

DE LA RECHERCHE FONDAMENTALE AUX APPLICATIONS RÉGIONALES

PRISNA

UNE PLATE-FORME POUR LA MESURE
DES FAIBLES RADIOACTIVITÉS



UN ÉQUIPEMENT ET DES COMPÉTENCES PARTAGÉS POUR LA MESURE DES FAIBLES RADIOACTIVITÉS

Pour comprendre la formation de l'Univers, étudier les particules élémentaires qui nous entourent, dater les objets anciens ou encore comprendre un événement de pollution océanique, les scientifiques ont besoin de la radioactivité.

La Plate-forme Régionale Interdisciplinaire de Spectrométrie Nucléaire en Aquitaine (**PRISNA**), installée sur le campus de Gradignan, est dédiée à sa mesure et permet plus spécifiquement d'atteindre des niveaux de radioactivité aussi faibles qu'un centième de Bq/kg d'échantillon analysé.

PRISNA. UNE AVENTURE À PLUSIEURS :

Créée au sein du CNRS, des Universités de Bordeaux et de la Région Aquitaine, PRISNA regroupe plusieurs laboratoires partenaires :

- le **CENBG** : Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan (CNRS - Université Bordeaux 1)
- le **laboratoire EPOC** : Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (CNRS - Université Bordeaux 1)
- **I'RAMAT-CRP2A** : Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux - Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (CNRS - Universités Bordeaux 3, d'Orléans et de Belfort-Montbéliard)
- le **SCL** : Service Commun des Laboratoires (ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi et ministère du Budget, des Comptes publics et de la Fonction publique)



PRISNA. UN LARGE ÉVENTAIL D'ACTIVITÉS

- recherche fondamentale
- formation des étudiants
- recherche appliquée
- communication vers le grand public
- valorisation et prestation de services

PRISNA EN 3 OBJECTIFS

- 1 Améliorer la sensibilité des mesures de radioactivité
- 2 Mutualiser des compétences scientifiques et techniques à travers le regroupement d'appareils performants
- 3 Favoriser les échanges interdisciplinaires et développer des activités d'intérêt régional.

- **150 m²** de superficie incluant un espace d'expérimentation de **80 m²** capable d'accueillir jusqu'à 12 détecteurs
- **5** détecteurs entièrement dédiés aux mesures de radioactivité gamma
- une **dizaine** de scientifiques concernés
- **350 000 euros** investis pour la construction de la plate-forme
- un large domaine de niveaux de radioactivité mesurés : de **0,01 Bq/kg à plusieurs Bq/kg**

> UN PARC DE DÉTECTEURS



Spectromètre germanium planaire avec un échantillon de sédiments archéologiques © Olivier Got

PRISNA héberge des **spectromètres nucléaires dits bas bruit de fond** capables de mesurer des taux de radioactivité excessivement bas avec une excellente résolution en énergie.

Ils détectent les **rayons gamma** grâce à un cristal de germanium (Ge) refroidi à -175°C .

L'atout de PRISNA est de regrouper différents types de détecteurs germanium se distinguant par la géométrie de leur cristal (coaxial, puits et planaire) et permettant ainsi d'analyser un **large panel d'échantillons** allant de quelques dixièmes de gramme (silex réduit en poudre) à plusieurs centaines de grammes (sédiments archéologiques, bouteille de vin).

En plus de la mesure des rayons gamma, PRISNA s'étendra prochainement à la mesure des rayons alpha et bêta.

> DE MULTIPLES PROTECTIONS

Pour mesurer des niveaux de radioactivité aussi faibles que $0,01 \text{ Bq/kg}$, les détecteurs de PRISNA bénéficient de différents niveaux de protection contre les rayonnements parasites :

- **2,5 m d'équivalent béton** au plafond stoppe le rayonnement cosmique peu pénétrant (protons et neutrons), provenant de l'espace,
- un **détecteur scintillant** placé au-dessus des spectromètres détecte puis rejette le rayonnement cosmique très pénétrant (muons),
- un **blindage** entourant chaque détecteur atténue fortement les rayonnements gamma et les neutrons issus de la radioactivité naturelle. Ce blindage comprend :



1 couche de plomb standard

1 couche de plomb archéologique gallo-romain (qui ne comporte plus de radioactivité)

1 couche de polyéthylène boré

Blindage d'un détecteur germanium © Olivier Got

- enfin, les matériaux des spectromètres eux-mêmes ont été sélectionnés afin d'être « **bas bruit de fond** », c'est-à-dire presque exempt de radioactivité naturelle.

QUESTIONS DE DÉFINITION

→ QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?

