

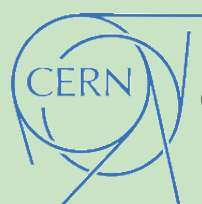
Association pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection



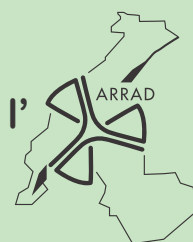
atsr-ri.fr

# 27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION ATSR 2022

Organisé par l'ATSR, avec le soutien du



et de l'



***Du 20 au 22 septembre 2022***

**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**



## LIVRE DES RÉSUMÉS

### Programme - Résumés

Liste des posters - Listes de participants et des exposants

## REMERCIEMENTS

Le Comité d'organisation remercie vivement les **exposants et sponsors** pour leur soutien dans le cadre du 27<sup>e</sup> Congrès de l'ATSR.





atsr-ri.fr

# 27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

# ATSR 2022

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## Organisation des Ateliers

Ce congrès est organisé par l'Association  
pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection

avec le soutien du  et de l' 

## Comité d'organisation

### ATSR / CERN :

Yvon Algoet  
Renaud Mouret  
Valérie Tromel  
Sandra Village

### ATSR :

Fabrice Montreuil  
Bruno Rostello

### SFRP :

Ludovic Vaillant

## L'ATSR

**L'Association pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection  
est une association régie par la loi de 1901**

Siège : 47 rue Louis Pasteur - Leuville sur Orge - 91310 Montlhéry

Dépôt des statuts et déclaration faits à la sous préfecture de Palaiseau (91120)

sous le n°256, paru au J.O. le 24/06/1966, page 5264

## Secrétariat administratif

### Alpha Visa Congrès / ATSR 2022

624 rue des Grèzes - 34070 Montpellier

Tél. : +33 4 67 03 03 00 - E-mail : [atsr@alphavisa.com](mailto:atsr@alphavisa.com)



[www.atsr-ri.fr](http://www.atsr-ri.fr) - [www.alphavisa.com/atsr/2022](http://www.alphavisa.com/atsr/2022)



## BIENVENUE

Cher(e)s collègues,

L'Association pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection est heureuse de vous accueillir à Annecy pour son 27<sup>e</sup> congrès national.

Comme vous le verrez, le programme de ces journées est riche et diversifié, il devrait susciter des échanges passionnants et des enseignements fructueux pour chacun d'entre nous.

Bienvenue donc à Annecy et au CERN pour ceux qui participeront aux visites.

*Le Comité d'organisation*





# SOMMAIRE

## Programme

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Planning .....              | 6 |
| Mardi 20 septembre .....    | 7 |
| Mercredi 21 septembre ..... | 8 |
| Jeudi 22 septembre .....    | 9 |

## Résumés des communications orales

|                   |                                                                                                        |    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>SESSION 1</b>  | La radioprotection intégrée à la construction des réacteurs et des accélérateurs à haute énergie ..... | 10 |
| <b>SESSION 2</b>  | Les situations d'urgence radiologique .....                                                            | 13 |
| <b>SESSION 3</b>  | La surveillance de l'environnement .....                                                               | 15 |
| <b>SESSION 4</b>  | Le contexte réglementaire .....                                                                        | 20 |
| <b>SESSION 5</b>  | La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement .....                                 | 24 |
| <b>SESSION 6</b>  | La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement .....                                 | 28 |
| <b>SESSION 7</b>  | La gestion des déchets et des matériaux valorisables .....                                             | 31 |
| <b>SESSION 8</b>  | Méthode et mesures nucléaires .....                                                                    | 36 |
| <b>SESSION 9</b>  | Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...) .....                | 40 |
| <b>SESSION 10</b> | Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...) .....                | 44 |
| <b>SESSION 11</b> | Les applications industrielles et médicales .....                                                      | 47 |
| <b>SESSION 12</b> | Métrologie .....                                                                                       | 51 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Liste des posters ..... | 55 |
|-------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Résumés des communications affichées ..... | 56 |
|--------------------------------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Liste des participants ..... | 73 |
|------------------------------|----|

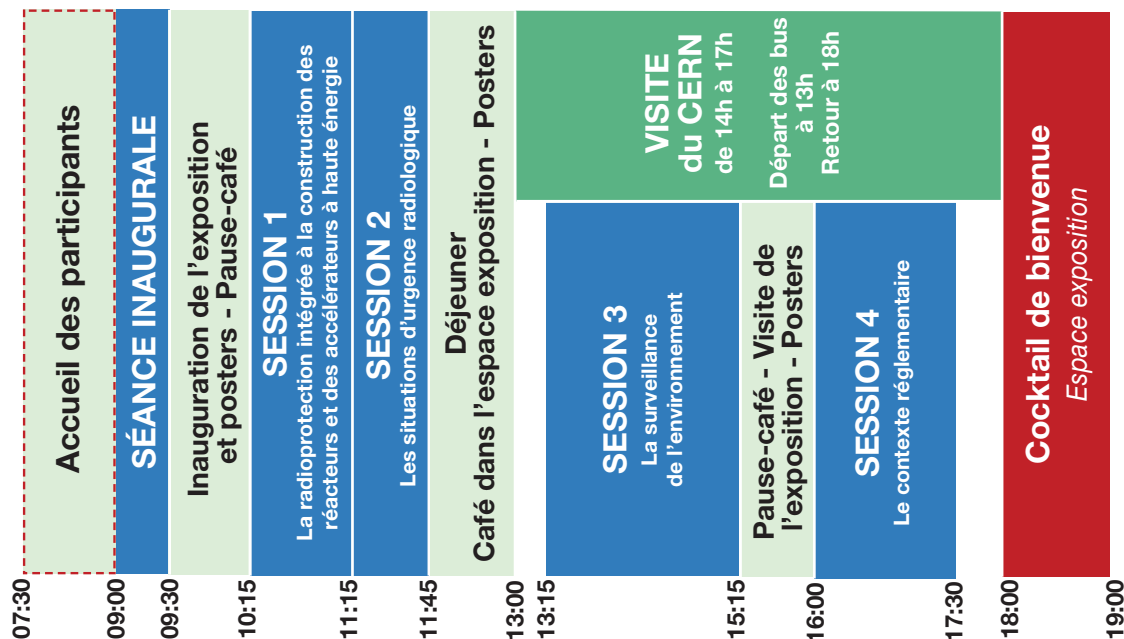
|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Liste des sponsors et exposants ..... | 82 |
|---------------------------------------|----|

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Plan de l'exposition et Liste des stands ..... | 85 |
|------------------------------------------------|----|

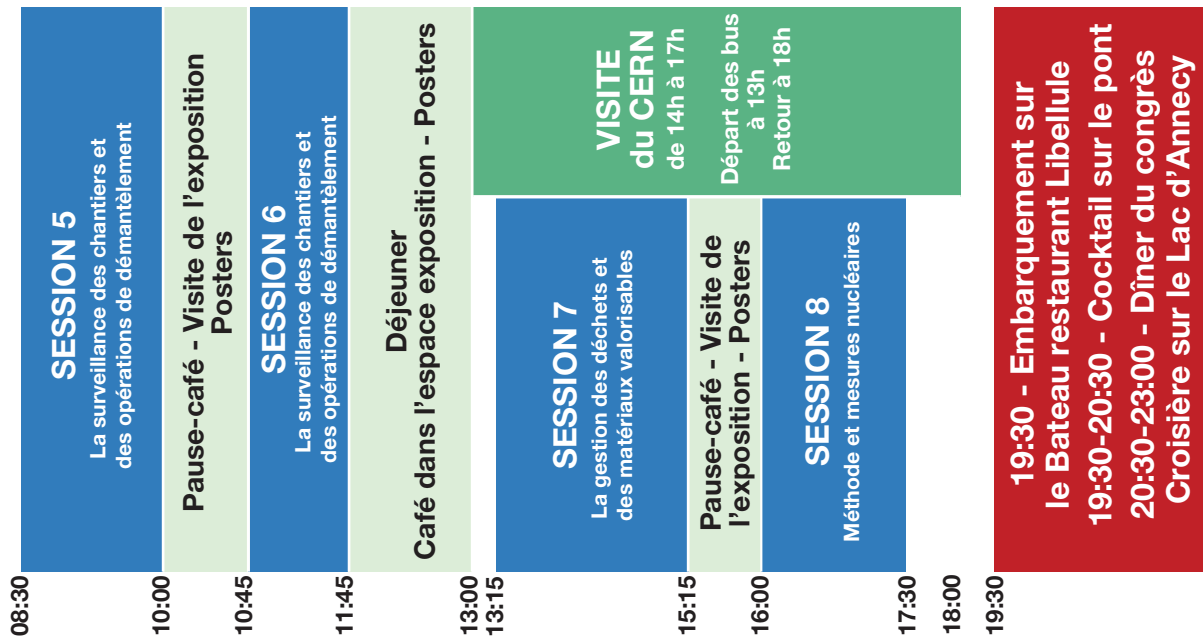
|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Plan de situation des hôtels ..... | 86 |
|------------------------------------|----|

# 27<sup>e</sup> CONGRÈS DE L'ATSR 2022 - PLANNING

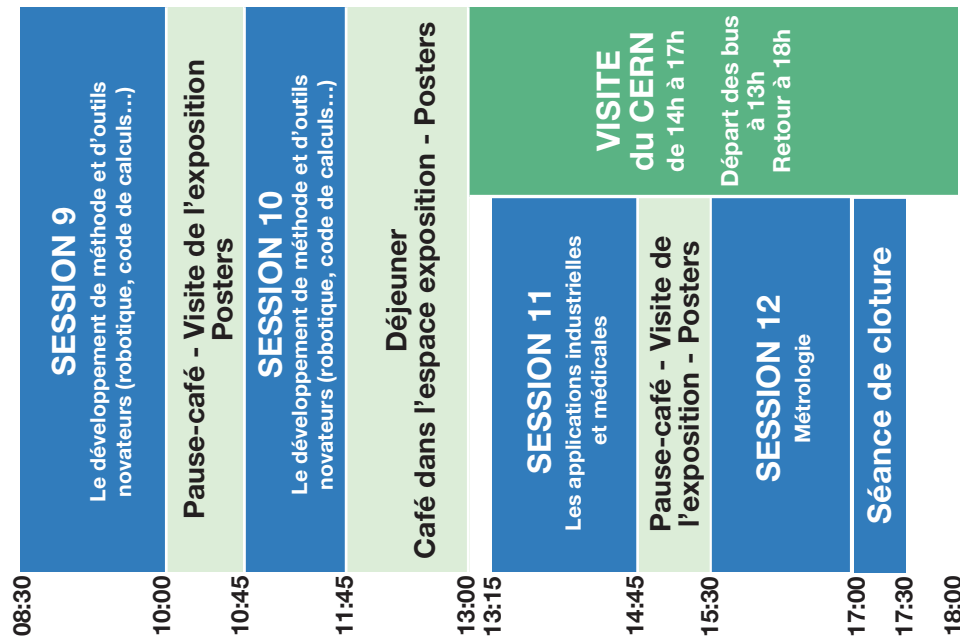
**MARDI 20 SEPTEMBRE**



**MERCREDI 21 SEPTEMBRE**



**JEUDI 22 SEPTEMBRE**



ESPACE RENCONTRE - SALLE 900  
SALLE 300

## MARDI 20 SEPTEMBRE 2022

|             |                                                                                                                                                                                                                               |                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 07:30-09:00 | <b>Accueil des participants</b>                                                                                                                                                                                               | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| 09:00-09:30 | <b>SÉANCE INAUGURALE - Ouverture de la manifestation</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Benoît Delille</b> - Chef de l'unité HSE du CERN</li> <li>• <b>Fabrice Montreuil</b> - Président de l'ATSR</li> </ul> | <i>Salle 300</i>                    |
| 09:30-10:15 | <b>Inauguration de l'exposition et posters - Pause-café</b>                                                                                                                                                                   | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| 10:15-11:15 | <b>SESSION 1 - La radioprotection intégrée à la construction des réacteurs et des accélérateurs à haute énergie</b><br><b>Président de session : Gilles Ranchoux - EDF</b>                                                    | <i>Salle 300</i>                    |
| 10:15-10:45 | • <b>S1-1 - Les grandes options de radioprotection à la conception des nouveaux modèles de réacteurs d'EDF : cas de l'EPR2 et de NUWARD</b> - Thomas Jobert - EDF                                                             |                                     |
| 10:45-11:15 | • <b>S1-2 - Étude de la radioprotection pour la mise en place du Grand Collisionneur de Hadrons à Haute Luminosité</b> - Lucie Elie - CERN                                                                                    |                                     |
| 11:15-11:45 | <b>SESSION 2 - Les situations d'urgence radiologique</b><br><b>Président de session : Hamza Boukabache - CERN</b>                                                                                                             | <i>Salle 300</i>                    |
|             | • <b>S2-2 - Élaboration d'un plan d'intervention pour la lutte contre l'incendie du laboratoire de production de radioisotopes médicaux CERN-Medicis</b><br>Javier Cuadrado - CERN                                            |                                     |
| 11:45-13:00 | <b>Déjeuner</b><br><b>Café dans l'espace exposition - Posters</b>                                                                                                                                                             | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| 14:00-17:00 | <b>VISITE SUR SITE - Visite du CERN</b><br><i>Sur inscription préalable uniquement - Départ des bus à 13h et retour à 18h à l'Espace Rencontre</i>                                                                            |                                     |
| 13:15-15:15 | <b>SESSION 3 - La surveillance de l'environnement</b><br><b>Président de session : Daniel Perrin - CERN</b>                                                                                                                   | <i>Salle 300</i>                    |
| 13:15-13:45 | • <b>S3-1 - Système de surveillance environnementale du CERN</b><br>Nouredine Boumehres - CERN                                                                                                                                |                                     |
| 13:45-14:15 | • <b>S3-2 - Gestion d'un parc piézométrique sur un site nucléaire : cas de Marcoule</b><br>Noé Barthélémy - CEA Marcoule                                                                                                      |                                     |
| 14:15-14:45 | • <b>S3-3 - Développement d'un moniteur de tritium atmosphérique de nouvelle génération</b><br>Valentin Blais - Marine Nationale                                                                                              |                                     |
| 14:45-15:15 | • <b>S3-4 - CROME système : le nouveau système de surveillance de rayonnements ionisants pour la radioprotection et l'environnement au CERN</b><br>Hamza Boukabache - CERN                                                    |                                     |
| 15:15-16:00 | <b>Pause-café - Visite de l'exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                          | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| 16:00-17:30 | <b>SESSION 4 - Le contexte réglementaire</b><br><b>Présidente de session : Carole Viallesoubranne - CEA Marcoule</b>                                                                                                          | <i>Salle 300</i>                    |
| 16:00-16:30 | • <b>S4-1 - État actuel de la normalisation de l'instrumentation pour la radioprotection dans les instances internationales et nationales</b><br>Miroslav Voytchev - IRSN                                                     |                                     |
| 16:30-17:00 | • <b>S4-2 - Organisation de la radioprotection en pôle de compétence : Déclinaison sur les centres CEA de Marcoule et Cadarache</b><br>Christophe Guy et Fabrice Petitot - CEA Cadarache / CEA Marcoule                       |                                     |
| 17:00-17:30 | • <b>S4-3 - Radioprotection des professionnels de santé en France : exposition, connaissances et habitudes - étude EXPERTS</b> - Clémence Baudin - IRSN                                                                       |                                     |
| 18:00-19:00 | <b>Cocktail de Bienvenue</b>                                                                                                                                                                                                  | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |

## MERCREDI 21 SEPTEMBRE 2022

|                    |                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>08:30-10:00</b> | <b>SESSION 5 - La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement</b><br><i>Président de session : Gérald Dumont - CERN</i>                                                                                                | <i>Salle 300</i>                    |
| 08:30-09:00        | • <b>S5-1 - Autopsie et pré-conditionnement d'un absorbeur faisceau LHC</b><br><i>Renaud Mouret - CERN</i>                                                                                                                               |                                     |
| 09:00-09:30        | • <b>S5-2 - Suivi RP et dosimétrie chantier de DEM</b><br><i>Florian Veron - ONET Technologies ND</i>                                                                                                                                    |                                     |
| 09:30-10:00        | • <b>S5-3 - Chantier de DEM des dissolveurs A et B de MAR200</b><br><i>Benoît Ferré - CEA Marcoule</i>                                                                                                                                   |                                     |
| <b>10:00-10:45</b> | <b>Pause-café - Visite de l'exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                                     | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| <b>10:45-11:45</b> | <b>SESSION 6 - La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement</b><br><i>Président de session : Gérald Dumont - CERN</i>                                                                                                | <i>Salle 300</i>                    |
| 10:45-11:15        | • <b>S6-1 - Processus de caractérisation et de mesure des matériaux en vue du stockage pour décroissance radioactive dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg</b><br><i>Sylvain Pelloux - BKW Energie AG</i> |                                     |
| 11:15-11:45        | • <b>S6-2 - Stratégie de modernisation de la chaîne de santé des installations du périmètre UP1, AVM, IECD</b><br><i>Jean-Bernard Curabet - CEA Marcoule</i>                                                                             |                                     |
| <b>11:45-13:00</b> | <b>Déjeuner</b><br><b>Café dans l'espace exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                        | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| <b>14:00-17:00</b> | <b>VISITE SUR SITE - Visite du CERN</b><br><i>Sur inscription préalable uniquement - Départ des bus à 13h et retour à 18h à l'Espace Rencontre</i>                                                                                       |                                     |
| <b>13:15-15:15</b> | <b>SESSION 7 - La gestion des déchets et des matériaux valorisables</b><br><i>Président de session : Christophe Murith - OFSP</i>                                                                                                        | <i>Salle 300</i>                    |
| 13:15-13:45        | • <b>S7-1 - Radionuclide inventory of burnable radioactive waste contaminated with artificial alpha-emitters</b><br><i>Mohammad Rababah - CERN</i>                                                                                       |                                     |
| 13:45-14:15        | • <b>S7-2 - Présentation de l'installation CHICADE</b><br><i>Olivier David - CEA Cadarache</i>                                                                                                                                           |                                     |
| 14:15-14:45        | • <b>S7-3 - Retour d'expérience, 30 ans après, à propos de piscine de stockage de combustibles usés</b><br><i>Alain Vivier - DOSIMEX SAS</i>                                                                                             |                                     |
| 14:45-15:15        | • <b>S7-4 - Le Plan d'action radium en Suisse</b><br><i>Martha Palacios - OFSP</i>                                                                                                                                                       |                                     |
| <b>15:15-16:00</b> | <b>Pause-café - Visite de l'exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                                     | <i>Espace Rencontre - Salle 900</i> |
| <b>16:00-17:30</b> | <b>SESSION 8 - Méthode et mesures nucléaires</b><br><i>Président de session : Nabil Menaa - CERN</i>                                                                                                                                     | <i>Salle 300</i>                    |
| 16:00-16:30        | • <b>S8-1 - Radiological characterization of high-energy proton targets from the CERN-ISOLDE facility</b><br><i>Mohammad Rababah - CERN</i>                                                                                              |                                     |
| 16:30-17:00        | • <b>S8-2 - Surveillance et contrôle des réacteurs G2/G3 par muographie avec les détecteurs Micromegas</b><br><i>Laurent Gallego et Hector Gomez - CEA Marcoule / CEA Saclay</i>                                                         |                                     |
| 17:00-17:30        | • <b>S8-3 - Mesures d'échantillons issus du démantèlement de G1 par autoradiographie digitale (MAUD)</b><br><i>Kimberly Colas - CEA Saclay</i>                                                                                           |                                     |
| <b>19:30</b>       | <b>Embarquement sur le Bateau restaurant Libellule</b>                                                                                                                                                                                   |                                     |
| <b>19:30-20:30</b> | <b>Cocktail sur le pont</b>                                                                                                                                                                                                              |                                     |
| <b>20:30-23:00</b> | <b>Dîner du congrès - Croisière sur le Lac d'Annecy</b>                                                                                                                                                                                  |                                     |



## JEUDI 22 SEPTEMBRE 2022

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 08:30-10:00 | <b>SESSION 9 - Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...)</b><br><i>Président de session : Christophe Guy - CEA Cadarache</i>                                                                                                        | <u>Salle 300</u>                    |
| 08:30-09:00 | • S9-1 - Robots de caractérisation radiologique - Asénath Etile - Innowtech                                                                                                                                                                                                 |                                     |
| 09:00-09:30 | • S9-2 - Cartographie radiologique : utilisation d'essaims de drones autonomes pour la surveillance récurrente et l'accès aux zones à risques<br><i>Olivier De Lannurien - ICOHUP</i>                                                                                       |                                     |
| 09:30-10:00 | • S9-3 - Outils innovants développés par DEMBOOST pour la caractérisation d'installations, de sites pollués et de structures de génie civil<br><i>Sylvain Malacarne - DEMBOOST</i>                                                                                          |                                     |
| 10:00-10:45 | <b>Pause-café - Visite de l'exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                                                                        | <u>Espace Rencontre - Salle 900</u> |
| 10:45-11:45 | <b>SESSION 10 - Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...)</b><br><i>Président de session : Frédéric Aberlé - CERN</i>                                                                                                               | <u>Salle 300</u>                    |
| 10:45-11:15 | • S10-1 - ICARE : Un outil pour la classification des matériels activés au CERN dans le cadre des transports inter-sites<br><i>Philippe Bertreix - CERN</i>                                                                                                                 |                                     |
| 11:15-11:45 | • S10-2 - TREC – Plateforme de transformation numérique pour la traçabilité et la gestion d'information des équipements radioactifs et des processus radioprotection au CERN<br><i>Nabil Menaâ - CERN</i>                                                                   |                                     |
| 11:45-13:00 | <b>Déjeuner</b><br><b>Café dans l'espace exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                                                           | <u>Espace Rencontre - Salle 900</u> |
| 14:00-17:00 | <b>VISITE SUR SITE - Visite du CERN</b><br><i>Sur inscription préalable uniquement - Départ des bus à 13h et retour à 18h à l'Espace Rencontre</i>                                                                                                                          |                                     |
| 13:15-14:45 | <b>SESSION 11 - Les applications industrielles et médicales</b><br><i>Présidente de session : Meriem Chniba - CERN</i>                                                                                                                                                      | <u>Salle 300</u>                    |
| 13:15-13:45 | • S11-1 - Comment optimiser la qualité d'image et la dose des arceaux utilisés au bloc opératoire ?<br><i>Brice Royer - C2i Santé</i>                                                                                                                                       |                                     |
| 13:45-14:15 | • S11-2 - Exposition médicale en pédiatrie : cohortes françaises d'enfants exposés au scanner et aux procédures de cardiologie interventionnelle<br><i>Marie-Odile Bernier - IRSN</i>                                                                                       |                                     |
| 14:15-14:45 | • S11-3 - Défis en radioprotection hospitalière : radiologie interventionnelle et radiothérapie FLASH<br><i>Jérôme Damet - IRA</i>                                                                                                                                          |                                     |
| 14:45-15:30 | <b>Pause-café - Visite de l'exposition - Posters</b>                                                                                                                                                                                                                        | <u>Espace Rencontre - Salle 900</u> |
| 15:30-17:00 | <b>SESSION 12 - Métrologie</b><br><i>Président de session : Jérôme Damet - IRA</i>                                                                                                                                                                                          | <u>Salle 300</u>                    |
| 15:30-16:00 | • S12-1 - La métrologie Radon : Retour d'expérience dans le cadre de missions d'investigations dans les bâtiments et la détermination de l'activité volumique dans les sols avant construction<br><i>Jean-Michel Sené - Bertin Technologies et Yoann Balliner - Socotec</i> |                                     |
| 16:00-16:30 | • S12-2 - EVOC - The Nuclear Experience - Reynald Boillot - INSTN                                                                                                                                                                                                           |                                     |
| 16:30-17:00 | • S12-3 - Présentation d'une étude de spectrométrie et de dosimétrie des neutrons réalisée avec un système de sphères de Bonner (système multi-sphères)<br><i>Anthony Beauchamp - CEA Marcoule</i>                                                                          |                                     |
| 17:00-17:30 | <b>Séance de clôture</b>                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 1

**La radioprotection intégrée à la construction des  
réacteurs et des accélérateurs à haute énergie**

**Les grandes options de radioprotection à la conception des nouveaux modèles de réacteurs d'EDF : cas de l'EPR2 et de NUWARD**

Thomas Jobert<sup>1</sup> (thomas.jobert@edf.fr), Sébastien Lavorel<sup>2</sup>, Sébastien Poirrier<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Direction Technique de la DIPNN, EDF, Lyon, France

<sup>2</sup> EDF, Lyon, France

<sup>3</sup> EDVANCE, Lyon, France

L'objet de cette communication est de présenter deux projets majeurs, les projet EPR2 et NUWARD™, et la manière dont est intégrée dès les phases de conception la radioprotection des travailleurs.

