

# ATSR

## RAYONNEMENTS IONISANTS

TECHNIQUES de MESURES et de PROTECTION



» ACTUALITÉS  
DIVERSES



» JEUX ATSR



» HISTORIQUE  
NUCLÉAIRE



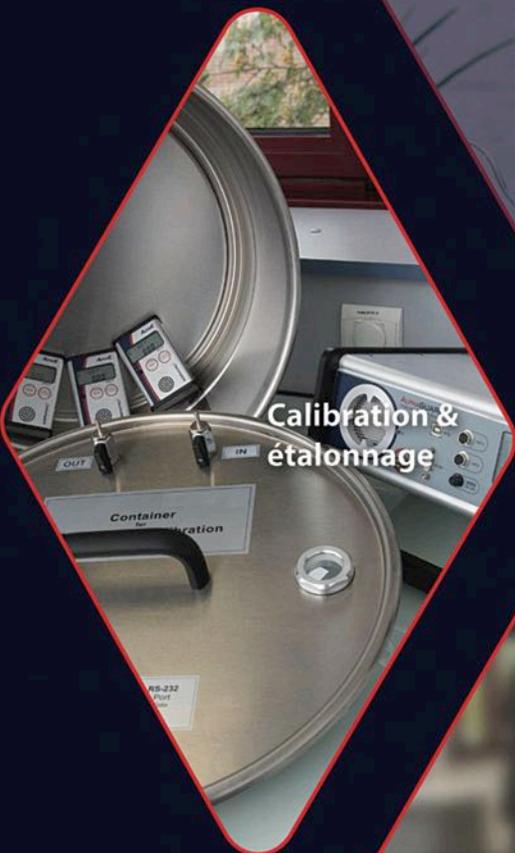
n° 1  
2023

# ÉQUIPEMENTS D'EXPERTISE POUR LA MÉTROLOGIE DU RADON

Surveillance de  
l'environnement  
(air, sol, eau)



Calibration &  
étalonnage



Mesure du Radon  
dans les habitations et  
lieux de travail



**RAYONNEMENTS  
IONISANTS**



**TECHNIQUES  
de MESURES et  
de PROTECTION**

52<sup>ème</sup> année - Dépôt légal - Revue n°1/2023  
ISSN 0397 . 9210



Revue éditée et publiée par l'

**ATSR**

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

Siret n° 785 205 832 00013 - APE 9499Z

***Rédacteur en chef :***  
**Marie-Laure BEISO**

***Rédaction :***  
**Marie-Laure BEISO - Yvon ALGOET - Christian BOUDOU - Lionel DE PADUA  
Philippe BRUGUERA - Nabil MENAA - Fabrice MONTREUIL - Serge MILLION**

***Publicité :***  
**Fabrice MONTREUIL**

**Téléphones et adresses en pages intérieures**

*Les opinions exprimées dans les articles sont sous la responsabilité de chaque auteur.*

*Réalisation & impression : IMPRIMERIE MOLLET - 04100 Manosque*

# RAYONNEMENTS IONISANTS

# ATSR-Ri

Revue n°1 / 2023

## Editorial

- L'Edito de Marie-Laure Beiso ..... p 3

## Articles

- Actualités diverses ..... p 5
- Jeux : l'ATSR Challenge ..... p 13
- Historique nucléaire ..... p 31

## Publi-reportage

- BERTHOLD ..... p 41
- APVL ..... p 42

## Publi-infos

- DOSICASE ..... p 4
- D&S ..... p 8
- SDEC ..... p 12
- CERAP ..... p 15
- NUVIA ..... p 23
- HTDS ..... p 27
- APVL ..... p 28
- LANDAUER ..... p 30
- IRSN ..... p 34
- MIRION ..... p 37
- BERTIN (2<sup>ème</sup> de couverture)
- BERTHOLD (3<sup>ème</sup> de couverture)
- CARMELEC (4<sup>ème</sup> de couverture)

## Association

- Internet ..... p 44
- Le cahier de l'association ..... p 45
- Le mot du Président ..... p 46
- Jeux : réponses au Big Game ..... p 47
- Conseil d'administration et membres des commissions ..... p 50
- Les délégués régionaux ..... p 51
- Coordonnées des membres responsables ..... p 52
- Page publicitaires ..... p 54
- Abonnements ..... p 55
- Demande d'adhésion ..... p 56

# L'EDITO

**Marie Laure BEISO**, rédacteur en chef



Pour 2023, la couverture de RAYONNEMENTS IONISANTS change de teinte en abandonnant le vert pour le bleu, couleur évoquant l'eau, l'air et l'espace, trois éléments clés de cette discipline passionnante qu'est la radioprotection.

Dans ce numéro, nous vous proposons de revenir sur des événements marquants du nucléaire en France, depuis la création du Commissariat à l'Energie Atomique en 1947 jusqu'à nos jours.

L'histoire du nucléaire, en France et dans le monde, est ponctuée d'avancées technologiques remarquables, mais aussi d'événements qui ont souligné l'importance de renforcer la radioprotection, discipline cruciale pour la sûreté nucléaire.

Alors que la demande d'énergie ne cesse de croître, la France a décidé de relancer un programme ambitieux de nouveaux réacteurs. Nous revenons sur cette actualité dans ce numéro, notamment avec le vote de la loi sur l'accélération de la relance du nucléaire.

Enfin, pour rendre votre lecture encore plus agréable nous vous proposons de tester vos connaissances en radioprotection avec l'ATSR Challenge. Ce défi sera l'occasion pour vous de mettre à l'épreuve vos neurones et votre capacité à évaluer sous différents angles la radioprotection, nous ne vous en disons pas plus.... Nous espérons que vous apprécierez ce numéro et nous vous souhaitons une excellente lecture.

# DosiCase®

Simulateur d'intégration  
dosimétrique pour la formation  
des personnels soumis  
aux rayonnements



DosiCase® est l'outil contenant tous les matériels nécessaires pour sensibiliser le personnel aux risques radiologiques lors des formations obligatoires de type RP1/RP2/PR1/CSQ/SCN...

Le simulateur est équipé de dosimètres individuels, de sources d'émission de rayonnement gamma et de radimètres.



Tous ces matériels sont commandés par une tablette tactile permettant de paramétrer les équipements et de déclencher des alarmes.

Afin de répondre aux besoins les plus larges, DosiCase® a été pensé pour permettre aux formateurs de créer leurs propres scénarios.

Le formateur suit en temps réel, pour chaque apprenant la dose cumulée et le débit de dose instantané détecté par les dosimètres. Un affichage temps réel sur tablette permet de visualiser les opérations en cours.

Chaque niveau d'alarme est paramétrable. Le formateur a également la possibilité d'éteindre à distance l'affichage d'un dosimètre, voire de plusieurs, pour simuler une panne et même de déclencher toutes les alarmes de son choix.



## NucleoSoft®



Télécharger dans  
l'App Store



✉ Pour toute démonstration ou devis:  
contact@dasicase.com || www.dasicase.com

in DosiCase®



# ACTUALITÉS DIVERSES



## Une loi de relance du nucléaire adoptée à une très large majorité

Le Projet de loi relatif à « l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes » a été adopté, en première lecture, le 21 mars dernier.

Cette loi permet d'accélérer les projets de construction des réacteurs EPR2 grâce à :

- Une simplification des procédures
- L'autorisation d'installer des centrales en bord de mer
- Des mesures d'expropriation, avec prise de possession immédiate.

Prolonger les installations nucléaires actuelles en simplifiant les procédures de réexamen et la fermeture définitive doit obligatoirement faire l'objet d'un décret de fermeture.

Il a été ajouté une demande de rapport visant à évaluer les besoins en formation et en compétences pour la filière nucléaire, notamment pour les métiers de la filière nucléaire (tuyauteur, soudeur,...) pour les 30 prochaines années.

De plus, un rapport complémentaire devra être présenté au Parlement afin de clarifier les choix technologiques envisagés par le gouvernement pour stimuler la relance de l'industrie nucléaire.

## Quel sort pour l'IRSN ?

Un amendement proposé par le gouvernement, prévoyant la fusion de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), a été supprimé.

À la place, les parlementaires ont voté en faveur d'un nouvel amendement (article 9A ci-dessous) qui vise à assurer la distinction des activités menées par les deux organismes.

L'IRSN est un organisme indépendant qui fournit des expertises qu'elle fournit à l'ASN pour prise de décision. Cette séparation garantit l'impartialité nécessaire à leurs missions.

**MESURES RELATIVES AU FONCTIONNEMENT  
DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE EXISTANTES**

**Article 9 A**

*Dans un délai de six mois à compter de la promulgation de la présente loi, le Gouvernement remet au Parlement un rapport recensant les besoins prévisionnels humains et financiers pour assurer les missions de contrôle, d'expertise et de recherche de l'Autorité de sûreté nucléaire, de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire et du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, dans le contexte de relance de la production d'électricité nucléaire, en garantissant un niveau de ressources suffisant en cas de nouvelle organisation de ces missions.*

*Le rapport précise le périmètre des transferts des différentes missions de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, les conditions de transfert et de recrutement des personnels et les enjeux budgétaires et financiers, en précisant le niveau de ressources garantissant une réponse adéquate aux besoins de l'ensemble des projets liés au nucléaire.*

*Ce rapport présente également les possibilités d'organiser l'accès des personnels concernés par ces transferts, par la voie de concours à accès réservé, à des corps de fonctionnaires dont des membres sont affectés au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire à la date de promulgation de la présente loi.*

**Réacteur nucléaire EPR2** : il s'agit d'un modèle de troisième génération conçu pour produire de l'électricité de manière plus sûre et plus efficace. L'acronyme EPR signifie "European Pressurized Reactor", soit réacteur européen sous pression. L'EPR2 est la version améliorée de l'EPR, avec des modifications qui visent à accroître encore la sûreté et la fiabilité du réacteur.

Le réacteur EPR2 utilise de l'uranium enrichi comme combustible et de l'eau pressurisée comme fluide de refroidissement et de modération. Le système de refroidissement est conçu pour être plus robuste que ceux des réacteurs précédents. Ce réacteur est équipé de multiples barrières de sécurité pour minimiser les risques d'accidents. On compte parmi ces systèmes de protection indépendants des capteurs, des dispositifs de contrôle automatique, des systèmes de secours, des cuves de confinement et des enceintes de confinement. Ces systèmes visent à détecter les anomalies dans le fonctionnement du réacteur et à les corriger en temps réel, mais également à empêcher la propagation de matières radioactives à l'extérieur du réacteur en cas d'incident.

Les barrières de sécurité constituent un système redondant qui est mis en place pour minimiser les risques d'accidents nucléaires, mais également pour limiter les conséquences de ces accidents. En outre, ces barrières peuvent également inclure des dispositifs de filtration de l'air et de l'eau, ainsi que des mesures de confinement pour protéger les travailleurs et les populations environnantes.

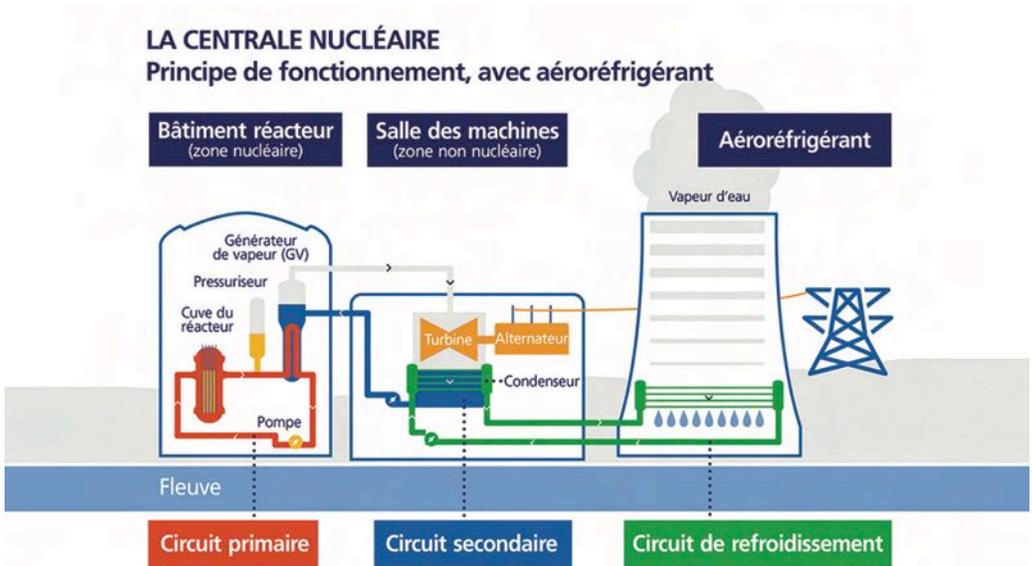
L'objectif ultime des multiples barrières de sécurité est de garantir la sûreté du réacteur et de protéger la population et l'environnement en cas d'incident nucléaire. En effet l'EPR2 est conçu pour minimiser les rejets radioactifs dans l'environnement en cas d'incident, ainsi que pour faciliter la gestion des déchets radioactifs produits.

Des mesures de sécurité et de protection renforcées sont mises en place pour protéger les travailleurs et les populations environnantes en cas d'accident potentiel. En outre, les matériaux et équipements utilisés dans la construction du réacteur sont sélectionnés pour leur résistance à la corrosion et à l'usure, afin de garantir la fiabilité à long terme du réacteur.

Nous avons réalisé un dossier complet dans le numéro 2022-04 de RAYONNEMENTS IONISANTS.

## Où seront implantés les six prochains réacteurs ?

*AUTREMENT DIT QUEL IMPACT SUR LES COURS D'EAU ?*



Des informations circulent sur les réseaux sociaux affirmant que la sécheresse menace les centrales nucléaires en raison de leur forte consommation d'eau.

Une centrale nucléaire fonctionne grâce à trois circuits d'eau indépendants. Le circuit primaire est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) à une température de 300°C. L'eau capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur. Dans ces derniers, l'eau chaude du circuit primaire chauffe l'eau du circuit secondaire qui se transforme en vapeur. Cette dernière entraîne l'alternateur qui produit de l'électricité. Après avoir traversé la turbine, la vapeur est à nouveau transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide. Ce troisième circuit est celui de refroidissement.