Au cœur de l'atome se trouve le noyau constitué de deux types de briques : les protons et les neutrons. Si le nombre de protons n'est pas en équilibre avec le nombre de neutrons, le noyau est instable. Il va alors se désintégrer en un noyau plus stable en libérant de l'énergie sous forme de **rayonnements** (alpha, bêta, ou gam-

ma) : ce phénomène est appelé radioactivité. Son unité de mesure est l'**activité** radioactive. Exprimée en **Becquerel** (Bq), elle correspond au nombre de désintégrations par seconde.

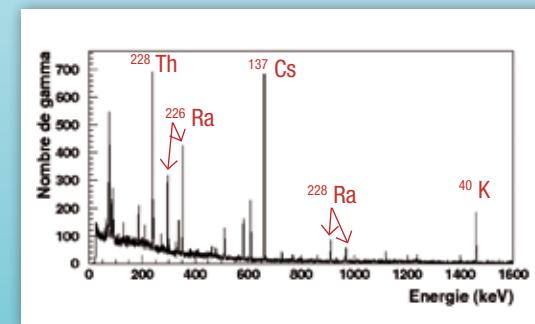
→ LES RAYONS GAMMA

Ce sont des rayons au même titre que les rayons infrarouges, les rayons X ou la lumière visible. Mais contrairement à cette dernière, les gamma sont invisibles et surtout, ils possèdent des énergies bien supérieures, allant de 30 keV à 3000 keV pour les gamma issus de la radioactivité naturelle. L'électron-volt, noté eV, est l'unité

d'énergie des particules élémentaires ($1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$).

→ LA SPECTROMÉTRIE NUCLÉAIRE

Chaque noyau radioactif émetteur gamma possède une signature : l'énergie du rayon qu'il émet. La spectrométrie gamma détecte cette signature et permet ainsi d'identifier les noyaux émetteurs gamma présents dans un échantillon. On obtient un **spectre** avec des pics d'énergie caractéristiques des noyaux présents. La surface du pic donne l'activité du noyau.



Spectre gamma d'un échantillon de l'environnement : chaque pic correspond à un radioélément différent (thorium 228, radium 226, césium 137, radium 228, potassium 40). © CENBG

PRISNA

AU SERVICE DES LABORATOIRES BORDELAIS

De la physique fondamentale à l'océanographie en passant par l'archéologie, PRISNA est un véritable pôle de recherche.

> LA SÉLECTION DES MEILLEURS MATÉRIAUX POUR LA PHYSIQUE DU NEUTRINO PAR LE CENBG

Grâce aux spectromètres de PRISNA, les chercheurs du CENBG sélectionnent les matériaux les plus purs en terme de radioactivité pour construire un détecteur dédié à l'étude de la particule la plus abondante de l'Univers : le **neutrino**. La radioactivité des matériaux de ce futur détecteur, appelé **SuperNEMO**, est en effet susceptible de parasiter les mesures. Ils doivent donc être les moins radioactifs possibles.

LE NEUTRINO : PETITE PARTICULE AU RÔLE INFINIMENT GRAND



Infiniment petit, le neutrino est produit lors de désintégrations radioactives qui ont lieu tout autour de nous : dans le Soleil, sur Terre, dans notre corps, etc. Pourtant, le neutrino reste peu connu des chercheurs. Ils en ignorent, par exemple,

précisément la masse. Or, l'étude de cette minuscule particule pourrait fournir de précieux indices sur les mécanismes qui ont conduit à la dissymétrie matière / antimatière lors de la **formation de l'Univers**.

La collaboration internationale **NEMO (Neutrino Ettore Majorana Observatory)** met au point le détecteur SuperNEMO qui succèdera à NEMO 3, en fonctionnement actuellement.

Avec ses matériaux très peu radioactifs, SuperNEMO sera encore plus performant pour percer les mystères d'une particule au rôle infiniment grand.

LE CENBG



Le Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan est une Unité Mixte de Recherche de l'Université Bordeaux 1 et du CNRS/IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules).

Ses thématiques de recherche couvrent un vaste domaine allant de la physique nucléaire et de la physique des astroparticules aux applications en lien avec des enjeux de société.

> L'ÉTUDE DU TRANSFERT DES POLLUANTS DU CONTINENT AUX OCÉANS PAR EPOC

Les polluants issus des activités industrielles sont transportés, par les sédiments, depuis le continent jusqu'aux océans. Pour comprendre le transfert de ces particules sédimentaires, les chercheurs d'EPOC utilisent les spectromètres puits de PRISNA.

LES RADIOÉLÉMENTS : TRACEURS DE PARTICULES SÉDIMENTAIRES

Les détecteurs de PRISNA, ainsi que les autres spectromètres d'EPOC, dosent les éléments chimiques radioactifs naturels associés aux particules et présents dans l'eau qui les entoure.

L'intérêt de ces **radioéléments** est de servir de **chronomètres naturels** pour calculer la durée des différentes étapes des transferts continent-océan. Pour cela, les chercheurs utilisent leur période, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux de la source radioactive se désintègre. Selon le radioélément utilisé, la période peut aller de quelques jours à plusieurs dizaines de milliers d'années !