NUWARD™ est une centrale nucléaire de petite taille, basée sur la technologie éprouvée des réacteurs à eau pressurisée, et constituée de deux unités de 170 MW. Elle a vocation à compléter la gamme de réacteurs d'EDF pour répondre à une demande mondiale fortement croissante de moyens de production d'électricité pilotables et décarbonés à partir de 2030.

NUWARD™ finalise actuellement sa phase dite de conceptual design (2019-2022). La conception est guidée par une standardisation maximale. Le concept base sa pertinence technico-économique sur :

- La simplicité du design, en visant moins de matériels, des systèmes plus simples,
- La modularité et l'industrialisation qui permettent de limiter les temps du chantier de construction,
- L'effet de série, qui permet de spécialiser des outils de fabrication pour réduire les coûts unitaires.

Par rapport aux réacteurs de forte puissance, si l'on considère une puissance installée équivalente, les Small Modular Reactors (SMR) présentent un accroissement du nombre de sources de rayonnement, ce qui accentue l'enjeu de radioprotection. Un objectif important pour le SMR NUWARD™ est donc de limiter la dose collective de l'installation. Les leviers de réduction du terme source et d'optimisation des situations de travail sont ainsi intégrés dans la conception des structures, systèmes et composants.

La taille réduite du SMR NUWARD™ permet d'envisager l'utilisation de matériaux innovants destinés à limiter le terme source issu des produits de corrosion.

De même, cette taille permet de favoriser le retrait de matériels de zones à fort débit de dose pour intervention dans des conditions optimales en atelier après décontamination poussée.

Le réacteur EPR2 est une évolution du réacteur EPR destinée à simplifier la construction au bénéfice de la qualité, de la durée, du coût de construction sans impact sur la sûreté ni sur la radioprotection. L'EPR2 affiche ainsi les mêmes ambitions que l'EPR en termes d'objectif de dose collective annuelle : une valeur de 0.35 H.Sv en moyenne annuelle sur les 10 premières années. De même, le mode de gestion de la propreté radiologique visé est le mode EVEREST, qui permet d'accéder « en bleu » dans les zones dites propres de la ZppDN.

La démarche de conception consiste notamment à optimiser les termes sources, réduire les débits de dose et limiter les durées d'exposition aux rayonnements ionisants.

Pour ces deux modèles de réacteurs, la prise en compte de la radioprotection à la conception vise également à s'assurer que les actions des opérateurs strictement nécessaires à la gestion des accidents sont réalisables et que l'habitabilité de la salle de commandes est garantie dans ces conditions.

**Mots clés :** Radioprotection - Conception - EPR2 - NUWARD - SMR.

**Étude de la radioprotection pour la mise en place du Grand Collisionneur de Hadrons à Haute Luminosité**

Lucie Elie (lucie.elie@cern.ch), Patrycja Dyrzcz, Safouane El-Idrissi, Angelo Infantino, Christophe Tromel, Heinz Vincke

*HSE-RP, CERN, Meyrin, Suisse*

Le Grand Collisionneur de Hadrons (LHC) du CERN est constitué d'un anneau de 27km à une profondeur de 100m et possède huit points d'accès/interaction correspondant aux sections rectilignes (LSS) par opposition aux parties courbées de l'accélérateur (arcs). Les hadrons voyageant dans deux tubes séparés collisionnent en quatre points d'interaction (expériences). La présente étude se concentre sur les deux principales expériences du LHC dites à haute luminosité qui ont les mêmes paramètres en termes de matériaux et d'optique malgré un plan de croisement différent : vertical pour ATLAS (Point 1) et horizontal pour CMS (Point 5). Les faisceaux sont guidés le long de l'anneau grâce à un important champ électromagnétique maintenu par des électroaimants supraconducteurs requérant d'opérer à des températures cryogéniques obtenues avec un système de lignes de distributions cryogéniques (QRL). Le LHC a débuté ses opérations en 2008 et sera en maintenance lors du troisième long arrêt du complexe d'accélérateurs du CERN (LS3) entre 2026 et 2028 pour laisser place au Grand Collisionneur de Hadrons à haute luminosité (HL-LHC). Ce dernier permettra une collision instantanée cinq fois plus importante pour ATLAS et CMS. Durant le LS3 les opérations se répartissent en trois phases : le démantèlement complet des équipements aux points 1 et 5 (aimants, collimateurs, QRL et réseaux de câble) ; les travaux de génie civil pour connecter les nouveaux services des galeries avec l'infrastructure existante du LHC et l'installation des nouveaux équipements du HL-LHC. D'autres travaux seront effectués dans le LHC comme le retrait des deux absorbeurs de faisceaux (beam dump) au Point 6 pour installer une nouvelle génération de dump supportant des intensités de particules plus élevées. Ces étapes nécessiteront des interventions au sein d'un environnement ayant un fort rayonnement résiduel, menant à des défis importants pour l'équipe de radioprotection du CERN[1].

Afin de respecter les standards de sécurité, planifier les interventions dans des zones radioactives, attribuer les ressources, réduire/optimiser (ALARA) l'exposition du personnel et estimer les déchets radioactifs, des outils avancés utilisant des techniques Monte-Carlo sont employés. Des simulations FLUKA[2] ont été effectuées en considérant le retrait de la principale ligne de faisceau du tunnel LHC pour caractériser le risque radiologique dans le tunnel lors du démantèlement des QRL. Des études relatives à la mise à jour, maintenance/démantèlement d'équipements spécifiques ont été effectuées. Les différentes étapes de la mise à jour du TAN protégeant les équipements par absorption des particules ont été modélisées par des simulations FLUKA-SESAME[3] pour étudier la distribution de la dose dans des géométries complexes. Finalement, les quantités radiologiques pour le dégagement/stockage des matériaux radioactifs ont été estimées avec l'outil ActiWiz[4] et la méthode FCC[5] couplée aux simulations FLUKA. Ces mêmes méthodes permettent de déterminer la contribution des principaux radionucléides à l'activité spécifique.

**Mots clés :** FLUKA - SESAME - ActiWiz - LHC - HL-LHC.

**Références :**

1. Elie, L., Dyrzcz, P., Infantino, A., Tromel, C., Vincke, H. (2022) Radiation protection challenges for the Large Hadron Collider upgrade, soumis pour publication.
2. Ahdida, C., Bozzato, D., Calzolari, D., Cerutti, F., Charitonidis, N., Cimmino, A., Coronetti, A., D'Alessandro, G. L., Donadon Servelle, A., Esposito, L. S. et al. (2022) New Capabilities of the FLUKA Multi-Purpose Code, *Frontiers in Physics*, 9.
3. Infantino, A., Björkman, D., Elie, L., Maietta, M., Tromel, C., Vincke, H. (2022) Radiation Protection at Large Hadron Collider: problematics, challenges and advanced Monte Carlo simulation techniques, *Environments*, 9, 54.
4. Vincke, H., Theis, C. (2014) ActiWiz – optimizing your nuclide inventory at proton accelerators with a computer code, Part of Proceedings, 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12) and 17th Topical Meeting of the Radiation Protection and Shielding Division of ANS (RPSD-2012). *Prog.Nucl.Sci.Tech.*, 4, 228- 232.
5. Froeschl, R. A method for radiological characterization based on fluence conversion coefficients. *Journal Of Physics: Conference Series*. 1046 pp.012006 (2018,6).



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 2

#### Les situations d'urgence radiologique



## Élaboration d'un plan d'intervention pour la lutte contre l'incendie du laboratoire de production de radioisotopes médicaux CERN-Medicis

Javier Cuadrado (javier.cuadrado@cern.ch)

*CERN Fire and Rescue Service, CERN, Genève, Suisse*

La construction d'un nouveau laboratoire visant à produire plusieurs radio-isotopes pour la recherche médicale en utilisant l'accélérateur « BOOSTER » et une partie des installations ISOLDE présente de nouveaux risques auxquels les pompiers du CERN vont devoir faire face. En effet, des matières radioactives non scellées y seront manipulées, classant le laboratoire comme secteur de travail de Type A selon l'Ordonnance Suisse sur la Radioprotection (ORaP). Le confinement dynamique de la contamination radioactive par des niveaux de dépression et sa variation en cas de détection d'incendie font que l'attaque du feu doit être particulièrement ciblée. Un plan d'intervention qui prend en compte et anticipe la dynamique de la propagation des fumées dû être rédigée et validée. La présentation porte sur la préparation de ce plan, les tests effectués avec de la fumée froide, la formation du personnel et l'exercice d'urgence réalisé pour valider le dossier de sécurité.

*Mots clés* : Incendie - Intervention - Confinement - Dépression - Contamination.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 3

#### La surveillance de l'environnement

## Système de surveillance environnementale du CERN

Nourredine Boumheres<sup>1</sup> (nourredine.boumehres@cern.ch), Julien Regnard<sup>1</sup>, Fabrice Malacrida<sup>2</sup>, Adrien Ledeul<sup>3</sup>, André Dziewa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HSE-ENV-EM, CERN, Genève, Suisse

<sup>2</sup> HSE-RP-CS, CERN, Genève, Suisse

<sup>3</sup> HSE-TS-CS, CERN, Genève, Suisse

Le système de surveillance environnementale radiologique et physico chimique du CERN rassemble des instruments spécialisés, une électronique spécifique et des systèmes de communication permettant d'envoyer automatiquement les valeurs des paramètres prédéfinis à un système de supervision qui gère l'affichage en ligne et l'archivage.

Il se compose de 130 stations de surveillance qui alimentent le système de supervision à distance en lui envoyant en temps réel les données enregistrées par 640 systèmes de mesure des paramètres environnementaux pertinents pour les activités du CERN, notamment dans les domaines suivants :

- rayonnement diffusé (gamma et neutron) ;
- ventilation et air ambiant (alpha/bêta) ;
- eaux de rejet (température, pH, conductivité, turbidité, présence d'hydrocarbures, de mousse, débit et émetteurs gamma) ;
- données météorologiques (précipitations, vitesse du vent, azimut).

Nous communiquerons principalement sur l'instrumentation dédiée à cette surveillance.

*Mots clés* : Surveillance - Environnement - Radiologique - Physico chimique - Instrumentation.

## Gestion d'un parc piézométrique sur un site nucléaire : cas de Marcoule

Noé Barthélémy (noe.barthelemy@cea.fr)

DUSP/SPR/LCEI, CEA, Bagnols-sur-Cèze, France

Sur le site de Marcoule sont présentes plusieurs INB et INBS opérées par différents exploitants (CEA, ORANO, CENTRACO, STERIS, CISBIO). Dans le cadre de leur fonctionnement et conformément aux arrêtés et décisions qui leur sont applicables, ces installations peuvent être autorisées à prélever de l'eau brute dans la nappe alluviale et à réaliser des opérations de rabattement de la nappe phréatique dans le cadre de la gestion radiologique et piézométrique de cette dernière. La maîtrise de l'impact de ces activités et, de manière générale, de l'exploitation de ces installations sur la nappe phréatique repose sur des caractérisations piézométriques, chimiques et radiologiques réalisées sur un parc de piézomètres de plus de 280 ouvrages gérés par le Laboratoire de Contrôle de l'Environnement et de l'évaluation de l'Impact (LCEI) du Service de Protection contre les Rayonnements du CEA Marcoule pour le compte de l'ensemble des exploitants du site de Marcoule.

La pertinence des mesures réalisées par le biais de ce parc piézométrique nécessitant de disposer d'un réseau d'ouvrages représentatifs de la nappe et répondant aux différentes normes applicables, le LCEI a mis en œuvre un processus de diagnostic et d'entretien, défini notamment sur la base des caractéristiques des ouvrages (les plus anciens sont en acier et sujets à la corrosion), de la géologie et de la piézométrie du site.

Le processus de diagnostic repose, dans un premier temps, sur une étude des données existantes (géologiques, techniques et piézométriques) pour chaque piézomètre. Par la suite, l'analyse des différents résultats permet de conclure sur leur cohérence et d'envisager différents travaux.

L'entretien des ouvrages piézométriques consiste à étudier la pertinence des données piézométriques mesurées périodiquement sur chaque ouvrage (une incohérence vis-à-vis de leur secteur hydraulique pouvant être synonyme de dysfonctionnement) et à réaliser des Inspections Télévisuelles régulières (tous les 3 ans) afin de vérifier l'état des piézomètres (ensablement, corrosion).

En complément de la surveillance réglementaire de la nappe phréatique, le parc piézométrique contribue à la gestion de situations dégradées pouvant impacter le fonctionnement des installations (par exemple : inondation au regard de la pluviométrie) ou conduire à la contamination radioactive de la nappe (par exemple : fuite d'effluents radioactifs) en fournissant des données permettant de prédire leur évolution et d'identifier par anticipation les actions correctives à mettre en œuvre afin de limiter leur impact par le biais de modélisations numériques.

Ces modélisations reposent sur le tracé des cartes piézométriques et un modèle hydrogéologique de la nappe, établis à partir de l'ensemble des données acquises en continu dans le cadre de la surveillance réglementaire de la nappe et lors d'actions spécifiques de terrain (tests hydrauliques, essai de pompage longue durée, implantation de nouveaux piézomètres) menées afin de disposer du modèle le plus réaliste possible.

*Mots clés* : Piézomètres - Environnement - Surveillance.

## Développement d'un moniteur de tritium atmosphérique de nouvelle génération

Valentin Blais (valentin.blais@intradef.gouv.fr), Lionel Tenailleau

*Groupe d'Etudes Atomiques, Marine Nationale, Cherbourg-en-Cotentin, France*

Parmi les radionucléides rejetés sous forme gazeuse par les installations nucléaires, le tritium est certainement le plus difficile à mesurer du fait de la très faible énergie des rayonnements bêta qu'il libère par désintégration radioactive. Les méthodes usuelles pour détecter le tritium présent dans l'atmosphère des locaux de travail ou des rejets gazeux consistent soit à mesurer en continu l'activité de l'air en le faisant passer au travers d'une chambre munie d'un détecteur de rayonnements bêta (chambre à circulation), soit à effectuer des prélèvements d'air qui sont ensuite analysés en laboratoire par scintillation liquide. Dans le premier cas, le temps de réponse des appareils est relativement court (quelques secondes à quelques minutes) mais les seuils de mesure du tritium sont au minimum de quelques milliers de Bq/m<sup>3</sup> alors que dans le second cas, les seuils de mesure peuvent, avec des temps de prélèvement de plusieurs jours, être inférieurs à 1 Bq/m<sup>3</sup>.

Pour permettre d'effectuer une surveillance en continu du tritium atmosphérique avec des niveaux de détection inférieurs à ceux des chambres à circulation disponibles dans le commerce, le Groupe d'Etudes Atomiques (GEA) de la Marine a entrepris de développer un appareil effectuant simultanément le prélèvement d'air et la mesure du tritium. Le principe de cet appareil, appelé « Moniteur de Tritium à Scintillation (MoTriS) » consiste à faire circuler l'air au travers d'un flacon rempli de liquide scintillant placé au regard d'un ou plusieurs photomultiplicateurs. Le tritium piégé dans le liquide scintillant peut alors être mesuré sur des cycles de comptage réglables en durée.

Les tests de faisabilité effectués par le GEA sur un prototype réalisé en interne ont montré qu'un tel dispositif permet d'atteindre une limite de détection inférieure à 100 Bq/m<sup>3</sup> en quelques minutes. Outre l'amélioration des performances, le moniteur de tritium à scintillation présente aussi l'avantage d'être sélectif vis-à-vis du tritium. En effet, MoTriS est très peu influencé par la présence dans l'air d'autres radionucléides tels que le carbone 14, l'iode ou les gaz rares. La durée de prélèvement peut atteindre plusieurs jours sans altération des performances de l'appareil et une analyse en laboratoire du flacon de prélèvement peut être réalisée à l'issue du prélèvement, soit pour confirmer la présence de tritium et l'absence d'autres radionucléides interférents, soit dans le but d'obtenir une limite de détection inférieure au Bq/m<sup>3</sup>.

Ainsi, MoTriS permet d'effectuer la surveillance en continu du tritium atmosphérique des lieux de travail ou des rejets gazeux d'installations nucléaires de façon plus sélective et avec une limite de détection plus faible que les appareils actuellement commercialisés. Il peut aussi être utilisé comme simple compteur à scintillation liquide pour l'analyse de frottis ou de prélèvements d'eau.

*Mots clés* : Tritium - Monitoring - Scintillation - Surveillance - MoTriS.

## CROME système : le nouveau système de surveillance de rayonnements ionisants pour la radioprotection et l'environnement au CERN

Hamza Boukabache (hamza.boukabache@cern.ch), Daniel Perrin

*CERN, Genève, Suisse*

L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) a l'obligation légale de protéger le public, ses employés ainsi que l'environnement d'une exposition injustifiée à d'éventuels rayonnements ionisants. Dans ce contexte, la surveillance radiologique est l'une des préoccupations majeures du groupe de radioprotection du CERN qui développe, opère et maintient ses propres systèmes distribués de surveillance. Tenant compte de la spécificité des champs de rayonnements ionisants générés au CERN ainsi que des futures évolutions des accélérateurs et des injecteurs, nous avons développé une nouvelle génération de moniteurs de radiation capables de mesurer des rayonnement mixtes et dynamiques pouvant être composés de neutrons, pions, muons, électrons, photons, protons... Ce nouveau système appelé CROME (CERN radiatiOn Monitoring Electronics) assure un suivi permanent de l'activité ionisante en garantissant performance et fiabilité de surveillance.

Le système CROME est capable en toute autonomie et de manière sûre d'inter-verrouiller une machine, un accélérateur ou un système d'accès afin de prévenir toute exposition non justifiée à un rayonnement ionisant. Le système de surveillance CROME est un système hétérogène construit sur un ensemble d'équipements communiquant entre eux. Étant donné sa nature opérationnelle, le système dispose d'unités d'alarmes permettant de prévenir toute personne présente dans l'environnement surveillé ainsi qu'un concentrateur de signaux d'inter-verrouillage pour s'interfacer avec n'importe quelle machine au CERN.

Le système CROME est totalement décentralisé grâce à l'utilisation nouvelle de systèmes sur puces hétérogènes. Ces derniers concentrent donc toute l'intelligence au niveau des détecteurs sans intervention de la supervision. On operation, cette dernière n'a plus qu'un rôle de suivi en temps réel des débits de doses, des doses intégrées, des événements générés tels que les alarmes radiation, signaux d'inter-verrouillage ou les alarmes techniques.

