

Defence-related Research Action - DEFRA

ACRONYME: RADIATE

Titre : Détection, identification et analyse à distance de matières radioactives sur le terrain.

Durée du projet: 01/12/2025 – 01/03/2030

Budget: 1 402 000 €

Mots clés : BRN, Raman, LIBS, radioactif, minéraux, détection à distance, classification IA

Contribution RHID:
986 000 €

DESCRIPTION DU PROJET

Contexte

La détection à distance de matériaux radioactifs demeure un défi majeur pour les opérations de défense et de sécurité. Les systèmes actuellement déployés sur le terrain (détecteurs de rayonnement bêta et gamma, dosimètres mobiles ou capteurs embarqués sur drones) mesurent les niveaux de radiation et identifient les radioisotopes, mais ne fournissent pas d'informations contextuelles sur la chimie élémentaire et moléculaire des matériaux analysés. Cette information est pourtant cruciale en contexte opérationnel : minerai d'uranium, résidus industriels, débris de combustible altérés ou précurseur de « bombe sale » peuvent présenter des signatures gamma similaires tout en représentant des risques très différents.

Les progrès récents en spectroscopie laser permettent désormais d'obtenir à distance des empreintes moléculaires (Raman) et élémentaires (LIBS) de matériaux inconnus, à plusieurs (dizaines de) mètres, selon les conditions. La Belgique est particulièrement bien positionnée pour exploiter cette évolution technologique grâce à ses vastes collections de minéraux radioactifs (Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique-IRScNB et Musée royal de l'Afrique centrale-MRAC), à son expertise solide en radioprotection et en menaces CBRN, ainsi qu'à son savoir-faire industriel en instrumentation de terrain. Le projet RADIATE capitalise sur ces atouts pour offrir une nouvelle capacité d'identification à distance directement pertinente pour la Défense.

Objectifs généraux

Le projet vise à développer et valider un instrument Raman/LIBS capable d'analyser à distance des matériaux radioactifs entre 0,5 et 30–50 mètres. Ses objectifs scientifiques incluent :

- L'établissement de protocoles de radioprotection permettant la manipulation sécurisée d'un large éventail d'échantillons radioactifs ;
- La conception et la construction d'un prototype Raman/LIBS déployable sur le terrain, avec alignement et focalisation automatisés ;
- La constitution d'une bibliothèque spectrale issue de centaines de matériaux radioactifs naturels et anthropiques ;
- L'entraînement d'un modèle de classification basé sur l'apprentissage machine (AM)/intelligence artificielle) capable de reconnaître des matériaux radiologiques purs, altérés, et/ou mélangés ;
- L'intégration du système sur trépied et sur plateforme robotisée, suivie d'une évaluation en conditions réalistes sur sites de la Défense.

Méthodologie

Le projet démarrera par la définition des spécifications du système, des procédures de radioprotection et de la formation de tout le personnel manipulant les échantillons, sous la supervision du laboratoire de Défense (DLD) et en collaboration avec l'AFCN (Agence fédérale pour le Contrôle nucléaire). L'IRScNB et le MRAC sélectionneront des minéraux uranifères/thorifères les plus représentatifs, mais aussi une série de minéraux /roches analogues qui constituera l'ensemble du matériel d'entraînement de l'algorithme de classification, tandis qu'EPSLOG explorera les meilleures approches IA/ML à partir de spectres acquis en laboratoire sur un premier jeu de données relativement réduit et acquis via l'instrumentation Raman/LIBS existante chez les partenaires du projet. Le DLD examinera aussi les aspects de sécurité d'utilisation de l'instrumentation sur des matériaux radiologiques (y compris l'impact des mesures LIBS) et définira des scénarios de tests sur le terrain.

Dans une seconde phase, un instrument Raman/LIBS permettant des mesures à distance sera conçu et construit conjointement par l'IRScNB et EPSLOG. L'instrument sera ensuite déployé dans un environnement contrôlé pour la calibration et l'acquisition d'un grand jeu de données incluant minéraux radioactifs, résidus industriels et sources scellées. Ces spectres alimenteront un modèle d'apprentissage supervisé combinant informations moléculaires et élémentaires.

Dans une troisième phase, le prototype validé sera intégré sur une plateforme robotique de la Défense et testé dans des environnements opérationnels contrôlés. Lors de cette phase, des améliorations itératives sont apportées grâce aux sessions d'évaluation conjointes avec le DLD, assurant l'adéquation avec les besoins des utilisateurs finaux.

L'impact potentiel pour la Défense

RADIATE renforcera directement les capacités de détection et caractérisation des menaces CBRN en permettant l'identification à distance, sans contact, de matériaux radiologiques, améliorant à la fois la sécurité des opérateurs, la connaissance de la situation et la prise de décision. Il complètera les détecteurs de rayonnement beta-gamma existants en apportant une information élémentaire et moléculaire, qui constituent potentiellement des indices essentiels sur l'origine et le risque humain et environnemental lié à des matériaux inconnus, tant d'origine naturelles que illicites ou manufacturés. L'intégration de l'instrument sur une plateformes mobile (ex : rover) s'aligne sur les initiatives existantes de reconnaissance à distance (« RECCE ») de la Défense et contribue à la préparation aux urgences radiologiques dans un cadre compatible avec les standards de l'OTAN. La bibliothèque spectrale et les procédures opérationnelles développées soutiendront la capacité des partenaires à

mieux valoriser leurs collections sur le long terme, et ouvriront par ailleurs la voie vers l'utilisation de l'instrumentation LIBS/Raman pour la détection d'autres type de menaces CBRN.

Résultats et valorisation

Le projet livrera :

- Un prototype Raman/LIBS pleinement opérationnel pour l'identification à distance de matériaux radioactifs ;
- Un modèle de classification validé pour les menaces radiologiques ;
- Une bibliothèque spectrale issue de plus de 2 000 matériaux radioactifs naturels et anthropiques ;
- Des procédures opérationnelles pour des mesures de spectrométrie laser en sécurité radiologique ;
- Des démonstrations scénarisées et modules de formation pour le personnel de la Défense ;
- Des publications scientifiques, rapports techniques, ateliers et jeux de données en accès ouvert (lorsque la sécurité le permet).

La valorisation à court terme inclut l'adoption directe du prototype et des jeux de données par les laboratoires de la Défense. À moyen terme, l'exploitation pourrait inclure une présérie industrielle par EPSLOG, l'intégration dans d'autres systèmes robotiques militaires, et de nouvelles opportunités R&D (p. ex. extension vers la détection d'agents chimiques ou d'explosifs).

CONTACT

Coordinateur

Christian Burlet

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique – Terre et Histoire de la Vie - Service géologique de Belgique

cburlet@naturalsciences.be

Partenaires

Florias Mees

Musée royal de l'Afrique centrale

florias.mees@africamuseum.be

Christine Mertens

Département des Laboratoires de la Défense

christine.mertens@mil.be

Christophe Germay

EPSLOG S.A.

christophe.germay@epslog.be

LIENS(S)

https://radiate_project.naturalsciences.be