

**MESURE DU NOMBRE DE NEUTRONS PROMPTS
DANS LA REACTION $^{239}\text{Pu}(n,f)$:**
**VERS L'AMELIORATION DE LA RESOLUTION
DES DISTRIBUTIONS EN MASSE DES FRAGMENTS**

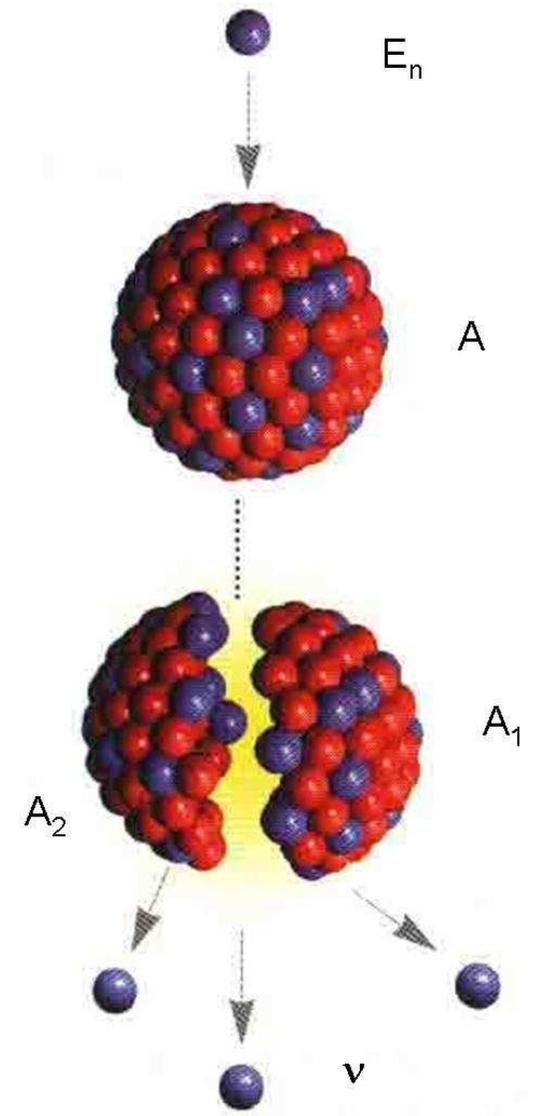
B. Laurent, T. Granier, G. Belier, J. Taieb, A. Chatillon, A. Courtial

CEA/DAM, Île-de-France





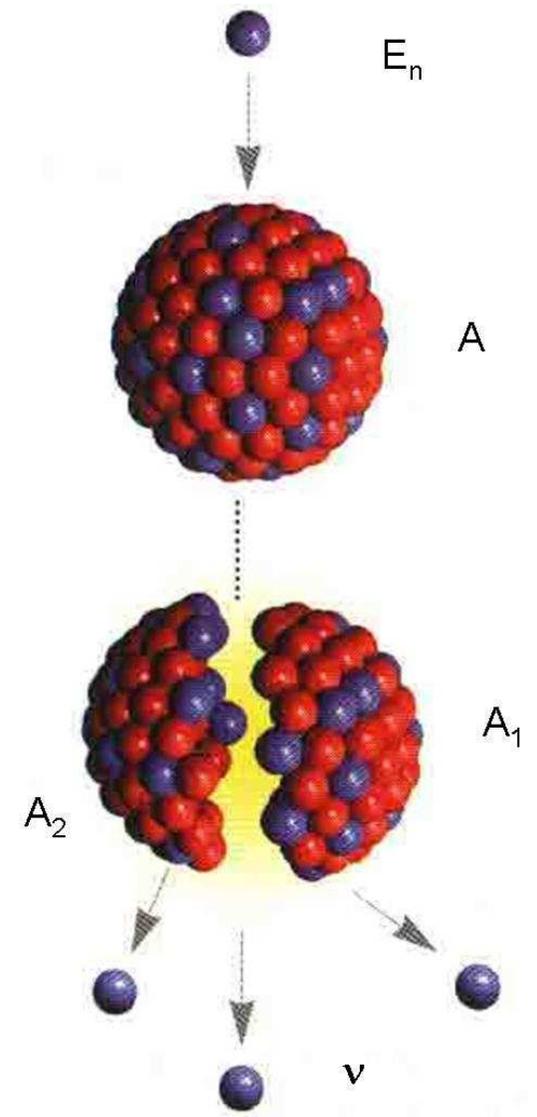
► Fission induite par neutrons



OBJECTIFS



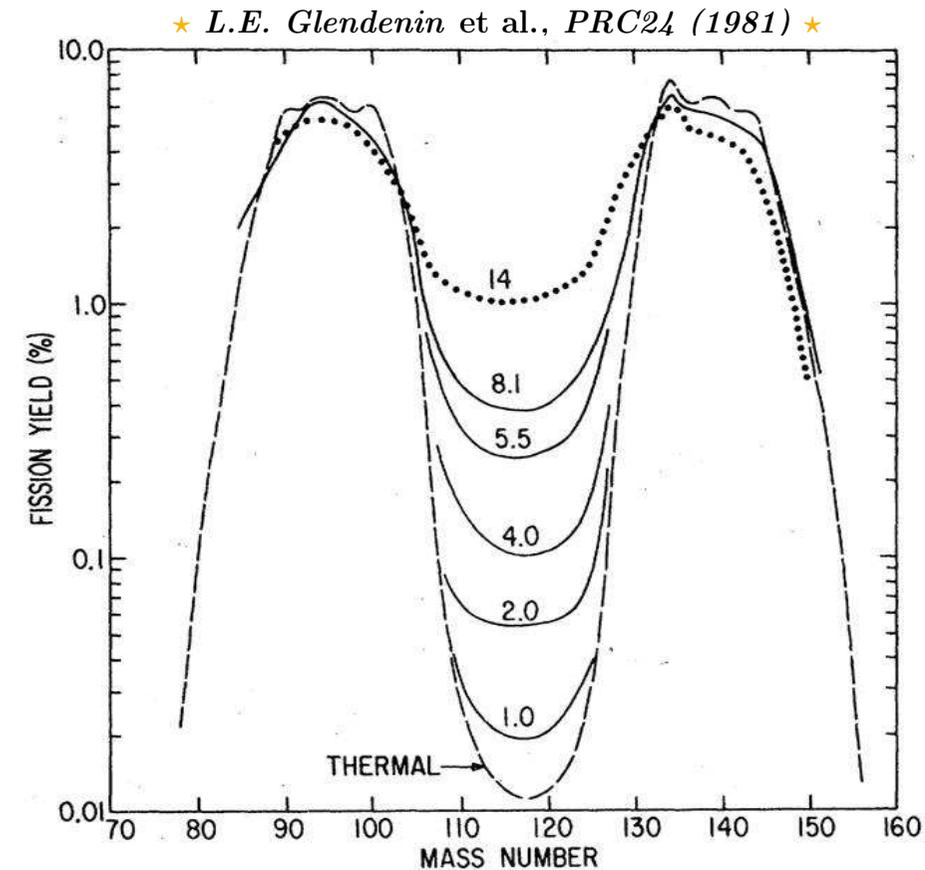
- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ **Objectif** : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$



OBJECTIFS



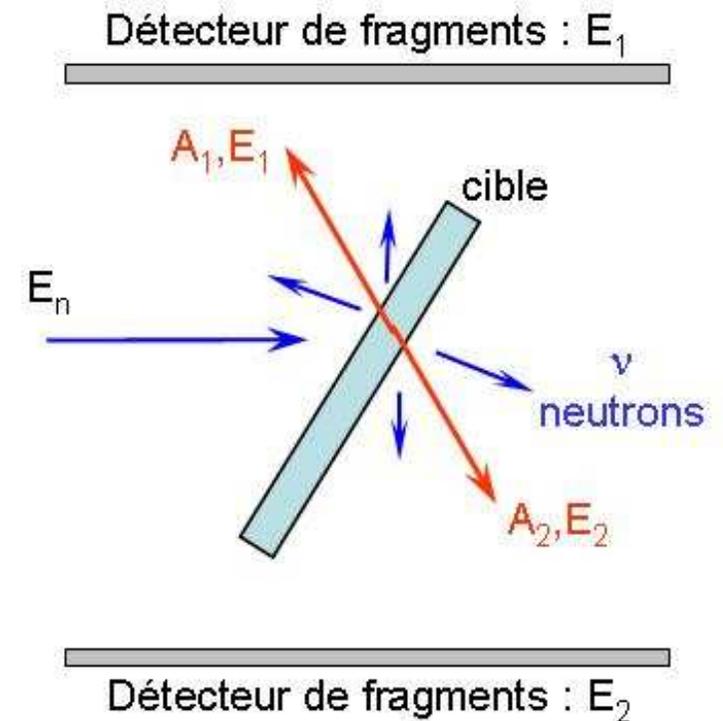
- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ **Objectif** : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$
 - ▷ Distribution en masse des fragments



OBJECTIFS

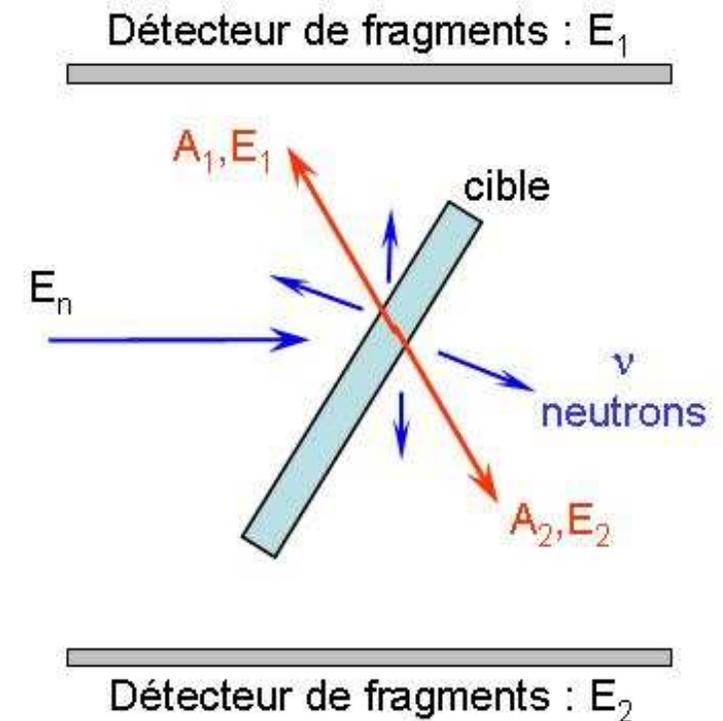


- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ **Objectif** : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$
 - ▷ Distribution en masse des fragments
 - A : fonction de E et ν