Le système CROME est conçu sur la base d'une architecture électronique versatile et reconfigurable qui lui permet de s'interfacer avec plusieurs détecteurs (chambres à ionisations, détecteurs neutrons ...). Le caractère innovant du système CROME réside ainsi au sein de ses performances atteignables en matière de précision et de dynamique de mesure. Il garantit une plage opérationnelle de quelques nSv/h au Sv/h en régime pulsé ou quasi-continu.

D'une conception modulaire, le système est évolutif tout en garantissant la fiabilité de fonctionnement. Le processus de développement établi nous permet grâce à une étude quantitative d'assurer à ce jour une probabilité de panne inférieure au millionième. Cette étude a été menée sur la base de données constructeurs, de caractérisations internes et externes au sein de laboratoires certifiés.

**Mots clés :** Radioprotection - Instrumentation nucléaire - Surveillance des rayonnement ionisants - Protection de l'environnement - Rayonnement pulsé.





atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 4

#### Le contexte réglementaire

## État actuel de la normalisation de l'instrumentation pour la radioprotection dans les instances internationales et nationales

Miroslav Voytchev (miroslav.voytchev@irsn.fr)

*LPMA-CTHIR/SCA, IRSN, Gif-sur-Yvette, France*

Cette communication présentera brièvement les instances chargées de la normalisation concernant l'instrumentation pour la radioprotection au niveau international (IEC/SC 45B), européen (CENELEC/TC 45B) et leur comité miroir national français (Afnor/UF 45B). Les normes publiées récemment et les projets en cours dans les domaines suivants seront discutés :

- mesure du rayonnement environnemental ;
- moniteurs actifs de poche et portables de (débit de) dose et systèmes de dosimétrie passive ;
- instruments de mesure du radon et des descendants du radon ;
- instrumentation pour le contrôle de matières radioactives illicites ;
- contaminamètres et moniteurs de contamination ;
- systèmes d'inspection de sécurité utilisant l'interrogation active avec rayonnement.

Des liaisons étroites ont été établies entre le SC 45B «Instrumentation pour la radioprotection» de la CEI et l'ISO/TC 85/SC 2 « Protection radiologique », ainsi qu'avec la CIPR, l'AIEA et d'autres organisations internationales.

Les travaux de normalisation représentent un enjeu important d'abord pour la communauté internationale. Au niveau européen, les normes IEC issues du SC 45B sont transposées au cas par cas en normes européennes EN par le comité TC 45B du CENELEC. Ces normes européennes sont par la suite homologuées en tant que normes nationales et annulent tout texte équivalent. Les textes réglementaires français ou européens pouvant faire référence à ces normes, il convient d'être particulièrement attentif aux dispositions mises en œuvre à l'origine dans les normes IEC.

*Mots clés* : Normalisation - IEC - L'instrumentation - Radioprotection.

## Organisation de la radioprotection en pôle de compétence : Déclinaison sur les centres CEA de Marcoule et Cadarache

Christophe Guy<sup>1</sup> (christophe.guy@cea.fr), Fabrice Petitot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SPR, CEA Cadarache, Saint-Paul-les-Durance, France

<sup>2</sup> SPR, CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France

Conformément aux décrets 2018-437 et 2018-438, concomitamment à celle du décret 2018-434, relatifs à la radioprotection, l'employeur doit désigner un conseiller en radioprotection lorsque la nature et l'ampleur du risque d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants le conduisent à mettre en œuvre au moins l'une des mesures suivantes : classement des travailleurs, délimitation de zone ou vérifications de l'efficacité des moyens de prévention. Le conseiller en radioprotection pour la mise en œuvre des mesures et moyens de prévention peut être :

- une personne physique : personne compétente en radioprotection (PCR) salariée de l'établissement ou à défaut de l'entreprise (la notion de « PCR externe » n'existe plus),
- une personne morale : organisme compétent en radioprotection « OCR » soumis à une certification, externe à l'établissement,
- dans les établissements comprenant une INB ou INBS, un pôle de compétence en radioprotection approuvé par l'ASN ou le DSND.

Pour les centres CEA Marcoule et Cadarache, une organisation du pôle de compétence est exigée. Cette organisation est approuvée par l'autorité de sûreté nucléaire. Les dossiers d'approbation ont été déposés avant la fin de l'année 2021 et l'autorité a un an pour prononcer l'approbation.

Le dossier présente :

Les principales caractéristiques des Pôles de Compétence en Radioprotection mis en place conformément au Code du Travail et de l'Environnement, les exigences de qualification des personnes le constituant ainsi que les dispositions prises pour doter le pôle de compétence des ressources nécessaires.

Pour chaque mission exigée du Code du Travail et du Code de l'environnement sont présentés le périmètre de la mission, les modalités de fonctionnement notamment pour garantir la continuité des missions, les modalités de désignation des membres du Pôle de Compétence les exigences relatives au maintien des compétences des membres du Pôle de Compétence.

Des exemples concrets sont donnés sur Marcoule et Cadarache.

*Mots clés* : Pôle de compétence.

**Radioprotection des professionnels de santé en France : exposition, connaissances et habitudes - étude EXPERTS**

Clémence Baudin<sup>1</sup> (clemence.baudin@irsn.fr), Blandine Vacquier<sup>2</sup>, Lamine Chenene<sup>3</sup>, Joel Guersen<sup>4</sup>, Isabelle Partarrieu<sup>2</sup>, Martine Louet<sup>5</sup>, Hubert Ducou Le Pointe<sup>3</sup>, Stéphanie Mora<sup>2</sup>, Catherine Verdun-Esquer<sup>2</sup>, Juliette Feuardent<sup>6</sup>, Frédéric Rousseau<sup>6</sup>, Hervé Roy<sup>6</sup>, Lynda Bensefa-Colas<sup>3</sup>, Louis Boyer<sup>7</sup>, Marie-Odile Bernier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des rayonnements ionisants, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>2</sup> Service Santé Travail Environnement, CHU de Bordeaux, Bordeaux, France

<sup>3</sup> Service central de santé au travail, AP-HP Paris, Paris, France

<sup>4</sup> Radioprotection, CHU de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, France

<sup>5</sup> Service de médecine du travail, AP-HP Paris, Paris, France

<sup>6</sup> Bureau d'Analyse et de Suivi des Expositions Professionnelles, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>7</sup> Service de Radiologie, CHU de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, France

**Introduction**

Les professionnels de santé exposés aux rayonnements ionisants (RI) représentent plus de la moitié de l'ensemble des travailleurs exposés aux RI artificiels en France. L'utilisation des RI en médecine s'est développée rapidement ces 10 dernières années, en raison de l'introduction de nouvelles pratiques diagnostiques et thérapeutiques. En parallèle, la radioprotection des travailleurs a progressé (lois, dispositifs et outils) dans le but de réduire leur exposition aux RI. L'étude EXPERTS (EXposition des Professionnels de santé aux Rayonnements ionisants) a plusieurs objectifs, notamment d'étudier les connaissances et habitudes de ces professionnels vis-à-vis de la radioprotection – ce que propose de faire ce présent travail.

**Matériel et Méthodes**

L'étude EXPERTS a inclus tous les professionnels de santé ayant au minimum un enregistrement dosimétrique dans le Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI) pour chaque année 2009, 2014 et 2019, dans l'un des neuf établissements participant à l'étude. Les professionnels ayant changé d'emploi entre 2009 et 2019 ont été exclus.

Les caractéristiques socio-professionnelles ont été recueillies *via* SISERI et CHIMED® (logiciel dédié aux hôpitaux). Tous les professionnels ont été invités à compléter un questionnaire portant sur divers aspects de la radioprotection.

**Résultats**

293/1268 professionnels contactés ont répondu au questionnaire (taux de participation : 23%). Des différences dans les taux de réponse ont été notées seulement selon le métier et le service. Les répondants étaient âgés en moyenne de 39,2 ( $\pm 8,1$ ) ans en 2009, avec une majorité de femmes (59%), et 85% étaient des manipulateurs d'électroradiologie médicale, infirmiers, ou médecins.

Parmi les répondants, 12% déclarent porter leur dosimètre rarement ou jamais, et 15% déclarent ne pas utiliser de moyens de protections : en cause, manque de temps ou moyens de protection/dosimètres jugés inadaptés, sans intérêt, ou en nombre insuffisant.

71% des agents se considèrent exposés aux RI, 82% se disent suffisamment informés des risques liés au RI, 86% jugent leur exposition à risque acceptable/négligeable, tandis que 26% souhaiteraient recevoir prochainement une formation en radioprotection. Les questions de culture sur les RI révèlent seulement 40% de bonnes réponses.

**Conclusions**

Ce résumé présente les résultats préliminaires des réponses au questionnaire diffusé dans l'étude EXPERTS. Ceux-ci confirment un port non-systématique du dosimètre chez les professionnels de santé, et une faible proportion de travailleurs n'utilisant pas de moyens de protections. Le caractère inadapté des tabliers, lunettes plombées, et dosimètres étant mis en cause. Quelques lacunes au niveau des connaissances dans le domaine des RI et des risques ont été montrées. Ces résultats encouragent de nouvelles formations en radioprotection auprès des travailleurs du secteur santé, et l'utilisation de matériels de protection plus ergonomique. A noter la non-réponse d'une partie importante de la population d'étude - les résultats de cette étude sont ainsi à interpréter avec prudence.

**Mots clés :** Radioprotection - Professionnels de santé - Rayonnements ionisants - Étude EXPERTS - Questionnaire.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 5

**La surveillance des chantiers et  
des opérations de démantèlement**

## Autopsie et pré-conditionnement d'un absorbeur faisceau LHC

Renaud Mouret (renaud.mouret@cern.ch)

*CERN, Meyrin, Suisse*

Dans les accélérateurs du CERN, un absorbeur faisceau a pour fonction d'absorber et d'arrêter les faisceaux de particules accélérés à haute énergie. Au total, deux absorbeurs (TDE) sont installés dans le grand collisionneur de hadrons (LHC), permettant chacun de stopper les faisceaux de protons circulant dans l'accélérateur de 27 km de circonférence. Deux TDE ont été utilisés depuis la mise en service en 2008, jusqu'à l'arrêt technique 2019-2021 (LS2). Durant cette période de maintenance, ils ont été remplacés par deux autres TDE qui seront utilisés jusqu'en 2025. Chaque TDE mesure 8520mm de long et 722mm de diamètre. Formé d'une enveloppe externe en acier inoxydable 316LN (URANUS® 45), il est composé, à ses extrémités, de six blocs de graphite haute densité (Sigraflex®) de 700mm de long et, en son centre, de 1710 disques de graphite basse densité (Sigraflex®) de 2mm d'épaisseur. Il est rempli d'azote gazeux pendant son utilisation dans le LHC pour éviter l'oxydation du graphite.

Durant la seconde période d'opération du LHC (RUN2), 2015-2018, des fuites d'azote sont apparues sur un de ces absorbeurs en raison des contraintes mécaniques et thermiques pendant son opération. Pour permettre l'opération des faisceaux pendant la troisième période de fonctionnement du LHC (RUN3), 2022-2025, une consolidation du design des absorbeurs de remplacement a été réalisée.

Pour améliorer les connaissances en matière de tenue et de comportement du graphite dans les conditions d'irradiation du LHC au cours du RUN2, une autopsie et des analyses post-irradiation (PIE) ont été réalisées sur l'absorbeur endommagé. Cette autopsie a permis de définir les améliorations de design nécessaires pour les TDE de rechange et pour les prochaines générations d'absorbeurs. Elle a aussi permis de vérifier que les TDE sont adaptés aux conditions d'opération du LHC prévues pour le RUN3. Cette opération a été réalisée en effectuant deux coupes radiales dans l'enceinte acier URANUS® 45 qui ont permis d'isoler la partie basse densité. Trois coupes longitudinales ont ensuite été effectuées pour retirer la coque acier afin d'extraire et inspecter une partie des 1710 disques de Sigraflex®.

Au cours de l'opération des faisceaux, ces TDE ont été fortement activés et après trois ans de décroissance, ils présentent encore un débit d'équivalent de dose ( $H^*10$ ) de quelques mSv/h à 10cm et le graphite peut contenir du tritium (H-3) avec des activités massiques importantes. Pour optimiser radiologiquement et financièrement cette opération, il a été décidé de combiner l'autopsie avec le pré-conditionnement du TDE en tant que déchet radioactif. La présentation portera sur les enjeux et recommandations de radioprotection pour la réalisation d'une telle autopsie au CERN, l'implémentation de la démarche ALARA dans le déroulement des opérations et les critères utilisés pour définir le pré-conditionnement du TDE en tant que déchet radioactif.

**Mots clés :** Dismantlement - Graphite - SAS dépressurisé - Spécification ANDRA - FMA-VC.



## La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement

S5-2

## Suivi RP et dosimétrie chantier de DEM

Florian Veron (fveron@onet.fr)*Service Radioprotection, ONET Technologies ND, Bagnols-sur-Cèze, France*

Dans le cadre du DEM du local 638 de l'installation APM du CEA Marcoule, ONET Technologies ND a réalisé les opérations d'assainissement et de démantèlement des bancs PE, utilisés pour le suivi et le prélèvements de produits de fission de très haute activité (cellule zone rouge).

Un important système de suivi a été déployé pour assurer la surveillance de la dosimétrie des intervenants, avec notamment la mise en place de dosimètres à lecture différée de type Bague ainsi que des montres dosimètres opérationnels, compte tenu du fort enjeu radiologique des opérations (DeD au contact des équipements jusqu'à 1 Gy/h !).

La présentation sera axée sur le déroulé des opérations, les DeD et les activités mis en jeu, les parades et optimisations décrites au travers de la démarche ALARA, la synthèse des doses reçues ainsi qu'une analyse sur la fonction de transfert entre le suivi opérationnel de la dosimétrie extrémités (pilotage en temps réel des montres dosimètres) et le suivi réglementaire (bague LANDAUER avec développement en différé).

La présentation sera sur support POWERPOINT avec l'utilisation du logiciel PowerBI pour l'analyse des données dosimétriques.

*Mots clés* : Démantèlement - CEA Marcoule - APM - Bancs PE - Montre dosimètre - PowerBI.

## La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement

S5-3

SESSION 5

**Chantier de DEM des dissolveurs A et B de MAR200**

Benoît Ferré (benoit.ferre2@cea.fr)

*DES/DDSD/UDHA/SCOD, CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France*

Le chantier de démantèlement des dissolveurs de MAR200 est effectué en téléopéré et inclut des opérations de découpes laser. L'état initial effectif, ainsi que le déroulement des opérations in situ, ont impliqué des adaptations immédiates et des modifications ultérieures qui tiendront compte du retour d'expérience entre le DEM téléopéré du dissolvant A (terminé) et le DEM téléopéré du dissolvant B (à venir).

La prise en compte des évolutions, l'adaptation du chantier aux conditions rencontrées, la capitalisation du retour d'expérience au fur et à mesure et son application aux suites du chantier seront les thématiques abordées sous l'angle de la radioprotection.

*Mots clés* : Démantèlement - Dissolvant - MAR200.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 6

**La surveillance des chantiers et  
des opérations de démantèlement**

## La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement

S6-1

SESSION 6

**Processus de caractérisation et de mesure des matériaux en vue du stockage pour décroissance radioactive dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg**Sylvain Pelloux (sylvain.pelloux@bkw.ch)*Überwachung, BKW Energie AG, Mühleberg, Schweiz*

Dans le cadre des activités de démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg et plus particulièrement dans le cadre de la libération de matériel, un processus de caractérisation et de mesure des matériaux en vue du stockage pour décroissance radioactive a été développé.

D'après le cadre légal suisse (Article 117 de l'OraP) les déchets radioactifs dont l'activité, du fait de leur décroissance radioactive, atteindra au plus tard 30 ans après la fin de l'utilisation de la matière d'origine un niveau permettant leur libération (Art. 106 OraP) ou leur valorisation (Art. 115 OraP) doivent être entreposés jusqu'à cette date, si aucune solution alternative globalement plus avantageuse pour l'être humain et l'environnement n'est disponible. Le processus de stockage pour décroissance radioactive se développe en complémentarité du processus de libération et les mêmes infrastructures et appareils de mesures sont utilisés. Néanmoins, les conditions techniques préalables ainsi que les critères de mesures sont sensiblement différents. Les vecteurs isotopiques élaborés pour la libération de matériel sont également utilisés lors de la mesure de décision pour le stockage de décroissance radioactive. Cela implique un certain nombre d'actions et de pré-conditions pour garantir la fiabilité de la mesure. En effet, sans action préalable l'utilisation du vecteur isotopique conçu pour la mesure de libération peut conduire à une sous-estimation du temps de décroissance nécessaire pour que l'activité du matériau atteigne un niveau permettant sa libération.

A la fin de la durée de stockage déterminée lors de la mesure décisionnelle et à la suite de mesures ponctuelles de vérifications et d'une annonce à l'inspection fédérale de sûreté nucléaire, le matériau est libéré.

*Mots clés* : Stockage pour décroissance - Techniques de mesures - Libération de matériel - Mühleberg.

## La surveillance des chantiers et des opérations de démantèlement

S6-2

SESSION 6

**Stratégie de modernisation de la chaîne de santé des installations du périmètre UP1, AVM, IECD**

Jean-Bernard Curabet (jean-bernard.curabet@cea.fr), Dominique Pontaud

*DDSD/UDHA/SCOD, CEA/Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France*

Présentation de la démarche qui permet d'adapter la chaîne de santé historique aux enjeux spécifiques des nouvelles activités d'exploitation et des installations mises définitivement à l'arrêt et passées en phase de démantèlement. Les balises de radioprotection associées à la chaîne de santé historique des installations sont la plupart du temps obsolètes, du fait de leur technologie de détection et de la disponibilité des pièces de rechange. La jouvence des moyens de surveillance est donc nécessaire.

La structuration de la stratégie autour de deux processus complémentaires permet de standardiser l'analyse à déployer dans plus de 800 locaux inclus dans le périmètre UP1, AVM, IECD sur Marcoule.

*Mots clés* : Chaîne de santé - Marcoule - Stratégie - Jouvence.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 7

**La gestion des déchets et  
des matériaux valorisables**

**Radionuclide inventory of burnable radioactive waste contaminated with artificial alpha-emitters**

Mohammad Rababah (mohammad.rababah@cern.ch), Kerstin Bauer, Gerald Dumont, Matteo Magistris, Nabil Menaa, Paolo Pisano, Chris Theis

*CERN, Meyrin, Switzerland*

Burnable waste is produced at a large variety of CERN facilities during their life cycle. Burnable waste items mostly personal protection equipment and ventilation filters can be contaminated by activated metallic particulates or concrete dust originating from construction, maintenance, and dismantling activities. An additional source of contamination is the manufacturing and handling of spallation targets (n\_TOF facility) and targets for the production of radioactive ion beams (ISOLDE facility). Therefore, burnable waste can be contaminated by alpha emitting radionuclides coming from alpha emitting targets made of heavy metal such as uranium, thorium and lead, or target activation, such as tantalum.

In this paper we focused on the radiological characterization of burnable waste contaminated with alpha emitting radionuclides. The adopted methodology is essentially identical to the one used for other low-level-waste at CERN (e.g. beta-gamma burnable waste). However, it was necessary to rely exclusively on Monte Carlo and analytical calculations since the results obtained from experimental measurements were heterogeneous.

The waste radionuclide inventory was therefore established by performing extensive Monte Carlo simulations with CERN-FLUKA and activation calculations with the deterministic code ActiWiz for a wide range of irradiation scenarios. Performing the activation calculations for heavy metals such as uranium requires state-of-the-art activation codes, and the large number of expected nuclides demand advanced statistical analysis techniques. The radionuclides were then classified into easy-to-measure and difficult-to-measure depending on the possibility of measuring their activities by gamma spectrometry analysis.



## Présentation de l'installation CHICADE

Olivier David<sup>1</sup> (olivier.david@cea.fr), Olivier Vigneau<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DDSD/DFDE/SECC, CEA, Saint-Paul, France

<sup>2</sup> DDSD/DFDE/SECC/LECD, CEA, Saint-Paul, France

CHICADE est l'une des installations nucléaires de la Direction de l'énergie du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA/DES).

La DES est chargée de structurer et de piloter les programmes de recherche sur l'énergie au CEA. Elle associe ses propres instituts de recherche et ceux d'autres divisions. CHICADE fait partie de la Direction du démantèlement nucléaire, des services et de la gestion des déchets.

Le laboratoire d'expertise et de caractérisation destructive est installé dans l'Installation Nucléaire de Base - N°156 dite «CHICADE» où sont utilisés des équipements lourds. Le laboratoire regroupe à la fois des compétences et des moyens de caractérisation, utilisant des méthodes destructives sur les colis de déchets. Il réalise également des mesures sur l'ensemble du colis de déchets (mesures de dégagement gazeux, tests de lixiviation).

Cette présentation fera le point sur les caractérisations réalisées sur les déchets nucléaires.

**Retour d'expérience, 30 ans après, à propos de piscine de stockage de combustibles usées**

Alain Vivier (alain.vivier@dosimex.fr)

*DOSIMEX SAS, Cherbourg-en-Cotentin, France*

Il y a exactement 30 ans, lors d'une visite du centre de retraitement de la Hague, et alors que nous admirions une eau d'une rare limpidité dans laquelle baignaient les assemblages usés, quelque peu inquiétants, notre guide nous a rassurés sur l'efficacité de cette eau en termes d'atténuation du débit de dose.

J'ai alors (naïvement ?) demandé quel serait l'ordre de grandeur de ce débit de dose s'il n'y avait pas d'eau. Question magistralement esquivée avec cette réponse : « on ne peut pas enlever l'eau »

En insistant sur le fait que ma question était purement théorique, la réponse est restée la même : « on ne peut pas enlever l'eau ».

