

DÉVELOPPEMENT DU SPECTROMÈTRE ROSPEC

AYA KANJ¹, RICHARD BABUT¹

¹Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN), PSE-
SANTE/SDOS/LMDN, F-13108, St-Paul-lez-Durance, France

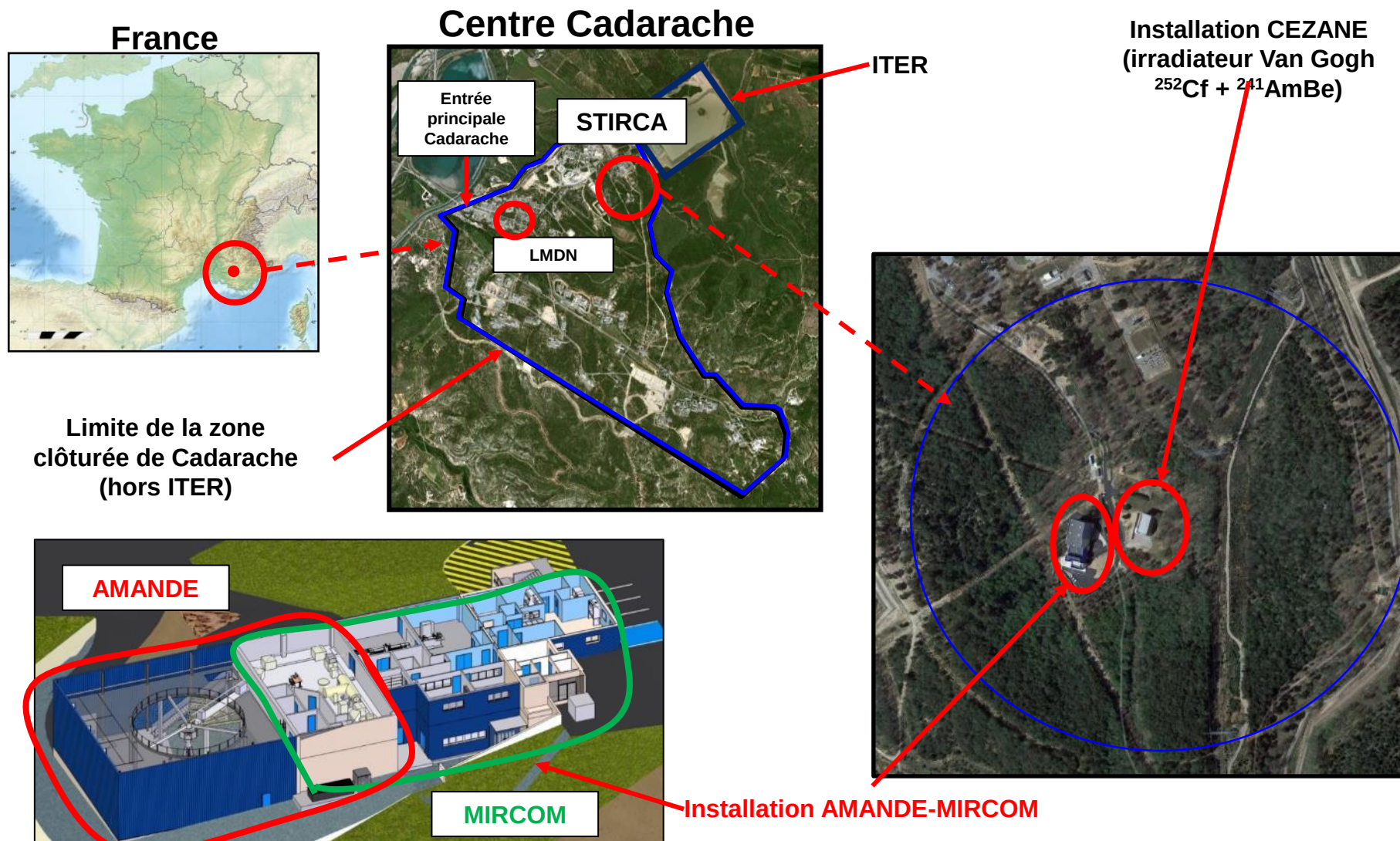
SOMMAIRE

- I. Contexte
- II. Présentation du multi-détecteur spectromètre ROSPEC
- III. Les axes d'améliorations du détecteur ROSPEC
 - 1. Caractérisation du spectromètre ROSPEC
 - 2. Discrimination neutron/ gamma avec le compteur proportionnel SP2-1
 - 3. Intégration d'un détecteur de type scintillateur plastique
- IV. Conclusion et perspectives

I. CONTEXTE

CONTEXTE

► Les installations du LMDN



CONTEXTE

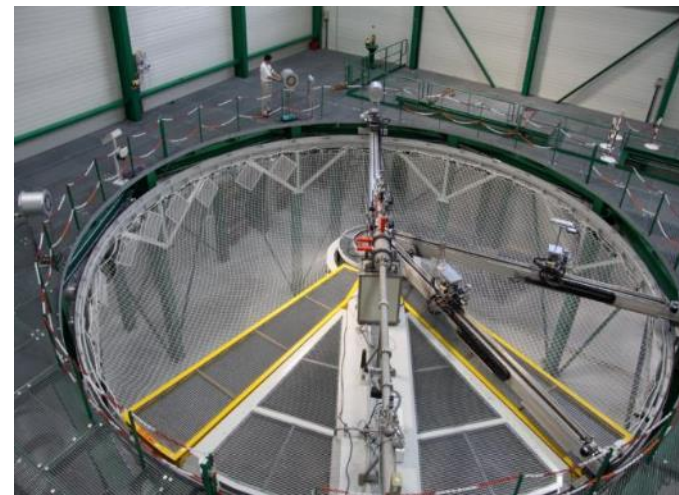
► Le faisceau de neutrons mono-énergétiques d'Amande

