
Update on the Primary Standard for Neutron Emission Rate at the National Research Council Canada

John Paul Archambault
National Research Council Canada

The absolute emission rate of neutron sources is an important quantity required in the calibration of neutron detectors used for radiation protection purposes. The National Research Council of Canada (NRC) has recently re-established the capability to determine emission rates for Canada. The approach taken, which is similar to other national metrology institutes, is based on the manganese bath system and considered a primary standard for determining absolute emission rate. The manganese bath at the NRC consists of a large spherical chamber filled with a manganese sulfate solution. A radionuclide neutron source is placed at the centre of the chamber and the emitted neutrons are thermalized by the water in the solution with approximately half eventually captured by the manganese. The capture of a neutron leads to an excited state of manganese which decays by the release of an 847 keV gamma ray. Detection of the characteristic gamma-ray and subsequent determination of the amount of activated manganese in the bath from neutron capture can be related through established methods to the emission rate of the neutron source. Care must be taken to account for neutrons that escape the bath or that get absorbed by other components of the manganese sulfate. The manganese bath system at the NRC will be described, the method used to estimate neutron losses presented and a description of the calibration of the gamma detector given. Finally, results of recent measurements of the emission rate of three americium/beryllium sources and one californium-252 source will be presented.

Mise à jour sur la norme primaire du Conseil national de recherches Canada pour le taux d'émission de neutrons

John Paul Archambault
Conseil national de recherches Canada

Le taux d'émission absolu des sources de neutrons est une quantité importante requise pour l'étalonnage des détecteurs de neutrons utilisés à des fins de radioprotection. Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) a récemment rétabli la capacité de déterminer les taux d'émission pour le Canada. L'approche adoptée, similaire à celle d'autres instituts nationaux de métrologie, est basée sur le système de bain de manganèse et est considérée comme un standard principal pour la détermination du taux d'émission absolu. Le bain de manganèse au CNRC consiste en une grande salle sphérique remplie d'une solution de sulfate de manganèse. Un radionucléide source de neutrons est placé au centre de la salle et les neutrons émis sont thermalisés par l'eau de la solution, dont environ la moitié est finalement capturée par le manganèse. La capture d'un neutron conduit à un état excité du manganèse qui se désintègre par la libération de rayonnement gamma caractéristique et la détermination ultérieure de la quantité de manganèse activé dans le bain à partir de la capture de neutrons peuvent être reliées par des méthodes établies au taux d'émission de la source de neutrons. Il faut tenir compte des neutrons qui s'échappent du bain ou qui sont absorbés par les autres composantes du sulfate de manganèse. Le système de bain de manganèse au CNRC sera décrit, la méthode utilisée pour estimer les pertes en neutrons sera présentée ainsi qu'une description de l'étalonnage du détecteur gamma. Enfin, les résultats de mesures récentes du taux d'émission de trois sources d'américium/béryllium et d'une source de californium 252 seront présentés.

Health Canada's astronaut biodosimetry program

Lindsay Beaton-Green
Health Canada

Biodosimetry of astronaut lymphocyte samples provides an in vivo assessment of radiation-induced damage incurred during space flight. Since 2007, Health Canada (HC) has been providing biodosimetry analysis for Canadian and European astronauts in coordination with the Canadian Space Agency (CSA). Data has been accumulated for ten astronauts who have completed long-duration (at least six months) missions to the International Space Station (ISS).

The cytogenetic endpoints analyzed for the Canadian astronauts include the Cytokinesis-Block Micronucleus (CBMN) assay, the Dicentric Chromosome Assay (DCA) and the Fluorescent In Situ Hybridization (FISH) translocation assay. FISH analysis uses specific probes to paint individual chromosomes for easy visualization and scoring of both stable and unstable chromosome translocations. As opposed to unstable translocations (such as dicentric chromosomes), stable translocations can be used to detect long-lasting damage, and

Programme de biodosimétrie de Santé Canada pour les astronautes

Lindsay Beaton-Green
Santé Canada

La biodosimétrie d'échantillons de lymphocytes d'astronautes fournit une évaluation in vivo des dommages induits par les rayonnements subis pendant les vols spatiaux. Depuis 2007, Santé Canada (SC) fournit des analyses de biodosimétrie aux astronautes canadiens et européens en coordination avec l'Agence spatiale canadienne (ASC). Les données ont été accumulées pour dix astronautes ayant effectué des missions de longue durée (au moins 6 mois) à la Station spatiale internationale (SSI).

Les paramètres cytogénétiques analysés pour les astronautes canadiens incluent l'essai de micronoyaux avec blocage de la cytokinèse (*Cytokinesis-Block Micronucleus*, CBMN), l'essai des chromosomes dicentromériques (ECD) et l'essai d'hybridation in situ en fluorescence (*Fluorescent In Situ Hybridization*, FISH).

are not visible with the conventional staining of the DCA. Quantifying stable translocations is important for higher sensitivity estimates of low-dose, protracted exposures. Furthermore, with blood samples drawn for each astronaut before and after each mission, comparisons can be made to determine the damage acquired during flight and therefore the dose of radiation received.

The complexity of damage that results from high-LET radiation, like that found in space, requires a detailed scoring schema to capture as much information as possible. To that end, guided by discussions with NASA, HC has harmonized the manner in which their data is recorded to better facilitate the intercomparison of results with other international biodosimetry programs. Future plans include the pooling of data from NASA with that of HC to compare results, examine other cytogenetic damage endpoints and examine the differences in astronauts' responses to radiation. The HC astronaut biodosimetry program, along with the results of the analysis completed to date, will be presented.

L'analyse FISH utilise des sondes spécifiques pour colorer les chromosomes individuels pour faciliter la visualisation et l'évaluation des translocations de chromosomes stables et instables. Contrairement aux translocations instables (comme les chromosomes dicentromériques), les translocations stables peuvent être utilisées pour détecter des dommages persistants et ne sont pas visibles avec la coloration conventionnelle de l'ECD. La quantification des translocations stables est importante pour les estimations de sensibilité supérieure des expositions prolongées à faible dose. De plus, avec les échantillons de sang prélevés de chaque astronaute avant et après chaque mission, des comparaisons peuvent être effectuées pour déterminer les dommages subis au cours du vol et donc la dose de rayonnement reçue.

La complexité des dommages causés par les rayonnements à TLE élevé, comme ceux dans l'espace, nécessite un schéma de notation détaillé permettant de capturer le plus d'informations possible. À cette fin, SC, guidé par des discussions avec la NASA, a harmonisé la manière dont leurs données sont enregistrées pour faciliter la comparaison des résultats avec d'autres programmes internationaux de biodosimétrie. Les plans futurs incluent la mise en commun des données de la NASA avec celles de SC afin de comparer les résultats, d'examiner d'autres critères d'atteintes cytogénétiques et d'examiner les différences de réaction des astronautes aux rayonnements. Le programme de biodosimétrie des astronautes de SC, ainsi que les résultats de l'analyse effectuée à ce jour, seront présentés.

Innovative Radiation Safety Isotope Database at your Fingertips

Matthew Bernacci
University Health Network

Radioisotope data sheets are the go-to resource for radiation safety officers, researchers and authorized users of radioactive materials. What data is important when creating an isotope library? At the University Health Network, we are frequently gathering isotope specifications for novel isotope use and CNSC licence amendment. Typical isotope data sheets offer limited information and multiple resources are consulted to fully complete a hazards assessment for safe use and handling. Isotope data is shared with authorized users in a training presentation and handout. To provide readily available isotope information including organizational radiation safety program requirements, an interactive database was created utilizing a user-friendly interface and intranet or internet accessibility.

Base de données innovatrice sur la radioprotection des isotopes à portée de main

Matthew Bernacci
University Health Network

Les fiches techniques sur les radio-isotopes constituent la ressource de choix des responsables de la radioprotection, des chercheurs et des utilisateurs autorisés de matières radioactives. Quelles données sont importantes lors de la création d'une banque d'informations techniques sur les isotopes? À l'University Health Network, nous rassemblons fréquemment des informations techniques pour l'utilisation de nouveaux isotopes et lors de modifications du permis de la CCSN. Les fiches de données techniques typiques offrent des informations limitées et plusieurs ressources sont consultées pour mener efficacement une évaluation des dangers et pour permettre une utilisation sécuritaire. Les données sur les isotopes sont partagées avec les utilisateurs autorisés lors d'une présentation et dans un document de formation. Afin de rendre les informations sur les isotopes facilement disponibles, y compris les exigences du programme de radioprotection de l'organisation, une base de données interactive avec une interface conviviale et un accès Intranet ou Internet a été créée.