Cette réponse surprenante m'a suffisamment marqué pour que, 30 ans après, 30 ans d'expérience, je réalise que j'avais en main les éléments suffisants pour répondre à cette question, sans avoir aucunement besoin de vider la piscine de la Hague.

A partir notamment d'informations trouvées sur le Net, d'un code de calcul, d'un peu de sens physique physique, j'ai enfin obtenu ma réponse.

Cette étude m'a permis de me familiariser avec ces fameux produits de fissions, qui englobent un nombre très élevé de radionucléides, et de mettre en évidence ceux qui étaient prédominants en fonction du vieillissement, des épaisseurs d'écrans. La réponse est parfois surprenante.

Tout autant que la capacité de certains photons à émerger de 4 m de hauteur d'eau, alors que pour les plus énergétiques le libre parcours moyen est de 25 cm seulement. Cet aspect peut être appréhendé visuellement à l'aide de code Monte-Carlo.

C'est cette histoire que je me propose de vous raconter. Nous saurons enfin pourquoi il est déconseillé de plonger dans la piscine.

**Mots clés :** Calcul radioprotection - Piscine stockage.

Références :

1. Calculs de doses générées par les rayonnements ionisants, 2012, EDP Sciences

## Le Plan d'action radium en Suisse

Martha Palacios (martha.palacios@bag.admin.ch), Emanuel Christen, Gennaro Di Tommaso, Sybille Estier, Thomas Flury, Claudio Stalder, Daniel Storch, Sébastien Baechler

*Office Fédéral de la Santé Publique, Berne, Suisse*

### Introduction

L'objectif du « Plan d'action radium 2015-2023 », approuvé par le Conseil fédéral, est la maîtrise des héritages radiologiques liés à l'utilisation de peintures luminescentes au radium par l'industrie horlogère Suisse jusque dans les années 1960. L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est responsable de sa mise en œuvre.

### Méthodes et Résultats

Des recherches historiques externes menées dans le cadre du plan d'action ont permis d'identifier plus de 1000 biens-fonds potentiellement contaminés au radium. Selon l'état au 31 décembre 2021, 880 biens-fonds ont été examinés selon un protocole standardisé, parmi lesquels 137 nécessitaient un assainissement. Selon l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), un espace intérieur doit être assaini lorsque le niveau de référence de 1 mSv par an est dépassé pour l'exposition des occupant(e)s. Pour les jardins, le plan d'action fixe en outre un seuil de 1000 Bq/kg pour l'activité spécifique de radium-226 dans la terre.

A ce jour, l'OFSP a assaini 116 biens-fonds en collaboration avec des entreprises spécialisées. Tant que le pollueur ne peut être identifié, les frais d'assainissement sont pris en charge avec les moyens financiers du plan d'action (environ 10 millions d'euros). Dans le cadre des travaux d'assainissement, les éléments contaminés par le radium sont enlevés, puis remis en état.

Selon l'ORaP, les déchets combustibles faiblement contaminés (p. ex. les parquets) peuvent être éliminés dans une usine d'incinération des ordures ménagères tant que l'activité hebdomadaire de 2 MBq pour le radium-226 est respectée. Il en va de même pour l'élimination de déchets inertes (p. ex. la terre) dans une décharge, pour autant que l'activité spécifique de 10'000 Bq/kg pour le radium-226 ne soit pas dépassée. Des pollutions chimiques ont également été constatées dans 20 % des espaces extérieurs nécessitant un assainissement lié au radium. Dans de tels cas, il convient de respecter non seulement la législation sur la radioprotection, mais aussi celle sur la protection de l'environnement, notamment concernant l'élimination des déchets.

Les déchets avec une activité de radium plus élevée doivent être acheminés au Dépôt intermédiaire fédéral. En outre, l'OFSP recherche des solutions spécifiques pour l'élimination des déchets spéciaux (p. ex. les déchets métalliques). Outre l'étude des biens-fonds concernés, le plan d'action vise également à dresser un inventaire des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium. Avec l'aide des cantons concernés et de l'Office fédéral de l'environnement, l'OFSP a identifié, sur la base de critères prédéfinis, quelque 280 décharges devant faire l'objet d'une surveillance radiologique lors de futurs travaux d'excavation.

### Conclusions

L'OFSP a prévu de finaliser les diagnostics et les assainissements des biens-fonds potentiellement contaminés au radium d'ici fin 2023. La gestion des anciennes décharges s'inscrit, quant à elle, sur le long terme.

**Mots clés :** Radium - Héritages radiologiques - Niveau de référence - Assainissement - Déchets.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 8

#### Méthode et mesures nucléaires

## Radiological characterization of high-energy proton targets from the CERN-ISOLDE facility

Mohammad Rababah (mohammad.rababah@cern.ch), Richard Catherall, Gerald Dumont, Matteo Magistris, Paolo Pisano, Simon Stegemann, Chris Theis, Joachim Voltaire

*CERN, Meyrin, Switzerland*

The ISOLDE facility (Isotope mass Separator On-Line DEvice) at CERN is a unique source of beams of radioactive nuclides that are used in a wide range of research domains, from nuclear astrophysics to life sciences. The radioactive nuclides are produced via spallation, fission and fragmentation reactions originating from a 1.4 GeV proton-beam that impinges on specifically designed thick targets.

Over 300 targets are currently stored at CERN and on average 40 targets are irradiated every year. All these targets will have to be dismantled and disposed of as radioactive waste in Switzerland. The acceptance of these targets in the repository will depend on their level of induced radioactivity and contamination. The radiological characterization of the ISOLDE and MEDICIS targets is therefore a crucial step in view of their disposal. This study describes the methodology used to estimate the complete radionuclide inventory and activity levels of present and future targets based on extensive analytical calculations.

The characterization of the ISOLDE and MEDICIS targets comes with a number challenges. First of all, interactions of a high-energy proton-beam with the target material will produce a multitude of secondary particles including protons, neutrons, charged pions and photons that need to be simulated for the activity calculations. The activity predictions of individual radionuclides via Monte Carlo simulations come with challenges and uncertainties, and the results are difficult to benchmark experimentally. Also, a target includes a target core that is directly irradiated by the proton-beam, and several components around the core material that are exposed to secondary particles: the particle spectra are therefore not uniform inside the target. The number of activation scenarios is further increased by: the possible presence of a neutron converter, the relative position of ISOLDE and MEDICIS targets with respect to the proton-beam, and the variety of elemental compositions and densities of the core materials. The core can be made of a multitude of different materials some of which are actinides and can thus produce virtually any radionuclide from the table of nuclides. Last but not least, each target has its own specificities: geometry, presence and mass of components, number of protons received and time elapsed since the end of irradiation. Consequently, the scenarios and combinations to be considered are numerous; a reflection of the wide range of applications and technological developments over many years of operation of the ISOLDE and MEDICIS facilities.

This study addresses each of these challenges and offers technical solutions based on computational codes and statistical techniques. We believe that the methodology here presented can be applied to activation studies that are characterized by a relatively large number of possible activation scenarios and input parameters.

## Surveillance et contrôle des réacteurs G2/G3 par muographie avec les détecteurs Micromegas

Laurent Gallego<sup>1</sup> (laurent.gallego@cea.fr), Hector Gomez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DES/DDSD/UARP/SRTP/RG1-G2G3, CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France

<sup>2</sup>CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, France

L'utilisation de muons produits dans l'atmosphère terrestre comme source de rayonnement pour l'imagerie de grandes structures est généralement appelée muographie. Depuis les premières tentatives de muographie d'Alvarez dans les années 1970, le champ d'application de cette technique s'est élargi ces dernières années principalement en raison des progrès effectués sur les détecteurs de particules utilisés et des améliorations des techniques d'analyse. Ainsi, différentes mesures muographiques ont été réalisées pour la vulcanologie, l'archéologie, la géotechnique ou le génie civil.

Le groupe IRFU (Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers – CEA – France) a développé depuis ces dernières années plusieurs projets de muographie. Pour les mener à bien, l'IRFU a conçu et construit un instrument pour enregistrer les directions des muons incidents (également appelé télescope aux muons) utilisant des détecteurs gazeux appelés « Micromegas ». Les bonnes performances de ce télescope ont permis d'effectuer des études muographiques dans les domaines mentionnés ci-dessus. En particulier, une collaboration avec l'exploitant de l'installation G2/G3 (Département des Énergies – CEA – France) a débuté en 2017 pour étudier par muographie l'intégrité de deux réacteurs nucléaires avant leur démantèlement. Les premières mesures ont permis de vérifier la compatibilité des conceptions existantes et la structure réelle des réacteurs. Par ailleurs, par la combinaison de plusieurs de ces mesures muographiques, la première image 3D de l'intérieur des réacteur est également réalisée. Après une introduction générale à la muographie et aux détecteurs Micromegas, cet exposé portera sur l'étude muographique des réacteurs G2 et G3, montrant les principaux résultats obtenus.

*Mots clés* : Muon - Réacteur.

## Mesures d'échantillons issus du démantèlement de G1 par autoradiographie digitale (MAUD)

Pascal Fichet<sup>1,2</sup> (pascal.fichet@cea.fr), Kimberly Colas<sup>1</sup>, Sylvain Leblond<sup>1,3</sup>, Rémi Laumonier<sup>4</sup>, Florence Goutelard<sup>5</sup>

<sup>1</sup> DES/ISAS/DPC/SEARS/LASE, CEA, Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> DES/SGOF, CEA, Gif-sur-Yvette, France

<sup>3</sup> CEA/LIST/LNE-LNHB, CEA, Gif-sur-Yvette, France

<sup>4</sup> Ateliers Laumoniers, Nesles-la-Vallée, France

<sup>5</sup> DES/UARP, CEA, Bagnols-sur-Cèze, France

Pour le suivi des chantiers en assainissement démantèlement, les appareils de caractérisation sur le terrain sont essentiels. De nombreuses caméras dédiées à la mesure de rayonnements gamma, sont déjà industrialisées ou bien existent à l'état de prototype. Par contre, les développements de caméras capables de détecter les rayonnements alpha ou bêta sont beaucoup plus rares. Dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par un PIA Andra, un démonstrateur industriel appelé MAUD qui utilise des détecteurs SiPM (Silicon Photomultipliers) couplés à des scintillants organiques a été développé pour répondre à ce manque. Les travaux présentés dans cette étude montreront l'utilisation sur le terrain de l'appareil MAUD.

Le réacteur G1, construit en 1955 sur le site de Marcoule est à l'arrêt depuis 1968. Afin de préparer son démantèlement, un programme d'investigations et de prélèvements des différentes parties du réacteur est en cours. Ainsi, 48 carottes graphites du cœur du réacteur ont été extraites. La détermination de l'activité des radioéléments présents (majoritairement des émetteurs beta pur), est généralement réalisée de manière destructive dans les laboratoires d'analyse. Ces opérations sont coûteuses et très chronophages.

L'appareil MAUD a été installé dans une boîte à gant afin d'analyser la cinquantaine de carottes en graphites ainsi que des échantillons métalliques prélevés sur le réacteur en quelques semaines.

L'interprétation des données a permis de :

- classer les échantillons en fonction de leur niveau radioactif,
- caractériser la répartition de la radioactivité sur les différentes faces de la carotte (coté canal, bloc et sur la tranche),
- vérifier la présence de contamination en surface. En effet, l'analyse des spectres a permis d'identifier de manière qualitative certains radionucléides présents uniquement dans les échantillons les plus contaminés.

Cette première étude a permis d'orienter la sélection des échantillons les plus pertinents à être examinés de façon destructive en laboratoire de chimie analytique. Elle contribue à moindre coût à optimiser le programme analytique.

**Mots clés :** Mesure de terrain - Alpha - Beta - SiPM - Démantèlement.





atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 9

**Le développement de méthode et d'outils novateurs  
(robotique, code de calculs...)**

## Robots de caractérisation radiologique

Asénath Etile (a.etile@innowtech.com), Thibaud Durand

*R&D, Innowtech, Les Angles, France*

Innowtech développe des robots d'inspection et de mesure pour les environnements sensibles. Nous avons ainsi développé deux robots RIM (Robot for Inspection and Measurement) et une version spécifique MIROS (Mobile and Innovative Robot with sensors) en collaboration avec Elements. Tous deux permettent d'effectuer des missions d'inspection visuelle et de relevés de mesures radiologiques en environnement nucléaire.

La philosophie de conception est la suivante : ils sont compacts, légers, sans fils, maniables et disposent d'une architecture conçue pour les environnements irradiants. Les robots d'Innowtech sont modulaires ; c'est-à-dire qu'ils sont équipés selon les besoins de la mission, avec des détecteurs spécifiques : débit de dose, mesure d'activité surfacique, spectromètres, etc.

Les robots peuvent être utilisés selon trois modes de pilotages : téléopéré, semi-autonome ou totalement autonome. L'autonomie de ces robots est permise grâce au développement d'algorithmes SLAM réalisés en interne chez Innowtech. Ces algorithmes permettent d'avoir une géolocalisation en temps réel de la mesure et un positionnement fiable et répétable du robot.

Cet outil permet les cas d'usage suivants :

- réalisation de cartographies,
- détection de source,
- localisation et caractérisation de points chauds,
- inspection télévisuelle.

Lors de cette communication, nous présenterons les applications pour ces robots et des résultats de mesure radiologiques obtenus en environnements opérationnels.

**Mots clés :** Caractérisation radiologique - Cartographie - Robot-capteur.

**Cartographie radiologique : utilisation d'essaims de drones autonomes pour la surveillance récurrente et l'accès aux zones à risque**

Olivier De Lannurien (olivier@icohub.com), Quentin Gloaguen, Gaël Patton

*ICOHUP, Limoges, France*

La cartographie par drone est généralement limitée par deux facteurs : la taille du drone et la mobilisation d'un télépilote. Pour faire face à ces contraintes, nous proposons une solution basée sur de mini-drones entièrement autonome. Capable de réaliser des missions de surveillance en totale autonomie avec plusieurs drone interconnectés en essaims, cette solution ouvre de nouvelles opportunités. Nous discuterons principalement du retour d'expérience des premiers utilisateurs opérationnels. La cartographie par drone est généralement limitée par deux facteurs : la taille du drone et la mobilisation d'un télépilote. Pour faire face à ces contraintes, nous proposons une solution basée sur de mini-drones entièrement autonome. Capable de réaliser des missions de surveillance en totale autonomie avec plusieurs drone interconnectés en essaims, cette solution ouvre de nouvelles opportunités. Nous présenterons les différents vecteurs utilisables : drones volants, roulants ou flottants et leur adaptation aux missions de radiologique. Nous présenterons ensuite les détecteurs compatibles : gamma, gamma/neutrons, préleveur aérosols, etc. Enfin, nous discuterons du retour d'expérience des premiers utilisateurs opérationnels et nous présenterons le résultats de campagne d'essai réalisés avec différentes sources radioactives.

**Mots clés :** Cartographie - Drone.

**Références :**

1. Samuel Kemp et al., 2021, IEEE SSRR, 92-97.
2. Luís Ramos Pinto et al., 2021, Sensors, 3143.
3. Jorge Borbinha et al., 2020, Sensors, 1538.
4. Jose Ruiz-Jimenez et al., 2019, Journal of Chromatography A, 202-208.

## Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...)

S9-3

SESSION 9

**Outils innovants développés par DEMBOOST pour la caractérisation d'installations, de sites pollués et de structures de génie civil**

Sylvain Malacarne (smalacarne@demboost.com), Didier Dubot, Julien Attiogbe

*DEMBOOST, Saint-Denis, France*

DEMBOOST est une jeune entreprise innovante créée en janvier 2019 sous l'impulsion d'anciens ingénieurs du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Son objectif est de développer l'ensemble des outils nécessaires pour maîtriser l'état radiologique et la surveillance des installations en exploitation ou en démantèlement.

A ce titre, DEMBOOST présentera sa méthodologie pour maîtriser l'état radiologique initial ou final d'une installation en utilisant des outils innovants développés en interne :

- robots autonomes pour caractériser des structures de génie civil (mur, plancher et plafond) ou des sols en extérieur,
- robots pour réaliser des prélèvements dans les structures de génie civil afin d'évaluer la profondeur de pénétration de la contamination ou l'activation dans les bétons,
- robots pour réaliser le contrôle radiologique de locaux,
- interfaces de traitements de données,
- laboratoires d'analyses mobiles qui s'accostent au plus près de l'installation génératrice des échantillons à mesurer avec le développement de passeurs d'échantillons de grande capacité (100 échantillons de type SG500).

L'ensemble de ces outils ont été mis en œuvre sur des installations nucléaires ou des sites et sols pollués dans le cadre de prestation de service permettant notamment aux exploitants :

- d'optimiser les volumes de déchets nucléaires envoyés vers une filière nucléaire (à minima 50%),
- de réduire les délais et donc les coûts d'un projet de démantèlement,
- automatiser des tâches répétitives pour dégager plus de temps aux exploitants,
- de sélectionner les échantillons à envoyer vers des laboratoires extérieurs.

**Mots clés :** État radiologique - Robots - Laboratoire d'analyses mobile - Traitement de données.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 10

**Le développement de méthode et d'outils novateurs  
(robotique, code de calculs...)**

## Le développement de méthode et d'outils novateurs (robotique, code de calculs...)

S10-1

SESSION 10

**ICARE : Un outil pour la classification des matériels activés au CERN dans le cadre des transport inter-sites**

Philippe Bertreix (philippe.bertreix@cern.ch)

*HSE/RP-CS, CERN, Meyrin, Suisse*

L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) dispose de locaux des deux côtés de la frontière franco-suisse. Du fait de l'exploitation des accélérateurs, l'activation du matériel est inévitable. Les transports inter-sites entre les différents sites représentent environ 1800 colis par an. Afin de classer efficacement ce grand nombre de transports, une méthodologie pragmatique de classification des marchandises radioactives activées du CERN via des mesures de débit d'équivalent de dose a été développée.

Présentée au PATRAM 2019, cette méthode simplifiée de classification transport est basée sur une étude qui met en relation le débit d'équivalent de dose de différents matériaux avec leurs inventaires de nucléides, en tenant compte du scénario d'irradiation et des caractéristiques des matériaux considérés (nature chimique, masse, dimensions...). Cette étude s'appuie sur des calculs réalisés pour 896 scénarios d'irradiation modélisés avec ActiWiz 2, associés à l'outil RAW-II. In fine, on construit des scénarios enveloppes, en supprimant la dépendance à l'historique d'irradiation souvent inconnu.

Le développement d'un nouvel outil pour déterminer les limites de débit d'équivalent de dose par classification transport, directement connecté à Actiwiz, est apparu nécessaire afin de prendre en compte les évolutions du code de calcul Actiwiz et donc de disposer de données à jours. Cet outil, dénommé ICARE, étend également la plage des matériaux pour lesquels il est possible de définir lesdites limites, l'ancien logiciel ayant un nombre de matériaux limités. Enfin, une version spécifique permet aujourd'hui de déterminer les relations DeD / classification transport pour des scénarios spécifiques, qui ne sont pas compris dans les scénarios prédéfinis dans Actiwiz.

ICARE élargit le spectre d'utilisation de la méthodologie simplifiée pour les transports inter-sites CERN.

*Mots clés* : Transport radioactif - Code de calcul - Outil - Classification.

**TREC – Plateforme de transformation numérique pour la traçabilité et la gestion d'information des équipements radiologiques et processus de la radioprotection au CERN**

Nabil Menaa (nabil.menaa@cern.ch), Frederic Aberle, Ricardo Almeida, Luca Bruno, Gérald Dumont, Regis Michaud, Goran Perinic, Chris Theis

*CERN, Meyrin, Suisse*

Le CERN, Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire, a pour vocation la physique fondamentale, la découverte des constituants et des lois de l'Univers. Pour cela, le CERN utilise des accélérateurs de haute énergie et des détecteurs de particules situés aux points de collisions entre les faisceaux de particules ou en aval de cibles fixes. L'activation engendrée par l'opération de ces faisceaux de haute énergie conduit à la production de matériels et de déchets radioactifs lors des opérations de maintenance au sein des installations du CERN.

Le matériel et les déchets sortant des Zones Réglementées du CERN font l'objet de modalités de mesures et d'analyses radiologiques pour déterminer si ces matériels et ces déchets sont radioactifs ou non-radioactifs conformément aux limites définies dans la règle interne correspondante. Les déchets radioactifs sont pris en charge par le groupe de radioprotection qui gère le centre de traitement et d'entreposage des déchets radioactifs du CERN (RWTCS). Les déchets sont réceptionnés, entreposés, traités, caractérisés (physiquement et radiologiquement) puis éliminés vers les exutoires des pays hôtes de l'Organisation (Suisse et France).

Une plateforme informatique TREC, basé sur le cloud et fondé sur le progiciel spécialisé dans la gestion des actifs d'entreprise (Infor EAM), a été développé et est entretenu au CERN. La plateforme permet d'assurer la traçabilité des propriétés du matériels et déchets radioactifs et d'améliorer la gestion des processus ou flux de travail des parties prenantes. L'outil rassemble et offre, en une seule solution, des processus clés de radioprotection, notamment, les mesures et analyses de radioprotection, gestion des déchets radioactifs, déplacement des équipements au sein et à l'extérieur du CERN, gestion des aspirateurs utilisés en Zone réglementée, dépôt et retraits d'équipements en Zone tampons. La solution permet d'enregistrer et de mettre à jour les propriétés des équipements et de coordonner les activités de mesures et d'analyses radiologiques pour des fins de vérification, libération, transports internes et export des marchandises radioactives (classe 7) mais aussi la gestion des déchets radioactifs. Un outil dédié dans la plateforme TREC assure la traçabilité du traitement des déchets radioactifs. Le lien entre les déchets entrant et sortant est automatisé informatiquement avec un module dit de traitement. Lors de la création du nouveau colis de déchet sortant, les propriétés sont complétées en concordance avec les données des équipements entrant.

