

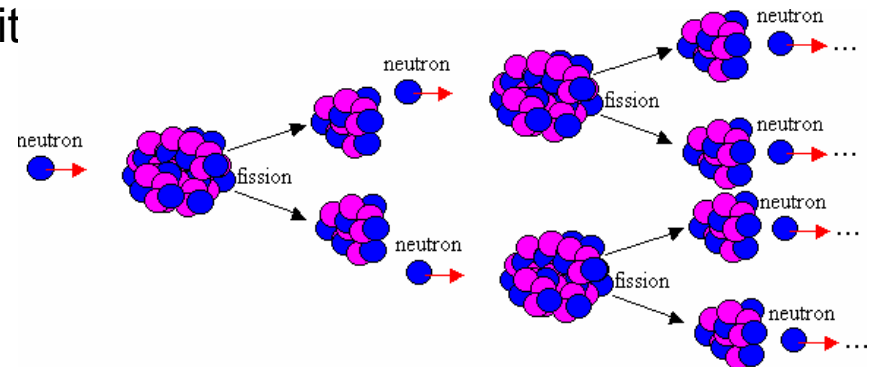
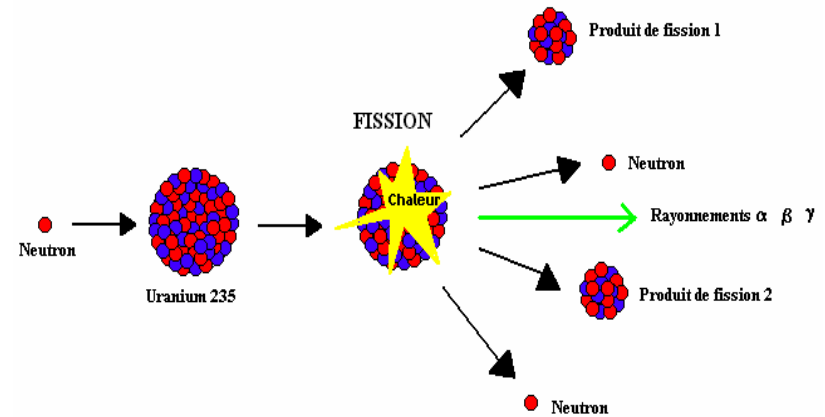
Déchets nucléaires et nouvelles filières de réacteurs