**Safety SHOP** Equipements et matériels RP  
MATÉRIELS DE PROTECTION ET DE MESURE



**Toute la radioprotection**

**D&S** Ingénierie de la Radioprotection  
INGÉNIERIE



**AQMARI'S** Radioprotection opérationnelle



**KAIROS** Formation Radioprotection  
Formations



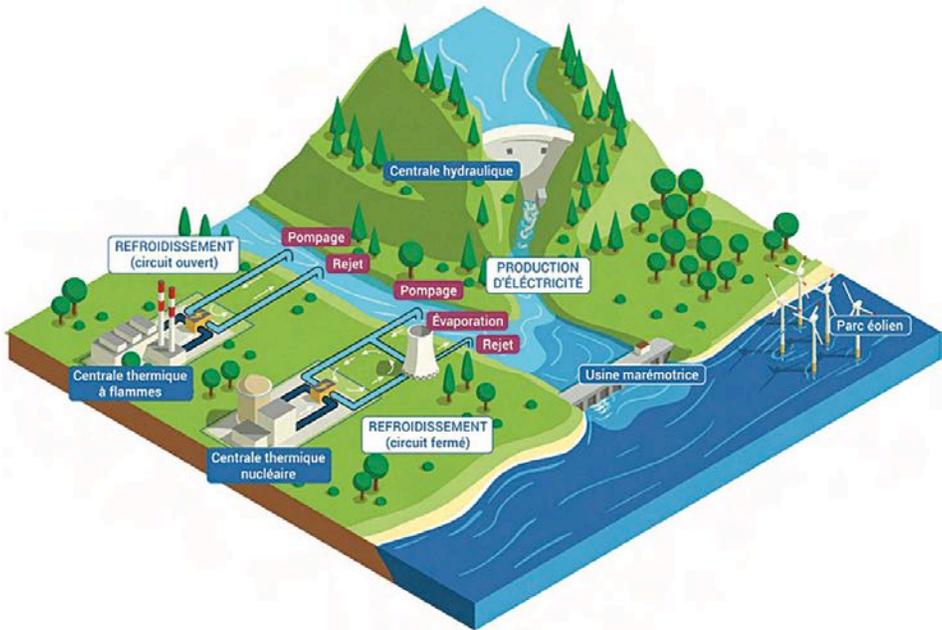
**FILDEM** Assistance Assainissement et Démantèlement



**NOS CERTIFICATIONS**



Groupe D&S, 573 avenue de l'Hermitage 30200 Bagnols sur Cèze  
 04 66 39 80 73 / contact@ds-groupe.fr



Deux types de refroidissement radicalement opposés peuvent être utilisés : **le refroidissement en circuit ouvert et le refroidissement en circuit fermé.**

Le refroidissement en circuit ouvert, également appelé refroidissement à l'eau brute, consiste à puiser de l'eau dans une source extérieure, telle qu'une rivière ou un lac, pour refroidir le réacteur. L'eau circule ensuite à travers le réacteur pour absorber la chaleur produite avant d'être rejetée dans l'environnement. Ce système est simple et peu coûteux, mais peut avoir un impact sur l'environnement en raison du rejet d'eau chaude. Par exemple, un réacteur de 900 MW nécessite un prélèvement d'eau de 45 m<sup>3</sup>/seconde, un réacteur de 1300 MW a besoin de 57 m<sup>3</sup>/seconde et un EPR de 1650 MW peut aller jusqu'à 61 m<sup>3</sup>/seconde. Toutefois, ces quantités d'eau prélevées sont toutes restituées à 100% dans le cours d'eau ou la mer. Ainsi, pour l'ensemble des centrales nucléaires, près de 98% de l'eau prélevée est retournée à la mer ou aux cours d'eau, car les réacteurs fonctionnent en circuit ouvert. Pour cette raison, ils sont implantés en bord de mer ou sur des fleuves dont le débit est toujours supérieur à leur besoin, même en cas de sécheresse exceptionnelle.

Le refroidissement en circuit fermé avec aéroréfrigérants, quant à lui, utilise un système de boucle fermée dans lequel l'eau est continuellement recyclée. L'eau est pompée à travers le réacteur pour absorber la chaleur produite, puis envoyée à travers un échangeur de chaleur où la chaleur est transférée à un autre circuit d'eau qui produit de la vapeur pour alimenter les turbines de la centrale électrique. L'eau refroidie retourne ensuite au réacteur pour recommencer le cycle. Bien que ce système soit plus coûteux à mettre en place, il est plus efficace et a moins d'impact sur l'environnement en raison de la réutilisation de l'eau. Par exemple, les centrales installées sur les grands fleuves comme le Rhône ne nécessitent qu'un prélèvement d'eau de 4,6 m<sup>3</sup>/seconde par réacteur, tandis que pour ceux de la centrale de Civaux sur la Vienne, qui sont pourtant plus puissants, le besoin est seulement de 2 m<sup>3</sup>/seconde. Les aéroréfrigérants permettent de libérer l'essentiel de la chaleur dans l'air en utilisant la vapeur produite et de restituer de l'eau peu réchauffée - avec un débit de 1,25 m<sup>3</sup>/seconde. De plus, cette eau est rejetée dans la rivière sans avoir subi une forte augmentation de température.

Le choix entre ces deux types de refroidissement dépendra des conditions locales, des coûts et des avantages environnementaux et techniques associés à chaque option. En France, seulement une dizaine de réacteurs fonctionnent en circuit ouvert.

En effet, les centrales nucléaires à eau brute ont besoin d'une quantité importante d'eau pour refroidir leurs réacteurs, et la diminution de la disponibilité en eau due à la sécheresse peut rendre leur fonctionnement plus difficile.

L'eau, dans les circuits de refroidissements ouverts est ensuite rejetée dans l'environnement à une température plus élevée qu'elle n'a été prélevée. Chaque centrale a ses propres limites réglementaires de température de rejet de l'eau à ne pas dépasser, afin de ne pas échauffer les cours d'eau environnants et d'en protéger la faune et la flore. La quantité d'eau estimée est d'environ 17 milliards de m<sup>3</sup> par an. Il tombe plus de 500 milliards de m<sup>3</sup> d'eau en France dont quasiment 100% retournent à l'océan entre 3 jours et 3 mois, car même si pour une centrale à circuit ouvert l'eau est vaporisée, elle finira par retomber.

Outre la consommation d'eau, les centrales nucléaires produisent également des effluents chimiques et radioactifs qui doivent être évacués en toute sécurité. Les rejets d'effluents radioactifs sont strictement réglementés et font l'objet d'un contrôle rigoureux avant leur évacuation dans l'environnement. Les centrales nucléaires ont donc la responsabilité de s'assurer que leurs rejets d'effluents ne représentent aucun danger pour l'environnement ni pour la santé des populations environnantes.

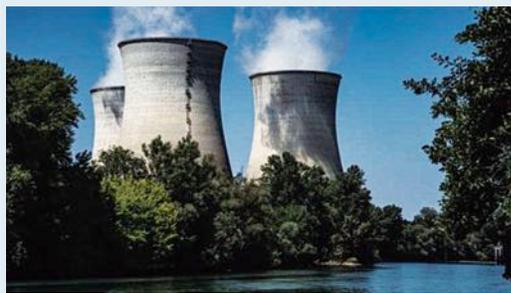
De mai à août 2022, cinq centrales nucléaires ont été contraintes de réduire leur production à cause de la chaleur ou de la sécheresse : Golfech, St Alban, Bugey, Tricastin et Blayais.

Suite aux canicules de 2003 et 2006, les centrales nucléaires françaises avaient connu des difficultés de refroidissement de leurs réacteurs, notamment en raison de la diminution de la disponibilité en eau dans les fleuves et les rivières.

L'aéroréfrigérant est une tour creuse en son centre dans laquelle se crée, naturellement, un courant d'air entrant en partie basse et sortant en partie haute. La tour est équipée de nombreuses ailettes en métal appelées "modules". Ces modules sont conçus pour permettre à l'eau de circuler à l'intérieur de leur structure tout en étant exposée à l'air ambiant. Lorsque l'eau circule à travers les modules, l'air ambiant la refroidit en absorbant la chaleur de l'eau.

L'air chaud produit par l'aéroréfrigérant est ensuite rejeté dans l'atmosphère en emportant avec lui des gouttelettes d'eau, tandis que l'eau refroidie est renvoyée vers l'échangeur de chaleur. Le processus de refroidissement de l'eau est continu, ce qui permet au réacteur nucléaire de fonctionner sans surchauffe.

En général, on estime que pour chaque mètre cube d'eau de refroidissement qui traverse l'aéroréfrigérant, environ 1 à 3% de l'eau peut être émise sous forme de vapeur. Cela signifie que pour un débit d'eau de 1,25 m<sup>3</sup>/s traversant l'aéroréfrigérant, la quantité d'eau émise sous forme de vapeur serait comprise entre 0,0125 m<sup>3</sup>/s et 0,0375 m<sup>3</sup>/s. Cette vapeur d'eau ne contient pas de radionucléide.



**Cet enjeu crucial de refroidissement est en fait lié au fonctionnement des turbines à vapeur, et non à la sûreté nucléaire** en elle-même. Ainsi, cette problématique de régulation de la température se poserait de la même manière sur des centrales utilisant d'autres sources d'énergie, telles que le charbon, le fioul, la biomasse ou certaines centrales à gaz.

Pour faire face à cette situation, la réglementation avait été revue afin d'offrir une plus grande flexibilité en période de canicule, permettant ainsi de s'adapter aux variations de la température de l'eau et d'assurer la sécurité des installations. Pour certaines centrales, deux niveaux de limite de rejets thermiques sont prescrits de manière permanente.

Le premier niveau de limite s'applique lors de conditions climatiques normales. Lorsque ces limites ne peuvent être respectées en raison principalement de la température de l'eau à l'amont de la centrale, la puissance des réacteurs est abaissée pour réduire l'effet des rejets thermiques sur le milieu naturel. Cela peut aller jusqu'à l'arrêt complet du réacteur.

Le second niveau de limite a été utilisé l'été dernier seulement par la centrale nucléaire de Golfech pendant quelques jours.

Ce mécanisme de flexibilité sur les limites à respecter a été mobilisé en août dernier, lorsque les centrales ont dû réduire leur production d'électricité en raison de la diminution de la disponibilité en eau pour le refroidissement de leurs réacteurs. Il est associé à un programme de surveillance renforcée de l'environnement.

Pour les autres, la température des fleuves et des rivières n'a pas dépassé les seuils autorisés par la réglementation en "période climatique exceptionnelle".

Cette situation montre l'importance de disposer d'une réglementation souple et adaptée aux variations climatiques, tout en garantissant la sécurité des installations nucléaires.

**Les effluents radioactifs**

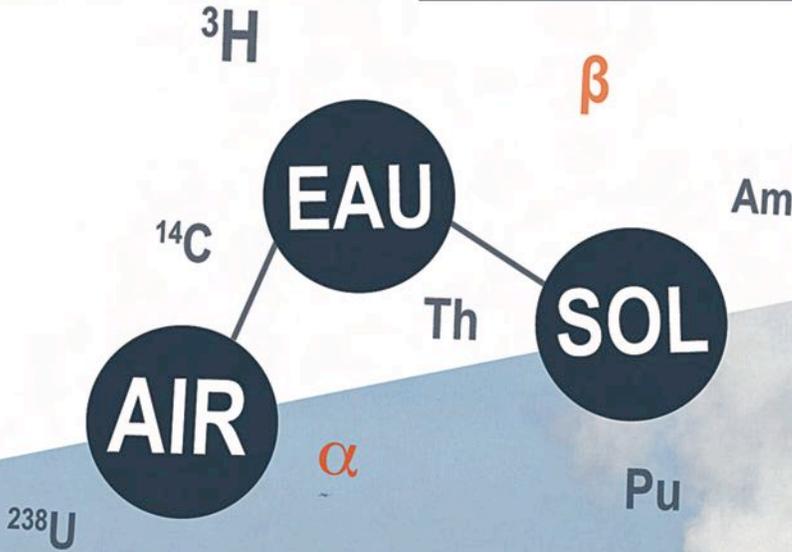
L'arrêté du 7 février 2012 fixe les prescriptions relatives aux rejets d'effluents liquides et gazeux des INB soumises à autorisation de l'article L. 593- 18 du code de l'environnement. Voici quelques exemples de limites réglementaires en vigueur pour les rejets autorisés :

- Le tritium : 100 Bq/L (Becquerel par litre)
- Le carbone-14 : 4 Bq/L
- Le strontium-90 : 0,1 Bq/L
- Le cobalt-60 : 0,04 Bq/L
- Le ruthénium-106 : 0,3 Bq/L
- L'iode-131 : 0,04 Bq/L

Ces limites varient selon les radionucléides et les types d'effluents rejetés (liquides ou gazeux) ainsi que selon les sites et les installations. Il convient également de préciser que certaines données spécifiques sont confidentielles, notamment celles relatives à la surveillance environnementale. Dans ce cas, ces informations ne sont pas accessibles au public et ne peuvent pas être divulguées sans autorisation. Cependant, l'ASN et les autorités de réglementation ont accès à ces informations pour assurer le contrôle et la surveillance de la radioprotection dans les centrales nucléaires. En pratique, il est important de préciser que la concentration et l'activité des radionucléides dans les effluents des centrales nucléaires peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la nature et la quantité de combustible utilisé, le type de réacteur et le processus de traitement des effluents.

*Source : IRSN, ASN, ministère de la transition écologique, EDF, Wikipedia, légifrance*





# ÉCHANTILLONNAGE ET DÉTECTION DES RADIONUCLÉIDES



# L'ATSR CHALLENGE

## **Salut les champions de la radioprotection !**

Vous voulez vous amuser tout en apprenant plus sur la radioprotection ? Ça tombe bien, nous vous proposons une redoutable compétition qui mettra vos neurones à rude épreuve : l'ATSR challenge. Quatre épreuves à relever pour mettre le nombre de points maximum au compteur.

Alors, concentrez-vous bien, prenez trois grandes inspirations et lisez attentivement chaque question, il y a 100 points à gagner. Si vous ne connaissez pas la réponse, prenez votre temps pour réfléchir. Et si vraiment vous ne savez pas, devinez ! On ne sait jamais, ça peut marcher... ou pas. Puis allez consulter les réponses, comptez et additionnez vos points dans la grille en dernière page du Challenge ATSR.

## **LES INCOLLABLES DE LA RADIO TOXICOLOGIE**



Avec l'aimable autorisation du CEA - Travail réalisé par les médecins du travail du service de santé au travail du CEA de Cadarache : Dr Gil AUBERGIER, Dr Nicolas BLANCHIN, Dr Agathe BON, Dr Romain GRARE, Dr Valérie JUVE et Dr Gilles MICHOT.

