

Atelier bilan – 15-16 décembre 2016

**Projet structurant**

**le Noyau Au Cœur du RéactEur:**

**\* Bilan scientifique WP1-**

**les sections efficaces de réaction**

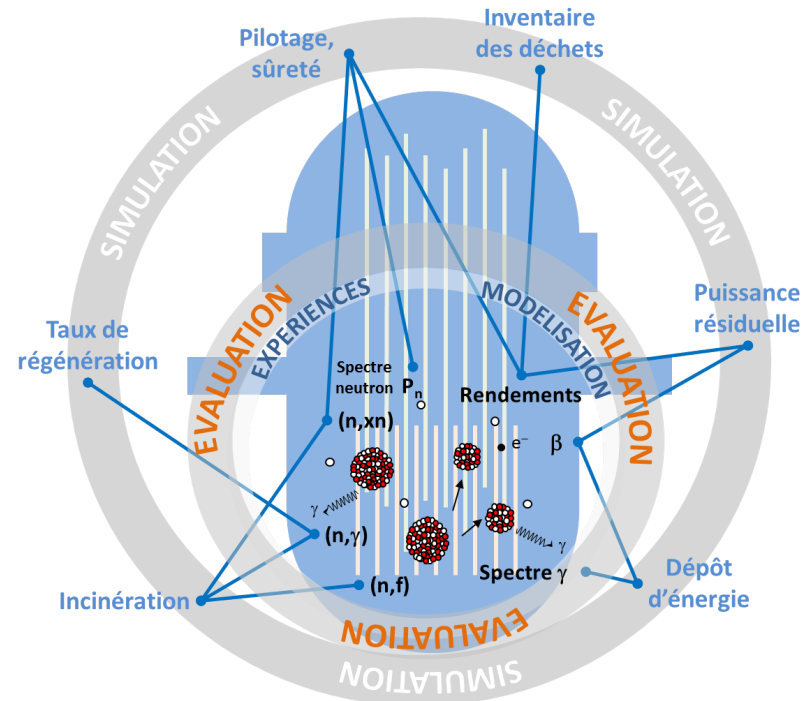
**M. Kerveno** pour la collaboration



# WP1 : les sections efficaces de réaction

## Sections efficaces:

- Ingrédients essentiels des simulations de l'évolution du cœur des réacteurs et de leur environnement puisque les paramètres neutroniques dépendent directement de ces grandeurs.
- Besoin avéré d'améliorer la qualité (valeurs et incertitudes associées) des sections efficaces mise en jeu dans les réacteurs.

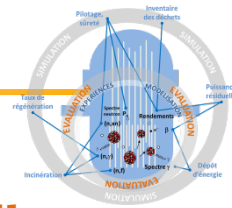


## Stratégie pour NACRE WP1

- Manque de données de base (cycle Th/U et U/Pu).
- Incertitudes élevées.
- Forts challenges expérimentaux et théoriques.

En s'appuyant sur les collaborations existantes et en renforçant autant que possible les liens entre expérimentateurs, théoriciens et évaluateurs.

# WP1 : les sections efficaces de réaction



- **Action 1: Mesures et évaluation de sections efficaces d'intérêt pour les cycles de combustibles innovants Th/U ; U/Pu**