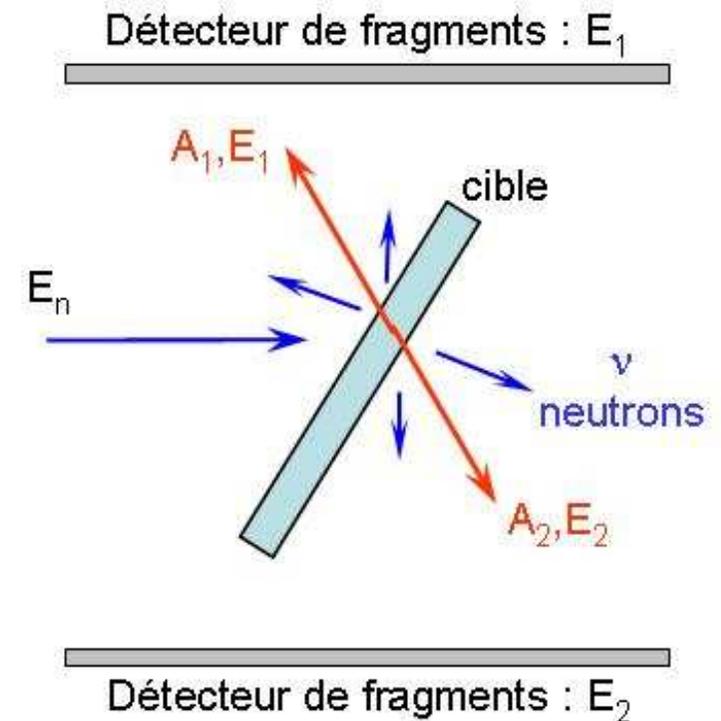


- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ **Objectif** : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$
 - ▷ Distribution en masse des fragments
 - A : fonction de E et ν
- ▶ Précision sur A
 - Précision sur E et/ou ν



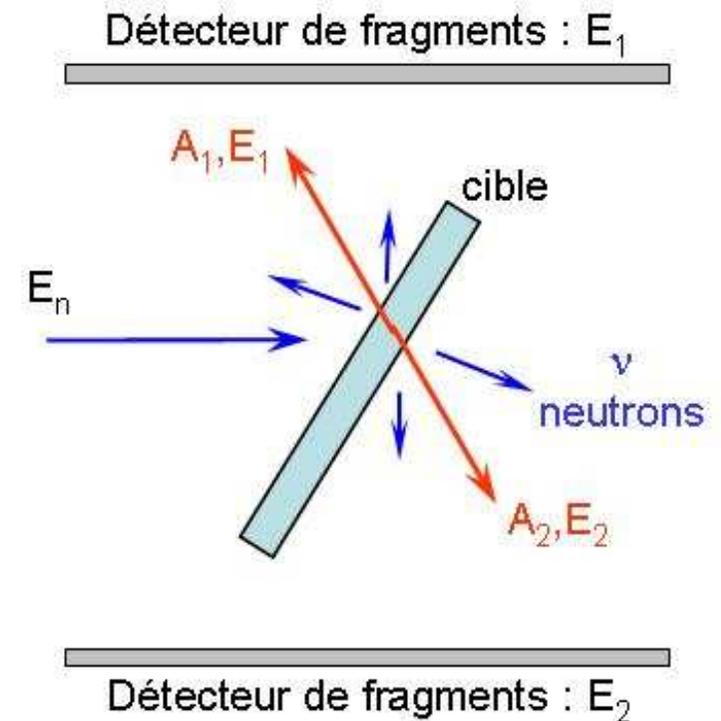


- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ **Objectif** : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$
 - ▷ Distribution en masse des fragments
 - A : fonction de E et ν
- ▶ Précision sur A
 - Précision sur E et/ou ν
 - ▷ Mesure de E
 - limitée par l'épaisseur de la cible





- ▶ Fission induite par neutrons
- ▶ Objectif : caractériser les produits de fission en fonction de $E_{n_{inc}}$
 - ▷ Distribution en masse des fragments
 - A : fonction de E et ν
- ▶ Précision sur A
 - Précision sur E et/ou ν
 - ▷ Mesure de E
 - limitée par l'épaisseur de la cible
 - ▷ Expériences dédiées à la mesure de ν



MOTIVATIONS

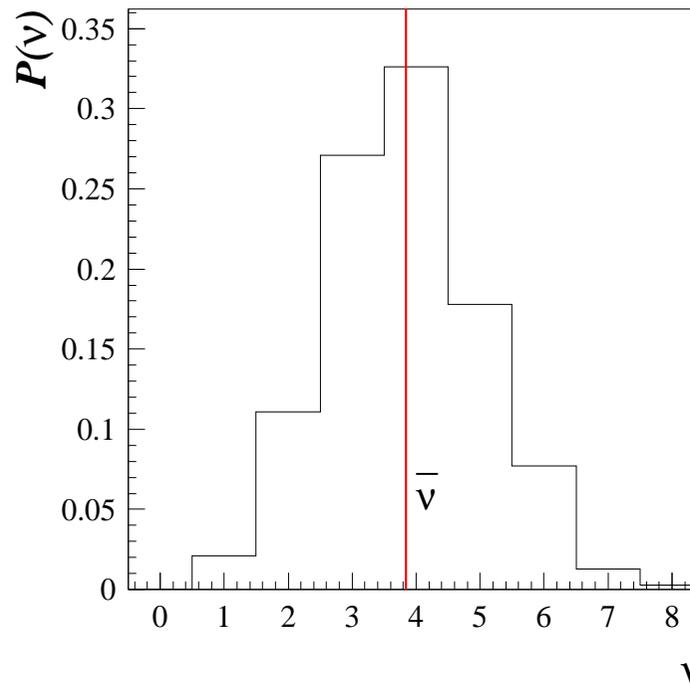


- **Buts** : mesure du nombre ν de neutrons prompts dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$, avec $E_{n_{inc}}$ de 1 à 200 MeV.

MOTIVATIONS



- ▶ **Buts** : mesure du nombre ν de neutrons prompts dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$, avec $E_{n_{inc}}$ de 1 à 200 MeV.
- ▶ Utilisation d'un **nouveau** compteur neutrons à **grande efficacité**
 - possibilité de mesurer $\bar{\nu}$ et $p(\nu)$ en fonction de $E_{n_{inc}}$



MOTIVATIONS



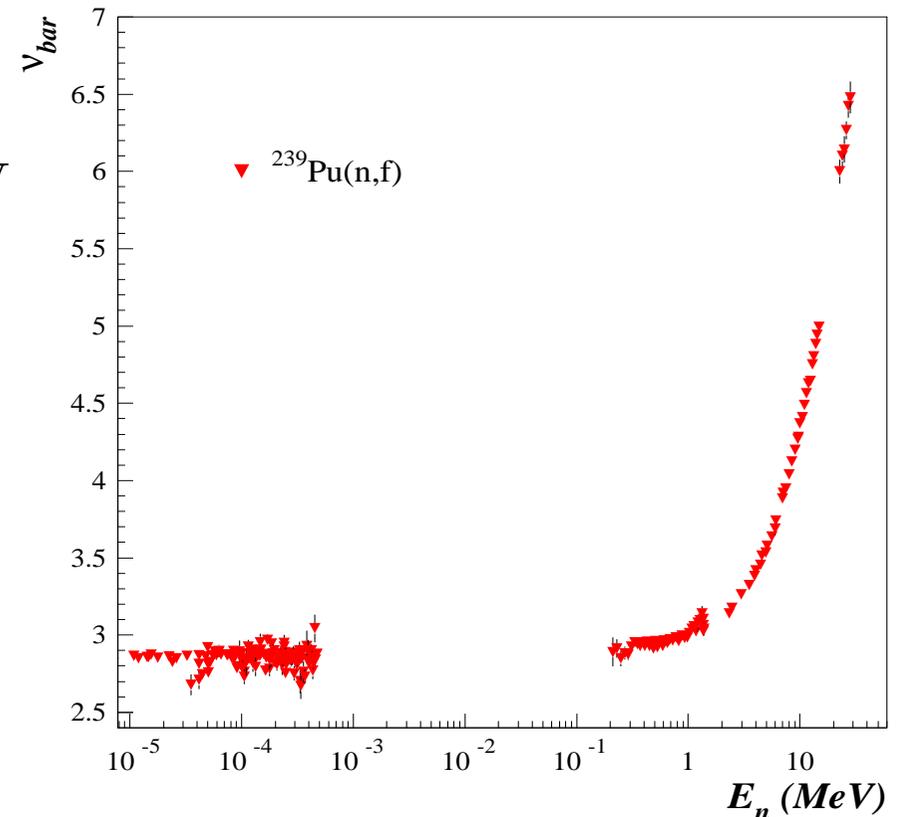
► **Buts** : mesure du nombre ν de neutrons prompts dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$, avec $E_{n_{inc}}$ de 1 à 200 MeV.