Measurement of absorbed dose and radiation quality for low energy Beta Particle Emitters in Micrometric Sites using a Wall-less TEPC

Craige Boyd

University of Ontario Institute of Technology

Tissue equivalent proportional counters (TEPC) have had success in the field of experimental microdosimetry in measuring absorbed dose and quantifying radiation quality in terms of event-size spectra and average microdosimetric quantities such as the dose-mean lineal energy, \bar{y}_D (keV/ μm). Following serious nuclear reactor accidents, radionuclides can be released to the environment as radioactive particles, ranging from sub-microns to fragments and are termed "hot" particles (HP). Understanding the radiological impact of hot particles likely to be released into the environment by a severe accident from a nuclear power plant or contamination arising from decommissioning or refurbishment of a reactor facility requires both the quantification of absorbed dose and radiation quality as a function of depth in tissue from the hot particle. To achieve this objective we are developing an apparatus based on a wall-less tissue equivalent proportional counter to measure the absorbed dose gradient and radiation quality as a function of distance from a Ni-63 beta source. The results of this work along with Monte-Carlo simulations will be used for the design of a more general system suitable for the assessment of hot particles encountered in nuclear operations. This work will highlight the design of the measurement system and wall-less TEPC and early results from the study of Ni-63.

Mesure de la dose absorbée et de la qualité du rayonnement d'émetteurs de particules bêta à faible énergie dans des sites micrométriques à l'aide d'un TEPC sans paroi

Craige Boyd

Institut universitaire de technologie de l'Ontario

Les compteurs proportionnels équivalents aux tissus biologiques (TEPC) ont eu du succès dans le domaine de la microdosimétrie expérimentale à mesurer la dose absorbée et à quantifier la qualité du rayonnement en matière de spectres de taille d'événement et de quantités microdosimétriques moyennes telles que l'énergie linéaire moyenne par dose, \bar{y}_D (keV/ μm). À la suite d'accidents graves survenus dans des réacteurs nucléaires, des radionucléides peuvent être rejetés dans l'environnement sous la forme de particules radioactives dont la taille varie d'inférieure au micron jusqu'à des fragments, et sont appelés particules chaudes. Pour comprendre l'impact radiologique des particules chaudes susceptibles d'être rejetées dans l'environnement à la suite d'un grave accident dans une centrale nucléaire ou d'une contamination résultant du déclassement ou de la rénovation d'un réacteur, la quantification de la dose absorbée et la qualité du rayonnement provenant de la particule chaude, en fonction de la profondeur des tissus, sont nécessaires. Pour atteindre cet objectif, nous concevons un appareil basé sur un compteur proportionnel équivalent au tissu biologique sans paroi pour mesurer le gradient de dose absorbée et la qualité du rayonnement en fonction de la distance d'une source bêta de Ni-63. Les résultats de ce travail, ainsi que les simulations Monte-Carlo, seront utilisés pour concevoir un système plus général adapté à l'évaluation des particules chaudes que l'on retrouve dans les opérations nucléaires. Ce travail mettra en évidence la conception du système de mesure et du TEPC sans paroi, ainsi que les premiers résultats de l'étude avec le Ni-63.

Improving regulatory oversight and compliance monitoring using QATrack+ with integrated service log

Lesley Buckley

The Ottawa Hospital

QATrack+ is a software platform used for tracking, scheduling and trending of quality control (QC) tests. The newest version of the software, released in the fall of 2018, includes an integrated service event log. Initially developed for use in radiotherapy and implemented at The Ottawa Hospital in 2012, QATrack+ is a tool now in use at more than 40 institutions worldwide and has seen its use extended to nuclear medicine and diagnostic imaging departments as well as radiation safety programs. The integration of the service event log with the QC database maintains all QC and service records for licensed equipment within the same platform. Having a direct link between a service event and the initiating routine tests allows for the creation of pending service events for work that results directly from routine QC tests. It also permits linking a given service event with the return to service tests that are performed and tracks any required approvals of both the service work and the QC

Améliorer la surveillance réglementaire et de la conformité à l'aide de QATrack+ muni d'un journal de service intégré

Lesley Buckley

L'Hôpital d'Ottawa

QATrack+ est une plateforme logicielle utilisée pour le suivi, la planification et l'évolution des tests de contrôle de la qualité (CQ). La nouvelle version du logiciel, rendue disponible à l'automne 2018, comprend un journal intégré des événements de service. Élaboré à l'origine pour une utilisation en radiothérapie et mis en œuvre à L'Hôpital d'Ottawa en 2012, QATrack+ est un outil actuellement utilisé dans plus de 40 institutions dans le monde. Son utilisation a été étendue aux services de médecine nucléaire et d'imagerie diagnostique, ainsi qu'aux programmes de radioprotection. L'intégration du journal des événements de service avec la base de données de CQ conserve tous les enregistrements de CQ et de service pour les équipements sous licence sur la même plateforme. Le fait de créer un lien direct entre un événement de service et l'initiation des tests de routine permet de créer des événements de service

testing. The ability to access all machine equipment testing and service events within a single platform aids in the oversight of the QC and service programs. Further, it improves the ability of the department to identify trends in failure modes, ensure compliance with regulations and greatly increases the efficiency of audits of licensed activities.

Navigating the regulatory landscape for a novel, investigational radiotherapy treatment device

Lesley Buckley
The Ottawa Hospital

The GammaPOD is a novel external beam radiotherapy device that uses an array of Co-60 sources for the treatment of breast cancer. The device is manufactured by Xcision Medical Systems, LLC, based in Baltimore, Maryland and only three such devices have been installed to date worldwide. A GammaPOD treatment unit is currently installed at The Ottawa Hospital and is being operated under a licence to commission from the Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) and an Investigational Testing Authorization from Health Canada. As the first GammaPOD unit installed in Canada, the licensing process was a challenge not only for the licensee, but also for the manufacturer and the regulatory agencies. Close collaboration between all parties was required since there was no precedent for the shielding calculations required, the commissioning process, the transport considerations or the security aspects of the installation within the Canadian regulatory framework. One example of this was the difference in source shipping requirements between Canada and the US. A dedicated shipping cask to meet Canadian standards, along with new source loading/unloading processes had to be developed by the manufacturer and, as an untested technique, required close collaboration with the CNSC. Further, as an investigational device, changes to the design of the machine during the licensing process required additional licence applications on the part of the manufacturer and necessitated amendments to the end user licences. Cooperation between the hospital, the vendor and the CNSC has ensured that all parties are well informed of changes and that potential issues are considered early in the process. This work will summarize the challenges and successes of the process to license and install a novel radiation therapy device in Canada.

en attente pour les travaux résultant directement de tests de routine de CQ. Il permet également de lier un événement de service donné aux tests de remise en service effectués et assure le suivi des approbations requises à la fois pour les services et les tests de CQ. La possibilité d'accéder à tous les tests d'équipement et événements de service sur une même plateforme facilite la supervision des programmes de CQ et d'entretien. De plus, cela améliore la capacité du service à identifier les tendances dans les modes de défaillance, à assurer la conformité à la réglementation et à augmenter considérablement l'efficacité des audits des activités sous licence.

Naviguer la réglementation en vue d'un nouveau dispositif expérimental de traitement par radiothérapie

Lesley Buckley
L'Hôpital d'Ottawa

Le GammaPOD est un nouvel appareil de radiothérapie à faisceau externe qui utilise un ensemble de sources de Co 60 pour le traitement du cancer du sein. Le dispositif est fabriqué par Xcision Medical Systems, LLC, situé à Baltimore, dans le Maryland, et à ce jour, seulement trois de ces dispositifs ont été installés dans le monde entier. Une unité de traitement GammaPOD est actuellement installée à L'Hôpital d'Ottawa et est exploitée en vertu d'un permis de mise en service de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) et d'une autorisation d'essais expérimentaux de Santé Canada. En tant que première unité GammaPOD installée au Canada, le processus d'obtention de permis constituait un défi, non seulement pour le titulaire de la licence, mais également pour le fabricant et les organismes de réglementation. Une collaboration étroite entre toutes les parties était nécessaire, car il n'existait aucun précédent pour les calculs de blindage requis, le processus de mise en service, les considérations de transport ou les aspects de sécurité de l'installation dans le cadre réglementaire canadien. Un exemple de ceci est la différence entre les exigences en matière d'expédition des sources entre le Canada et les États-Unis. Le fabricant a dû mettre au point un conteneur spécifique pour l'expédition conforme aux normes canadiennes, ainsi que de nouveaux processus de chargement/déchargement des sources. En tant que technique non testée, une étroite collaboration avec la CCSN a été nécessaire. En outre, comme dispositif expérimental, les modifications apportées à la conception de la machine au cours du processus d'octroi de permis ont nécessité des demandes de permis supplémentaires de la part du fabricant et ont nécessité la modification des permis de l'utilisateur final. La collaboration entre l'hôpital, le fournisseur et la CCSN a permis de s'assurer que toutes les parties soient bien informées des changements et que les problèmes potentiels soient considérés tôt dans le processus. Ce travail résumera les défis et les succès du processus d'octroi de permis et d'installation d'un nouvel appareil de radiothérapie au Canada.