**Entourez les bonnes réponses pour chaque question. Si vous avez trouvé toutes les bonnes réponses pour chaque question comptez 4 points.**

**En cas d'erreur dans une question, tant pis c'est zéro pointé. Vous êtes prêts ? Alors, c'est parti pour Les Incollables !**

### **QUESTION N° 1 :**

#### **COMMENT EST DÉTERMINÉE LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE ?**

- a. Elle est déterminée par la catégorie radiologique du salarié (A ou B)
- b. Elle s'appuie sur les informations renseignées au niveau de la FPN
- c. Elle prend en compte la nature du poste (activité, port d'EPI...)
- d. Elle peut être complétée par le médecin du travail au cours de la visite médicale

### **QUESTION N° 2 :**

#### **QUELS SONT LES EXAMENS SUR LESQUELS PEUT S'APPUYER LE MÉDECIN POUR ESTIMER UNE DOSE INTERNE (DOSE EFFICACE ENGAGÉE) ?**

- a. L'anthroporadiométrie ou spectrométrie
- b. Les analyses radiotoxicologiques des urines et/ou des selles
- c. Un prélèvement de sang
- d. Le prélèvement de mucus nasal (PN)

### **QUESTION N° 3 :**

#### **POURQUOI PROCÈDE-T-ON À UNE PÉRIODE D'EXCLUSION LORS D'UN PREMIER CONTRÔLE RADIOTOXICOLOGIQUE POSITIF ?**

- a. Afin d'éviter tout nouveau risque d'incorporation avant une nouvelle analyse radiotoxicologique
- b. Cela permet d'orienter vers une voie d'incorporation (inhalation ou ingestion)
- c. C'est une mesure conservatoire en cas de suspicion de dose engagée
- d. Cela permet de rassurer le salarié

### **QUESTION N° 4 :**

#### **L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS RADIOTOXICOLOGIQUES NÉCESSITE :**

- a. De connaître la date d'incorporation
- b. De connaître la voie d'entrée dans l'organisme
- c. De s'appuyer sur plusieurs résultats d'examens
- d. L'utilisation des modèles biocinétiques de la CIPR

### **QUESTION N° 5 :**

#### **QU'EST-CE QUE LA DOSE INTERNE ?**

- a. C'est la somme de la dose reçue à chaque organe, elle-même pondérée par le facteur de radiosensibilité de cet organe (WT) : dose efficace
- b. Délivrée sur 50 ans : dose engagée
- c. La dose estimée est ajoutée à la dose externe corps entier des 12 mois glissants
- d. On retient une dose lorsque le calcul de la dose efficace engagée est  $>$  à 1 mSv (niveau d'enregistrement)

### **QUESTION N° 6 :**

#### **QUELS SONT LES TRAITEMENTS DISPONIBLES ?**

- a. Le DTPA permet la chélation du plutonium au niveau sanguin et évite sa fixation tissulaire
- b. Son administration doit être la plus rapide possible
- c. Après contamination par lode 131, on administre de l'iode stable pendant plusieurs jours pour limiter la fixation de l'I131 à la thyroïde
- d. En cas de contamination par du tritium, il est conseillé de boire beaucoup pour favoriser l'élimination

### **QUESTION N° 7 :**

#### **QUI EST INFORMÉ DU RÉSULTAT APRÈS LE CALCUL DE DOSE ?**

- a. Le salarié
- b. Le médecin du travail de l'entreprise extérieure
- c. L'employeur
- d. La base de donnée SISERI de l'IRSN

### **QUESTION N° 8 :**

#### **MON ENTOURAGE PREND-IL DES RISQUES SI JE SUIS CONTAMINÉ ?**

- a. Il n'y a aucun risque d'irradiation suite à une contamination
- b. Il peut y avoir un passage de contamination par les fluides corporels (rapports sexuels)
- c. Au cours de la grossesse, il faut évaluer la dose reçue par le bébé
- c. Dans la majorité des cas, à Cadarache, les conséquences sont négligeables pour l'entourage

### **QUESTION N° 9 :**

#### **EXISTE-T-IL DES RADIO-ISOTOPES NATURELS ?**

- a. Le corps humain est naturellement radioactif
- b. L'eau de boisson est une source d'apport en uranium naturel
- c. Certains traitements médicaux peuvent comporter des radioéléments naturels
- d. Il est fréquent de retrouver de l'uranium dans les analyses radiotoxicologiques (urines et selles)



**SÉCURITÉ et  
RADIOPROTECTION**

**MESURES NUCLÉAIRES**  
in situ ou en laboratoire

**MAINTENANCE et  
LOCATION** de matériels  
de radioprotection

**CONTRÔLE  
VENTILATION**



## L'innovation au cœur de notre ADN

ARREX, robot de cartographie radiologique

ATRON Metrology, accélérateur d'électrons et cible amovible en X  
pour la vérification d'étalonnage des radiamètres

Spectre réaliste | Débit de dose ajustable | Large gamme en énergie | Immobilisation réduite du matériel

## QUESTION N° 1 : B, C, D

La surveillance est déterminée par la FPN, en fonction des radio-isotopes (Ri) auxquels vous êtes potentiellement exposés, et en fonction de la nature du poste et des protections associées. Ceci détermine la nature et la fréquence des examens.

## QUESTION N° 2 : A, B

**L'anthroporadiométrie ou spectrométrie** : permet de mesurer les émissions sortant du corps humain (Emissions gamma et/ou X) en provenance des radionucléides inhalés ou ingérés. En cas de résultat « positif » cet examen nécessite d'être répété après douche pour s'assurer qu'il n'y a pas de contamination externe (cutanée) associée.

**Les analyses radiotoxicologiques des urines et/ou des selles** permettent, en surveillance de routine ou en cas de suspicion de contamination interne, d'identifier et de mesurer l'activité des radionucléides éliminés par le corps et qui se retrouvent dans les urines ou les selles. La répétition de ces examens permet une estimation de la date d'origine de la contamination lorsque celle-ci n'est pas connue.

Ils nécessitent au minimum une quinzaine de jours pour la préparation et la réalisation d'une mesure performante en terme de limite de détection par le laboratoire d'analyses médicales.

**Le prélèvement narinaire (PN)** : Cet examen simple permet un rendu qualitatif (« POSITIF / NEGATIF ») défini par rapport à des limites d'interprétation : S'il est réalisé rapidement après un incident il permet d'étayer la probabilité d'une contamination interne.

Contrairement aux analyses radiotoxicologiques des urines et des selles, il ne permet pas de réaliser une estimation de dose incorporée. C'est un indicateur d'exposition par inhalation.

**Les analyses de sang** ne permettent pas, en pratique courante, de détecter une activité radiologique dans l'organisme, car les volumes prélevés sont beaucoup trop faibles.

# REponses

## QUESTION N° 3 : A, B, C

Cette période en général de 3 jours permet d'éviter tout nouveau risque d'incorporation avant une nouvelle analyse radiotoxicologique. La vitesse d'élimination des radionucléides dans l'organisme dépend fortement du mode d'incorporation.

- Une ingestion est éliminée en 3 jours.
- Une inhalation conduit à un processus d'élimination beaucoup plus long qui dépend du radionucléide et de sa forme chimique. La période d'exclusion est donc importante puisqu'elle permet de contribuer à identifier le mode d'ingestion. Ainsi, lorsque la deuxième analyse est négative, le mode d'incorporation retenu est l'ingestion. Dans le cas contraire, on s'oriente vers l'inhalation et un suivi avec des analyses supplémentaires est nécessaire.

## QUESTION N° 4 : A, B, C, D

Les résultats de l'anthroporadiométrie et/ou des analyses radiotoxicologiques permettent d'estimer à l'aide de modèles théoriques l'activité en becquerel des radionucléides incorporés.

**Exemple** : si 10% de l'activité initiale passe dans les urines du premier jour, si je mesure 10 Bq, cela signifie que mon incorporation initiale était de 100 Bq.

Le principe de calcul est simple, mais il nécessite de connaître : Le radio-isotope, sa forme chimique, la voie de pénétration dans l'organisme (inhalation, ingestion ou plaie), la taille des particules (granulométrie), et bien sûr la date initiale de la contamination.

La complexité du calcul de la quantité incorporée est en grande partie liée aux incertitudes fréquentes sur les paramètres listés au-dessus. En particulier l'incertitude sur la date initiale de la contamination peut donner des écarts d'estimation. C'est pourquoi, le calcul de l'incorporation initiale, nécessitera toujours plusieurs mesures afin de réduire les incertitudes associées. C'est donc un processus long : quelques semaines à parfois plusieurs mois !

### QUESTION N° 5 : A, B, C, D

La dose interne est calculée à partir de la quantité incorporée estimée en la multipliant par un coefficient de dose appelé DPUI (dose par unité incorporée). Les DPUI sont propres à chaque radionucléide, à chaque forme chimique et dépendent aussi de la voie de pénétration dans l'organisme.

Exemple : 1000 Bq d'oxyde de plutonium 239 inhalé délivrent une dose de X. 1000 Bq de césium 137 inhalé délivrent une dose de Y.

La dose interne est la somme de la dose reçue à chaque organe. elle-même pondérée par le facteur de radiosensibilité de cet organe. C'est ce que l'on appelle la **dose efficace**.

Par ailleurs, comme les radioisotopes peuvent rester longtemps dans l'organisme (plusieurs années pour certains), on détermine la dose totale délivrée sur une période de 50 ans. C'est ce que l'on appelle la **dose engagée**.

**Au total, on parle de dose efficace engagée. On retient une dose au salarié lorsque l'estimation dépasse 1 mSv. C'est ce que l'on appelle le niveau d'enregistrement.**

En complément du strict respect des règles de propreté radiologique, il est conseillé de ne pas entreposer ses bocaux sur son lieu de travail et d'effectuer son ou ses prélèvement(s) idéalement à domicile le week-end (sauf cas particulier des incidents). Concernant les PN il convient également à ne pas « souiller » potentiellement les prélèvements lors de leur réalisation.

### QUESTION N° 6 : A, B, C, D

Certains traitements existent afin de limiter l'absorption dans l'organisme.

Exemple : le bleu de Prusse permet de complexer le césium au niveau digestif et de limiter si passage dans le sang.

D'autres traitements permettent d'augmenter l'élimination du produit de l'organisme.

Exemple : le DTPA permet d'augmenter l'élimination urinaire du plutonium et de diminuer sa rétention dans l'organique.

D'autres traitements permettent de limiter la fixation du produit sur certains organes.

Exemple : l'iode stable administré précocement permet d'éviter la fixation de l'iode 131 sur la thyroïde et de diminuer sa rétention dans l'organisme.

### QUESTION N° 7 : A, B, D

Le médecin du travail informe le salarié des résultats et de leur signification. Une fois les contrôles terminés, un courrier récapitulatif est envoyé au salarié et le cas échéant au médecin du travail de l'entreprise extérieure. Si la dose estimée est significative, elle est déclarée à SISERI pour enregistrement.

### QUESTION N° 8 : B, C, D

En cas de contamination « significative » ou après administration de radioéléments à vie courte comme l'iode 131, le Thallium 211, le Technétium 90m.....dans le cadre d'un traitement ou d'un diagnostic médical (scintigraphie). Il convient d'éviter tout échange de fluides corporels (rapports sexuels).

En dehors de cette situation, il n'y a aucun risque de transfert de la contamination.

Par mesure de précaution, il est recommandé d'éviter d'être en contact rapproché avec des femmes enceintes.

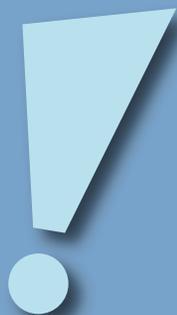
### QUESTION N° 9 : A, B, C, D

Oui et c'est la grande majorité des cas !

Par exemple le corps humain est naturellement radioactif = 4500 Bq 40K et 3500 Bq 14C.

L'uranium est extrait de la croûte terrestre et est présent dans tous tes aliments cultivés et les eaux de boisson.

Le carbone 14 est d'une grande utilité pour la datation.



# LES DEVINETTES RADIOPROTECTRICES

Ah, les Carambars et leurs devinettes cultes ! Souvenez-vous de ces moments d'insouciance où vous tentiez désespérément de deviner la réponse en mâchant votre caramel. Eh bien, voici une série de devinettes proposée par RAYONNEMENTS IONISANTS ! De quoi coller vos enfants et petits-enfants sur la radioprotection, tout en vous offrant un petit moment de nostalgie sur ces plaisirs sucrés. Alors, prêts à tester vos connaissances en sécurité nucléaire ?



**Attention, chaque bonne réponse vaut 2 points, mais si vous regardez les réponses avant de trouver la solution, enlevez-vous 2 points...**

**Bonne chance !**

**Pourquoi les radiations ionisantes sont-elles comme des enfants turbulents ?**

*Parce qu'elles peuvent causer des dégâts s'ils ne sont pas surveillés de près.*

\*\*\*

**Quel est le film préféré des radioprotectionnistes ?**

*"Les Dents de la Mer" (car ils doivent protéger les plongeurs contre les radiations sous-marines).*

\*\*\*

**Qu'est-ce que les radioprotectionnistes font pour se détendre après une longue journée de travail ?**

*Ils regardent des séries TV sur les dangers de la radioactivité.*

\*\*\*

Pourquoi les photons de haute énergie ont-ils des personnalités difficiles à comprendre ?

*Parce qu'ils ont une attitude "je suis tout à la fois" (ils ont à la fois des propriétés ondulatoires et corpusculaires).*

\*\*\*

Qu'est-ce que les radioprotectionnistes disent lorsqu'ils vont à la plage ?

*"Je vais profiter de la mer, mais je vais aussi surveiller les niveaux de rayonnement !"*

\*\*\*

Pourquoi les radioprotectionnistes ne sont-ils pas fans des comédies romantiques ?

*Parce que les histoires d'amour peuvent être radioactives (amour toxique).*

\*\*\*

Pourquoi les radioprotectionnistes préfèrent-ils les neutrinos aux électrons ?

*Parce que les neutrinos sont plus discrets et difficiles à détecter (comme les espions).*

\*\*\*

Qu'est-ce que les radioprotectionnistes disent lorsqu'ils rencontrent un extraterrestre ?

*"Eh bien, vous devriez probablement porter un dosimètre ici !"*

\*\*\*

Pourquoi les radioprotectionnistes adorent-ils les jeux de mots ?

*Parce que la radioactivité peut être un sujet lourd, donc un peu d'humour peut aider à alléger l'ambiance.*

\*\*\*

Qu'est-ce qu'un dosimètre qui aime le rock n' roll ?

