



LES DONNÉES NUCLÉAIRES À L'IN2P3

- Contexte général des études
- Les besoins en lien avec le cycle électronucléaire
- Qu'est-ce qu'une donnée nucléaire ?
- Petit panorama des études en cours (morceaux choisis)
- Conclusions - Perspectives



CONTEXTE GÉNÉRAL DES ÉTUDES

Communauté née et constituée depuis ~ 1991 (PACE-PACEN - et NEEDS)

- Mobilisation des compétences « structure nucléaire et mécanismes de réaction »
- Travail en partenariat étroit avec le CEA (DSM, puis DAM et DEN)
- Partenariat avec industriels (AREVA, EDF)

Création d'une structure de coordination IN2P3-CEA

- Force de proposition scientifique et technique commune
- Préparation de réponses concertées aux différents AAP et actions de collaboration

Contexte international

Travaux en lien avec la NEA (ateliers JEFF, ...)

Participation à de nombreux programmes européens:

NUDAME, EUFRAT, EFNUDAT, ERINDA, NUDATRA, ANDES, CHANDA

Les forces à l'IN2P3

CENBG - Bordeaux (1 PR, 2 MdC, 2 CR, 3thèses)

IPHC - Strasbourg (2 CR/DR, 1 éméritat, 1 CDD, 1 ATER, 1 thèse

IPNO - Orsay (2 CR/DR, 2 MdC, 2 thèses)

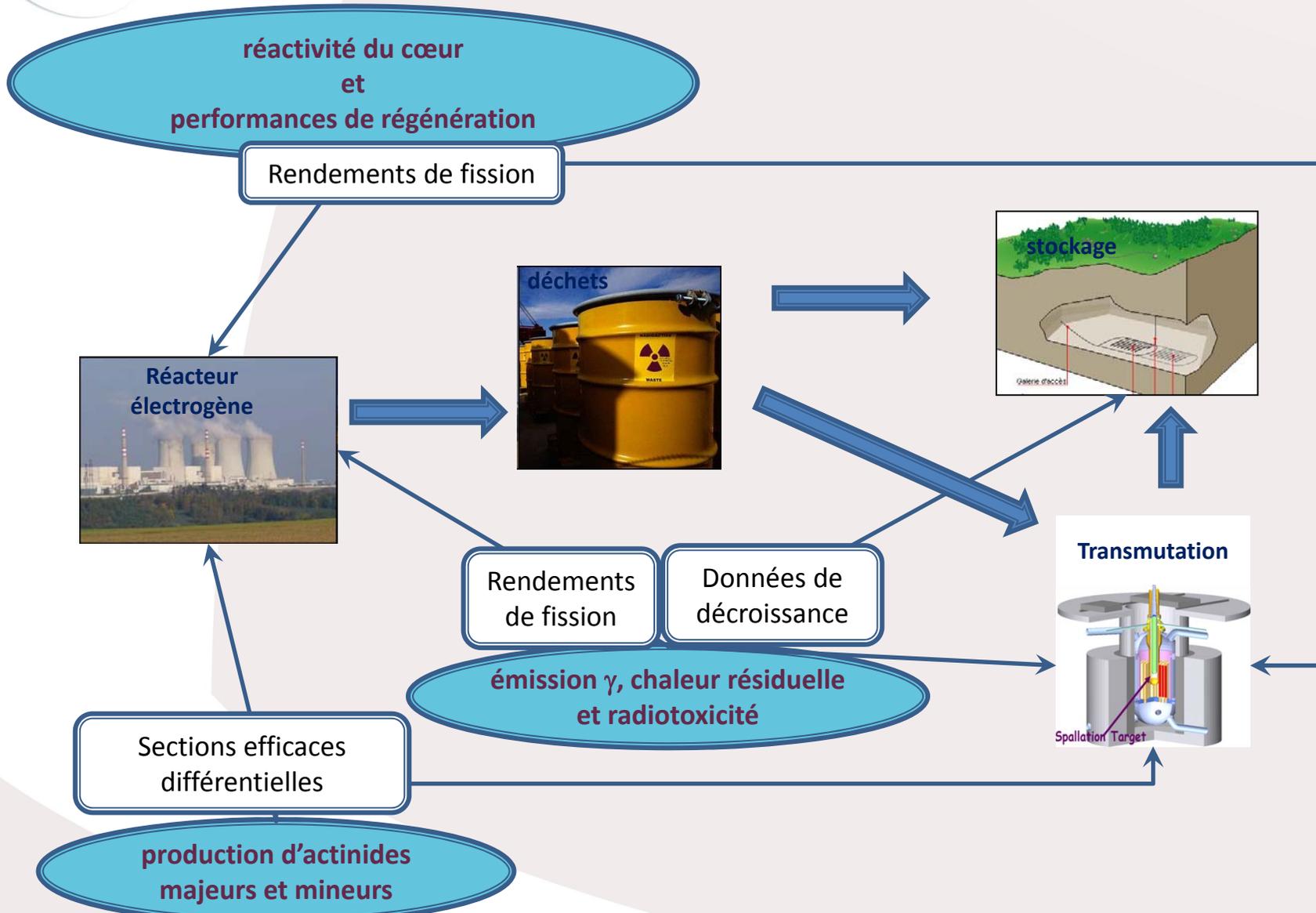
LPCC - Caen (2 MdC à ½ temps)

LPSC - Grenoble (2 MdC + 2 thèses)