► Utilisation d'un **nouveau** compteur neutrons à **grande efficacité**
→ possibilité de mesurer $\bar{\nu}$ et $p(\nu)$ en fonction de $E_{n_{inc}}$

► **Mesures existantes**

→ $E_{n_{inc}}$: 1-18 MeV et 23-28 MeV

→ $p(\nu)$ peu publiées



★ J. Fréhaut, M. Soleilhac et al., 1970-1980 ★



- ▶ **Buts** : mesure du nombre ν de neutrons prompts dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$, avec $E_{n_{inc}}$ de 1 à 200 MeV.
- ▶ Utilisation d'un **nouveau** compteur neutrons à **grande efficacité**
 - possibilité de mesurer $\bar{\nu}$ et $p(\nu)$ en fonction de $E_{n_{inc}}$
- ▶ **Mesures existantes**
 - $E_{n_{inc}}$: 1-18 MeV et 23-28 MeV
 - $p(\nu)$ peu publiées
- ▶ **Grandeurs intéressantes** :
 - applications de la fission : programme simulation, interrogations de colis
 - données fondamentales : liées à l'énergie d'excitation des fragments et donc à l'énergie de déformation



► **Chambre à fission :**





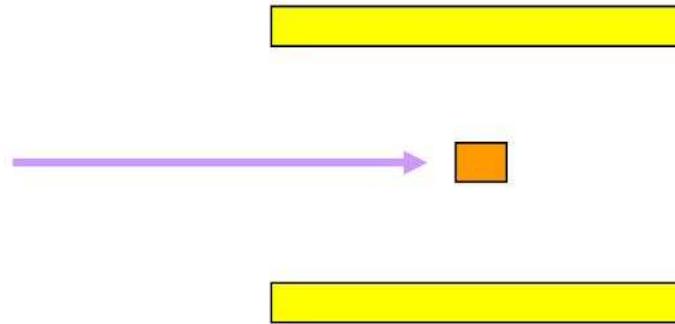
► Chambre à fission : **trigger**

PRINCIPE EXPERIMENTAL



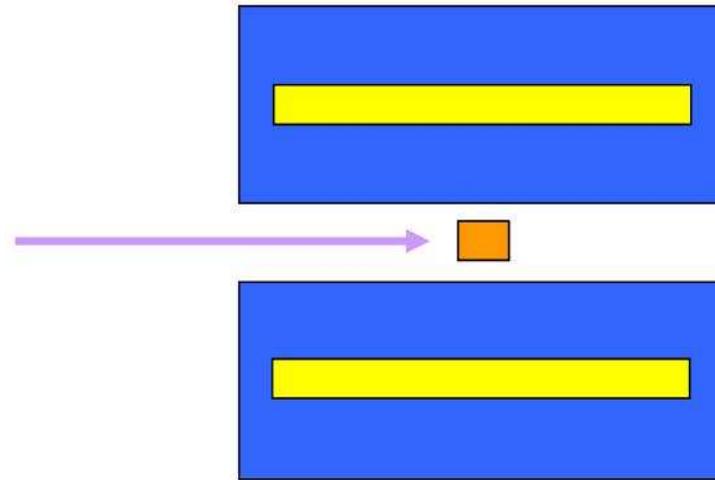
- ▶ Chambre à fission : **trigger**, mesure de $E_{n_{inc}}(ToF)$
- ▶ Faisceau de neutrons : $E_{n_{inc}} < 200$ MeV

PRINCIPE EXPERIMENTAL



- ▶ Chambre à fission : **trigger**, mesure de $E_{n_{inc}}(ToF)$
- ▶ Faisceau de neutrons : $E_{n_{inc}} < 200$ MeV
- ▶ Détecteurs ^3He : $n + ^3\text{He} \longrightarrow p + t$
bonne efficacité pour les neutrons thermiques

PRINCIPE EXPERIMENTAL

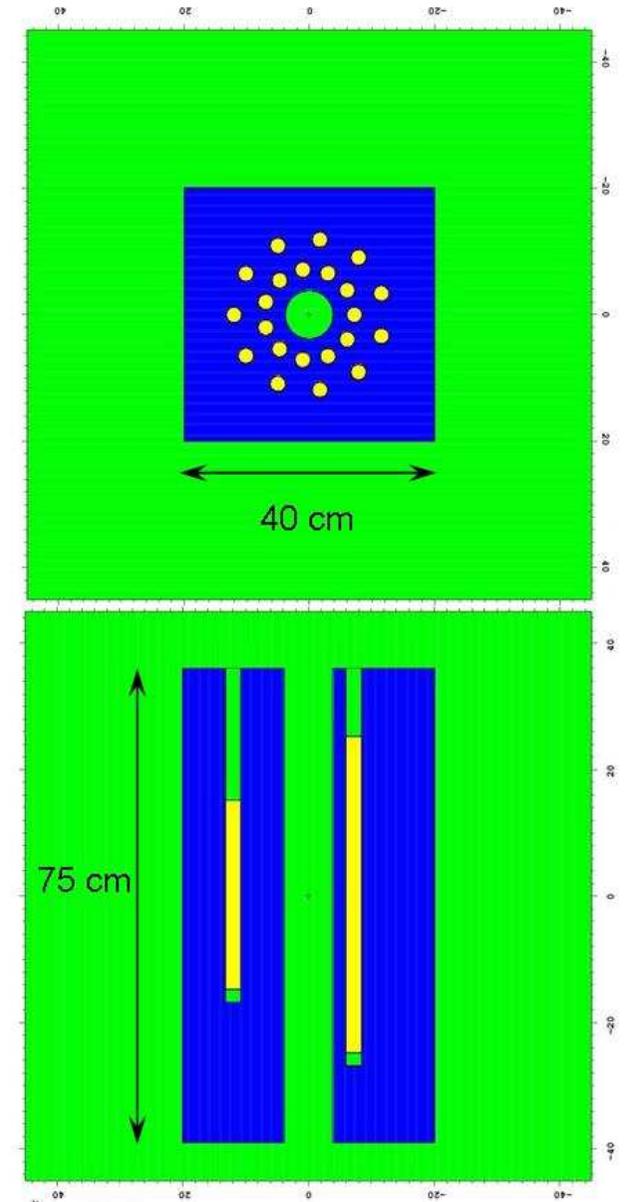


- ▶ Chambre à fission : **trigger**, mesure de $E_{n_{inc}}(ToF)$
- ▶ Faisceau de neutrons : $E_{n_{inc}} < 200$ MeV
- ▶ Détecteurs ^3He : $n + ^3\text{He} \longrightarrow p + t$
bonne efficacité pour les neutrons thermiques
- ▶ Bloc de polyéthylène : **modérateur neutrons**



► Simulations MCNP

- dimensionnement et positionnement
- 22 tubes d' ^3He 10 bars
- configuration à deux couronnes

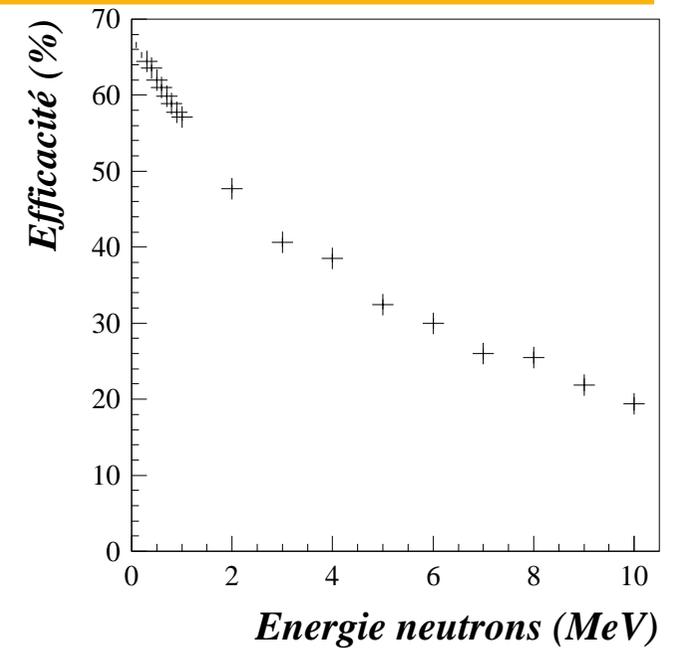




► Simulations MCNP

- dimensionnement et positionnement
- 22 tubes d' ^3He 10 bars
- configuration à deux couronnes

► Calcul d'efficacité



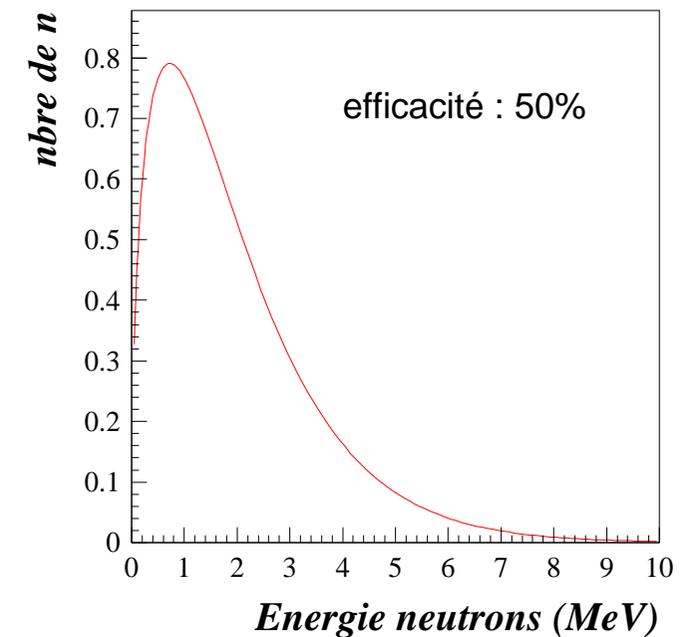
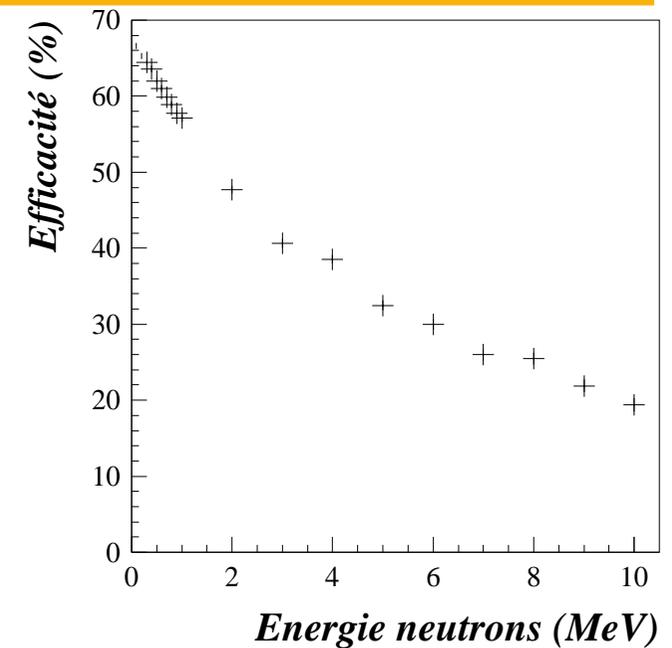


