

SCIENTIFIQUE, TOI AUSSI !

CONSTRUISONS ENSEMBLE
LE MONDE DE DEMAIN

Matinée du 02 février 2021

Réponses des speedateurs à vos questions

Véronique - Responsable plateforme d'irradiation médicale

- **Quels sont les éléments utilisés aujourd'hui pour l'irradiation ?**

Il existe différentes techniques et différents types de rayonnements/particules qui peuvent être utilisés en radiothérapie. Le choix se fera en fonction de l'histologie de la tumeur (son type), sa localisation et la façon la plus optimale possible de l'irradier tout en épargnant les tissus sains situés à proximité.

Le plus souvent, on utilise des rayons/photons X produits par des accélérateurs linéaires. En complément, on peut aussi utiliser des électrons. Les différentes techniques sont : la tomothérapie, le Cyberknife®, la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité, la radiothérapie conformationnelle 3D. Il existe aussi de la radiothérapie qui utilise non pas des rayonnements mais des particules comme les protons ou encore les ions carbonés... on parle alors d'hadronthérapie.

- **Quelles sont les doses utilisées en radiothérapie ?**

Les doses utilisées vont dépendre du type de tumeur à irradier. C'est le médecin radiothérapeute qui les déterminera en fonction de protocoles établis et bien connus.

Pour les traitements habituels et classiques, la dose ne sera pas délivrée en une seule fois mais fractionnée et étalée. On délivre ainsi une petite dose tous les jours, du lundi au vendredi, pendant plusieurs semaines afin d'atteindre une dose assez forte au niveau de la tumeur pour pouvoir l'éradiquer.

- **Jusqu'à quel point les irradiations sont-elles dangereuses pour l'homme ?**

Les doses utilisées en radiothérapie sont maîtrisées. On sait quelle valeur de dose est suffisante pour irradier une tumeur afin de l'éradiquer tout en minimisant la dose reçue aux tissus sains avoisinants.

- **Y a -t-il des effets secondaires pour les patients irradiés ? si oui lesquels ?**

Comme tout traitement, il peut y avoir des effets secondaires en fonction du type de traitement, de la zone à irradier, de traitements associés et de la réaction de chacun face à la radiothérapie. Le médecin radiothérapeute préviendra avant chaque début de traitement des éventuels effets indésirables du traitement, de ce qu'il faut faire ou non...

Quotidiennement, les manipulateurs en radiothérapie en charge du traitement feront le point avec le patient. Et il y a à minima une surveillance hebdomadaire par le médecin et plus si besoin.

- **Quels types d'études possibles pour faire votre métier ?**

Pour travailler à l'hôpital en radiothérapie ou tout autre domaine lié à la radiologie, vous pouvez être : « Manipulateur en radiologie » (<http://new.afppe.com/>) ou « Physicien médical » (<https://www.sfpm.fr/>).

En recherche préclinique, vous devez avoir un bac+5 minimum dans le domaine des rayonnements ionisants et une expérience en milieu médical est préconisé.

Romain – Chercheur en chimie

- **Avez-vous eu des regrets de ne pas être devenu enseignant ?**

Par chance non. Je conserve des vacations d'enseignement à l'Université ou en Écoles d'ingénieurs. Par ailleurs, je retrouve ce qui me plaît dans l'enseignement lorsque j'encadre des étudiants en stage ou en thèse.

- **Les échantillons vous sont-ils apportés ou bien avez-vous des campagnes de prélèvement ?**

Les deux.

Le prélèvement de terrain nécessite des compétences particulières, ce qui nous pousse à le faire nous-même. Mais parfois, les partenaires mutualisent ces campagnes, ce qui permet d'avoir un grand nombre d'échantillons homogènes pour plusieurs laboratoires.

- **Utilisez-vous la biochimie dans vos recherches et quelle serait son utilité ?**

Oui. Il nous arrive par exemple de « compter » les bactéries dans nos expériences afin de contrôler leur impact sur nos essais. Nous réalisons aussi des essais « biogéochimiques » : on évalue l'effet du milieu dans son ensemble (organismes vivants inclus) sur le transport d'un contaminant. On essaie par exemple de comprendre quels phénomènes sont les plus importants : phénomènes physiques (diffusion), réactions chimiques (rétention), phénomènes biotiques (dégradation bactérienne)...

- **Comment peut-on faire une thèse « par hasard » ?**

Le terme paraît étonnant.