Response of a Thin Scintillating Plastic Detector to Radon Progeny

Adam Caly

University of Ontario Institute of Technology

A thin scintillating plastic detector was exposed to samples containing elevated levels of radon progeny i.e. air filters or materials with significant radon progeny deposition due to electrostatic charge. The Ludlum model 44-1 and a Spectrum Techniques ICS-PCI MCA with corresponding software were used for this experiment.

The response of the different radon related samples was compared to other alpha, beta and gamma emitters such as Am-241, Sr-90 or Cs-137. For radon progeny a significant fraction of the measured counts are in the higher number channels that were not observed for the other radioactive sources. We attribute these counts to the alpha emission from Po-214 present in the radon decay chain. The energy of alpha particles originating from Po-214 is 7.7 MeV and is significantly higher than for most commonly encountered alpha emitters. Finally, some consideration is given concerning the practical application of these observed pulse height spectrum differences for radon progeny discrimination and compensation.

Réponse d'un détecteur de plastique à scintillation mince aux produits de filiation du radon

Adam Caly

Institut universitaire de technologie de l'Ontario

Un détecteur de plastique à scintillation mince a été exposé à des échantillons contenant des niveaux élevés de produits de filiation du radon, comme des filtres à air ou des matériaux présentant un dépôt important de produits de filiation du radon en raison des charges électrostatiques. L'appareil Ludlum modèle 44-1 et un système informatique intégré (ICS-PCI MCA) de Spectrum Techniques avec son logiciel ont été utilisés pour cette expérience.

La réponse des différents échantillons liés au radon a été comparée à d'autres émetteurs alpha, bêta et gamma tels que l'Am-241, le Sr-90 ou le Cs-137. Pour les produits de filiation du radon, une fraction significative des comptes mesurés se trouve dans les canaux les plus élevés ce qui n'a pas été observé pour les autres sources radioactives. Ces comptes sont attribués à l'émission alpha du Po-214 présent dans la chaîne de désintégration du radon. L'énergie des particules alpha provenant de Po-214 est de 7,7 MeV et est nettement supérieure à celle des émetteurs alpha les plus couramment rencontrés. Enfin, quelques considérations seront présentées concernant l'application pratique des différences observées au niveau des impulsions à haute énergie pour la discrimination et la compensation des produits de filiation du radon.

Lessons learned from the use of virtual reality as a training tool for emergency response applications

Joseph Chaput

University of Ontario Institute of Technology

Virtual reality has been a developing field of computer science for decades. The technology has taken many forms, from head-mounted displays to entire rooms with 360° projection display coverage to create the illusion of being in another location. Recent advances in consumer virtual reality technology have provided a low-cost avenue for development of training solutions using this technology which are advantageous for some teaching applications. This presentation would discuss the experiences and lessons learned from the deployment of virtual reality technology for the training of nuclear and radiological emergency preparedness and response gathered from the experiences of more than 750 individual exercises with hundreds of students from around the world. The lessons learned that will be discussed will include creating an optimized virtual reality scenario, human factors to be considered and the strengths and weakness in the deployment of this technology within the context of a three week internationally focused (IAEA) intensive educational school for emergency preparedness and response.

Leçons tirées de l'utilisation de la réalité virtuelle en tant qu'outil de formation pour les applications d'intervention d'urgence

Joseph Chaput

Institut universitaire de technologie de l'Ontario

Depuis des décennies, la réalité virtuelle est un domaine de l'informatique en développement. La technologie a pris de nombreuses formes, allant des casques de visualisation aux salles entières avec écran de projection à 360° pour créer l'illusion d'être dans un autre endroit. Les récents progrès de la technologie de réalité virtuelle grand public ont fourni un moyen à faible coût pour l'élaboration de formations utilisant cette technologie, qui sont avantageuses pour certains types d'enseignement. Cette présentation traiterait des expériences et des leçons apprises du déploiement de la technologie de réalité virtuelle pour la formation sur la préparation et l'intervention lors d'urgences nucléaires et radiologiques recueillies provenant des expériences de plus de 750 exercices individuels avec des centaines d'étudiants du monde entier. Les leçons apprises dont il sera question incluront la création d'un scénario optimisé de réalité virtuelle, les facteurs humains à prendre en compte, ainsi que les forces et les faiblesses du déploiement de cette technologie dans le contexte d'une formation intensive (AIEA) d'une durée de trois semaines et de portée internationale sur la préparation et l'intervention aux urgences.

Risk Assessment for Radon Exposure in Various Indoor Environments

Jing Chen

Radiation Protection Bureau, Health Canada

Radon is present everywhere in the air in varying concentrations. As demonstrated in the first cross Canada residential radon survey in 19 cities in the 1980s, some areas have much higher indoor radon concentrations than other geographic locations in Canada. Since then, many local governments of those high radon areas initiated radon surveys in schools, public buildings and other indoor workplaces. Much more measurements have been carried out since Health Canada lowered radon guideline from 800 Bq/m³ to 200 Bq/m³ in 2007. In many of those high radon areas, measurements have shown that while more than twenty percent of homes having radon concentrations above 200 Bq/m³, only a few percent of schools have few classrooms with radon higher than 200 Bq/m³, and hardly any public buildings with radon exceeding the guideline. In this study, average radon concentrations in different indoor environments are summarized based on published survey results and postings of project reports from local government websites.

The characteristics of radon decay products differ significantly in different indoor environments. Many environmental and physical parameters determine the extent of equilibrium between radon gas and its progenies where ventilation rate is usually the most important modifying factor. In this study, the risk of radon exposure is assessed based on average radon concentrations, average equilibrium factors between radon gas and radon progeny and average times spent in different indoor places. The assessment results clearly indicate that reducing radon exposure in residential homes is the most important and most effective way for lung cancer prevention.

Calibration and optimization of LaBr₃ spectrometer for high gamma-ray fluence environment

Jung Hwan Choi

Department of Physics and Astronomy, McMaster University

A gamma-ray spectroscopy system consisting of a LaBr₃ scintillation detector and a digital pulse processing system is optimized for ultra-high rate spectrometry. The purpose of this work is to investigate the energy resolution and throughput performance of the LaBr₃ spectrometer for a variety of the gamma-ray fluence rates, in search for the optimal pulse shaping parameters geared for gamma-ray fluence rate spectrum collection at the open system working areas of the CANDU reactors such as boilers and fueling machines. The LaBr₃ detector was exposed to 662 keV gamma-rays from sealed Cs-137 sources, and the fluence rate incident on the detector was

Évaluation du risque d'exposition au radon dans divers environnements intérieurs

Jing Chen

Bureau de la radioprotection, Santé Canada

Le radon se retrouve partout dans l'air en concentrations variables. Selon la première enquête pancanadienne sur le radon résidentiel menée dans les années 80 dans 19 villes, certaines régions du Canada présentent des concentrations de radon dans l'air intérieur considérablement plus élevées que d'autres. Des administrations locales de ces régions ont depuis conduit des enquêtes sur le radon dans leurs écoles, leurs édifices publics et d'autres lieux de travail intérieurs. Bien d'autres mesures ont été effectuées depuis que la directive sur le radon de Santé Canada est passée de 800 Bq/m³ à 200 Bq/m³ en 2007. Selon les mesures prises dans de nombreuses régions où le radon est fortement présent, la concentration de radon est supérieure à 200 Bq/m³ dans plus de 20 % des habitations, alors qu'elle n'est supérieure à la directive sur le radon que dans un faible pourcentage des salles de cours de quelques écoles, et presque aucun édifice public. La présente étude résume les concentrations moyennes de radon présentes dans divers environnements intérieurs en s'appuyant sur les résultats des enquêtes publiés et les rapports de projet affichés sur les sites Web des administrations locales.

Les caractéristiques des produits de filiation du radon diffèrent considérablement d'un environnement intérieur à un autre. Plusieurs paramètres environnementaux et physiques influent sur l'équilibre entre le gaz radon et ses produits de filiation, le taux de renouvellement d'air étant généralement le facteur de modification le plus important. Dans la présente étude, l'évaluation du risque d'exposition au radon repose sur les concentrations moyennes de radon, les facteurs d'équilibre moyens entre le gaz radon et ses produits de filiation et la durée de séjour moyenne dans différents lieux intérieurs. Les résultats de l'évaluation indiquent clairement que réduire l'exposition au radon dans les habitations constitue la méthode la plus importante et la plus efficace de prévenir le cancer du poumon.