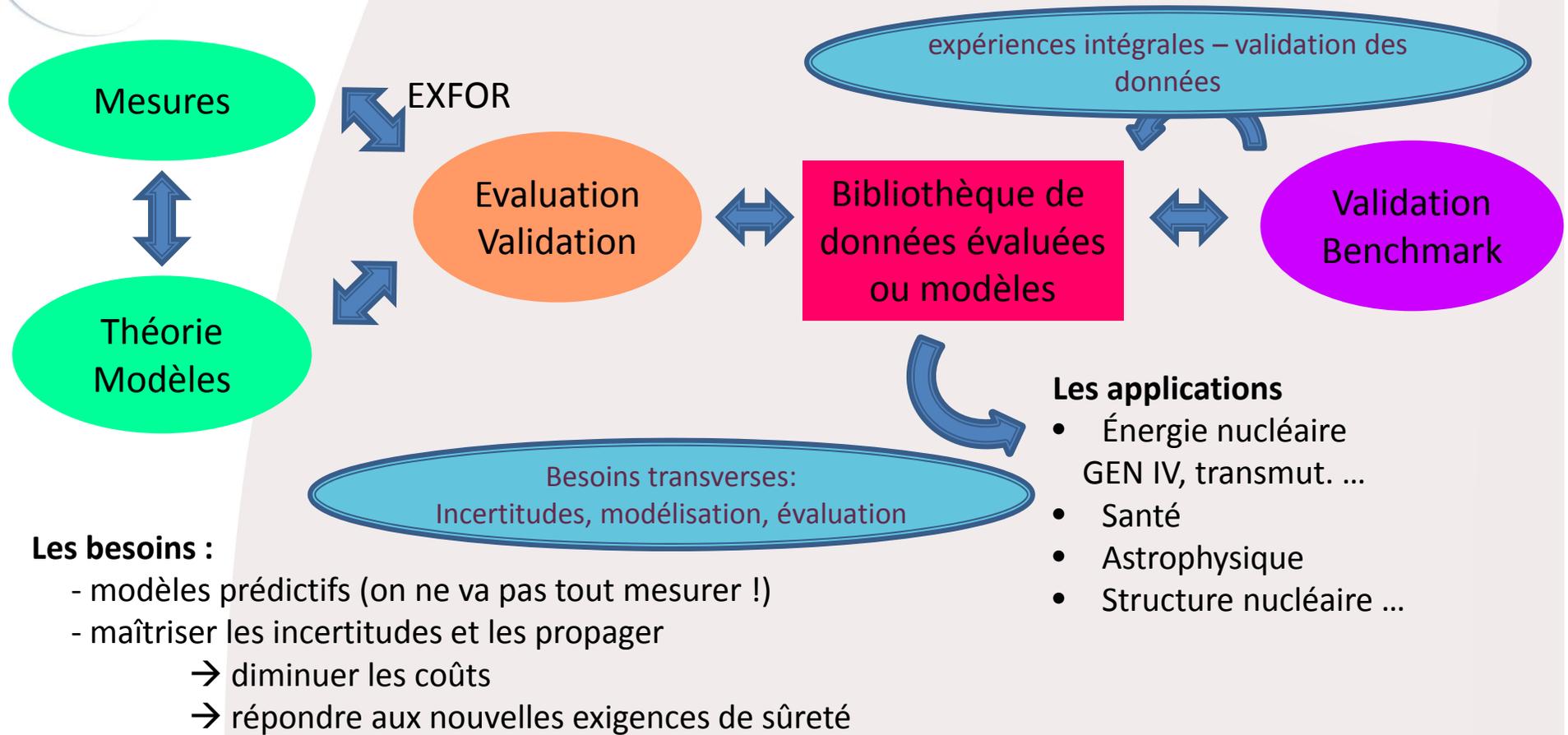
SUBATECH – Nantes (1,5 MdC, 1 thèse)

~ 10 ETPT, 10 thèses en cours

LES BESOINS EN DONNÉES NUCLÉAIRES



PROCESSUS D'ÉVALUATION / VALIDATION DES DONNÉES

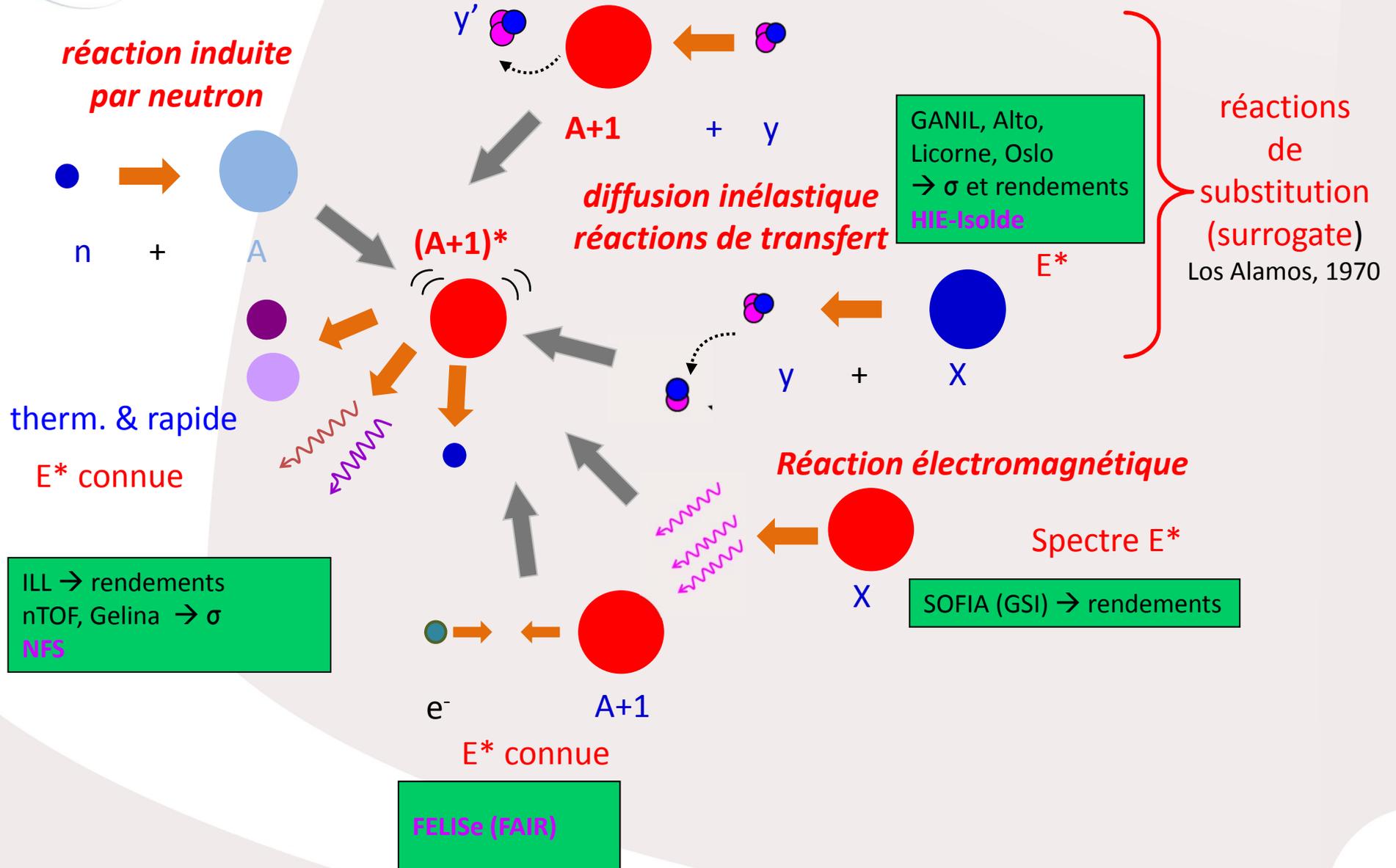


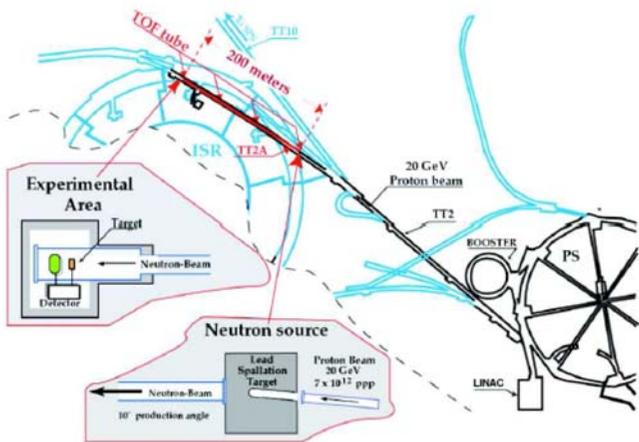
Les besoins :