► Simulations MCNP

- dimensionnement et positionnement
- 22 tubes d' ^3He 10 bars
- configuration à deux couronnes

► Calcul d'efficacité

→ 50% d'efficacité simulée pour un spectre de Watt





► Simulations MCNP

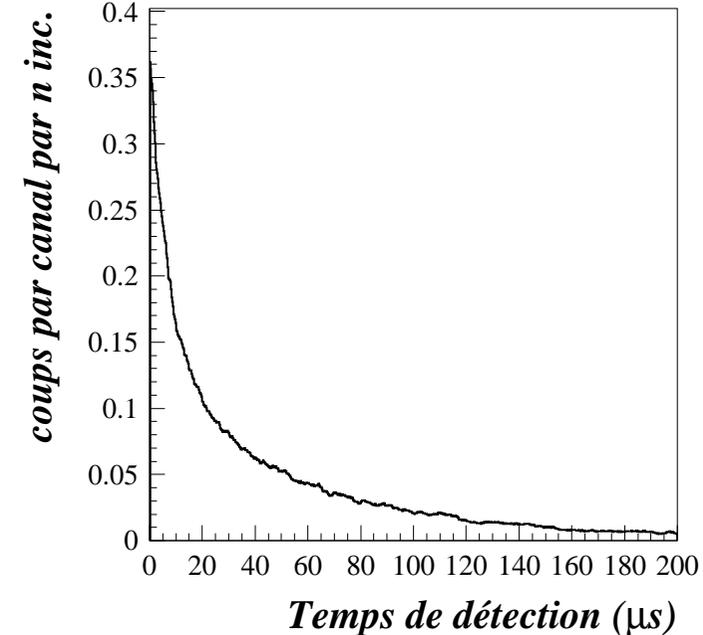
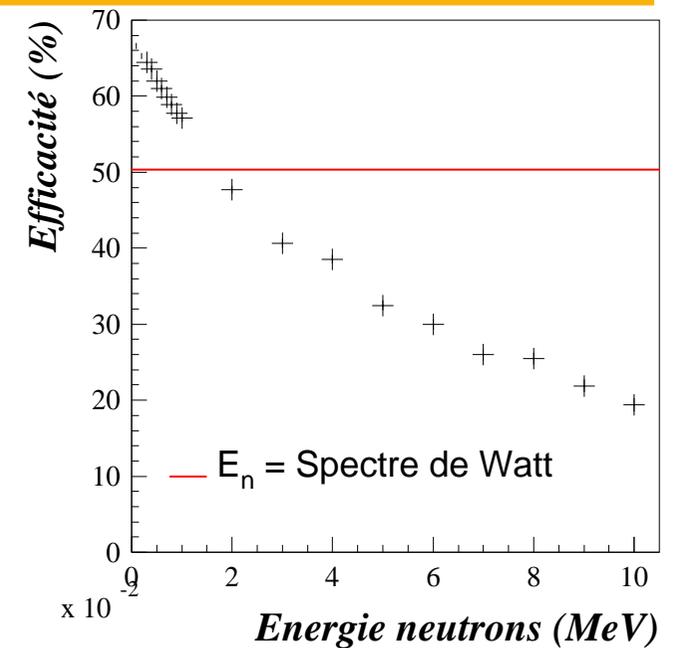
- dimensionnement et positionnement
- 22 tubes d' ^3He 10 bars
- configuration à deux couronnes

► Calcul d'efficacité

→ 50% d'efficacité simulée pour un spectre de Watt

► 200 μs pour détecter tous les neutrons

→ compatible avec le taux de fissions attendu (≈ 10 fissions/s)



TESTS DU PROTOTYPE



- ▶ Construction d'un prototype
 - 11 tubes de 30 cm

TESTS DU PROTOTYPE

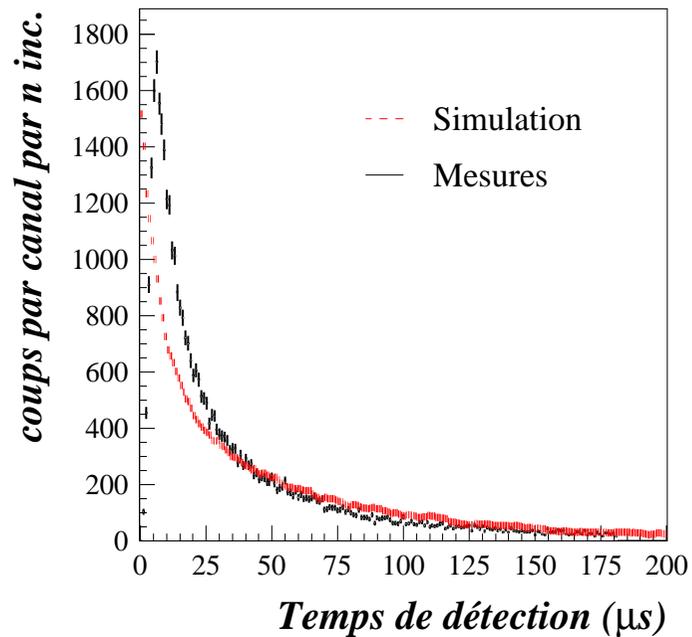


- ▶ Construction d'un prototype
 - 11 tubes de 30 cm
- ▶ Tests avec une source de ^{252}Cf
 - fission spontanée

TESTS DU PROTOTYPE



- ▶ **Construction d'un prototype**
 - 11 tubes de 30 cm
- ▶ **Tests** avec une source de ^{252}Cf
 - fission spontanée
- ▶ **Validation des simulations**
 - efficacité :
30% simulée, 30% mesurée
 - temps de détection





► **Sources** de bruit de fond :

- ▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques
- ▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

PROBLEME DU BRUIT DE FOND

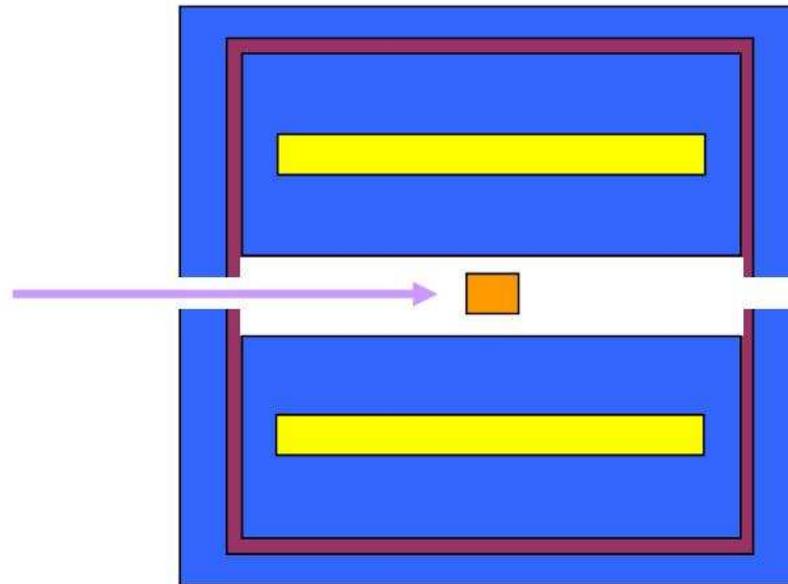


► Sources de bruit de fond :

- ▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques
- ▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

► Solutions :

- ▷ blindage : polyéthylène (ralentissement) et B_4C (absorption)



★ A. Courtial, stage ENSICAEN ★

PROBLEME DU BRUIT DE FOND

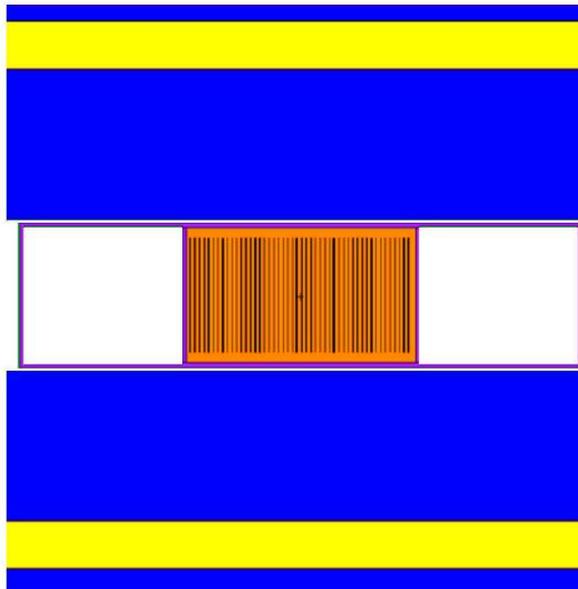


► Sources de bruit de fond :

- ▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques
- ▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

► Solutions :