L'objectif de cette présentation est de décrire la plateforme informatique TREC assurant (entre autres) la transition numérique des activités de radioprotection au CERN. La présentation portera notamment sur la réalité que les données sont désormais au cœur de la transformation digitale des organisations qui ont pris conscience de la valeur que pouvait leur apporter une bonne utilisation de leur patrimoine de données.

*Mots clés* : Traçabilité - Transformation numérique - Radioprotection - Accélérateurs.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 11

#### Les applications industrielles et médicales



## Comment optimiser la qualité d'image et la dose des arceaux utilisés au bloc opératoire ?

Brice Royer<sup>1</sup> (brice.royer.br@gmail.com), Hiba Sebbati<sup>1</sup>, Luis Alberto Gonzalez-Mendez<sup>1</sup>, Laurence Sage<sup>1</sup>, Céline Mabit<sup>1</sup>, Alain Noël<sup>1</sup>, Jad Farah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Physique médicale, C2i Santé, Maxéville, France

<sup>2</sup> Physique médicale, C.H.U. de Bicêtre, Le Kremlin-Bicêtre, France

### Introduction et Objectifs

L'objectif de cette étude est de proposer une méthodologie pour optimiser la qualité d'image et la dose délivrée au patient lors des procédures radioguidées au bloc opératoire à partir de la mise en place d'un protocole de mesure standardisé.

### Matériels et Méthodes

À partir de la base de données de la société C2i santé, constituée de données provenant de 330 établissements privés et publics, les 10 arceaux mobiles dont l'année de construction est postérieure à 2013 qui sont les plus couramment installés en France ont été identifiés.

L'évaluation de la qualité d'image associée à la dose (PKS affiché) a été réalisée sur ces arceaux, pour différents protocoles. La qualité d'image a été évaluée en termes de détectabilité à bas contraste. Trois objets-tests (OT) Leeds Test Objects, ont été utilisés : TOR 18FG, TO 10 et TO 20. L'OT a été positionné à mi-épaisseur d'un fantôme équivalent patient (PMMA) de 20 cm d'épaisseur. Pour chacun des protocoles testés disponibles sur les arceaux sélectionnés, seul le mode d'exposition a été modifié. Pour chaque protocole, le PKS affiché, les kV, les mA et le nombre d'éléments de bas contraste entièrement visibles sur l'OT ont été relevés (TOR 18 FG : éléments de bas contraste de diamètre 8 mm | TO 10 et 20 : éléments avec 12 diamètres différents variant de 0,25 à 11 mm).

### Résultats, Discussion et Conclusion

L'OT TO 10 s'est révélé être le plus discriminant dans l'évaluation de la résolution à bas contraste. A titre d'exemple, pour l'arceau BV Pulsera, avec l'OT TOR 18 FG, l'écart sur le nombre d'éléments visualisés entre les modes scopie continue demi-dose et scopie continue haute définition était de 1 alors qu'avec l'OT TO 10, cet écart variait de 2 à 4 selon les diamètres des éléments. Pour l'arceau GE Fluorostar, avec l'OT TO 20, en mode scopie continue, seuls les éléments de 4 diamètres différents (4 à 11,1 mm) étaient visualisés pour 10 diamètres différents avec la TO 10. Par ailleurs, l'utilisation de l'OT TO 10 a permis de mettre en évidence qu'avec le mode scopie à dose réduite à la place du mode scopie pulsée 8 i/s sur l'arceau GE Fluorostar, le PKS est 2 fois inférieur alors que le nombre d'éléments de bas contraste visualisés ne varie pas de façon significative (+/- 1 élément).

L'utilisation de l'OT TO 10 pour évaluer la qualité de l'image à partir de la détectabilité à bas contraste, associée à la dose, est une méthode d'optimisation qualité-dose pertinente qu'il pourrait être envisagé de généraliser. L'indicateur «différence du signal rapportée au bruit» est actuellement analysé et un travail sur la caractérisation des paramètres d'acquisition et l'attendu clinique en termes de qualité d'image est en cours.

**Mots clés :** Optimisation - Bloc opératoire - Qualité d'image.

## Exposition médicale en pédiatrie : cohortes françaises d'enfants exposés au scanner et aux procédures de cardiologie interventionnelle

Marie-Odile Bernier<sup>1</sup> (marie-odile.bernier@irsn.fr), Estelle Rage<sup>1</sup>, Anaïs Foucault<sup>1</sup>, Kossi Abalo<sup>1</sup>, Serge Dreuil<sup>2</sup>, Hubert Ducou Le Pointe<sup>3</sup>, Damien Bonnet<sup>4</sup>, Klervi Leuraud<sup>5</sup>

<sup>1</sup> LEPID/SESANE/PSE-SANTE, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>2</sup> UEM/SER/PSE-SANTE, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>3</sup> Service de radiologie, Hôpital Trousseau, Paris, France

<sup>4</sup> M3C-Necker, Hôpital universitaire Necker-Enfants malades, Paris, France

<sup>5</sup> SESANE/PSE-SANTE, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

### Contexte

La question du risque de cancer associé à l'exposition médicale à visée diagnostique pendant l'enfance est particulièrement pertinente face à l'utilisation croissante des examens radiologiques, notamment des scanners, en pédiatrie. Les enfants représentent en effet une population particulièrement sensible aux rayonnements ionisants par rapport aux adultes. L'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire a mis en place deux cohortes nationales multicentriques rétrospectives d'enfants exposés aux rayonnements diagnostiques à faible dose pour analyser le risque de cancer radio-induit.

### Matériel et Méthodes

La cohorte Enfant-Scanner inclut des patients exposés à au moins un scanner pour une pathologie non-cancer avant l'âge de 10 ans, entre 2000 et 2011 dans l'un des 21 CHU participants (1). La cohorte COCCINELLE inclut des patients ayant reçu au moins une procédure de cathétérisme cardiaque (diagnostique ou thérapeutique) avant l'âge de 15 ans entre 2000 et 2013 dans l'un des 15 centres participants (2). Les patients sont suivis jusqu'à la date du décès, la date du premier diagnostic de cancer, la date du 18ème anniversaire ou jusqu'à la date de point, le 31/12/2016 et le 31/12/2015, respectivement pour les Cohorte Enfant Scanner et Coccinelle. Les cohortes ont été croisées avec le registre national des cancers de l'enfant pour individualiser les cas de cancer dans la cohorte ainsi qu'avec le système national des données de santé (SNDS) pour individualiser d'éventuels facteurs de prédisposition au cancer. Les doses reçues au niveau des différents organes ont été calculées à partir de données dosimétriques recueillies dans les hôpitaux.

### Résultats

Les cohortes Enfant Scanner et Coccinelle comprennent respectivement 103 015 et 17 104 enfants avec un âge moyen en fin de suivi de 9,3 ans et 10,7 ans. 159 621 scanners (73% des enfants exposés à un seul scanner) et 22 227 cathétérismes cardiaques (82 % des enfants exposés à une seule procédure) ont été collectés. Les nombres de cas de tumeurs cérébrales et de leucémies individualisées étaient respectivement de 75 et 49 pour la cohorte Enfant Scanner et de 5 et 7 pour l'étude Coccinelle.

L'analyse de la relation dose réponse retrouvait une augmentation significative du risque de tumeur cérébrale et de leucémie dans la cohorte Enfant Scanner, mais non significative dans Coccinelle. Les facteurs de prédisposition au cancer n'apparaissent pas comme une source de biais importante des risques estimés.

### Conclusion

Ces résultats supportent les principes de la radioprotection d'optimisation des doses et de justification des examens. Ces deux cohortes participent à des projets européens : EPICT, MEDIRAD et HARMONIC qui incluent plusieurs cohortes nationales permettant de disposer d'une plus large puissance statistique.

**Mots clés :** Rayonnements ionisants - Pédiatrie - Exposition médicale - Cohorte - Cancer.

### Références :

1. Foucault A, Ancelet S, Dreuil S, et al. Childhood cancer risks estimates following CT scans: an update of the French CT cohort study. *European Radiology*. 2022. doi : 10.1007/s00330-022-08602-z.
2. Abalo KD, Malekzadeh-Milani S, Hascoët S, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from cardiac catheterization and risk of cancer: the COCCINELLE study cohort profile. *BMJ open*, 2021, vol. 11, , no 8, p. e048576.

**Défis en radioprotection hospitalière : radiologie interventionnelle et radiothérapie FLASH**

Jérôme Damet (jerome.damet@cern.ch)

*Institut de radiophysique, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, Lausanne, Suisse / Université d'Otago, Nouvelle Zélande / Représentant de l'ARRAD*

L'évolution de la législation en matière du suivi dosimétrique du personnel hospitalier utilisant des rayons X en Suisse et le développement de projets de grande envergure en radiothérapie par traitement FLASH à ultra haut débit de dose déployant des technologies innovantes apportent de nouveaux défis en terme de radioprotection. Le centre hospitalier universitaire de Lausanne (CHUV) s'est engagé dans un programme de développement d'instruments de radioprotection innovants pour répondre à ces nouveaux défis.

L'institut de radiophysique du CHUV a ainsi caractérisé en étroite collaboration avec le CERN un instrument basé sur la technologie hybride de détecteur à pixels permettant de caractériser le rayonnement diffusé en radiologie interventionnelle auquel le personnel médical est exposé lors des opérations. Les procédures guidées en temps réel par imagerie sous fluoroscopie offrent une alternative solide aux procédures chirurgicales invasives, avec un risque d'infection plus faible et un rétablissement plus rapide. Le nombre de procédures de radiologie interventionnelle a donc été en constante augmentation ces dernières années. Le développement de procédures plus complexes et plus longues, combiné à l'augmentation du nombre de patients, conduit inévitablement à une augmentation de l'exposition des membres du personnel hospitalier. Pendant ces procédures, le personnel médical est exposé au champ de rayonnement diffusé généré par l'interaction du faisceau primaire avec le patient. De nombreuses procédures exigent qu'une partie du personnel reste à proximité du patient et du tube à rayons X. Le champ de rayonnement diffusé est clairement inhomogène, avec une géométrie dépendant notamment de la configuration des différentes spécialités et de l'utilisation de moyens de protection collectifs. Pour répondre aux problèmes liés aux pratiques actuelles de dosimétrie, et notamment évaluer la dose au cristallin des médecins, nous avons évalué les performances d'un nouveau type de dosimètre basé sur la technologie d'un détecteur hybride de pixels (Timepix3). Les résultats indiquent que le détecteur permet d'apporter une réponse à la surveillance dosimétrique au-delà du cadre réglementaire actuel mais aussi une réponse conforme aux nouvelles quantités opérationnelles de dosimétrie proposées par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR).

Le CHUV prévoit l'installation d'un équipement dédié à la thérapie FLASH par faisceaux pulsés d'électrons de haute énergie. Ce projet se base sur une modalité d'irradiation totalement nouvelle, dans laquelle la dose par impulsion et le débit de dose instantané pendant les impulsions sont jusqu'à 104 fois plus élevés que ceux utilisés dans les installations conventionnelles. La préparation de ce projet clinique requiert un développement de méthodes de dosimétrie du faisceau et de surveillance des niveaux de débit de dose ambiante auprès d'accélérateurs expérimentaux produisant des trains d'impulsions ultra courtes (microseconde) d'électrons de haute énergie (210 MeV) à très haut débit de dose instantané. L'institut de radiophysique du CHUV travaille en étroite collaboration avec le CERN dans cette direction.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## COMMUNICATIONS ORALES

### SESSION 12

#### Métrologie

## La métrologie Radon : Retour d'expérience dans le cadre de missions d'investigations dans les bâtiments et la détermination de l'activité volumique dans les sols avant construction

Jean-Michel Sené<sup>1</sup> (jean-michel.sene@bertin.group), Yoann Balliner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bertin Technologies, Montigny-le-Bretonneux, France

<sup>2</sup> Socotec, Brest, France

Dans le cadre de ses missions d'investigations RADON, la société SOCOTEC réalise différents types de mesures : Mesure du Radon dans l'eau, l'air, le sol au moyen de l'appareil de référence AlphaGUARD, développé par Bertin Technologies, société d'ingénierie française spécialisée dans la maîtrise de technologies de pointe pour des environnements exigeants.

Une mission d'investigation complémentaire est articulée autour de plusieurs étapes, pour lesquelles il est nécessaire d'utiliser les différentes fonctions offertes par l'AlphaGUARD. La recherche documentaire sur lieu concerné ainsi que sur les paramètres environnementaux liés à la mission. Pour ce faire, nous devons effectuer un comparatif des mesures intérieures et extérieures afin de pouvoir quantifier les effets de dépression des bâtiments ou des sols. La recherche des sources de radon dans les milieux comme l'air extérieur, l'eau, les matériaux de construction et les sols. La détermination des voies d'entrées du radon. Cette partie nécessite la réalisation de prélèvements localisés dans les fissures, prises, et autres défauts d'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment par rapport au sol encaissant ou sous-jacent.

Dans le cadre de nos missions, nous sommes également amenés à déterminer le potentiel radon des sols ainsi que les conditions environnementales aux abords des fondations.

L'AlphaGUARD permet la réalisation de ces mesures via une sonde *Gas Probe* raccordée au moniteur, ainsi que le DPS5000 pour quantifier de la différence de pression entre le sol et l'environnement extérieur.

Ces informations sont essentielles afin d'estimer l'activité volumique dans un bâtiment, car elles sont directement liées à la détermination de la longueur de diffusion, à l'effet de tirage thermique, ainsi qu'à la caractérisation des différentiels de pression.

Grâce à l'ensemble des caractéristiques de l'AlphaGUARD et sa gamme d'accessoires, nous sommes à même de réaliser un bon nombre d'opérations relatives à la quantification, détermination du potentiel radon dans les sols et dans les bâtiments. Cet appareil haute-performance répond aux différentes exigences fixées par Socotec, ce qui est évidemment un gage de qualité pour nos clients.

*Mots clés* : Radon - Bâtiment.

## EVOC - The Nuclear Experience

Reynald Boillot (reynald.boillot@cea.fr)

*UES/LET, INSTN, Saclay, France*

Durant plusieurs décennies, l'INSTN a utilisé les réacteurs de recherche du CEA, comme le réacteur ISIS, pour former étudiants et professionnels français et internationaux aux techniques nucléaires. Le réacteur ISIS était par ailleurs le réacteur phare du programme d'enseignement à distance de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et accueillait chaque année des scientifiques de tous horizons pour des formations professionnelles de haut niveau. Alors que l'arrêt du réacteur ISIS était programmé pour la fin 2018, la demande de formations dans le domaine continuait à croître pour atteindre un seuil critique. Grâce à l'émergence de nouvelles technologies, l'INSTN et le CEA ont pu accompagner l'arrêt du réacteur ISIS par un programme de gestion des compétences et de nouvelles méthodologies de transfert du savoir.

C'est ainsi qu'a commencé le projet EVOC avec pour objectifs de :

- capitaliser l'expertise des intervenants sur ISIS qui avaient exploité l'installation sur près de 40 ans, ainsi que des formateurs impliqués dans le programme,
- transférer ces compétences aux générations futures via un outil de formation efficient au plus proche de la réalité.

EVOC c'est :

- un simulateur intégré dans un pupitre de conduite pour dérouler des scénarii permettant la compréhension des phénomènes physiques et neutroniques liés au fonctionnement d'un réacteur,
- un sas d'accès permettant d'acquérir les compétences liées à la réglementation en vigueur pour l'accès en zone réglementée avec tous les équipements de surveillance individuelle et collective,
- une salle de réalité mixte permettant d'immerger les apprenants dans l'ambiance d'un réacteur de recherche et d'y manipuler des objets physiques.

Valeur ajoutée et perspectives :

- exploitation de données physiques issues d'un réacteur réel, ISIS, avec 40 ans d'exploitation,
- possibilité de réaliser des manipulations spécifiques sur une installation réaliste en situation normale ou accidentelle (chute de grappes, arrêt d'urgence, accident de criticité, etc.),
- implication des apprenants dans leur phase d'apprentissage notamment des gestes opérateurs et engagement durant les phases de conduite et d'exploitation grâce à un pupitre de conduite physique et une installation immersive,
- possibilité de réaliser des simulations complexes par équipes pluridisciplinaires afin de développer les compétences comportementales nécessaires pour garantir la sûreté des installations et la sécurité du personnel.

*Mots clés* : EVOC - Simulation - Réalité virtuelle - INSTN.

## Présentation d'une étude de spectrométrie et de dosimétrie des neutrons réalisée avec un système de sphères de Bonner (système multi-sphères)

Anthony Beauchamp (anthony.beauchamp@cea.fr)

*CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France*

Détermination des spectres neutrons et des débits d'équivalent de dose neutrons de référence aux postes de travail. Paramétrage des coefficients d'efficacité neutrons des dosimètres opérationnels DCM3000 pour les opérateurs. Comparaison de résultats de mesures de doses équivalentes neutrons réalisée par dosimétrie à lecture différée (COGEBADGE/IRSN) avec les mesures de référence du système multi-sphères.

*Mots clés* : Spectrométrie - Neutron - Sphères de Bonner.



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS AFFICHÉES

### LISTE DES POSTERS

| Nom        | Prénom      | Titre du poster                                                                                                           | N° de poster |
|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| BELTRITTI  | Frédéric    | Mesure radiologique géo localisée                                                                                         | P01          |
| BZYL       | Harold      | Design d'un système de sécurité des personnels PSS d'accélérateur -<br>Utilisation d'un système d'automatisme de sécurité | P02          |
| DUBUGET    | Vincent     | Dosimétrie d'extrémité et du cristallin                                                                                   | P03          |
| FERRERI    | Giovanni    | Surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse                                                           | P04          |
| GIGLEUX    | Thomas      | Formations Radioprotection avec la Réalité Virtuelle                                                                      | P05          |
| CROSLAND   | Elise       | Scénarios d'utilisation des drones de caractérisation radiologique en<br>situations d'urgence radiologique                | P06          |
| GUÉDO      | Nicolas     | Radioprotection sur boucle d'expérimentation avec injection de radio<br>traceur à vie courte                              | P07          |
| LEONG      | Lou Sai     | Nouveau Radiamètre RDS-32WR-iTx™ pour une supervision à distance                                                          | P08          |
| PETITOT    | Fabrice     | Paramètres pertinents influençant la contamination labile et le facteur<br>d'élimination                                  | P09          |
| PORRET     | Alexandre   | Radiographie Industrielle au CERN                                                                                         | P10          |
| EL-IDRISSI | Safouane    | Radioprotection pour les activités de radiographie Industrielle au CERN                                                   | P11          |
| ROVIDA     | Camille     | Procédure vérifications réglementaires des appareils de radioprotection<br>suite à nouvelle réglementation                | P12          |
| SAUNIER    | Joël        | Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection<br>par traçage Hélium                          | P13          |
|            |             | Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection<br>par traçage Hélium                          | P14          |
|            |             | Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection                                                | P15          |
| SENÉ       | Jean-Michel | Innovation pour le contrôle de contamination et l'amélioration de la<br>protection des travailleurs                       | P16          |
| GALLEGO    | Laurent     | La tomographie muonique                                                                                                   | P17          |



P01

## Mesure radiologique géo localisée

Frédéric Beltritti ([frederic.beltritti@cea.fr](mailto:frederic.beltritti@cea.fr))

*SPR, CEA Cadarache, Saint-Paul-lez-Durances, France*

En intervention radiologique, il est nécessaire de géo localisées les mesures radiologiques. Le SPR de Cadarache dispose des appareils de la gamme spir de la société Mirion technologies. Ses appareils permettent une géolocalisation des mesures radiologiques (à pieds, en voiture et en drone). Une application informatique permet de visualiser en temps réel l'ensemble des mesures.

P02

## Design d'un système de sécurité des personnels PSS d'accélérateur - Utilisation d'un système d'automatisme de sécurité

Harold Bzyl (harold.bzyl@cnrs.fr)

*IRSD, CNRS, Orsay, France*

Afin d'assurer la sécurité des personnels intervenant auprès d'accélérateurs de particules, il est nécessaire d'interdire l'accès aux zones où les risques d'exposition aux rayonnements ionisants et non ionisants sont élevés lors de leur fonctionnement : casemate, cabane d'expérience, procédés lasers... La mise en place de dispositifs de protection et d'alarme gérés par un système de sécurité des personnels (PSS) est alors nécessaire. Compte tenu des contraintes d'exploitation, de la complexité des modes de fonctionnement et de la possibilité d'évolution d'un accélérateur, les PSS sont développés sur la base d'automates de sûreté. Ces systèmes sont de plus en plus utilisés, car ils présentent une grande flexibilité et une fiabilité importante. Ce poster présentera, l'architecture globale d'un système ainsi que son interface graphique avancée afin de démontrer les avantages des automates de sécurité pour la conception de PSS.

## Dosimétrie d'extrémité et du cristallin

Vincent Dubuget (vdubuget@apvl.com)

*APVL ingénierie, Saint-Cyr-sur-Loire, France*

Il est primordial de contrôler la dosimétrie d'extrémité ou du cristallin lors de la manipulation de matières radiologiques ou le travail en boîte à gants. En effet, la dose de l'ensemble du corps peut sous-estimer la dose d'extrémité ou du cristallin, surtout en cas de gradients de dose élevées.

Les valeurs limites d'exposition réglementaires pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sont fixées aux articles R. 4451-6 à R. 4451-8 du Code du travail. La valeur limite d'exposition au cristallin est en cours de révision et sera fixée à 20 mSv sur 12 mois consécutifs à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2023. A noter que du 1<sup>er</sup> juillet 2018 au 30 juin 2023 : la VLE cumulée pour le cristallin est fixée à 100 mSv pour ces 5 années cumulées, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

APVL ingénierie propose un nouveau dosimètre électronique ED3 conçu pour mesurer et afficher en temps réel l'équivalent de dose individuel et son débit.