Accélérateur d'ions d'hydrogène et deutérium

Tandatron de 2MV

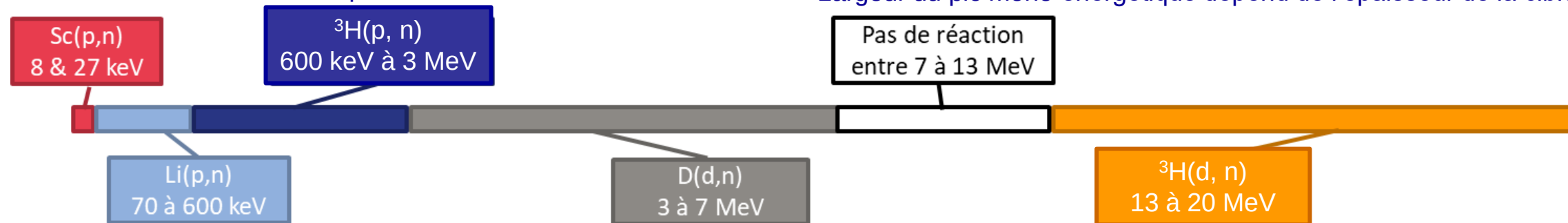


Hall expérimental



- Faisceau d'ions de protons et deutons ($0,1 \text{ MeV} < E_i < 4 \text{ MeV}$)
- Deux modes : continue et pulsé

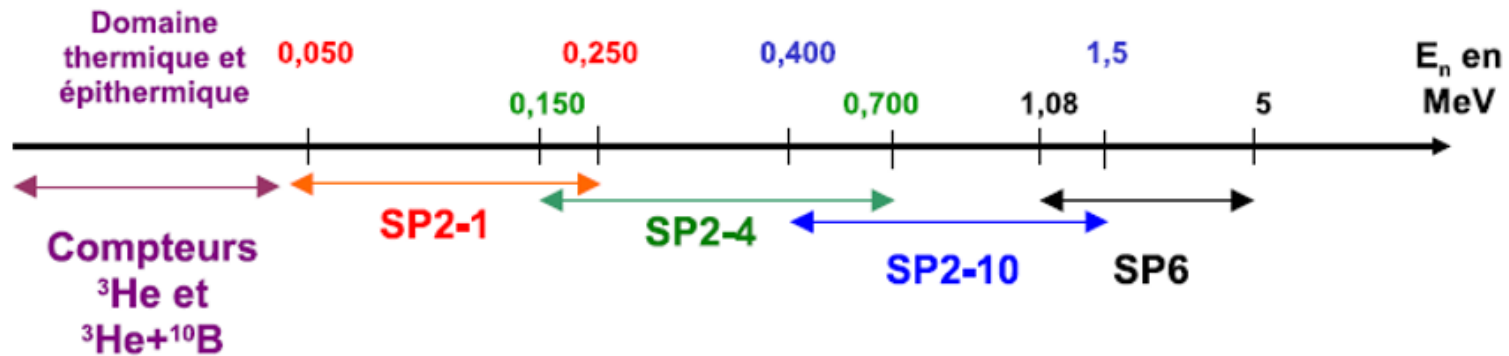
- Neutrons mono-énergétiques ($8 \text{ keV} < E_n < 20 \text{ MeV}$)
- Energie des neutrons dépend de l'angle d'émission
- Largeur du pic mono-énergétique dépend de l'épaisseur de la cible



II. PRESENTATION DU MULTI- DETECTEUR ROSPEC

PRÉSENTATION DU MULTI-DETECTEUR SPECTROMÈTRE ROSPEC

- Le ROSPEC a été lancé pour la première fois en 1992
- Développé par **Bubble Technology Industries** au Canada
- Spectromètre composé de 6 compteurs proportionnels
 - ✓ 2 compteurs ^3He
 - ✓ 4 compteurs à protons de recul



→ Capacité à déterminer la distribution en énergie de la fluence et d'équivalent de dose neutronique



PRÉSENTATION DU MULTI-DETECTEUR SPECTROMÈTRE ROSPEC

AVANTAGE DU SYSTÈME :

- Il couvre un large domaine d'énergie (énergie thermique à 5 MeV)
- Il est compact donc transportable
- Il permet un traitement rapide et en temps réel des données enregistrée

INCONVÉNIENTS DU SYSTÈME :

- C'est une « boîte noire »
- Inefficace entre 10 keV et 70 keV
- Domaine en énergie limité à 5 MeV
- Résolution en énergie du spectre perfectible