- ▷ étude de la chambre à fission : simulations de la diffusion



★ A. Courtial, stage ENSICAEN ★

PROBLEME DU BRUIT DE FOND

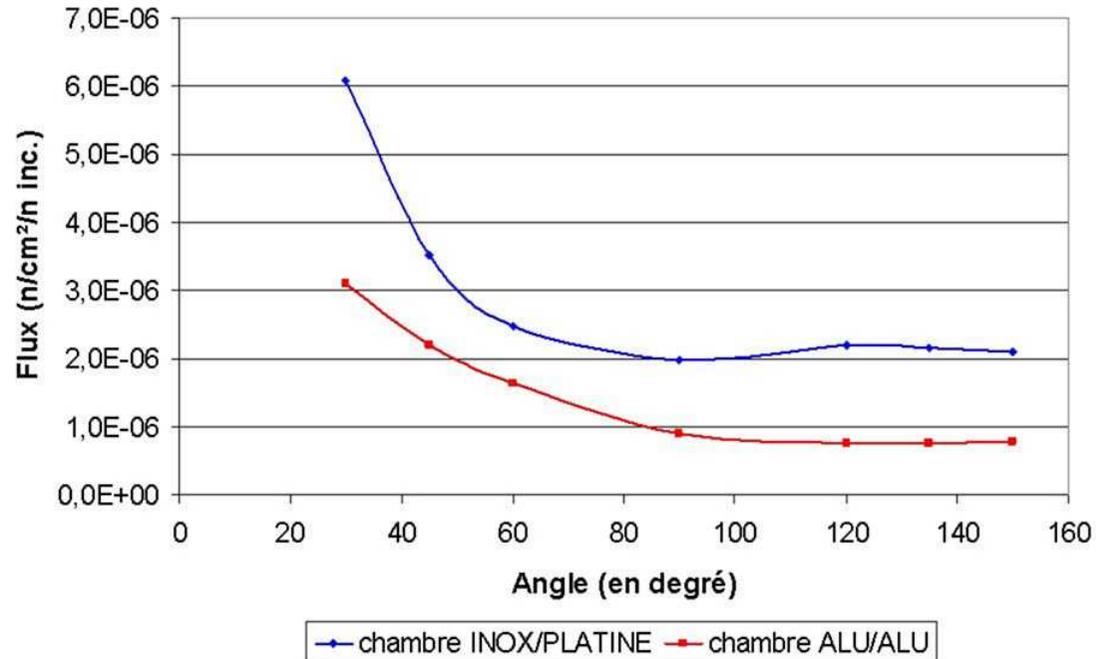


► Sources de bruit de fond :

- ▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques
- ▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

► Solutions :

- ▷ étude de la chambre à fission : simulations de la diffusion



★ A. Courtial, stage ENSICAEN ★



► **Sources** de bruit de fond :

- ▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques
- ▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

► **Solutions** :

- ▷ étude de la chambre à fission : simulations de la diffusion
- ▷ **monitorage en ligne** du bruit de fond :
utilisation d'un trigger «pulser», décorréllé des fissions



► **Sources** de bruit de fond :

▷ extérieures : halo du faisceau, diffusion dans la salle, influence des autres lignes faisceau, cosmiques

▷ intérieures : diffusion de neutrons dans la chambre

► **Solutions** :

▷ étude de la chambre à fission : simulations de la diffusion

▷ **monitorage en ligne** du bruit de fond :

utilisation d'un trigger «pulser», décorréllé des fissions

→ Trigger fission : neutrons fission + neutrons diffusés

→ Trigger pulser : neutrons diffusés



► **Expérience au LANSCE** : mesure du nombre de neutrons prompts émis dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$

→ réalisée du 20 septembre au 14 octobre 2008



► **Expérience au LANSCE** : mesure du nombre de neutrons prompts émis dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$

→ réalisée du 20 septembre au 14 octobre 2008



EXPERIENCE SOUS FAISCEAU



► **Expérience au LANSCE** : mesure du nombre de neutrons prompts émis dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$

→ réalisée du 20 septembre au 14 octobre 2008



EXPERIENCE SOUS FAISCEAU

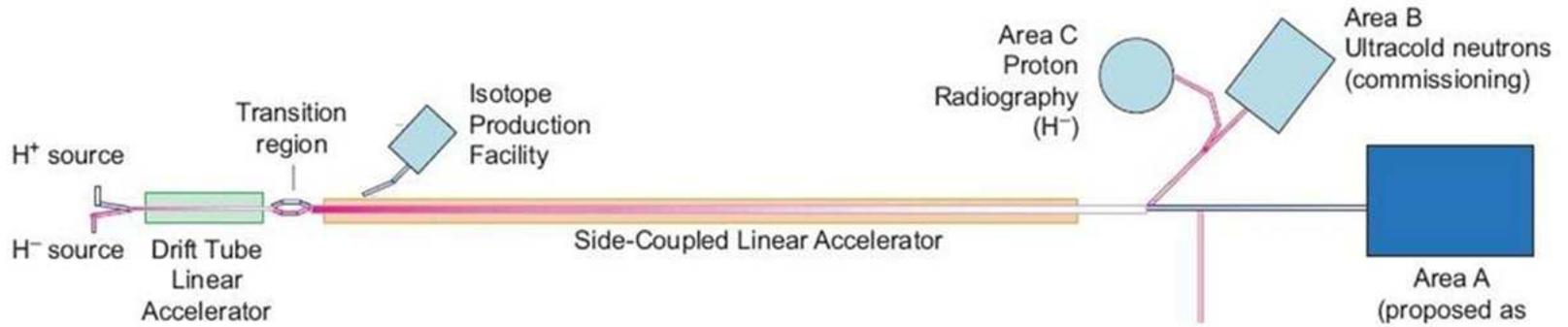


► **Expérience au LANSCE** : mesure du nombre de neutrons prompts émis dans la réaction $^{239}\text{Pu}(n,f)$

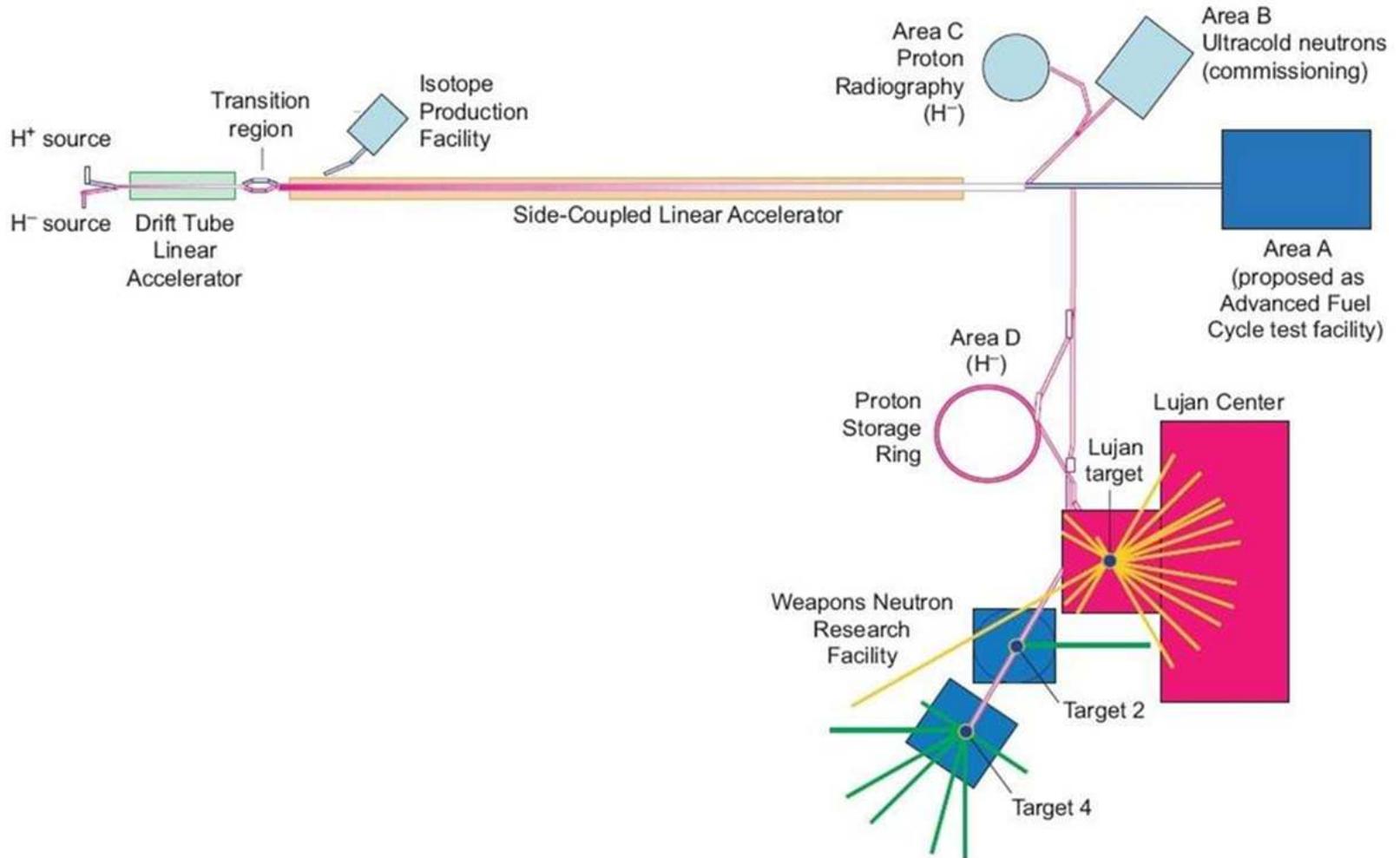
→ réalisée du 20 septembre au 14 octobre 2008