## 1.1.1 Mesures et évaluation des sections efficaces (n,xn) et (n,γ) sur <sup>233</sup>U

**(n,xn)**   **DAM, DEN**   **DRF, DAM, DEN**  **(n,γ)**

## 1.1.2 Mesure des sections efficaces de fission <sup>231</sup>Pa cycle Th/U

  **DRF**

## 1.1.3 Mise en place d'évaluations d'intérêt pour le cycle U/Pu à partir des mesures NTOF disponibles dans EXFOR.

  **DRF, DEN** 

- **Action 2: Etude de la réaction <sup>16</sup>O(n,α)<sup>13</sup>C**

- **Action 3: Etude de la méthode de substitution**

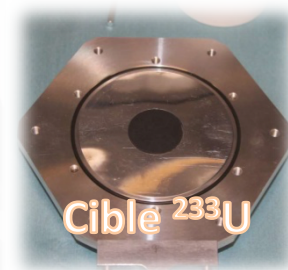
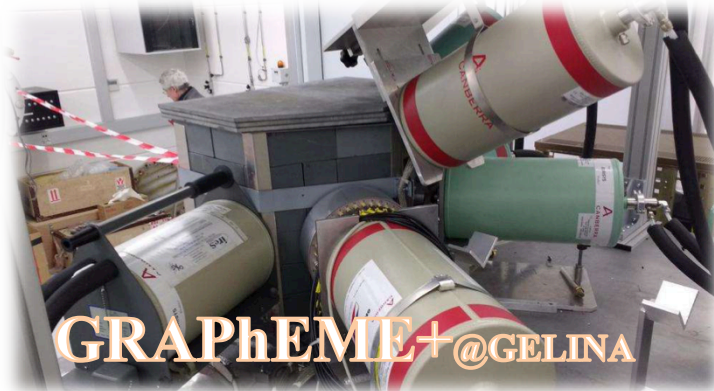
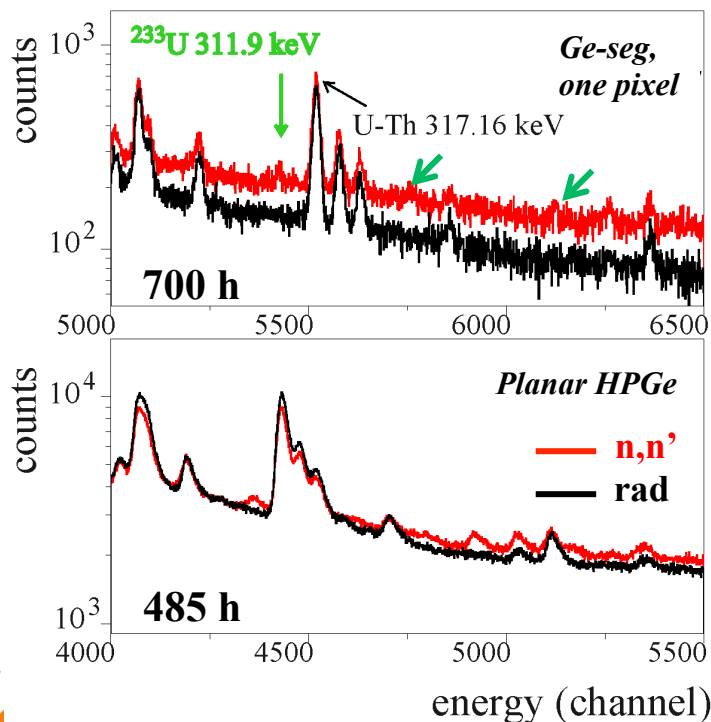
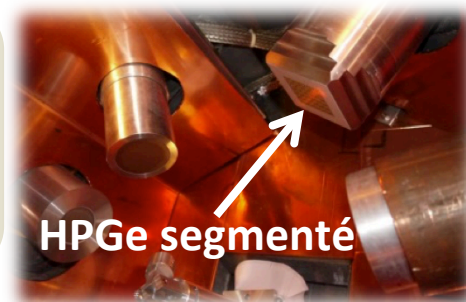
    **DAM, DEN**

# WP1.1: Mesures et évaluation de sections efficaces d'intérêt pour les cycles de combustibles innovants Th/U ; U/Pu

## 1.1.1 Mesures et évaluation des sections efficaces (n,Xn) sur $^{233}\text{U}$

### Projet dans la continuité de EEDIN U238

- Mesures  $^{233}\text{U}(n,xn \gamma)$  avec GRAPhEME+@GELINA EC-JRC-Geel.
- Calcul TALYS + modèle microscopique QRPA.
- Finalisation des travaux sur  $^{238}\text{U}$ .