Étalonnage et optimisation du spectromètre LaBr₃ pour un environnement à forte fluence de rayons gamma

Jung Hwan Choi

Département de physique et d'astronomie, Université McMaster

Un système de spectroscopie à rayons gamma constitué d'un détecteur à scintillation LaBr₃ et d'un système de traitement numérique d'impulsions est optimisé pour la spectrométrie à ultra haut débit. Le but de ce travail est d'étudier la résolution en énergie et la capacité en ce qui concerne le débit du spectromètre LaBr₃ pour divers taux de fluence gamma, afin de trouver les paramètres de formation d'impulsions optimaux adaptés à l'accumulation du spectre en fonction du taux de fluence des rayons gamma dans les zones de travail à système ouvert des réacteurs CANDU, telles que les chaudières et les machines à combustible. Le détecteur LaBr₃ a été exposé à des

changed by attaching different number of the sealed sources. The pulse shaping parameters, i.e. rise/fall time and flat top time of the trapezoidal filter were changed from 0.1 to 10.0 μ s to determine the optimal settings. The coarse adjustments of the time parameters were done at low incoming count rate (ICR), around 8,500 cps, while the fine adjustment of the parameters were done at ultra-high ICR (> 100,000 cps). The detector efficiency for different photon energies was determined using EGS5 simulations. An algorithm has been implemented in MATLAB that calculates the incident fluence rate spectrum via dead time and efficiency correction, and determines the ambient dose equivalent. The results of the algorithm were compared with Ludlum 9DP ion chamber readings to test its accuracy.

rayons gamma de 662 keV provenant de sources scellées de Cs-137 et le taux de fluence incident au détecteur a été modifié en fixant un nombre différent de sources scellées. Les paramètres de formation des impulsions, à savoir le temps de montée/descente et le temps du plateau du filtre trapézoïdal ont été modifiés de 0,1 à 10,0 μ s pour déterminer les réglages optimaux. Les ajustements grossiers des paramètres de temps ont été effectués à un faible taux de comptage incident d'environ 8 500 cps, tandis que le réglage précis des paramètres a été effectué à un taux de comptage incident ultra élevée (> 100 000 cps). L'efficacité du détecteur pour différentes énergies de photons a été déterminée à l'aide de simulations EGS5. Un algorithme calculant le spectre de taux de fluence incident par le biais d'une correction du temps mort et de l'efficacité et déterminant l'équivalent de dose ambiante a été établi dans MATLAB. Les résultats de l'algorithme ont été comparés aux lectures de la chambre d'ionisation Ludlum 9DP afin de tester sa précision.

Communicating Radiation Risks at the Canadian Light Source

Grant Cubbon
Canadian Light Source

The Canadian Light Source (CLS), located in Saskatoon on the University of Saskatchewan campus, is Canada's National Synchrotron Facility. The CLS was a significant upgrade to the previous Saskatchewan Accelerator Laboratory, a high-energy physics research facility, which had been in operation since 1964. Construction on the CLS began in 1999, with normal operation commencing in 2005. Since 1964 there have been many changes to the facility, radiation protection regulations, and to the perception of risk from radiation. This presentation will describe the details of the facilities, including operations, staffing, regulations, and some insights on changes to the culture of radiation safety.

Communication des risques du rayonnement au Centre canadien de rayonnement synchrotron

Grant Cubbon
Centre canadien de rayonnement synchrotron

Le Centre canadien de rayonnement synchrotron (CCRS) de Saskatoon, situé sur le campus de l'Université de la Saskatchewan, est l'installation de rayonnement synchrotron du Canada. Le CCRS constitue une mise à niveau importante de l'ancien laboratoire d'accélération de la Saskatchewan, un établissement de recherche pour la physique des particules de hautes énergies qui était en service depuis 1964. La construction du CCRS a débuté en 1999 alors que les activités courantes ont commencé en 2005. Depuis 1964, il y a eu plusieurs changements aux installations, au niveau de la réglementation en radioprotection et sur la perception du risque relié au rayonnement. Cette présentation décrira spécifiquement les installations, incluant les activités courantes, les employés, la réglementation et un aperçu des changements au niveau de la culture de radioprotection.

PET/MRI – Logistics of radiation safety in the MRI environment – experiences at The Royal Ottawa Hospital Brain Imaging Centre

Katie Dinelle
The Royal Ottawa Hospital, Brain Imaging Centre

Dual modality PET/MRI machines are becoming more widely available, with five sites now operating in Canada. Staff and researchers with a primary background in nuclear medicine imaging need to adapt, from both a safety and workflow perspective, to safely and efficiently conduct PET imaging in the MRI environment.

The Royal Ottawa Hospital PET/MRI facility, which houses a Siemens Biograph mMR (PET/MRI) scanner, has been operational since 2016. In the process of building up the facility, our imaging team has identified a number of areas where the addition of MRI equipment has required changes compared to a

Logistique de la radioprotection dans un environnement IRM – Expériences au Centre d'imagerie cérébrale de l'Hôpital Royal Ottawa

Katie Dinelle
L'Hôpital Royal Ottawa, Centre d'imagerie cérébrale

Les appareils de TEP/IRM à double modalité deviennent de plus en plus disponibles, avec cinq sites d'exploitation au Canada. Le personnel et les chercheurs ayant des connaissances de base en matière d'imagerie en médecine nucléaire doivent s'adapter, tant au niveau de la sûreté que du déroulement des opérations afin de réaliser de façon efficace et en toute sécurité de l'imagerie TEP dans l'environnement d'IRM.

L'installation de TEP/IRM de l'Hôpital Royal Ottawa, qui abrite un tomodynamomètre Biograph mMR (TEP/IRM) de Siemens, est opérationnelle depuis 2016. Au cours du processus de construction de cette installation, notre équipe d'imagerie a

PET-only facility. Here we discuss some of these considerations in the context of helping new users work safely with radiation in the MRI environment.

In the facility shielding design, the requirement for an RF cage must be considered. All radiation safety equipment to be used in the scanner room must be MRI safe (dosimeters, vial and syringe shields). At many sites the scanner schedule is a mix of MRI-only and PET/MRI bookings requiring radiation contamination monitoring between exams. The bore of the PET/MRI scanners is much longer and narrower than traditional PET/CT machines which may result in difficulty accessing an injection site, patient claustrophobia, and necessitate changes in patient positioning (arms up imaging may not be possible for all participants). Pre-screening for patient MRI compatibility is of great importance to avoid last-minute cancellations resulting in unused PET tracer doses. Our experience has shown that careful planning, and close collaboration with experienced MRI staff, is necessary when moving from a PET-only to a PET/MRI environment.

identifié un certain nombre de zones où l'ajout de l'IRM a nécessité des modifications par rapport à une installation pour TEP. Nous discutons de certaines de ces considérations dans le but d'aider les nouveaux utilisateurs à travailler en toute sécurité avec le rayonnement dans un environnement d'IRM.

Dans la conception du blindage de l'installation, la nécessité d'une cage RF doit être considérée. Tous les équipements de radioprotection à utiliser dans la salle du tomographisme doivent être sécurisés pour l'IRM (dosimètres, fioles et protecteurs de seringues). Sur de nombreux sites, l'horaire de numérisation est un mélange d'IRM unique et de TEP/IRM nécessitant une surveillance de la contamination radioactive entre les examens. L'ouverture des scanners TEP/IRM est beaucoup plus longue et étroite que les appareils de TEP/CT traditionnels, ce qui peut entraîner des difficultés d'accès au site d'injection, la claustrophobie chez le patient et nécessiter des changements de positionnement du patient (l'imagerie avec les bras en l'air peut ne pas être possible pour tous les participants). Le dépistage préalable de la compatibilité d'un patient à l'IRM est d'une grande importance afin d'éviter les annulations de dernière minute, ce qui entraîne des doses inutilisées de traceur TEP. Notre expérience a démontré qu'une planification minutieuse et une collaboration étroite avec du personnel expérimenté en IRM sont nécessaires pour passer d'un environnement TEP unique à un environnement TEP/IRM.

Cradle-to-grave radiation safety management of neutrons produced by linear accelerators in the radiation oncology department

Michael Evans

McGill University / McGill University Health Centre

Neutrons produced by photonuclear reactions above the 8 MV threshold are an unavoidable by-product of linear accelerators (linac) used in radiation therapy. The management of neutrons, throughout the lifecycle of the linac is discussed.