Grâce aux données des radioéléments, dont celles obtenues à PRISNA, les chercheurs peuvent **reconstituer l'histoire des sédiments**, vecteurs de polluants lors des transferts continent-océan, en y associant des échelles de temps. Et comprendre, voire même prévoir, le devenir de ces particules et leurs impacts dans les milieux aquatiques.



Mise à l'eau d'un piège à particules © EPOC

EPOC



Le laboratoire Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC) est une Unité Mixte de Recherche de l'Université Bordeaux 1 et du CNRS/INSU (Institut National des Sciences de l'Univers). Il appartient à l'Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers (OASU).

Ses activités de recherche concernent principalement l'écologie littorale, les transferts de contaminants et l'écotoxicologie des milieux aquatiques, la dynamique du trait de côte, la sédimentologie des marges continentales, la paléoclimatologie et la paléocéanographie.

> LA DATATION DES OBJETS ARCHÉOLOGIQUES PAR L'IRAMAT-CRP2A

En mesurant la radioactivité naturelle des objets archéologiques et de leur environnement, le spectromètre planaire localisé à PRISNA permet aux chercheurs de l'IRAMAT-CRP2A de **remonter le temps**.

DU SILEX À LA BRIQUE, DE LA PRÉHISTOIRE AU MOYEN AGE

Ces mesures ne permettent pas à elles seules de dater mais s'inscrivent dans le processus opératoire de la **méthode de datation par luminescence** (thermiquement ou optiquement stimulée). Cette méthode fait intervenir des techniques, qui consistent à chauffer ou à éclairer fortement les minéraux extraits des objets archéologiques, pour qu'ils libèrent de l'énergie (provenant de la radioactivité naturelle) sous forme de lumière. Sa quantité est proportionnelle au temps écoulé depuis la dernière exposition à la lumière ou chaleur qui a eu lieu des années voire des siècles plus tôt.

Couplée aux techniques de luminescence, la spectrométrie gamma permet ainsi aux chercheurs de l'IRAMAT-CRP2A de dater spécifiquement :

- la **dernière exposition à la lumière** d'un sédiment et en déduire ainsi à quel moment des sites préhistoriques ont été habités par l'homme,
- la **dernière chauffe** d'objets archéologiques (silex, pierres de foyers, poterie, brique, etc.) pour déterminer l'âge de fabrication ou de la dernière chauffe, par exemple, des briques d'une construction médiévale et reconstituer la façon dont les médiévaux bâtissaient

leurs édifices : soit en fabriquant leurs propres matériaux, soit en récupérant des matériaux datant de l'Antiquité...



Eglise Notre Dame Sous Terre (X^e siècle) © IRAMAT-CRP2A P.G.

IRAMAT-CRP2A



Le Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (CRP2A) est un laboratoire de l'Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux (IRAMAT), Unité Mixte de Recherche du CNRS/INSHS (INstitut des Sciences Humaines et Sociales) et des Universités Bordeaux 3, d'Orléans et de Belfort-Montbéliard.

Les thèmes de recherche de l'IRAMAT-CRP2A portent sur la chronologie des implantations humaines et des cultures du passé, sur l'identification des sources de matière première et leur transformation, sur les technologies anciennes et les évolutions culturelles, sur l'évolution des matériaux anciens.

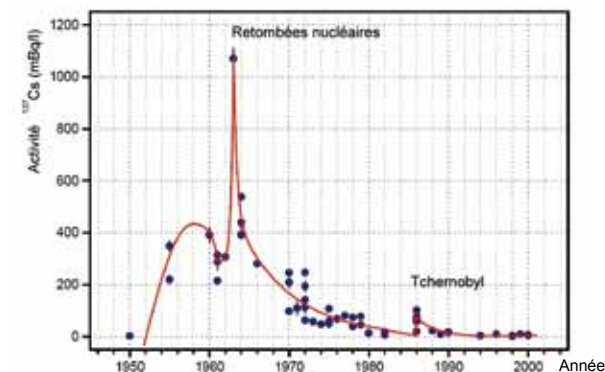
DE L'AUTHENTIFICATION DES PRODUITS RÉGIONAUX AU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT : PRISNA ET SES APPLICATIONS EN AQUITAINE

Lieu de rencontres et d'échanges, PRISNA favorise le développement d'activités pluridisciplinaires d'intérêt régional : de l'authentification de produits régionaux au contrôle de l'environnement.