*Un dosimètre qui donne des décibels de dose !*

\*\*\*

**Comptez 2 points par bonne réponse, si vous n'avez rien trouvé ce n'est pas si grave que ça, mais bon...**

**C'EST L'HEURE  
DU...**



*Prêts pour un petit quiz qui va faire chauffer vos neurones (et peut-être même vos compteurs Geiger)?*

*Les questions vont augmenter en difficulté au fil des questions, donc préparez-vous à vous surpasser.*

**Question 1 : Quel est le principal effet biologique des radiations ionisantes sur le corps humain ? (2 points)**

- a) Les radiations ionisantes ne sont pas dangereuses pour le corps humain
- b) Elles peuvent causer des brûlures cutanées
- c) Elles peuvent endommager l'ADN des cellules
- d) Elles peuvent causer des infections

**Question 2 : Qu'est-ce que l'effet stochastique des radiations ionisantes ? (2 points)**

- a) Un effet qui se produit immédiatement après une exposition aux radiations ionisantes
- b) Un effet qui se produit seulement après une exposition à des niveaux très élevés de radiations ionisantes
- c) Un effet qui augmente en gravité avec l'augmentation de la dose de radiation, mais dont la probabilité d'apparition est indépendante de la dose
- d) Un effet qui se produit seulement chez les personnes ayant une prédisposition génétique à développer des maladies radio-induites

**Question 3 : Qu'est-ce que la dose équivalente, en radioprotection ? (2 points)**

- a) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain
- b) La dose de radiation reçue par une personne suite à une exposition à des radiations ionisantes
- c) La quantité de radiation émise par une source radioactive donnée
- d) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations et les effets sur la santé

**Question 4 : Qu'est-ce que l'équivalent de dose, en radioprotection ? (3 points)**

- a) La quantité totale de radiations émises par une source radioactive
- b) La dose de radiation reçue par une personne suite à une exposition à des radiations ionisantes
- c) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain
- d) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations

**Question 5 : Qu'est-ce que l'effet RIBE (Radiation Induced Bystander Effect) en radiobiologie ? (3 points)**

- a) L'effet des radiations sur les tissus et les organes voisins de la zone irradiée
- b) L'effet des radiations sur les cellules souches et les cellules différenciées
- c) L'effet des radiations sur les cellules de l'organisme qui n'ont pas été directement irradiées
- d) L'effet des radiations sur l'ADN des cellules irradiées et des cellules voisines

**Question 6 : Qu'est-ce que la loi de Poisson dans le contexte de la radioprotection ? (3 points)**

- a) Une loi qui décrit la probabilité de l'effet stochastique des radiations sur l'ADN
- b) Une loi qui décrit la probabilité qu'un photon de rayonnement ionisant interagisse avec un tissu biologique
- c) Une loi qui décrit la probabilité d'un événement aléatoire comme une désintégration radioactive
- d) Une loi qui décrit la probabilité qu'une personne exposée à des radiations développe un cancer

**Question 7 : Un compteur Geiger mesure une moyenne de 10 désintégrations radioactives par seconde. Quelle est la probabilité qu'il détecte exactement 20 désintégrations au cours de la prochaine seconde ? (4 points)**

- a) 0,125 %
- b) 0,028 %
- c) 0,001 %
- d) 0,00057 %

**Question 8 : Un travailleur est exposé à une substance radioactive pendant plusieurs heures. Après l'exposition, un prélèvement d'urine est effectué pour mesurer la quantité de radionucléides éliminés. Les résultats montrent une activité de 5000 Bq pour une période radioactive de 5 heures. Quelle est la dose effective équivalente associée à cette exposition ? (5 points)**

- a) 0,03 mSv
- b) 0,3 mSv
- c) 3 mSv
- d) 30 mSv

Indice: Pour répondre à cette question, il faut connaître la formule de calcul de la dose effective équivalente, ainsi que les facteurs de pondération de la radioactivité interne et de la dose équivalente pour les reins.

# REponses au Quiz

**Question 1 :** La réponse correcte est c) Elles peuvent endommager l'ADN des cellules. Les radiations ionisantes peuvent provoquer des dommages à l'ADN des cellules, ce qui peut entraîner des mutations et d'autres effets biologiques potentiellement graves, tels que le cancer et les maladies génétiques. Les brûlures cutanées et les infections ne sont généralement pas des effets biologiques directs des radiations ionisantes.

**Question 2 :** La réponse correcte est c) Un effet qui augmente en gravité avec l'augmentation de la dose de radiation, mais dont la probabilité d'apparition est indépendante de la dose. L'effet stochastique des radiations ionisantes est un effet qui se produit de manière aléatoire, sans seuil de dose, et dont la probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose reçue. Les effets stochastiques sont généralement des effets cancérogènes ou mutagènes à long terme, tels que le cancer ou les maladies génétiques, et leur gravité augmente avec l'augmentation de la dose de radiation reçue.

**Question 3 :** La réponse correcte est d) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations et les effets sur la santé. La dose équivalente est une mesure de la dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations et les effets sur la santé. Elle est exprimée en sieverts (Sv) ou en millisieverts (mSv) et permet d'évaluer les risques pour la santé associés à une exposition aux radiations ionisantes. Les différentes formes de radiation ont des effets différents sur les tissus et les organes, c'est pourquoi il est important de prendre en compte la nature des radiations dans le calcul de la dose équivalente.

**Question 4 :** La réponse correcte est d) La dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations. L'équivalent de dose est une mesure de la dose de radiation absorbée par un tissu ou un organe du corps humain, pondérée par un facteur de risque qui prend en compte la nature des radiations et les effets sur la santé. Elle est exprimée en sieverts (Sv) ou en millisieverts (mSv) et permet d'évaluer les risques pour la santé associés à une exposition aux radiations ionisantes. Les différentes formes de radiation ont des effets différents sur les tissus et les organes, c'est pourquoi il est important de prendre en compte la nature des radiations dans le calcul de l'équivalent de dose.

**Question 5 :** La réponse correcte est c) L'effet des radiations sur les cellules de l'organisme qui n'ont pas été directement irradiées. L'effet RIBE (Radiation Induced Bystander Effect) est un phénomène en radiobiologie qui se produit lorsque des cellules non irradiées sont affectées par des signaux émis par des cellules voisines irradiées. Ces signaux peuvent être transmis par des molécules signalétiques, des ions ou des radicaux libres produits par les cellules irradiées. L'effet RIBE peut entraîner des dommages à l'ADN et des effets biologiques dans les cellules non irradiées, même à des doses faibles de radiation. Cet effet a des implications importantes pour l'évaluation des risques pour la santé associés à l'exposition aux radiations ionisantes, car il suggère que les effets des radiations peuvent se propager au-delà des cellules irradiées directement.



**NUVIA**  
PREVENTION

Conception, fabrication et vente de matériel de mesure nucléaire et de radioprotection à travers la marque **NuviaTECH Instruments**

Etudes et expertises en mesure nucléaire

Maintenance et location d'équipements de radioprotection et de mesure

Radioprotection opérationnelle et conseil

---

Présente son produit phare :

## **La gamma caméra NuVISION**



**Question 6 :** La réponse correcte est c) Une loi qui décrit la probabilité d'un événement aléatoire comme une désintégration radioactive. La loi de Poisson est une loi de probabilité qui décrit la probabilité d'un événement aléatoire, comme une désintégration radioactive, se produisant dans un intervalle de temps donné. Cette loi est importante en radioprotection car elle permet de prédire le nombre de désintégrations radioactives qui se produiront dans une source radioactive donnée sur une période de temps donnée, ce qui peut être utilisé pour estimer la dose de radiation à laquelle une personne peut être exposée. La loi de Poisson est également utilisée pour calculer les incertitudes associées aux mesures de radiation et pour évaluer les risques pour la santé associés à l'exposition aux radiations ionisantes.

**Question 7 :** la bonne réponse est la d) 0,0006.

Il faut appliquer la loi de Poisson de paramètre lambda :

$$P_{t,\lambda}(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

où  $k!$  est la factorielle,  $P(k)$  la densité de probabilité pour qu'il se produise  $k$  fois l'événement (désintégration) durant le temps  $t$ .

La probabilité qu'il y ait exactement 20 désintégrations ( $k$ ) au cours de la prochaine seconde peut être calculée en utilisant la loi de Poisson avec  $\lambda = 10$  donc  $\lambda t = 10$ /seconde. La formule est la suivante :

Application numérique avec lambda :

$$P(20) = (10^{20} * e^{-10}) / 20!$$

où  $e$  est la constante mathématique d'Euler ( $\sim 2,71828$ ) et  $20!$  (factorielle de 20) est égal à  $20 \times 19 \times 18 \times \dots \times 1$ .

En résolvant cette équation, on trouve que la probabilité d'observer exactement 20 désintégrations dans la prochaine seconde est d'environ  $5,7 \times 10^6$ , soit environ 0,00057 %.

**Question 8 :** Le contrôle radiotoxicologique consiste à mesurer la présence de substances radioactives dans l'organisme des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Ces mesures permettent d'évaluer la dose effective reçue par le travailleur et de déterminer s'il y a eu une exposition excessive aux rayonnements ionisants. Les échantillons biologiques prélevés pour ces mesures peuvent inclure du sang, de l'urine et des tissus. Il est important de noter que la radiotoxicologie est un domaine complexe et spécialisé de la radioprotection qui nécessite une formation et une expérience particulières pour être pratiqué en toute sécurité et avec précision.

Dose effective équivalente = Coefficient de dose (Sv/Bq) x Activité x Facteur de pondération de l'organe

En supposant que l'activité est éliminée uniquement par les reins, le facteur de pondération de l'organe est de 0,05 pour les reins. Le coefficient de dose pour les reins est de 0,13 Sv/Bq.

Donc, la dose effective équivalente est égale à :

$$0,13 \text{ Sv/Bq} \times 5\,000 \text{ Bq} / 3600 \text{ secondes} \times 5 \text{ heures} \times 0,05 = 0,029 \text{ Sv} = 29 \text{ mSv}$$

La réponse la plus proche est (d) 30 mSv, bien que la réponse réelle soit légèrement inférieure à cela.



## ...QUE LA FORCE DE LA RADIOACTIVITE SOIT AVEC VOUS !

**Pour cette dernière étape de l'ATSR challenge, nous vous proposons une série de petits jeux : les phrases à trou, le mot à trouver, l'intrus.**

### PHRASES A TROUS

**Complétez les phrases suivantes en trouvant les mots souvent utilisés dans le domaine de la radioprotection.**

#### Phrase à trou 1 (1 point par mot correct)

Avant de réaliser une radiographie, le personnel médical doit s'assurer que le patient ne porte pas de vêtements contenant des éléments métalliques, tels que des boutons ou des zips, car ces objets peuvent \_\_\_\_\_ la qualité de l'image, \_\_\_\_\_ la dose de radiation absorbée par le patient, et \_\_\_\_\_ le temps nécessaire pour réaliser la radiographie.

#### Phrase à trou 2 (1 point par mot correct)

Les astronautes doivent se protéger des rayonnements ionisants en portant des \_\_\_\_\_ et en utilisant des \_\_\_\_\_ pour se protéger lors des sorties dans l'espace. Il est également important de \_\_\_\_\_ les astronautes sur les risques de l'exposition aux rayonnements cosmiques et solaires.

#### Phrase à trou 3 (1 point par mot correct)

Les membres d'équipage navigant à bord d'un avion sont exposés à des rayonnements cosmiques, il est donc important de fournir une \_\_\_\_\_ pour mesurer leur dose de rayonnement, de \_\_\_\_\_ les temps de vol pour suivre l'exposition cumulée et de \_\_\_\_\_ les travailleurs des risques associés à l'exposition aux rayonnements cosmiques.

#### Phrase à trou 4 (1 point par mot correct)

Les travailleurs dans une installation nucléaire doivent être familiarisés avec les principes de radioprotection, y compris : Le dimensionnement et la conception des systèmes de protection radiologique nécessitent une compréhension approfondie des processus de \_\_\_\_\_ et de \_\_\_\_\_ des rayonnements ionisants dans les matériaux et les structures, ainsi que des stratégies pour minimiser les doses de rayonnements ionisants tout en garantissant la sécurité des travailleurs et du public. Les évaluations de \_\_\_\_\_ sont réalisées pour déterminer les scénarios de pire cas et évaluer les risques associés à ces scénarios, afin de concevoir des barrières de protection, des systèmes de confinement et des mesures de prévention et d'atténuation appropriés. Les technologies de détection de \_\_\_\_\_ sont utilisées pour surveiller les niveaux de rayonnements ionisants dans l'environnement et les travailleurs, ainsi que pour détecter les sources de contamination. Enfin, les programmes de \_\_\_\_\_ sont mis en place pour garantir la conformité aux normes réglementaires, la formation des travailleurs et la gestion des déchets radioactifs.

# MOTS A TROUVER

**A quel mot correspond chaque énoncé.**

## Mot à trouver 1 (3 points)

Dans le domaine de la radioprotection, il existe un processus par lequel les particules radioactives se répartissent de manière homogène dans l'environnement. Ce processus est provoqué par l'agitation des molécules présentes dans le milieu, qui entraîne un mouvement chaotique des particules. Ce mouvement est d'autant plus intense que les particules sont légères et que la température est élevée.

Ce phénomène peut être bénéfique dans certains cas, car il peut permettre de diluer les particules radioactives dans l'environnement et de réduire l'exposition aux rayonnements. Cependant, il peut également rendre difficile la mesure et la quantification de l'exposition aux rayonnements, car il rend la distribution des particules imprévisible et aléatoire.

Alors, de quel processus s'agit-il ?

## Mot à trouver 2 (3 points)

Lorsqu'une personne est exposée à des radiations ionisantes, les rayonnements peuvent pénétrer dans son organisme et causer des dommages aux tissus et aux cellules. Cependant, il existe un processus par lequel une partie de l'énergie des rayonnements est captée et retenue par les tissus corporels, ce qui réduit l'exposition aux radiations.

Ce processus est particulièrement important dans le cadre de la radioprotection, car il permet de limiter les effets néfastes des radiations sur le corps humain. Cependant, il peut également rendre difficile la mesure de l'exposition aux radiations, car il est difficile de déterminer la quantité d'énergie absorbée par les tissus.

Trouvez le mot qui correspond à cette captation d'énergie par les tissus corporels.

# CHERCHEZ L'INTRUS

**Un intrus s'est glissé dans les propositions suivantes,  
à vous de le découvrir...**

## Intrus 1 - Quel est l'intrus parmi ces quatre acronymes ? (1 point)

- a) RADON : Rire A Donf' Ou Noyer
- b) ALARA : À Laise Avec Radioactivité
- c) CIPR : C'est Improbable, Pas Radioactif
- d) ICRP : Ici C'est Radioactif Pas De Problème
- e) ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire
- f) ATSR : Arrête Tes Soucis de Radioprotection

## Intrus 2 - Quel est l'intrus parmi ces quatre types de radioprotection ? (2 points)

- a) La protection collective
- b) La protection individuelle
- c) La protection passive
- d) La protection active

*(Réponses du big game page 47)*



UN EXCÈS DE  
RADIOACTIVITÉ ?