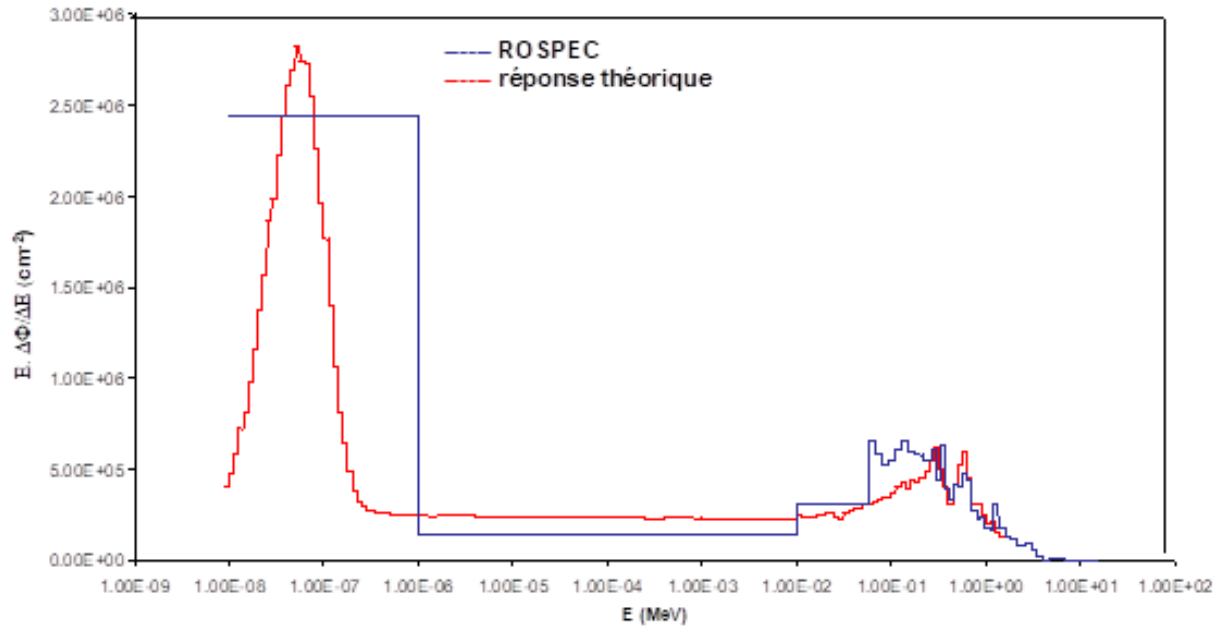


Objectif du Laboratoire :

Faire du ROSPEC un spectromètre de terrain plus performant en termes de résolution et en gamme d'énergie (énergie thermique à 20 MeV)

III. LES AXES D'AMÉLIORATIONS DU DÉTECTEUR ROSPEC

LES AXES D'AMÉLIORATIONS DU DÉTECTEUR ROSPEC



Mesures ROSPEC dans un champ de neutrons de référence de 3 MeV après modération

1. Caractérisation du détecteur ROSPEC

- Détermination d'une nouvelle fonction de réponse avec des intervalles d'énergie plus fines → Résolution en énergie plus fine

2. Extension de la gamme des basses énergies

- Application de la discrimination neutron/gamma avec le compteur SP2-1 à une énergie $< 20 \text{ keV}$

3. Extension de la gamme des hautes énergies $> 5 \text{ MeV}$

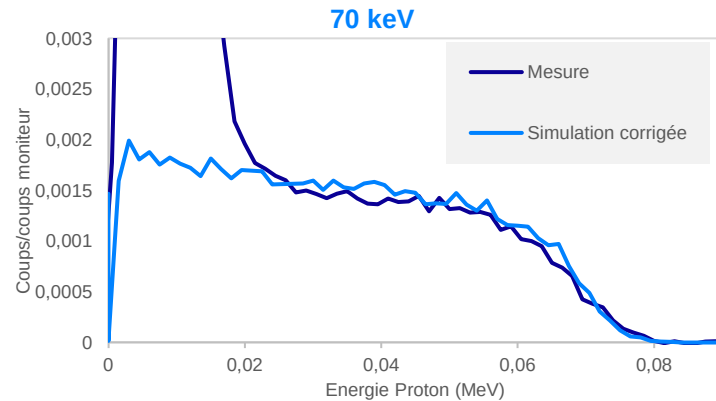
- Intégration d'un détecteur de type scintillateur plastique au ROSPEC

CARACTÉRISATION DU DÉTECTEUR ROSPEC

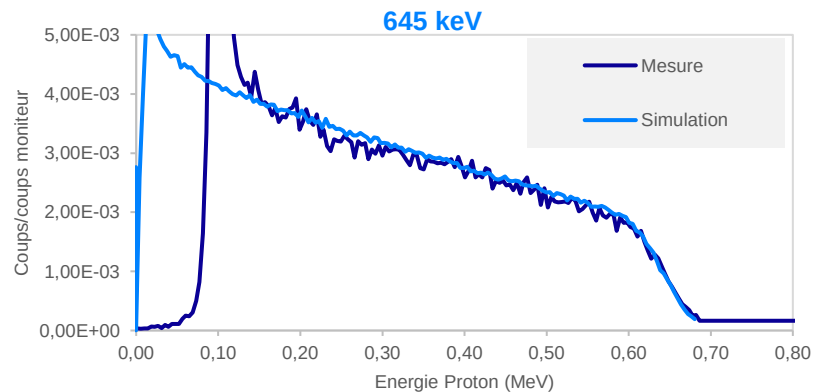
Caractérisation du spectromètre ROSPEC

- Calcul de la fonction de réponse et sa comparaison avec la simulation des 4 compteurs proportionnels SP2-1, SP2-4, SP2-10 et SP6

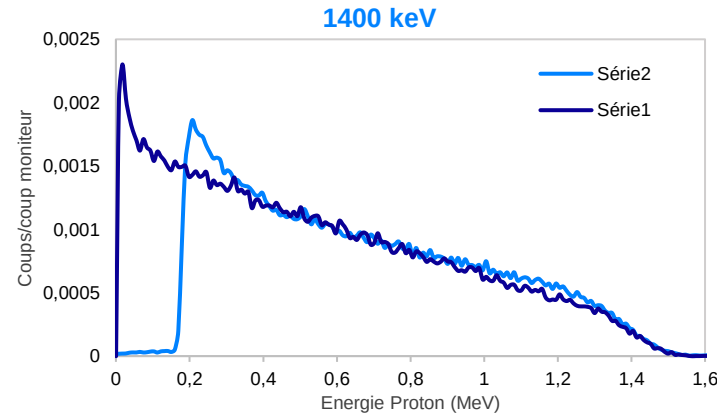
SP2-1: 10 → 300 keV (pas de 2 keV)