Bunker design and licensing: Bunker design determines the necessity for additional neutron shielding, modified maze design and/or conduit orientation. Direct shielded bunkers require maximum neutron door shielding, hybrid bunkers with a maze and door require reduced door shielding, and doorless bunkers require nuanced maze design and strategic placement of borated polyethylene along maze walls. CNSC construction licences require dose estimations to adjacent areas using empirical (NCRP151) or Monte Carlo methods.

Installation and commissioning: Photon and electron beams produce neutrons; neutron yield with higher energy photon beams being the greatest. Measurements outside the bunker are performed with neutron survey meters. As these devices approach the linac they become overwhelmed by pulse pile-up and fail. Specially designed detectors like the nested-neutron-spectrometer have overcome these problems by operations in current mode. This detector can also resolve neutron spectra. Other detectors (bubble and optically stimulated luminescent

Gestion totale de la sûreté radiologique des neutrons produits par les accélérateurs linéaires des services de radio-oncologie

Michael Evans

Université McGill / Centre universitaire de santé McGill

Les neutrons générés par les réactions photonucléaires au-dessus du seuil de 8 MV sont un sous-produit inévitable des accélérateurs linéaires (linac) utilisés en radiothérapie. La gestion des neutrons tout au long du cycle de vie du linac est discutée.

Conception du bunker et permis : La conception du bunker détermine la nécessité d'un blindage neutronique supplémentaire, d'une conception de labyrinthe modifiée ou d'une orientation des conduits modifiée. Les bunkers à blindage direct nécessitent un blindage neutronique maximal de la porte, tandis que les bunkers hybrides avec labyrinthe et une porte nécessitent un blindage réduit. Les bunkers sans porte requièrent une conception de labyrinthe nuancé et l'installation stratégique de polyéthylène boraté le long des murs du labyrinthe. L'estimation des doses aux zones adjacentes par une méthode empirique (NCRP151) ou par une méthode de Monte-Carlo est nécessaire pour l'obtention des permis de construction de la CCSN.

Installation et mise en service : Les faisceaux de photons et d'électrons produisent des neutrons, le rendement en neutrons associés aux faisceaux de photons de plus haute énergie étant le plus grand. Les mesures à l'extérieur du bunker sont effectuées avec des radiamètres à neutrons. En s'approchant du

dosimeters; OSLD) are more suited for measuring the neutron yield.

Monitoring for patients and staff: Passive monitoring of occupied areas may be accomplished with neutron OSLDs. OSLDs are useful for managing neutron dose to sensitive patient electronic devices such as pacemakers, defibrillators, infusion pumps and cochlear implants.

Photoactivation: Linacs, ancillary devices and infrastructure can become activated through neutron capture. This poses safety concerns for personnel performing repair and service. Techniques for determining effective half-life and build-up curves of activated components can address safety concerns.

Decommissioning: Linac disposal requires careful planning due to neutron activation. Guidelines from CNSC ensure that activated components above acceptable limits are not discarded.

linac, ces appareils sont submergés par les impulsions empilées et font défaillance. Des détecteurs spécialement conçus, tels que le spectromètre à neutrons imbriqués, ont résolu ces problèmes en fonctionnant en mode courant. Ce détecteur peut également résoudre les spectres neutroniques. D'autres détecteurs (dosimètres à bulles et dosimètres luminescence à stimulation optique; DLSO) conviennent mieux aux mesures de production de neutrons.

Surveillance des patients et du personnel : La surveillance passive des zones occupées peut être réalisée avec des DLSO à neutrons. Les DLSO sont utiles pour la gestion de la dose de neutrons aux dispositifs électroniques sensibles des patients tels que les stimulateurs cardiaques, les défibrillateurs, les pompes à perfusion et les implants cochléaires.

Photoactivation : La capture de neutrons peut activer les linacs, les dispositifs auxiliaires et l'infrastructure. Cela entraîne des problèmes de sécurité pour le personnel effectuant les réparations et de l'entretien. Les techniques permettant de déterminer les courbes de demi-vie résultante et d'accumulation de composantes activées peuvent résoudre les problèmes de sécurité.

Mise hors service : L'élimination du linac nécessite une planification minutieuse en raison de l'activation neutronique. Les directives de la CCSN garantissent que les composantes activées au-delà des limites acceptables ne sont pas jetées.

Modernizing Canada's Nuclear Security Regulation

Jessica Fahey
Canadian Nuclear Safety Commission

Canada has a comprehensive legislative framework that aims to protect health, safety, security, and the environment. The Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) is responsible for administering the Nuclear Security Regulations (NSRs) and for monitoring potential threats to Canada's nuclear industry in collaboration with other government departments. The current revision of the NSRs will reflect Canada's current threat environment and will move towards more performance-based regulation. In addition, a gap-analysis is currently underway in preparation for the modernization of REGDOC-2.12.3: Security of Nuclear Substance: Sealed Sources.

In line with CNSC's move towards more performance-based regulation, the CNSC's Nuclear Security Division is conducting research to examine the feasibility of tabletop exercises to validate contingency plans and response for high-risk radioactive sources and facilities regulated by the CNSC.

This CNSC presentation will provide an update on current projects and present recent initiatives including: the Incident and Trafficking Database network, first responder outreach, Working Group with Industry on Radioactive Material Security, sharing unclassified Nuclear Security Information with licensees to promote awareness and participation in World Institute for Nuclear Security certification programs. The overall objectives

Moderniser la réglementation canadienne sur la sécurité nucléaire

Jessica Fahey
Commission canadienne de sûreté nucléaire

Le Canada dispose d'un cadre législatif complet visant à protéger la santé, la sécurité, la sûreté et l'environnement. La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) est responsable d'appliquer le Règlement sur la sécurité nucléaire (RSN) et de surveiller les menaces potentielles à l'industrie nucléaire canadienne en collaboration avec d'autres ministères. La révision en cours du RSN reflétera le contexte actuel de menace au Canada et évoluera vers une réglementation plus axée sur la performance. En outre, une analyse des lacunes est en cours en vue de la modernisation du document REGDOC-2.12.3: Sécurité des substances nucléaires : sources scellées.

Conformément à l'évolution de la CCSN vers une réglementation plus axée sur le rendement, la Division de la sécurité nucléaire de la CCSN analyse la faisabilité d'exercices sur table visant à valider les plans de contingence et les interventions pour les sources radioactives et les installations à haut risque réglementées par la CCSN.

Cette présentation de la CCSN fera le point sur les projets en cours et présentera les initiatives récentes, notamment le réseau de Base de données sur les incidents et les cas de trafic, la sensibilisation des premiers intervenants, le groupe de travail avec l'industrie sur la sécurité des matières radioactives, le

of these projects and initiatives is to enhance the Canadian nuclear security regulatory regime and develop a sustainable platform of communications with industry to promote nuclear security culture, and share lessons learned and good practices.

partage d'informations non classifiées sur la sécurité nucléaire avec les titulaires de permis afin de promouvoir la sensibilisation et la participation aux programmes de certification de la World Institute for Nuclear Security. Les objectifs généraux de ces projets et initiatives consistent à améliorer le cadre réglementaire canadien en matière de sûreté nucléaire et à mettre en place une plateforme durable de communication avec l'industrie afin de promouvoir la culture de la sûreté nucléaire et de partager les enseignements tirés et les bonnes pratiques.

Designing Portable Nuclear Gauge Safety Training based on Demographics, Business Needs, and some Anecdotal Evidence

Jeff Fleming
Golder Associates

Golder has designed an internal training program for our portable gauge users. The course uses a mixture of teaching methods with consideration to learning styles, combines technical quality and safety, and takes into account anecdotes reported by seasoned portable gauge users. The style of training balances Golder's business needs "to get people working" and provide "quality work done safely and in compliance". This colloquial presentation shares details about the development, implementation, successes, and aspects of adult learning used and those that were carefully discarded.

Concevoir une formation sur la sécurité des jauges nucléaires portatives basée sur la démographie, les besoins opérationnels et certaines preuves anecdotiques

Jeff Fleming
Golder Associates

Golder a conçu un programme de formation interne destiné à nos utilisateurs de jauges portatives. Le cours utilise un mélange de méthodes d'enseignement et de styles d'apprentissage, allie qualité technique et sécurité, et prend en compte les anecdotes rapportées par des utilisateurs expérimentés de jauges portatives. Le style de formation établit un équilibre entre les besoins d'affaires de Golder « pour amener les gens à travailler » et pour fournir « un travail de qualité effectué en toute sécurité et conformité ». Cette présentation fournit des détails sur l'élaboration, la mise en œuvre, les réussites et les aspects de l'éducation aux adultes utilisés et ceux qui ont été soigneusement abandonnés.

