



---

## CDD de 3 ans sur le projet européen MULTISCAN-3D (H2020) INSPECTION DES CONTENEURS MARITIMES

---

### Contexte

Le projet européen MULTISCAN-3D du programme H2020 Security regroupe 18 partenaires de 9 pays différents avec pour objectif d'étudier de nouvelles sources laser-plasma de rayonnements X et neutroniques [1] et leur application à l'inspection non intrusive des conteneurs maritimes pour détecter des menaces terroristes NRBCE<sup>1</sup>. D'une part, le faisceau de rayons X sera produit par rayonnement de freinage (Bremsstrahlung sur une cible de tungstène) des électrons générés et accélérés par la source laser-plasma. D'autre part, la production de neutrons sera étudiée avec un système de double cible (*pitcher-catcher*) : les ions (protons, deutérium...) créés et accélérés dans la première génèrent des neutrons dans la seconde par réactions (p,n) ou fusion (DD). Dans ce cadre, le Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN) du CEA Cadarache propose un CDD d'usage d'une durée de 3 ans, d'une part pour développer des techniques de caractérisation du faisceau X [2], et d'autre part des méthodes d'interrogation neutronique permettant de détecter des explosifs, drogues, produits de contrebande [3] [3] et matières nucléaires [5]. Fort d'une expérience de plus de 15 ans dans le domaine de la sécurité acquise dans des projets européens (EURITRACK, Eritr@c, UNCOSS, SCINTILLA, C-BORD<sup>2</sup> et actuellement ENTRANCE) et nationaux (programme de R&D du CEA contre les menaces NRBCE, projets INSPEC et IRMA), le LMN collaborera notamment avec le CEA LIST (coordinateur du projet et qui contribuera sur le plan technique à l'imagerie X, la dosimétrie, la photofission, la fluorescence par résonance nucléaire et à l'organisation des essais finaux de démonstration), Smiths Detection (imagerie X), Thalès (accélérateurs et lasers), le LOA (laboratoire d'Optique Appliquée du CNRS), l'Université de Szeged, Atomki et RAL CLF (production de neutrons par source laser-plasma), l'Université de Padoue (inspection neutronique).

### Objet du CDD proposé

Le CDD proposé concerne les tâches suivantes qui seront effectuées principalement au sein du LMN.

- Caractérisation initiale du faisceau de photons produit par la source laser-plasma (spectre en énergie, intensité d'émission, distribution angulaire) : le principe est de mesurer avec une chambre d'ionisation le débit de dose transmis au travers d'écrans d'épaisseur croissante (plaques d'aluminium) et d'en déduire le spectre des photons par déconvolution en s'appuyant sur des calculs de simulation avec le code Monte Carlo MCNP6.2. La méthode sera mise au point à Cadarache, avec notamment des mesures d'atténuation avec un accélérateur linéaire d'électrons produisant de manière conventionnelle un faisceau X par rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) sur une cible de tungstène, ainsi que le développement de l'algorithme de reconstruction du spectre, puis la méthode de caractérisation du spectre sera mise en œuvre sur le faisceau X produit par la source laser-plasma.

---

<sup>1</sup> Nucléaires, Radiologiques, Bactériologiques, Chimiques et Explosifs

<sup>2</sup> <http://www.euritrack.org/> ; <http://www.uncoss-project.org/> ; <http://www.scintilla-project.eu/> ; <https://www.cbord-h2020.eu/>



- Caractérisation en ligne du faisceau de photons avec un scintillateur CsI ou Gadox derrière un collimateur de petite ouverture (fente fine) et en incidence latérale sur le détecteur (lui aussi très fin), la lumière visible générée par le faisceau X dans le détecteur étant lue avec une camera CMOS placée au-dessus et visant la grande face du scintillateur. Des essais et des simulations seront là aussi réalisés à Cadarache au préalable avant d’aller tester la méthode sur le faisceau X produit par la source laser-plasma.
- Caractérisation élémentaire par spectrométrie de transmission neutronique basée sur le faisceau de neutrons pulsé issu de la source laser plasma et une mesure spectrale par temps de vol neutronique [4]. Les possibilités de caractérisation élémentaire par activation neutronique seront aussi investiguées avec des neutrons rapides [3] ou thermiques [5]. Ces études seront essentiellement menées par simulation numérique avec le code MCNP6.2 en vue d’estimer leurs performances pour l’inspection des conteneurs maritimes, mais des essais unitaires de faisabilité pourront être réalisés en laboratoire si nécessaire.
- Détection de matières nucléaires par interrogation neutronique pulsée avec le faisceau issu de la source laser-plasma via la détection des rayonnements des fissions induites : mesure en coïncidence des neutrons et rayonnements gamma prompts, comptage total des rayonnements gamma retardés [5]. Cette tâche sera aussi essentiellement menée par simulation avec les codes MCNP PoliMi et MCNP6.2, mais des essais en laboratoire pourront être envisagés le cas échéant.