- modèles prédictifs (on ne va pas tout mesurer !)
- maîtriser les incertitudes et les propager
 - diminuer les coûts
 - répondre aux nouvelles exigences de sûreté

Toutes les mesures ne peuvent pas être à visée applicative à court terme

MESURES DE SECTIONS EFFICACES - MESURES DE RENDEMENTS DE FISSION





$0,7 \text{ eV} < E_n < 1 \text{ GeV}$

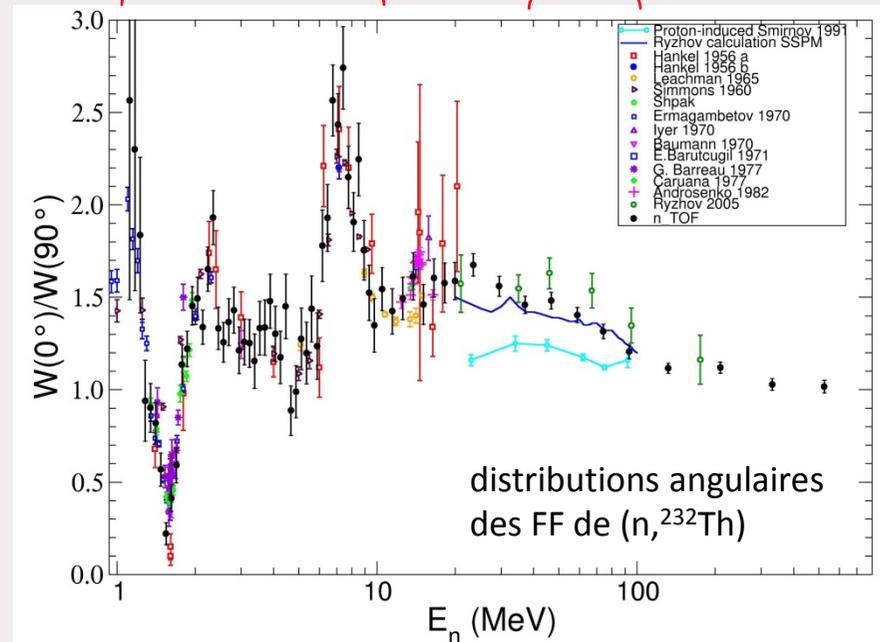
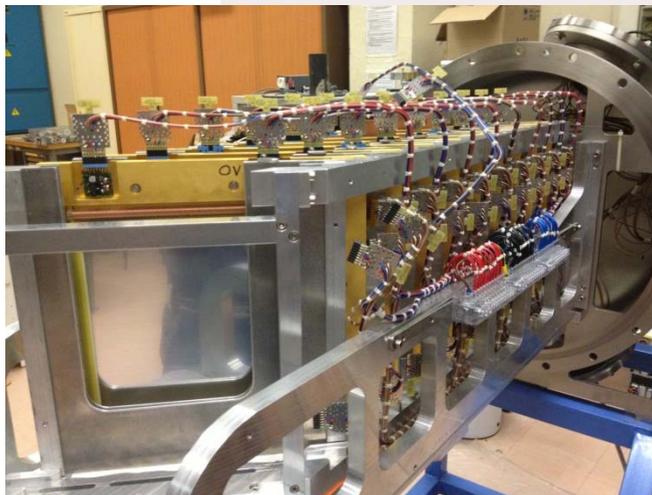
Base de temps de vol: 180m

Depuis 1999 ,

mesure de ^{nat}Pb , ^{209}Bi , ^{232}Th , $^{233,234,238}\text{U}$ et ^{237}Np
 précision de 4 à 6%

**Bonne reproduction
des mesures antérieures!**

**Bon accord avec modèle de Ryzhov
Désaccord avec mesures en p**

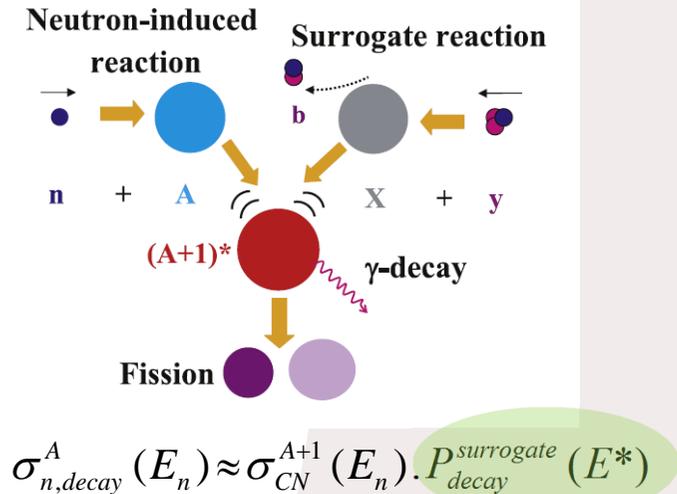


Grande dynamique en énergie !

Perspectives

Poursuite des mesures de distributions angulaires
 Mesure de ^{231}Pa ?