L'ED3 s'associe avec trois types de sondes :

- Pour la dosimétrie d'extrémité : équipé d'une sonde D1 ou D4 étalonnées en Hp(0,07) pour la mesure des rayonnements bêta/gamma.
- Pour la dosimétrie du cristallin : équipé d'une sonde D3 étalonnée en Hp(3) pour la mesure des rayonnements gamma.

*Mots clés* : Dosimétrie - Cristallin - Extrémité - Surveillance.

P04

## Surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse

Giovanni Ferreri (giovanni.ferreri@bag.admin.ch), Sybille Estier

*Radioactivité de l'environnement, Office fédéral de la santé publique, Berne, Suisse*

La section URA (Radioactivité de l'environnement) est l'organisme fédéral chargé de la coordination du programme national de surveillance de la radioactivité dans l'environnement. Le plan annuel de prélèvements et de mesures indique quels échantillons doivent être prélevés et mesurés.

La surveillance porte sur l'atmosphère, les précipitations, les milieux aquatiques, le sol, l'herbe, le lait, diverses denrées alimentaires (y compris gibier, champignons, blé...), le débit de dose ambiant, la radioactivité du corps humain, le voisinage des installations nucléaires et des sources d'émission potentielles. En plus du plan de prélèvement et pour assurer une réaction rapide des organes compétents en cas d'augmentation de la radioactivité, la surveillance s'appuie également sur les réseaux automatiques de mesure et d'alarme (transmission télématique des données).

Outre les laboratoires cantonaux, d'autres institutions fédérales et laboratoires contribuent à la surveillance de la radioactivité en Suisse.

**Mots clés :** Surveillance - Radioactivité - Environnement - Suisse.

## Formations Radioprotection avec la Réalité Virtuelle

Thomas Gigleux<sup>1</sup> (tgigleux@cerap.ch), Alexis Rene<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CERAP Switzerland, Meyrin, Suisse

<sup>2</sup> CERAP UK, Bristol, Royaume-Uni

La réalité virtuelle (en anglais, *virtual reality* ou VR) est une technologie qui permet de plonger une personne dans un monde artificiel créé numériquement.

Parce que le sujet de la radioprotection peut être difficile à faire passer avec des présentations seules, le Groupe CERAP & Filiales utilise l'immersion en Réalité Virtuelle pour certaines sessions de formation en radioprotection.

La Réalité Virtuelle permet ainsi de s'entraîner et d'effectuer des activités dans un environnement totalement sûr, avec une meilleure compréhension de la détection et de la surveillance des rayonnements. Notre outil, qui simule l'environnement de travail typique d'une centrale nucléaire, permet d'envisager les moyens et méthodes les plus efficaces de limitation de dose pour le personnel exposé aux rayonnements ionisants, et offre des possibilités de pratiquer et de s'exercer en individuel ou en équipe.

Nous utilisons cet outil de Réalité Virtuelle lors des formations en radioprotection dispensées au Royaume-Uni. Cet outil a été spécifiquement développé pour le site de Sellafield et propose une immersion réaliste en environnement nucléaire. Des développements sont en cours pour multiplier les scénarios et les lieux d'interventions simulés.

**Mots clés :** Réalité virtuelle - Virtual Reality - Rayonnements - Radioprotection - Formation.

## Scénarios d'utilisation des drones de caractérisation radiologique en situations d'urgence radiologique

Elise Crosland<sup>1</sup> (elise.crosland@irsn.fr), Caroline Simonucci<sup>2</sup>, Fabien Panza<sup>2</sup>, Vincent Faure<sup>3</sup>, Xavier Amet<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>2</sup> PSE-ENV/SIRSE/LER-N, IRSN, Fontenay-aux-Roses, France

<sup>3</sup> PSE-ENV/SIRSE/LER-S, IRSN, Les Angles, France

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire est un acteur majeur de la radioprotection en France et un membre fondateur du réseau ETSO. Une de ses missions est de fournir un support technique et opérationnel aux autorités en cas d'urgence nucléaire ou radiologique. L'IRSN possède une cellule de crise qui peut être activée 24h/24 et 7j/7, ayant pour mission de conseiller et d'appuyer les décideurs pour la mise en œuvre d'actions de protection de la population et de l'environnement. Ainsi, l'organisation de crise est composée d'un panel de spécialistes et d'experts dans divers domaines, tels que : la modélisation de la dispersion atmosphérique, l'évaluation des impacts radiologiques sur la population et l'environnement, le transfert des radionucléides dans l'environnement, la métrologie. Cette organisation de crise comprend aussi une cellule mobile opérationnelle qui se déploie en zone contaminée pour réaliser des mesures de la radioactivité et fournir ainsi des données d'entrée au centre technique de crise de l'Institut. Ces équipes d'intervention réalisent généralement des mesures radiologiques manuelles, des prélèvements, mais peuvent aussi utiliser des moyens de détection radiologique embarqués dans des sacs à dos, et divers vecteurs tels que des avions, des hélicoptères, des voitures et des drones. Les drones offrent, si les conditions météorologiques le permettent, une capacité de projection supérieure aux moyens robotisés terrestres et leur déploiement reste moins contraignant que le déploiement de moyens aériens conventionnels, tels que l'hélicoptère, tout en constituant un dispositif de mesure complémentaire à ceux déjà existant. En outre, il contribue activement à la diminution de la dose collective des équipes d'intervention.

En fonction du scénario d'engagement choisi (accident de transport de matières radioactives, source orpheline ou acte de malveillance, retombées radioactives), la mission de ces systèmes aériens peut être très différente, ils peuvent être amenés soit à retrouver et localiser une source, visualiser une scène d'accident de transport de matières radioactives, identifier des radionucléides émetteurs gamma à la suite d'un rejet accidentel, de fournir des niveaux de débit de dose équivalent de dose afin de réaliser un prévisionnel dosimétrique pour les équipes de terrain en amont d'une intervention, de fournir des cartes d'activité de surface en Bq/m<sup>2</sup>, etc. Ainsi, l'IRSN travaille actuellement à la fiabilisation des mesures issues de ces systèmes en considérant la hauteur de vol du drone, la composition du terme source et la configuration du site.

Le but de cette communication est de présenter les différents scénarios définis et choisis par l'IRSN en fonction de sa flotte de drones, des types de résultats et de rendus possibles et du traitement des données de cette flotte.

**Mots clés :** Situation d'urgence radiologique - Drone - Scénarios de déploiement.

P07

**Radioprotection sur boucle d'expérimentation avec injection de radio traceur à vie courte**

Nicolas Guédo (nicolas.guedo@cea.fr)

*D3S/SPR/LRIR, CEA Cadarache, Saint-Paul-Lez-Durances, France*

Les essais COLENTEC ont pour objectif de reproduire les dépôts responsables du colmatage des plaques entretoises dans les générateurs de vapeur (études propriétés physico chimiques, cinétique de formation,...). Le radio traceur à vie courte utilisé est le Fe 59. Le SPR intervient dans la définition du zonage de radioprotection adapté en fonction de l'activité (étude au poste de travail, etc...).

*Mots clés* : Radioprotection - Rn à vie courte.

## Nouveau Radiamètre RDS-32WR-iTx™ pour une supervision à distance

Lou Sai Leong (lleong@mirion.com), Frédéric Meyer

*Mirion technologies (CANBERRA) SAS, Montigny-Le-Bretonneux, France*

Le RDS-32™ appartient à la nouvelle génération des instruments de mesure polyvalents et très résistants. Ce radiamètre est conçu pour la détection d'une large gamme de rayonnements et pour diverses applications comme les interventions en urgence, la levée de doute, la radioprotection, le contrôle de la contamination, mais aussi la recherche de points chaud. Il est léger, ergonomique et peut être porté à l'aide d'un clip pour libérer les mains de l'opérateur. Sa rapidité de mesure assure une surveillance optimale de l'utilisateur.

Les performances du RDS-32 peuvent être largement optimisées en connectant des sondes externes de la famille du RDS ou des sondes CSP (Canberra Smart Probe). Pour les mesures, alpha, beta et neutron et débit de dose gamma. Il existe 5 modèles de RDS-32 qui couvrent une large gamme de mesure allant de 50 nSv/h jusqu'à 10 Sv/h. Ils sont paramétrables automatiquement avec le logiciel de configuration CSW32.

**Le modèle RDS32-iTx** assure la transmission des données (dose, débit de dose et l'alarme) sans fil, pour des applications de télésurveillance qui améliore la communication entre les travailleurs, les techniciens et les superviseurs. Le RDS-32iTx est équipé d'une radio 2.4 GHz intégrée et peut être connecté à un ou plusieurs AWM (Adaptive Wireless Monitor) pour un meilleur suivi de la télémétrie.



## Paramètres pertinents influençant la contamination labile et le facteur d'élimination

Fabrice Petitot (fabrice.petitot@cea.fr)

Service de Protection contre les Rayonnements, CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France

Plusieurs installations nucléaires sont actuellement en cours de démantèlement en France, notamment sur les sites du CEA et sur les sites d'EDF. La radioprotection des travailleurs lors de cette déconstruction est une priorité sachant les opérations de démantèlement à proximité de matières nucléaires résiduelles. L'activité volumique atmosphérique est l'une des données les plus importantes guidant le choix d'équipements de protection individuelle.

L'évaluation de l'activité volumique atmosphérique repose sur de multiples facteurs dépendant de beaucoup de paramètres et de leurs incertitudes. Le facteur d'arrachement ( $R_f = \text{Activité prélevée par le premier frottis} / \text{Activité totale labile}$ ) est l'un des plus importants. Le nombre élevé de paramètres influençant ce facteur, nous oblige à choisir les plus pertinents au regard des données de la bibliographie et de la réalité du chantier. Ainsi, la température de séchage, l'humidité relative, la rugosité de la surface contaminée et la pression appliquée au frottis ont été particulièrement étudiées pour évaluer la contamination labile et le facteur d'arrachement grâce à un plan d'expérience. Notre étude vise à savoir quel paramètre pertinent impacte significativement le facteur d'arrachement et la contamination labile pour se focaliser spécifiquement sur l'étude du paramètre clé.

Des expériences en laboratoire sont menées avec des échantillons constitués de contamination liquide reproductible séchée (à différentes températures et humidité relative) de fluorescéine (simulant de contamination) déposée sur des surfaces en acier inoxydable de rugosité différente. La quantité de contamination, simulée par la fluorescéine, peut ainsi être mesurée avec une grande précision par analyse fluorimétrique. Pour des paramètres définis, nous avons effectué des frottis secs successifs pour estimer la contamination labile totale et le facteur d'arrachement en suivant les recommandations des normes ISO applicables. Après avoir extrait la fluorescéine des frottis, nous démontrons le rôle de la température de séchage et de l'humidité relative, de la rugosité de la surface contaminée et de la pression appliqué au frottis sur l'évaluation de la contamination labile et du facteur d'élimination. En particulier, nous avons constaté qu'une contamination labile sur une surface relativement lisse, à faible rugosité est 8 fois supérieure à celle mesurée sur une surface présentant une rugosité 100 fois plus importante. Les aspérités de surface permettent de retenir la contamination liquide.

Sur le chantier de démantèlement, il faut tenir compte des contaminations par des liquides séchés et des dépôts de particules. Afin de comparer la remise en suspension de la contamination liquide séchée à la remise en suspension de particules, de futures expériences mettant en jeu des particules solides de fluorescéine micronisée seront étudiées grâce à un nouveau système de prélèvement de particules aéroportées appelé «Duster box» développé par l'IRSN. Cet appareil souffle un flux d'air contrôlé sur une surface et capte les particules libérées par la contrainte aérodynamique.

**Mots clés :** Contamination labile - Facteur d'arrachement - Exposition interne - Frottis - Activité volumique atmosphérique.

## La Radiographie Industrielle au CERN

Alexandre Porret (alexandre.porret@cern.ch)

*EN/MME/MM, CERN, Genève, Suisse*

La radiographie industrielle est une technique de Contrôles Non Destructifs (CND) utilisée quotidiennement au CERN, dans un local spécifique mais également dans les différentes installations de surface et souterraines. Les contrôles sont réalisés sur des équipements et composants des accélérateurs, mais également sur des soudures de divers types et matériaux. La conformité est alors définie selon les normes EN et ISO.

Suite à la signature le 15 novembre 2010 de l'accord Tripartite entre le CERN et ses 2 états hôtes, le groupe Radioprotection HSE/RP du CERN est responsable du cadre réglementaire en matière de radioprotection et de sûreté selon l'ORaP (Ordonnance sur la Radioprotection) et son application. Des procédures spécifiques ont donc été mises en place pour toutes les étapes de la radiographie industrielle X et  $\gamma$  (transport, stockage, utilisation, plan d'urgence ...).

*Mots clés* : CERN - CND - Radiographie - Tomographie.

## Radioprotection pour les activités de radiographie Industrielle au CERN

Alexandre Porret<sup>1</sup> (alexandre.porret@cern.ch), Valérie Tromel<sup>2</sup>, Safouane El-Idrissi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EN/MME/MM, CERN, Genève, Suisse

<sup>2</sup> HSE/RP/CS, CERN, Genève, Suisse

De nombreux contrôles non destructifs par radiographie industrielle sont réalisés sur les différents sites du CERN de manière quotidienne. Suite à la signature le 15 novembre 2010 de l'accord Tripartite entre le CERN et ses 2 états hôtes la France et la Suisse, le groupe de Radioprotection du CERN est responsable du cadre réglementaire en matière de radioprotection et de sûreté selon l'ORaP (Ordonnance sur la Radioprotection) et son application.

Des documents de sécurité et des procédures spécifiques ont donc été mis en place pour toutes les étapes de la radiographie industrielle X et  $\gamma$  (transport, stockage, utilisation, plan d'urgence ...).

Toutes les activités de radiographie industrielles font l'objet d'une collaboration et assistance entre HSE/RP et EN/MME qui a la charge de la réalisation de celles-ci. Des contrôles RP inopinés des activités de radiographies, qui se déroulent en dehors des heures ouvrables, sont organisés pour vérifier le respect de la mise en œuvre des règles de radioprotection énoncées dans la réglementation CERN.

*Mots clés* : CERN - Radioprotection - Radiographie.

## Procédure vérifications réglementaires des appareils de radioprotection suite à nouvelle réglementation

Camille Rovida (Camille.ROVIDA@cea.fr), Thomas Ketels

*D3S/SPR/LRID, CEA Cadarache, Saint-Paul-Le- Durance, France*

**Suite à la parution de l'arrêté du 12 novembre 2021 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2019 relatif aux modalités de formation de la personne compétente en radioprotection et de certification des organismes de formation et des organismes compétents en radioprotection et l'arrêté du 23 octobre 2020 relatif aux mesurages réalisés dans le cadre de l'évaluation des risques et aux vérifications de l'efficacité des moyens de prévention mis en place dans le cadre de la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants.**

L'arrêté vérification réorganise les modalités et les conditions de réalisation des contrôles techniques, désormais dénommés « **vérifications** », en les proportionnant à l'ampleur des enjeux liés à la radioprotection des travailleurs. La réalisation des vérifications périodiques (VP) fait partie des missions du Conseiller en radioprotection (CRP). Les vérifications périodiques sur les instruments de radioprotection sont réalisées par les équipes des laboratoires de radioprotection du SPR pour le compte du Chef d'Installation.

Le SPR par l'enregistrement du matériel dans COMPERE s'assure pour le compte du chef d'installation de la bonne adéquation du matériel en regard de son utilisation.

Ce poster présente donc les différentes modifications apportées à la procédure de vérifications réglementaires des appareils de radioprotection utilisés sur le site de Cadarache.

*Mots clés* : Vérifications périodiques - Compere - Radioprotection - Organisme compétent en radioprotection.

P13

## Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection par traçage Hélium

Joël Saunier (joel.saunier@cea.fr)

*D3S/SPR/LRID, CEA, Saint-Paul-Lez-Durance, France*

Poster n°1 :

Utilisation d'un traceur Hélium pour la réalisation de la représentativité de la surveillance radiologique des rejets gazeux aux émissaires.

Ce poster a pour objectif de présenter la méthode de caractérisation de cette surveillance réalisée sur le CEA de Cadarache.

Il présente également l'équipe SPR dédiée à cette activité et le matériel utilisé.

Cette méthode de caractérisation a été défini pour répondre, en partie, aux exigences de la Norme 2889-2010 (remplacée par la version 2021).

*Mots clés* : Hélium - Représentativité - Emissaire.

## Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection par traçage hélium

Joël Saunier (joel.saunier@free.fr)

*D3S/SPR/LRID, CEA, Saint-Paul-Lez-Durance, France*

Poster n°2 :

Ce second poster présente la méthodologie utilisée par le SPR de Cadarache pour la caractérisation de la surveillance atmosphérique radiologique au poste de travail avec l'utilisation d'un gaz traceur Hélium et de fumigènes.

Cette présentation indique les différents paramètres mesurés ou visualisés lors de cette caractérisation :

- Optimisation de l'emplacement de la surveillance en fonction des flux d'air aux poste de travail (fumigène).
- Caractérisation des temps de transfert entre l'émission d'une source et la surveillance dédiée (hélium)
- Caractérisation de la capacité de détection par la détermination d'un coefficient de transfert (hélium).
- Taux de renouvellement des locaux ou enceinte de confinement.

*Mots clés* : Hélium - Transfert - Surveillance.

Références :

1. Norme ISO 16639 (avril 1017) : Surveillance de l'activité volumique des substances radioactives dans l'air des lieux de travail des installations nucléaires.

## Caractérisation de paramètres de ventilation associés à la radioprotection

Joël Saunier (joel.saunier@cea.fr)

*D3S/SPR/LRID, CEA, Saint-Paul-Lez-Durance, France*

Poster n°3 :

Ce poster présente une méthode utilisée par le SPR de Cadarache pour caractériser les points de prélèvement utilisés pour la réalisation des tests d'efficacité à l'Uranine pour les filtres THE mais aussi des Pièges à Iode. Cette présentation permet de mettre en évidence la nécessaire réflexion sur la représentativité des prélèvements que ce soit en Radioprotection ou dans un autre domaine.

*Mots clés* : Hélium - Représentativité - THE.

Références :

1. Norme ISO 16170 (Nov. 2016) : Méthodes d'essai in situ pour les systèmes filtrants à très haute efficacité dans les installations nucléaires.
2. Norme ISO 2889 (Nov. 2021) : Echantillonnage des substances radioactives contenues dans l'air dans les conduits et émissaires de rejet des installations nucléaires.

## Innovation pour le contrôle de contamination et l'amélioration de la protection des travailleurs

Jean-Michel Sené (jean-michel.sene@bertin.group)

*Bertin Technologies, Montigny-le-Bretonneux, France*

Doté d'un parc vieillissant d'instruments de contrôle de la contamination, EDF a souhaité remplacer les anciens moniteurs par de nouveaux équipements plus performants et permettant un contrôle simple et efficace.

Développé par Bertin Technologies, société d'ingénierie française spécialisée dans la maîtrise de technologies de pointe pour des environnements exigeants, le moniteur de contamination SaphyRAD permet un contrôle de la contamination radioactive alpha & beta plus simple et plus efficace que les anciens contaminamètres, tout en étant plus robuste.

Une large gamme de sondes de contamination  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\alpha+\beta$  complète le moniteur. Celles-ci, combinées à un nouvel algorithme, permettent une détection rapide, efficace et optimisée.

Les rayonnements alpha et beta ayant un parcours limité dans l'air, le contrôle de la contamination doit être effectué au plus proche de la surface à analyser. Bien positionner le détecteur afin d'effectuer correctement le contrôle s'avère alors crucial.

Une des innovations majeures du SaphyRAD est l'intégration de capteurs de distance au niveau des sondes, couplés à des alarmes d'état visuelles et sonores, pour répondre à cette problématique. Ces capteurs permettent d'informer l'opérateur que la mesure est réalisée de manière satisfaisante, à la bonne distance, et dans les meilleures conditions possibles.

Le SaphyRAD offre la possibilité d'effectuer le contrôle de contamination de deux manières différentes :

Par contrôle direct, permettant d'évaluer la contamination fixée et non fixée, en plaçant la sonde à une distance très faible de la surface contaminée.

Par contrôle indirect, en évaluant l'activité sur une surface contaminée au moyen d'un prélèvement par frottis (mode mesure) ou chiffonnette (mode dépistage). Ce dernier mode consiste en la collecte de la fraction non fixée des radionucléides déposés sur une surface rigide par frottement d'une surface de taille définie à l'aide d'une pièce de coton, d'un tissu ou d'un filtre.

Avec ses nouvelles fonctionnalités innovantes et ergonomiques, le SaphyRAD permet de faciliter et d'optimiser le contrôle de contamination en sortie de zone ou de chantier, afin de réduire les doses prises par les intervenants.

Le SaphyRAD permet au personnel en milieu nucléaire d'effectuer un contrôle simple et efficace de leur contamination personnelle. Grâce à sa facilité d'utilisation, cet équipement innovant assure un contrôle plus fiable, permettant de réduire la dose reçue par les intervenants et donc de diminuer les risques de contamination, en conformité avec la démarche ALARA.

Il permet également aux opérateurs de centrales nucléaires et d'autres secteurs d'activité de renforcer leur démarche de propreté radiologique en évitant toute dispersion de la contamination.