HTDS

Hi-Tech Detection Systems

## MAITRISEZ VOTRE NUCLÉAIRE



Instrumentation nucléaire  
pour laboratoire et industrie



Logiciels d'analyse  
et électronique de mesure



Solutions gamma portables  
de radioprotection



Compteurs  
Alpha et Bêta

Des solutions de contrôle et un service sur-mesure  
**Conseils / Installation / Formation / Maintenance**

HTDS : 3 rue du Saule Trapu - 91 300 Massy - Tel : +33 1 64 86 28 28  
Fax : +33 1 69 07 69 54 - Mail : [info@htds.fr](mailto:info@htds.fr) - Site : [www.htds.fr](http://www.htds.fr)



## 29 ANS D'EXPERTISE AU SERVICE DE LA DÉTECTION ET DE LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ

### Portiques de contrôle mobiles et fixes

- **TPM 905** : portique mobile pour le contrôle de personnes ou de véhicules.
- **PM12 et IPCM12** : portiques fixes pour le contrôle du personnel



Dosimètres

Radiamètres

Contaminamètres

Spectromètres

Balises de surveillance

Préleveurs aérosols

Portiques de détection

Systèmes de surveillance

Formations

Vérifications périodiques

Maintenance

...



Portique de contrôle  
TPM 905



Portique de contrôle  
PM12



Portique de contrôle  
IPCM12

### Dosimétrie passive

Plus de 2 millions de travailleurs suivis dans le monde

dont 160 000 en France

Seul laboratoire en France accrédité pour la dosimétrie poitrine, extrémités et cristallin, LANDAUER vous propose **une gamme complète de services et d'équipements** adaptée à votre activité.



#### IPLUS®

- Dosimètre corps entier pour les rayons X, bêta et gamma



#### IPLUS® Poignet

- Dosimètre poignet pour les rayons X, bêta et gamma



#### NEUTRAK®

- Dosimètre corps entier pour les neutrons
- Détecteur intégré à l'IPLUS



#### MONOBAGUE®

- Dosimètre main pour les rayons X, bêta et gamma



#### VISION®

- Dosimètre cristallin pour les rayons X, bêta et gamma



#### CRITICITÉ

#### Références

EDF, ONET, ENGIE, APHP, UNICANCER...

#### Accréditations

- Agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire
- Accrédité ISO/CEI 17025





# HISTORIQUE NUCLEAIRE



**Vue aérienne de l'usine de retraitement des déchets radioactifs de La Hague**

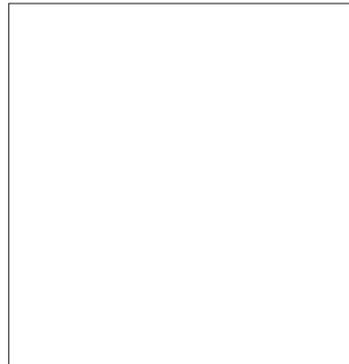
**1945**

Après la fin de la Seconde Guerre mondiale, la France était à la recherche de solutions pour se reconstruire et devenir une grande puissance industrielle. Le général Charles de Gaulle, alors président du gouvernement provisoire de la République française, lança le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) pour centraliser les efforts en matière de production d'électricité, de défense, de médecine, de radioprotection et de sûreté.

Frédéric Joliot, célèbre pionnier de la recherche nucléaire et résistant français, fut nommé haut-commissaire du CEA. Avec sa nomination, le CEA se dotait d'un chef charismatique, avec des compétences exceptionnelles en matière de recherche et d'innovation.

Aux côtés de Joliot, Raoul Dautry, premier Administrateur général du CEA, prit en main les questions administratives et financières. Ancien élève de l'École Polytechnique, avant de rejoindre le CEA, Dautry avait fait ses preuves dans l'industrie aéronautique. Il s'est notamment distingué en participant activement à la conception des moteurs à réaction plus performants et plus économiques en carburant.

Avec ces deux personnalités emblématiques à sa tête, le CEA put entamer une période de développement et d'expansion sans précédent, qui fera de la France une grande nation nucléaire, reconnue pour son expertise et son savoir-faire en la matière.



*Figure 1 - Frédéric Joliot . Avec son épouse Irène Joliot-Curie, il remporta le prix Nobel de chimie en 1935 pour leur découverte de la radioactivité artificielle. En irradiant des éléments légers tels que le bore, l'aluminium et le magnésium avec des particules alpha, ils ont réussi à produire des isotopes radioactifs de ces éléments. Cette découverte a ouvert la voie à de nombreuses applications en médecine, en recherche biologique et en production d'énergie nucléaire. La découverte de la radioactivité artificielle a ainsi été considérée comme l'un des événements les plus importants de l'histoire de la chimie.*

## 1950

Les scientifiques russes inventèrent le Tokamak, un dispositif révolutionnaire permettant de produire de l'énergie par la fusion nucléaire d'atomes légers tels que l'hydrogène.

Cette technique permet de créer un petit soleil artificiel en suspension grâce à un champ magnétique puissant, capable de produire une quantité énorme d'énergie en fusionnant des atomes avec un minimum de déchets radioactifs. Ce fut une percée remarquable ouvrant la voie à de nouvelles formes de production d'énergie propre et durable. Le projet ITER en est l'exemple.

*Figure 2 - Premier tokamak T1 de l'institut Kurchatov de Moscou. Dans sa chambre à vide en cuivre, elle produisait des plasmas de l'ordre de 0.4 mètres cubes.*

## 1955

La France est aujourd'hui l'un des plus grands producteurs d'énergie nucléaire au monde, mais cela n'a pas toujours été le cas. Les premiers générateurs de production nucléaire furent installés à Marcoule en 1955, produisant seulement 2 mégawatts d'énergie mais ayant une grande importance pour la défense grâce à la production de plutonium.

Ces débuts modestes furent rapidement suivis par la mise en service de deux générateurs de 40 mégawatts en 1958 et 1960, qui marquèrent le début de la production d'énergie nucléaire à grande échelle en France. Ces centrales nucléaires de première génération étaient basées sur la technologie des réacteurs graphite-gaz, développée pour répondre à la demande croissante d'énergie électrique en France.

Au cours des dernières décennies, la France devint un leader mondial de l'énergie nucléaire en adoptant une technologie plus avancée et plus sûre pour ses réacteurs. Les anciens générateurs furent remplacés par des réacteurs de deuxième génération, basés sur des réacteurs à eau pressurisée, offrant une source d'énergie fiable et durable pour le pays (voir notre dernier numéro où nous développons le sujet).

Au total, neuf générateurs ont été construits entre 1957 et 1972, portant la puissance totale à 2 084 mégawatts.

## 1966

Année qui assiste à l'ouverture de l'usine de retraitement de La Hague près de Cherbourg, dans le but d'extraire des déchets des centrales nucléaires tout ce qui peut être réutilisé, notamment le plutonium pour l'armée et le MOX réutilisable en carburant par certains réacteurs.

L'usine sous-traite pour plusieurs pays européens, ainsi que pour le Japon, et tous les produits issus du retraitement (réutilisables ou déchets ultimes) sont repris par ces pays. Cette pratique permet à la France d'être un leader en matière de traitement des déchets radioactifs, tout en permettant aux autres pays d'avoir accès à des ressources nucléaires essentielles.

Le CEA a joué un rôle important dans l'histoire de la France, en tant que centre de recherche nucléaire de premier plan. En effet, il a contribué à la mise au point de la première bombe atomique française en 1960, laquelle a permis à la France de devenir la quatrième puissance nucléaire au monde.

Le CEA a également développé des technologies pour la production d'électricité nucléaire, qui ont permis à la France de devenir un leader mondial dans ce domaine.

## 1971

Lancement du premier des cinq sous-marins français de la classe "Le Redoutable" équipé de 16 missiles balistiques nucléaires.

Cette classe de sous-marin était également pourvue d'un réacteur nucléaire de propulsion (REP), lui permettant d'avoir une autonomie de plusieurs mois sans avoir besoin de faire surface pour se ravitailler en carburant. Le REP du Redoutable utilisait de l'uranium enrichi pour produire de la chaleur qui était ensuite utilisée pour produire de la vapeur et faire tourner les turbines qui alimentaient les hélices du sous-marin. Cette technologie de propulsion nucléaire a été un élément clé de la dissuasion nucléaire française pendant la guerre froide. Les sous-marins de la classe "Le Redoutable" ont été les premiers sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) de la Marine française et ont été en service actif de 1971 à 1991.

Bien qu'il ne soit plus en service actif dans la Marine française depuis les années 1990, il est possible de visiter "Le Redoutable", sans son compartiment moteur, à la Cité de la Mer de Cherbourg-en-Cotentin. Il y est présenté en tant qu'attraction principale, avec une visite guidée qui permet aux visiteurs de découvrir les différents compartiments du navire, tels que le poste de commandement, la salle des machines et les quartiers des équipages. Pour plus de renseignements : <https://www.citedelamer.com/espaces/redoutable/>

Le MOX, un combustible nucléaire mixte, est un enjeu important dans le domaine de l'énergie nucléaire. Composé de plutonium et d'uranium appauvri, il est utilisé comme combustible dans certains réacteurs nucléaires dans le monde entier. Le terme "MOX" est un acronyme anglais pour "Mixed Oxide", qui se traduit en français par "Oxyde Mixte".

Le plutonium utilisé pour la fabrication du MOX est principalement issu des déchets nucléaires générés par la production d'électricité dans les réacteurs nucléaires. Le MOX est souvent présenté comme un moyen de recycler le plutonium et de réduire la quantité de déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires.

Cependant, l'utilisation du MOX reste controversée en raison des risques associés à la manipulation du plutonium et de la difficulté de gérer les déchets radioactifs qu'il génère. Des pays comme la France, le Royaume-Uni et le Japon ont choisi d'utiliser le MOX dans certains de leurs réacteurs nucléaires à eau pressurisée (REP) et à eau bouillante (REB). Toutefois, les débats autour de son utilisation se poursuivent, notamment sur les plans de la sécurité et de la gestion des déchets radioactifs.

## 1973

L'énergie nucléaire avait déjà pris une place prépondérante dans le paysage énergétique français, fournissant 8 % des besoins énergétiques de l'Hexagone. Cependant, la crise pétrolière chamboula les habitudes et contraignit les dirigeants français à repenser leur stratégie énergétique.

Face à une augmentation fulgurante des prix des combustibles fossiles, le président Georges Pompidou prit une décision historique : accélérer le développement de l'énergie nucléaire en France. Ainsi, dans les années 1970 et 1980, le pays a mis en service pas moins de 54 réacteurs, portant la puissance totale à 55 000 mégawatts.

Cette politique ambitieuse a permis à la France de devenir l'un des leaders mondiaux de l'énergie nucléaire, fournissant aujourd'hui près de 70 % de l'électricité consommée dans l'Hexagone. Cependant, cette stratégie n'a pas été sans controverse, avec des inquiétudes grandissantes quant à la sécurité des centrales et la gestion des déchets radioactifs.

## 1976

Le prototype Phénix ouvrit la voie à des réacteurs à neutrons rapides, qui ont conduit à la construction du projet Superphénix à Creys-Malville. Les générateurs de quatrième génération sont capables de brûler la totalité de l'uranium, y compris l'uranium-238 considéré auparavant comme un déchet, offrant



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN** [DOSIMÉTRIE

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# LA RÉFÉRENCE POUR LE SUIVI DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS

FAITES CONFIANCE  
À L'EXCELLENCE  
FRANÇAISE



ainsi une source d'énergie suffisante pour la France pendant des milliers d'années sans avoir besoin d'extraire de l'uranium supplémentaire. Ces avancées montrent l'engagement continu de la France envers la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Malgré cela, la France continue d'utiliser l'énergie nucléaire pour produire une grande partie de son électricité et stocke en toute sécurité 300 000 tonnes de déchets nucléaires, offrant ainsi une solution à long terme pour répondre aux besoins énergétiques de la nation.

**1977**

La France franchit un cap majeur dans la production d'électricité en inaugurant son premier réacteur nucléaire de deuxième génération, Fessenheim 1. Cette technologie à base de réacteurs à eau pressurisée (REP) propulsa la France en tant que leader mondial de l'énergie nucléaire, et tous les réacteurs du parc français furent convertis à cette technologie au fil des années.

**1982**

Cette année-là, un acte terroriste d'une gravité sans précédent secoua la France. Un groupe d'individus allemands, animés par des sentiments anti-français, a attaqué le réacteur nucléaire de Creys-Malville en cours de construction, en tirant cinq roquettes. Ce geste a ébranlé la sécurité et la stabilité de toute la région.

Pourtant, malgré l'indignation générale suscitée par cet événement tragique, le pouvoir en place à l'époque choisit de ne pas protester auprès des autorités allemandes, faisant preuve d'un silence assourdissant. Une occasion manquée pour exprimer sa ferme condamnation et exiger des responsables qu'ils soient tenus pour compte.

Certes, la diplomatie et le dialogue sont des outils essentiels pour entretenir des relations internationales pacifiques et respectueuses. Cependant, lorsque la sécurité des citoyens est en jeu, il est impératif de prendre des mesures fermes et déterminées.

Les événements de Creys-Malville doivent nous rappeler l'importance cruciale de la coopération internationale pour assurer la sécurité nucléaire et éviter les incidents malheureux comme celui-ci. Les relations entre les nations doivent être fondées sur le respect mutuel, la coopération et le dialogue, afin d'assurer un avenir pacifique et sûr pour tous.

**1986**

Une catastrophe de portée mondiale frappant l'Ukraine, secoua le monde entier. Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl explosa, libérant une quantité inimaginable de substances radioactives dans l'air et contaminant des milliers de kilomètres carrés. Les conséquences sont encore visibles aujourd'hui.



Cependant, la cause profonde de cette catastrophe n'était pas simplement un accident tragique, mais une culture du secret politique et de déni régnant autour de la sécurité nucléaire en Union soviétique (vous pouvez vous référer à l'article Panique à Tchernobyl de notre numéro 2020-04 pour connaître les circonstances de cet événement tragique).

Les autorités soviétiques diffusèrent des messages clairs, affirmant que "l'URSS ne commet pas d'erreur", "ce problème ne peut pas se produire", "l'Ouest ne doit rien savoir", etc. Ces messages créèrent une culture de la peur paralysante, empêchant les travailleurs du nucléaire soviétiques de prendre les mesures de sécurité nécessaires pour éviter la catastrophe.

Suite à cette tragédie, les autorités soviétiques reconnurent seulement 31 morts. Selon certains experts, le nombre réel de victimes pourrait atteindre 4 000, voire 40 000.

En comparant la culture de sûreté nucléaire française à celle de l'Union soviétique, la différence est frappante. La France avait mis en place un système de sécurité nucléaire inégalée, où les ingénieurs étaient écoutés et les compétences valorisées.

