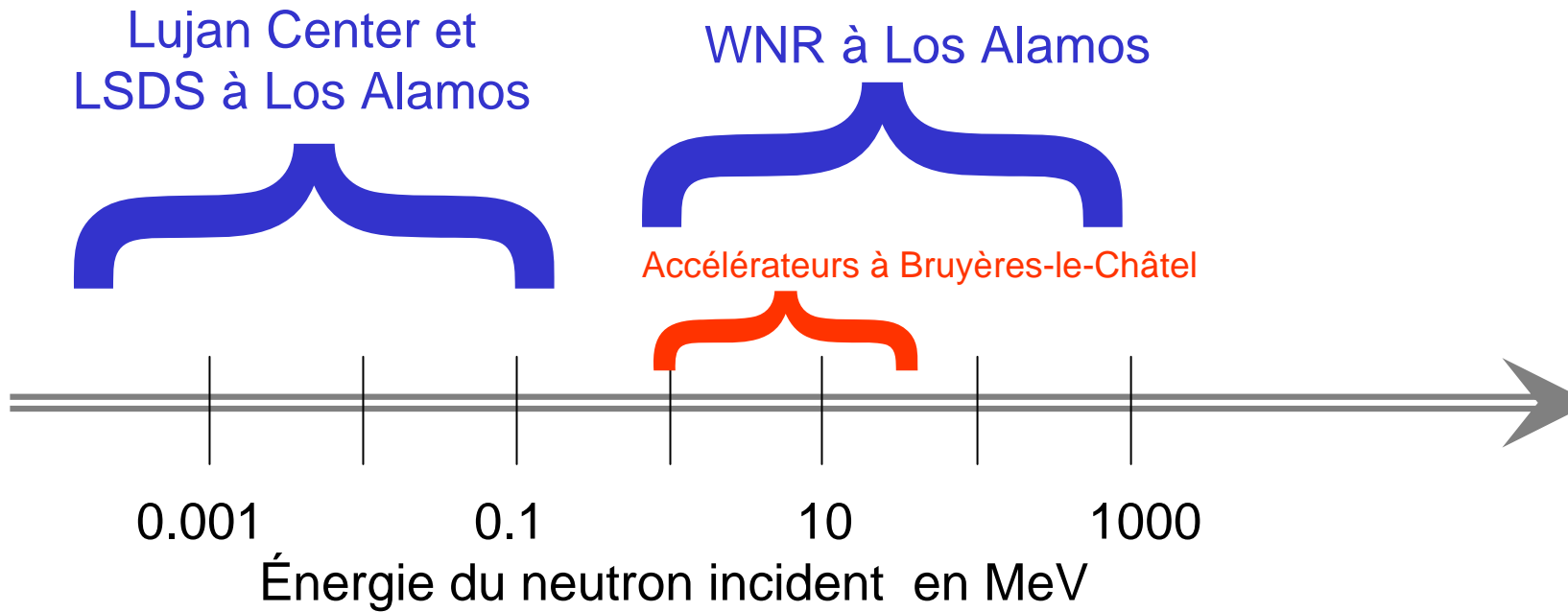




Programme expérimental de fission induite par neutrons de Bruyères-le-Châtel

(en partenariat avec les laboratoires nationaux de
Los Alamos et Livermore)

Fission induites par neutrons: thèmes de recherches



σ_f isomère ^{235}U

α ; E_γ et M_γ dans fission

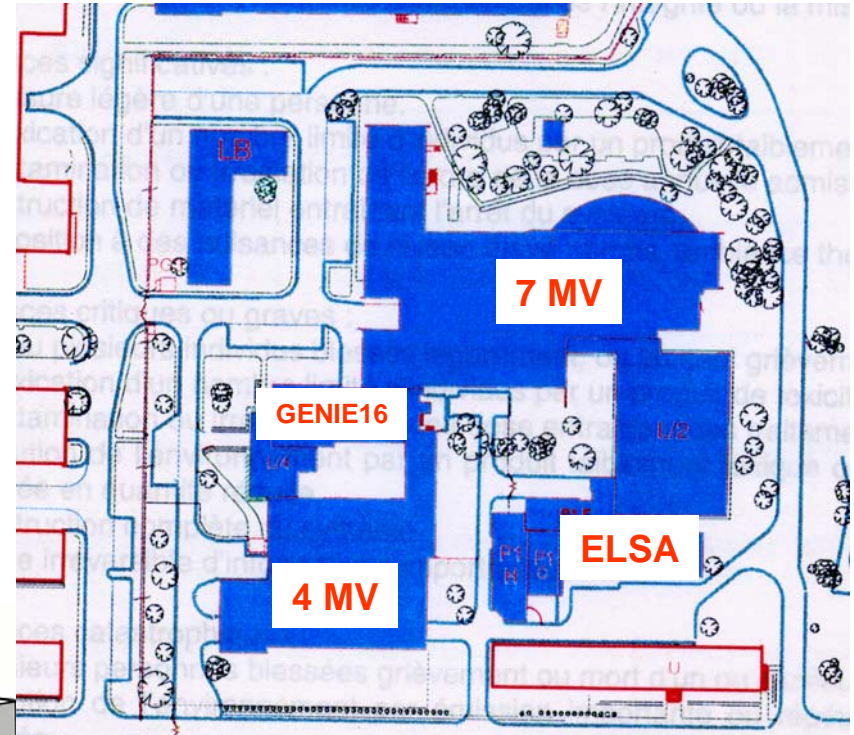
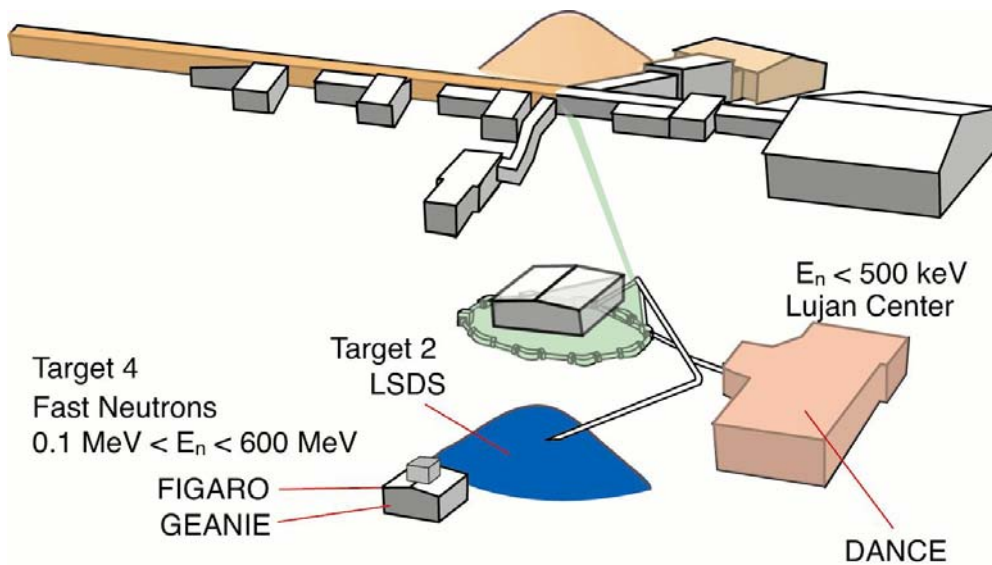
rendements de fission
neutrons de fission

σ_f actinides

Fission induite par neutrons: accélérateurs utilisés



Accélérateurs à
Bruyères-le-Château →

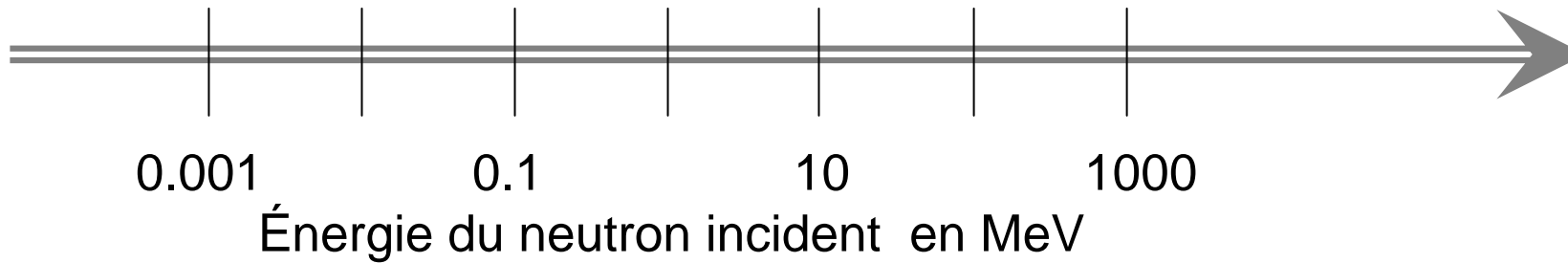
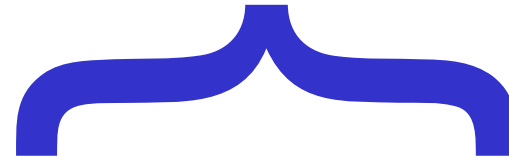


← Los Alamos Neutron Science Center

X, γ et neutrons prompts de fission



WNR à Los Alamos



rendements de fission

neutrons de fission

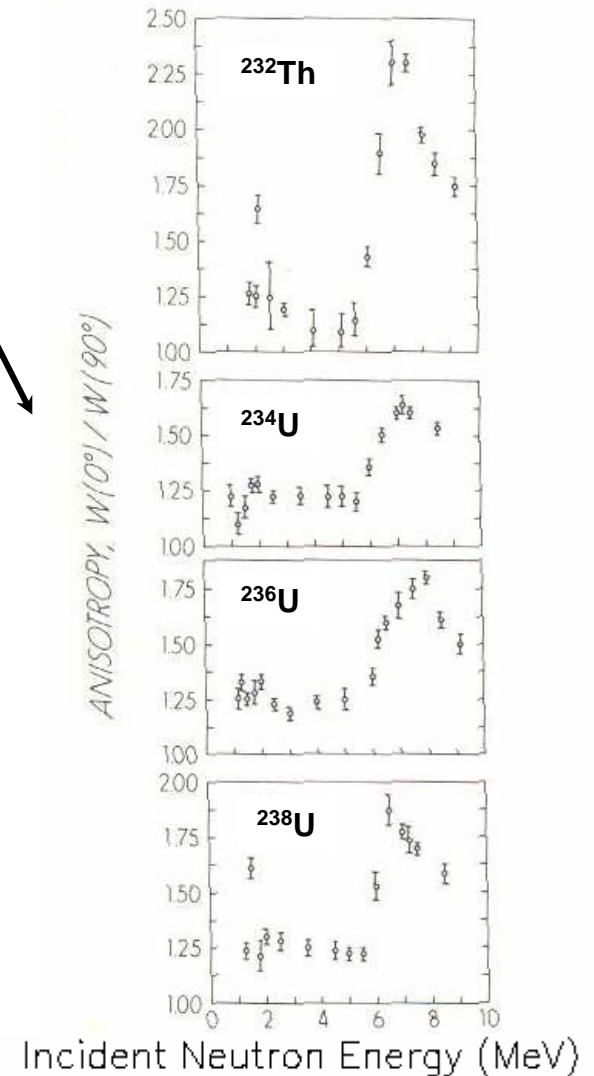
X, γ et neutrons prompts de fission

Physique de la fission

- Effets de structure nucléaire
 - corrélations angulaires avec l'axe de fission
 - passage des chances de fission
 - passage des résonances de fission
 - compétition neutron - γ
- Effets dynamiques
 - source d'émission (INC, CN, FF)
 - correlation avec l'énergie d'excitation

Données Nucléaires

- Données nucléaires rares et parsemées
- Réacteurs hybrides
 - cible d'uranium
 - transmutation des actinides
- Faisceaux radio-actifs
 - optimisation des rendements de fission
- Lutte contre la prolifération

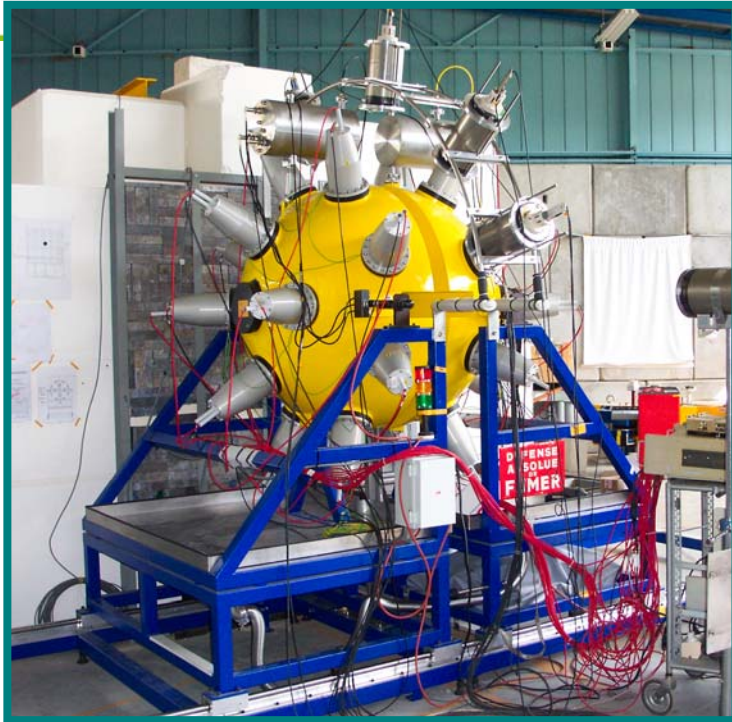


« Nuclear Fission » Vandenbosch and Huizenga p.196

Mesure de la multiplicité des neutrons prompts de fission: $\bar{\nu}_p$



mesure inclusive avec une boule au gadolinium



- toutes énergies neutrons
- tous angles
- distribution de la multiplicité
- lenteur
- faisceau monocinétique

mesure différentielle avec des détecteurs de neutrons rapides



- coupures dans le spectre E
- coupures en angle
- pb étalonnage/efficacité
- multiplicité moyenne
- rapide
- faisceau blanc
- corrélations