Addressing the lung cancer burden attributed to residential radon in Canada

Janet Gaskin
Health Canada

Lung cancer is the leading cause of cancer mortality in Canada, representing 26% of all cancer deaths for both men and women in 2017. Radon is a very modifiable environmental exposure that is the second most important cause of lung cancer. The modifiable burden of disease is quantified according to the annual number of lung cancer deaths prevented and the associated period gain in quality-adjusted life years (QALYs) for the 2012 populations in Canada from reductions in residential radon exposures. Two interventions for residential radon mitigation in new construction are theoretically applied to the population, corresponding to a 50% reduction and an 85% reduction in radon nationally, in the provinces/territories, and in 17 census metropolitan areas. A reduction in residential radon by 50% could prevent 681 lung cancer deaths, associated with a gain of 15,445 QALYs in the Canadian population at a discount rate of 1.5%; a reduction in radon by 85% could prevent 1,263 lung cancer deaths, associated with a gain of 26,336 QALYs. On a per population basis, the Yukon was estimated to benefit most from radon mitigation. A cost-utility analysis of sixteen practical intervention scenarios to reduce residential radon exposure in Canada is conducted by applying the BEIR VI exposure-age-concentration model to residential data derived from two recent Canadian radon surveys

Aborder le fardeau du cancer du poumon attribué au radon résidentiel au Canada

Janet Gaskin
Santé Canada

Le cancer du poumon est la principale cause de mortalité par cancer au Canada, représentant 26 % de tous les décès attribuables au cancer pour les hommes et les femmes en 2017. Le radon constitue une exposition environnementale très modifiable qui représente la deuxième cause de cancer du poumon. La charge de morbidité modifiable est quantifiée selon le nombre annuel de décès par cancer du poumon évités et le gain correspondant en années de vie gagnées pondérées par leur qualité pour les populations de 2012 au Canada dus aux réductions des expositions au radon résidentiel. Deux interventions visant l'atténuation du radon résidentiel dans les nouvelles constructions sont théoriquement appliquées à la population, correspondant à une réduction de 50 % et une réduction de 85 % du radon à l'échelle nationale, dans les provinces/territoires et dans 17 régions métropolitaines de recensement. Une réduction du radon résidentiel de 50 % pourrait prévenir 681 décès par cancer du poumon, associé à un gain de 15 445 années de vie gagnées pondérées par leur qualité dans la population canadienne à un taux d'actualisation de 1,5 %; une réduction du radon de 85 % pourrait prévenir 1 263 décès par cancer du poumon, associé à un gain de 26 336 années de vie gagnées pondérées par leur qualité. En fonction de la population, il est estimé que le Yukon bénéficie le

conducted by the Radiation Protection Bureau, Health Canada, to estimate the radon-attributable risk of lung cancer mortality. Canadian mortality and quality of life data were used in a period life-table analysis conducted using age- and sex-specific all cause and lung cancer mortality rates, adjusted for smoking. Analyses adopted a lifetime horizon and a discount rate of 1.5%. Preventive radon measures installed at construction are very cost effective and interventions that include mitigation of existing housing are cost effective in many regions in Canada.

plus de l'atténuation du radon. Une analyse coût-utilité de seize scénarios d'intervention concrète visant à réduire l'exposition au radon résidentiel au Canada est menée en appliquant le modèle exposition-âge-concentration BEIR VI à des données résidentielles dérivées de deux enquêtes canadiennes récentes sur le radon menées par le Bureau de la radioprotection de Santé Canada afin d'estimer le risque de mortalité par cancer du poumon attribuable au radon. Des données sur la mortalité et la qualité de vie au Canada ont été utilisées dans le cadre d'une analyse de tables de mortalité par période visée en utilisant des taux de mortalité selon l'âge et le sexe, toutes causes confondues et par cancer du poumon, ajustés pour le tabagisme. Les analyses reposaient sur un horizon temporel couvrant la vie entière et sur un taux d'actualisation de 1,5 %. Les mesures préventives en matière de radon mises en place au moment de la construction sont très économiques et les interventions qui comprennent une atténuation dans les logements existants sont économiques dans de nombreuses régions au Canada.

A Novel High-Throughput, Next-Generation Alpha Particle Irradiation Technology for Biological Research

Aaron A. Goodarzi
Robson DNA Science Centre, Arnie Charbonneau Cancer Institute, Departments of Biochemistry & Molecular Biology and Oncology, Cumming School of Medicine, University of Calgary

High linear energy transfer (LET) particle radiation is the predominant source of ionizing radiation (IR) humans are exposed to throughout their lifetime, predominantly via radioactive radon (^{222}Rn) gas inhalation with the human built environment. High LET IR is particularly damaging to DNA and has a high propensity to lead to genomic instability, a driving hallmark of cancer. The biological effects of IR depend on both the absorbed dose (in Gy), but also on the qualitative "type" of radiation. Compared to low LET IR sources such as X-rays and gamma radiation, comparatively little is known about the induction, detection and repair of alpha particle-induced DNA damage, and its impact on cellular viability and genomic stability under environmentally-relevant conditions. Until now, technological and practical barriers (i.e. the need for particle accelerators) have precluded the routine study of this type of IR in standard laboratory settings or in a high-throughput manner. We have designed and validated a benchtop, 96 well plate-based ^{241}Am irradiation system to expose cultured eukaryotic cells to high, medium or low doses of alpha particles delivered either acutely, repetitively or chronically in a controlled environment. This methodology enables fast, high-content quantification of alpha particle-induced DNA double strand break induction and repair detected by epifluorescence microscopy of γH2AX signal using a robust, purpose-designed 3D analysis method. It is compatible with physical readouts of alpha particle-induced DNA damage by alkaline comet assay, and measurements of cellular viability, survival, genomic stability and many other endpoints. The system is fully compatible with highly tractable genetic model systems such as yeast, and brings significant advances over existing techniques in its ease of set up and use, affordability, accessibility and

Nouvelle technologie d'irradiation à particules alpha à haut rendement et de nouvelle génération pour la recherche biologique

Aaron A. Goodarzi
Robson DNA Science Centre, Arnie Charbonneau Cancer Institute, Départements de biochimie et biologie moléculaire et d'oncologie, Faculté de médecine Cummings, Université de Calgary

Le rayonnement particulaire à haut transfert d'énergie linéaire (*linear energy transfer*, LET) est la principale source de rayonnement ionisant (RI) à laquelle les humains sont exposés tout au long de leur vie, principalement par l'inhalation de radon (^{222}Rn) dans les milieux construits par l'humain. Les RI à haut LET sont particulièrement dommageables pour l'ADN et ont une haute propension à créer de l'instabilité génomique, une caractéristique conduisant au cancer. Les effets biologiques des RI dépendent à la fois de la dose absorbée (en Gy) et de la « qualité » du type de rayonnement. En comparaison des sources de RI à faible LET tel que le rayonnement gamma et le rayon X, peu de choses sont connues sur l'induction, la détection et la réparation des dommages à l'ADN induits par les particules alpha et ses impacts sur la viabilité cellulaire et la stabilité génomique dans des conditions environnementales pertinentes. Jusqu'à maintenant, les barrières technologiques et pratiques (c.-à-d. l'accès à un accélérateur de particules) ont exclu les études de routines sur ce type de RI dans un environnement de laboratoire standard ou permettant un rendement élevé. Nous avons conçu et validé un système d'irradiation à l' ^{241}Am , sur table de travail, de 96 puits, afin d'exposer une culture de cellules eucaryotes à de hautes, moyennes et basses doses de particules alpha de façon intense, répétitive ou chronique dans un environnement contrôlé. Cette méthodologie a permis une quantification rapide et avec beaucoup d'informations, de l'induction et de la réparation des ruptures de double-brin de l'ADN induites par les particules alpha et détectées par microscopie par épifluorescence du signal γH2AX utilisant une méthode d'analyse 3D robuste et

flexibility. We will describe a system that will open a novel avenue by which to explore the molecular and cellular consequences of this type of radiation on human health.

conçue dans ce but. C'est compatible avec les lectures physiques des tests de comètes alcalins (*alkaline comet assay*) des dommages à l'ADN induits par les particules alpha et des mesures de viabilité et de survie cellulaire, de stabilité génomique et de nombreux autres aspects. Le système est complètement compatible avec des systèmes de modèle génomique hautement malléable tel que la levure et entraîne d'importantes avancées par rapport aux techniques existantes dans sa facilité d'implantation et d'utilisation, son abordabilité, son accessibilité et sa flexibilité. Nous allons décrire un système qui ouvrira de nouvelles avenues, lesquelles permettront d'explorer les effets moléculaires et cellulaires de ce type de rayonnement sur la santé humaine.

Characteristic Limits and Uncertainty

Michael G. Grey
Kinectrics Inc.