## Profil recherché

Doctorat ou ingénieur de recherche avec au minimum 3 ans d’expérience.

Compétences techniques recherchées :

- instrumentation nucléaire : détecteurs RX/gamma/neutron, systèmes d’acquisition, éventuellement générateurs de rayonnements (DT pour les neutrons / LINAC pour les RX), mesures de coïncidences et temps de vol, spectrométrie RX et gamma ;
- simulation Monte Carlo (MCNP) : calculs de flux RX/neutron/gamma en mesure pulsée (discrétisation temps-énergie), d’efficacités de détection (dépôts d’énergie, spectrométrie), de coïncidences (MCNP PoliMi) ;
- traitement de données (ROOT, Python...) : analyse des données brutes d’acquisition, spectrométrie X et gamma, déconvolution (moindres carrés), spectrométrie de temps de vol neutronique, coïncidences de fission, propagation des incertitudes (méthode de Monte Carlo), etc.

Aptitudes personnelles indispensables :

- bonne maîtrise de l’anglais oral/écrit : échanges, réunions de projet, livrables, essais, communications scientifiques ;
- curiosité, ouverture d’esprit, multidisciplinarité (expérience, simulation, mesures X/n/γ), goût pour le travail collaboratif, sociabilité, esprit d’équipe ;
- rigueur, organisation personnelle, gestion de projet, autonomie, capacité à rendre compte ;
- disponibilité pour les déplacements : réunions de Consortium, conférences, essais de démonstration.

## Intérêt du poste

Ce poste est l’opportunité de vivre une expérience scientifique et humaine 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 d'un grand projet scientifique (réunions, workshops, conférences, essais) dans un domaine très innovant (sources laser plasma, participation de Gérard Mourou, prix Nobel de physique 2018, dans le comité d'orientation). Il donne accès à un vaste réseau au sein du CEA et avec les différents partenaires scientifiques, industriels (voir contexte plus haut) et institutionnels (UE, douanes...). L'expérience acquise en simulation numérique, physique expérimentale, traitement de données et gestion de projet, mais aussi la renommée et le caractère applicatif de la R&D menée au Laboratoire de Mesures Nucléaires, sont des atouts important en vue d'une future insertion professionnelle en CDI. A titre d'exemple, les postes en CDD d'usage sur les projets européens EURITRACK, UNCOSS et C-BORD en sécurité ont débouché sur 3 embauches en CDI au CEA de Cadarache et un départ volontaire en CDI à l'Institut Paul Scherrer en Suisse.

## Contacts

Pour postuler, répondre simultanément aux contacts suivants :

<a href="mailto:bertrand.perot@cea.fr">bertrand.perot@cea.fr</a>	04 42 25 40 48	Expert International CEA
<a href="mailto:cedric.carasco@cea.fr">cedric.carasco@cea.fr</a>	04 42 25 61 30	Expert Senior CEA
<a href="mailto:david.tisseur@cea.fr">david.tisseur@cea.fr</a>	04 42 25 26 57	Expert CEA en imagerie X
<a href="mailto:christophe.roure@cea.fr">christophe.roure@cea.fr</a>	04 42 25 30 11	Chef du Laboratoire de Mesures Nucléaires

## Références bibliographiques

1. Brenner, C. M. Mirfayzi, S. R. Rusby, D. R. Armstrong, C. Alejo, A. Wilson, L. A. Clarke, R. Ahmed, H. Butler, N. M. H. Haddock, D. Higginson, A. McClymont, A. Murphy, C. Notley, M. Oliver, P. Allott, R. Hernandez-Gomez, C. Kar, S. McKenna, P. Neely, D. Laser-driven x-ray and neutron source development for industrial applications of plasma accelerators *Plasma Physics and Controlled Physics*, 58, 1, 014039, 2016.
2. N. Estre et al., "Design of a very efficient detector for High Energy Tomography," 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference Proceedings (NSS/MIC), Sydney, Australia, 2018, pp. 1-3, doi: 10.1109/NSSMIC.2018.8824699.
3. 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, accepted for publication in TNS IEEE, <https://doi.org/10.1109/TNS.2021.3050002>
4. G. Viesti, L. Cossutta, D. Fabris, M. Lunardon, S. Moretto, G. Nebbia, S. Pesente, F. Pino, L. Sajo-Bohus, Material recognition by using a tagged <sup>252</sup>Cf source, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 593 (2008) 592– 596.
5. Tsahi Gozani, Dan Strellis, Advances in neutron based bulk explosive detection, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Volume 261, Issues 1–2, 2007, Pages 311-315, ISSN 0168-583X, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2007.04.167>
6. R. De Stefano, B. Pérot, C. Carasco, E. Simon, M. Ramdhane, V. Bottau, J. Loridon, C. Eleon, Pulsed neutron interrogation with PVT plastic scintillators to detect nuclear Materials, *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research*, A 976 (2020) 164276.