Habib Karam
Jean Claude Thiry

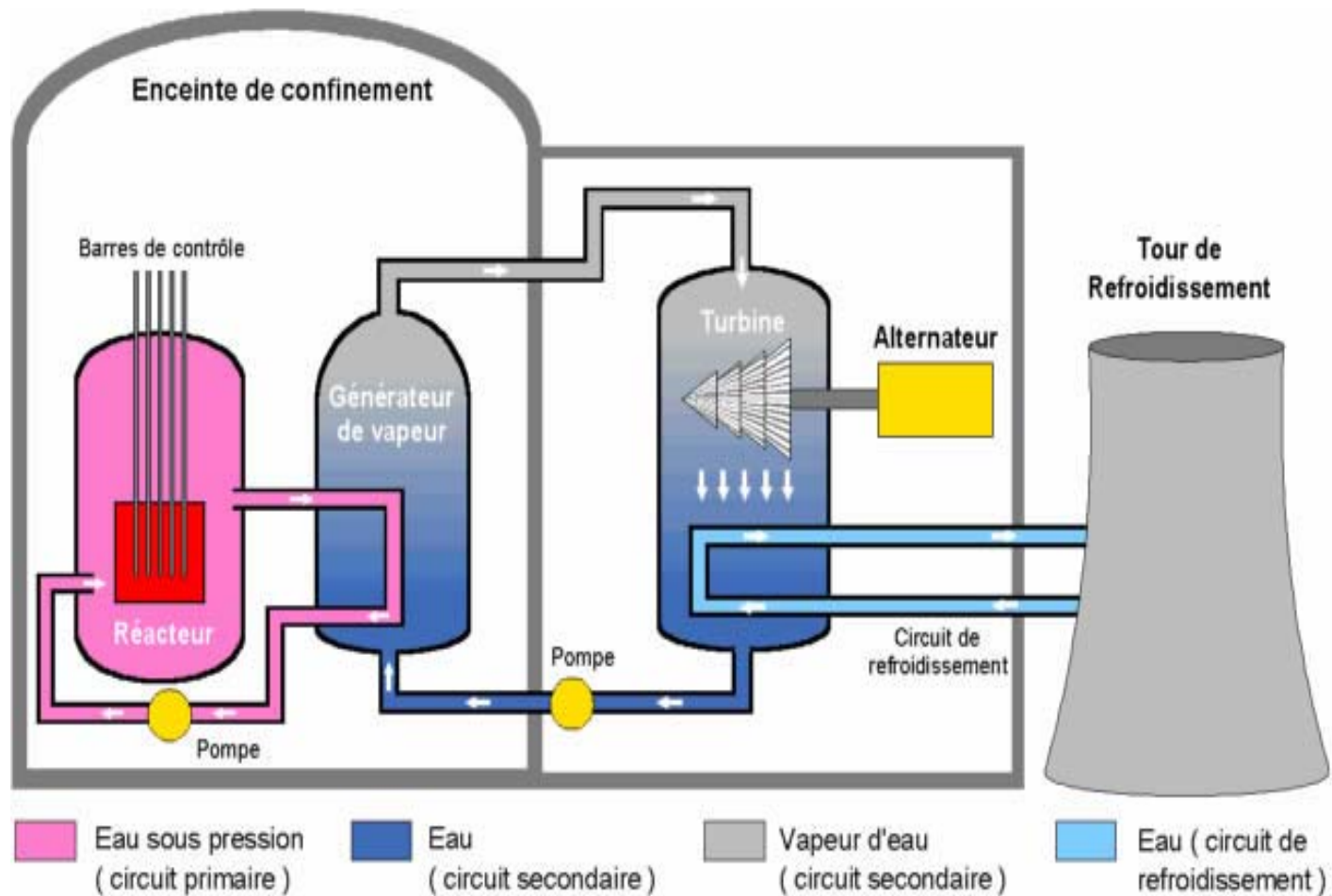


Fission et réaction en chaîne

- La fission nucléaire est le phénomène par lequel le noyau d'un atome est divisé en plusieurs nucléides plus légers (fission spontanée, fission induite)
- Energie libérée: 200 MeV
- Le rapport énergétique de la fission d' ^{235}U : 1 g ^{235}U = 2,7 tonnes de charbon
- La réaction en chaîne se produit lorsqu'un neutron cause la fission d'un atome fissile produisant un plus grand nombre de neutrons qui à leur tour causent d'autres fissions.



Réacteur nucléaire



- Les atomes d'uranium du combustible (^{235}U et ^{238}U) sont bombardés par des neutrons.
- ^{235}U fissionne en libérant de l'énergie. Les débris sont des éléments chimiques très radioactifs, plus légers que ^{235}U . On les appelle :

PRODUITS DE FISSION

- ^{238}U fissionne peu mais il absorbe les neutrons. Cela conduit à la création d'éléments chimiques nouveaux, tous radioactifs, plus lourds que ^{238}U . On les appelle :

