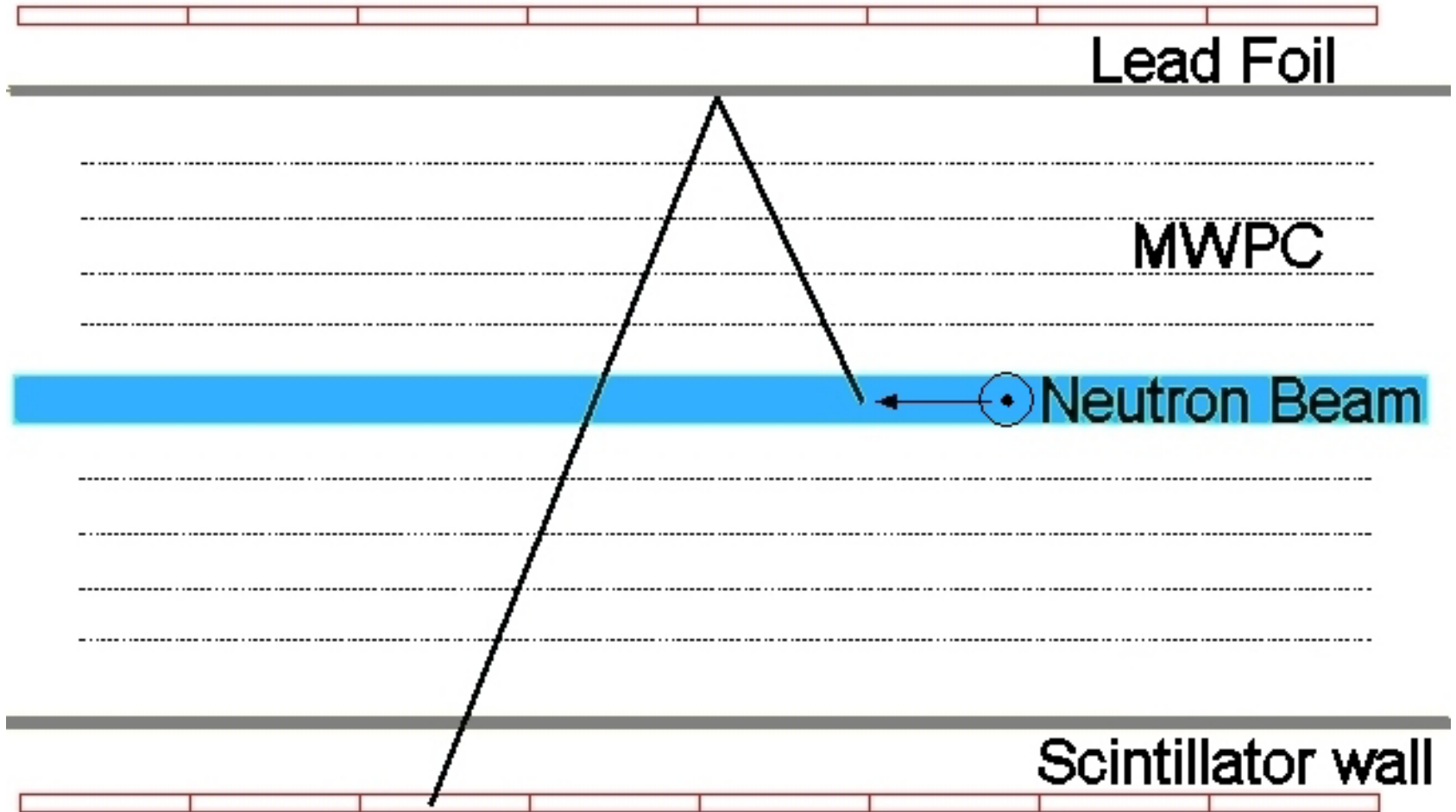
→ mesure de la polarisation

# Les “feuilles de Plomb”