Neutrons prompts de fission

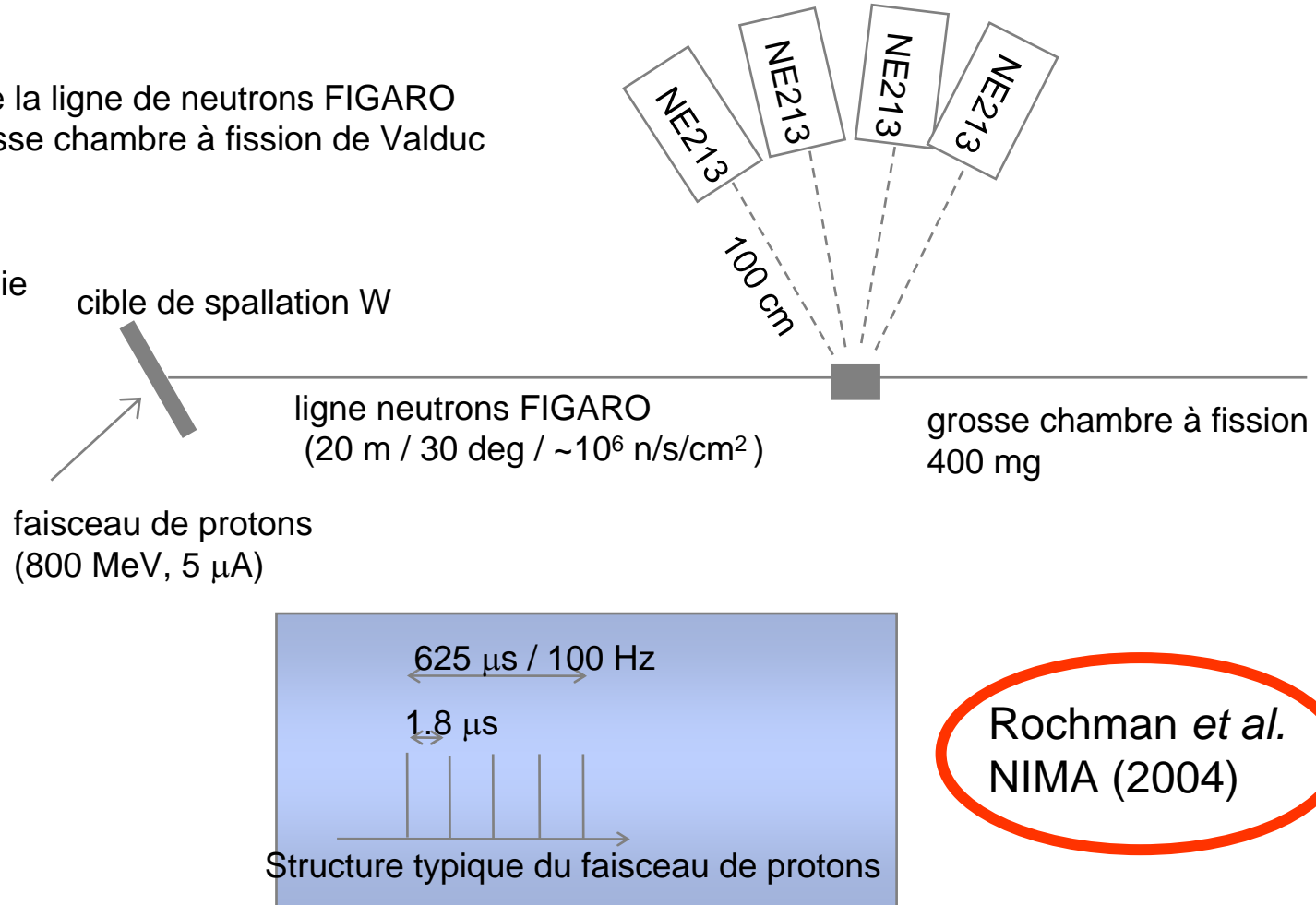
Mesure des spectres et de la multiplicité



- utilisation de la ligne de neutrons FIGARO avec une grosse chambre à fission de Valduc

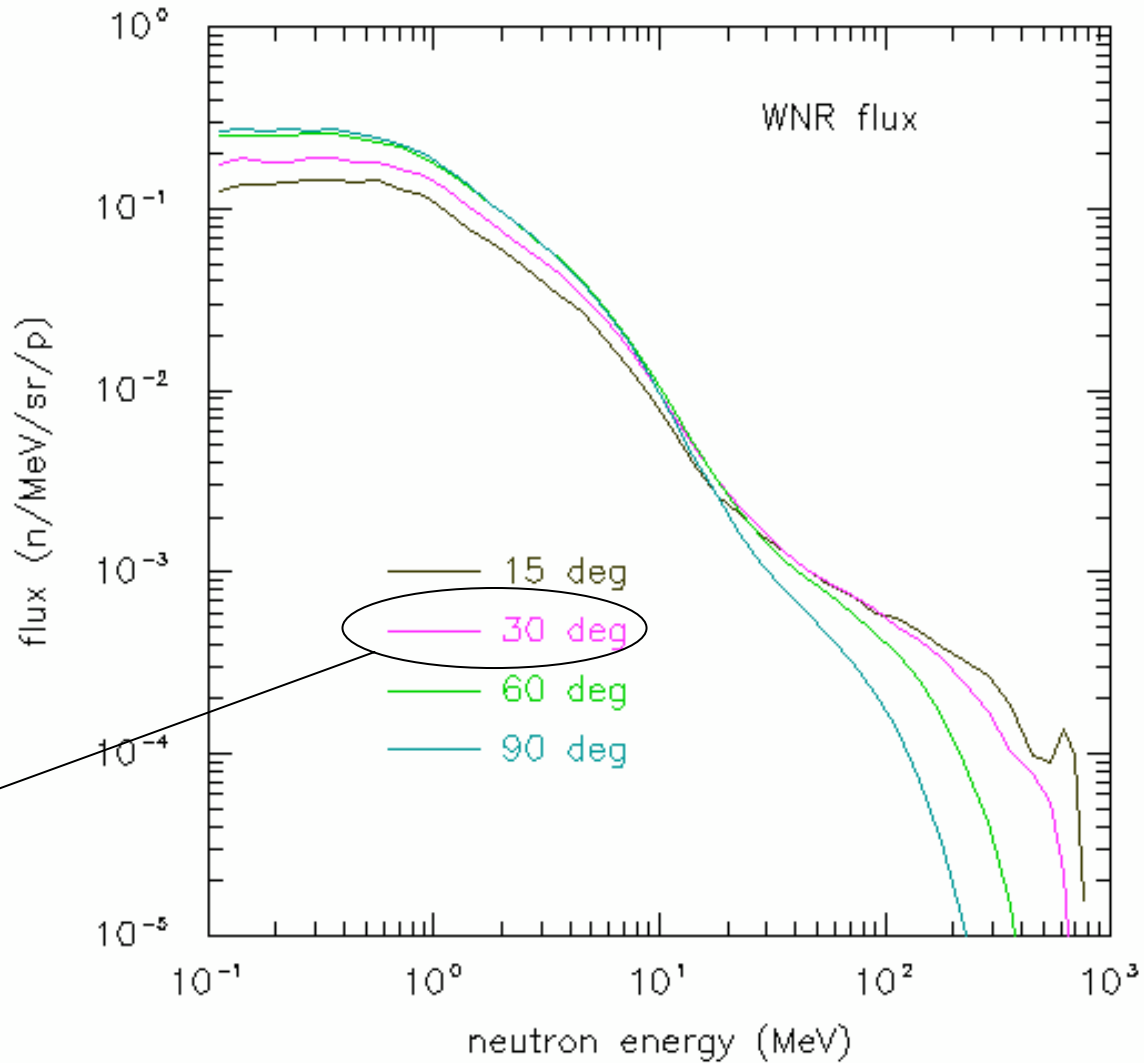
- détermination de l'énergie des neutrons incidents et émis par la méthode du temps de vol

- discrimination neutron-gamma hors ligne par analyse de la forme du signal



Neutrons prompts de fission

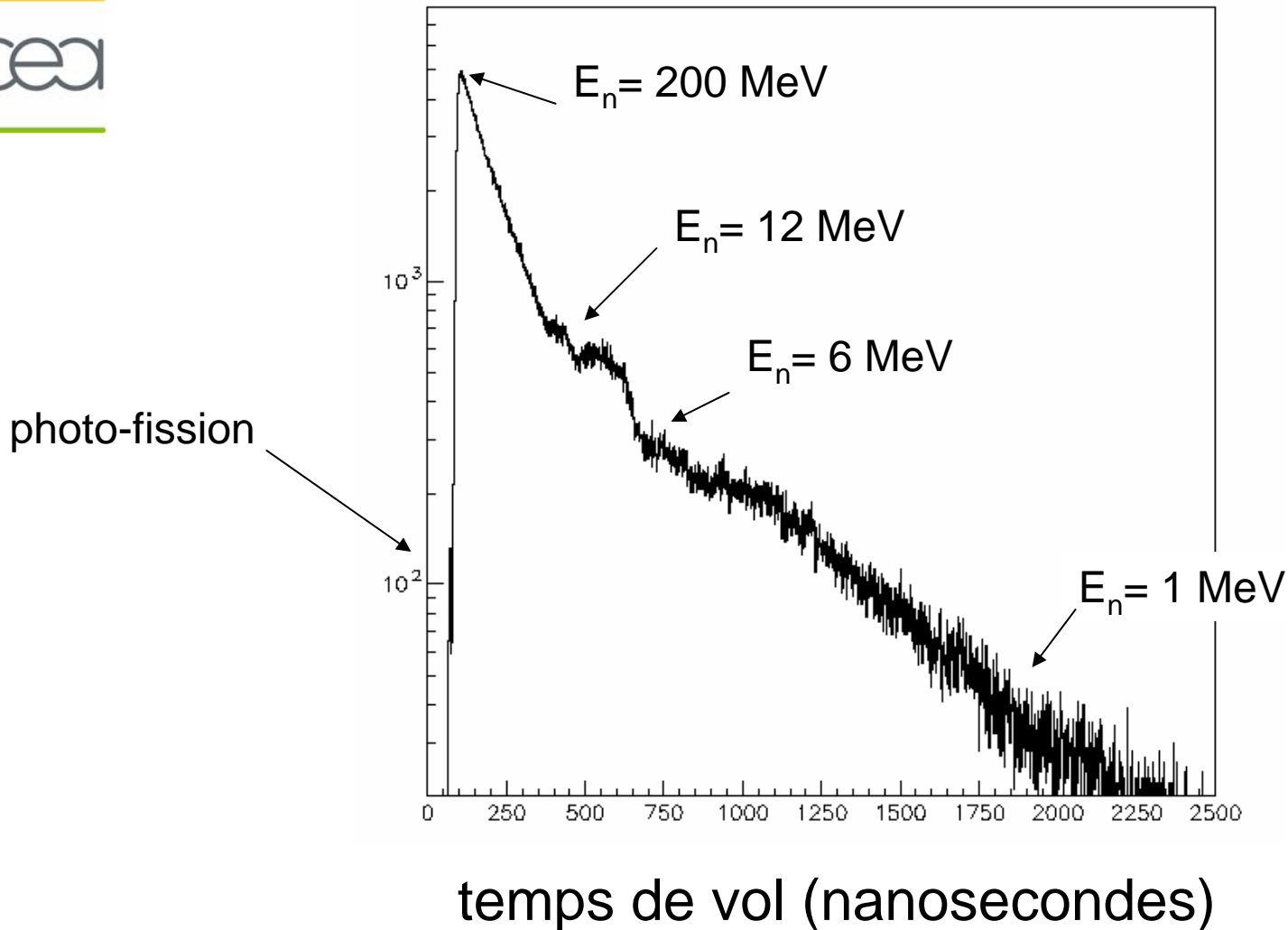
WNR – White Neutron Source



FIGARO

Neutrons prompts de fission

Spectre en temps de vol de la chambre à fission (cible)

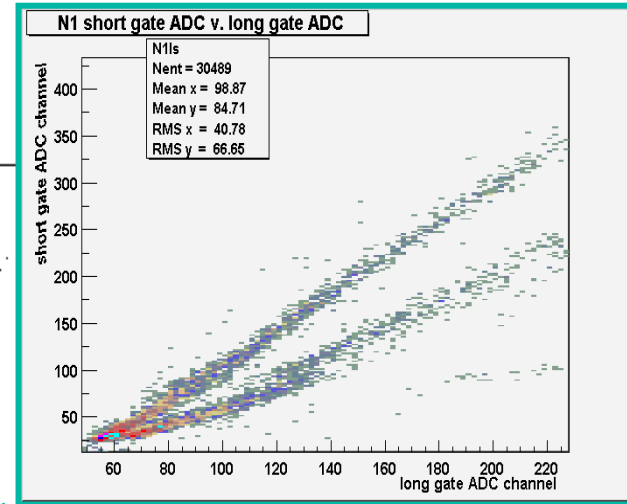
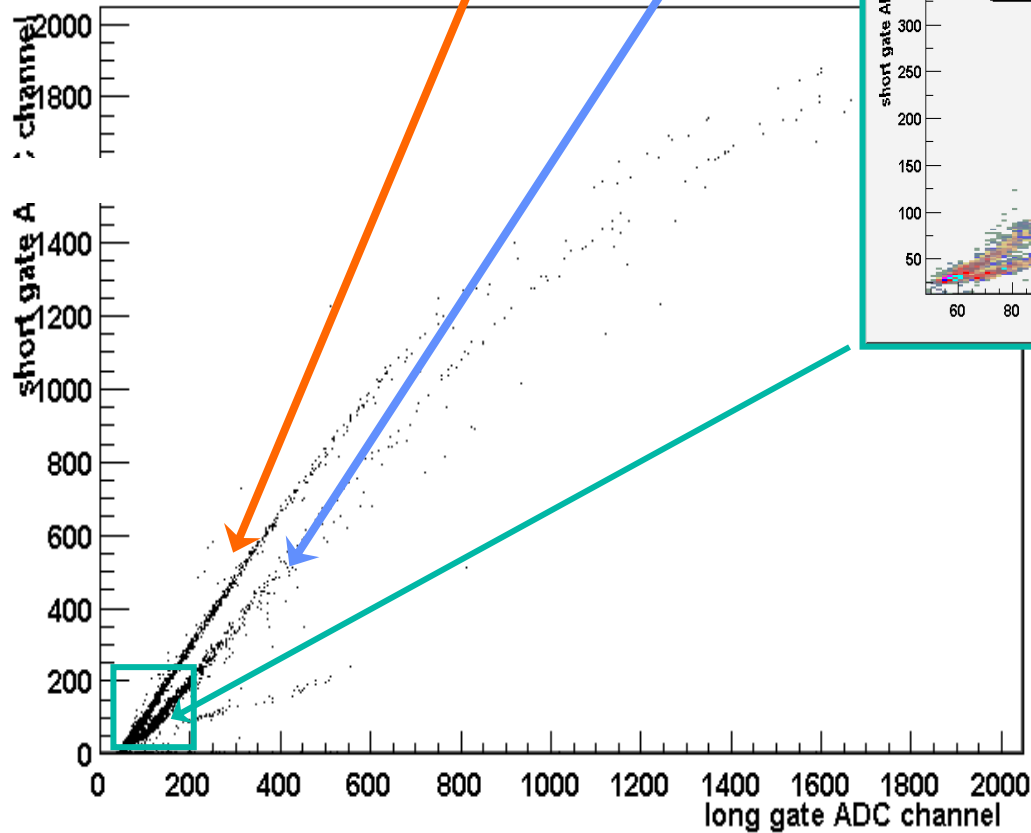


