

---

## CDD oct. 2020 – sept. 2023 sur le projet européen ENTRANCE INSPECTION NEUTRONIQUE DES CONTENEURS MARITIMES

---

### Contexte

Dans le cadre du projet européen ENTRANCE (de 2020 à 2023, avec 17 partenaires issus de 7 pays européens et un budget de 7 M€) du programme H2020 sécurité, le Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN) du CEA Cadarache propose un poste en CDD d'usage d'une durée de 3 ans pour optimiser un système d'inspection neutronique permettant de détecter des explosifs, drogues et autres produits illicites (contrebande) dans des conteneurs de transport maritime. Fort d'une expérience de plus de 15 ans acquise dans ce domaine au travers des projets européens EURITRACK, Eritr@c, UNCOSS, SCINTILLA, C-BORD<sup>1</sup> ainsi que des projets INSPEC et IRMA du programme interministériel de lutte contre les menaces NRBC, le LMN contribuera à améliorer le système d'inspection neutronique « RRTNIS » (*Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System*, voir références in fine) développé lors du projet C-BORD (H2020, 2015-2018). Dans le cadre d'ENTRANCE, le LMN collaborera étroitement avec plusieurs partenaires européens comme l'Université de Padoue (notée ci-après UNIPD), la société CAEN S.p.A en Italie, le CEA LIST à Saclay, Smiths Detection (Vitry-sur-Seine) et les douanes de Croatie (port de Rijeka).

### La Technique de la Particule Associée

La Technique de la Particule Associée (TPA) est une méthode d'interrogation avec des neutrons rapides de 14 MeV, produits par un tube scellé transportable où se produit la réaction de fusion deutérium-tritium  $t(d,n)\alpha$ , permettant une caractérisation élémentaire de matériaux potentiellement massifs et offrant une information sur la localisation spatiale des éléments interrogés. Cela en fait une technique complémentaire de second niveau, suite à l'imagerie X utilisée couramment comme contrôle de premier niveau, pour la détection des menaces terroristes dans les conteneurs de transport. Avec chaque neutron, une particule alpha est en effet émise approximativement à 180° et sa mesure par un détecteur à localisation permet de déterminer la direction d'émission du neutron associé. Outre la direction d'émission du neutron, son temps de vol jusqu'à son interaction dans le milieu interrogé est aussi déterminé grâce au temps de coïncidence entre la détection alpha et celle du rayonnement gamma induit par le neutron dans le conteneur. L'analyse du spectre gamma induit par les neutrons rapides, enregistré avec des scintillateurs NaI(Tl), permet d'identifier les éléments présents dans le volume inspecté.

### Objet du CDD proposé

La personne sélectionnée pour le CDD travaillera au sein du LMN sur les tâches suivantes :

- remise en service du RRTNIS C-BORD (remontage et prise en main du système d'acquisition de données avec les partenaires UNIPD et CAEN) et optimisation de ses performances (améliorations du design, réduction du bruit de fond, alignement du faisceau de neutrons, etc.) dans la casemate d'irradiation DANAIDES de l'ICPE TOTEM, au CEA Cadarache ;

---

<sup>1</sup> <http://www.euritrac.org/> ; <http://www.uncoss-project.org/> ; <http://www.scintilla-project.eu/> ; <https://www.cbord-h2020.eu/>



CEA Cadarache  
Laboratoire de Mesures Nucléaires, bâtiment 224  
13108 Saint-Paul-lez-Durance

- simulation numérique MCNP : qualification du modèle numérique du RRTNIS par comparaison expérience-calcul avec des résultats de mesure de cibles nues ou dissimulées dans des matrices de marchandises (bois, fer, sable, etc.) ;
- acquisition d'une base expérimentale de spectres gamma élémentaires (C, N, O, Si, Fe, Al, Cu, etc.) ou de matériaux représentatifs des marchandises couramment transportées (bois, tissus, plastiques, SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, aciers...) induits par interrogation neutronique et confrontation EXP-MCNP ;
- développement d'un outil de visualisation en 3D des éléments interrogés en vue de localiser des zones suspectes dans les conteneurs maritimes, en complément à l'imagerie X du partenaire Smiths ;
- soutien au CEA LIST Saclay pour le développement d'outils d'aide à la décision basés sur une intelligence artificielle incluant des règles de raisonnement humain (celui des experts), notamment pour la classification des matières interrogées ;
- soutien à la société CAEN S.p.A. pour le développement d'une IHM destinée aux utilisateurs finaux (douaniers) ;
- participation aux essais de démonstration pilotés par les douanes Croates sur le port de Rijeka.

## Profil recherché

Sur le plan technique, les principales compétences recherchées sont :

- expérimentales : instrumentation nucléaire (détecteurs NaI, systèmes d'acquisition, éventuellement générateurs de neutrons / accélérateurs), mesures de coïncidences et de temps de vol (résolution de l'ordre de la nanoseconde) ;
- en simulation Monte Carlo (MCNP) : transport neutron-gamma, calculs de flux temps-énergie, de spectres gamma, cartes de dose neutron-gamma ;
- en traitement de données (ROOT, Python) : analyse des données brutes (fichiers binaires d'acquisition), extraction des coïncidences  $\alpha$ - $\gamma$  et du spectre de temps de vol neutronique, analyse des spectres gamma, déconvolution, moindres carrés, propagation des incertitudes par méthode de Monte Carlo, visualisation 3D des composantes élémentaires, etc.