> AUTHENTIFICATION DE PRODUITS RÉGIONAUX

L'activité des radioéléments contenus dans un produit varie selon sa date de production et/ou son origine géographique. C'est grâce à ce principe, que les spectromètres gamma de PRISNA permettent au SCL, au CENBG et au laboratoire EPOC d'authentifier des produits régionaux :

- Des mesures des taux de radium 226 et 228 effectuées dans les **sels de mer** permettent de distinguer un sel de Guérande authentique d'un sel produit au Portugal, par exemple.
- Ces mêmes radioéléments permettent de vérifier que les **pruneaux d'Agen** proviennent de cette région et non du Chili ou d'Argentine.
- Pour les **grands crus**, c'est le taux de césium 137 qui sert de critère d'authenticité. Une courbe d'étalement, établie par les chercheurs du CENBG, permet de suivre l'évolution du taux de ce radioélément, d'origine artificielle, dans le vin de 1950 à nos jours. En comparant cette courbe aux mesures du taux de césium 137 dans les vins, il est possible de vérifier leur date de production. Par exemple, un vieux millésime antérieur à 1950 qui comporterait du césium ne peut être qu'un faux.



Evolution du taux de césium 137 dans le vin de 1950 à nos jours © CENBG



Bouteille de vin sur un détecteur de PRISNA © Olivier Got

SERVICE COMMUN DES LABORATOIRES (SCL)



Le Service Commun des Laboratoires (SCL) est un service à compétence nationale du ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi et du ministère du Budget, des Comptes publics et de la Fonction publique. Créé en 2007, il résulte de la fusion des réseaux de laboratoires des deux directions générales : la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) et la Direction Générale des Douanes et Droits Indirects (DGDDI).

Le SCL utilise la spectrométrie gamma pour authentifier et contrôler la sécurité des produits alimentaires ou industriels.

> SÛRETÉ EN CAS D'ACCIDENTS NUCLÉAIRES



Le CHU de Bordeaux dispose d'un plan d'organisation, appelé « **plan blanc** », lui permettant de faire face à un afflux de victimes en cas d'accident ou d'attentat mettant en jeu des radioéléments. Les détecteurs de PRISNA seraient susceptibles d'être sollicités dans le cadre de ce plan blanc.

Grâce à leur très haute résolution en énergie, les spectromètres de PRISNA pourraient en effet **identifier immédiatement les radioéléments impliqués**. Ils permettraient ainsi au personnel du service de Médecine Nucléaire du CHU de Bordeaux d'établir très rapidement un pronostic pour les victimes d'une contamination radioactive, et de mettre en place les mesures et les traitements appropriés.

ARCANE



L'Atelier Régional de Caractérisation par Analyse Nucléaire Élémentaire (ARCANE) est la cellule de transfert de technologie du CENBG. Géré par l'ADERA (association de statut Loi 1901), il a pour mission de valoriser les techniques et les recherches menées au CENBG en proposant des prestations de service aux entreprises industrielles régionales ou nationales. Ses prestations s'étendent de l'étude des matériaux pour la microélectronique à l'expertise des objets d'art en passant par l'étude du rôle des poussières fines dans les phénomènes de pollution atmosphérique.

> CONTRÔLE DES EAUX



Analyse d'eau au laboratoire EPOC © Olivier Got

Les partenaires de PRISNA utilisent les détecteurs de radioactivité pour effectuer des contrôles de l'environnement :

- Le laboratoire EPOC se sert des radioéléments pour reconstituer **l'historique des événements de pollution** qui peuvent survenir dans les eaux de la région.
- PRISNA sera équipée d'un détecteur capable d'effectuer des mesures d'échantillons liquides. La cellule de transfert de technologie du CENBG, ARCANE, l'utilisera afin de contrôler le niveau de radioactivité des **eaux de rejets des centrales nucléaires et des hôpitaux**.
- Ce détecteur intéresse également le SCL pour vérifier le taux de radioactivité dans les **eaux de consommation**.



> FORMATION ET COMMUNICATION

Donnant une grande visibilité sur les activités de spectrométrie nucléaire bas bruit de fond en Aquitaine, PRISNA est aussi un lieu :

- **De formation** : des stages de courte ou longue durée permettent d'initier ou de former des étudiants aux techniques de mesure de radioactivité et aux nombreux domaines qui y sont associés (physique, archéologie, océanographie, détection des fraudes, etc.).
- **De communication vers le grand public** : des journées portes-ouvertes et des visites offrent la possibilité de comprendre les phénomènes liés à la radioactivité et au nucléaire en général, et de découvrir leurs multiples applications.



PRISNA
PLATE-FORME RÉGIONALE INTERDISCIPLINAIRE DE SPECTROMÉTRIE NUCLÉAIRE EN AQUITAINE

CENBG - CENTRE D'ETUDES NUCLÉAIRES DE BORDEAUX GRADIGNAN

Chemin du Solarium BP120 33175 GRADIGNAN Cedex

Tél. +33 (0) 5 57 12 08 04 - Fax. +33 (0) 5 57 12 08 02

www.cenbg.in2p3.fr