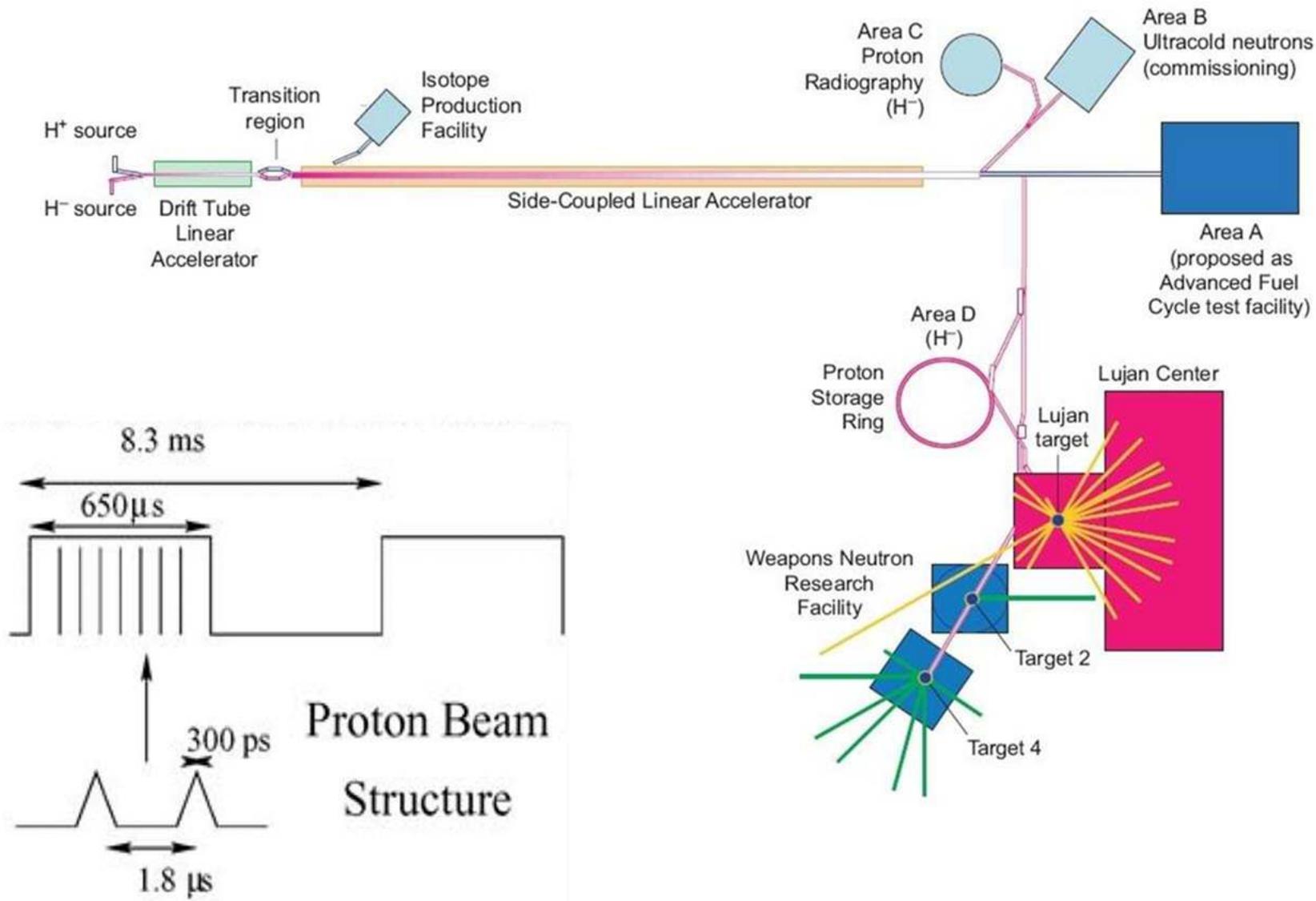
INSTALLATIONS



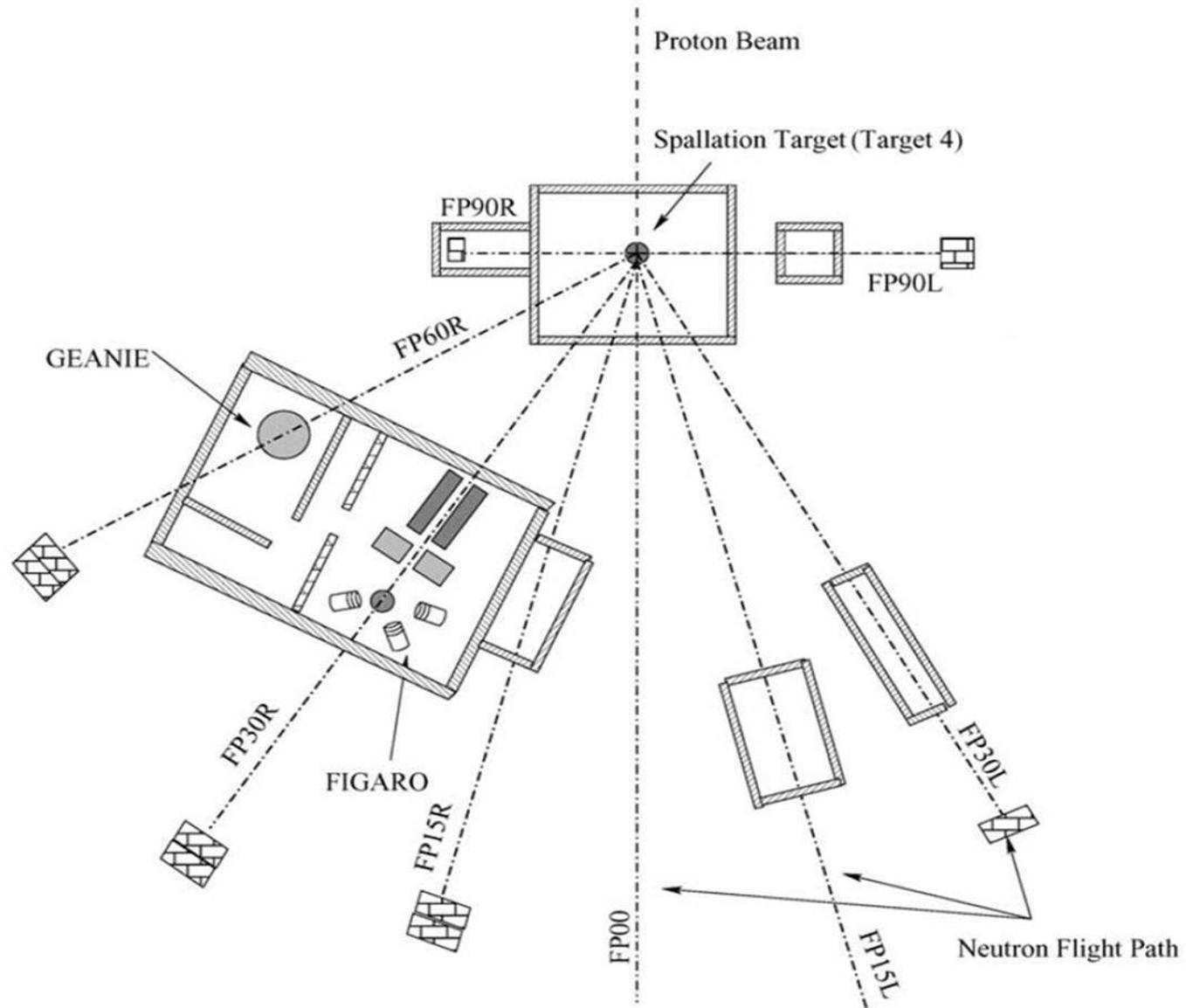
INSTALLATIONS



INSTALLATIONS



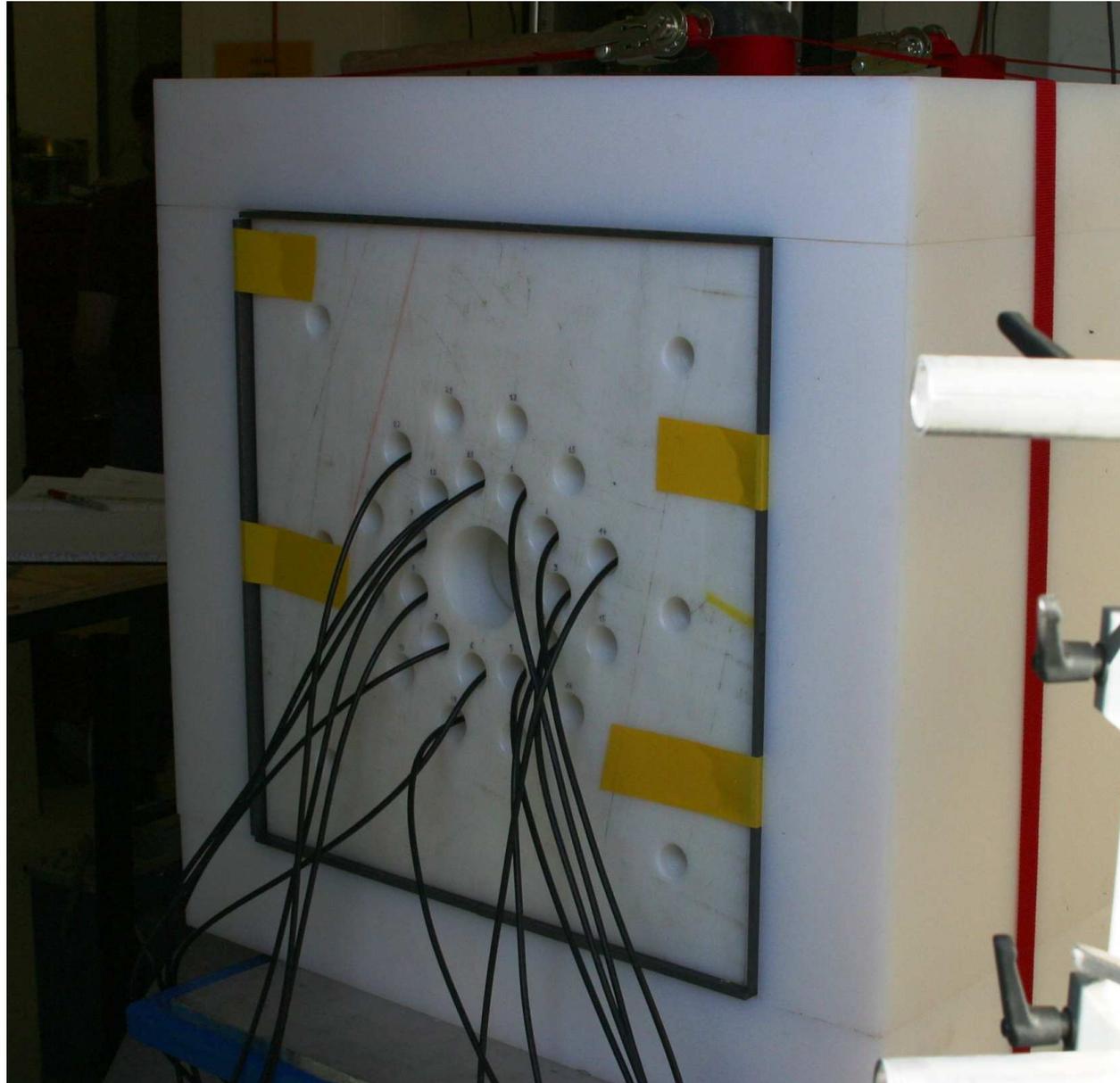
INSTALLATIONS



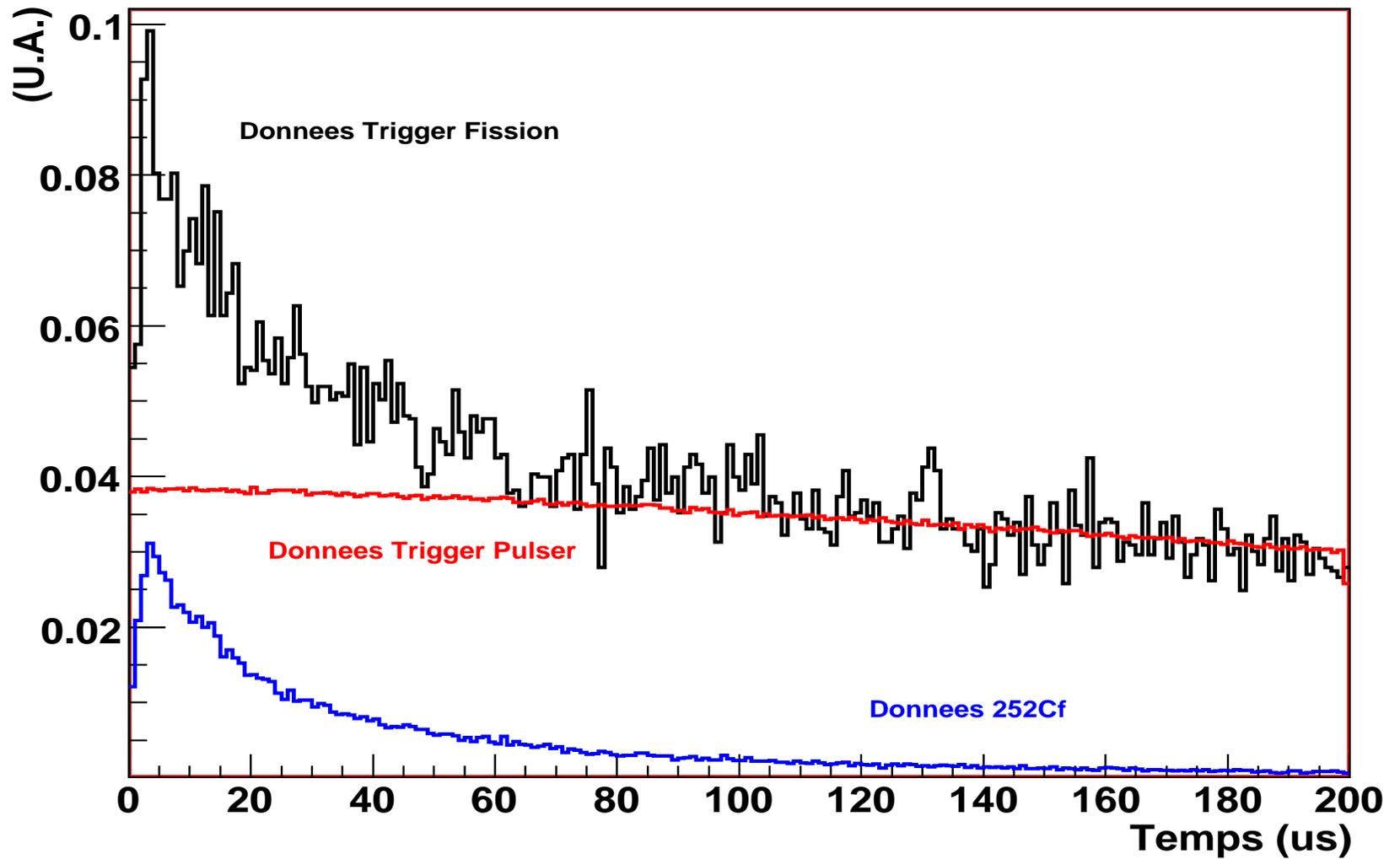
INSTALLATIONS



INSTALLATIONS



PREMIERS RESULTATS PRELIMINAIRES





- ▶ **A court terme :**
 - ▷ Analyse des données