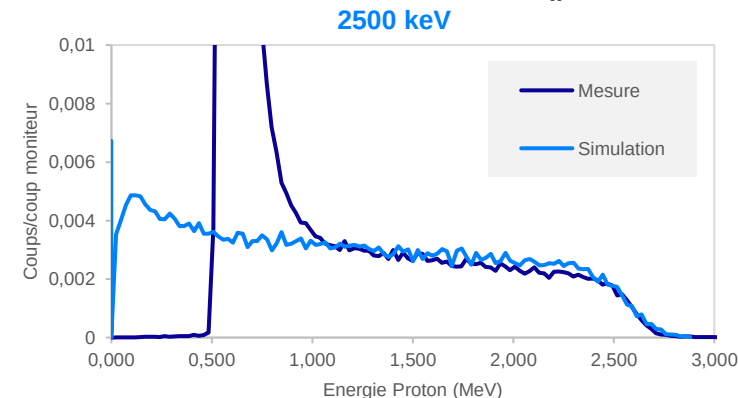
SP2-4: 150 → 710 keV (pas de 4 keV)



SP2-10: 400 keV → 1504 keV (pas de 8 keV)



SP6: 900 keV → 5810 keV (pas de 10 keV)

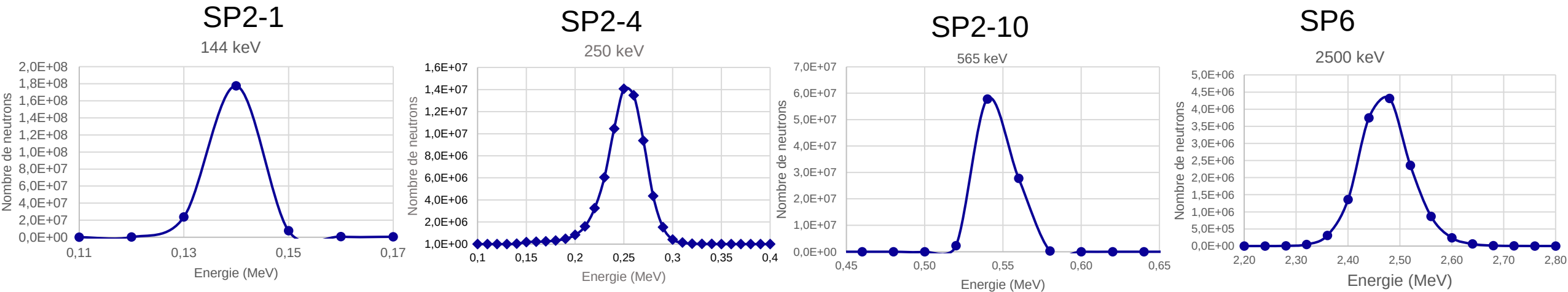


- Géométrie
- Source d'Amande (TARGET)
- Effet de champ électrique
- Perte de pression du gaz
- Elargissement gaussienne (GEB)

CARACTÉRISATION DU DÉTECTEUR ROSPEC

Caractérisation du spectromètre ROSPEC

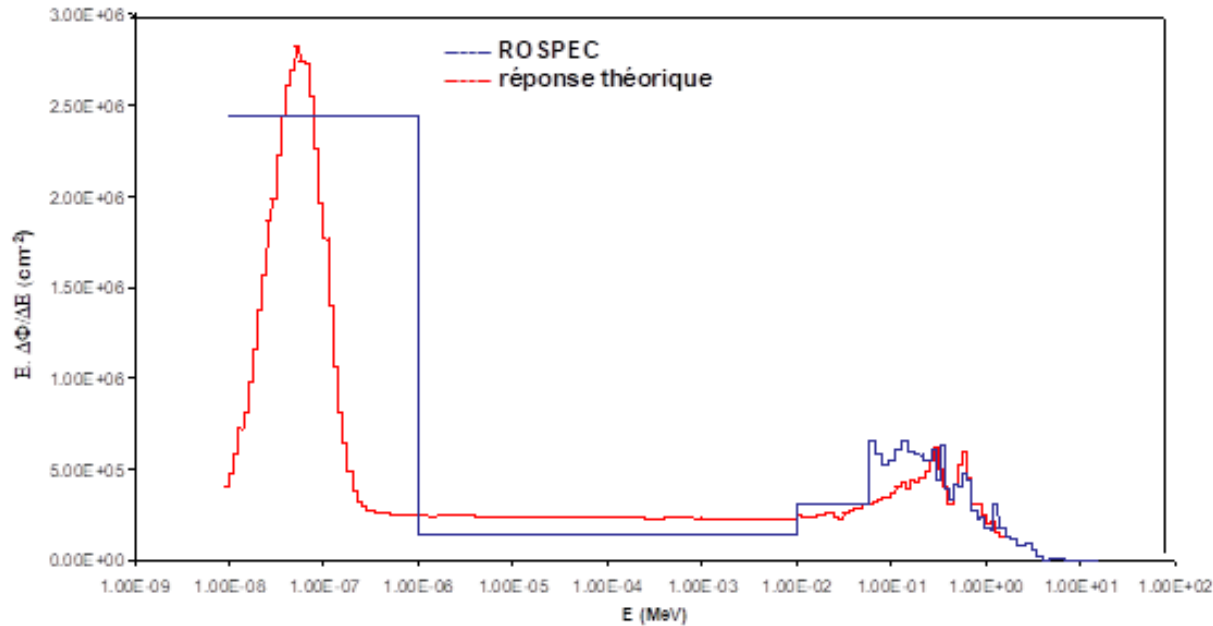
➤ Reconstruction des spectres mono-énergétiques à l'aide du code de deconvolution **GRAVEL**