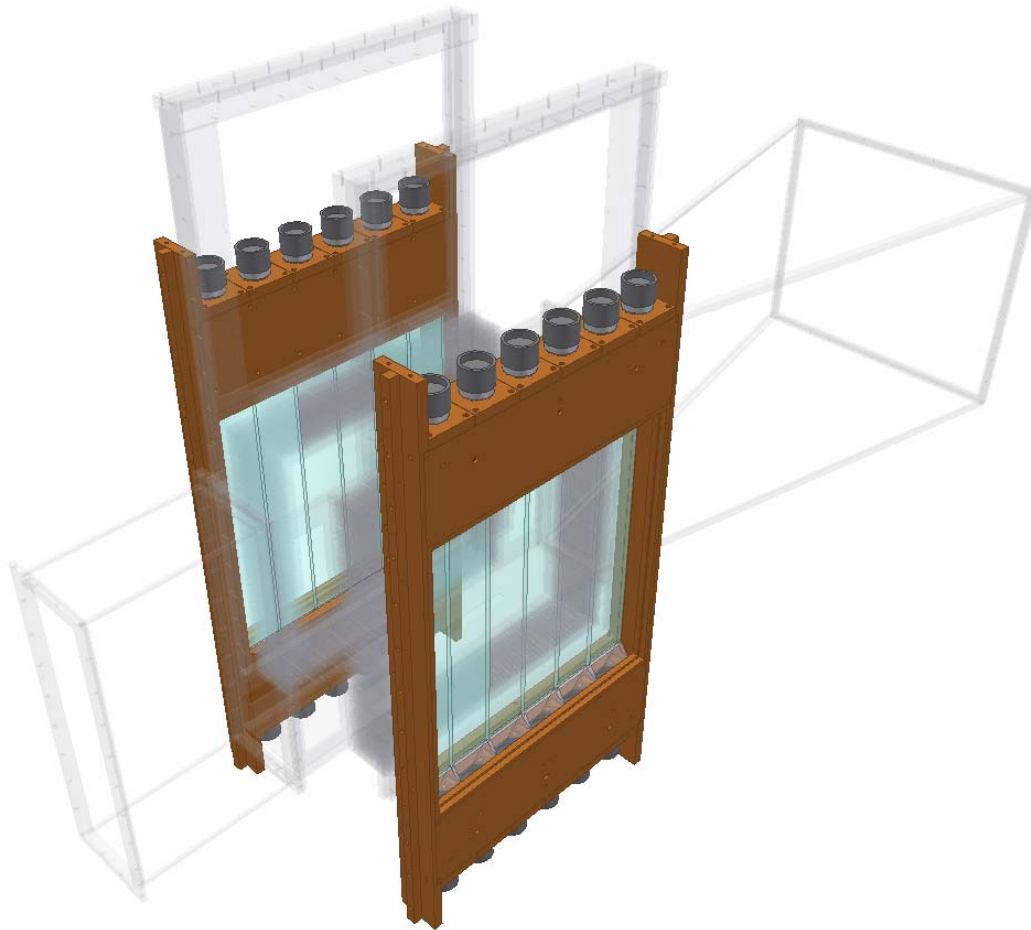
# Principe de la mesure :



...et sont arrêtés dans les scintillateurs.