Characteristic Limits, which include Decision Thresholds and Detection Levels, are widely used in the interpretation of the analytical results in a variety of fields including health physics. A 1968 paper by Lloyd Currie of the U.S. National Bureau of Standards laid the basis for the currently accepted approach to the subject and a 1993 agreement between the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) and the International Organization for Standardization (ISO) led to the publication of both the IUPAC Guidelines and the first edition of ISO 11929 in 1995. Despite this, the basic meaning of decision thresholds, detection levels and related quantities is often misunderstood, and different definitions and terminologies continue to cause confusion.

Decision thresholds and detection levels were briefly discussed in the original (1990) edition of CSA N288.4 but the 2010 edition added an Annex that was intended to clarify the application of decision levels and detection limits. That Annex described the method of determining decision thresholds, detection levels and quantification limits based on the statistical hypothesis testing approach proposed by Currie.

A new edition of CSA N288.4 is being prepared and the annex on decision levels and detection limits has been completely rewritten; there are some differences in the terminology and symbols, but the approach and guidance remain unchanged. However, there are significant differences between the guidance given in N288.4 and common practice in some parts of the nuclear industry. This presentation will summarize the guidance given in the CSA standard, compare it to the approach taken by other organizations and discuss possible future developments including the treatment of sampling uncertainty in the upcoming new edition of CSA N288.5.

The presentation is adapted from one given at the CANDU Owners Group (COG) Environmental Affairs Workshop, November 7, 2018.

Limites caractéristiques et incertitude

Michael G. Grey
Kinectrics Inc.

Les limites caractéristiques, qui incluent les seuils de décision et les niveaux de détection, sont largement utilisées dans l'interprétation des résultats analytiques dans divers domaines, notamment en radioprotection. Un article datant de 1968 de Lloyd Currie du US National Bureau of Standard a jeté les bases de l'approche actuellement acceptée en la matière et un accord de 1993 entre l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) a mené à la publication des lignes directrices de l'IUPAC et de la première édition de la norme ISO 11929 en 1995. Malgré cela, la signification fondamentale des seuils de décision, des niveaux de détection et des quantités associées est souvent mal comprise, et différentes définitions et terminologies continuent de semer la confusion.

Les seuils de décision et les niveaux de détection ont été brièvement décrits dans l'édition originale (1990) de la norme CSA N288.4, mais l'édition de 2010 a ajouté une annexe destinée à clarifier l'application des niveaux de décision et des limites de détection. Cette annexe décrivait la méthode de détermination des seuils de décision, des niveaux de détection et des limites de quantification fondée sur la méthode des hypothèses statistiques proposée par Currie.

Une nouvelle édition de la norme CSA N288.4 est en préparation et l'annexe sur les niveaux de décision et les limites de détection a été complètement réécrite. Il existe des différences dans la terminologie et dans les symboles, mais l'approche et les indications restent inchangées. Cependant, il existe des différences significatives entre les indications données dans N288.4 et les pratiques courantes dans certaines parties de l'industrie nucléaire. Cette présentation résumera les indications données dans la norme CSA, les comparera à l'approche adoptée par d'autres organisations et discutera des développements futurs possibles, notamment du traitement de l'incertitude de l'échantillonnage dans la prochaine édition de la norme CSA N288.5.

La présentation est adaptée de celle offerte lors de l'atelier sur les affaires environnementales du CANDU Owners Group (COG), le 7 novembre 2018.

Radon related issues in China

Qiuju Guo
State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, School of Physics, Peking University

Radon exposure is one of the most important contributors of naturally occurring radiation to the public. And radon exposure is largely affected by housing constructions and living conditions as well. China is the biggest developing country and with the largest population in the world today, both housing or dwelling constructions and living conditions have greatly changed during the 40 years Chinese economic reform. From the view point of radiation protection, it is valuable and important to know and to understand the change and the current situation of radon exposure to the general public in China.

In my presentation, national indoor radon level will be reviewed, issues related to building materials will be introduced. National regulations or standards on protection for the public from radon exposure will be discussed. Introduction on some ongoing research for precise measurement and evaluation of radon exposure will also be involved.

Problèmes reliés au radon en Chine

Qiuju Guo
State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, École de physique, Université de Pékin

L'exposition au radon est l'une des principales sources de rayonnement naturel aux membres du public. Les expositions au radon sont grandement influencées par les méthodes de construction des maisons et les habitudes de vie des occupants. La Chine est le plus grand pays en voie de développement et également le pays avec la plus grande population au monde. Les constructions des maisons et des logements ainsi que les conditions de vie ont grandement changé depuis la réforme économique des 40 dernières années. D'un point de vue de la radioprotection, il est important et nécessaire de connaître et de comprendre les changements survenus et la situation actuelle concernant l'exposition au radon des membres du public en Chine.

Dans ma présentation, les niveaux nationaux de radon dans les habitations seront examinés ainsi que les problèmes reliés aux matériaux de construction. Les normes et les règlements pour la protection du public contre le radon seront présentés. Il sera aussi question des travaux de recherche sur les méthodes précises d'évaluation et de mesure de l'exposition au radon.

Teaching Radiation Safety - Making a Dull Topic Engaging!

Tara Hargreaves
Radiation Safety Institute of Canada

A key factor in developing a robust radiation safety culture is the training. Rather than just communicating the bare minimum so that you can check off the training box, by creating a radiation safety training program that engages, excites and educates its participants you are far more likely to ensure their successful retention of information and increase their ability to put this newfound knowledge into action. For nearly four decades, the Radiation Safety Institute of Canada has been providing training to RSO's, XSO's, and general workers. Learn how we teach people about radiation safety while entertaining and engaging them as well. A student who is captivated is open to learning and performing their duties confidently and, most importantly, safely.

Enseigner la radioprotection – Rendre un sujet ennuyeux stimulant!

Tara Hargreaves
Institut de radioprotection du Canada

La formation est un facteur clé dans le développement d'une solide culture de radioprotection. Plutôt que de simplement communiquer le strict minimum afin que vous puissiez cocher la case « Formation », en créant un programme de formation en radioprotection qui engage, excite et éduque les participants, vous avez beaucoup plus de chance d'assurer une bonne rétention de l'information et d'accroître leurs habilités à mettre en pratique ces nouvelles connaissances. Depuis près de quatre décennies, l'Institut de radioprotection du Canada offre des formations aux RRP's, aux responsables de la sécurité liée aux rayons X et aux travailleurs. Apprenez comment nous enseignons la radioprotection tout en divertissant et en engageant les participants. Un étudiant qui est captivé est plus ouvert à l'apprentissage et effectue ses tâches avec confiance et surtout, en toute sécurité.

REGDOC 2.1.2 – Safety Culture – Information for DNSR licensees

Tanya Hewitt
Canadian Nuclear Safety Commission

The CNSC recently published REGDOC 2.1.2, Safety Culture, which outlines the CNSC's expectations on safety and security

REGDOC 2.1.2 – Culture de sûreté – Informations les titulaires de permis de la DRSN

Tanya Hewitt
Commission canadienne de sûreté nucléaire

La CCSN a récemment publié le REGDOC 2.1.2, Culture de sûreté, qui présente les attentes de la CCSN en matière de

culture. This presentation will address how safety culture is beyond compliance, how it is principle based, the importance of context, the crucial role of safe spaces and authentic discussion, and hence how a much different approach must be taken to safety culture when compared to nearly all other areas overseen by a regulator. The regulatory document addresses the entire suite of CNSC licensees, but not all in the same way. The DNSR pool of licensees can benefit from all of the information in the REGDOC, but specifically from the table of indicators described through a maturity model, found in the appendix. The presentation will then describe how DNSR licensees can use the maturity model to not only help gauge present understanding of where areas of the licensee business may be culturally, but can also help define a vision of the various indicators to help align the entire organization toward continual improvement.

culture de sûreté et de sécurité. Cette présentation traitera de la manière dont la culture de sûreté va au-delà des critères de conformité, de comment elle est basée sur des principes, de l'importance du contexte, du rôle crucial d'avoir des espaces sécuritaires et des discussions franches, ainsi que de la nécessité d'adopter une approche différente en matière de culture de sûreté par rapport à presque tous les autres domaines supervisés par un organisme de réglementation. Le document réglementaire concerne l'ensemble des titulaires de permis de la CCSN, mais pas tous de la même manière. L'ensemble des titulaires de permis de la Direction de la réglementation des substances nucléaires (DRSN) peut bénéficier de l'information disponible dans le REGDOC, et plus précisément du tableau d'indicateurs décrit par le biais d'un modèle, présenté en annexe du document. La présentation décrira ensuite comment les titulaires de permis de la DRSN peuvent utiliser ce modèle pour non seulement aider à évaluer la compréhension actuelle des domaines où les activités peuvent s'enraciner dans la culture de l'entreprise, mais également pour aider à définir une vision des divers indicateurs permettant d'orienter l'ensemble de l'organisation vers un processus d'amélioration continu.