	SP2-1 144 keV	SP2-4 250 keV	SP2-10 565 keV	SP6 2500 keV
Fluence calculée GRAVEL (n/cm2)	2.46E+06	6.72E+05	1.76E+06	5.33E+05
Fluence de référence Amande (n/cm2)	2.03E+06 +/- 7.3E+04	7.346E+05 +/- 2.7E+04	1.81E+06 +/- 2.1E+08	5.505E+05 +/- 4.68E+08

✓ Un bon accord entre la fluence calculée par GRAVEL et la fluence de référence d'Amande

LES AXES D'AMÉLIORATIONS DU DÉTECTEUR ROSPEC



Mesures ROSPEC dans un champ de neutrons de référence de 3 MeV avec mise en forme de l'énergie via des modérateurs

1. Caractérisation du détecteur ROSPEC

- Détermination d'une nouvelle fonction de réponse avec des intervalles d'énergie plus fines → Résolution en énergie plus fine

2. Extension de la gamme des basses énergies

- Application de la discrimination neutron/gamma avec le compteur SP2-1 à une énergie < 20 keV

3. Extension de la gamme des hautes énergies > 5 MeV

- Intégration d'un détecteur de type scintillateur plastique au ROSPEC

Extension de la gamme basse des énergies des neutrons détectés

► Discrimination neutron/ gamma avec le compteur proportionnel SP2-1

→ Motivation

- Detection des neutrons dans les compteurs proportionnels à hydrogène

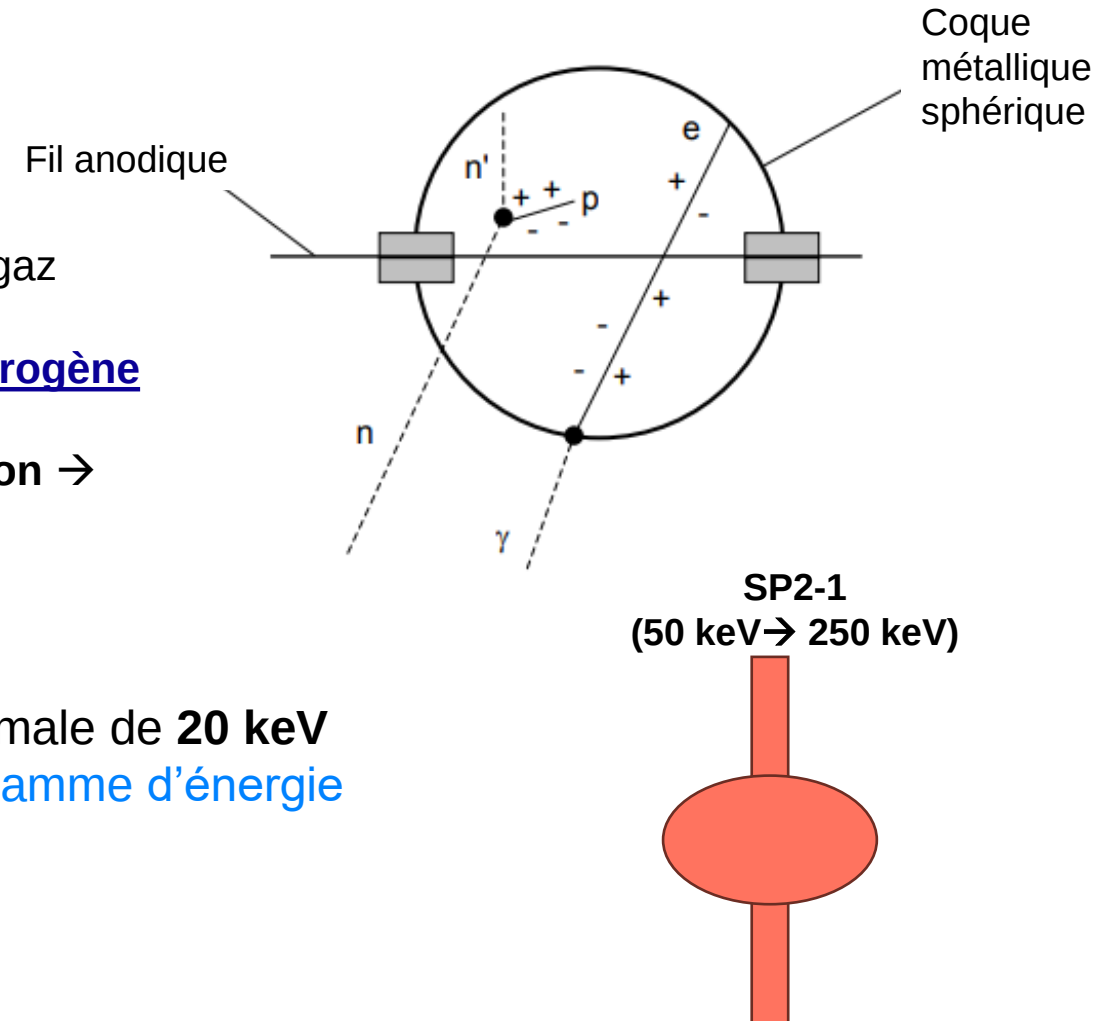
$N + H \rightarrow$ **proton de recul** par diffusion élastique $\rightarrow$ ionisation du gaz

- Detection des gamma dans les compteurs proportionnels à hydrogène

γ + sphère métallique $\rightarrow$ génère des **electrons** par effet compton $\rightarrow$ ionisation du gaz