Je voulais souligner qu'on peut se lancer dans une thèse par intérêt pour un sujet et pas pour un diplôme. Il est vrai qu'en France, on favorise les cursus linéaires. Pourtant, il ne devrait jamais être trop tard pour se lancer dans une thèse. L'expérience du laboratoire est que les doctorants ayant changé de cursus et débuté une thèse « tardivement » font de remarquables chercheurs.

- **Quelle est la journée type quand on est chercheur ?**

Pour ma part je suis expérimentaliste donc beaucoup de laboratoire. Je dirais la moitié du temps à expérimenter en laboratoire « à la paillasse » ! L'autre moitié à traiter les résultats « au bureau » : essayer de comprendre, mettre en forme, et aussi lire les publications d'autres équipes du monde entier.

Quentin – Ingénieur en électronique de puissance

- **Quel est l'aimant le plus puissant au monde ?**

Il est difficile de répondre car il faudrait définir sur quels critères juger de la puissance d'un aimant. Parle-t-on d'un aimant naturel, d'un aimant permanent fabriqué par l'homme, d'un électro-aimant ?

À titre d'exemple, on estime à plusieurs milliards de Teslas, l'intensité de champ magnétique de pulsars ou magnétar (présents dans l'Univers). C'est donc un aimant naturel très « puissant ». En ce qui concerne les aimants permanents fabriqués par l'homme, à ma connaissance, il s'agit d'un alliage néodyme-fer-bore qui, après aimantation, peut générer jusqu'à 1,25T. Pour ce qui est des électro-aimants, on peut distinguer deux catégories : électro-aimants à champs pulsés ou statiques.

En champ pulsés, des équipes arrivent à atteindre 100 T. En champ statique, les records sont multiples en fonction du type d'aimant (dipôles, quadripôles...) de la zone utile du champ magnétique (1cm, 1m...). Par exemple, le record toutes catégories confondues pour un champ statique est de 45,5 T mais dans un volume très réduit, inférieur à 1 cm.

Le CEA travaille sur un électro-aimant hybride (aimant résistif + aimant supraconducteur) capable de générer un champ magnétique statique de 43 T dans un volume de 35 mm de diamètre. Il détient également le record de champ magnétique statique d'un électro-aimant à 11,7T avec une ouverture de 90cm de diamètre (aimant Iseult).

(Pour rappel, le champ magnétique terrestre est compris à notre époque entre 33 et 70 uT en fonction de notre position.)

- **Quelles sont les différentes branches de l'électronique au CEA ?**

Des équipes travaillent dans toutes les branches de l'électronique au CEA, notamment au Laboratoire d'électronique des technologies de l'information, mais pas seulement ; de nombreux laboratoires proposent des postes en électronique analogique, numérique, quantique, de puissance...

Carine – Technicienne chimiste

- **Comment a-t-on compris que le verre permettait le stockage d'éléments radioactifs ?**

À la fin des années 50, le CEA a pris conscience du problème posé par le devenir des solutions de produits de fission (éléments issues de la décomposition de l'Uranium) et a cherché un exutoire durable. Après concentration de ces solutions, il y a eu des essais de rétention dans des matériaux cristallins qui n'ont pas donné satisfaction. Au cours des années 60, la France ainsi que la communauté internationale a retenu le verre comme matériau de confinement en raison de la souplesse de sa structure qui lui permet de confiner de nombreux éléments chimiques. Il ne s'agit pas d'un enrobage mais d'un confinement à l'échelle atomique ; les éléments radioactifs participent à la structure du verre.

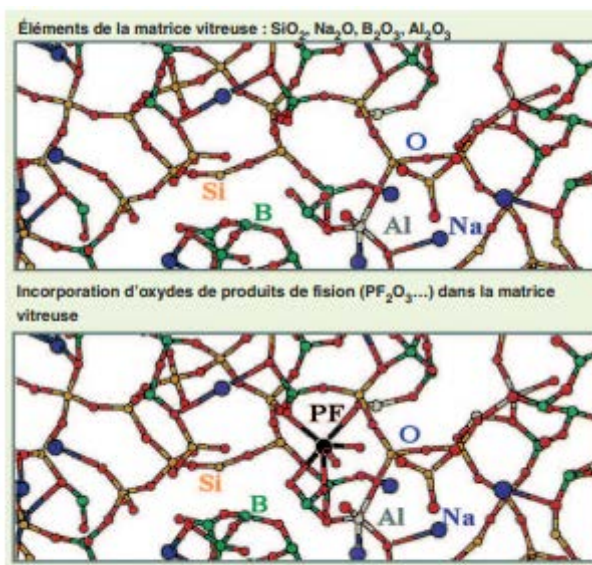


Fig. 19 b. Principe du confinement d'éléments dans une structure vitreuse.