→ on connaît leur énergie

# Les scintillateurs



# Recapitulatif

- Faisceau de neutron polarise

➤  $J_n$

- Chambres à fils et scintillateurs

➤  $p_e$

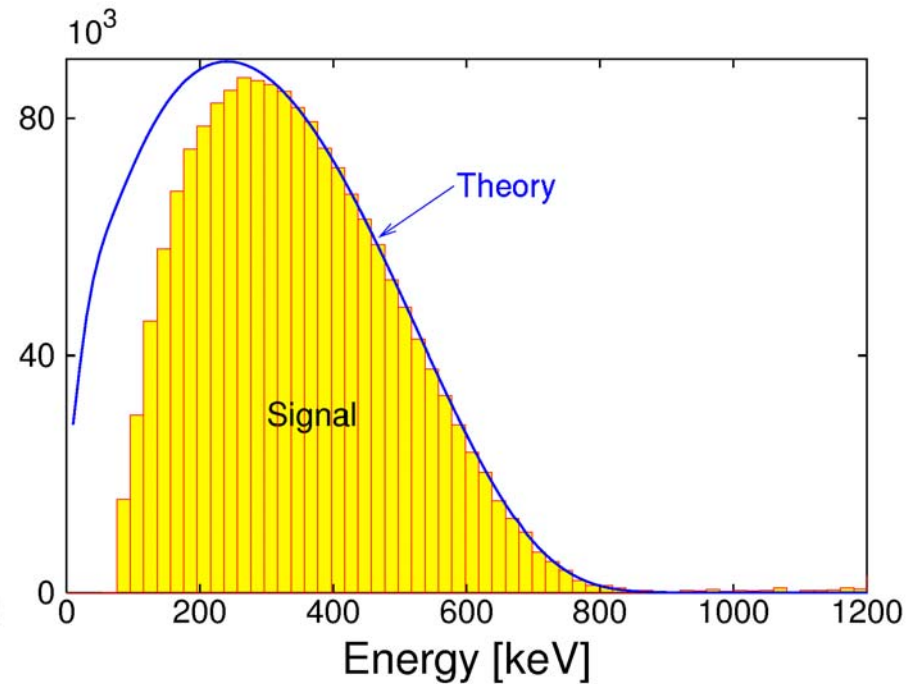
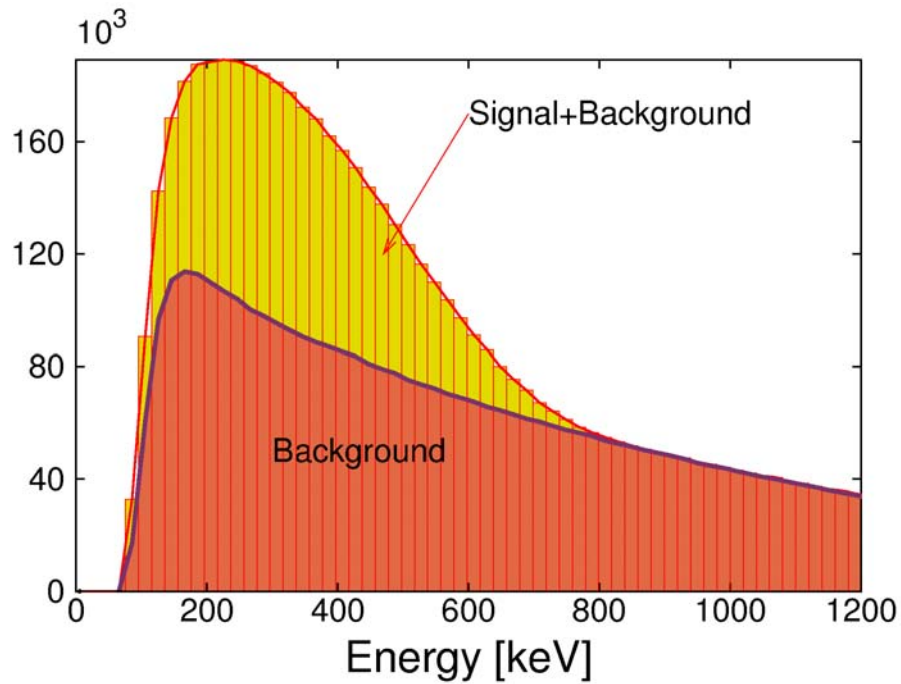
- Déviation de Mott

➤  $\sigma_{T2}$  et  $\sigma_{T1}$

Précision recherchée pour R : 0,5% pour trois mois de mesures

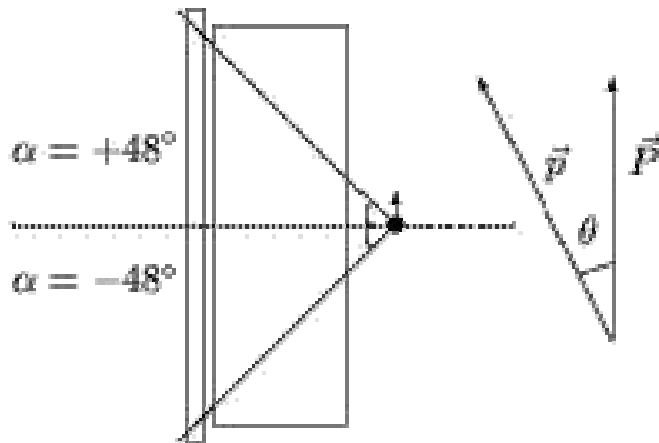
Premiers résultats...