RÉACTIONS DE SUBSTITUTION



Support théorique nécessaire

${}^3\text{He}$ (24 MeV) + ${}^{243}\text{Am}$ ($T_{1/2} = 7370$ y)

Réaction de transfert

Réaction induite par neutron



$T_{1/2} = 29$ y

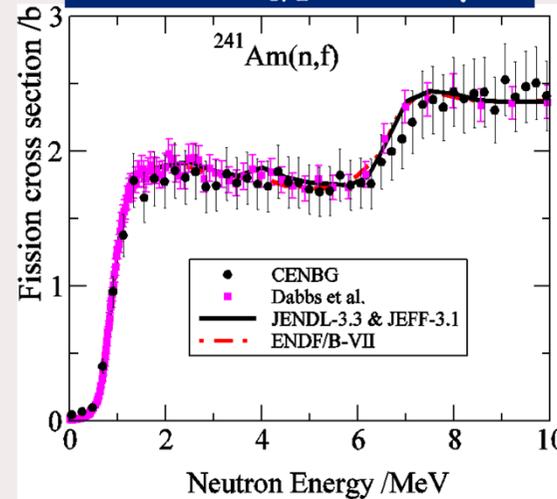


$T_{1/2} = 163$ d

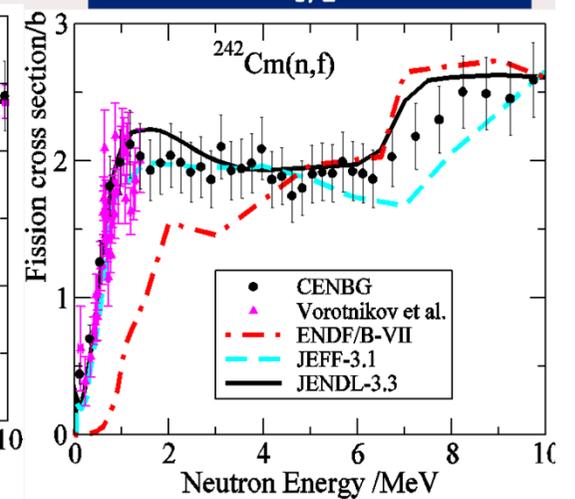


$T_{1/2} = 432$ y

${}^{241}\text{Am}$ $T_{1/2} = 432.6$ y

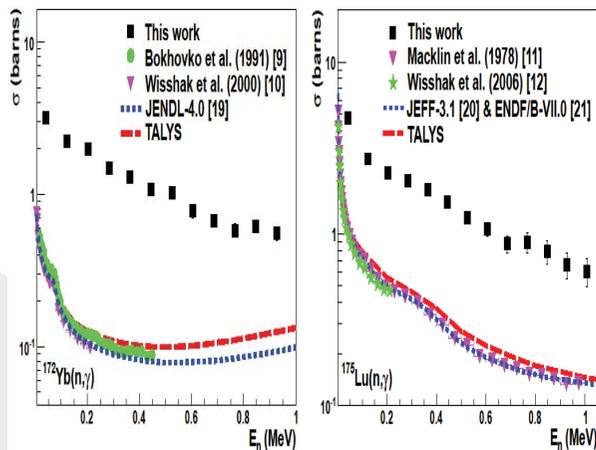


${}^{242}\text{Cm}$ $T_{1/2} = 163$ d



G.Kessedjian et al., PLB692(2010)297

${}^{174}\text{Yb}({}^3\text{He}, {}^4\text{He}){}^{173}\text{Yb}$



G.Boutoux et al., PLB712(2012)319

$({}^3\text{He}, {}^4\text{He})$ et (n,γ) : différents J^π peuplés

Fission: méthode efficace et puissante

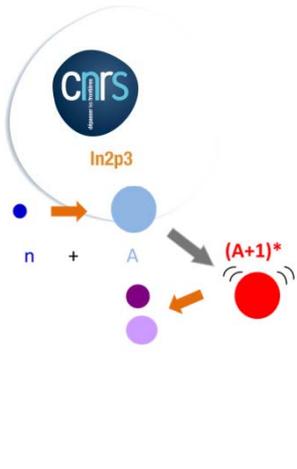
Capture:

Étudier les distributions de J^π peuplés

Corriger les résultats des différences de J^π

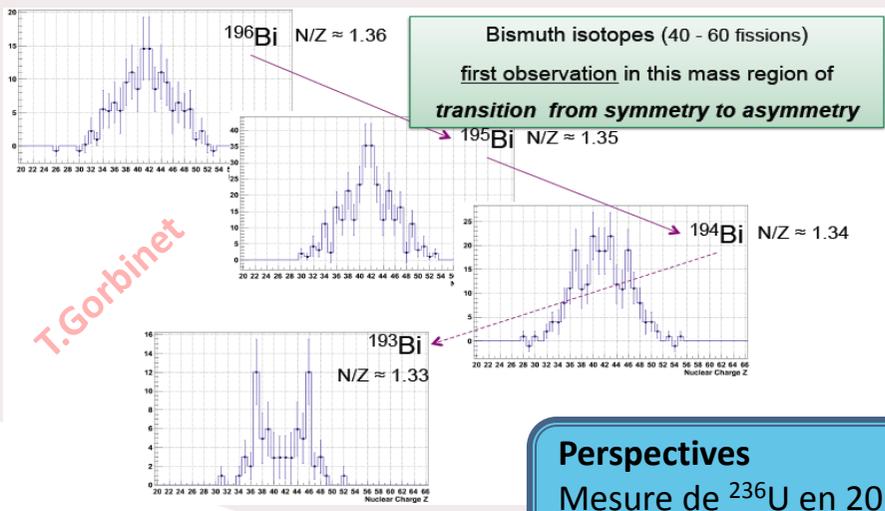
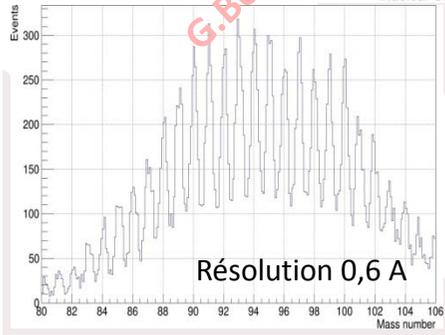
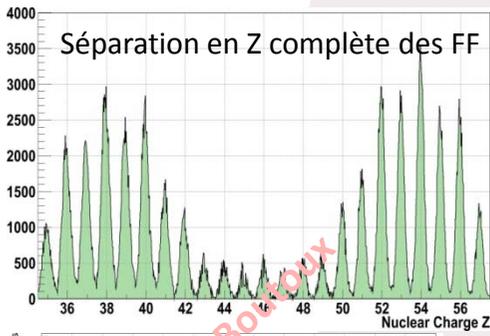
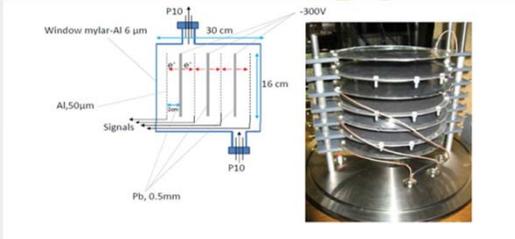
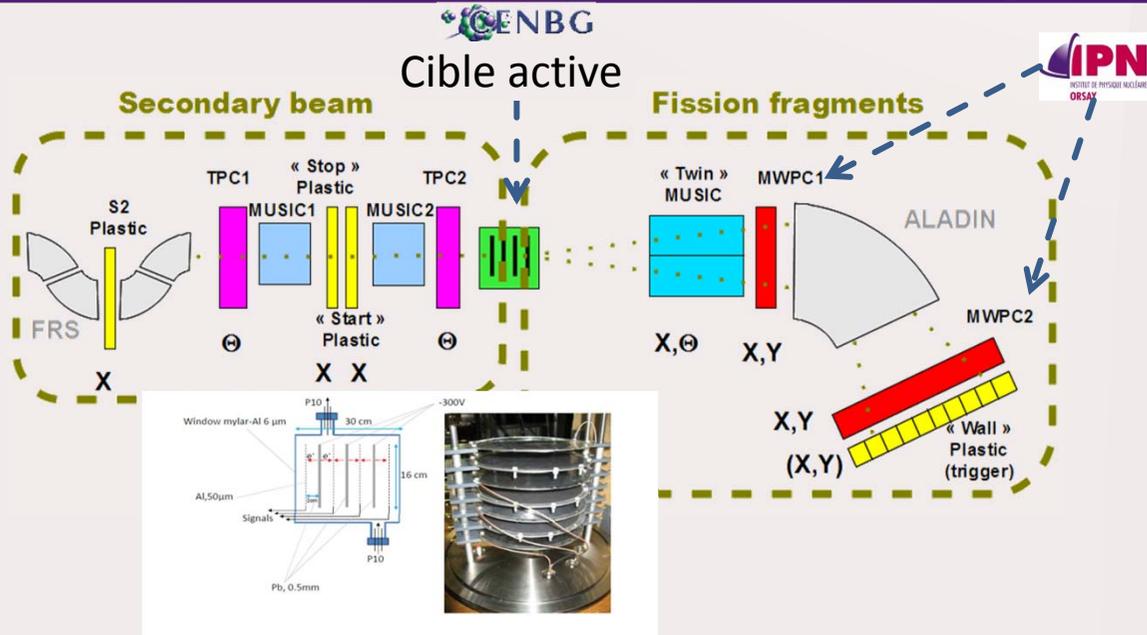
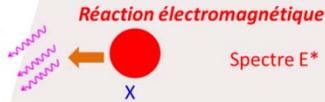
Utiliser la méthode pour contraindre les modèles statistiques (fait dans ENDF)