Dans **SP2-1** les **rayons gamma** déposent une énergie maximale de **20 keV**

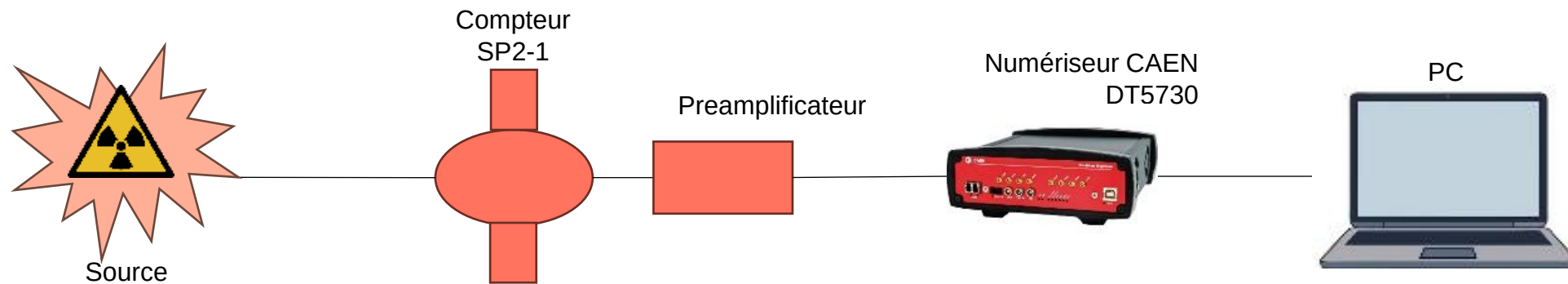
$\rightarrow$ La discrimination neutron/gamma est essentielle à cette gamme d'énergie



Extension de la gamme basse des énergies des neutrons détectés

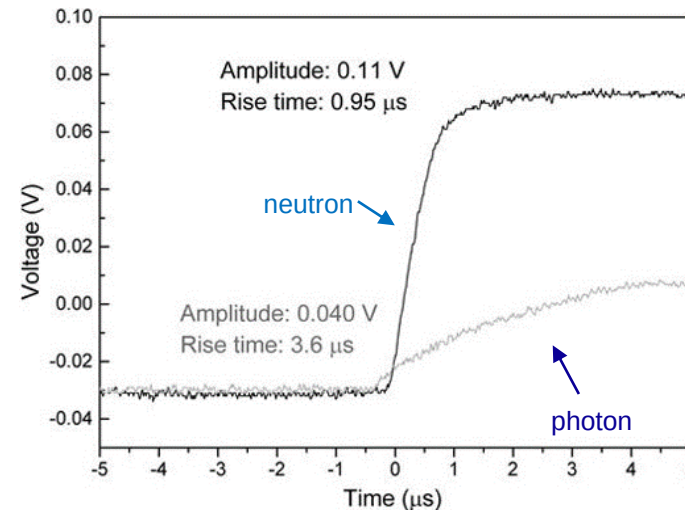
► Discrimination neutron/ gamma avec le compteur proportionnel SP2-1

→ Système d'acquisition (passage au mesure numérique)



2 types des impulsions de particules

- ✓ Neutron (court temps de montée)
- ✓ Gamma (long temps de montée)



Extension de la gamme basse des énergies des neutrons détectés

► Discrimination neutron/ gamma avec le compteur proportionnel SP2-1

→ Traitement de données

1^{ère} étape :

traitement de bruit

Méthode IA : *CNN - Convolutional Neural Network*

2^{ème} étape :

lissage des signaux
avec *Savitzky-Golay filter*

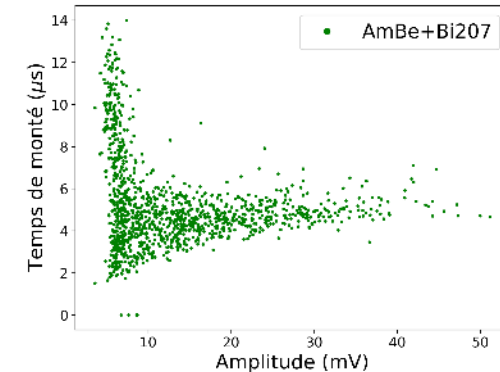
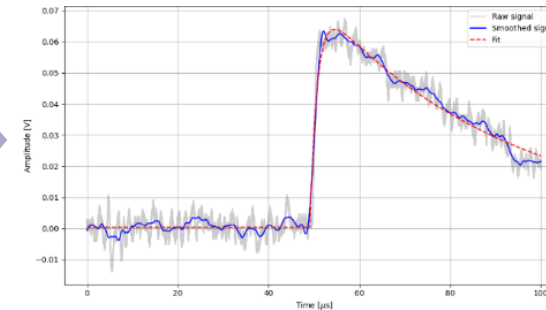
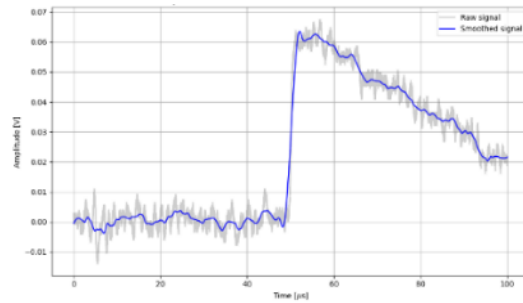
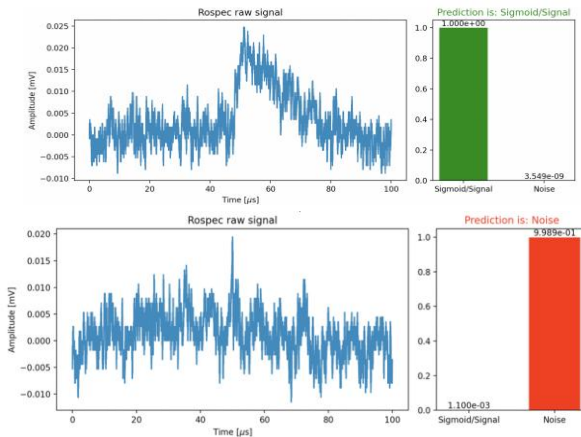
3^{ème} étape :

fit des signaux

$$f(t) = \begin{cases} b & \text{si } t > t_0 \\ A \left(e^{-\frac{t-t_0}{\tau_d}} - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_r}} \right) + b & \text{si } t \leq t_0 \end{cases}$$