# Spectre en énergie des électrons



# Paramètre A

$$W \propto (1 + a \frac{\vec{p}_e \cdot \vec{p}_{\nu_e}}{E_e E_{\nu_e}} + \text{[Yellow Box]} + B \frac{\vec{J}_n \cdot \vec{p}_{\nu_e}}{E_{\nu_e}} + R \frac{\vec{J}_n \cdot (\vec{p}_e \times \vec{\sigma})}{E_e} + N \vec{J}_n \cdot \vec{\sigma} + \dots)$$



$$A \frac{\vec{J}_n \cdot \vec{p}_e}{E_e} = A \frac{J_n \cdot p_e}{E_e} \cos\theta$$

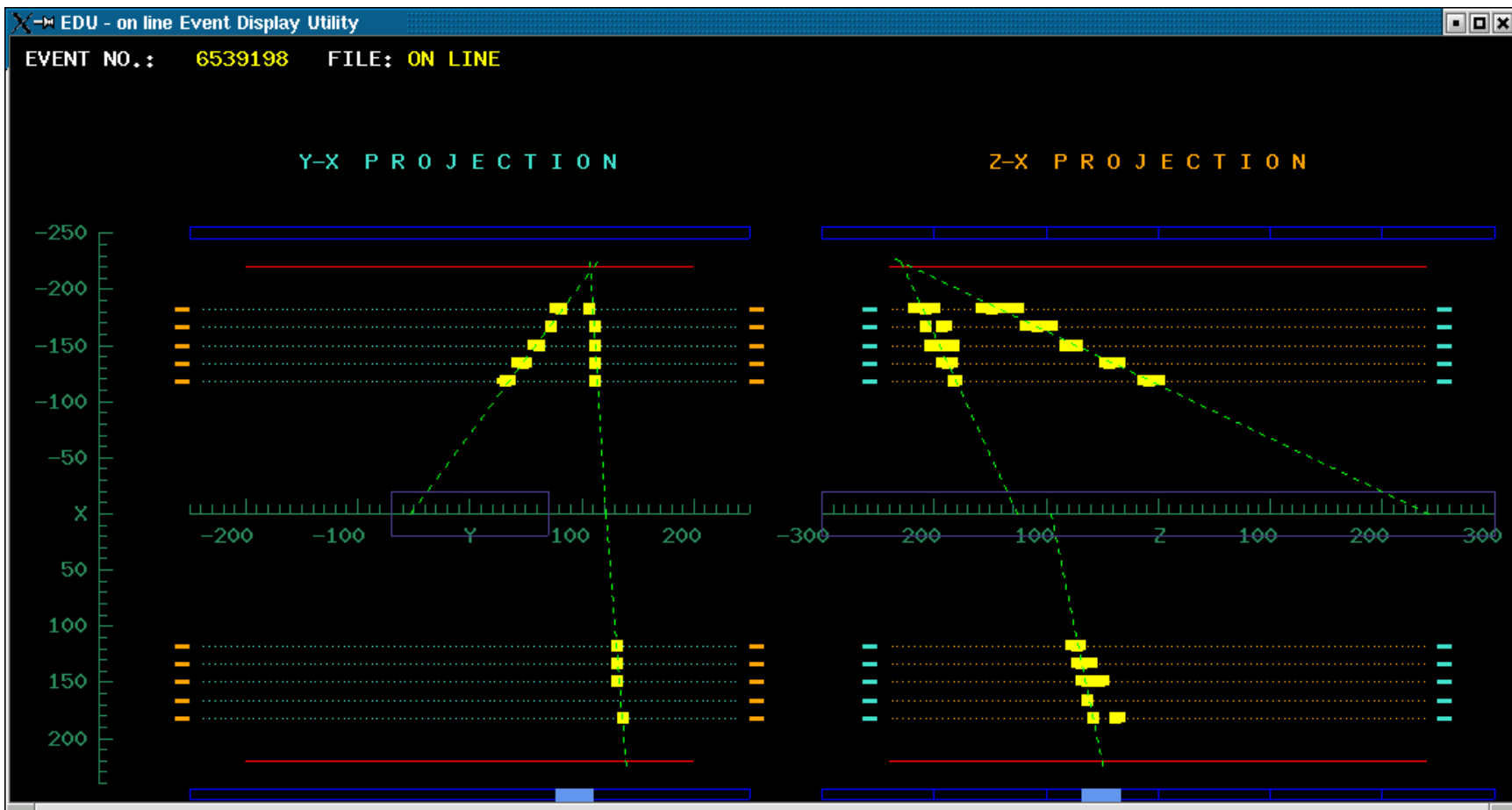
➤ Asymétrie Haut-Bas

Valeur mesurée :  $-0,1162 \pm 0,0112$

Valeur attendue :  $-0,1162 \pm 0,0013$

(Particule Data Group)

# V-Tracks



Et maintenant ?



- En ce moment, galop d'essais.  
Mise au point des outils d'analyse.
- Printemps prochain : première campagne de mesure  
Précision attendue pour R : 1%
- Et plus tard...  
0,5%