Neutrons prompts de fission

discrimination neutron - γ par forme du signal



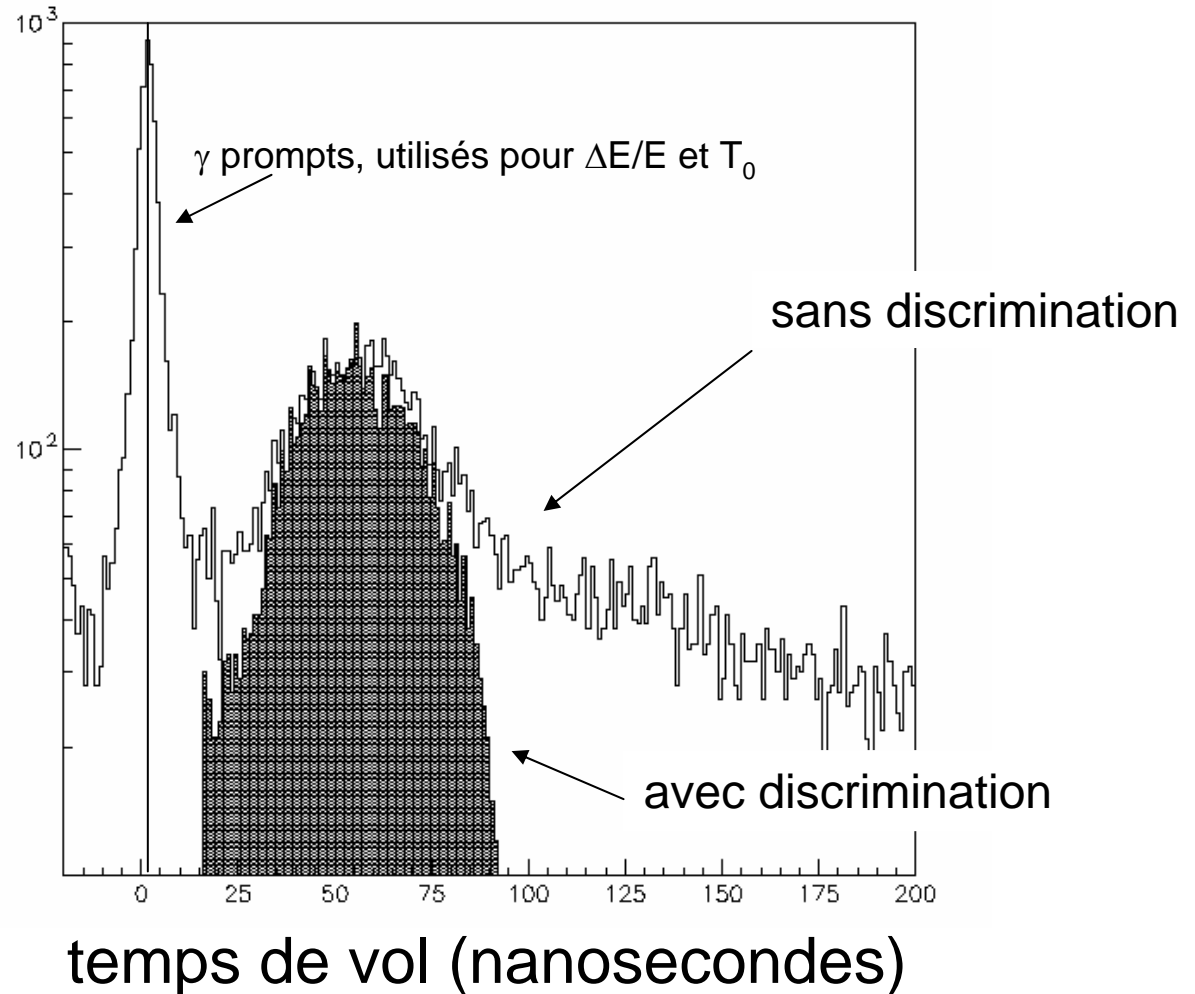
N1 short gate ADC v. long gate ADC



**plage d'énergie utile
: 0,5 à 20 MeV**

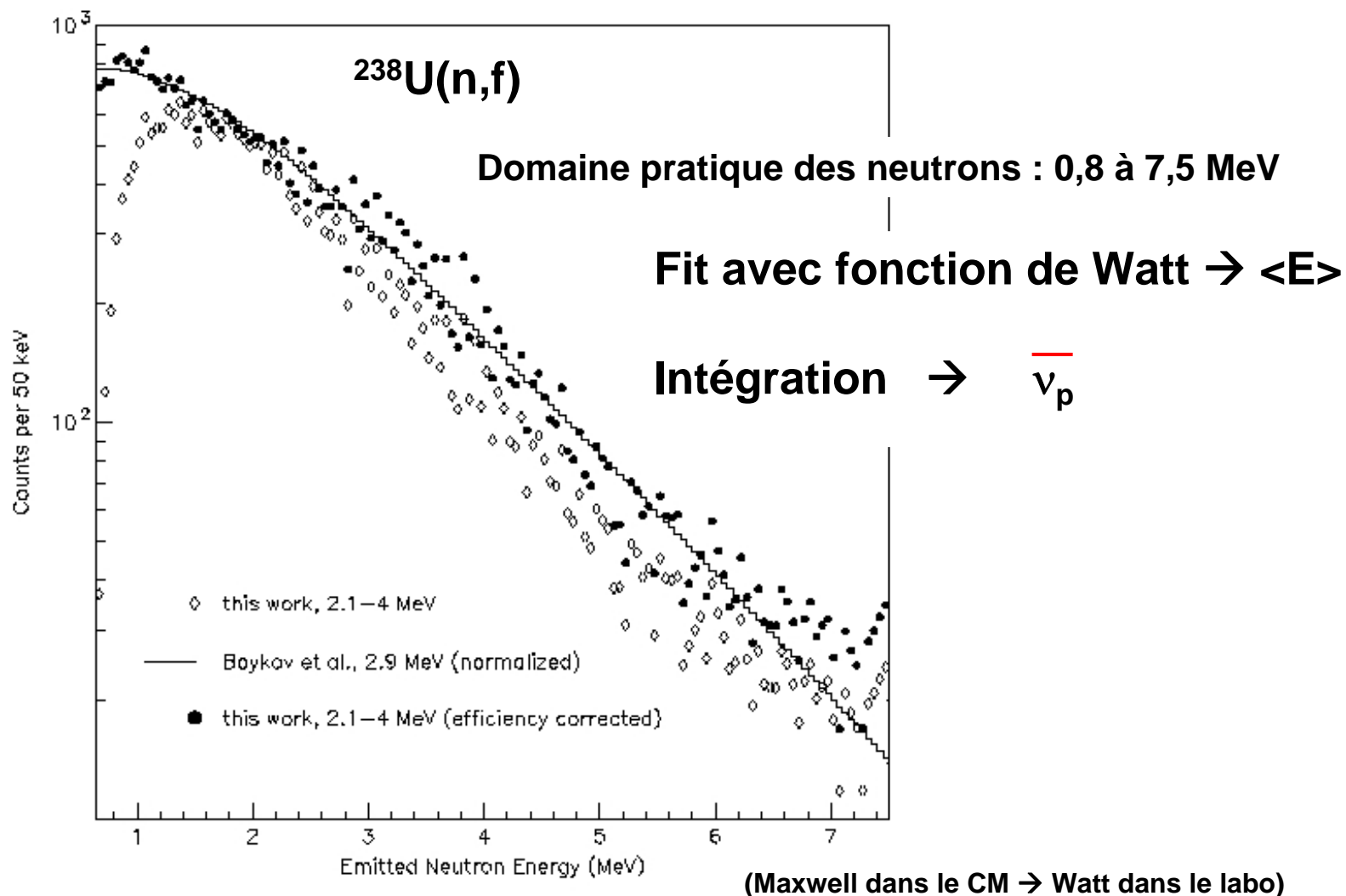
Neutrons prompts de fission

temps de vol d'un détecteur neutron



Neutrons prompts de fission

Spectre en énergie



Neutrons prompts de fission

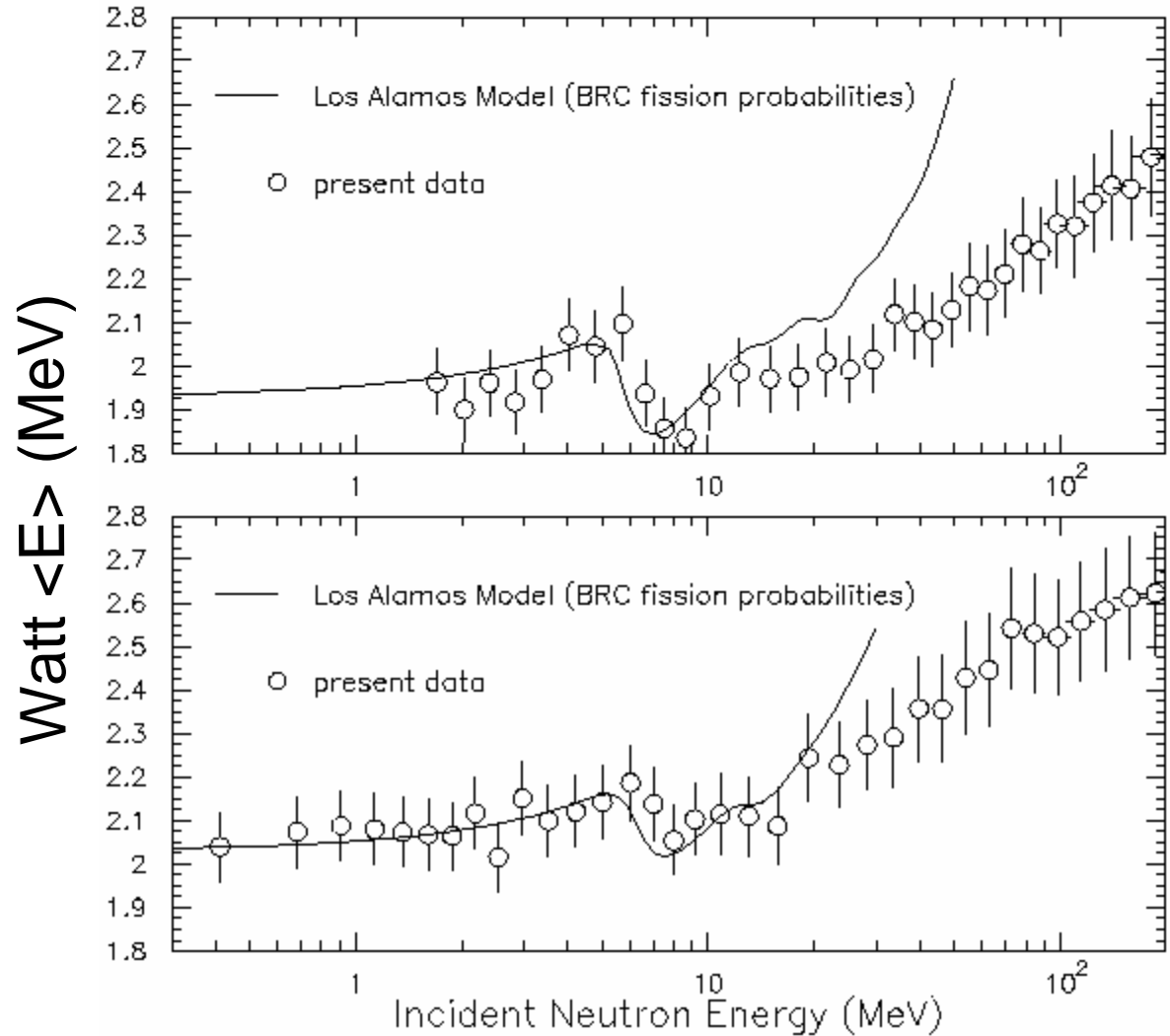


$^{238}\text{U}(n,f)$

$^{235}\text{U}(n,f)$

Ethvignot *et al.*
Phys. Lett. B (2003)

Énergie moyenne



Neutrons prompts de fission

Multiplicité moyenne

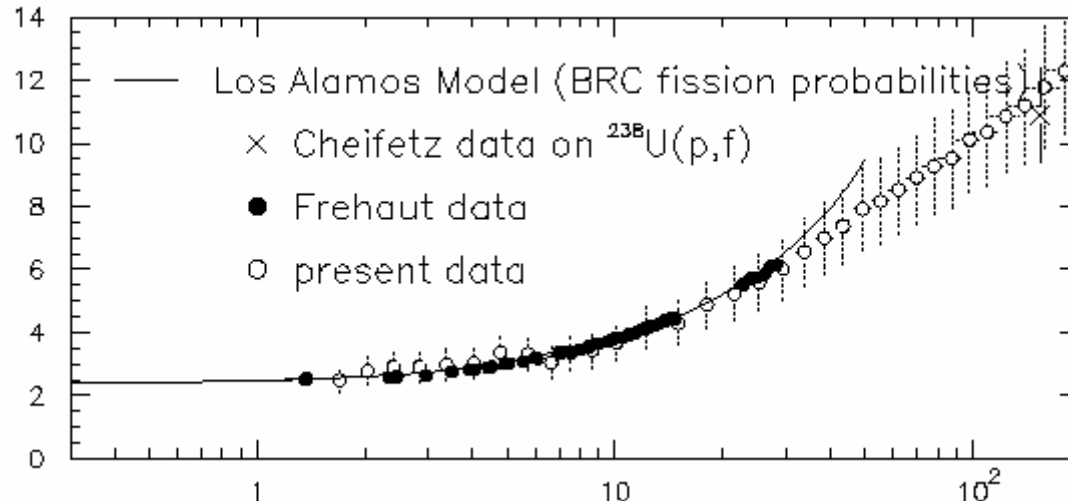


$^{238}\text{U}(n,f)$

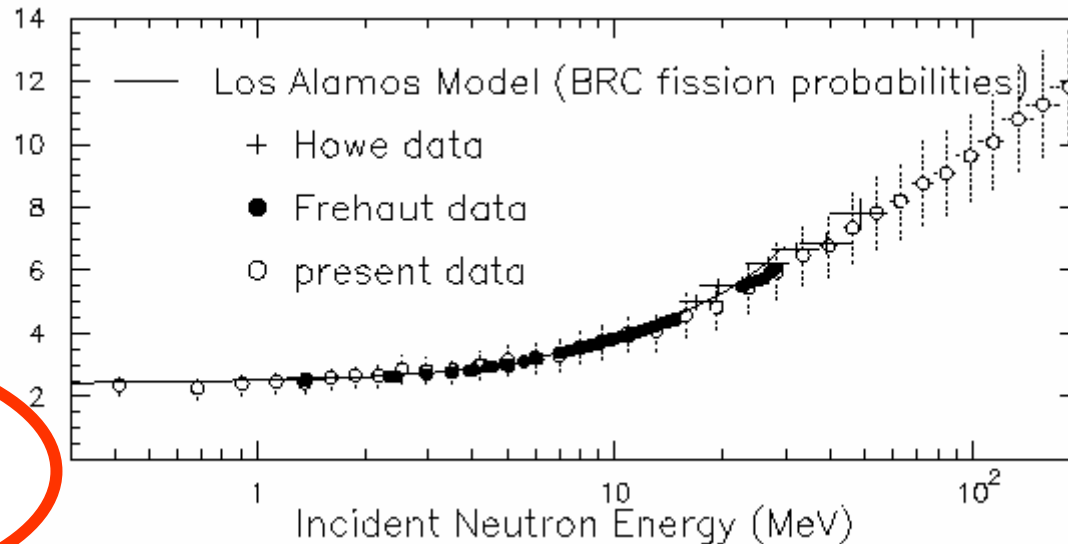
ν_p

$^{235}\text{U}(n,f)$

Ethvignot *et al.*
Phys. Rev. Lett.
(2005)



(15% error bar from χ^2 normalization to Fréhaut)



Neutrons prompts de fission

Trois sources de neutrons : BRIC (code Monte Carlo)