Les aptitudes personnelles suivantes sont indispensables :

- une bonne maîtrise de l'anglais, aussi bien orale (réunions de projet, conférences, essais) qu'écrite (mails, livrables projets, articles scientifiques).
- curiosité, créativité, esprit d'initiative, autonomie, organisation, capacité à rendre compte,
- sociabilité, esprit d'équipe, goût pour le travail collaboratif,
- disponibilité pour les déplacements lors des réunions, conférences et phases d'essais (quelques semaines espacées lors des deux premières années et jusqu'à 1 mois d'affilée lors des phases de démonstration).

## Intérêt du poste

Ce poste est l'opportunité de vivre une expérience scientifique et humaine enthousiasmante et enrichissante, avec des tâches très variées allant de la simulation numérique aux essais, en passant par le traitement des données et la participation active à la vie du projet (réunions, workshops, conférences, essais). Il ouvre également accès à un large réseau professionnel au niveau français et européen, dans le domaine scientifique (CEA, UNIPD, JRC...) industriel (Smiths Detection, CAEN, Bertin...) et institutionnel (douanes, ministères de l'intérieur et des finances...). L'expérience acquise en simulation numérique, en physique expérimentale et en gestion de projet, ainsi que la renommée et le caractère applicatif de la R&D



CEA Cadarache  
Laboratoire de Mesures Nucléaires, bâtiment 224  
13108 Saint-Paul-lez-Durance

menée au Laboratoire de Mesures Nucléaires<sup>2</sup>, sont autant d'atouts pour une future insertion professionnelle. A titre d'exemple, trois CDD d'usage proposés sur les projets européens EURITRACK, UNCOSS et C-BORD ont débouché directement sur des embauches en CDI au CEA de Cadarache, et un autre par un départ volontaire au PSI (Institut Paul Scherrer) en Suisse.

## Contacts

Pour postuler, merci de répondre simultanément aux 4 contacts suivants qui constitueront l'équipe d'encadrement scientifique et de management :

[bertrand.perot@cea.fr](mailto:bertrand.perot@cea.fr) 04 42 25 40 48 Expert International CEA

[cedric.carasco@cea.fr](mailto:cedric.carasco@cea.fr) 04 42 25 61 30 Expert Senior CEA, recruté après un CDD d'usage EURITRACK<sup>1</sup>

[alix.sardet@cea.fr](mailto:alix.sardet@cea.fr) 04 42 25 26 57 Récemment recrutée après un CDD d'usage C-BORD<sup>1</sup>

[fanny.jallu@cea.fr](mailto:fanny.jallu@cea.fr) 04 42 25 30 11 Cheffe du Laboratoire de Mesures Nucléaires

## Références bibliographiques

1. Alix Sardet, Bertrand Pérot, Cédric Carasco, Guillaume Sannié, Sandra Moretto, Giancarlo Nebbia, Cristiano Fontana, Marek Moszyński, Pawel Sibczyński, Krystian Grodzicki, Lukasz Świdorski, Alessandro Iovene, Carlo Tintori, *Design of the Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System of the C-BORD project*, Nuclear Science Symposium, 29 Oct. – 4 Nov. 2016, Strasbourg, France.
2. P. Sibczynski, A. Dzedzic, K. Grodzicki, J. Iwanowska-Hanke, Z. Mianowska, M. Moszynski, L. Swiderski, A. Syntfeld-Kazuch, M. Szawlowski, D. Wolski, A. Dolebska, W. Gesikowski, J. Godlewski, F. Carrel, A. Grabowski, F. Laine, G. Sannie, A. Sari, S. Moretto, C. Fontana, F. Pino, B. Perot, A. Sardet, C. Carasco, C-BORD - an overview of efficient toolbox for high-volume freight inspection, 2017 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, NSS/MIC 2017, Conference Proceedings, 12 November 2018, Article number 8532735.
3. A. Sardet, B. Pérot, C. Carasco, G. Sannié, S. Moretto, G. Nebbia, C. Fontana, F. Pino, A. Iovene, C. Tintori, *Gamma signature database of the C-BORD Tagged Neutron Inspection System*, ANIMMA 2017, International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 19-23 June, Liège, Belgium. EPJ Web Conf. Volume 170, 2018.
4. Cristiano Lino Fontana, Alberto Carnera, Marcello Lunardon, Felix Pino, Cinzia Sada, Francesca Soramel, Luca Stevanato, Giancarlo Nebbia, Alix Sardet, Bertrand Pérot, Cedric Carasco, Guillaume Sannié, Alessandro Iovene, Carlo Tintori, Lukasz Swiderski, Pawel Sibczyński, Marek Moszyński, Krystian Grodzicki, Sandra Moretto, *First results of the integration tests of the Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System (RRTNIS) of the C-BORD project*, 25th International Conference on the Application of Accelerators in Research and Industry (CAARI 2018), Grapevine, Texas, USA, August 12 – 17, 2018.
5. A. Sardet, B. Pérot, C. Carasco, G. Sannié, S. Moretto, G. Nebbia, C. Fontana, F. Pino, *Laboratory tests of the C-BORD Rapidly Relocatable Tagged Neutron Inspection System*, NSS 2019, 26 October - 2 November, Manchester, UK.
6. A. Sardet, B. Pérot, C. Carasco, G. Sannié, S. Moretto, G. Nebbia, C. Fontana, F. Pino, *Performances of C-BORD's Tagged Neutron Inspection System for explosives and illicit drugs detection in cargo containers*, submitted to TNS IEEE.

---

<sup>2</sup> Voir quelque exemples sur <https://scholar.google.com/citations?user=2lib82QAAAAJ&hl=en>



CEA Cadarache  
Laboratoire de Mesures Nucléaires, bâtiment 224  
13108 Saint-Paul-lez-Durance