

Computer Sciences  
**Apprentissage profond pour la génération de spectres- $\gamma$**   
**Deep learning for the generation of  $\gamma$ -spectra**

**Mots-clés :** prospection uranium, spectrométrie  $\gamma$ , deep tech, GAN, apprentissage semi-supervisé, mesures nucléaires

**Projet description:** En physique nucléaire, l'atténuation caractérise la diminution de l'intensité du faisceau de particules incident (par exemple rayons X, photons, électrons, neutrons) lors du passage de la matière condensée. La loi exponentielle fondamentale de l'atténuation des rayons  $\gamma$  (ici l'atténuation fait référence aux rayons  $\gamma$ ) stipule que l'intensité des rayons  $\gamma$  incidents  $I$  est une fonction de l'énergie  $\gamma$  du rayon, de la composition de l'absorbeur et de son épaisseur[1].

Le problème majeur avec les concepts traditionnels basés sur la surface de pic net se pose lorsque les signatures de rayons X et  $\gamma$  des radio-isotopes de dosage sont de qualité statistique dégradée [2] et / ou lorsqu'il y a un atténuateur à proximité d'un détecteur, ce qui a un impact négatif sur les performances de l'algorithme.

Un tel impact résulte de divergences conceptuelles entre un modèle utilisé pour décrire ces données bruyantes et le type d'outil statistique utilisé pour les analyser. Le premier est limité par la conception conceptuelle des modèles physiques utilisés dans les algorithmes d'analyse de spectres basés sur la surface des pics nets (par exemple, nécessité d'avoir des pics de rayons  $\gamma$  selon des critères - comme le dépassement de l'écart type du continuum de fond sous-jacent dans la ROI spécifiée). Le dernier est une conséquence directe d'un degré élevé de biais introduit par diverses sources de bruit (par exemple, rayonnement de fond, bruit du détecteur à température ambiante). L'un des moyens de surmonter ces lacunes conceptuelles est d'utiliser une méthodologie qui implique un modèle différent pour les interactions physiques, dont les outils statistiques ne seraient pas basés sur les métriques traditionnelles de la surface de pic net.

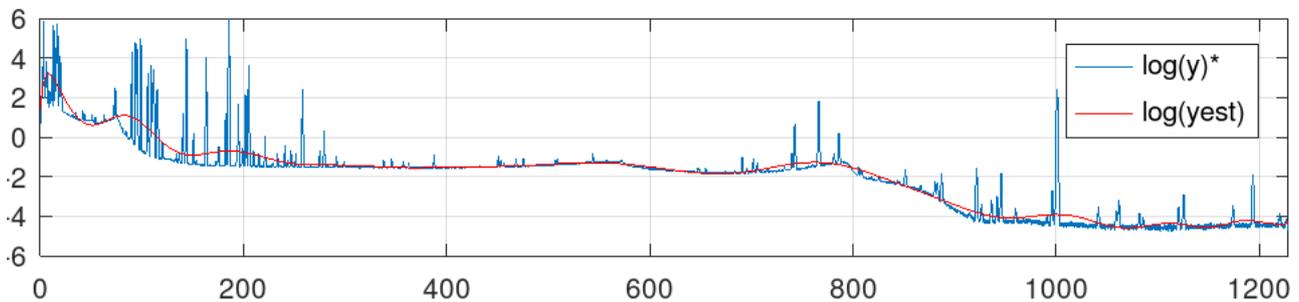


Figure 1: Exemple de spectre  $\gamma$  composé d' $U_{235}$  et isotopes.

L'idée est basée sur l'idée que le spectre est visualisé canal par canal, au lieu de photopeaks individuels. Comme si nous devons dire que chaque canal est maintenant un pic d'absorption complet. Pour incorporer les propriétés d'atténuation, nous utiliserions deux atténuateurs de base - par ex. plomb (Pb) et graphite (C).

Dans les spectres simulés, nous définissons les valeurs d'activité de référence pour lesquelles la composition inconnue sera calculée. Le spectre inconnu est représenté comme une combinaison des spectres de référence mentionnés avec cinq isotopes (cf Fig.1). Un ensemble de spectres d'apprentissage peut être simulé pour permettre au réseau de neurones profond (DNN) d'apprendre les valeurs des coefficients de transmission et les

Un DNN peut être formé pour apprendre les coefficients de transmission.

Une autre option consiste à appliquer une fonction d'étape lisse en remplacement du coefficient d'atténuation.

**Résultats attendus:** Proposer un nouvel algorithme original basé sur l'IA pour la détermination de la composition isotopique de l'uranium et / ou du plutonium (ou la masse de matière fissile selon les capacités de l'algorithme) à l'aide de spectres  $\gamma$ .

Étudier les limites et les possibilités de cet algorithme à l'aide d'un ensemble de spectres mesurés expérimentalement de différentes matières nucléaires (uranium, plutonium, spectres de sources ponctuelles)

mesurés dans différentes conditions de mesure (par exemple, degré d'atténuation, distance échantillon-détecteur) et détecteurs de diverses Taille.

**Profil et compétences requises** Capacité à comprendre et développer des algorithmes d'apprentissage adaptatif et à traiter les données médicales, les indexer et les utiliser dans un système opérationnel pour réaliser la mission décrite ci-dessus. Compétences en programmation: Python ou en C / C ++. Une pratique de Tensorflow et Pytorch serait un plus. La pratique du français n'est pas obligatoire.

**Qualités professionnelles recherchées:** autonomie, sens de la relation pour interagir avec les équipes de recherche et de société, motivation pour les nouvelles technologies, créativité pour mettre en place une solution innovante.

**Contact:** vincent Vigneron, Hichem Maaref, leonardo Duarte  
({vincent.vigneron,hichem.maaref}@univ-evry.fr, leonardo.duarte@fca.unicamp.br)  
Phone: +33 6 635 687 60

## References

- [1] Hee-Dong Choi and Junhyuck Kim. Basic characterization of uranium by high-resolution gamma spectroscopy. *Nuclear Engineering and Technology*, 50(6):929–936, 2018.
- [2] Cong Tam Nguyen and József Zsigrai. Gamma-spectrometric uranium age-dating using intrinsic efficiency calibration. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 243(1):187–192, Jan 2006.