Collaboration avec les théoriciens essentielle !



SOFIA: STUDY OF FISSION IN INVERSE KINEMATICS WITH ALADIN @GSI

Fission électromagnétique
 Mesures en cinématique inverse
 1^{ère} mesure complète des deux FF
 Précision < 1% sur rendements
 Mesure du ²³⁸Np (= ²³⁷Np+n)



Bismuth isotopes (40 - 60 fissions)
 first observation in this mass region of
 transition from symmetry to asymmetry

Perspectives
 Mesure de ²³⁶U en 2014
 + une 10^{aine} de noyaux exotiques jusqu'au ¹⁸²Hg

2013

CS IN2P3 – Données nucléaires

Description générale du processus de fission
 fission spontanée
 fission jusqu'à $E^* \sim 100$ MeV

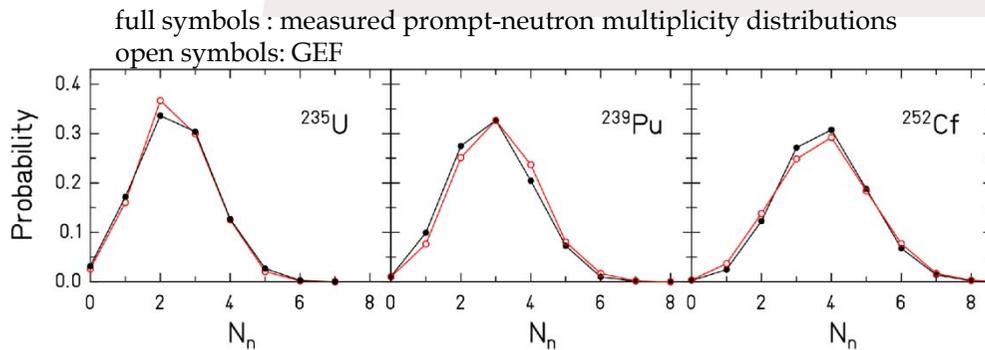
Code semi-empirique

Inclus dans prochaine version de JEFF

Sorties:

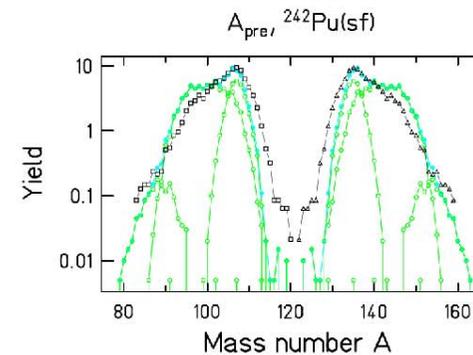
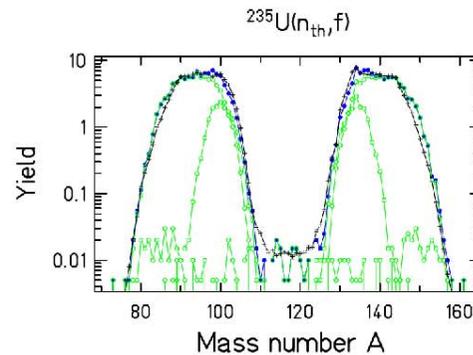
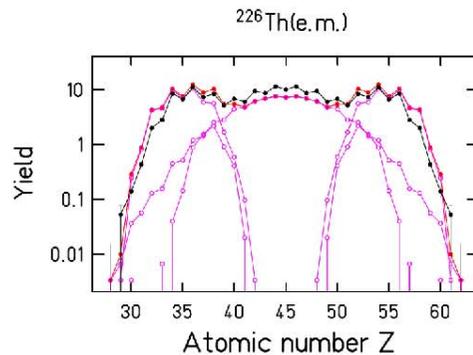
- rendements isotopiques
- rendements isotoniques et isobariques (pré et post neutron)
- Spectre des neutrons et des gamma prompts
- multiplicités de neutrons
- Énergie cinétique totale des fragments (pré et post neutron)
- moments angulaires des fragments
- Rendements isomériques

Entrées: Noyau fissionnant (Z, A, E^* , mode d'excitation)



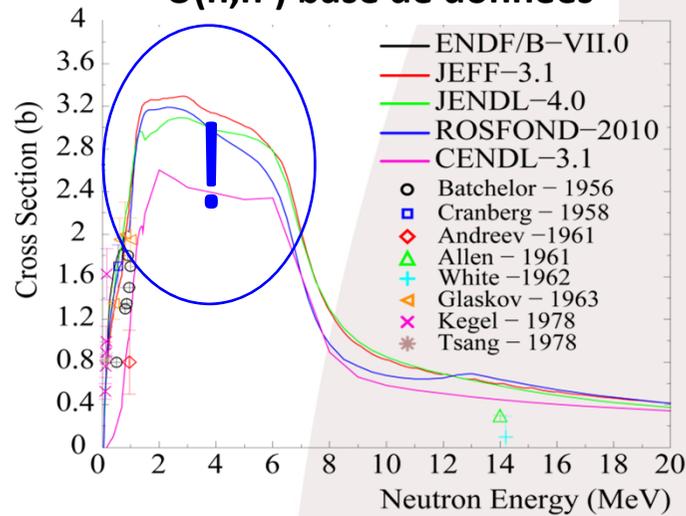
...