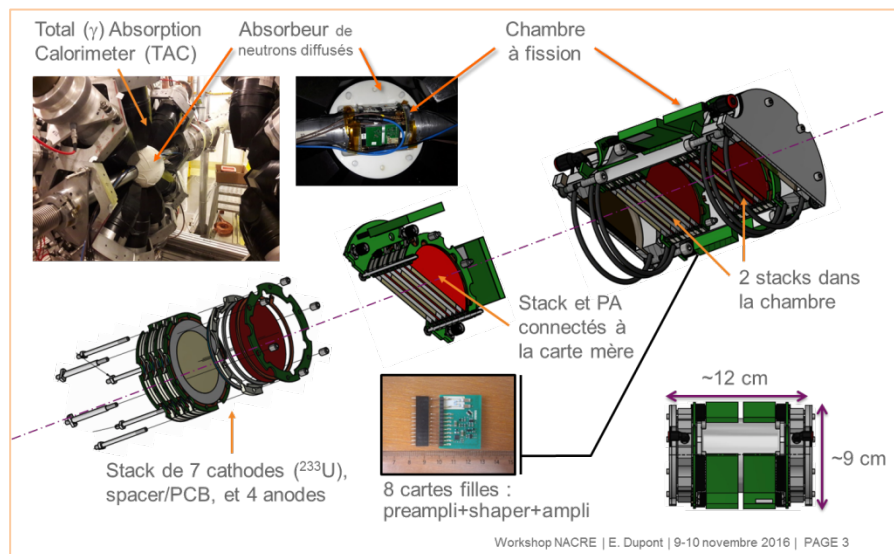
Données expérimentales quasi inexistantes, **mesure difficile, longue** et **à risque**, méthode dépendante des modèles  
=> **fortes interactions avec théoriciens et évaluateurs**

# WP1.1: Mesures et évaluation de sections efficaces d'intérêt pour les cycles de combustibles innovants Th/U ; U/Pu

## 1.1.1 Mesures et évaluation des sections efficaces ( $n, \gamma$ ) sur $^{233}\text{U}$ (1/2)

### Approches expérimentales complémentaires pour réduire les incertitudes

- Domaine résonances -> thermiques : mesures avec C6D6 + grande chambre à fission@GELINA EC-JRC-Geel.
- Au-delà du thermique : mesures avec  $4\pi$  - BaF<sub>2</sub> + Chambre à fission compacte@n-TOF CERN.



### Mesure complexe et difficile

- Développement et fabrication de **deux chambres à fission**.
- Fabrication et caractérisation des **échantillons U-233** à EC-JRC-Geel (14 échantillons (20 au total) préparés début 2016).
- Caractérisation de la chambre à fission ( $^{235}\text{U}$ ) sous faisceau à EC-JRC-Geel.
- Montage des échantillons U-233 (~17 MBq;  $m_T=46.5$  mg) à EC-JRC-Geel.
- **Mesure à n\_TOF@CERN** (6 semaines 10-11/2016), 950 To de données.