TRANSURANIENS : Np, Pu, Am, Cm

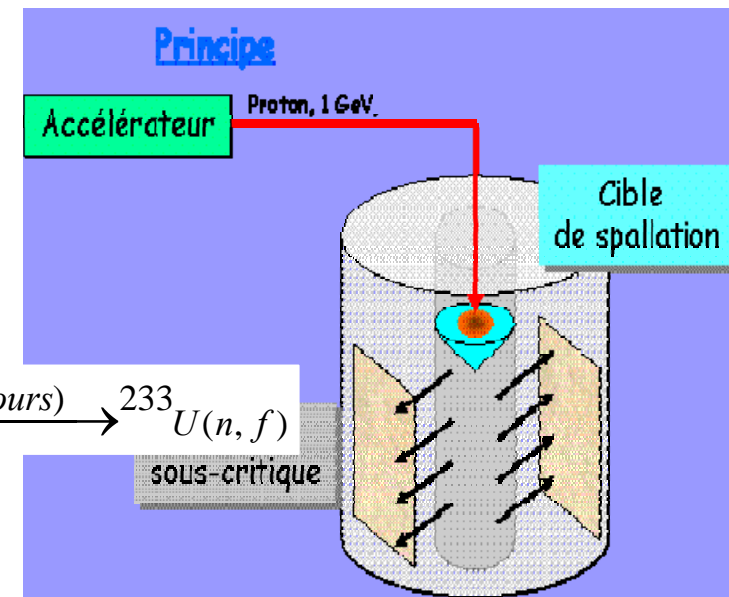
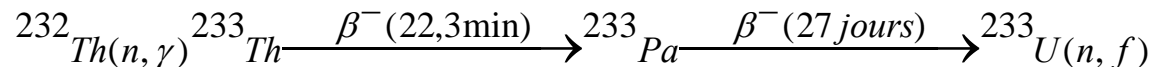
- Produits de fission et transuraniens sont des déchets

Défis de l'énergie nucléaire

- Combustible ^{235}U constitue 0,7% seulement de l'uranium naturel.
- 99,3 % ^{238}U non fissile: épuisement du combustible
- Le problème des déchets radioactifs reste toujours sans solution facilement acceptée

Solutions : réacteurs du futur

- **ADS (Accelerator Driven System) :**
Le système hybride peut être une solution pour la transmutation des déchets
- **Réacteurs régénérateurs :** isotopes fertiles seront transformés en isotopes fissiles :

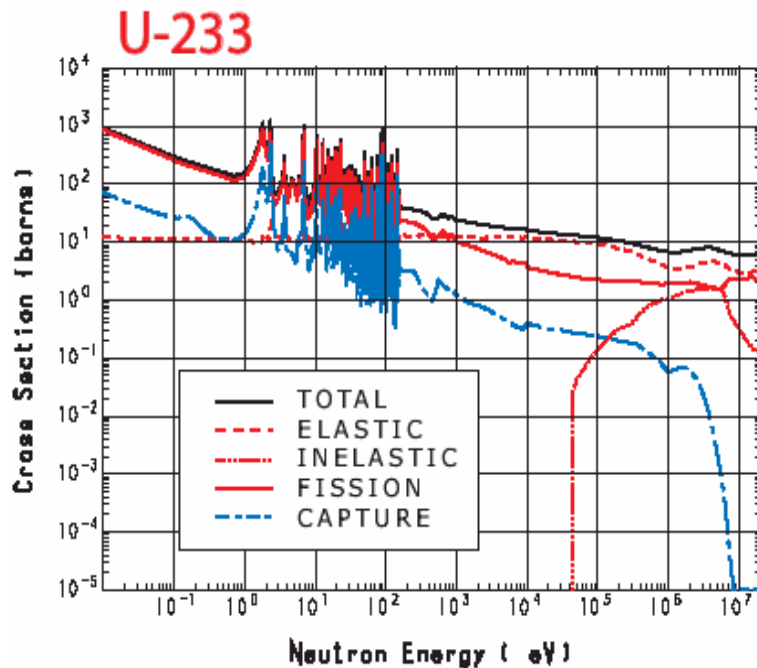


- Le groupe GRACE (Groupe de Recherche pour l'Aval du Cycle Electronucléaire) s'investit dans la recherche sur les filières à neutrons rapides
- Mesure de sections efficaces (n,xny) sur ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th , actuellement ^{235}U et prochainement ^{233}U .
 - mal connues à ce moment, surtout dans le domaine d'énergie des neutrons rapides (quelques dizaines de MeV)
 - de grande importance pour ces nouveaux systèmes
- Une section efficace est une probabilité d'interaction, et se calcule selon la formule:

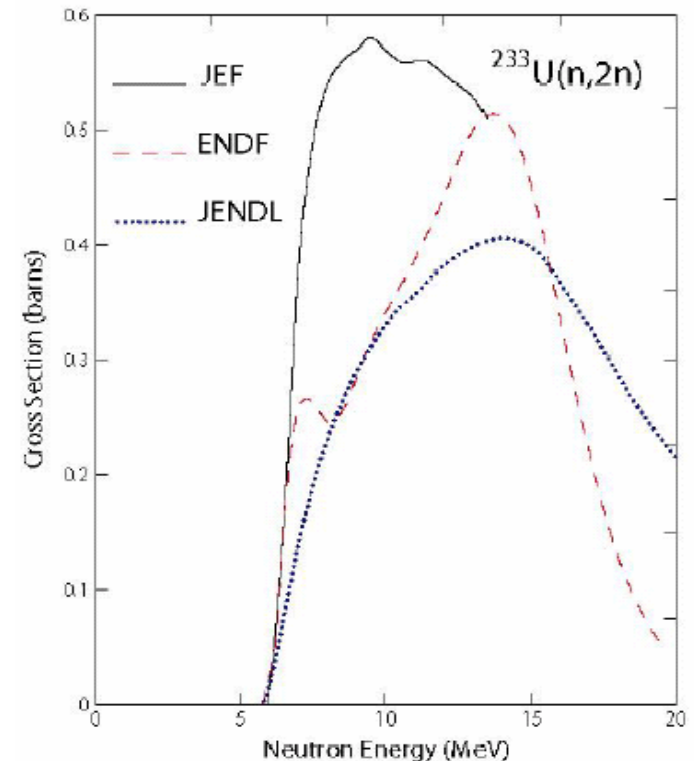
$$\sigma = \frac{n_{det}}{\zeta s \Phi \varepsilon t}$$

Sections efficaces

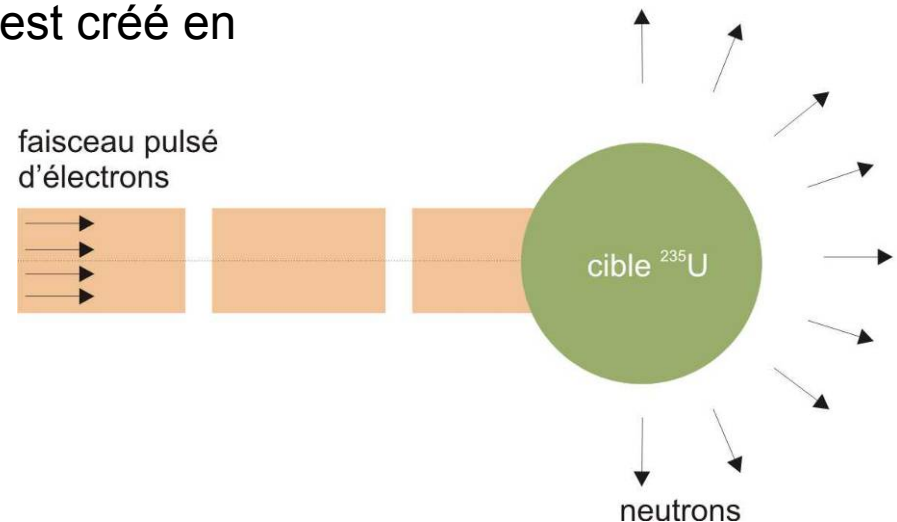
- Au dessus de 6 MeV il y a une compétition entre la fission et les sections efficaces $^{233}\text{U}(n,2n)^{232}\text{U}$ mais ces valeurs n'ont jamais été mesurées



- Valeurs des sections efficaces $^{233}\text{U}(n,2n)^{232}\text{U}$ dans 3 bases de données différentes