## 1987



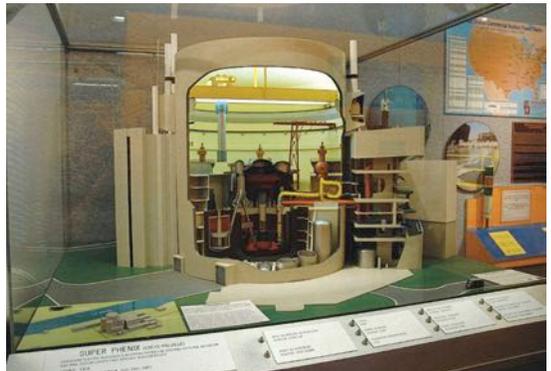
Figure 3 - Porte avion Charles DE GAULLE

Le début de la construction du porte-avions nucléaire Charles de Gaulle marque un événement majeur dans l'histoire de la défense française. La propulsion nucléaire est une avancée technologique majeure dans la conception du porte-avions. Elle offre une autonomie de fonctionnement quasi-illimitée, permettant au navire de parcourir de grandes distances sans avoir besoin de faire escale pour se ravitailler en carburant. De plus, la propulsion nucléaire est plus silencieuse et plus respectueuse de l'environnement que les autres formes de propulsion.

Le porte-avions Charles de Gaulle reste un symbole de la puissance navale française dont il est la pièce maîtresse, offrant des capacités de projection de puissance sans précédent. Il est encore en mesure de mener des opérations complexes dans les zones les plus reculées du monde, contribuant ainsi à la sécurité et à la défense de la France et de ses alliés.

## 1997

La décision de l'arrêt du projet Superphénix, la centrale nucléaire à neutrons rapides située dans le Rhône fut prise par Lionel Jospin, alors Premier ministre de la République française. Malgré les avancées technologiques prometteuses du réacteur, il a été le sujet de manifestations régulières pour son risque potentiel (fuites, accidents,...). Ainsi, après une dépense considérable de fonds publics, le projet a finalement été abandonné, laissant planer des interrogations quant à l'avenir énergétique de la France. Bien que certains défendent toujours cette technologie, la question de l'acceptabilité sociale reste un enjeu majeur pour le développement de l'énergie nucléaire.



Maquette de Superphenix

Cette année-là, la France lança également des études pour construire des réacteurs EPR de troisième génération. Ceux-ci offrent une amélioration significative en matière de sûreté nucléaire grâce à quatre systèmes de sécurité redondants, notamment au niveau des circuits de refroidissement. Ces réacteurs utilisent également des combustibles MOX, réduisant les déchets radioactifs de 10 %.



**MIRION**  
TECHNOLOGIES

## Barboteur **HT ionix**<sup>TM</sup>

Une avancée technologique  
pour le piégeage du tritium



**Prélèvement du tritium sous forme de vapeur d'eau (HTO) ou sous forme de gaz (HT) après oxydation dans un four catalytique.**

- Rendement de piégeage > à 95% (HTO & HT)
- Existe en version 2 flacons (piégeage HTO) et 4 flacons (piégeage HTO & HT)
- Mise en oeuvre et maintenance simple et intuitive

[www.mirion.com](http://www.mirion.com) | En savoir + sur le **HT ionix**



## 1999

Dès 1999, l'Union européenne ouvre le marché de l'électricité à la concurrence, mettant fin au monopole d'EDF en tant que fournisseur unique d'électricité en France. Les concurrents d'EDF, des fournisseurs ne produisant ni ne transportant l'électricité, vivent le jour pour les grandes entreprises, puis pour les particuliers en 2007. L'objectif du "Marché Unique Européen de l'Électricité" est de garantir que tous les pays de l'UE paient le même prix pour l'électricité. Cependant, cette ouverture à la concurrence a eu pour conséquence d'augmenter le prix de l'électricité nucléaire en France.

## 2001

Lancement du projet ITER, un générateur à fusion Tokamak, construit à Cadarache à en 2006 et censé être achevé en 2016. Le budget colossal (10 milliards, puis 13 milliards, puis 20 milliards d'euros) rassemble 35 pays, dont la Chine. Cependant, les retards ont accumulé des aléas, retardant le projet de plus de 5 ans. Les Chinois, quant à eux, décidèrent de poursuivre leur propre développement de la technologie, ayant à ce jour 6 Tokamaks expérimentaux en fonctionnement.

Contrairement à la fission nucléaire, qui peut provoquer un emballement en cas de problème, la fusion est intrinsèquement sûre. Les centrales actuelles à fission sont toujours des dangers potentiels, même si les mesures de sécurité sont très strictes. En revanche, la fusion est beaucoup plus sûre car tout incident arrête immédiatement le réacteur, empêchant tout emballement. De plus, les déchets de la fusion ont une durée de vie très courte, contrairement aux déchets de la fission, qui sont très nocifs et restent dangereux pendant des milliers d'années.

## 2006

Sous la présidence de Jacques Chirac, la France lança le projet ASTRID, un réacteur à "neutrons rapides" refroidi au sodium. Cette technologie réutiliserait les 300 000 tonnes d'uranium-238, produites pas les centrales nucléaires et considérées comme des déchets, pour fournir de l'énergie durablement et sans émission de CO2.

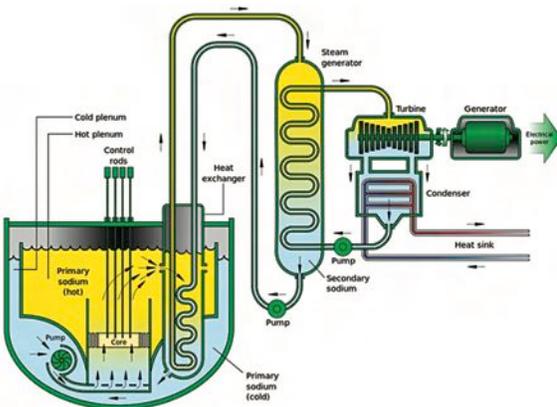


Schéma de principe d'un réacteur à neutrons rapides (RNR) refroidi au sodium

Et pendant ce temps là... le développement des voitures électriques en France est en marche, porté par les enjeux environnementaux. Toutefois, la transition énergétique ne se fera pas sans difficultés. En effet, les experts soulignent les défis à relever pour garantir une transition réussie.

L'électrification totale du parc automobile entraînera une augmentation significative de la demande en électricité. Ce défi doit être relevé tout en poursuivant la réduction de notre dépendance au nucléaire.

La charge simultanée de tous les véhicules électriques en fin de journée générera une pointe de consommation considérable. Pour les longs trajets, la nécessité de recharger tous les 300 km représente une contrainte majeure pour les utilisateurs, avec une durée de recharge qui peut atteindre 2 heures. En comparaison, un plein de carburant pour une voiture à moteur thermique ne prend que quelques minutes. De plus, les performances annoncées des batteries, notamment l'autonomie de 300 km, sont souvent affectées par les conditions climatiques (froid, vent) ou la topographie du parcours.

Le nombre de bornes de recharge publiques reste insuffisant pour répondre à la demande. Des milliers de nouvelles bornes seront nécessaires pour éviter les files d'attente. La production des batteries des voitures électriques génère une importante pollution en Chine, ce qui contredit l'aspect écologique du véhicule électrique. De plus, la durée de vie de la batterie reste limitée, ce qui implique un coût supplémentaire pour l'utilisateur. Au-delà de ces défis, les voitures électriques offrent de nombreux avantages pour l'environnement et la lutte contre le changement climatique.

## 2007

L'EPR, le réacteur nucléaire nouvelle génération conçu pour être plus sûr et plus performant que ses prédécesseurs, a connu des débuts tumultueux en France. La construction du premier EPR à Flamanville a débuté en 2007, mais a été marquée par des retards et des dépassements de coûts considérables.

Il appartient donc à tous les acteurs concernés de travailler ensemble pour surmonter ces obstacles et favoriser une transition énergétique réussie. Ainsi, des solutions innovantes pourraient être envisagées, telles que la recharge intelligente pour éviter les pics de consommation, la mise en place de bornes de recharge rapides, ou encore le développement de batteries plus performantes.

Malgré ces difficultés, la France a lancé la construction d'un deuxième EPR à Penly en 2009. Ce projet fut cependant arrêté en 2013 en raison de préoccupations financières et réglementaires.

D'autres pays ont continué à investir dans cette technologie. Des EPR sont actuellement en construction en Finlande et en Chine, tandis que la Grande-Bretagne a approuvé la construction de deux EPR à Hinkley Point par EDF.

## 2011

Le 11 mars 2011, un tsunami dévastateur sur la côte japonaise entraîna une catastrophe nucléaire de niveau 7 selon l'échelle INES (International Nuclear Event Scale), équivalente à celle de Tchernobyl. Les centrales nucléaires de Fukushima furent gravement endommagées, causant la fusion des cœurs et des rejets radioactifs dans l'océan Pacifique. Le tsunami a mis fin au refroidissement des réacteurs, conduisant à une série d'explosions et d'incendies. Bien que le nombre de victimes directes de la catastrophe ait été relativement faible, la catastrophe eut un impact considérable sur la région et les communautés locales.



*Le tsunami provoque des dégâts sur le site de Fukushima.*

L'événement a également suscité une vive réaction des militants anti-nucléaires qui ont rapidement amplifié la catastrophe. Cependant, il est important de noter que la hauteur insuffisante de la digue de protection de la centrale a été un facteur clé de l'ampleur de la contamination radioactive. De plus, la décision de construire des centrales dans une zone à haut risque sismique a été remise en question. Contrairement au Japon, la France a choisi d'implanter ses centrales dans des zones à moindre risque. La catastrophe de Fukushima, tout comme celle de Tchernobyl, a sans aucun doute alimenté les craintes et la controverse autour de l'énergie nucléaire, mais il est essentiel de prendre en compte les enseignements tirés pour améliorer la sécurité de ces installations.

## 2015

La loi de transition énergétique, prévoyait une baisse de la part du nucléaire à 50 % d'ici 2025, ce qui impliquait la fermeture de 15 réacteurs. Cette décision repose sur un pari audacieux quant à la capacité de l'énergie solaire et éolienne, malgré les mises en garde des experts quant à leur intermittence. .

## 2016

Le nucléaire en France, représente environ 80 % de la production nationale en électricité grâce aux 58 centrales implantées sur le territoire. De plus, la France est un acteur majeur sur le marché international de l'électricité, avec des exportations d'électricité d'origine nucléaire vers plusieurs pays européens.

## 2019

Le projet ASTRID est abandonné.

## 2020

Les deux réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim sont arrêtés.

Ceci suscita des réactions diverses dans l'opinion publique. Certains saluèrent cette décision, considérant que la centrale était vieillissante et présentait des risques potentiels pour la sécurité. D'autres critiquèrent la décision, affirmant que la centrale était parfaitement sûre et que son arrêt entraînerait une augmentation des émissions de CO2 en raison de l'utilisation accrue de combustibles fossiles pour produire de l'électricité.

## 2022

En 2022, le gouvernement français affiche sa volonté de construire six nouveaux réacteurs nucléaires de nouvelle génération EPR d'ici 2050, ainsi que d'envisager huit autres installations supplémentaires. La mise en service du premier réacteur EPR2 est prévue pour 2035.

*Sources : wikipedia, CEA, ITER, Christian Boudou, JCD*

Souvenons-nous du bulletin météo du 30 avril 1986, le plus célèbre de l'histoire de France, avec l'arrêt à la frontière du nuage radioactif de Tchernobyl, pile à la douane comme auront ironisé certains. Il faudra attendre 13 jours après l'accident de Tchernobyl pour reconnaître que le nuage a bien traversé la France.

Les déclarations brouillonnes, voire trompeuses des autorités ont été critiquées par les groupes anti-nucléaires et les défenseurs de l'environnement, soulignant ainsi l'importance de la transparence et de la communication honnête en matière de sécurité nucléaire. Depuis lors, l'État français a amélioré sa politique de communication en matière de sécurité nucléaire et est devenu plus transparent sur les risques potentiels associés à l'énergie nucléaire. Cela a conduit à la création de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en 2006. Cette autorité indépendante a pour mission de garantir la sécurité nucléaire et de protéger les travailleurs et les citoyens contre les risques liés à l'énergie nucléaire.

Depuis sa création, l'ASN a renforcé les normes de sécurité et les mesures de transparence dans l'industrie nucléaire française. Elle est responsable de la réglementation de l'ensemble du cycle de vie des installations nucléaires, de la conception à la déconstruction en passant par l'exploitation et la maintenance.

Aujourd'hui, grâce à l'ASN, la sécurité nucléaire en France est considérée comme l'une des meilleures au monde.

## Berthold propose une nouvelle balise radiologique : la LB115



La balise radiologique LB115 est dédiée à la protection des personnes et au contrôle opérationnel des installations nucléaires. Elle est conforme aux exigences réglementaires les plus récentes.

Elle offre un grand écran couleur et tactile pour faciliter la lecture et son exploitation. Cet écran affiche les informations sous forme numérique et graphique pour une visibilité optimisée des mesures et états.



La balise intègre en standard un ensemble de ports d'interfaces : **USB, Ethernet, RS485, 0/4 - 20mA, TOR**. Cet instrument de nouvelle génération s'adapte aux nouveaux projets comme aux installations existantes.

Un large choix de capteurs de mesure offre la solution attendue :



- Pour la surveillance des irradiations **X, Gamma, Neutron**.
- Pour la surveillance de la contamination atmosphérique par des **gaz radioactifs** : **<sup>85</sup>Kr, <sup>133</sup>Xe, <sup>41</sup>Ar, <sup>18</sup>F, <sup>11</sup>C...**
- Applications spécifiques



« Une gamme d'appareils dédiée à la dosimétrie à lecture différée basée sur la thermoluminescence »

### Dosimètre d'extrémité dxtRAD



**dxtRAD** est un système intégré de mesures dosimétriques d'extrémités par thermoluminescence. Les bagues plastiques, à usage unique, sont très confortables et s'ajustent avec précision au diamètre du doigt. L'élément dosimétrique est indissociable de son identification, garantissant ainsi la traçabilité parfaite de l'information. L'ensemble est automatisable et utilisé pour la lecture sur des lecteurs thermoluminescents.

### Cartes et badges TLD



Un dosimètre est obtenu en associant une carte, recevant les éléments sensibles (FLi), et un badge qui, en assurant la protection de la carte et son port, fournit les filtrations grâce auxquelles les signaux mesurés seront transformés en grandeurs dosimétriques.

vaste choix de matériaux TLD



ZOOM SUR

## La thermoluminescence

La thermoluminescence présente des caractéristiques uniques dans les applications en dosimétrie :

- Les produits chimiques utilisés font l'objet d'une purification supplémentaire très poussée avant de rentrer dans la croissance de monocristaux.
- Le frittage à haute température et haute pression est ensuite réalisé sur les poudres de granulométrie contrôlée, obtenues par broyage des monocristaux. Le lingot fritté est alors découpé pour obtenir les dosimètres aux dimensions souhaitées.