## 1.1.1 Mesures et évaluation des sections efficaces ( $n, \gamma$ ) sur $^{233}\text{U}$ (2/2)

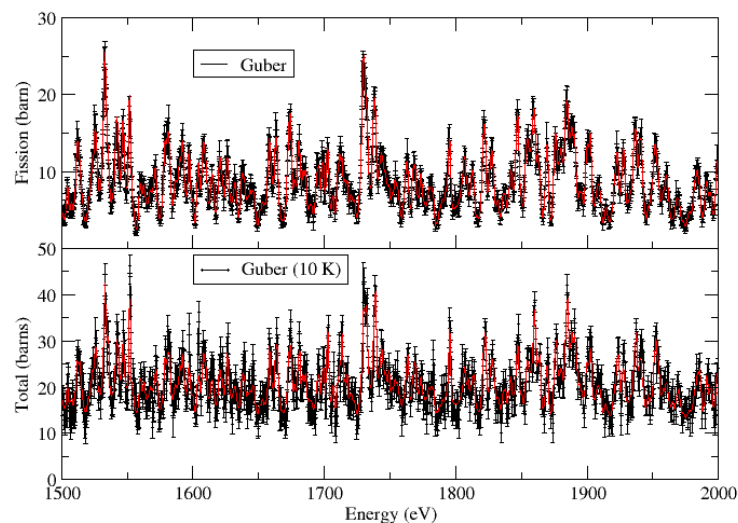
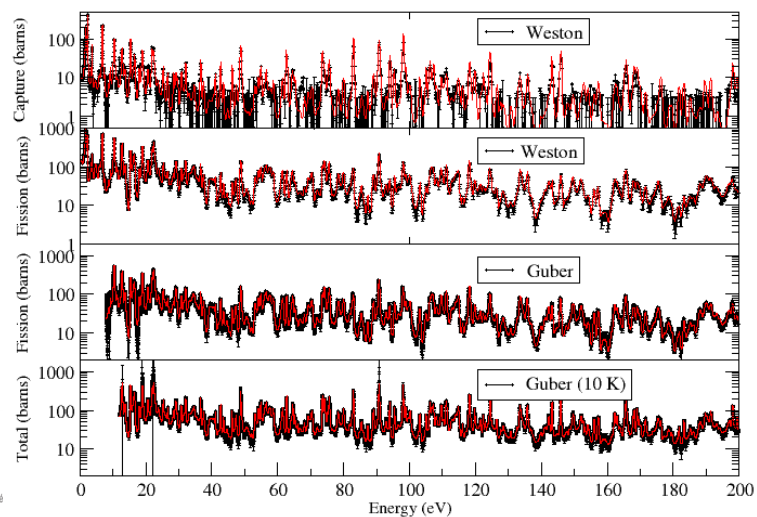
### Actualisation de l'évaluation de l' $^{233}\text{U}$ (pour être à l'état de l'art)

#### Dans le domaine des résonances résolues :

- Extension du domaine d'énergie de 600eV à 2000eV.
- Intégration des mesures de section totale réalisées à ORNL à basse température (10K).
- Intégration des mesures de section de fission réalisées à ORNL.
- Intégration de mesures existantes de section de capture jusqu'à 1000eV : ces mesures ne sont pas satisfaisantes (impuretés, pb de résolution...).

#### Dans le domaine des résonances non résolues :

- **Travail en cours !** En attente des données de n-TOF pour intégration et validation sur des benchmarks intégraux

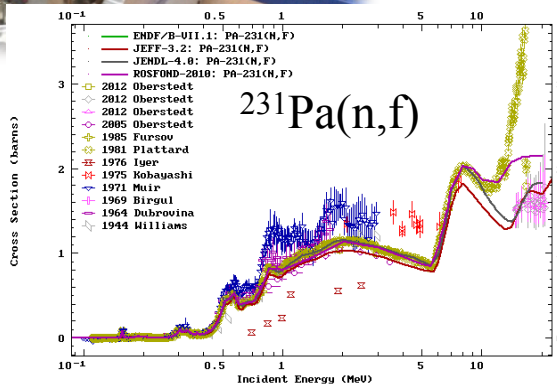
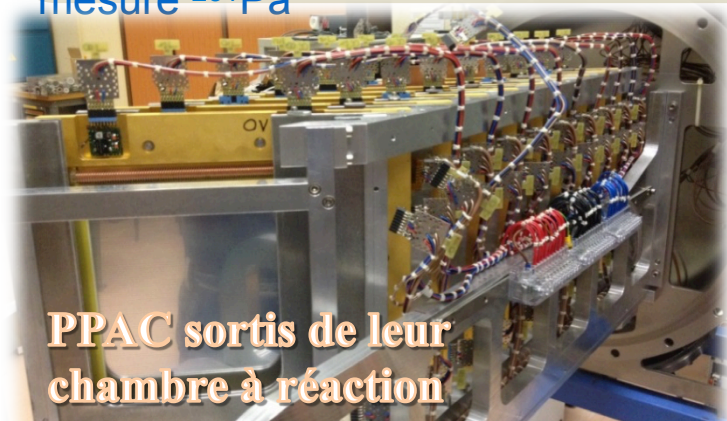


# WP1.1: Mesures et évaluation de sections efficaces d'intérêt pour les cycles de combustibles innovants Th/U ; U/Pu

## 1.1.2 Mesure des sections efficaces de fission $^{231}\text{Pa}$ cycle Th/U

Dans le cadre de campagnes de mesures de sections efficaces de fission et de distribution angulaires des PF @ n\_TOF CERN