4^{ème} étape :

amplitude vs
temps de monté

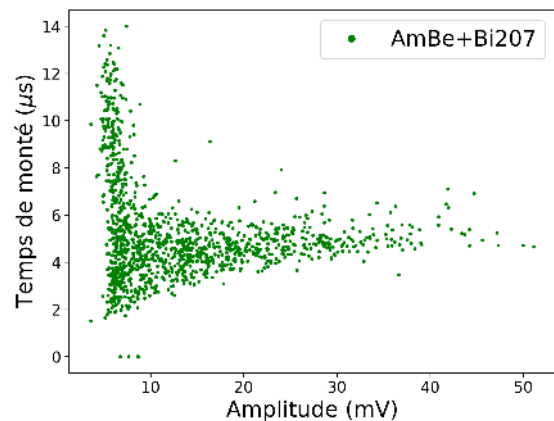


Extension de la gamme basse des énergies des neutrons détectés

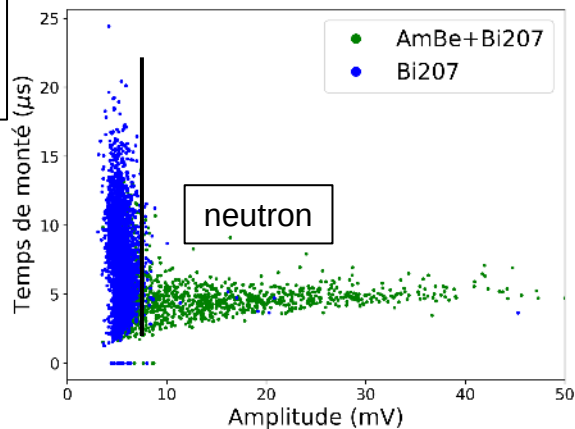
► Discrimination neutron/ gamma avec le compteur proportionnel SP2-1