# DOSIMÉTRIE À LECTURE DIFFÉRÉE

## Lecteur de dosimètres thermoluminescents 3500



Le **lecteur 3500** est un lecteur manuel de dosimètres TLD. Simple d'emploi, il permet la mesure des doses photons intégrées dans diverses situations (dose au patient, doses aux extrémités en radiologie interventionnelle, études de postes, médecine nucléaire, environnement). Son tiroir permet d'accueillir toutes les géométries de FLi (chips, rods, poudres).

D'autres lecteurs manuels et automatiques sont également disponibles.  
Retrouvez l'ensemble de nos produits sur notre site : [www.apvl.com](http://www.apvl.com)



Modèle 4500



Modèle 5500



Modèle 6600 PLUS



Modèle 8800 PLUS

### MULTIPLES APPLICATIONS :

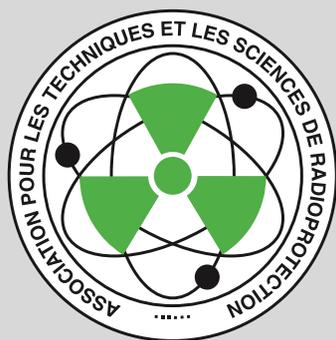
- Dosimétrie réglementaire du personnel
- Dosimétrie d'extrémité et oculaire
- Contrôle qualité en radiothérapie
- Mesures d'environnement
- Durcissement des matériaux
- Ionisation alimentaire

# Retrouvez-nous sur [www.atsr-ri.fr](http://www.atsr-ri.fr)



*Si vous avez des suggestions ou des demandes, n'hésitez pas à nous contacter  
par courrier électronique : [contact@atsr-ri.fr](mailto:contact@atsr-ri.fr)*

# ATSR-Ri



## Le Cahier de l'Association

# Le mot du Président

*Sorgues, le 14 Mars 2023*



Cher(e)s collègues,

Nous y sommes !

La relance du nucléaire en France, que j'avais évoquée il y a un an, est désormais en ordre de marche. Le parlement a récemment donné son approbation formelle à cette initiative, qui va se traduire dans un premier temps par la construction de deux nouveaux réacteurs EPR à Penly, suivis de deux autres à Gravelines. Cette relance va entraîner des investissements substantiels et donner lieu à un projet industriel d'envergure pour l'ensemble de la filière.

Nous allons suivre cela de près ; nous en reparlerons.

En revanche, l'amendement qui envisageait la fusion de l'IRSN et de l'ASN a été annulé. Au lieu de cela, un nouvel amendement a été adopté pour garantir l'indépendance de l'IRSN, qui est chargé de réaliser des expertises et de les transmettre à l'ASN, qui est responsable de la prise de décisions. Et c'est tant mieux ! Ne changeons pas une équipe qui gagne. Le fonctionnement actuel permet à l'IRSN et à l'ASN de collaborer efficacement pour accélérer le processus de construction des nouveaux réacteurs tout en maintenant un haut niveau d'exigence en matière de sécurité et de sûreté.

Pour ce qui nous concerne, nous éditons cette année encore notre chère revue, en essayant de l'améliorer un peu.

Nous sommes heureux de constater que nos annonceurs renouvellent leur contrat, témoignant ainsi de leur satisfaction. Nous avons même dû en limiter le nombre, preuve de l'attractivité de notre publication.

Cette année, l'ATSR ne prévoit pas d'événement majeur, notre prochain congrès étant prévu pour l'automne 2024. Néanmoins, nous allons profiter de cette période pour mettre à jour nos instances, participer à des journées techniques sur des thèmes pertinents et, qui sait, peut-être même organiser nos propres événements.

Nous avons décidé de rafraîchir nos moyens de communication pour mieux répondre aux attentes de nos membres et de nos lecteurs. Vous avez probablement remarqué que notre revue a fait peau neuve, et nous sommes heureux de vous annoncer que notre site internet sera également refondu dans les prochains mois.

Des liens sont désormais bien établis avec divers partenaires : l'Association Romande de Radioprotection (ARRAD), la SFRP, le RP Cirkus, le réseau PCR, le SPR CEA Cadarache, le CERN, ...

C'est vers cet esprit d'ouverture et de partenariat qu'il faut que l'ATSR s'oriente.

C'est mon souhait le plus sincère.

Bien à vous.

**Fabrice MONTREUIL**

Président de l'ATSR

# REPONSES AU BIG GAME

## Phrases à trou

**1 : Perturber** : Les éléments métalliques présents sur les vêtements du patient peuvent perturber le rayonnement et entraîner une qualité d'image réduite.

**Augmenter** : Les éléments métalliques peuvent également augmenter la dose de radiation absorbée par le patient.

**Allonger** : La présence d'éléments métalliques sur les vêtements du patient peut également allonger le temps nécessaire pour réaliser la radiographie, car le personnel médical doit peut-être ajuster les paramètres de l'appareil pour obtenir une image de qualité.

**2 : Combinaisons** : Les combinaisons spatiales protègent les astronautes des rayonnements ionisants pendant les sorties dans l'espace.

**Boucliers** : Les astronautes peuvent utiliser des boucliers pour se protéger des rayonnements ionisants lorsqu'ils sont exposés à des sources de rayonnement.

**Sensibiliser** : Les astronautes doivent être informés des risques associés à l'exposition aux rayonnements cosmiques et solaires et sensibilisés aux moyens de se protéger.

**3 : Dosimètre** : Les dosimètres sont utilisés pour mesurer la dose de rayonnement reçue par le personnel navigant.

**Suivre** : Les temps de vol sont suivis pour estimer l'exposition cumulée aux rayonnements ionisants.

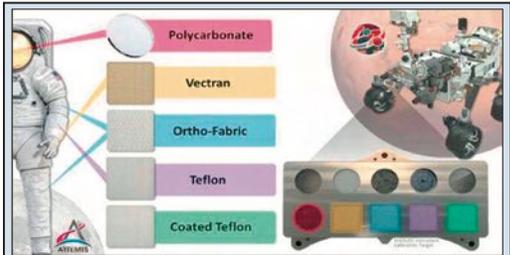
**Sensibiliser** : Les travailleurs doivent être informés des risques associés à l'exposition aux rayonnements cosmiques et sensibilisés aux moyens de se protéger.

**4 : Processus d'interaction et de propagation** : Processus d'interaction et de propagation : Les rayonnements ionisants (comme les rayons gamma, les rayons X et les particules alpha, bêta et neutroniques) peuvent interagir avec les atomes et les molécules de la matière. Les processus d'interaction comprennent l'ionisation, l'excitation et la diffusion. La propagation fait référence à la façon dont les rayonnements se propagent dans l'environnement, en fonction de facteurs tels que leur énergie, leur type et le matériau traversé.

**Sûreté radiologique** : La sûreté radiologique est l'ensemble des mesures prises pour garantir la sécurité des personnes et de l'environnement en présence de sources de rayonnement ionisant, comme dans les installations nucléaires, les laboratoires de recherche, les hôpitaux et les centres de traitement des déchets radioactifs. Cela inclut la conception de systèmes de protection radiologique, la surveillance des niveaux de rayonnement, la formation des travailleurs et la mise en place de procédures pour minimiser les doses de rayonnement.

**Sûreté radiologique** : La sûreté radiologique est l'ensemble des mesures prises pour garantir la sécurité des personnes et de l'environnement en présence de sources de rayonnement ionisant, comme dans les installations nucléaires, les laboratoires de recherche, les hôpitaux et les centres de traitement des déchets radioactifs. Cela inclut la conception de systèmes de protection radiologique, la surveillance des niveaux de rayonnement, la formation des travailleurs et la mise en place de procédures pour minimiser les doses de rayonnement.

**Radioprotection** : La radioprotection fait référence aux mesures prises pour protéger les personnes exposées aux rayonnements ionisants, en minimisant les doses de rayonnement tout en garantissant la sécurité et le bien-être des travailleurs et du public. Cela inclut la mise en place de systèmes de protection radiologique, la formation des travailleurs, la surveillance des niveaux de rayonnement et la gestion des déchets radioactifs.



Crédit NASA

Pour tester les matériaux d'un prototype de combinaison d'astronaute, la NASA a chargé à bord du rover Perseverance des échantillons de ces matériaux (en bas à droite sur l'image). Ce Rover a été développé par la NASA et s'est posé le 18 février 2021 à la surface de la planète Mars. Les échantillons sont étudiés pour voir comment ils résistent au rayonnement cosmique intense à la surface de Mars. Les rayons cosmiques sont constitués flux constant de particules de haute énergie qui circulent dans le milieu interstellaire, quasiment à la vitesse de la lumière. Sur Terre, nous sommes protégés de ces rayons nocifs grâce à notre atmosphère épaisse. Sur Mars, c'est très différent puisqu'il n'y a pas d'atmosphère.

**Surveillance radiologique :** *La surveillance radiologique est la mesure et la surveillance des niveaux de rayonnement dans l'environnement, ainsi que la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Cela permet de détecter les niveaux de rayonnement qui pourraient poser un risque pour la santé et de mettre en place des mesures de protection appropriées*

**Gestion de la radioprotection :** *La gestion de la radioprotection est l'ensemble des processus, des procédures et des politiques mis en place pour garantir la sécurité radiologique dans les installations nucléaires et autres environnements où des sources de rayonnement ionisant sont présentes. Cela inclut la mise en place de systèmes de protection radiologique, la surveillance radiologique, la formation des travailleurs et la gestion des déchets radioactifs.*

## Mots à trouver

*Diffusion et Absorption*

## Intrus

**1 :** *e) c'est le seul acronyme correct. L'ATSR est l'Association des Techniques et des Sciences en Radioprotection qui publie cette revue.*

**2 :** *d) La protection active. Les trois premiers types de radioprotection sont des mesures qui visent à réduire l'exposition aux radiations ionisantes. La protection collective se réfère à des mesures de protection appliquées à l'échelle d'un groupe, comme la mise en place d'un environnement de travail contrôlé ou la mise en place de barrières de protection pour éviter la contamination. La protection individuelle se réfère aux mesures prises pour protéger une personne contre l'exposition aux rayonnements, comme le port de vêtements de protection ou l'utilisation de gants et de lunettes de sécurité.*

*La protection passive se réfère à des mesures de protection qui ne nécessitent pas d'action humaine directe, comme la mise en place de barrières de protection pour limiter l'exposition aux radiations. La protection active, quant à elle, n'est pas un type de radioprotection couramment utilisé dans le contexte de la radioprotection.*

Voici les matériaux testés sur le rover Persévérance (voir l'encadré précédent) et leurs fonctions :

L'ortho-tissu : Cette couche est composée de trois matériaux différents, chacun avec une fonction spécifique. Le Nomex est un matériau ignifuge qui offre une protection contre les flammes et les températures élevées. Le Gore-Tex est imperméable mais respirant, ce qui permet d'éviter l'accumulation de la transpiration à l'intérieur de la combinaison. Enfin, le Kevlar est utilisé pour sa résistance à l'abrasion et aux coupures.

La paume des gants de combinaison spatiale utilise un matériau appelé Vectran, qui est résistant aux coupures causées par les micrométéoroïdes qui peuvent frapper les mains des astronautes lorsqu'ils travaillent à l'extérieur de la Station spatiale internationale (ISS). Cela permet d'assurer la sécurité des astronautes lorsqu'ils effectuent des tâches délicates dans l'espace.

Le Téflon est utilisé pour ses propriétés anti-déchirure.

Le Téflon anti-poussière offre un revêtement efficace pour limiter l'adhérence de la poussière (régolithe) sur la combinaison spatiale.

Le Polycarbonate est quant à lui le principal matériau utilisé pour la fabrication des visières de casque. Il est particulièrement apprécié pour sa capacité à filtrer les rayons ultraviolets, ce qui permet de protéger les yeux des astronautes des effets nocifs des radiations. De plus, le Polycarbonate est un matériau très résistant qui ne se brise pas.

# INTERPRETATION DES RESULTATS

**Additionnez vos points gagnés à chaque rubrique :**



**VOS POINTS** ..... + ..... + ..... + ..... = .....

**Félicitations pour avoir survécu à toutes ces épreuves ! Maintenant, il est temps d'analyser votre score et de découvrir comment vous pourriez affronter les défis radioactifs à venir ?**

**Si votre note est inférieure à 50**, pas de panique ! Considérez cela comme une opportunité pour vous armer de connaissances et devenir une véritable star de la radioprotection en suivant les bonnes pratiques. Après tout, même les plus grands champions ont commencé quelque part, non ?

**Si votre note est entre 50 et 75**, c'est une excellente nouvelle, car vous êtes sur la bonne voie ! Continuez à vous former et à améliorer vos compétences en radioprotection, et vous serez bientôt un champion dans le domaine. Et qui sait, peut-être que la prochaine fois que vous visiterez un réacteur nucléaire, vous serez invité à prendre le contrôle des opérations.

**Si votre note est supérieure à 75**, félicitations ! Vous êtes la crème de la crème de la radioprotection. Vous pourriez même envisager de devenir, un super-héros de la radioprotection ? N'oubliez pas de porter votre cape en plomb car vous êtes sur le point de sauver le monde des rayonnements ionisants !!!