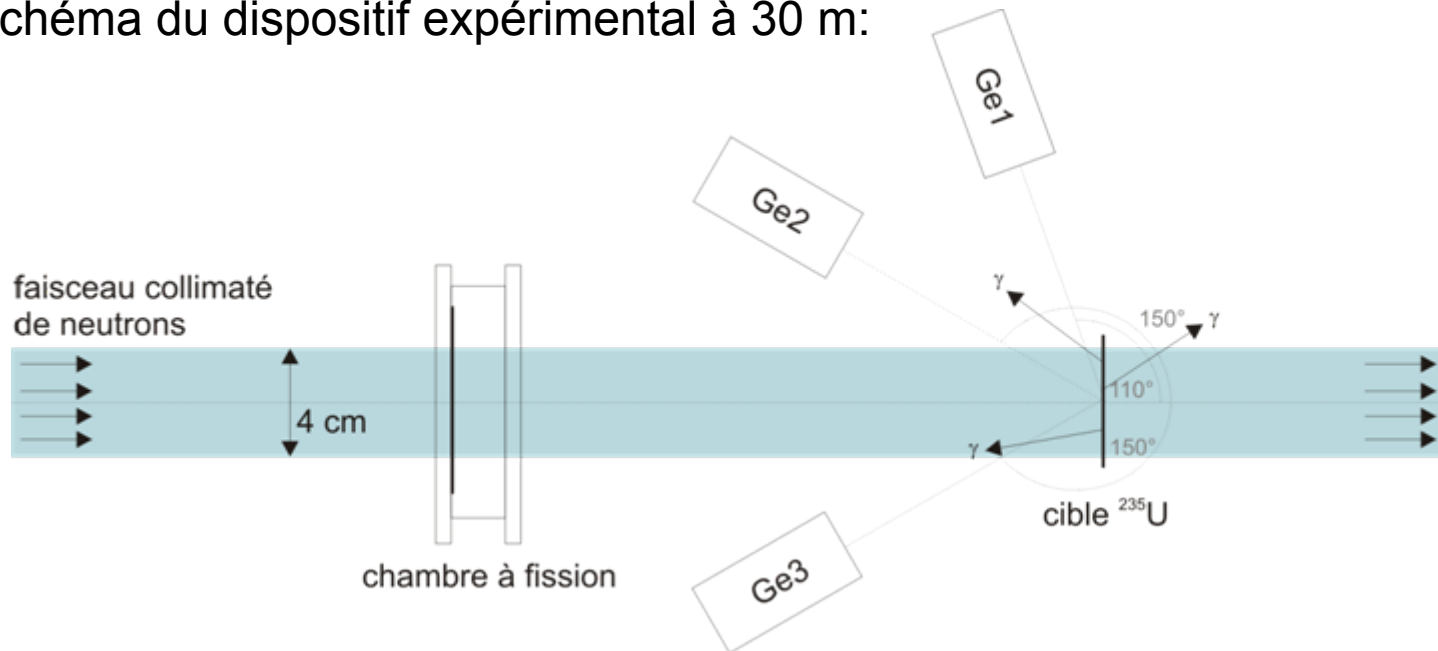
- L'expérience est réalisée avec le faisceau de Gelina (Geel, Belgique)
- Un faisceau blanc de neutrons est créé en bombardant une cible ^{235}U par un faisceau pulsé d'électrons
 - *Bremsstrahlung*: neutrons créés par photofission
 - γ -flash: servant à la calibration
- L'énergie des neutrons est déterminée à l'aide de leur temps de vol.
 - connaissant leur instant de création t_0 et leur temps de détection t'
 - leur temps de vol $t = t' - t_0$ est relié à l'énergie par:



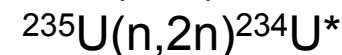
$$E_n = (\gamma - 1)m_n c^2 \quad , \quad \gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad , \quad v = \frac{d}{t}$$

Dispositif expérimental

- Schéma du dispositif expérimental à 30 m:

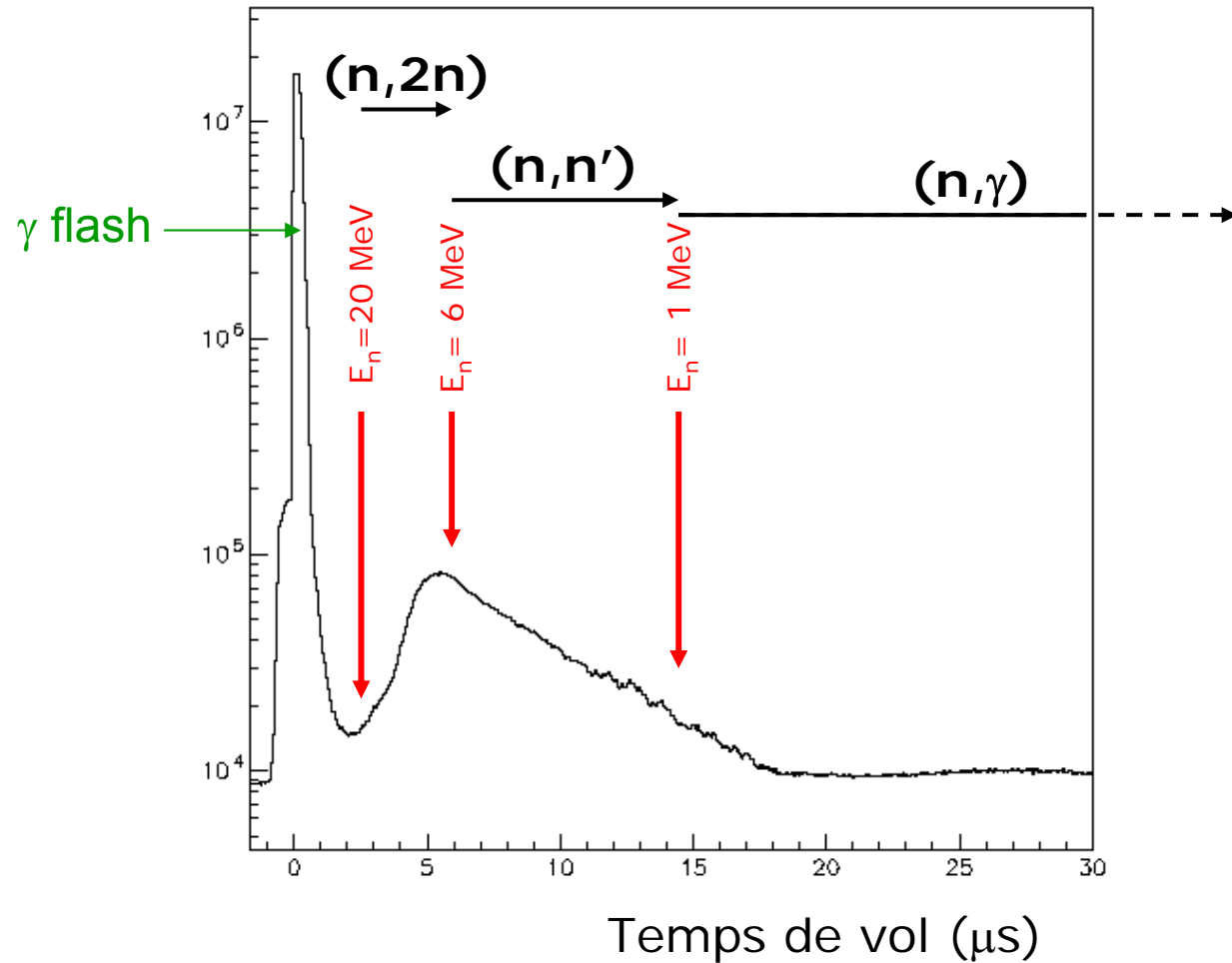


Méthode: Spectroscopie γ prompt:

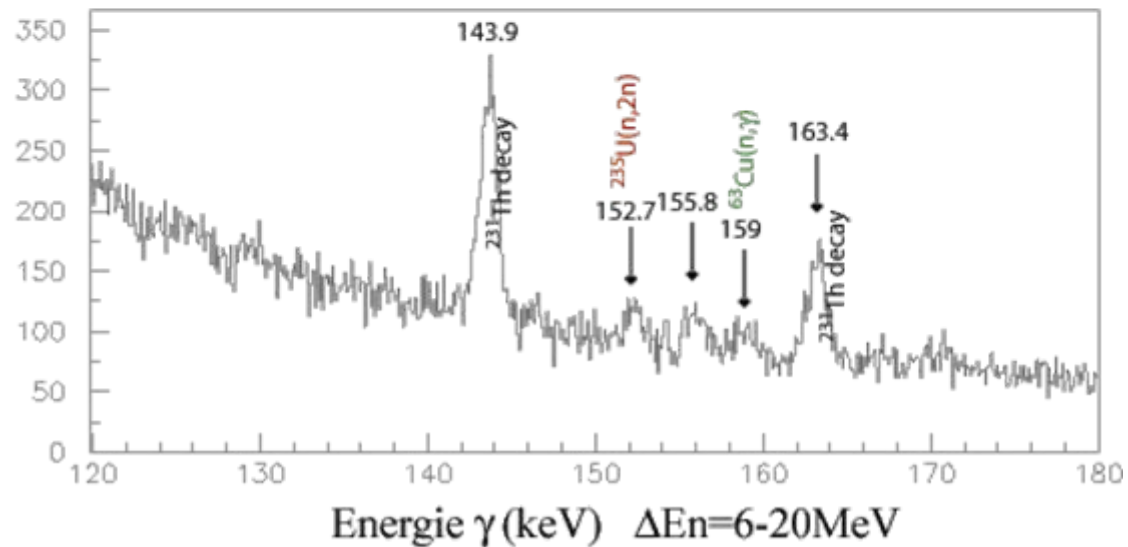
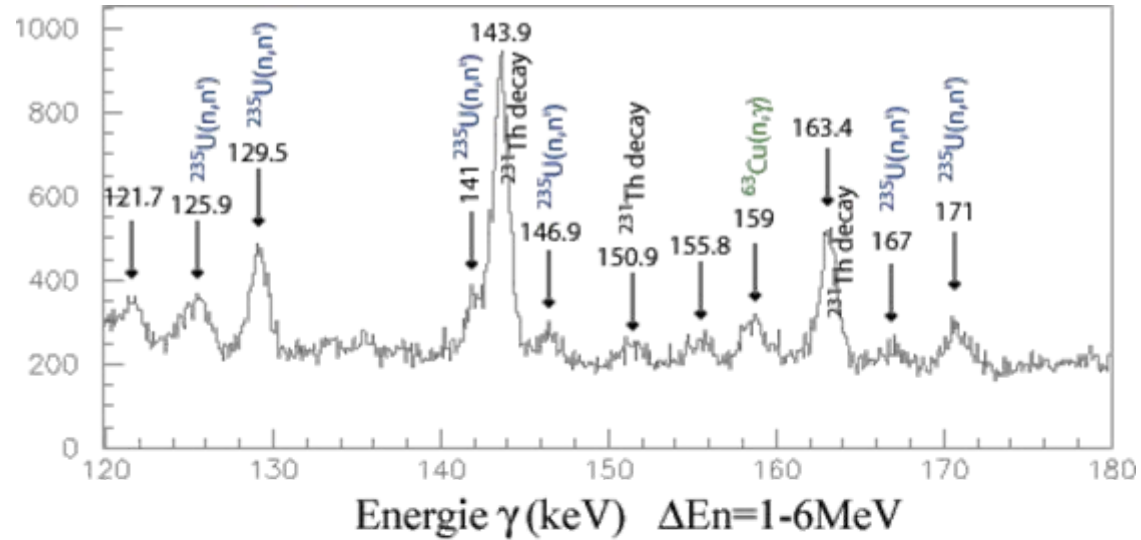


- L'acquisition est réalisée avec des cartes digitales TNT développées à l'IPHC

Spectre en temps Ge



Spectres en énergie Ge



- La mesure des sections efficaces $(n, xn\gamma)$ sur ^{235}U vient d'être lancée
 - Résultats prochainement
- Mise au point du dispositif pour les mesure sur ^{233}U :
 - Taux de comptage élevé du à la forte radioactivité de ^{233}U
 - Problèmes de bruit