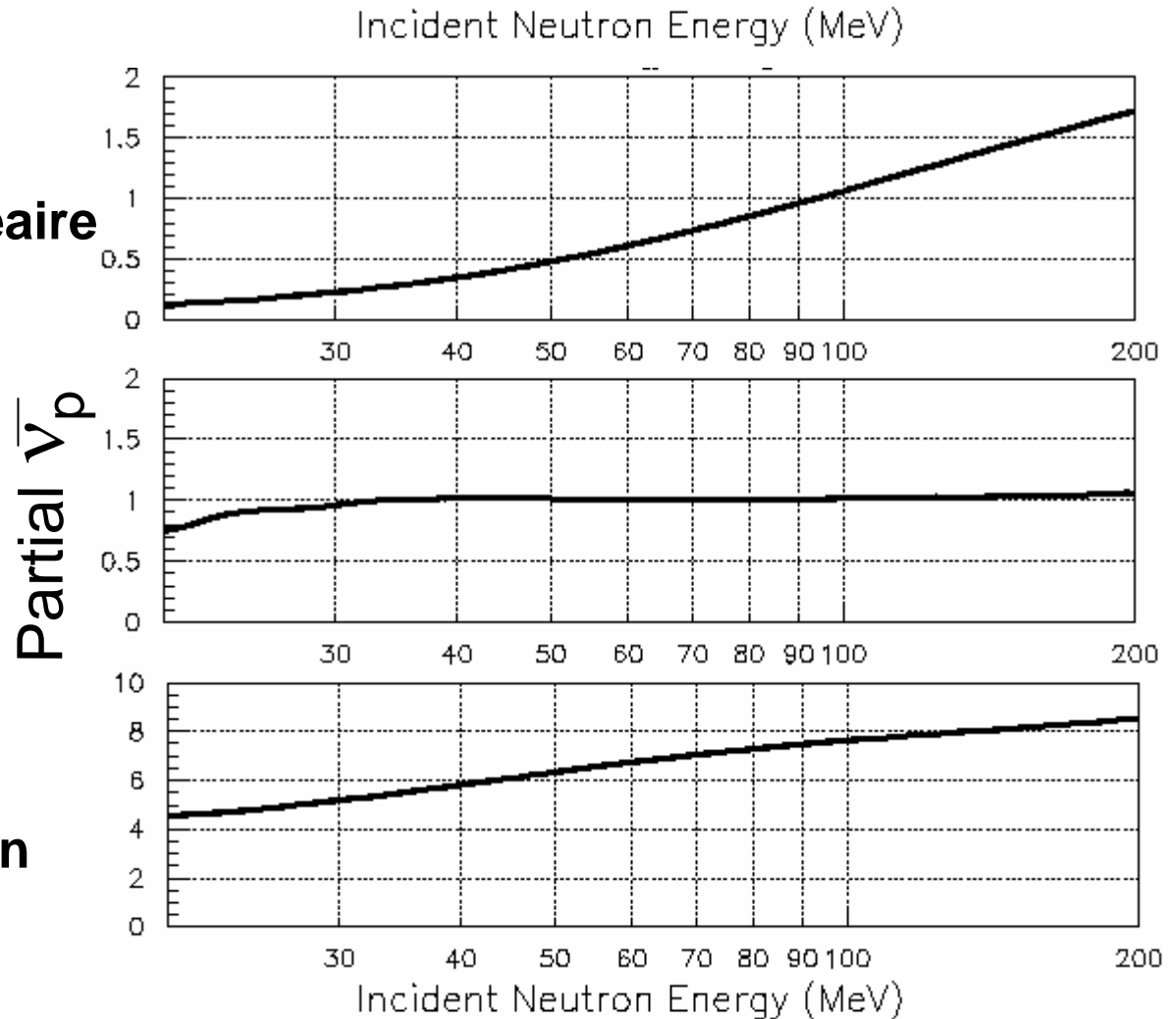
1. Cascade IntraNucléaire

$T > 10^{-22} \text{s}$

2. Evaporation du résidu

probabilité de fission

3. Evaporation des fragments de fission



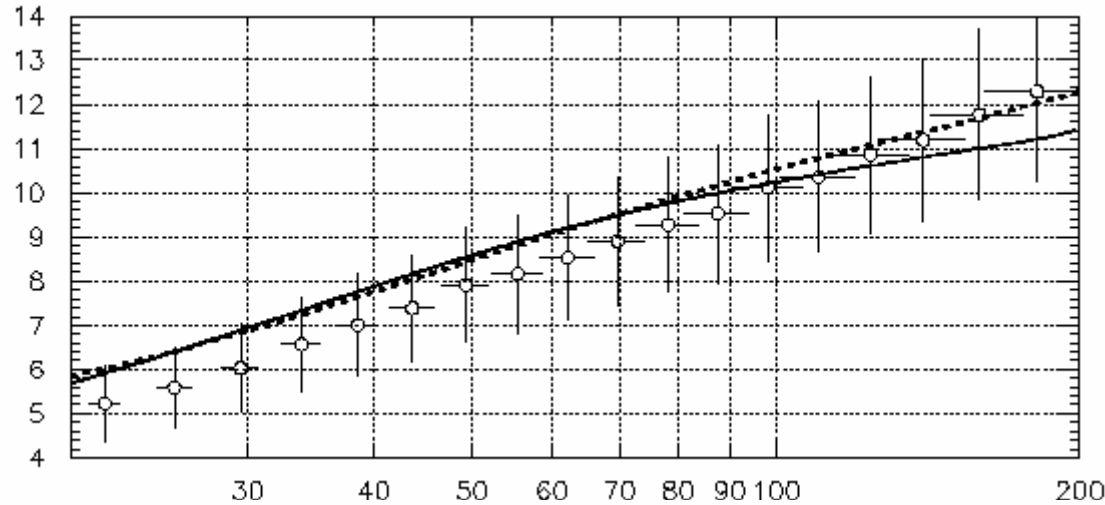
Neutrons prompts de fission

Simulation des coupures expérimentales avec BRIC



$^{238}\text{U}(n,f)$

ν_p

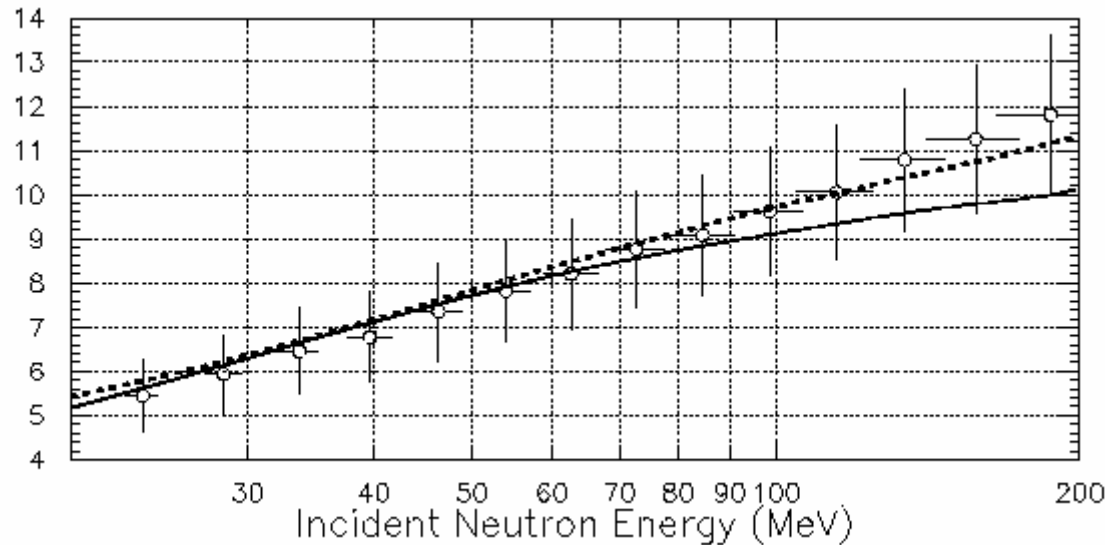


..... 4π

— Exp.