Sources : CEA, wikipedia <https://www.planete-mars.eu> NASA



- **Président :**  
**Fabrice MONTREUIL**
- **Vice-présidents :**  
**Jean-Paul PIFERRER**  
**Bruno ROSTELLO**
- **Secrétaire générale :**  
**Sandra VILLAGE**
- **Secrétaire général adjoint :**  
**Jean-Luc LE BORGNE**
- **Trésorier général :**  
**Jérôme LAINÉ**
- **Trésorière générale adjointe :**  
**Valérie TROMEL**

## Autres membres

Philippe BRUGUERA  
Yves ALGOET  
Serge MILLION  
Lionel DE PADUA  
Renaud MOURET  
Pierre PANDRAUD

## Délégués régionaux

Yvon ALGOET  
Christian BOUDOU  
Richard DUGNE  
Gilles HOFMANN  
Jérôme LAINE  
Nabil MENAA  
Serge MILLION  
Jean-Jacques MONTEIL  
Michel SELVA  
Jean-Luc LE BORGNE

# Membres des commissions



## • Commission Publication

*Responsable de la commission :* **Lionel DE PADUA**

*Directeur de la publication - Rédacteur en chef :* **Marie-Laure BEISO**

*Membres :* Fabrice MONTREUIL, Christian BOUDOU, Philippe BRUGUERA  
Serge MILLION, Yvon ALGOET, Nabil MENAA

## • Commission Enseignement

*Responsable :* **Serge MILLION**

Philippe BRUGUERA, Nabil MENAA

## • Commission Juridique, contentieux et relations extérieures

*Responsable :* **Bruno ROSTELLO**

## • Commission Radioprotection médicale

*Responsable :* **Jean-Paul PIFERRER**

## • Commission Informatique

*Responsable :* **Sandra VILLAGE**

*Membres :* Marie-Laure BEISO, Bruno ROSTELLO, Lionel DE PADUA

## • Commission Personnes compétentes en radioprotection

*Responsable :* **Jean-Paul PIFERRER**

Michel SELVA

## • Commission Congrès

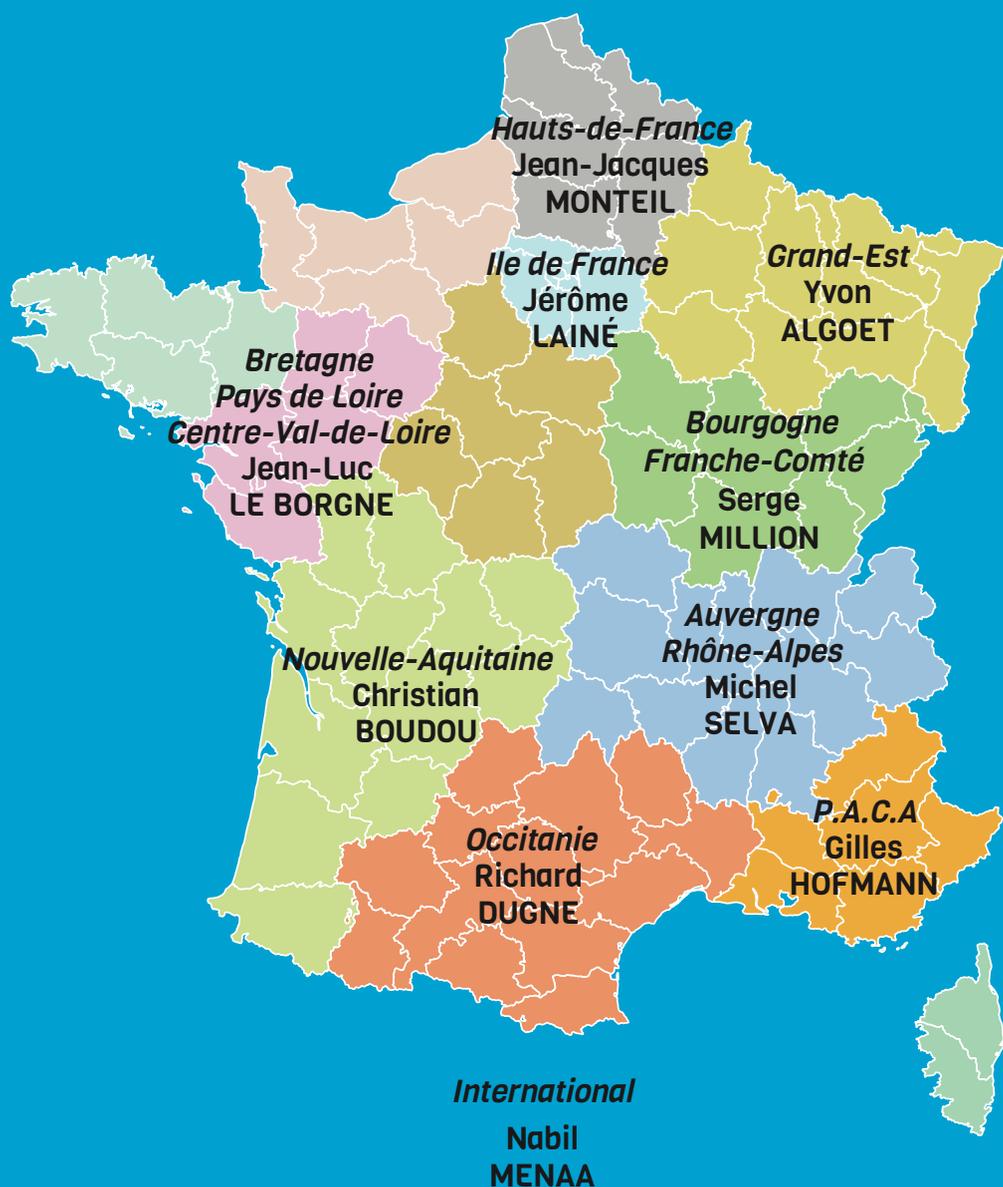
*Responsable :* **Bruno ROSTELLO**

*Membres :* Yvon ALGOET, Philippe BRUGUERA, Renaud MOURET,  
Valérie TROMEL, Sandra VILLAGE

Le président est membre de droit de chaque commission.

# Délégués régionaux

Correspondants de la revue



# COORDONNÉES DES MEMBRES RESPONSABLES

Prénom / Nom	Fonction
Yvon ALGOET	Délégué régional Grand Est
Marie-Laure BEISO	Responsable publication
Christian BOUDOU	Délégué régional Nouvelle-Aquitaine
Philippe BRUGUERA	Membre du CA
Priscillia CARRACEDO	Membre du CA
Lionel DE PADUA	Responsable commission publication
Richard DUGNE	Délégué régional Occitanie
Gilles HOFMANN	Délégué régional Provence / Alpes / Côte-d'Azur
Jérôme LAINÉ	Trésorier général - Délégué régional Ile-de-France
Jean-Luc LE BORGNE	Secrétaire général adjoint Délégué régional Bretagne-Pays de Loire
Nabil MENAA	Délégué régional international
Serge MILLION	Délégué régional Bourgogne - Franche-Comté Responsable commission enseignement
Jean-Jacques MONTEIL	Délégué régional Hauts-de-France
Fabrice MONTREUIL	Président
Renaud MOURET	Membre du CA
Pierre PANDRAUD	Membre du CA
Jean-Paul PIFERRER	Vice-Président
Bruno ROSTELLO	Vice-Président - Président d'Honneur
Michel SELVA	Délégué régional Auvergne / Rhône-Alpes
Valérie TROMEL	Trésorière générale adjointe
Sandra VILLAGE	Secrétaire générale Responsable commission informatique

## Adresse postale / Tél. / Fax ou Portable / Adresse E-mail

89, Rue Abbé Pierre - 73100 AIX-LES-BAINS  
06 33 14 06 28 - yvon.algoet@atsr-ri.fr

133, chemin des Jonquilles - 13013 MARSEILLE  
06 27 83 44 12 - ml.beiso@8m-management.com

6, imp. des Costilles - La combelle - 63570 AUZAT-SUR-ALLIER  
04 73 96 04 92 - 06 03 24 22 67 - christian.boudou@atsr-ri.fr

Le Clos Florent face n°8 Route de Villelaure - 84120 PERTUIS  
06 09 04 37 35 - philippe.bruguera@atsr-ri.fr

Chemin du Pontillasse  
30200 BAGNOLS-SUR-CEZE - 06 74 20 64 63 - prisci.carracedo@gmail.com

861, Chemin du Pigeonnier de l'Ange - 7, Le Coteau de la Bugadière  
04180 VILLENEUVE - 06 07 33 61 27-lionel.depadua@atsr-ri.fr

06 49 56 85 42  
richard.dugne@atsr-ri.fr

8, rue du Colombier - 04100 MANOSQUE  
04 92 72 62 77 - 06 70 31 13 56 - gilles.hofmann@atsr-ri.fr

31, Domaine de Villejust - 91140 VILLEJUST  
06 89 28 28 14 - jerome.laine@atsr-ri.fr

Cidex 5770 - LE PIN - 30330 CONNAUX  
06 22 16 33 54 - jeanluc.leborgne@atsr-ri.fr

06 03 62 69 23  
nabil.menaa@cern.ch

26, rue Jean Amigoni - 38120 SAINT-EGREVE  
06 11 86 01 93 - serge.million@atsr-ri.fr

75, rue de Maubeuge - 59600 VIEUX RENG  
06 08 64 66 42 - jeanjacques.monteil@atsr-ri.fr

47, impasse Cessac - 84700 SORGUES  
Pro 04 90 83 09 20 - 06 31 72 35 10 - fabrice.montreuil@atsr-ri.fr

191, route de Long Perrier - 74520 JONZIER-ESPAGNY  
06 31 84 02 08 - renaud.mouret@cern.ch

144, Rue du Puit - 84120 BEAUMONT DE PERTUIS  
06 35 19 74 28

Résidence Grand Soleil - 6, av. Jean Jaurès - 13700 MARIIGNANE  
06 26 47 60 81 - jeanpaul.piferrer@atsr-ri.fr

10, chemin du Devez - 30200 BAGNOLS-SUR-CEZE  
06 87 02 14 11 - bruno.rostello@atsr-ri.fr

Rue de la République - 38190 FROGES  
04 76 48 60 80 - 06 83 21 27 87 - michel.selva@atsr-ri.fr

331, rue du Bourg - 01630 SAINT-JEAN DE GONVILLE  
(+41)7 54 11 06 37 - valerie.tromel@atsr-ri.fr

141, rue du Jura - 01170 CROZET  
07 78 69 07 65 - sandra.village@atsr-ri.fr

# Achetez votre espace publicitaire sur les médias de l'ATSR

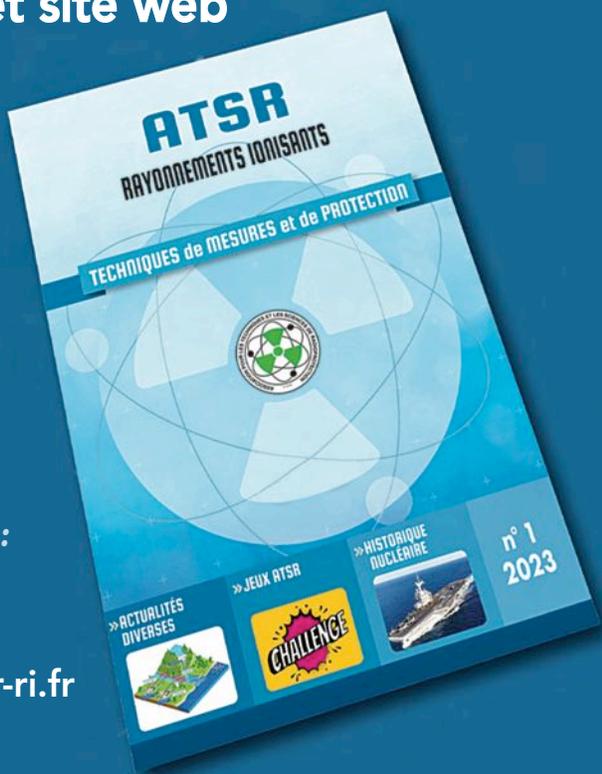
## Revue et site web

*Si vous êtes intéressé,  
vous pouvez compléter  
et renvoyer le coupon  
ci-dessous à :*

**Fabrice Montreuil**  
47 impasse Cessac  
84700 Sorgues  
France

*Ou prendre contact directement :*

**Fabrice Montreuil**  
Tél : 06 31 72 35 10  
Mail : [fabrice.montreuil@atsr-ri.fr](mailto:fabrice.montreuil@atsr-ri.fr)



NOM : ..... Téléphone : .....

Prénom : ..... Télécopie .....

Société : ..... Email : .....

Fonction : .....

Adresse : .....

- Je suis intéressé pour recevoir votre dossier d'insertion publicitaire, les renseignements techniques, les délais et connaître vos tarifs pour la revue RAYONNEMENTS IONISANTS et le site web de l'ATSR en 2022.



# Abonnements 2023

Nom : .....

Société, Entreprise, Administration : .....

.....

.....

Adresse précise (ou nouvelle adresse) : .....

.....

.....

Nombre d'exemplaires : (1 exemplaire par adresse)

## RAYONNEMENTS IONISANTS pour l'année 2023

- Choisit la procédure de renouvellement systématique
- S'abonne gratuitement pour 2023

Date et Signature :

A retourner à Sandra VILLAGE  
secrétaire  
141, rue du Jura - 01170 Crozet

France Métropole CEE et autres Revue gratuite (Port compris)

T  
U  
E  
M  
E  
N  
N  
O  
B  
A



## Adhésion 2023

Je soussigné(e) : .....

demande à adhérer à l'Association pour les Techniques et les Sciences de la Radioprotection (ATSR) en qualité de :

- Membre actif
- Membre bienfaiteur
- Membre adhérent
- J'agis pour le compte de .....

J'ai pris connaissance du montant de l'adhésion\* pour l'année 2023, qui est de 32 € pour les membres actifs et adhérents, gratuit les étudiants\*\* et pour les retraités qui désirent expressément recevoir la revue.

\* L'adhésion comprend l'abonnement à la revue de l'ATSR

\*\* Présentation de la carte d'étudiant

Le règlement est effectué par un chèque au nom de l'ATSR :

- envoyé à l'adresse du secrétaire général
- par l'intermédiaire de mon délégué régional.

## Renseignements personnels :

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Code postal : ..... Ville : .....

Téléphone : ..... Email : .....

Formation personnelle : .....

Spécialité en radioprotection : .....

Date : ..... Signature :

à retourner à Sandra VILLAGE  
secrétaire  
141, rue du Jura - 01170 Crozet

## Détecter et mesurer la radioactivité



Radiamètres  $\gamma$ ,  $n$   
Contaminamètres  $\alpha$ ,  $\beta$   
Portiques déchets  
Balises  $\alpha$ ,  $\beta$ , Iodes, Gaz, Eau  
Multi-Compteur  $\alpha$ ,  $\beta$  total  
T.C.R.



Berthold FRANCE S.A.S.  
8 route des bruyères - 78770 THOIRY  
Tel. : 01 34 94 79 00 - E-mail : radioprotection-fr@berthold.com

<https://www.berthold.com/fr-fr/>



**PARTENAIRE DES ACTEURS DE L'INDUSTRIE  
DE PROTECTION NUCLÉAIRE FRANÇAISE**

**RADIAMÈTRES**

**NEW !**

**SIGNALÉTIQUES**

**CONTAMINAMÈTRES**

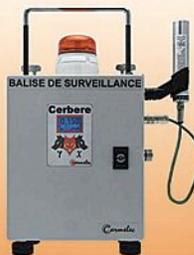
**SONDES INTELLIGENTES  
 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et X**

**CONTAMINAMÈTRES  
pour bruits de fond  $\gamma$  élevé**

**BALISES DE TIRS GAMMA**



- Concepteur et fabricant de solutions de mesures dans le domaine de la radioprotection
- Métrologie et maintenance des appareils de radioprotection
- Études et projets sur mesures pour remplir vos exigences et suivi du projet
- Présent dans l'industrie, le médical, l'environnement et la protection civile



[www.carmelec.fr](http://www.carmelec.fr)