 - $\bar{\nu}$, $p(\nu)$? (stat. un peu faible)



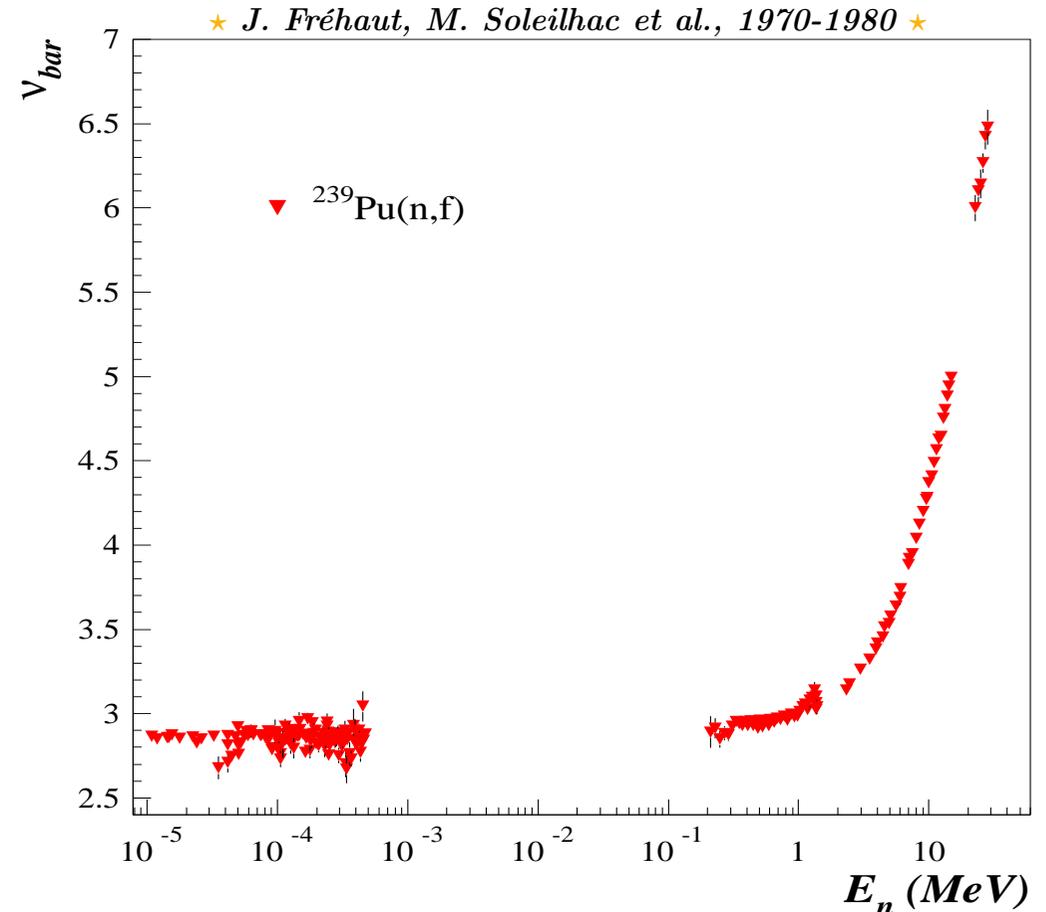
► A court terme :

▷ Analyse des données

→ $\bar{\nu}$, $p(\nu)$? (stat. un peu faible)

► Objectifs futurs :

▷ améliorer l'efficacité de détection du dispositif





► A court terme :

▷ Analyse des données

→ $\bar{\nu}$, $p(\nu)$? (stat. un peu faible)

► Objectifs futurs :