- 2016 : poursuite des mesures sur  $^{237}\text{Np}$  (EAR1 - PPAC) + mesures à EAR2 – micromegas)
- Analyse de données en cours
- Mesure du flux neutrons @EAR2 pour cartographie => petit collimateur pour la mesure  $^{231}\text{Pa}$



### Problématique de l'échantillon

(matière, fabrication, sûreté, transport)

- Purifier de la matière « agée », validation de la méthode d'électrodéposition pour cet isotope (efficacité 50%), quantité de matière limitée à 1 mg (EAR2), transport de classe A pour la chambre (coût?).
- Mesure envisagée à l'automne **2017**.
- Comparaison possible avec la mesure réalisée par le CENBG et al. par la méthode de substitution.

## 1.1.3 Mise en place d'évaluations d'intérêt pour le cycle U/Pu à partir des mesures NTOF disponibles dans EXFOR.

### Groupe de travail pour améliorer la dissémination et l'évaluation des données issues de la collaboration n-TOF

- Format EXFOR.
- Partage des informations relatives aux incertitudes des mesures pour les évaluateurs.
- Premières évaluations sur noyaux du cycle U/Pu et actinides mineurs.

Table 2. Dissemination status of n\_TOF data as of Oct. 2016.

n_TOF phases	Reaction	Datasets with a final publication	Data dissemination status*
Phase-I (2001-2004)	(n, $\gamma$ )	26	42%
	(n,f)	14	100%
	All	40	63%
Phase-II (2009-2012)	(n, $\gamma$ )	5	60%
	(n,f)	2	100%
	(n,cp)	2	100%
	All	9	78%
Phase-III (2014-...)	(n,cp)	1	100%

\*Percentage of final datasets with all necessary data already available in EXFOR or under compilation by NRDC.

### Renforcer les échanges expérimentateurs - évaluateurs

- Première étape : recensement des mesures n-TOF.
- Poursuite du travail en 2017

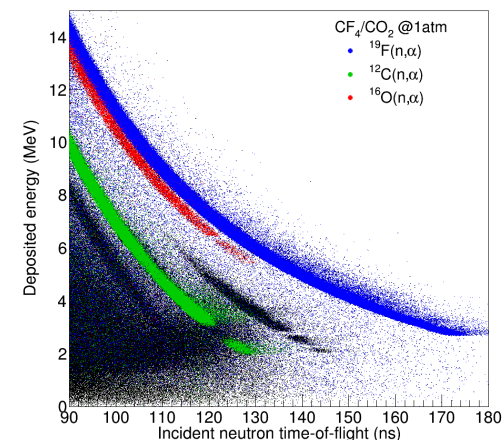
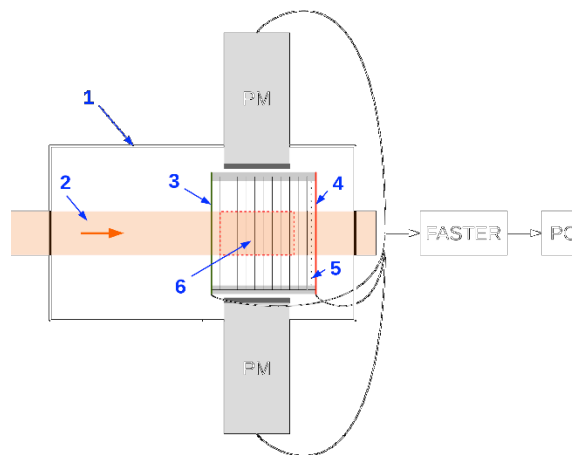
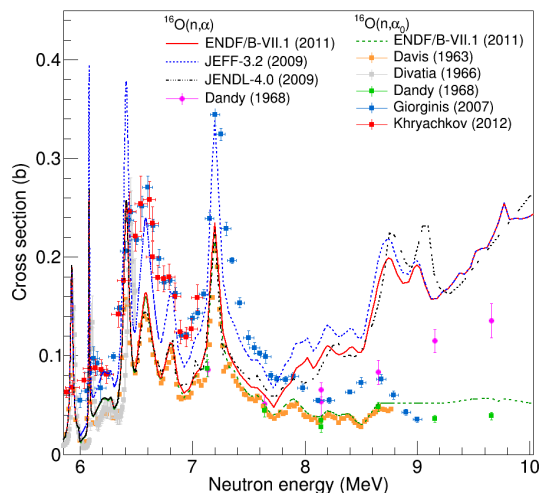
*E.Dupont et al., proceedings ND2016*