→ Premiers résultats

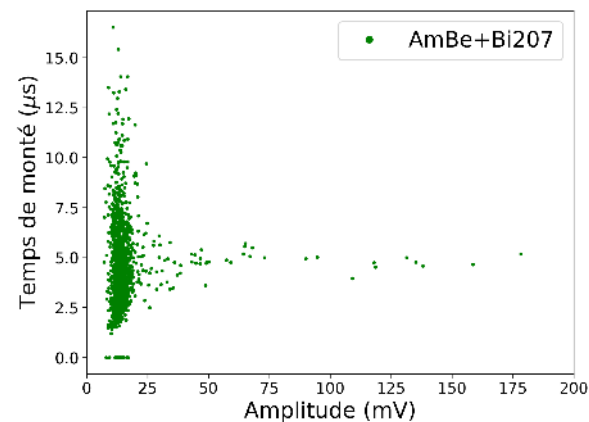
SP6



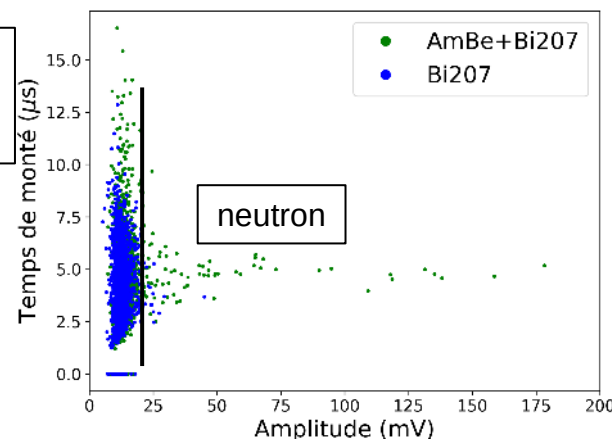
Gamma
+
neutron



SP2-1

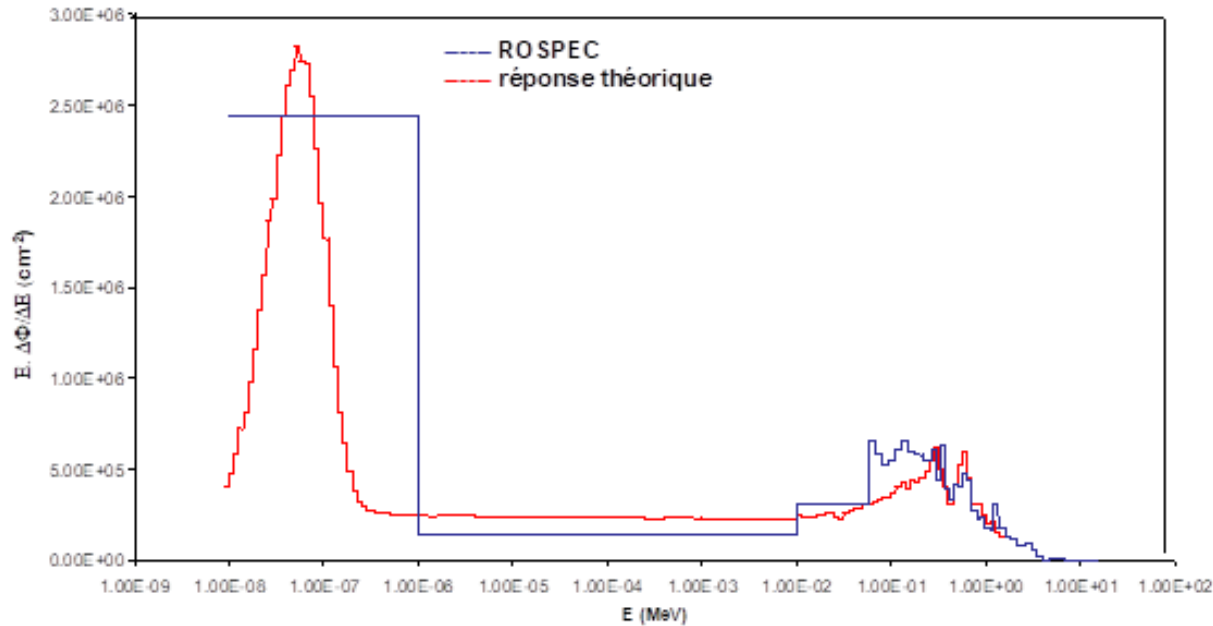


Gamma
+
neutron



→ Appliquer une méthode
IA pour discriminer les
neutrons à basse énergie

LES AXES D'AMÉLIORATIONS DU DÉTECTEUR ROSPEC



Mesures ROSPEC dans un champ de neutrons de référence de 3 MeV avec mise en forme de l'énergie via des modérateurs

1. Caractérisation du détecteur ROSPEC

- Détermination d'une nouvelle fonction de réponse avec des intervalles d'énergie plus fines → Résolution en énergie plus fine

2. Extension de la gamme des basses énergies

- Application de la discrimination neutron/gamma avec le compteur SP2-1 à une énergie < 20 keV

3. Extension de la gamme des hautes énergies > 5 MeV

- Intégration d'un détecteur de type scintillateur plastique au ROSPEC

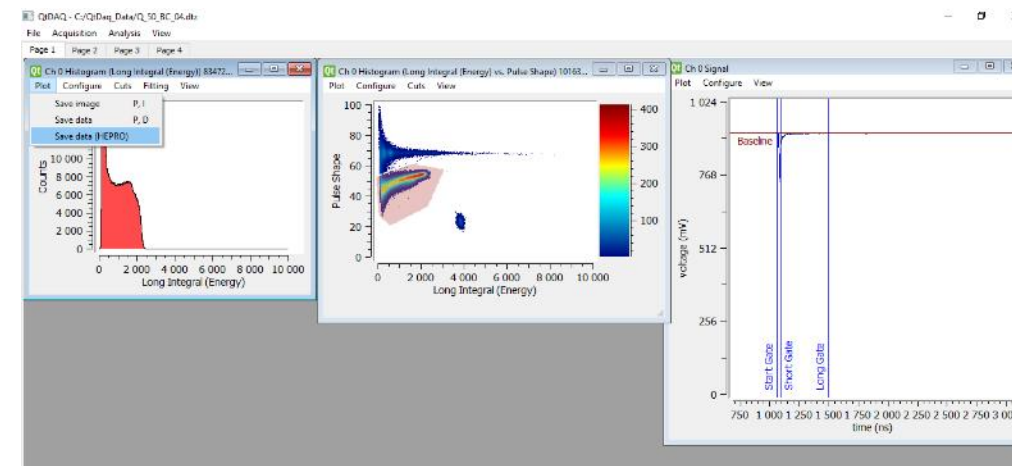
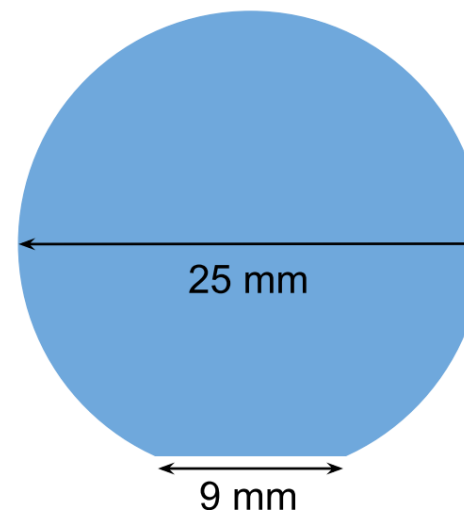
Extension de la gamme des hautes énergies > 5 MeV

► Intégration d'un détecteur de type scintillateur plastique

→ En collaboration avec *Cap Town University*

➤ Système d'acquisition :

- Scintillateur plastique de type EJ276
- Sphérique ($\varnothing$ 25 mm avec une zone plate de 9 mm)
- Numériseur CAEN DT5730
- SIPM
- Logiciel QtDaQ pour le pilotage et l'enregistrement
- Permet la détection de neutrons d'énergies comprises entre 2 et 20 MeV



IV. CONCLUSION PERSPECTIVES

ET

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Caractérisation du détecteur ROSPEC

- ✓ Calcul de la fonction de réponse du détecteur de ROSPEC
- ✓ Reconstruction des spectres de neutrons mono-énergétique
- Evaluer la performance de la fonction de réponse calculé en utilisant des sources plus complexes tel que l'AmBe

Discrimination neutron gamma avec SP2-1

- ✓ La méthode par CNN est efficace pour détecter les signaux du bruit de fond.
- ✓ Premiers résultats obtenus montrant la distribution de temps de montée en fonction de l'amplitude.
- Appliquer la méthode CNN la discrimination neutron/gamma à basse énergie

Extension de la gamme des hautes énergies > 5 MeV

- ✓ Un scintillateur EJ276 qui détecte des neutrons de 2 MeV jusqu'à 20 MeV est disponible
- Intégration du détecteur du scintillateur au détecteur ROSPEC



**Merci pour votre attention
!!**



Des questions ?