

ComptonCAM

Développement d'une gamma caméra portable ultra-sensible pour la localisation et la caractérisation de déchets radioactifs de démantèlement

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

Durée : 48 mois

Démarrage du projet :
02/2017

Montant total projet :
3,6 M€

Dont aide du programme Investissements d'Avenir :
1,8 M€

Forme de l'aide : Subvention avec modalités de retour sur investissement pour l'État

Localisations :
Orsay (91), Cersot (71), Paris (75)

Coordinateur : Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière (CNRS/Université Paris-Sud)

Partenaires :

- Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière (CNRS/Université Paris-Sud)
- Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (CNRS/Université Paris-Sud)
- SYSTEL Electronique SAS
- THEORIS SAS

Labélisation : Nuclear Valley

Contact : Vincent TATISCHEFF
vincent.tatischeff@csnsm.in2p3.fr

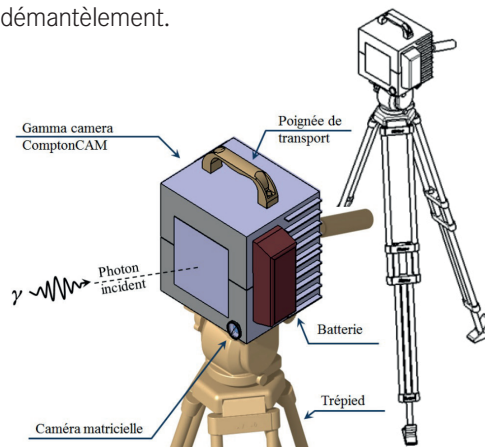
CONTEXTE

Le démantèlement des installations nucléaires nécessite en premier lieu de savoir localiser et identifier les éléments radioactifs (radionucléides) dans des zones de potentiellement grand volume. Les radionucléides émetteurs gamma sont détectés à l'aide d'une caméra permettant l'incrustation d'une image en rayons gamma dans une image dans le spectre visible du champ de vue observé. Plusieurs gamma-caméras portatives existent déjà sur le marché de l'industrie nucléaire, ces instruments étant notamment utilisés lors d'interventions de maintenance en zone réglementée : arrêts de tranche de centrales nucléaires (arrêt pour simple rechargement ou visite partielle) ou contrôles de laboratoires. Toutefois, les gamma-caméras actuellement sur le marché ne disposent pas d'une sensibilité suffisante pour localiser rapidement (plusieurs heures sont actuellement nécessaires) des contaminations radioactives de très faible activité, qui représenteront pourtant l'essentiel du volume total des déchets radioactifs générés lors des opérations de démantèlement.

OBJECTIFS DU PROJET

ComptonCAM est un projet de Développement Expérimental visant à réaliser un prototype pré-industriel de gamma-camera portable ultra-sensible à partir de technologies de détection innovantes développées pour l'instrumentation spatiale en astronomie gamma. Ces technologies sont actuellement étudiées dans des laboratoires du CNRS pour préparer une future mission spatiale. La gamma-caméra utilisera de façon optimale le principe d'imagerie Compton pour bénéficier des propriétés suivantes :

- une excellente **sensibilité**, permettant de caractériser en quelques minutes des déchets radioactifs de très faible activité et les distinguer des sources de radioactivité naturelle ;
- un très grand **champ de vision**, proche de 2 pi stéradian (de l'ordre de l'angle solide du regard humain), pour visualiser une partie substantielle de la zone à caractériser en une seule prise de vue ;
- une **résolution angulaire** optimisée pour localiser au mieux les contaminations radioactives ;
- une très bonne **réponse à haute énergie**, au-dessus de un mégaélectronvolt, permettant de détecter rapidement la radioactivité du cobalt-60, radionucléide présent dans la majorité des déchets radioactifs.



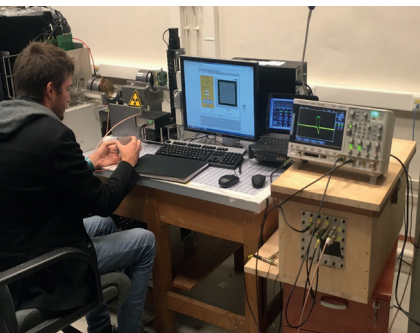
► Gamma caméra ComptonCAM sur son trépied

DÉROULEMENT

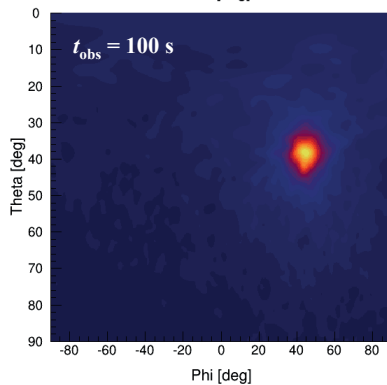
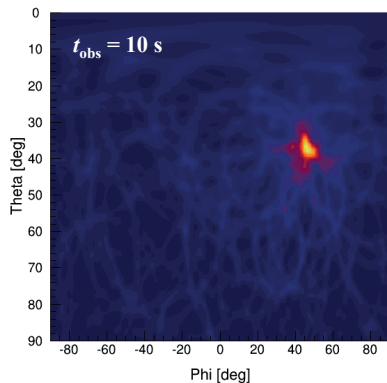
Le projet ComptonCAM associe deux Organismes de Recherche du CNRS, les laboratoires CSNSM et IPNO, et deux PME, SYSTEL Electronique et THEORIS.