# WP1.2: Etude de la réaction $^{16}\text{O}(n,\alpha)^{13}\text{C}$

## Données nucléaires d'intérêt

- HPRL, SG26, SG40 (cielo project)
- Besoin de mesures complémentaires et indépendantes (incertitude 5%)
  - projet SCALP : mesure prévue auprès de la future installation NFS@SPIRAL2



*B. Galhaut et al., proceedings ND2016*

## Développements expérimentaux originaux (mesure à mieux que 5%)

### Projet SCALP (Scintillating ionization Chamber for ALpha particle Production)

- Simulations GEANT4 pour caractériser l'instrument.
- **Prototype 4PM en cours de construction** (réalisé printemps 2017).
- Tests (version CF4) en source et sur PEREN@LPSC fin 2017.

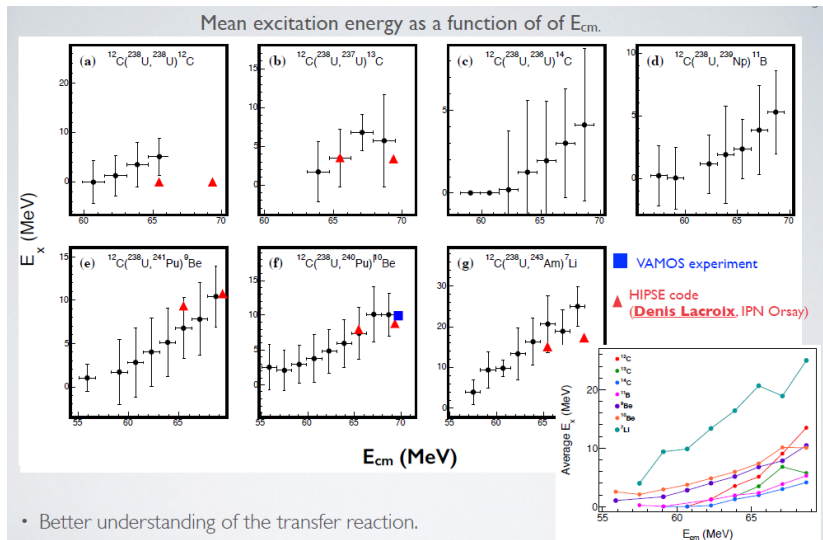
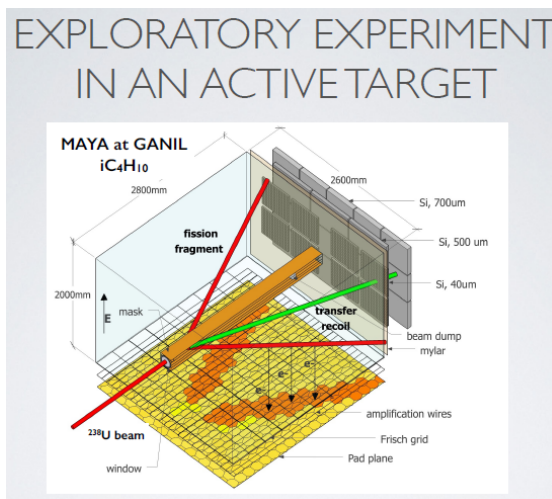
# WP1.3: Etude de la méthode de substitution

## ☒ Sonder la problématique des distributions de moments angulaires peuplés dans les réactions de substitution (1/2)

### Etude exploratoire de la fission en méthode surrogate en cinématique inverse dans une cible active (MAYA)

- Expérience réalisée au GANIL auprès du spectromètre VAMOS
- Impossibilité de reconstruire avec suffisamment de statistique les événements d'intérêt (transfert-fission).
- Impossibilité de reconstruire la distribution angulaire des FF (problèmes d'acceptance angulaire et d'efficacité de détection).
- Détermination de l'évolution de l'énergie d'excitation du noyau composé en fonction de l'énergie incidente.