$0.8 < E < 7.5 \text{ MeV}$
 $80^\circ < \theta < 100^\circ$

$^{235}\text{U}(n,f)$

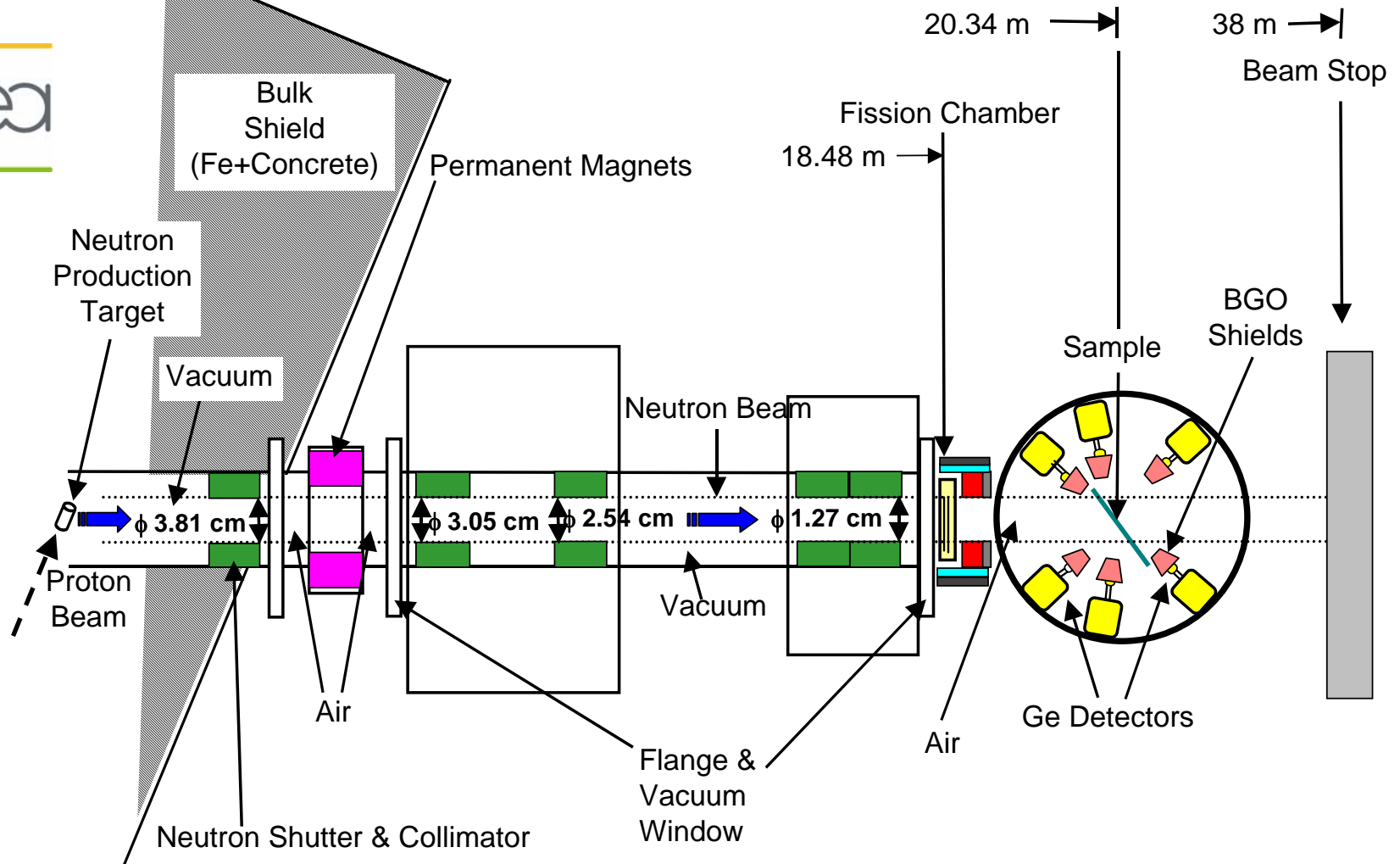


Neutrons prompts de fission



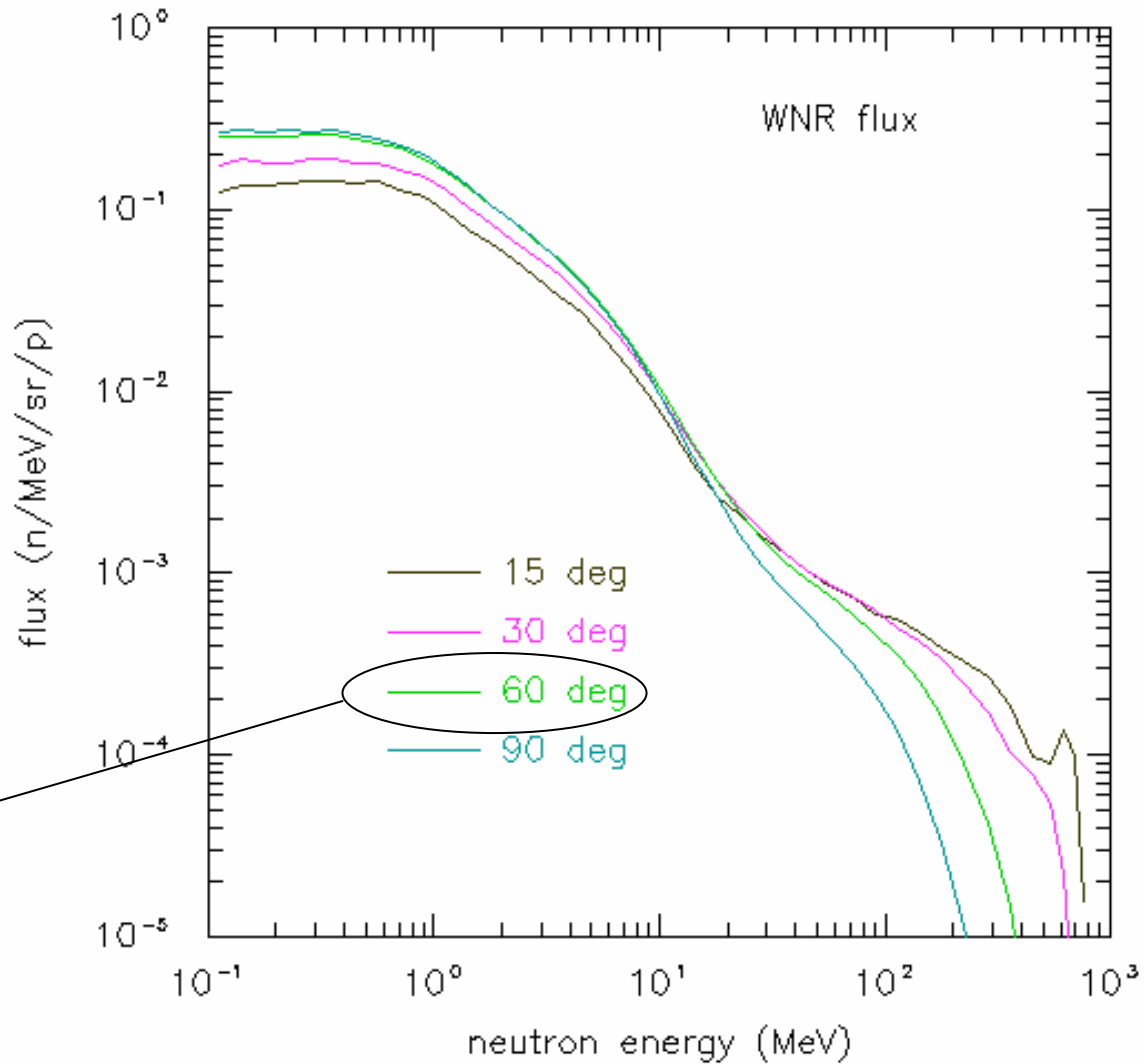
Rendements de fission

GEANIE: Germanium Array for Neutron Induced Excitations



Rendements de fission

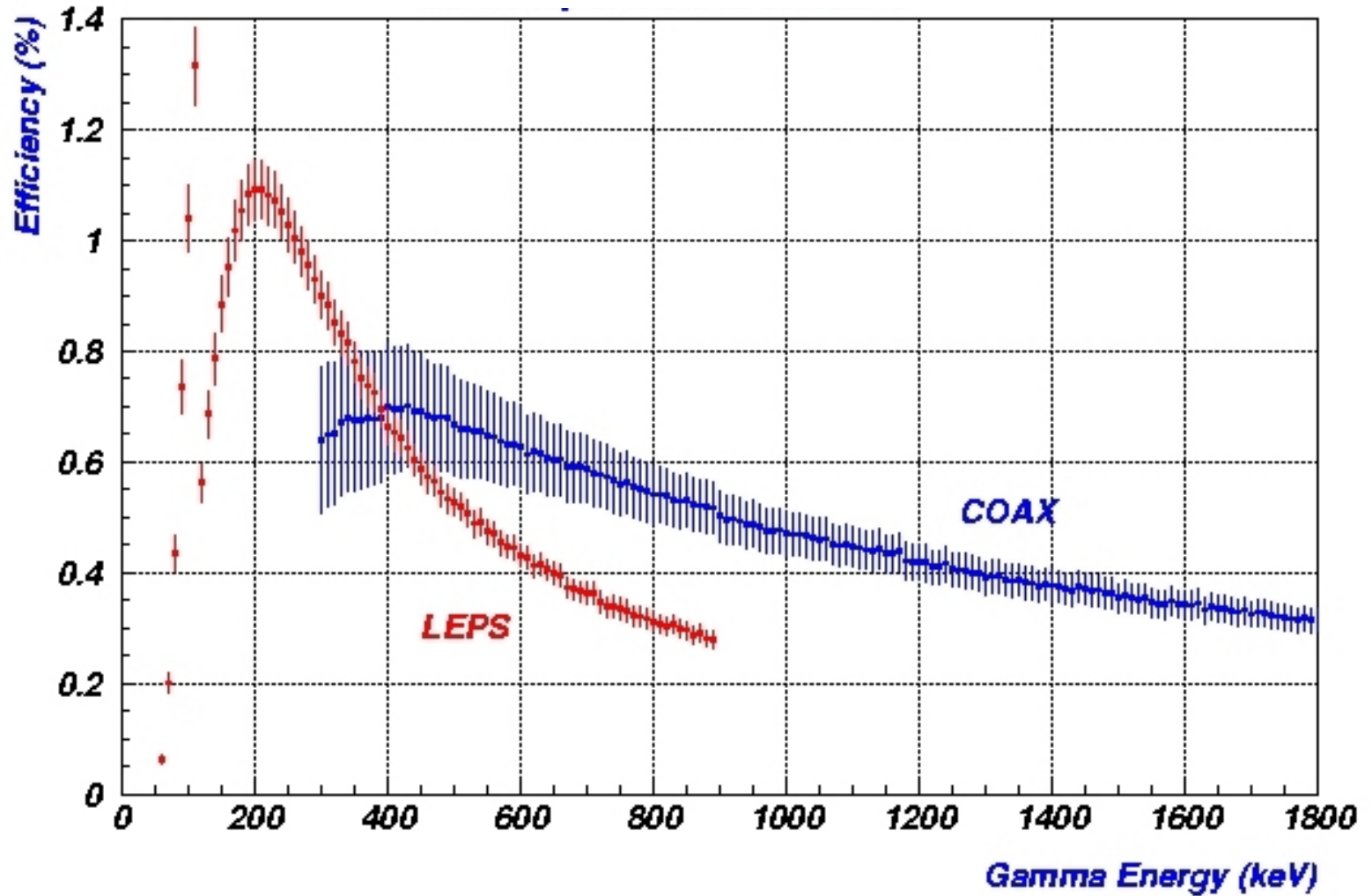
WNR – White Neutron Source



GEANIE

Rendements de fission

Efficacité de détection des germanium



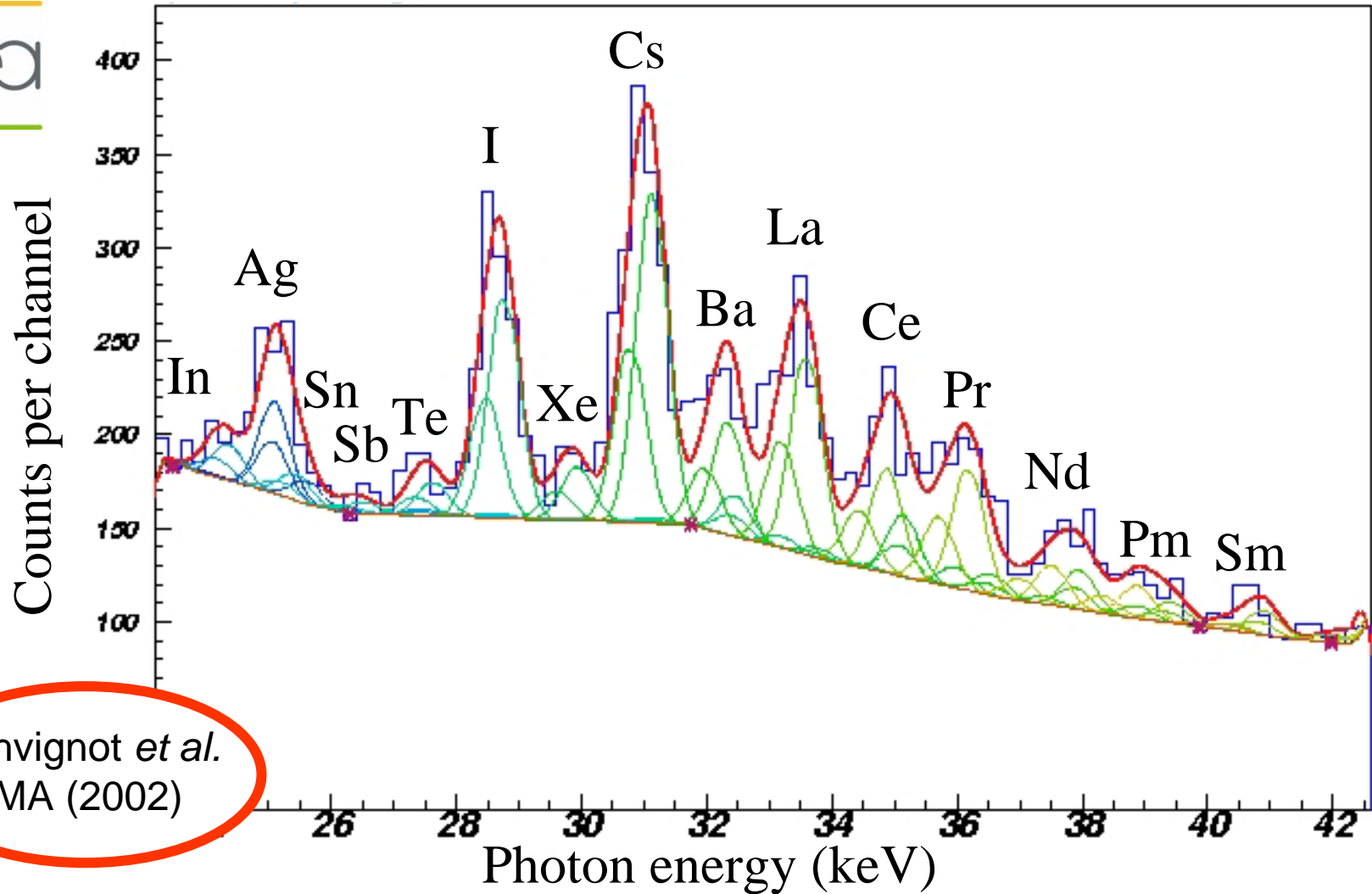
Rendements de fission

cible active: 8 dépôts d'uranium sur cellules solaires



Rendements de fission

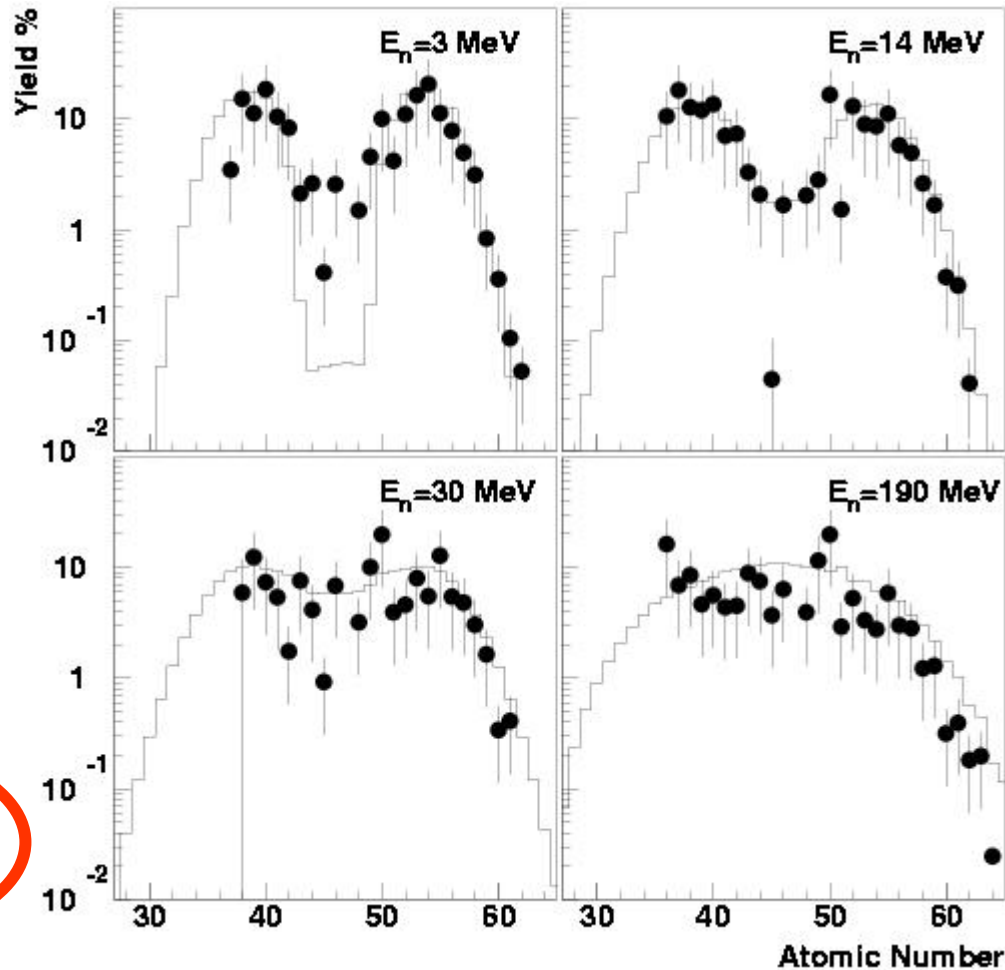
Spectre X: K_{α} , et K_{β} des fragments de fission



Ethvignot *et al.*
NIMA (2002)

Rendements de fission

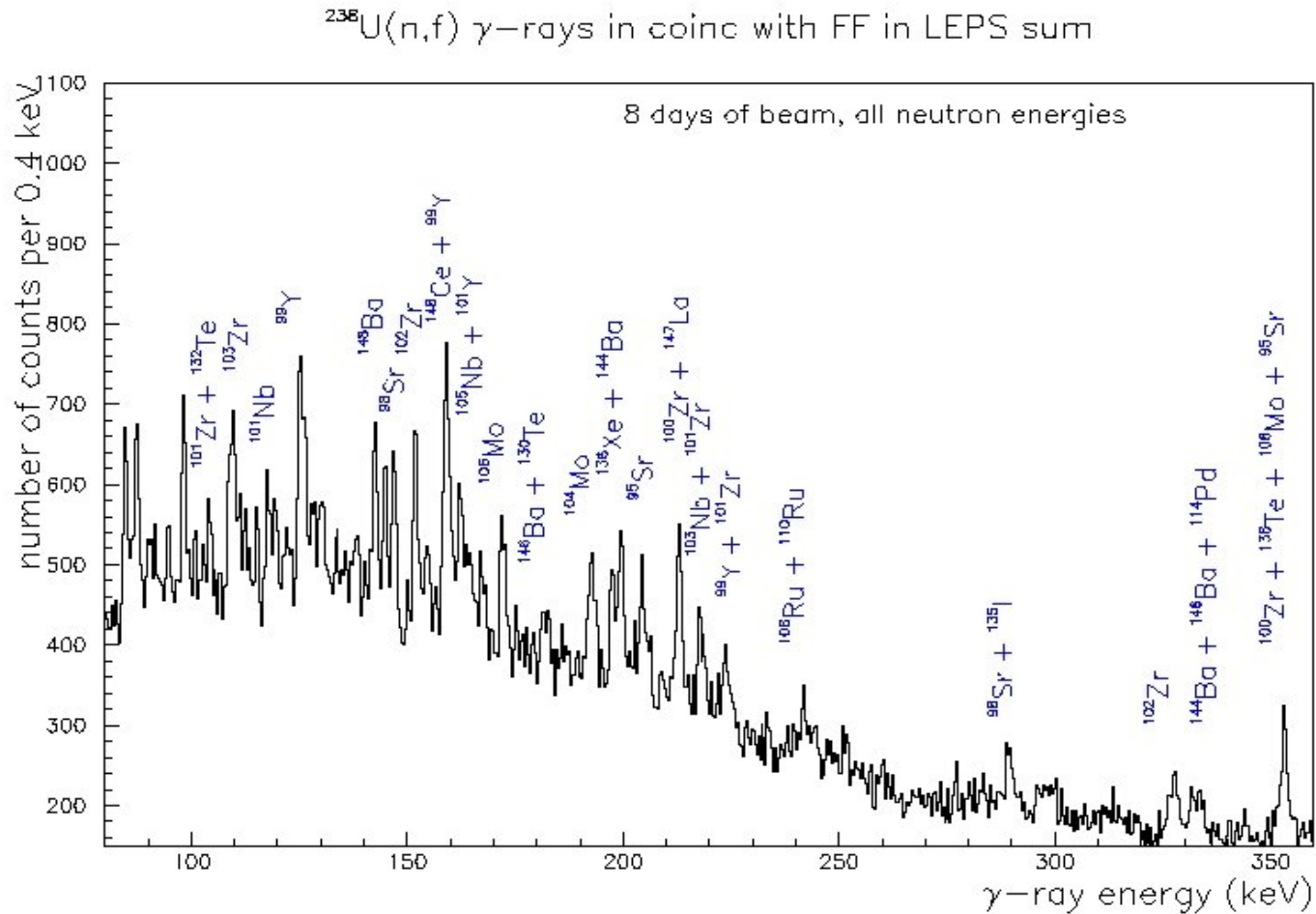
Extraction des distributions en charge des fragments de fission



Granier *et al.*
preprint (2005)

Rendements de fission

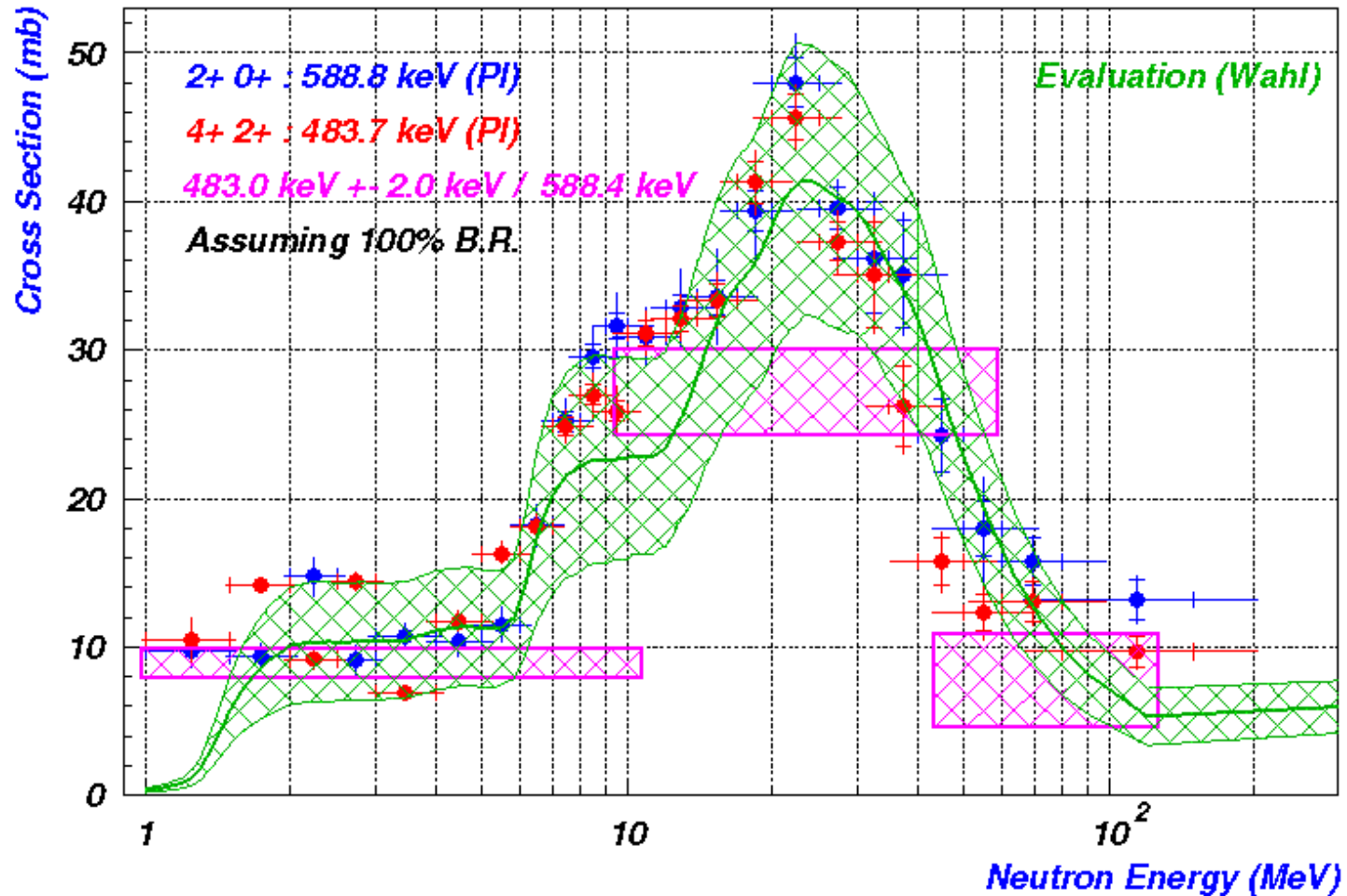
Spectre γ : exploitation des raies $2+ \rightarrow 0+$ (et autres) des $FF^* \rightarrow FF$