La preuve expérimentale du concept de fonctionnement de la gamma-caméra a été établie avant le commencement du projet dans

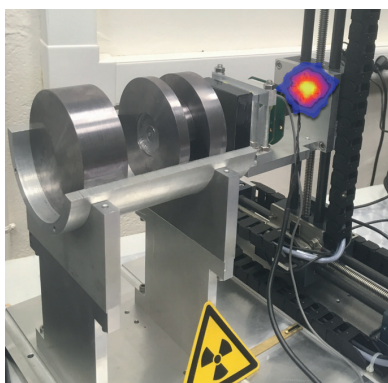
ComptonCAM : Développement d'une gamma caméra portable ultra-sensible pour la localisation et la caractérisation de déchets radioactifs de démantèlement



► Développement de la gamma-caméra ComptonCAM



► Images simulées d'une source radioactive observée avec ComptonCAM pendant 10 et 100 secondes



► Banc de test de détecteurs avec une image simulée d'une source radioactive observée avec la caméra ComptonCAM

les laboratoires du CNRS spécialistes en astronomie gamma. L'objectif du projet est de réaliser en quatre ans un prototype de caméra très proche de la configuration industrielle désirée en termes de performances, masse, portabilité, et coût, qui sera qualifié en environnement représentatif au cours de la dernière année.

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

Alors que la grande majorité des gamma-caméras utilisées actuellement sur le marché de l'industrie nucléaire repose sur l'occultation d'une partie du flux de rayons gamma incidents, le projet ComptonCAM vise au développement d'une gamma-caméra de type Compton aux performances optimales, qui seront obtenues par l'agencement de plusieurs détecteurs innovants, permettant ainsi une analyse de l'intégralité du flux de rayons gamma incidents. La conception et le dessin final de la caméra reposent sur un minutieux travail de simulation numérique réalisé à l'aide d'outils informatiques développés initialement pour préparer les futurs instruments de l'astronomie gamma spatiale. L'innovation de ComptonCAM est également due aux éléments suivants :

- le développement de systèmes électroniques ultra-bas bruit et très compacts pour la lecture des signaux des détecteurs gamma ;
- l'utilisation d'un réseau de neurones artificiels (algorithmes) pour optimiser la réponse des détecteurs aux photons gamma ;
- la réalisation d'un système optimal d'acquisition et de traitement de données permettant de générer en temps réel une image des émetteurs gamma du grand champ de vue observé.

Impact économique

Les performances visées de la caméra ComptonCAM sont parfaitement adaptées à différents marchés cibles allant de l'exploitation des réacteurs nucléaires au démantèlement d'installations nucléaires de base (INB) en passant par la caractérisation de colis de déchets radioactifs.

L'objectif est de disposer à terme d'une offre industrielle compétitive (vente de la gamma-caméra et service associé), qui puisse adresser à la fois le marché domestique (la France et l'Europe) et le marché mondial, qui comprend actuellement 437 réacteurs en fonctionnement répartis dans 30 pays. Les autres INB (laboratoires de recherche,

installation de traitement de déchets...) sont aussi pour nombres d'entre elles des clients potentiels (la France comptant plus d'une centaine d'INB). Le produit industriel final devrait être disponible à compter de 2022, soit environ un an après la fin du projet, pour un déploiement sur le marché européen et mondial à partir de 2025.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

La caméra ComptonCAM sera généralement utilisée dans un local d'une installation nucléaire lors de la décontamination, première phase de son démantèlement, ou pour contrôler des colis de déchets radioactifs lors de leurs déplacements, par exemple de leur lieu d'entreposage vers le centre de stockage. Elle permettra, grâce à sa très bonne sensibilité, de mieux maîtriser le niveau de contamination des installations, renforçant ainsi la sécurité des personnels et minimisant les volumes de déchets (décontamination au plus « juste » besoin). Du fait de son extrême sensibilité, la caméra ComptonCAM demandera des temps d'acquisition bien plus courts (de l'ordre de la minute, par rapport à plusieurs heures actuellement) que ceux nécessaires aux autres caméras du marché.

Impact social

Les retombées en termes d'emploi auront lieu essentiellement chez SYSTEL Electronique, qui aura la charge à terme de fabriquer et de commercialiser la gamma-caméra. Les prévisions d'emploi dans cette PME sont estimées à un emploi direct d'ouvrier pour l'assemblage mécanique et, pour assurer l'offre de service associée à la vente de ces matériels, un emploi direct de technicien en radioprotection. Chez THEORIS, on estime nécessaire l'embauche d'un ingénieur pour compléter l'équipe de développement du logiciel, la maintenance, la prise en compte des évolutions ainsi que l'activité de support.

APPLICATION ET VALORISATION

Venues de la recherche et développement pour le spatial, les technologies développées pour le projet ComptonCAM ont un intérêt évident pour le futur de l'astronomie gamma. Elles intéressent également le domaine de l'imagerie médicale, en particulier pour la proton et la hadron thérapie.

Par ailleurs, l'extrême sensibilité de ComptonCAM à de faibles flux de rayonnements gamma pourrait en faire un élément central de dispositifs de sécurité liés à la détection de transport clandestin de matières radioactives.