Perspectives:
 Inclure description des γ
 Mesures pour validation



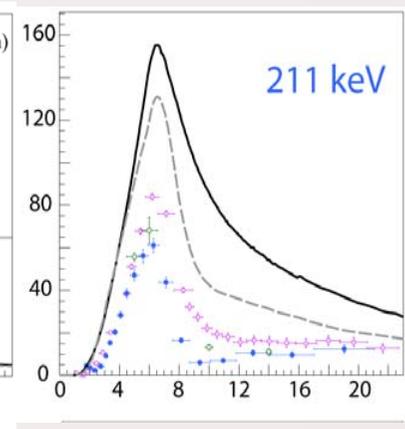
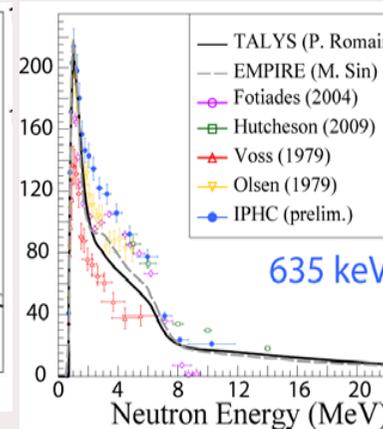
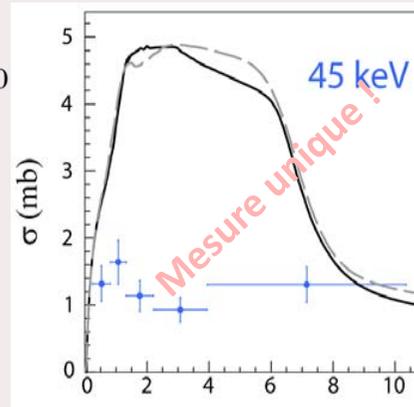
²³⁵U (dans EXFOR), ²³²Th, nat,182,183,184,186W, ²³⁸U

²³⁸U(n,n') base de données



Diffusion inélastique (n,n' γ) : exemple de l'²³⁸U

- ⇒ IPHC: mesure d'un jeu consistant de données très contraignantes
35 $\sigma(n,n' \gamma)$, 3 $\sigma(n,2n \gamma)$ et 4 $\sigma(n,3n \gamma)$
- ⇒ Mesure unique de la transition à 45 keV
- ⇒ Désaccord important avec les prédictions des codes

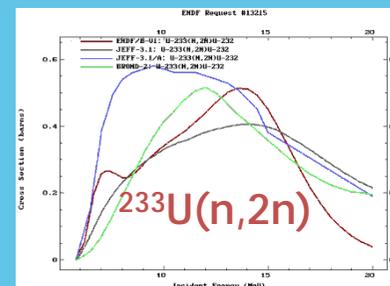


Perspectives:

Collaboration avec théoriciens (CEA/DAM)
2014 et au delà: mesure de l'²³³U(n,2n)

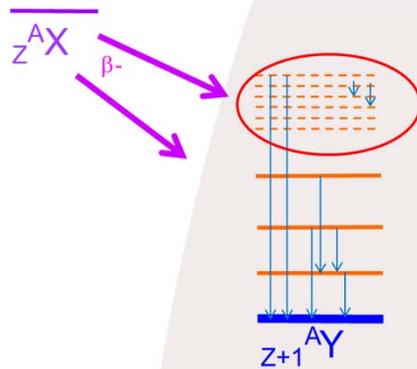
- aucune mesure
- compétition avec fission
- désaccord entre les prédictions

> 2014: @NFS « Day one experiment »



Effet Pandémonium:

Décroissance $\beta \Rightarrow$ utilisation de Ge \Rightarrow sous-estimation pour niveaux excités de hte énergie



Méthode TAGS (Total Absorption Gamma Spectrometry)

@Jyväskylä



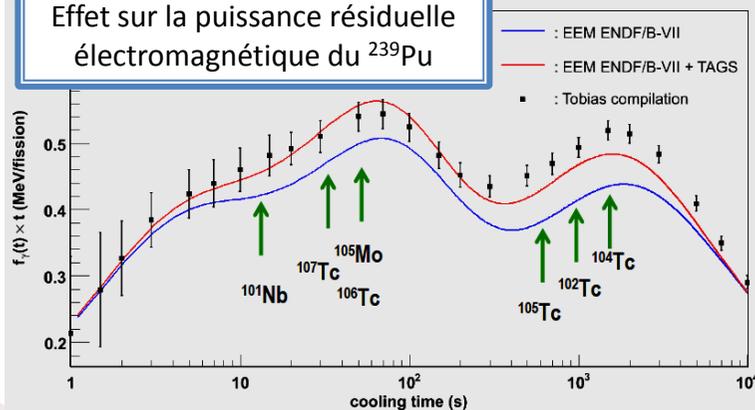
12 BaF₂ covering $\sim 4\pi$

$\epsilon_{\text{détect}} \text{ cascade } \gamma \sim 100\%$

Détecteur Si pour les β

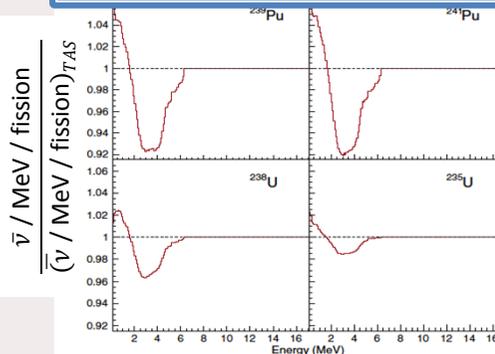
Mesures TAS des ^{102;104–107}Tc, ¹⁰⁵Mo, and ¹⁰¹Nb:

Effet sur la puissance résiduelle électromagnétique du ²³⁹Pu



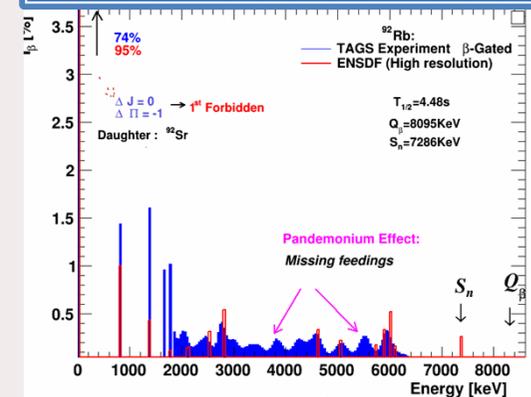
A.Algora et al., PRL 105,202501 (2010)

Effet sur les spectres des antineutrinos des réacteurs



M. Fallot et al., PRL 109, 20254 (2012)

Nouveaux résultats préliminaires



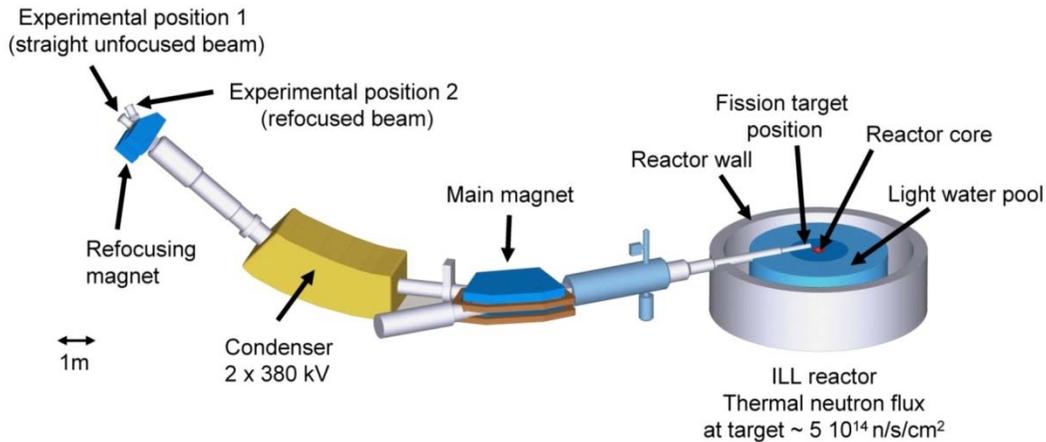
Thèse A.A. Zakari-Issoufou

Perspectives:

Etude ²³⁵U et ²³⁹Pu: nouvelle expérience à Jyväskylä en février 2014 - mesures βn pour sûreté réacteurs à ALTO (AIEA)

Synergie avec mesures des γ prompts

\rightarrow développement d'un ensemble scintillateurs de hte efficacité et hte résolution auprès de LICORNE, ALTO puis SPIRAL2



Spectromètre Lohengrin à l'ILL

→ Sélection en A/q et E/q

+ Gas Filled Magnet: → sélection en $A <v/q>$



« faisceaux » de fragments légers
purs à ~95%

Lohengrin ⊗ GFM donne accès à

- faibles rendements de fission
- Mesure de la chaleur de décroissance
- Énergie moyenne β/γ par isotope

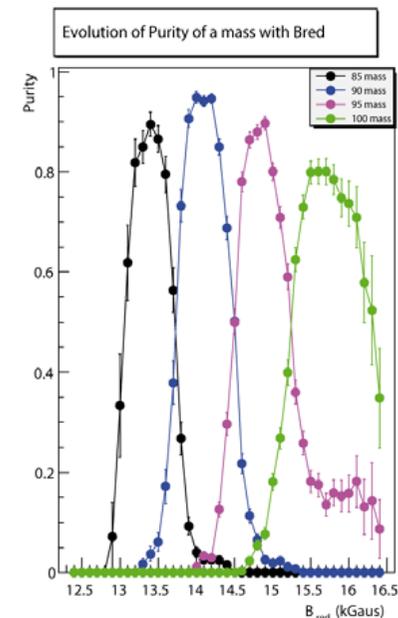
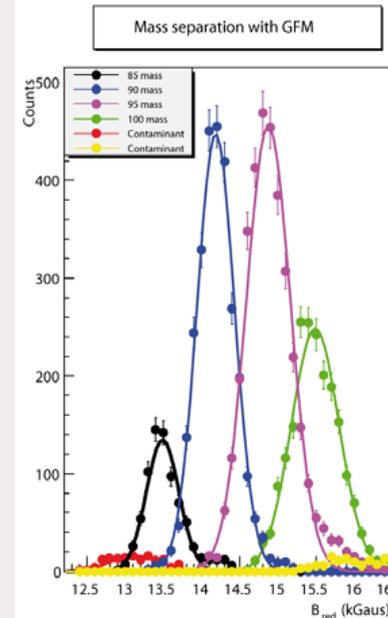
Projet FIPPS: couplage à un spectromètre γ (HPGe)

(Fission Product Prompt gamma ray Spectrometer)

LPSC : thèse de A.Chebboubi

Dynamique de la fission:

rendements de fission, spin, E^*



LES FAISCEAUX

ILL (Grenoble):

spectre thermique $E_n < 250 \text{ meV}$
 $1,5 \cdot 10^{15} \text{ n/s/cm}^2$

PEREN (LPSC):

$D(d,n)^3\text{He} \rightarrow E_n \sim 3 \text{ MeV}; 10^6 \text{ n}/\mu\text{s}$
 $T(d,n)^4\text{He} \rightarrow E_n \sim 15 \text{ MeV}; 10^5 \text{ n}/\mu\text{s}$

IRMM (Geel):

Gelina : $150 \text{ MeV } e^-$; $0,1 \text{ eV} < E_n < 20 \text{ MeV}$
 Van de Graff 7MV ($0 < E_n < 25 \text{ MeV}$)