Rendements de fission

Spectre γ : obtention de dizaines de fonctions d'excitation

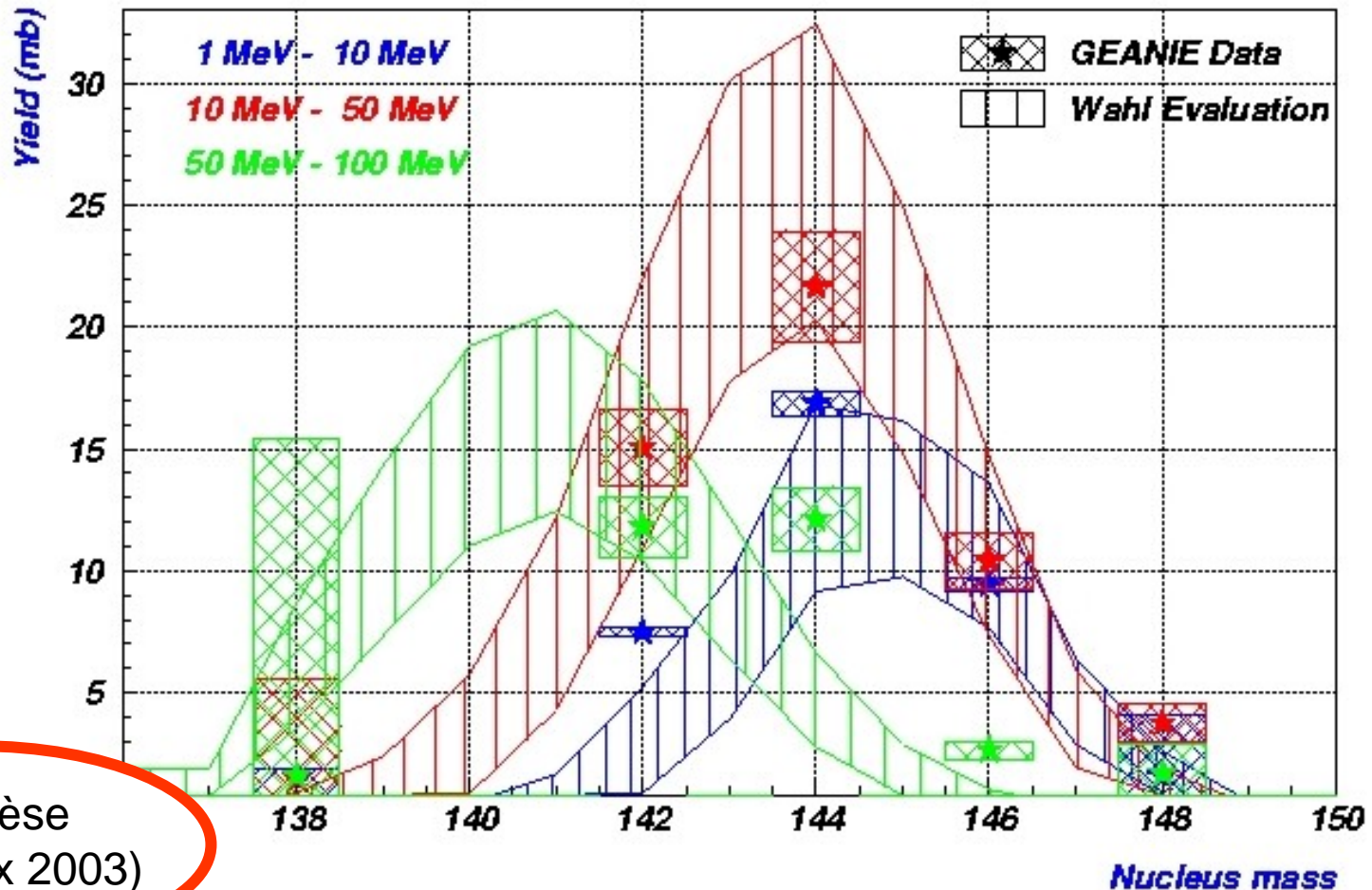
Xe 138 (Data 99)



Rendements de fission

Spectre γ : étude des déplacements isotopiques à haute énergie

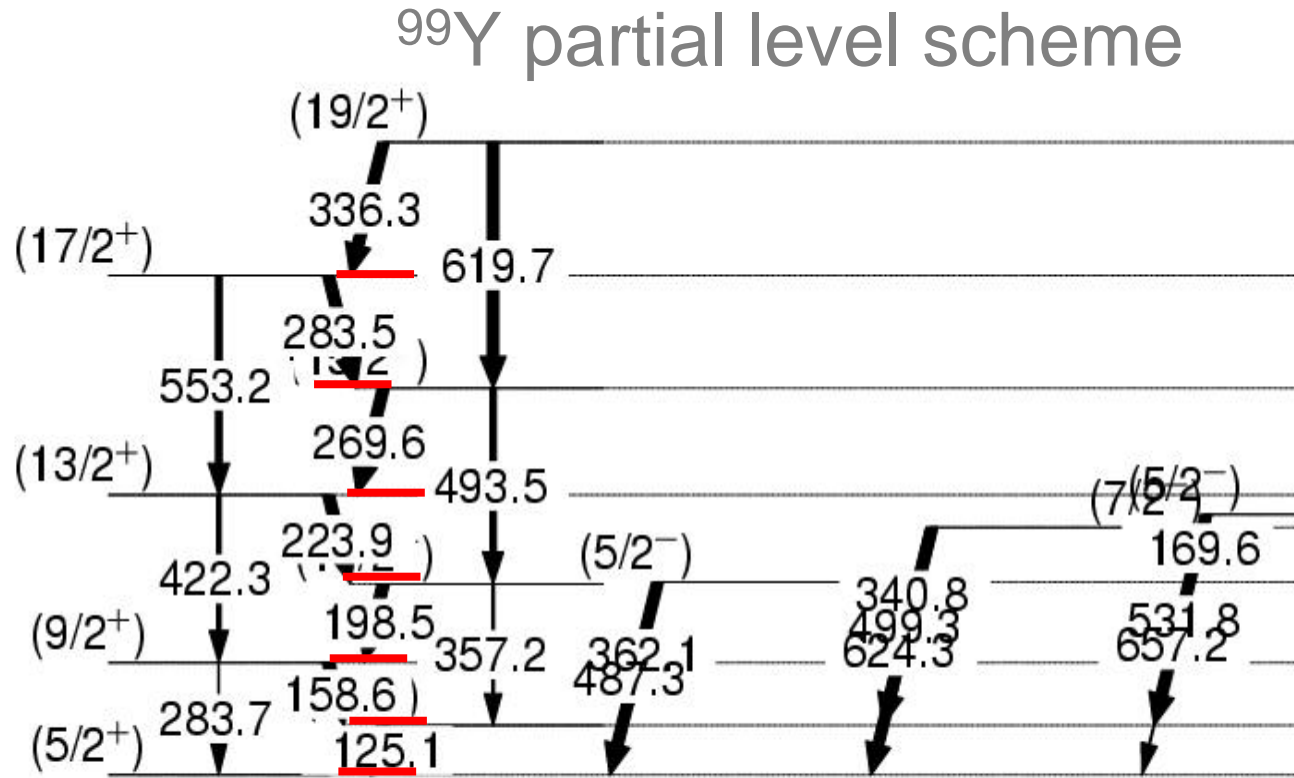
Isotopic distribution of Barium



Casoli, Thèse
(Bordeaux 2003)