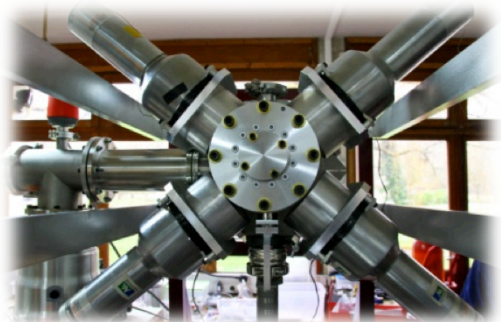
*C.Rodriguez et al., accepted in Nucl. Phys. A*



## Sonder la problématique des distributions de moments angulaires peuplés dans les réactions de substitution (2/2)

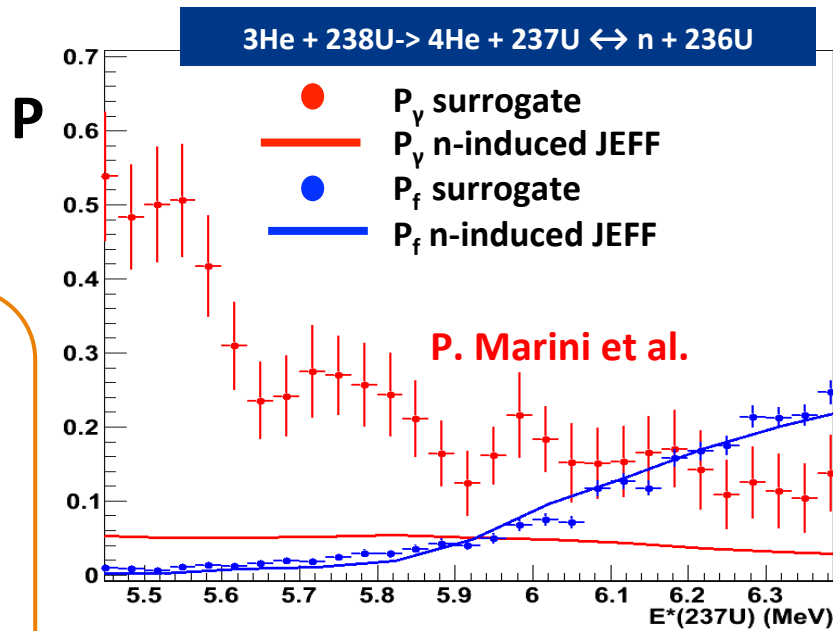
### Etude de la réaction $^{240}\text{Pu}(^3\text{He}, ^3\text{He}')^{240}\text{Pu}$ @Tandem-IPNO

- Résultats expérience  $^{238}\text{U}(^3\text{He}, ^4\text{He})^{237}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}(^3\text{He}, t)^{238}\text{Np}$  et  $^{238}\text{U}(^3\text{He}, d)^{239}\text{Np}$  : fission est beaucoup moins sensible aux différences de moment angulaire que l'émission gamma.
- Collaboration avec évaluateurs CEA/DEN et DAM pour l'interprétation des résultats.
- Intérêt de cette méthode pour contraindre les paramètres du modèle statistique



### Développement nouvelle technique exp. et interaction renforcée avec théoriciens

- $^{240}\text{Pu}$  noyau pair-pair plus sensible aux différences de moments angulaires.
- Upgrade du set-up et matière cible fournie par EC-JRC, Geel, conditionnée par CACAO.
- Prochaine campagne 2017



*B. Jurado et al., proceedings ND2016*

# Conclusions

## NACRE WP1

- De vrais défis expérimentaux sont entrepris (instrumentation, cible).
- Les liens avec les théoriciens sont renforcés.
- L'évaluation a une place réelle.
- Avancées significatives des travaux qui ont été largement présentés à ND2016.
- Effort commun pour préparer l'avenir (workshop NACRE WP1-Grenoble)