- **Quelle est la substance utilisée pour faire du verre ?**

Pour réaliser un verre simple il suffit de 3 « ingrédients » : du sable, de la soude et du calcaire fondu à très haute température, aux alentours de 1 300 °C.

Dans notre cas il s'agit de verres borosilicatés très complexes qui sont composés de 70%-80% de Silice (SiO_2), de trioxyde Bore (B_2O_3), d'oxydes alcalins (Na_2O , K_2O , CaO , MgO ...) et d'alumine (Al_2O_3) auxquels on ajoute les éléments radioactifs à emprisonner, comme l'Uranium, le Plutonium ou le Césium (qui sont associés à de nombreux éléments provenant des crayons de combustibles comme le Fe, le Ni, le Cr, Al, Mg, Zr...). Il y a ainsi une quarantaine d'éléments du tableau périodique dans les verres radioactifs.

- **Quel est le délai d'emprisonnement des déchets ? y a-t-il des tests réguliers ?**

Le verre est un matériau très stable, et il n'est pas le seul à retenir la radioactivité. Lui-même est dans un conteneur hermétique en acier inoxydable qui est lui-même placé dans un autre

conteneur. Toutes ces protections maintiennent avec sécurité la radioactivité. Sans agent extérieur, il n'y a pas de risque de relargage d'éléments radioactifs dans le temps. C'est l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) qui s'occupe de la surveillance de ces conteneurs. Le rôle de mon laboratoire est de l'ordre de la R&D : nous mettons en place des méthodes qui permettent de générer des colis de verres homogènes. L'acteur qui réalise ces colis de verre pour tout le parc nucléaire français est ORANO, sur le site de la Hague dans le Cotentin.



(Source laradioactivite.com)

- **Pourquoi avez-vous choisi ce métier ?**

J'ai choisi de réaliser mes études en chimie suite à mon attirance dans ce domaine dès le lycée. Une formation en IUT à Montpellier associée à un stage de 3 mois en contrôle chez Perrier m'a conforté dans mon choix. Pour finir, j'ai réalisé une licence en alternance, à l'IUT de Lyon et au CEA, sur les différentes techniques d'analyses. J'ai énormément appris par la richesse de la recherche dans le nucléaire. Après avoir multiplié quelques expériences en intérim et CDD, j'ai trouvé cet emploi. Il mélange expériences de petites à grandes échelles (de 1g à 150Kg de verre) et c'est ce qui m'a attiré dans ce poste, de pouvoir suivre mon projet du début à la fin. Le plus c'est que les missions sont toujours différentes, on ne s'ennuie pas dans la recherche.

- **Caractériser des déchets, qu'est-ce que cela signifie ?**

Cela signifie établir une fiche précisant ce que les déchets contiennent afin que leur transport et leur entreposage se fassent ensuite dans des conditions de sûreté adaptés à leur dangerosité. Par exemple, la fiche de remplissage contient la liste des objets placés dans un fût, que l'on peut contrôler en le passant aux rayons X, comme les bagages dans un aéroport. Mais dans le cas des déchets radioactifs, il n'y a pas que la nature physique des déchets qui est importante (le fait que ce soit un gant, ou un bout de moteur), il est également fondamental de prendre en compte le contenu radiologique des déchets. Il s'agit d'évaluer quelle quantité de matériaux radioactifs contient le déchet : combien y a-t-il de plutonium, d'uranium, de neptunium ?... Cela se fait avec des instruments de mesure des rayonnements émis par les déchets (gamma, neutrons...). Munies de ces résultats, les équipes expertes en gestion de déchets peuvent ensuite faire leur travail en connaissance de cause.

- **Avec quelle sensibilité et quels appareils mesure-t-on la radioactivité ?**

Cette question est très vague, et donc très vaste. Il existe des tas de raisons de mesurer la radioactivité, et donc des tas d'appareils pour le faire : leur choix dépend de la question qu'on se pose. Par exemple, si l'on veut savoir si on peut s'approcher d'un objet radioactif sans courir de danger, cela relève de la radioprotection. Ce n'est pas du tout mon domaine, mais c'est souvent le genre de question qui nous est posé par le public. Je peux vous dire qu'il existe des contaminamètres, qui servent à vérifier si une surface est susceptible de répandre de la matière radioactive quand on la touche, à différencier des radiamètres, qui servent à mesurer quelle quantité de radiation on reçoit quand on se trouve à proximité d'un objet radioactif, même sans rien toucher. La sensibilité de ces appareils est choisie de manière à pouvoir distinguer une situation dangereuse pour la santé d'une situation ne présentant pas de risque supplémentaire par rapport à la vie quotidienne.