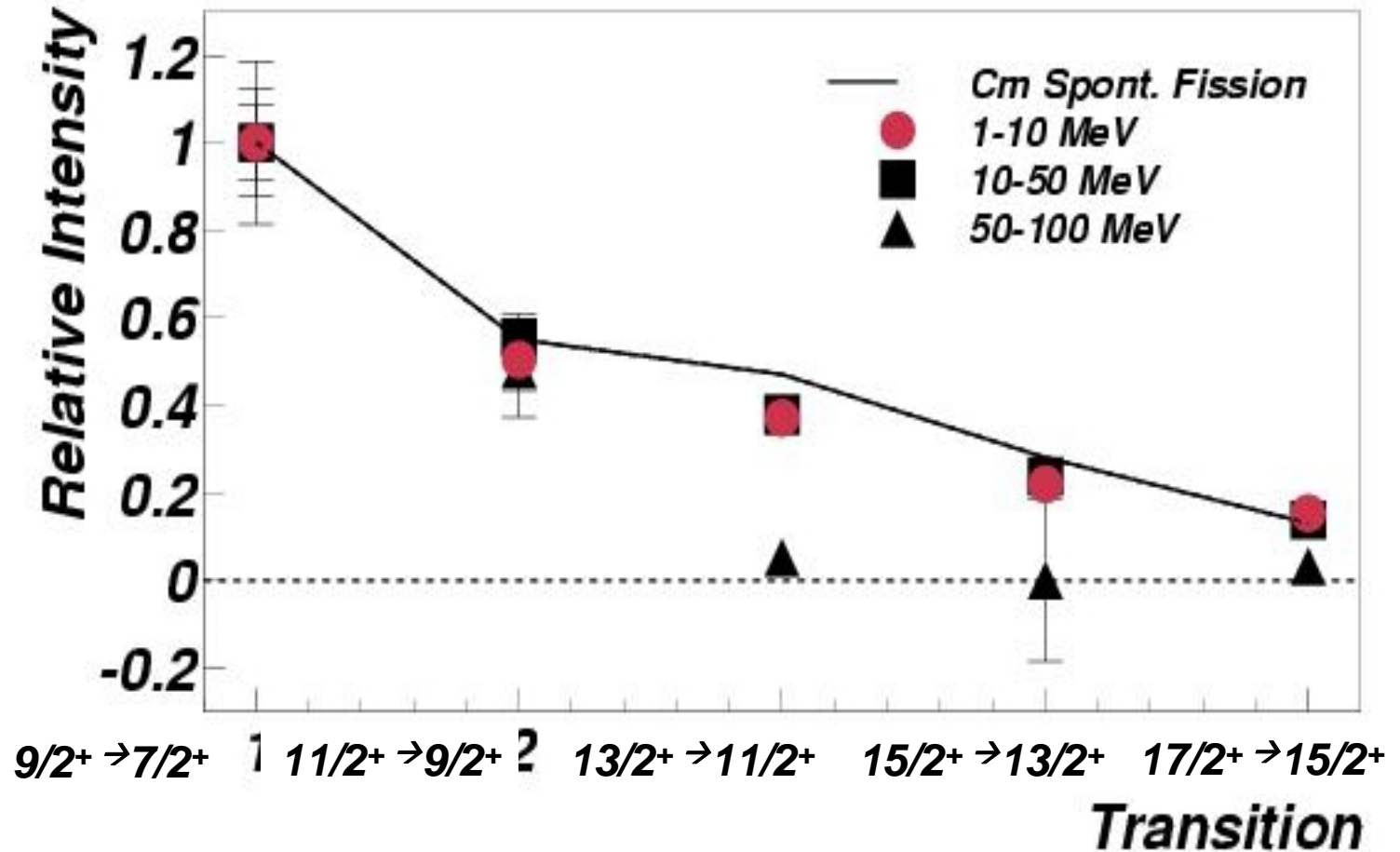
Rendements de fission

Spectroscopie des fragments



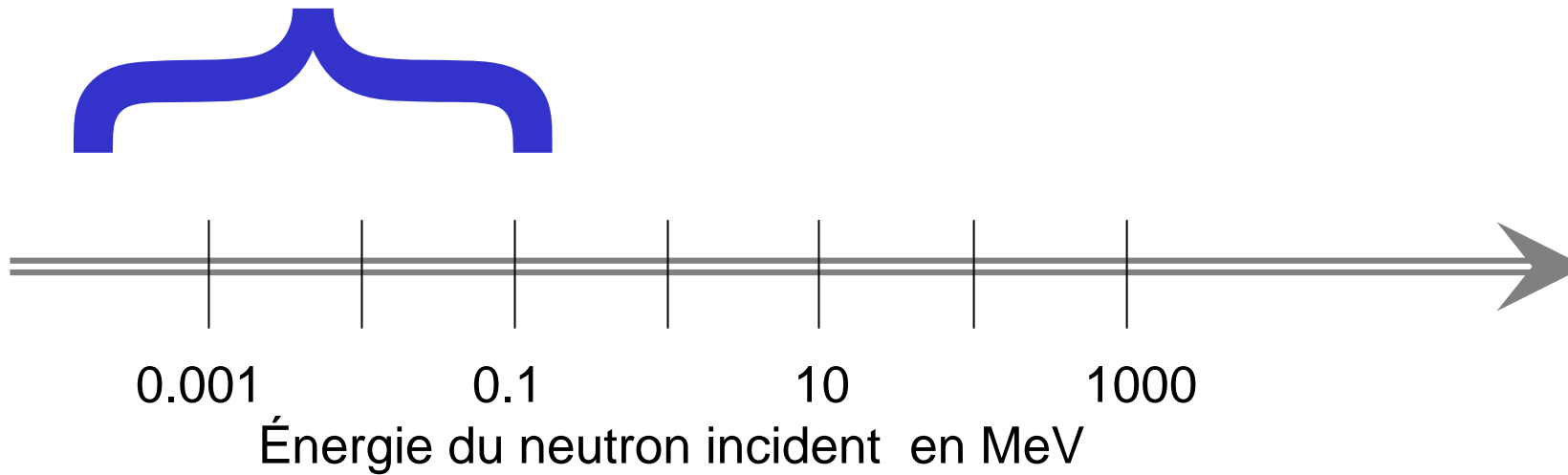
This GS band

Relative Intensities in ^{99}Y GS band



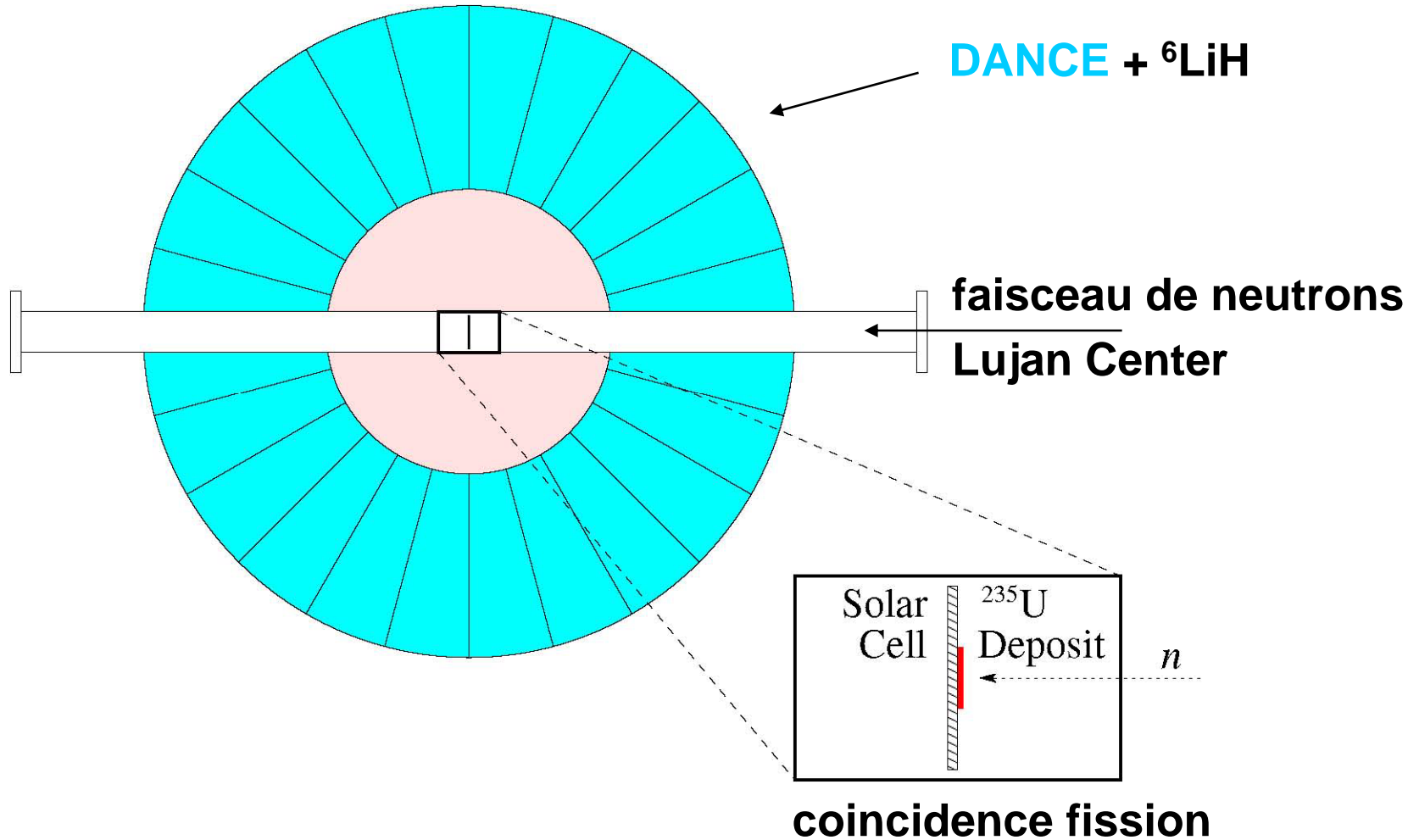
α ; E_γ et M_γ dans fission

Lujan Center



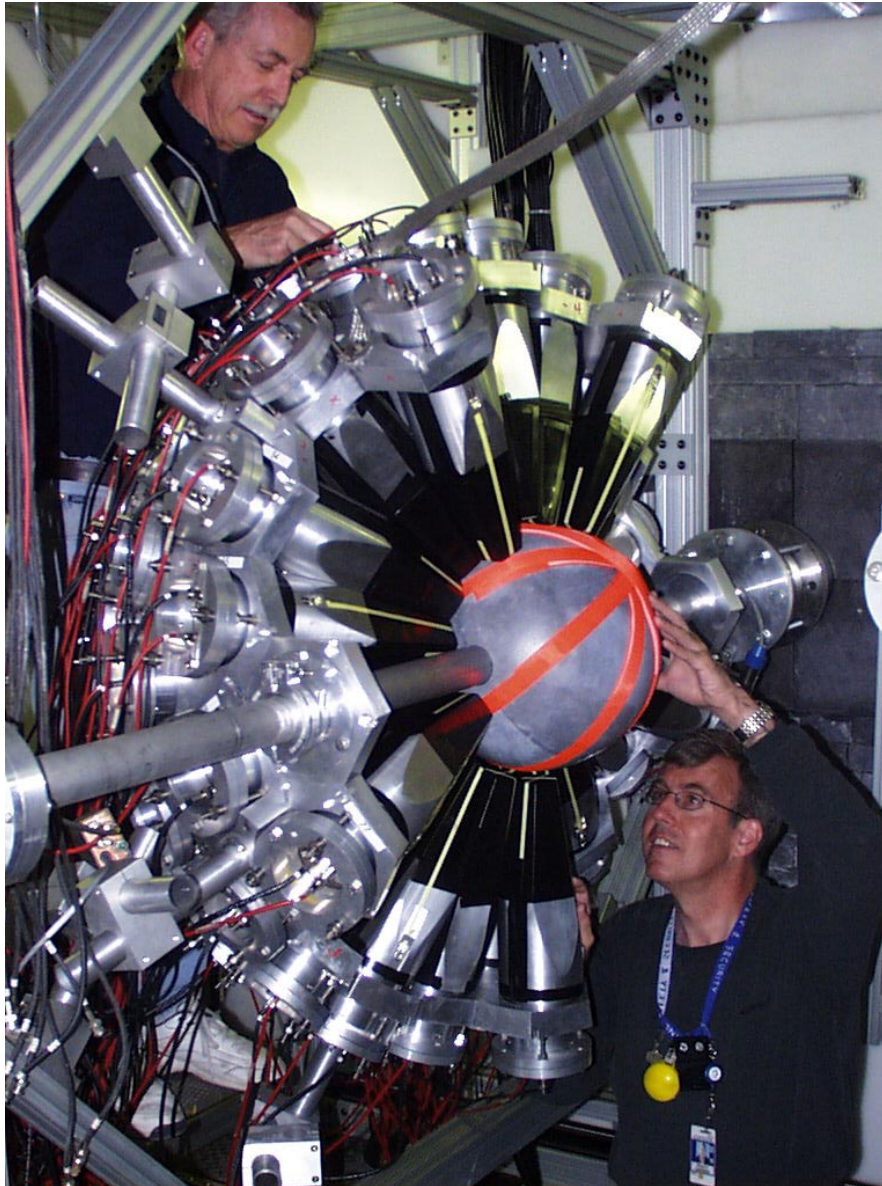
α ; E_γ et M_γ dans fission

DANCE : Detector Array for Neutron Capture Experiments



α ; E_γ et M_γ dans fission

cea



**DANCE –
160 BaF₂ γ -array**

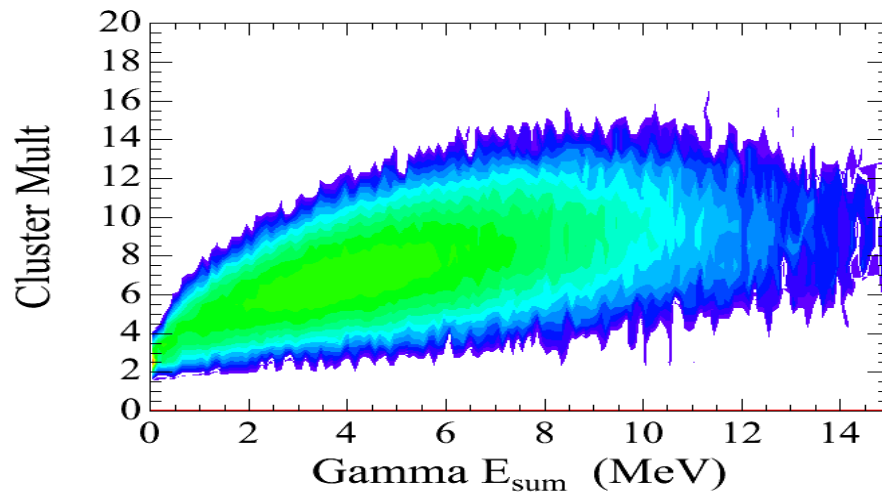
Détecteur de fragments de fission: 4 x 2 cellules solaires hors faisceau



α ; E_γ et M_γ dans fission

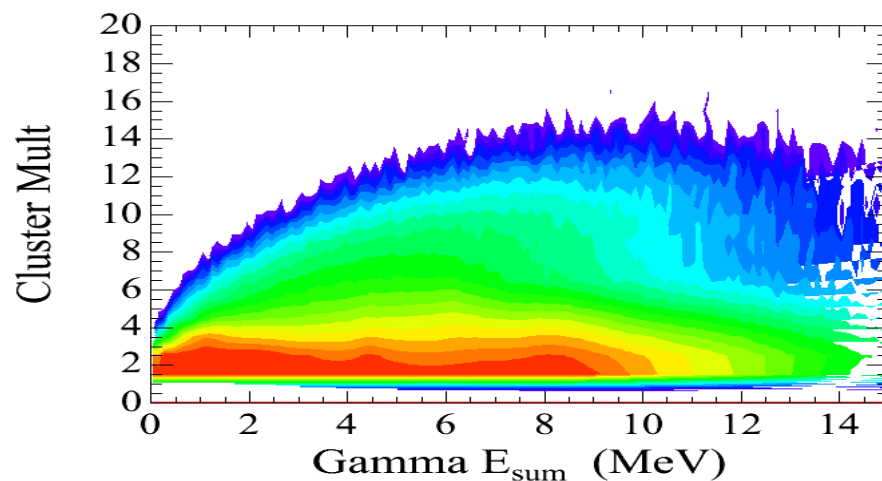


coincidence fission



(n,f) seulement

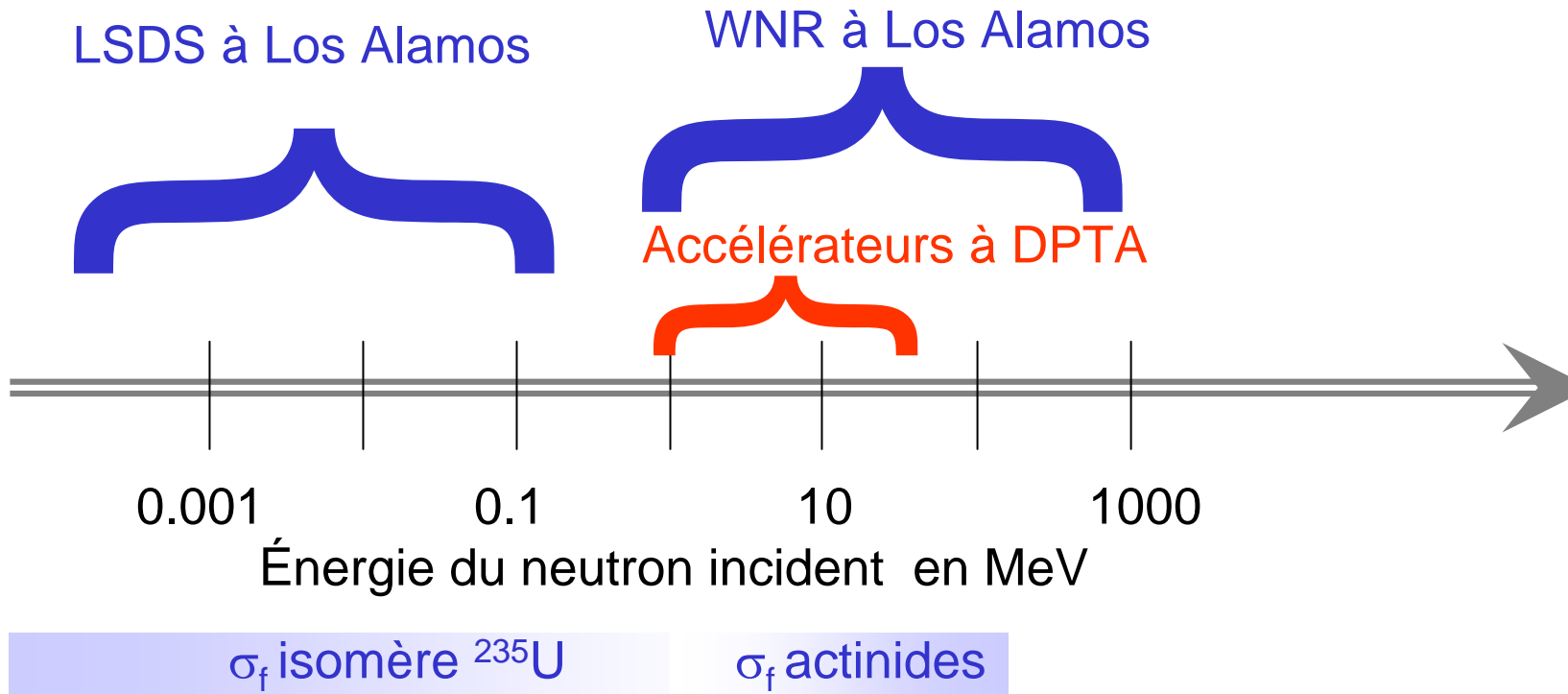
pas de coincidence



(n,f) + (n, γ)

$E_n = 8-12$ eV
résonance fission
de ^{235}U

sections efficaces de fission



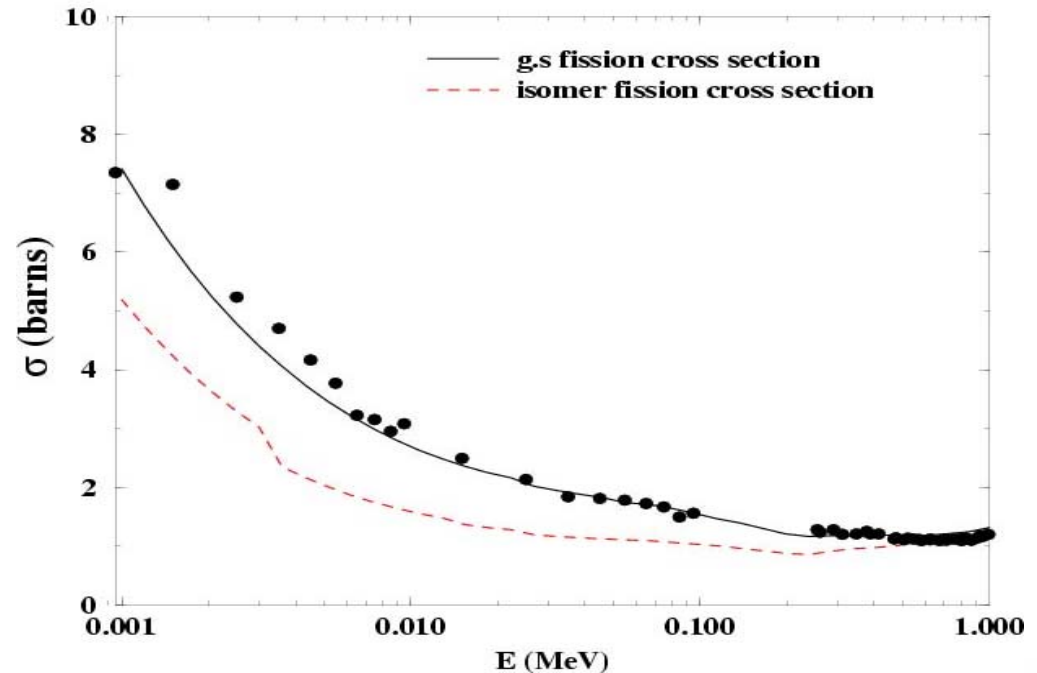
sections efficaces de fission

$^{235}\text{U}^m$ ($t_{1/2}=26$ mn)



Pas de mesure (sauf thermiques)
Mécanisme de fission

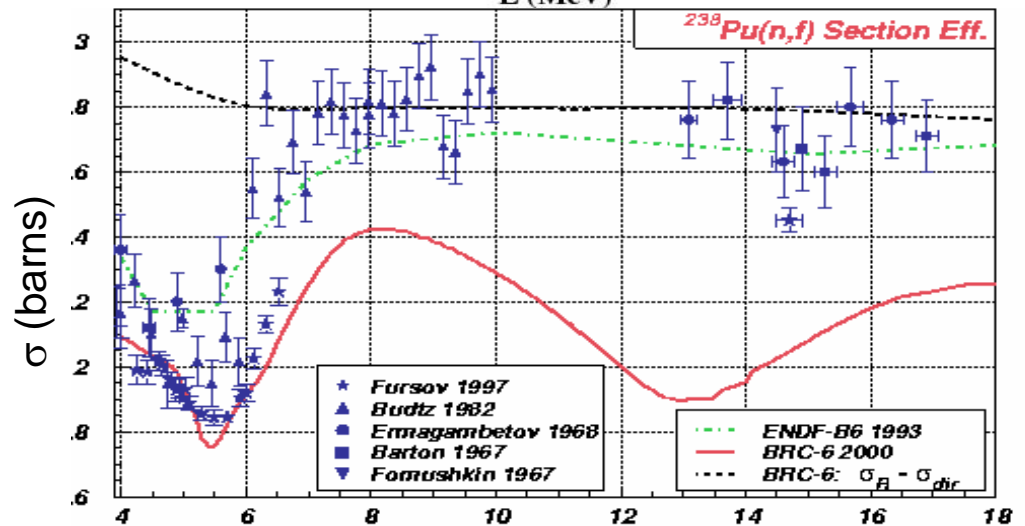
Réf: Lynn and Hayes,
PRC 67, 014607 (2003)