**Mots clés :** Rayonnement ionisants - Contaminamètres - Protection.



## La tomographie muonique

Laurent Gallego (laurent.gallego@cea.fr)

*CEA Marcoule, Bagnols-sur-Cèze, France*

L'utilisation de muons produits dans l'atmosphère terrestre comme source de rayonnement pour l'imagerie de grandes structures est généralement appelée muographie. Depuis les premières tentatives de muographie d'Alvarez dans les années 1970, le champ d'application de cette technique s'est élargi ces dernières années principalement en raison des progrès effectués sur les détecteurs de particules utilisés et des améliorations des techniques d'analyse. Ainsi, différentes mesures muographiques ont été réalisées pour la vulcanologie, l'archéologie, la géotechnique ou le génie civil.

Le groupe IRFU (Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers – CEA – France) a développé depuis ces dernières années plusieurs projets de muographie. Pour les mener à bien, l'IRFU a conçu et construit un instrument pour enregistrer les directions des muons incidents (également appelé télescope aux muons) utilisant des détecteurs gazeux appelés « Micromegas ». Les bonnes performances de ce télescope ont permis d'effectuer des études muographiques dans les domaines mentionnés ci-dessus. En particulier, une collaboration avec l'exploitant de l'installation G2/G3 (Département des Énergies – CEA – France) a débuté en 2017 pour étudier par muographie l'intégrité de deux réacteurs nucléaires avant leur démantèlement. Les premières mesures ont permis de vérifier la compatibilité des conceptions existantes et la structure réelle des réacteurs. Par ailleurs, par la combinaison de plusieurs de ces mesures muographiques, la première image 3D de l'intérieur des réacteur est également réalisée. Après une introduction générale à la muographie et aux détecteurs Micromegas, cet exposé portera sur l'étude muographique des réacteurs G2 et G3, montrant les principaux résultats obtenus.

*Mots clés* : Imagerie - Tomographie - Muonique.

Références :

1. Héctor Gómez - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA – France).



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## LISTE DES PARTICIPANTS

**ABERLE Frédéric**

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
+41 7 54 11 16 07  
frederic.aberle@cern.ch

**AIME Garys**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**ALENGRIN Patrice**

ALPA minerals  
PEROLS – FRANCE  
+33 6 70 88 38 04  
p.alengrin@alpaminerals.com

**ALGOET Yvon**

ATSR  
AIX-LES-BAINS – FRANCE  
yvon.algoet74@orange.fr

**ALVAREZ-LUEGO César**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**AMIARD Baptiste**

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
bamiard@demboost.com

**ARLETTI Enzo**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**ATTIOGBE Julien**

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
jattiofbe@demboost.com

**AZZOPARDI Guillaume**

Orano DS  
FRANCE  
guillaume.azzopardi@orano.group

**BAILLY Fanny**

D3SE  
Orano DS  
LÉRÉ – FRANCE  
+33 1 34 95 96 88  
fanny.bailly@orano.group

**BALLINER Yoann**

Socotec Environnement  
FRANCE  
yoann.balliner@socotec.com

**BANCHET Amaury**

Service commercial  
Groupe D&S  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 80 73  
amaury.banchet@ds-groupe.fr

**BARBIER Julie**

Vinçotte international NV/SA  
VILVOORDE – BELGIQUE  
+32 491 32 53 00  
jbarbier@vincotte.be

**BARTHÉLÉMY Noé**

SPR/LCEI  
CEA Marcoule  
CHUSCLAN – FRANCE  
+33 6 18 41 38 13  
noe.barthelemy@cea.fr

**BAUDIN Clémence**

LEPID  
IRSN  
FONTENAY-AUX-ROSES – FRANCE  
clemence.baudin@irsn.fr

**BEAUCHAMP Anthony**

CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 71 43  
anthony.beauchamp@cea.fr

**BEISO Marie-Laure**

Revue Rayonnements Ionisants  
ATSR  
MARSEILLE – FRANCE  
ml.beiso@8m-management.com

**BELABBAS BENGRAA Adel**

Radioprotection  
ALTRAD ENDEL  
GIVORS – FRANCE  
belabbasadel.ab@gmail.com

**BELLAIZE Nathalie**

Radioprotection  
Mirion Technologies  
LAMANON – FRANCE  
+33 4 90 53 66 33  
nbellaize@mirion.com

**BELTRITTI Frederic**

SPR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 7 82 61 04 23  
frederic.beltritti@cea.fr

**BERNARD Stéphanie**

Conseiller radioprotection  
GSF Energia  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 98 51 50  
sbernard@gsf.fr

**BERNIER Marie-Odile**

SESANE/LEPID  
IRSN  
FONTENAY-AUX-ROSES – FRANCE  
+33 6 15 61 14 97  
marie-odile.bernier@irsn.fr

**BERTIL Hakim**

DO CEA  
Orano DA  
SAINT-PAUL-TROIX-CHÂTEAUX – FRANCE  
hakim.bertil@orano.group

**BERTREIX Philippe**

HSE/RP-CS  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 75 411 72 33  
philippe.bertreix@cern.ch

**BETTONVILLE Veronique**

Liantis SEPP  
OUFFET – BELGIQUE  
veronique.bettonville@liantis.be

**BLAIS Valentin**

Groupe d'Etudes Atomique  
Marine Nationale  
CHERBOURG-EN-COTENTIN – FRANCE  
+33 233924935  
valentin.blais@intradef.gouv.fr

**BLAISE Sébastien**

Sud-Est  
Idealex  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 66 89 31 69  
sebastien.blaise@idealex.fr

**BOBON Kévin**

Analyses de radioactivité &  
chimie nucléaire  
Laboratoire Eurofins Eichrom Radioactivité  
BRUZ – FRANCE  
kevinbobon@eurofins.com

**BOI Franck**

BOLLÈNE – FRANCE  
franck.boi@outlook.fr

**BOILLOT Reynald**

INSTN  
SACLAY – FRANCE  
+33 1 69 08 48 82  
reynald.boillot@cea.fr

**BONNEVAL Christopher**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**BORGIA Cécile**

ED  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
cecile.borgia@cea.fr

**BOSCHER Aurore**

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
aurore.louise.boscher@cern.ch

**BOUDOU Christian**

ATSR  
LA COMBELLE – FRANCE  
+33 4 73 96 04 92  
christian.boudou203@orange.fr

**BOUILLON Sébastien**

CNRS - Laboratoire CEMHTI UPR3079  
ORLÉANS – FRANCE  
sebastien.bouillon@cnrs-orleans.fr

**BOUKABACHE Hamza**

CERN  
GENÈVE – SUISSE  
0227663202  
hamza.boukabache@cern.ch

**BOUKHARI Amar**

Berthold France  
THOIRY – FRANCE  
+33 1 34 94 79 00  
amar.boukhari@berthold.com

**BOUMEHRES Nourredine**

HSE ENV EM  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 2 27 67 40 40  
nourredine.boumehres@cern.ch

**BOURGOUIN Ludovic**

APVL Ingénierie  
SAINT-CYR-SUR-LOIRE – FRANCE  
+33 247870920  
mfassot@apvl.com

**BOUVOT Benjamin**

MAR/DUSP/SPR/LRID  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 53 26  
benjamin.bouvot@cea.fr

**BRAQUEHAIS Jules**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**BRENIERE Jacky**

Orano Cycle Tricastin  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 50 29 47  
jacky.breniere@orano.group

**BRUGUERA Philippe**

ATSR  
PERTUIS – FRANCE  
philippe.bruguera@atsr-ri.fr

**BZYL Harold**

IRSD - CNRS  
ORSAY – FRANCE  
+33 1 69 35 21 46  
harold.bzyl@cnrs.fr

**CALLIGE Patrick**

Radioprotection  
SPIE Nucléaire  
LYON – FRANCE  
+33 4 72 84 03 88  
patrick.callige@spie.com

**CATSIVELAS Francois**

DPS2D  
Orano  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 783316113  
francois.catsivelas@orano.group

**CAUCHON Xavier**

CEA Cadarache  
LE PUY-SAINT-REPARADE – FRANCE  
+33 4 42 25 28 41  
xavier.cauchon@cea.fr

**CHAGNOUX Nicolas**

Orano DEM Marcoule  
FRANCE  
nicolas.chagnoux@orano.group

**CHAPELLE Frédéric**

CNRS-IRSD (UAR3364)  
ORSAY – FRANCE  
+33 1 69 35 21 48  
frederic.chapelle@cnrs.fr

**CHAREYRON Théo**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**CHAROUSSET Renaud**

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
+41754110467  
renaud.ludovic.charousset@cern.ch

**COLAS Kimberly**

DES/ISAS/DPC/SEARS/LASE  
CEA Saclay  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 82 70  
kimberly.colas@cea.fr

**COLLIN Mélanie**

Icohub  
LIMOGES – FRANCE  
melanie@icohup.com

**COMMANS Séverine**

SPR  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 13 22  
severine.commans@cea.fr

**COUTISSE Françoise**

Service externe pour la prévention  
et bien-être  
Liantis  
BRUXELLES – BELGIQUE  
+32478847072  
francoise.coutisse@liantis.be

**CROITOR Radu**

Liantis  
BRUXELLES – BELGIQUE  
learning@liantis.be

**CROSLAND Elise**

IRSN  
FONTENAY-AUX-ROSES – FRANCE  
+33 6 07 64 31 95  
elise.croslan@irsn.fr

**CUADRADO Javier**

CERN  
GENÈVE – SUISSE  
javier.cuadrado@cern.ch

**CURABET Jean-Bernard**

DDSD/UDHA/SCOD  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 16 59  
jean-bernard.curabet@cea.fr

**DA SILVA Patrice**

INSTN  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 73 70  
patrice.dasilva04700@gmail.com

### DAMET Jérôme

IRA  
LAUSANNE – SUISSE  
+41 21 31 48 179  
jerome.damet@cern.ch

### DAMIEN Laurent

D2S-SPR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 45 93  
laurent.damien@cea.fr

### DAVID Olivier

SECC  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 30 68  
olivier.david@cea.fr

### DE LANNURIEN Olivier

Icohub  
LIMOGES – FRANCE  
olivier@icohub.com

### DE PADUA Lionel

ATSR  
VILLENEUVE – FRANCE  
lionel.depadua@atsr-ri.fr

### DECANIS Christelle

DDSD/URMC/SPUC  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 7 69 91 40 52  
christelle.decanis@cea.fr

### DELCOURT Frederic

Vincotte international NV/SA  
VILVOORDE – BELGIQUE  
+32 47 498 4968  
fdelcourt@vincotte.be

### DEVIRGILLE Thibault

INSTN  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 93 89  
thibault.devirgille@cea.fr

### DILLIES Michel

HTDS  
MASSY – FRANCE  
michel.dillies@htds.fr

### DOCHLER Julien

Entreprise Individuelle Julien Dochler  
ALLINGES – FRANCE  
jd.mesure@orange.fr

### DUBOIS Dimitri

Vincotte international NV/SA  
VILVOORDE – BELGIQUE  
+32 490 58 09 69  
dimitri.dubois@vincotte.be

### DUBOT Didier

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
ddubot@demboost.com

### DUBUGET Vincent

APVL Ingénierie  
SAINT-CYR-SUR-LOIRE – FRANCE  
+33 2 47 87 09 20  
vdubuguet@apvl.com

### DUGNE Richard

SPR/LRID  
ATSR / CEA Marcoule  
LAUDUN – FRANCE  
+33 7 50 37 01 21  
richard.dugne@cea.fr

### DUMONT Gérald

Groupe de Radioprotection  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 75 41 14 758  
gerald.dumont@cern.ch

### DURAND Denis

Orano DS  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 18 43 19  
denis.durand@orano.group

### DZIEWA André

HSE ENV EM  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 22 767 40 40  
andre.dziewa@cern.ch

### EL HABER Fady

Lemer Pax  
LA CHAPELLE-SUR-ERDRE – FRANCE  
+33 6 24 92 52 56  
fady.elhaber@lemerpax.com

### EL-IDRISSI Safouane

CERN  
SAINT GENIS POUILLY – FRANCE  
+33 6 95 07 85 19  
saelidri@cern.ch

### ELIE Lucie

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
0695403096  
lucie.elie@cern.ch

### ESTIENNE Geoffroy

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
gestienne@demboost.com

### ETILE Asenath

Innowtech  
LES ANGLES – FRANCE  
+33 4 12 04 34 88  
a.etile@innowtech.com

### EVARD Yanek

LRIR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 37 40  
yanek.evard@cea.fr

### FALCO Franck

IUT Aix Marseille - Département HSE  
Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE  
+33 4 42 98 08 60  
franck.falco@univ-amu.fr

### FALGON Alexandra

Activité Nucléaire  
Ginger DELEO  
SAINT-PRIEST – F  
+33 1 60 74 54 60  
a.falgon@groupeginger.com

### FARRUGIA Arnault

SDEC France  
REIGNAC-SUR-INDRE – FRANCE  
+33 2 47 94 10 00  
arnault.farrugia@sdec-france.com

### FAURE Vincent

IRSN  
VILLENEUVE-LEZ-AVIGNON – FRANCE  
+33 4 90 26 11 30  
vincent.faure@irsn.fr

### FERRÉ Benoît

DDSD/UDHA/SCOD  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 33 92 38  
benoit.ferre2@cea.fr

### FERREIRA Camille

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

### FERRERI Giovanni

Radioactivité de l'environnement  
Office Fédéral de la Santé Publique  
BERNE – SUISSE  
+41 58 465 19 12  
giovanni.ferreri@bag.admin.ch

**FONTE Lionel**

Aergon  
ISSY-LES-MOULINEAUX – FRANCE  
lionel.fonte@aergon.fr

**FOY Gérard**

NEU-JFK Delta Neu  
LA CHAPELLE D'ARMENTIÈRES – FRANCE  
gerald.foy@neujkf.com

**FRANÇOIS Claude**

Evora  
PONT-SAINT-ESPRIT – FRANCE  
+33 4 66 90 76 67  
claud.francois@evora.pro

**GALLEGO Laurent**

CEA/DES/DDSD/UARP/SRTP  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 70 30  
laurent.gallego@cea.fr

**GANDIT PETERSEN Marie-Laure**

Groupe D&S  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 68 68  
commercial@ds-groupe.fr

**GERDAY Anne-Francoise**

Contrôle physique  
Université de Liège  
LIÈGE – BELGIQUE  
+324/3664787  
afgerday@uliege.be

**GIGLEUX Thomas**

CERAP Switzerland  
MEYRIN – SUISSE  
tgigleux@cerap.ch

**GLOAGUEN Quentin**

Icohup  
LIMOGES – FRANCE  
quentin@icohup.com

**GOARANT Antoine**

Pôle commercial et marketing  
IRSN  
RAMBOUILLET – FRANCE  
antoine.goarant@irsn.fr

**GOLETTO Jérôme**

Service d'intervention et assistance  
en radioprotection  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 24 16  
jerome.goletto@cea.fr

**GOMEZ Hector**

CEA Saclay  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 63 80  
hector.gomez@cea.fr

**GOURBEIX Sébastien**

Orano Cycle Tricastin  
PIERRELATTE – FRANCE  
sebastien.gourbeix@orano.group

**GREUEZ Jean Francois**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
jfgreuez@cerap.fr

**GUÉDO Nicolas**

CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 7 88 22 47 59  
nicolas.guedo@cea.fr

**GUIOT Sebastien**

Orano Tricastin  
PIERRELATTE – FRANCE  
sebastien.guiot@orano.group

**GURGEY Jérôme**

Fuji Electric France  
CLERMONT-FERRAND – FRANCE  
jerome.gurgey@fujielectric.fr

**GUY Christophe**

SPR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 76 44  
christophe.guy@cea.fr

**GUYOT Coralie**

EDF DP2D  
LYON – FRANCE  
+33 788051941  
coralie.guyot@edf.fr

**HANNAERT Francis**

Loryon  
OLIVET – FRANCE  
+33 1 86 28 00 35  
francis.hannaert@gmail.com

**HEINTZ Justine**

DO CEA Marcoule  
Orano DS Marcoule  
FRANCE  
justine.heintz@orano.group

**HEMONET Jean-Yves**

Bertin Instruments  
MONTIGNY-LE-BRETONNEUX – FRANCE  
jean-yves.hemonet@bertin.group

**HENON Eric**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
ehenon@cerap.fr

**HERNANDEZ Jean-Michel**

LRID  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
jean-michel.hernandez@cea.fr

**HOFMANN Gilles**

ATSR  
MANOSQUE – FRANCE  
gilles.hofmann@atsr-ri.fr

**HUDAK Darren**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
dhudak@cerap.fr

**HUGUES Alexis**

SPR/LCEI  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 53 32  
alexis.hugues@cea.fr

**JAUBERT Florent**

SPRE  
CEA P-SAC  
FONTENAY-AUX-ROSES – FRANCE  
+33 1 46 54 87 84  
florent.jaubert@cea.fr

**JEHANNO Jacky**

SPR  
Orano DEM  
GAUJAC – FRANCE  
jacky.jehanno@orano.group

**JEHANNO Laurence**

SPR  
Orano DEM  
GAUJAC – FRANCE  
laurence.jehanno@orano.group

**JOBERT Thomas**

EDF  
LYON – FRANCE  
+33 7 60 93 40 66  
thomas.jobert@edf.fr

**KELLER Christophe**

Mesure nucléaire  
Nuvia Prévention  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 96 19 07  
christophe.keller@nuvia.com



**KETELS Thomas**

D2S - SPR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 28 41  
thomas.ketels@cea.fr

**LABAT Xavier**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 96 36  
xlabat@cerap.fr

**LAHFID Marc**

CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 53 02  
marc.lahfid@gmail.com

**LAINÉ Jérôme**

ATSR / CEA  
VILLEJUST – FRANCE  
jerome.laine@atsr-ri.fr

**LAINE Pierre**

RP/HSE  
Nuvia Prévention  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 6 26 99 57 85  
pierre.laine@nuvia.com

**LALANNE Jean-Yves**

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
jylalanne@demboost.com

**LANCELEUR Olga**

Mesure nucléaire  
Nuvia Prévention  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 6 99 57 72 71  
olga.lanceleur@nuvia.com

**LANCINOT Jonathan**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
jlancinot@cerap.fr

**LANGE Corinne**

Service externe pour la prévention  
et la protection  
Liantis Asbl  
BRUXELLES – BELGIQUE  
+32 50 4 14 15 7  
learning@liantis.be

**LAURENT Régis**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 96 36  
lregis@cerap.fr

**LE NOBLET Thibaud**

Carmelec  
PERPIGNAN – FRANCE  
thibaud.lenoblet@carmelec.fr

**LEKIM Valérie**

Medicontrol  
MARIGNANE – FRANCE  
valerie.lekim@medicontrol.com

**LESPINASSE Axel**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**LESTANG Marc**

UNIE GPEX IRP  
EDF SA  
SAINT-DENIS – FRANCE  
marc.lestang@edf.fr

**LETESSIER Patrice**

NPO Europe  
SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE – FRANCE  
+33 2 23 50 13 80  
npoeurope@eichrom.com

**LLUSA Rémi**

LRIR  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
remi.llusa@cea.fr

**MAHAMOUD Kahin**

Commercial  
DR Technologie  
LAVELANET – FRANCE  
+33 6 33 05 04 73  
kmahamoud@dr-technologie.com

**MAKAYA Dan**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**MALACARNE Sylvain**

Demboost  
SAINT-DENIS – FRANCE  
smalacarne@demboost.com

**MANDARD Lionel**

CCOD  
ASND  
PARIS – FRANCE  
+33 1 64 50 24 31  
lionel.mandard@dsnd.fr

**MARC Sylvain**

QSE  
Quadance  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 80 73  
sylvain.marc@ds-groupe.fr

**MARCHAND Carole**

ASND  
PARIS – FRANCE  
+33 1 64 50 23 53  
carole.marchand@dsnd.fr

**MARTIN Ludovic**

Radioprotection  
Nuvia Prévention  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 96 51 12  
ludovic.martin@nuvia.com

**MASSON Bruno**

Berthold France  
THOIRY – FRANCE  
+33 1 34 94 79 00  
bruno.masson@berthold.com

**MAURER Jean-Eric**

M6 Engineering  
LA CHAPELLE D'ARMENTIÈRES – FRANCE  
jean-eric.maurer@orange.fr

**MAUSSIRE Vincent**

Commerce  
Carmelec  
PERPIGNAN – FRANCE  
+33 4 68 83 28 26  
vincent.maussire@carmelec.fr

**MCGUIRE Thibaut**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**MENAA Nabil**

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
+41 075 411 4503  
nabil.menaa@cern.ch

**MERCHICH Sajid**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**MIESZCZAK François**

Orano LEA  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 96 93 15  
francois.mieszczak@orano.group

**MILAN Anthony**

SPR/LRID  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
anthony.milan@cea.fr

**MILLION Serge**

ATSR  
SAINT-ÉGRÈVE – FRANCE  
serge.million@atsr-ri.fr

**MILUTINOVIC Darko**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**MINORET Emilie**

Service Santé, Sécurité, Radioprotection  
et Environnement  
SPIE Nucléaire  
LYON – FRANCE  
emilie.minoret@spie.com

**MONTREUIL Fabrice**

ATSR  
SORGUES – FRANCE  
+33 4 90 83 09 20  
fabrice.montreuil@atsr-ri.fr

**MORINIERE Mathieu**

Orano LEA  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 7 66 40 90 22  
mathieu.moriniere@orano.group

**MOURET Renaud**

HSE-RP-Radioactive waste management  
ATSR / CERN  
JONZIER-EPAGNY – FRANCE  
+41754116612  
renaud.mouret@cern.ch

**MULLENBACH Denis**

Idealex Radioprotection  
VENDOME – FRANCE  
idealex@idealex.fr

**MULLER Elodie**

D&S AQMARIS  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 6 46 46 30 42  
elodie.muller@ds-groupe.fr

**MURITH Christophe**

mSv Consulting  
OFSP  
FRIBOURG – SUISSE  
+41 26 321 50 03  
c.murith@outlook.fr