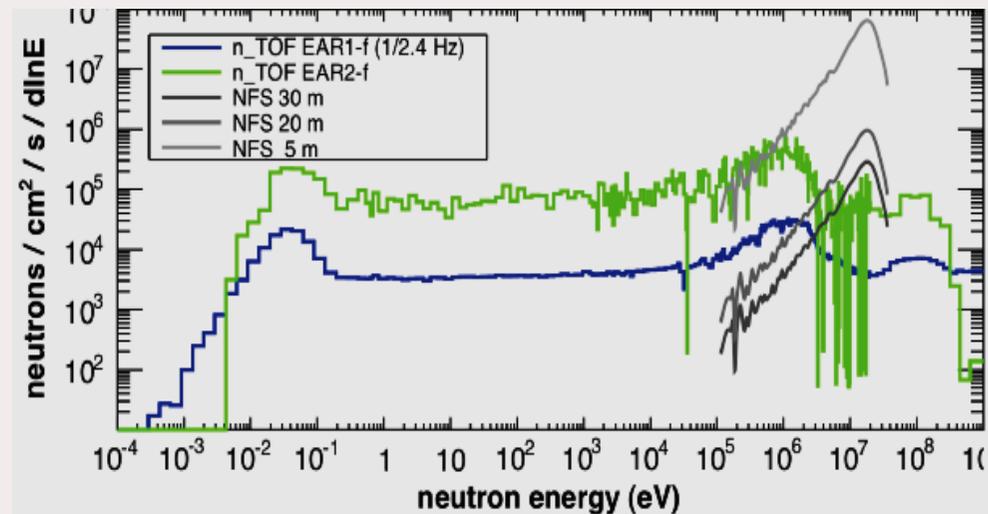
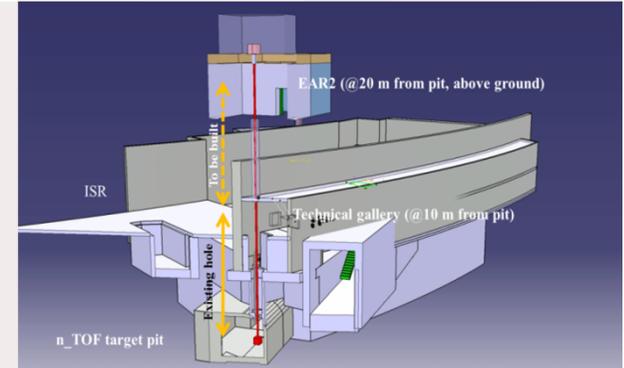
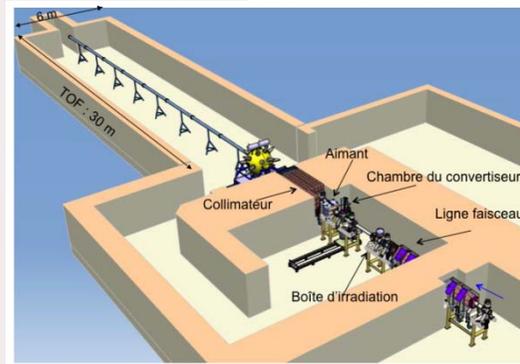
... et aussi

GSI, Jyväskylä

Aifira-CENBG, Tandem-IPNO, Oslo ...

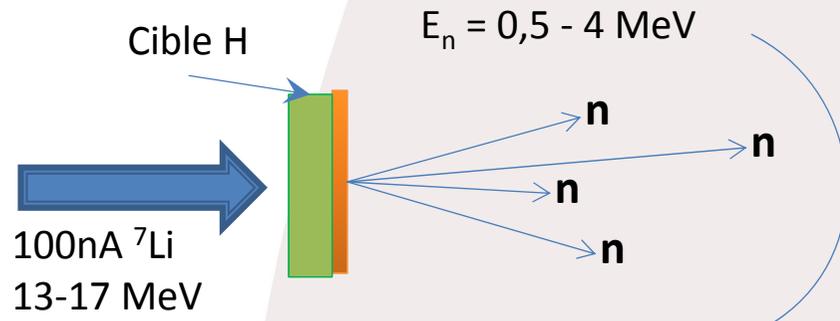
et LICORNE ...

NFS (Spiral 2) et nTOF (CERN)



LICORNE: LITHIUM INVERSE CINEMATIQUE ORSAY NEUTRON SOURCE

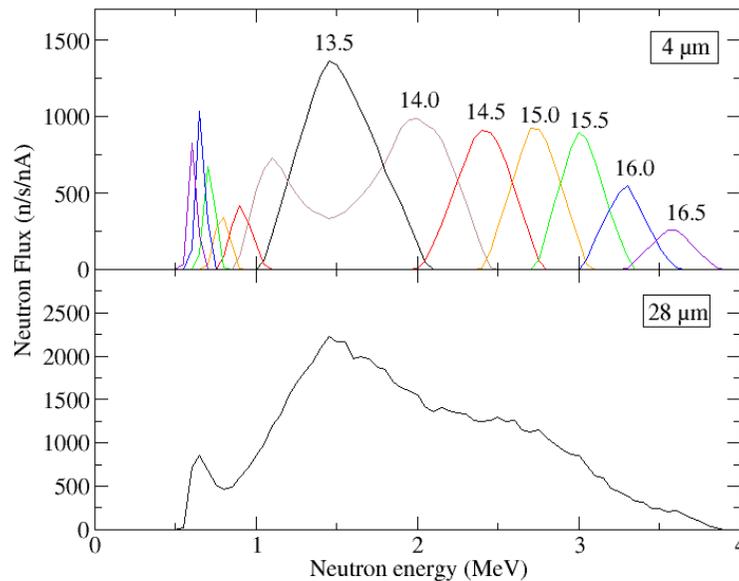
Production de neutrons au Tandem de l'IPNO



Cône $< 30^\circ$
 10^7 n/s/sr

- faible bruit de fond
- possibilité de détection rapprochée de l'échantillon irradié

2 modes de fonctionnement:



Cible mince:

- faible flux
- E bien déterminée
- E dépendante de $E_{^7\text{Li}}$

LICORNE: une installation complémentaire dans l'attente de NFS

Cible épaisse:

- spectre continu
- flux plus important
- TOF nécessaire...



LES CIBLES D'ACTINIDES

Cibles d'actinides:

- Équipements nécessaires coûteux
- Savoir-faire rare (cibles minces)
- Difficulté à trouver des isotopes purs

Laboratoires existants:

- IRMM
 - ILL
 - Oak-ridge
 - Los Alamos
- Essentiellement
pour besoins propres



CACAO: Chimie des Actinides et Cibles radioActives à Orsay (inauguration 12 Juillet 2013)

Laboratoire de **fabrication** et de **caractérisation**

^{238}U 337 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; $\phi = 8$ cm
Expérience de fission (n-TOF)
→ support très fin Al de 0.75 μm



Coordination du WP



→ **CHANDA** (new CHallenges for Nuclear Data)

« Coordination of the development of a network for nuclear target preparation and Characterization »



CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Grande variété de mesures de qualité

- Fission
 - Mesures de σ (production, distributions angulaires)
 - Mesures des rendements
- Capture radiative
- Diffusion inélastique
- Décroissances γ

IN2P3 reconnu comme acteur important

Communauté clairement structurée/identifiée

Forte synergie physique académique / applications

→ lien fort à maintenir /développer

Support théorique nécessaire → actuellement principalement CEA

→ et CNRS ?

Réduction du temps entre les mesures et leur évaluation

→ collaborations plus étroites avec les évaluateurs et les physiciens des réacteurs

**Certaines équipes en sous-effectif
Nouveaux postes ?**