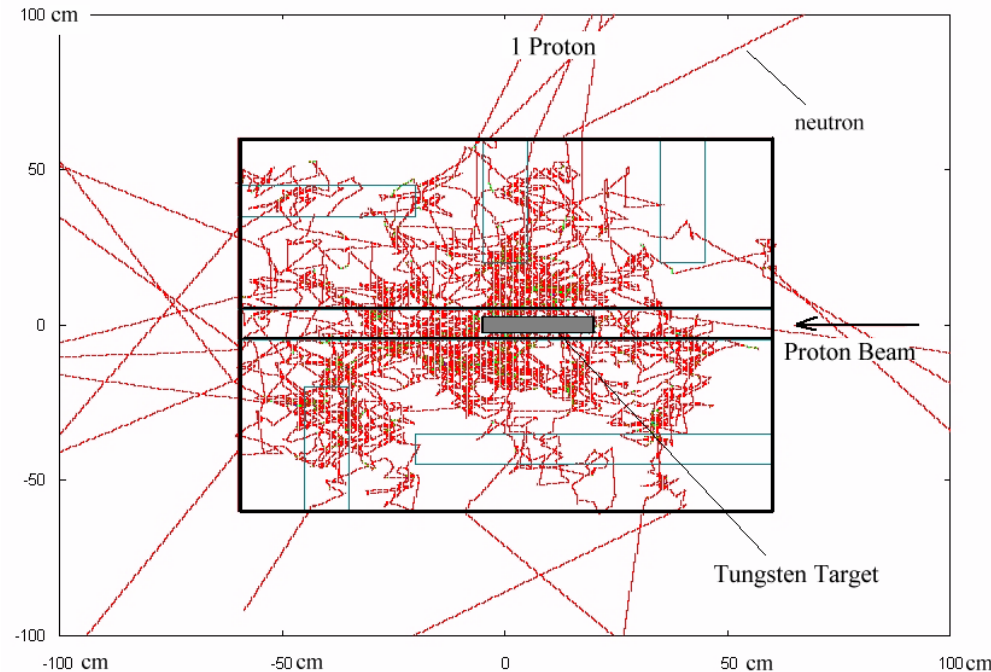
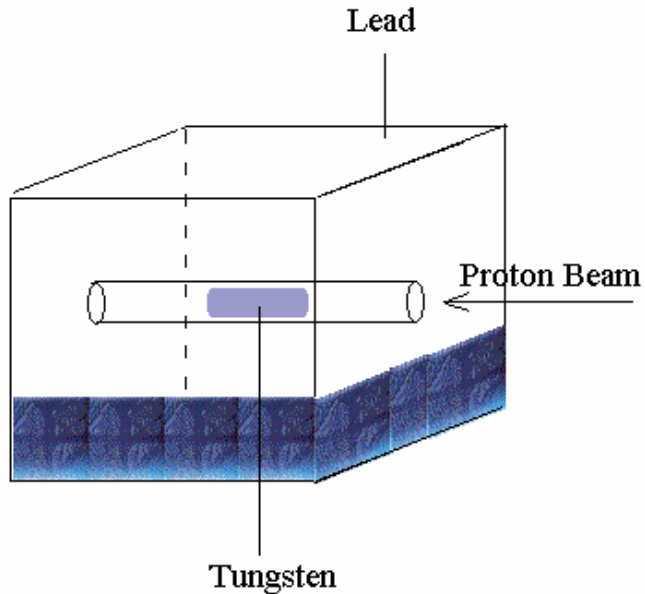
^{238}Pu ($t_{1/2}=80$ ans)

Incohérences expérimentales
Modèle contraint \rightarrow écart important

Réf: P. Romain (2004)



Principe de mesure d'un spectromètre au plomb



36 blocs de plomb pur
(1.2m x 1.2m x 1.2m) \approx 20 000 kg

Protons \rightarrow Cible de spallation \rightarrow Neutrons
« Pseudo » temps de vol

$$\bar{E} = \frac{K}{(t+t_0)^2}$$

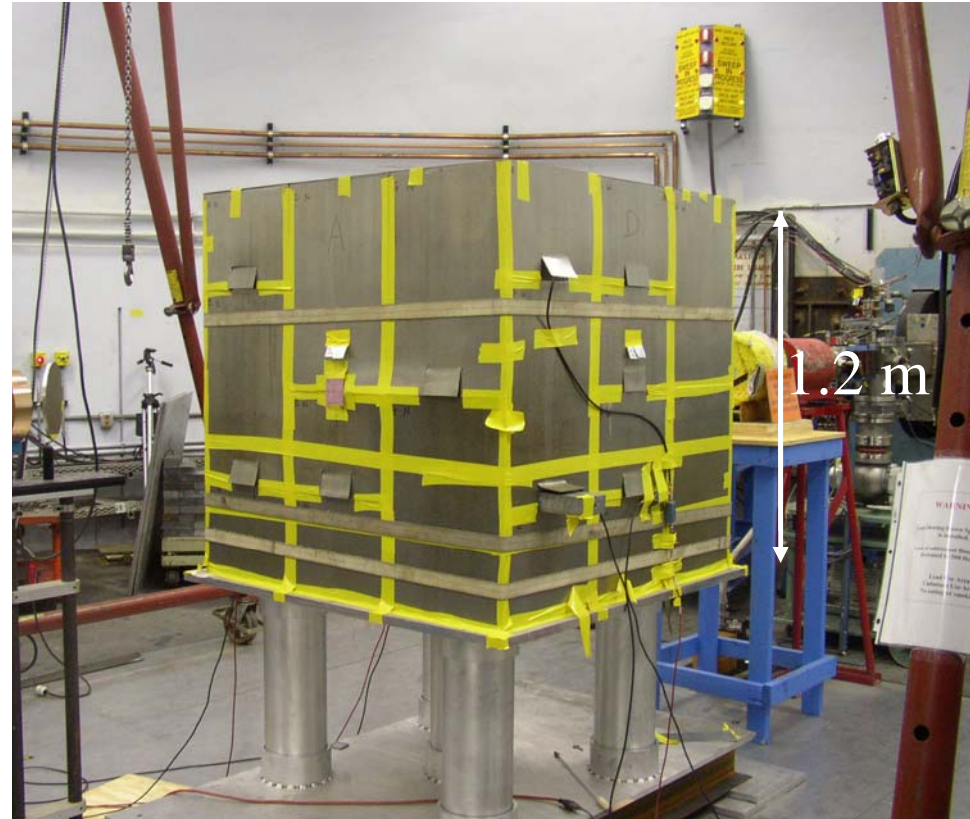
Granier *et al.*
NIMA (2003)

mais $\Delta E/E=30\%$

le cube du CEA/DAM à Los Alamos

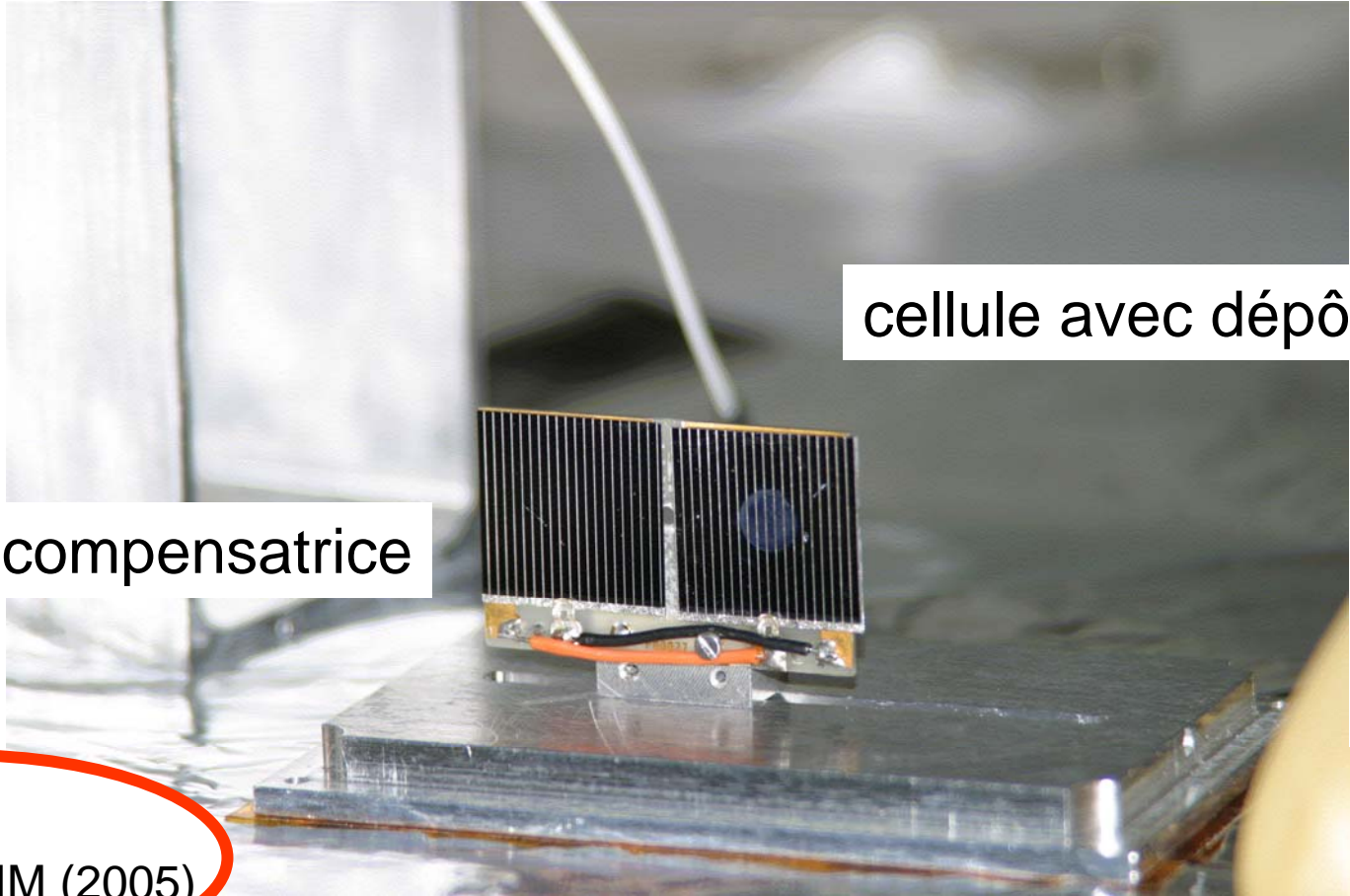


LSDS en cours de montage avec la cible de tungstène



LSDS complet couvert de cadmium

Développement de détecteurs à compensation pour atténuer le flash gamma (objectif de puissance 40 nC/ pulse)

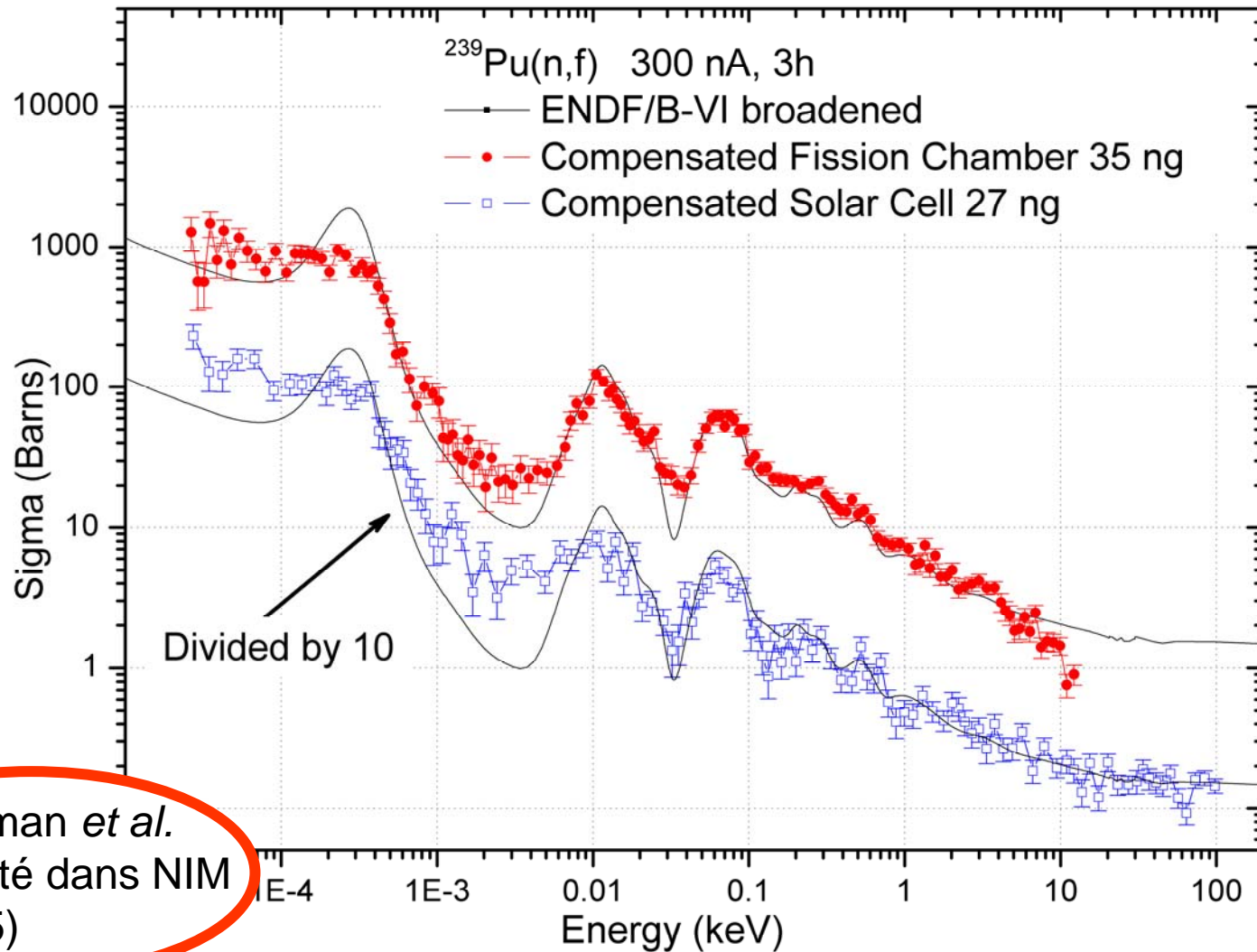


cellule avec dépôt

cellule compensatrice

Petit *et al.*
soumis à NIM (2005)

mesures avec des échantillons de quelques dizaines de ng



Rochman *et al.*
accepté dans NIM
(2005)

mesures à Bruyères-le-Châtel avec des chambres du CEA/Cadarache





X, γ et neutrons prompts de fission:

- répartition de l'émission de pré- et post-scission (FIGARO)
- bilan énergétique et compétition neutron-gamma (DANCE)
- systématiques sur U, Pu, Np et Am, Th

Sections efficaces de fission:

- obtention de $^{235}\text{U}^m/^{235}\text{U}$, puis ^{237}U (LSDS)
- mesures de précision sur ^{238}Pu , ^{233}U (WNR, DPTA)