▷ améliorer l'efficacité de détection du dispositif

→ mesures de précision de $\bar{\nu}$ et $p(\nu)$

▷ détecter et identifier en masse les fragments de fission en coïncidence

→ fabrication d'une cible mince : sortie des deux fragments

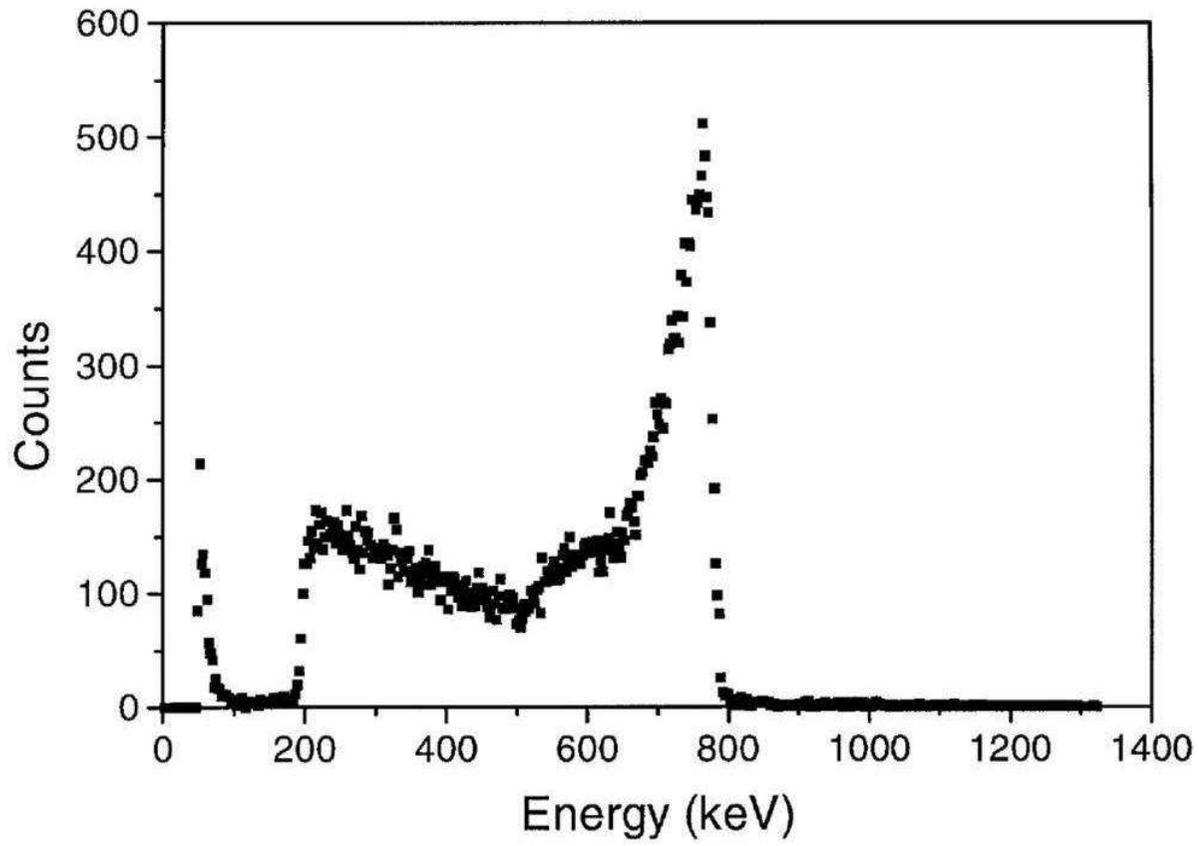
→ développer le système de détection (localisation et énergie)



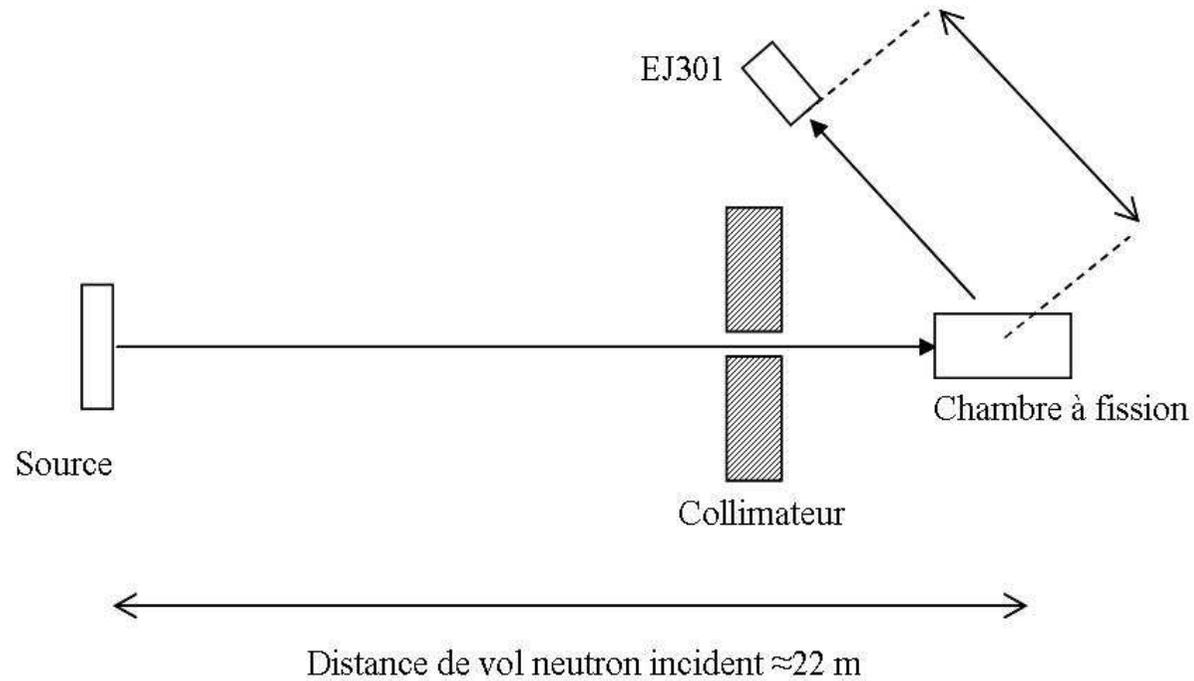
SPECTRE ENERGIE DETECTEUR ^3He



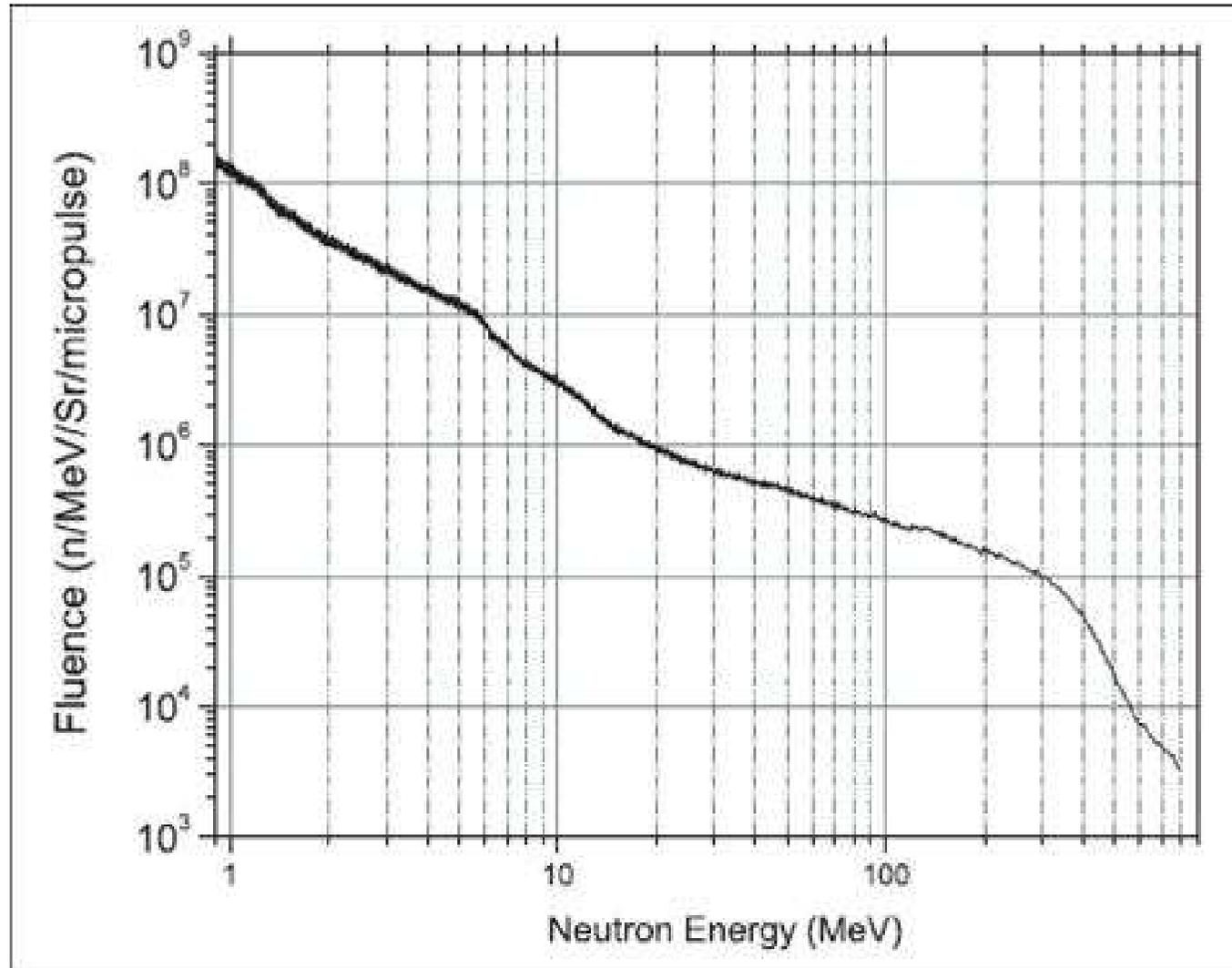
► Détecteurs ^3He : $n + ^3\text{He} \longrightarrow p + t$ ($Q = 764 \text{ keV}$)



PRINCIPE DE FIGARO



SPECTRE EN ENERGIE DES NEUTRONS DU LANSCE



EFFICACITE DE DETECTION



- ▶ Soit ϵ_{1n} l'efficacité de détection d'un neutron
 - ▷ l'efficacité ϵ_{Xn} de détection de X neutrons en coïncidence sera alors de :

$$\epsilon_{Xn} = (\epsilon_{1n})^X$$

X	1	2	5	10	15
ϵ_{Xn} (%)	50	25	3.12	0.1	0.003