**NEE Jean-Francois**

Orano DS  
FRANCE  
Jean-Francois.nee@orano.group

**OUBADI Itak**

Dalkia  
FRANCE  
itak.oubadi@dalkia.fr

**PALACIOS Martha**

Office Fédéral de la Santé Publique  
BERNE – SUISSE  
+41 5 84 64 68 80  
martha.palacios@bag.admin.ch

**PANDRAUD Pierre**

SPR Cadarache  
ATSR / CEA  
BEAUMONT-DE-PERTUIS – FRANCE  
pierre.pandraud@cea.fr

**PANETIER Clémentine**

FILDEM (D&S)  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 6 45 48 95 56  
clementine.panetier@ds-groupe.fr

**PATELLIS Anne-Marie**

Pôle maîtrise des risques  
D&S  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 80 73  
am.patellis@ds-groupe.fr

**PATRIARCHE Mireille**

Médecine du travail  
Cohézio  
BRUXELLES – BELGIQUE  
+32 8 13 10 73 8  
mireille.patriarche@cohezio.be

**PELLOUX Sylvain**

Strahlenschutz / Gruppe Inaktiv Freigabe  
BKW Energie AG  
MÜHLEBERG – SUISSE  
+41 5 84 77 40 16  
sylvain.pelloux@bkw.ch

**PERRIN Baptiste**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**PERRIN Daniel**

CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 22 767 21 58  
daniel.perrin@cern.ch

**PERRIN Stéphane**

SDEC France  
REIGNAC-SUR-INDRE – FRANCE  
+33 2 47 94 10 00  
stephane.perrin@gmail.com

**PETITOT Fabrice**

SPR/DIR  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 53 02  
fabrice.petitot@cea.fr

**PHE Nathan**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**PHUNG Jean-Luc**

NPO Europe  
SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE – FRANCE  
+33 2 99 83 56 40  
jphung@eichrom.com

**PICQ Noémie**

Malvesi  
FRANCE  
noemie.picq@orano.group

**PIFERRER Jean-Paul**

ATSR / Medicontrol  
MARIGNANE – FRANCE  
jeanpaul.piferrer@atsr-ri.fr

**PIROTTE Florence**

SY/HDO  
CERN  
MEYRIN – SUISSE  
+41 7 54 11 06 36  
florence.pirotte@cern.ch

**PONTAUD Dominique**

DDSD/UDHA/SCOD  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 58 51  
dominique.pontaud2@cea.fr

**PORRET Alexandre**

EN/MME/MM  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 7 54 11 15 84  
alexandre.porret@cern.ch

**POUZET Enzo**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**PREVOST Sylvie**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**PUZENAT Joyce**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**RABABAH Mohammad**

CERN  
MEYRIN – SUISSE  
+41 7 92 94 67 09  
mohammad.rababah@cern.ch



**RACODON Olivier**

Fuji Electric France  
CLERMONT-FERRAND – FRANCE  
+33 9 67 79 73 47  
olivier.racodon@fujielctric.fr

**RANCHOUX Gilles**

EDF - DP2D  
LYON – FRANCE  
+33 4 69 73 03 94  
gilles.ranchoux@edf.fr

**RATHELOT Nicolas**

SST du CNPE de Cruas-Meyssse  
EDF  
CRUAS – FRANCE  
+33 4 75 49 35 86  
nicolas.rathelot@edf.fr

**RECOLET Jean-Philippe**

NEU-JFK Delta Neu  
LA CHAPELLE D'ARMENTIÈRES – FRANCE  
+33 3 20 10 41 93  
jean-philippe.recolet@neujkf.com

**RICHER Sébastien**

Bertin Instruments  
MONTIGNY-LE-BRETONNEUX – FRANCE  
sebastien.richier@bertin.group

**RIPOLL Henri**

Direction  
Idealex  
VENDÔME – FRANCE  
+33 2 54 73 90 90  
idealex@idealex.fr

**ROCHETEAU Emilien**

MPE  
BOLLÈNE – FRANCE  
+33 4 90 30 91 73  
emilien.rocheteau@mpe-site.com

**ROLLIN Ludovic**

Innovation  
DR Technologie  
LAVELANET – FRANCE  
lrollin@dr-technologie.com

**ROSTELLO Bruno**

ATSR  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
bruno.rostello@atsr-ri.fr

**ROULLAND Gwenaëlle**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**ROUSSAY Florent**

LRIC  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
florent.roussay@cea.fr

**ROUX Clément**

Orano Tricastin  
PIERRELATTE – FRANCE  
clement.roux@orano.group

**ROUZAUD Gilles**

Santé au travail  
CIAMT  
PARIS – FRANCE  
+33 1 45 32 20 85  
g.rouzaud@ciamt.org

**ROVIDA Camille**

D3S SPR  
CEA Cadarache  
MANOSQUE – FRANCE  
+33 7 88 09 26 49  
camille.rovida@cea.fr

**ROYER Brice**

C2i Santé  
MAXEVILLE – FRANCE  
b.royer@c2isante.fr

**SALMON Corine**

DPAD/CPSA  
CEA Saclay  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 46 65  
corine.salmon@cea.fr

**SARTRE Lucas**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**SAUNEUF Laurent**

Division radioprotection  
Berthold France  
THOIRY – FRANCE  
+33 1 34 94 79 00  
laurent.sauneuf@berthold.com

**SAUNIER Joel**

SPR/LRID  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 25 56  
joel.saunier@cea.fr

**SAVOYE Alan**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**SELLIEZ Christophe**

Lemer Pax  
LA CHAPELLE-SUR-ERDRE – FRANCE  
+33 6 73 67 07 49  
christophe.selliez@lemerpax.com

**SELVA Michel**

ATSR  
FROGES – FRANCE  
michel.selva@atsr-ri.fr

**SENÉ Jean-Michel**

Bertin Instruments  
MONTIGNY-LE-BRETONNEUX – FRANCE  
jean-michel.sene@bertin.group

**SIMONET Antoine**

Orano DS  
FRANCE  
antoine.simonet@orano.group

**SOYKA Attil**

ABGX  
CLERMONT-FERRAND – FRANCE  
+33 9 72 38 65 16  
attil.soyka@abgx.fr

**SPAZIANI Quentin**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**STRANSKY Jeanne**

CERAP  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
jstransky@cerap.fr

**TARDY Sébastien**

Lemer Pax  
LA CHAPELLE-SUR-ERDRE – FRANCE  
+33 2 40 25 24 04  
sebastien.tardy@lemerpax.com

**TAVERNIER Sébastien**

Radioprotection  
Nuvia Prévention  
PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 96 51 12  
sebastien.tavernier@nuvia.com

**TOUDIC Kevin**

Loryon  
OLIVET – FRANCE  
+33 1 86 28 00 35  
kevin.toudic@loryon.com

**TOUMOUCHE Yacine**

Orano  
CHÂTILLON – FRANCE  
yacine.toumouch@orano.group

**TRUPHEMUS Thibaut**

Service d'Intervention Radiologique  
et de Surveillance  
IRSN  
FONTENAY-AUX-ROSES – FRANCE  
+33 608765563  
thibaut.truphemus@irsn.fr

**UFFREN Frederic**

Maintenance nucléaire  
Faure Technologies  
VALENCE – FRANCE  
f.uffren@faure-technologies.com

**VAILLANT TROMEL Valerie**

HSE/RP/CS  
ATSR / CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 7 54 11 06 37  
valerie.tromel@cern.ch

**VAILLOUD Guillaume**

Université d'Aix Marseille  
LA CIOTAT – FRANCE

**VALENTIN Nicolas**

Démantèlement et Services  
Orano DS  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
nicolas.valentin1@orano.group

**VALLA Gilles**

MPE  
BOLLÈNE – FRANCE  
+33 4 90 30 91 73  
info@mpe-site.com

**VALLA Kévin**

Maintenance  
MPE  
BOLLÈNE – FRANCE  
+33 4 90 30 91 73  
sandie.faure@mpe-site.com

**VAN DORPE François**

DDSD/URMC/SPUC  
CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 6 74 82 82 43  
francois.vandorpe@cea.fr

**VAN GORKUM Christophe**

Landauer Europe  
VÉLIZY-VILLACOUBLAY – FRANCE  
+33 1 40 95 62 90  
cvangorkum@landauer.fr

**VARO Julia**

Bertin Instruments  
MONTIGNY-LE-BRETONNEUX – FRANCE  
julia.varo.stage@bertin.group

**VERGER Maxime**

ABGX  
CLERMONT-FERRAND – FRANCE  
+33 9 72 38 65 16  
maxime.verger@abgx.fr

**VERNET Julie**

Q2SER  
LE TEIL – FRANCE  
julie.vernet@q2ser.com

**VERON Florian**

Radioprotection  
ONET Technologies ND  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 90 10 03  
fveron@onet.fr

**VIALLESOUBRANNE Carole**

DG/CEAMAR/DUSP/SPR  
CEA Marcoule  
BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 79 53 00  
carole.viallesoubranne@cea.fr

**VIDOR Amélie**

NEU-JFK Delta Neu  
LA CHAPELLE D'ARMENTIÈRES – FRANCE  
Melanie.RANOUX@neujkf.com

**VIGINEIX Thomas**

Orano LEA  
PIERRELATTE – FRANCE  
thomas.vigineix@orano.group

**VIGNEAU Olivier**

CEA Cadarache  
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE – FRANCE  
+33 4 42 25 70 45  
olivier.vigneau@cea.fr

**VILLAGE Sandra**

ATSR / CERN  
CROZET – FRANCE  
sandra.village@cern.ch

**VIVIER Alain**

DOSIMEX SAS  
CHERBOURG-EN-COTENTIN – FRANCE  
+33 2 33 52 56 54  
alain.vivier@dosimex.fr

**VOJTYLA Pavol**

Radioprotection  
CERN  
GENÈVE – SUISSE  
+41 22 767 3892  
pavol.vojtyla@cern.ch

**VOYTCHEV Miroslav**

IRSN  
GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 55 12  
miroslav.voytchev@irsn.fr

**ZILBER Marine**

Direction stratégique Démantèlement,  
Déchets  
Orano DEM  
CHÂTILLON – FRANCE  
+33 6 30 87 49 26  
marine.zilber@orano.group

**ZONGO SITROUGNE Soufian**

Carmelec  
PERPIGNAN – FRANCE  
+33 6 27 35 32 08  
soufian.zongo@carmelec.fr



atsr-ri.fr

27<sup>e</sup> CONGRÈS DE RADIOPROTECTION

**ATSR 2022**

*Du 20 au 22 septembre*

Organisé par l'Association pour les  
Techniques et les Sciences de Radioprotection,  
avec le soutien de :



**ESPACE RENCONTRE - ANNECY-LE-VIEUX**

## LISTE DES SPONSORS ET EXPOSANTS

**ABGX****Stand 67**

*La société ABGX développe et distribue le 1<sup>er</sup> logiciel de pilotage dédié à la radioprotection et à la physique médicale. Nous vous accompagnons de l'intégration de l'outil à son utilisation complète grâce à des équipes dédiées.*

9 rue Claude Burdin  
63100 CLERMONT-FERRAND – FRANCE  
+33 9 72 38 65 16  
info@abgx.fr  
<https://www.abgx.fr>

**APVL ingénierie****Stand 26**

*Spécialiste français depuis 1994 en radioprotection, dosimétrie et sécurité, APVL commercialise des appareils de mesure et assure la maintenance.*

3 Allée de la Ferme de la Rabelais  
37540 SAINT-CYR-SUR-LOIRE – FRANCE  
+33 2 47 87 09 10  
info@apvl.com  
[www.apvl.com](http://www.apvl.com)

**ATSR****Stand 22**

*Association pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection.*

47 rue Louis Pasteur  
Leuville-sur-Orge  
91310 MONTLHÉRY – FRANCE  
[www.atsr-ri.com](http://www.atsr-ri.com)

**Berthold France****Stand 15**

*Fabrication, vente et maintenance de matériel de mesure en radioprotection.*

8 route des Bruyères  
78770 THOIRY – FRANCE  
+33 1 34 94 79 00  
berthold-france@berthold.com  
[www.berthold.com/fr-fr/radioprotection/](http://www.berthold.com/fr-fr/radioprotection/)

**Bertin Technologies****Stand 52**

*Bertin Technologies fournit une gamme complètes de systèmes et instruments dédiés à la détection, la surveillance et la mesure des rayonnements ionisants, couvrant un large panel d'applications civiles et militaires.*

Parc d'Activités du Pas du Lac  
10 bis avenue Ampère  
78180 MONTIGNY-LE-BRETONNEUX  
FRANCE  
+33 1 39 30 60 00  
communication@bertin.fr  
[www.bertin-instruments.fr](http://www.bertin-instruments.fr)

**CEA Saclay /  
CEA Marcoule****Stand 42**

[hector.gomez@cea.fr](mailto:hector.gomez@cea.fr)

**CERAP Prevention****Stands 33 - 36**

*Radioprotection, Hygiène & Sécurité, Formation aux risques radiologiques et conventionnels. Instrumentation de mesure radiologique, Sûreté des installations, Ingénierie technique & Support aux projets.*

Regus Geneva The Hive  
Route du Nant d'Avril 150  
1217 MEYRIN – SUISSE  
contact@cerap.ch  
<http://www.cerap.group/>

**DELTA NEU****Stand 58**

*DELTA NEU conçoit et réalise des installations liées au traitement industriel de l'air : filtration, dépoussiérage, ventilation, climatisation.*

PA de la Houssoye - Rue Ampère  
59930 LA CHAPELLE-D'ARMENTIÈRES  
FRANCE  
+33 3 20 10 11 74  
contact@delta-neu.fr  
[www.delta-neu.fr](http://www.delta-neu.fr)

**DEMBoost****Stand 24**

*Développement de solutions innovantes dans la mesure, la logistique et la sûreté nucléaire.*

30 rue Proudhon  
93210 SAINT-DENIS – FRANCE  
smalacarne@demboost.com  
<http://dempnp.com/>

**DR Technologie****Stand 58**

*DR Technologie est concepteur et fabricant français de solutions de sécurité au travail pour l'ensemble des CNPE (SAS de confinement, housses de protection, solutions spécifiques FME, ...).*

1 chemin de la Coume  
09300 LAVELANET – FRANCE  
clissa@dr-technologie.com  
[www.dr-technologie.eu](http://www.dr-technologie.eu)

**Fuji Electric France****Stand 34**

*Développement et fabrication d'appareils de contrôle des radiations : dosimètres électro-niques personnel et radiamètre à neutrons*

46 rue Georges Besse  
ZI du Brézet  
63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2  
FRANCE  
+33 4 73 15 70 06  
sales.dpt@fujielctric.fr  
[www.fujielctric.fr](http://www.fujielctric.fr)

**Groupe D&S****Stand 54**

*Le groupe D&S accompagne les entreprises dans la maîtrise de leurs risques, notamment en milieu nucléaire : RP, HSE, amiante, formation, EPVR, études, démantèlement, matériel...*

573 avenue de l'Hermitage  
30200 BAGNOLS-SUR-CÈZE – FRANCE  
+33 4 66 39 68 68  
contact@ds-groupe.fr  
[www.ds-groupe.fr](http://www.ds-groupe.fr)

**HTDS****Stand 6**

*HTDS propose une gamme complète de solution d'instrumentation nucléaire et d'équipements pour la radioprotection.*

3 rue du Saule Trapu  
91300 MASSY – FRANCE  
+33 6 01 20 17 80  
info@htds.fr  
[www.htds.fr/nucleaire-radioprotection/](http://www.htds.fr/nucleaire-radioprotection/)

**Icohup****Stand 66**

*Icohup propose les meilleures solutions de dosimétrie connectée pour maîtriser le risque et ainsi minimiser l'exposition en améliorant la sécurité des professionnels et de l'environnement.*

26 allée du Poudrier  
87000 LIMOGES – FRANCE  
+33 5 55 42 71 68  
contact@icohup.com  
<https://icohup.com>

**Idealex****Stand 31**

*Conception et fabrication de protection radiologique interventionnelle.*

4 rue Gustave Eiffel  
41100 VENDÔME – FRANCE  
+33 2 54 73 90 90  
idealex@idealex.fr  
[www.idealex.fr](http://www.idealex.fr)

**INSTN - CEA Saclay****Stand 56**

*L'école de spécialisation des énergies bas carbone et des technologies de la santé.*

Centre d'enseignement  
Bâtiment 369 - PC n°35  
91191 GIF-SUR-YVETTE – FRANCE  
+33 1 69 08 43 09  
thibault.devirgille@cea.fr  
<https://instn.cea.fr/>

**IRSN Dosimétrie****Stand 45**

*IRSN DOSIMETRIE assure depuis plus de 50 ans le suivi dosimétrique des travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants dans le cadre de leur activité professionnelle en dosimétrie interne et externe.*

31 rue de l'Ecluse  
78294 CROISSY-SUR-SEINE CEDEX  
FRANCE  
+33 1 30 15 52 22  
dosimetre@irsn.fr  
<http://dosimetre.irsn.fr/fr-fr>

**Lemer Pax****Stand 35**

*Leader mondial de l'innovation en radioprotection, Lemer Pax recherche, conçoit et fabrique des solutions de radioprotection destinées au nucléaire, la recherche, l'industrie et l'univers médical.*

72 rue de Lorraine  
ZA Erdre Active - Malabry  
44240 LA CHAPELLE-SUR-ERDRE  
FRANCE  
+33 2 40 25 24 04  
contact@lemerpax.com  
[www.lemerpax.com](http://www.lemerpax.com)

**Loryon****Stand 44**

*Un expert indépendant pour gérer l'ensemble de vos problématiques de radioprotection.*

336 boulevard Duhamel du Monceau  
45160 OLIVET – FRANCE  
+33 1 86 28 00 35  
contact@loryon.fr  
[www.loryon.com](http://www.loryon.com)

**Mirion Technologies****Stand 14**

*Mirion Technologies capitalise une expérience de plus de 60 ans dans la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les effets des rayonnements ionisants.*

174 route de d'Eyguières  
13113 LAMANON – FRANCE  
+33 4 88 93 85 56  
mkt-europe@mirion.com  
[www.mirion.com](http://www.mirion.com)

**MPE****Stand 41**

*Vérification, étalonnage, maintenance, contrôle périodique réglementaire et vente d'appareils de mesure de radioprotection.*

Site du Sactar  
84500 BOLLÈNE – FRANCE  
info@mpe-site.fr  
[www.mpe-site.com](http://www.mpe-site.com)

**NPO Europe****Stand 23**

*Commercialisation de protections biologiques.*

119 rue du Temple de Blossne  
35136 SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE  
FRANCE  
+33 2 99 83 96 40  
npoeurope@eichrom.com  
[www.eichrom.com](http://www.eichrom.com)

**Nuvia****Stand 11**

*Prévention des risques, Radioprotection, Hygiène, sécurité, environnement. Sûreté. Mesure nucléaire : expertise chaînes de mesures, maintenance, équipement, conception, fabrication.*

85 avenue Archimède  
13857 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 3  
FRANCE  
+33 4 42 61 27 00  
christophe.keller@nuvia.com  
[www.nuvia.fr](http://www.nuvia.fr)

**Orano DS****Stand 13**

*Prestataire de services en milieu nucléaire (Assainissement/démantèlement/traitement des déchets) et services aux exploitants nucléaires et non électronucléaire pour son activité Oxilio tm.*

STMI ZAC de Courcelle  
1 route de la Noue  
91196 GIF-SUR-YVETTE CEDEX – FRANCE  
+33 1 69 18 43 19  
ds@orano.group  
[www.orano.group](http://www.orano.group)

**Orano LEA****Stand 13**

*Le LEA fabrique et distribue des sources radioactives pour le contrôle et l'étalonnage d'équipements de radiodiagnostic médical, de radioprotection et de métrologie.*

Site ORANO du Tricastin  
26700 PIERRELATTE – FRANCE  
+33 4 75 96 56 00  
sales@lea-sources.com  
[www.lea-sources.com](http://www.lea-sources.com)

**SDEC France****Stand 32**

*Fabricant d'équipements destinés à l'étude et à la surveillance de l'environnement (air-eaux-sols).*

ZI de la Gare  
CS 50027 Tauxigny  
37310 REIGNAC-SUR-INDRE – FRANCE  
+33 2 47 94 10 00  
info@sdec-france.com  
[www.sdec-france.com](http://www.sdec-france.com)

## PLAN DE L'EXPOSITION - Salle 900 - Espace Rencontre - Annecy-le-Vieux



## LISTE DES STANDS

|                    |              |                      |          |                     |          |
|--------------------|--------------|----------------------|----------|---------------------|----------|
| ABGX               | Stand 67     | DR Technologie       | Stand 58 | Loryon              | Stand 44 |
| APVL ingénierie    | Stand 26     | Fuji Electric France | Stand 34 | Mirion Technologies | Stand 14 |
| ATSR               | Stand 22     | Groupe D&S           | Stand 54 | MPE                 | Stand 41 |
| Berthold France    | Stand 15     | HTDS                 | Stand 6  | NPO Europe          | Stand 23 |
| Bertin Instruments | Stand 52     | Icohup               | Stand 66 | Nuvia               | Stand 11 |
| CEA                | Stand 42     | Idealex              | Stand 31 | Orano DS            | Stand 13 |
| CERAP Prevention   | Stands 33-36 | INSTN                | Stand 56 | Orano LEA           | Stand 13 |
| DELTA NEU          | Stand 58     | IRSN Dosimétrie      | Stand 45 | SDEC France         | Stand 32 |
| DEMBoost           | Stand 24     | Lemer Pax            | Stand 35 |                     |          |



## PLAN DE SITUATION DES HÔTELS



**1 Hôtel Campanile**

**2 Hôtel les Muses**