Dans mon domaine, on utilise plutôt des spectromètres, qui servent à analyser la quantité de radiation reçue en fonction de son énergie. C'est un peu le principe d'un radiamètre, mais qui, au lieu de fournir un résultat sous la forme d'un chiffre unique, fournit un résultat en 2 dimensions : intensité et énergie. Ce type de résultat est ce qu'on appelle un spectre, qui permet de reconnaître la « signature spectrale » d'un élément radioactif. Comme chaque isotope a une signature différente, on parle de radionucléides (RN) dans le milieu du nucléaire. On peut ainsi détecter un RN par sa signature spectrale, mais également en quantifier la présence. La sensibilité de nos mesures varie beaucoup en fonction du radionucléide en question. Dans les fûts de 200L jaunes présentés dans la vidéo par exemple, la sensibilité de nos détecteurs peut aller de quelques milligrammes à quelques grammes, selon les cas.

- **En quoi sont faits les fûts ?**

Les fûts de 200L jaunes présentés dans la vidéo sont en acier, typiquement laminé à froid. Mais certains autres fûts sont en plastique (PEHD), d'autres sont bétonnés à l'intérieur ; tout dépend du type de déchet qu'ils doivent contenir.

- **Combien de temps faut-il pour démanteler une centrale nucléaire ?**

Je ne sais pas du tout répondre à cette question. Nos équipes démantèlent des laboratoires de recherche. L'ordre de grandeur pour démanteler un bâtiment de laboratoires de quelques centaines de m² est de l'ordre de la dizaine d'années.

Concernant les centrales nucléaires, beaucoup de paramètres sont différents : les activités sont beaucoup plus répétitives et prévisibles que dans un laboratoire, donc ça joue plutôt dans le sens de la facilité lors du démantèlement, mais d'autres difficultés surviennent : les volumes sont incomparablement plus importants et les niveaux de radioactivité très variables selon les zones de la centrale, ce qui joue dans le sens inverse. Pour avoir une réponse quantitative, mieux vaut poser cette question à EDF ou Orano.

Marine – chercheuse en physique nucléaire

- **Le tableau périodique des éléments va-t-il augmenter ?**

Aucune expérience n'a pu prouver l'existence d'un noyau avec un nombre de protons supérieur à 118 (limite actuelle du tableau). Mais des théories prédisent l'existence de noyaux avec un nombre de protons supérieur à cette limite, ce qui voudrait dire une extension du tableau périodique des éléments. Des expériences au Japon essaient d'ailleurs en ce moment de fabriquer un noyau avec 120 protons. Donc, pourquoi pas ?

- **Comment élaborer un appareil qui détecte des éléments inconnus ?**

Souvent, un nouvel élément est identifié par une combinaison d'expériences différentes. Cela peut être par la mesure de sa masse, la mesure de ses propriétés chimiques ou la mesure de sa décroissance par exemple. Un exemple typique de dispositif expérimental visant à identifier un noyau via sa décroissance peut être le suivant : le noyau inconnu s'est produit par fusion, en envoyant un faisceau de noyaux A sur une cible composée de noyaux B ($A + B$ donne C, plus lourd que A et que B). Il est ensuite sélectionné parmi les autres noyaux produits lors de la réaction grâce à un spectromètre magnétique. Puis il est implanté dans un détecteur, un semi-conducteur silicium par exemple ; là on attend qu'il fasse sa décroissance radioactive, en émettant un noyau d'hélium par exemple, que l'on va détecter.

- **À quoi cela peut servir de trouver ces nouvelles particules ?**

De la connaissance 😊 pour comprendre notre Univers ! Les applications, si elles existent, viennent souvent plusieurs années, voire des décennies après. Par exemple, aujourd'hui nous soignons des cancers grâce au nucléaire, mais cela est arrivé bien après les premières recherches sur les propriétés du noyau. Mais au-delà des applications des nouvelles particules, lorsqu'on cherche à les découvrir, nous sommes amenés à développer des technologies de haute performance qui, elles, s'immiscent dans notre quotidien beaucoup plus rapidement. Par exemple, le web, que nous utilisons quotidiennement, a été développé pour les besoins de la recherche des particules dans les années 90.