The Western Canadian Prairie "Evict Radon" Study

Weston R. Jacques

Robson DNA Science Centre, Arnie Charbonneau Cancer Institute, Departments of Biochemistry & Molecular Biology and Oncology, Cumming School of Medicine, University of Calgary

Human-made buildings can concentrate radioactive radon (^{222}Rn) gas of geologic origin to harmful levels within indoor air environments, exposing occupants to alpha particle emissions from decaying radioisotopes that damage DNA of exposed tissues (such as lung) and increasing cancer risk. Colder climates further exacerbate radon exposure by necessitating prolonged periods spent indoors. To enable radon exposure reduction, we examined how domestic radon levels in the Canadian Prairies are modified by environmental design and human behaviour, and evaluated different radon test modalities. This interdisciplinary project was entitled "Evict Radon", and combined next generation communication techniques with a citizen science approach to data collection. 11,727 Alberta and Saskatchewan homes were radon tested using 90+ day Alpha Track devices, coupled with geographic, architectural, meteorological and/or behaviour data. Canadian Prairie homes contained 146 Bq/m³ average radon (min <15 Bq/m³; max 7,199 Bq/m³), 55% were ≥ 100 Bq/m³ and 17.8% were ≥ 200 Bq/m³. Geostatistical analysis indicates significant variation between regions. Regression analysis confirms 21st-century homes contain higher radon versus 20th century. Properties with a larger square footage and greater basement and/or main floor ceiling height contained significantly greater radon. Thermostat settings, walkout basements and foundation type had no significant effect. Dwellings with more storeys and in which occupants opened upper floor windows had modestly lower radon. This study defines modifiable environmental design features and behaviours that influence indoor air levels of radon, a group 1 carcinogen and most prevalent source of

L'étude « Evict Radon » dans les Prairies de l'Ouest canadien

Weston R. Jacques

Robson DNA Science Centre, Arnie Charbonneau Cancer Institute, Départements de biochimie et biologie moléculaire et d'oncologie, Faculté de médecine Cumming, Université de Calgary

Les édifices bâtis par l'homme peuvent contribuer à concentrer le gaz radon radioactif (^{222}Rn) d'origine géologique à des niveaux nocifs dans les environnements intérieurs, exposant par le fait même les occupants aux émissions de particules alpha émises par la décroissance radioactive des radioisotopes pouvant endommager l'ADN des tissus exposés (comme les poumons) et augmentant les risques de développer un cancer. Les climats plus froids aggravent davantage l'exposition au radon en raison des périodes prolongées passées à l'intérieur. Afin de permettre la réduction de l'exposition au radon, nous avons étudié comment les niveaux de radon domestique dans les Prairies canadiennes sont modifiés par la conception de l'environnement et par le comportement humain, et nous avons évalué différentes modalités de tests de radon. Ce projet interdisciplinaire intitulé « *Evict Radon* » combinait des techniques de communication de nouvelles générations avec une approche de collecte des données scientifiques grand public. En Alberta et en Saskatchewan, 11 727 domiciles ont été testés pour le radon en utilisant des dispositifs Alpha Track pour plus de 90 jours. Ces données ont été combinées aux données géographiques, architecturales, météorologiques ou comportementales. Les domiciles des Prairies canadiennes contenaient en moyenne 146 Bq/m³ de radon (min <15 Bq/m³; max 7 199 Bq/m³), 55 % étaient ≥ 100 Bq/m³ et 17,8 % étaient ≥ 200 Bq/m³. L'analyse géostatistique indique d'importantes variations entre les régions. L'analyse de régression confirme que les maisons bâties au 21^e siècle contenaient des niveaux de

human ionizing radiation exposure, and establishes recommendations for stakeholders to gather reliable radon exposure data to inform decision-making. This study also represents a new paradigm for communicating radiation health risks, and engaging the general population in research science whilst promoting radiation protection.

radon supérieurs aux maisons bâties au 20^e siècle. Les propriétés ayant une plus grande superficie de plancher et de sous-sol ou des plafonds plus élevés contenaient des quantités plus importantes de radon. Les réglages des thermostats, les sous-sols avec entrée directe et le type de fondation n'ont eu aucun effet significatif. Les habitations de plusieurs étages dans lesquels les occupants ouvraient les fenêtres à l'étage supérieur présentaient un niveau de radon légèrement inférieur. Cette étude définit les caractéristiques de conception et les comportements environnementaux modifiables influençant les niveaux de radon dans l'air intérieur, qui est une substance cancérigène du groupe 1 et la source la plus répandue d'exposition aux rayonnements ionisants pour l'humain. L'étude établit également des recommandations pour les parties prenantes de récolter des données fiables sur l'exposition au radon afin de faciliter la prise de décision. Cette étude représente également un nouveau paradigme pour la communication des risques à la santé des rayonnements et l'engagement de l'ensemble de la population dans la recherche scientifique tout en faisant la promotion de la radioprotection.

Radiation Safety Officer: A journey in your (extended) community

Stéphane Jean-François
Radioprotection Inc.

The title of Radiation Safety Officer (RSO) extends beyond regulatory requirements: RSO are a hub in a community seeking answers, because the RSO is sometimes involved even when there is no regulatory requirements.

This health and safety specialist carries the weight of sometimes erroneous public perceptions; expectations that are tough, vague, generic, contradictory or that don't have a regulatory basis; and pressure from their employer to produce compelling results. The RSO leads a program that goes well beyond the shielding of its walls. They must reach out and inspire the entire community to help satisfy dose reduction targets, training requirements, and overall compliance and performance goals. Performance here means meeting the organization's primary objectives and exceeding some standards that must evolve with all the challenges that resistance to change can bring.

With 27 years of experience and active involvement in radiation safety and health and safety, the author of this presentation will discuss the current state, evolution and issues facing today's Radiation Safety Officer, from the creation of integrated radiation safety programs, to training and communication of issues with the community, to implementation and risks of compliance with varied regulatory regimes, both X-rays and radioisotopes. He will provide concrete examples (prevention and planning, incidents, regulatory dilemmas, etc.) of solutions and examples of outreach and collaboration with different communities.

Responsable de la radioprotection : Un voyage au sein de votre communauté (élargie)

Stéphane Jean-François
Radioprotection Inc.

Le titre de responsable de la radioprotection (RRP) est plus qu'une obligation réglementaire. C'est un voyage à travers une communauté en quête de réponses, car le RRP s'impose parfois sans être une exigence de la Loi.

Ce spécialiste en santé-sécurité porte sur ses épaules le poids de perceptions parfois erronées du public, la charge provenant des attentes difficiles, vagues, génériques, contradictoires ou même inexistantes des instances réglementaires et la pression d'obligation de résultats probants auprès de son institution. Le RRP est le leader d'un programme qui dépasse et transperce le blindage de ses murs. En effet, cette personne doit toucher et inspirer l'ensemble de la communauté pour assoir les exigences de réduction de dose, de formation, de conformité et, osons le dire, de performance. La performance signifie ici de remplir les objectifs premiers de l'organisation et de dépasser certains standards qui doivent évoluer avec tous les défis que la résistance au changement peut apporter.

L'auteur de cette conférence fera état, en se basant sur une expérience et une implication active de 27 ans dans le domaine de la radioprotection et de la santé-sécurité, des enjeux et de l'évolution du RRP, en commençant par la création d'un programme intégré en radioprotection, à la formation et la communication des enjeux avec la communauté, à la mise en œuvre et aux aléas de la conformité avec les différentes instances réglementaires, autant en rayons X que pour les radioisotopes. Il apportera, par des exemples concrets (prévention et planification, incidents, dilemmes réglementaires, etc.) des pistes de solutions et des exemples de collaborations des différentes communautés.

UAV Deployed Radiation Measurement System

Kai Kaletsch

Environmental Instruments Canada Inc.

A suite of radiation measuring instruments, designed for deployment on person portable Unmanned Aerial Vehicles (UAV), is being developed. The weight to performance ratio of the instruments has to be optimized, since the weight cannot exceed 600 g.

Components of the system include: high sensitivity gamma detector, wide measurement range gamma detector, gamma spectrometer, neutron detector and active airborne alpha, beta, gamma sampling detector.

Sensor performance should not negatively impact (or be impacted by) the operation of the UAV. As well, real-time data transfer from the sensors to the field operators is required. Data visualization and interpretation tools are also being developed.

The current status of this project will be presented.

An innovative and low-tech methodology for rapid assessment of internal radioactivity

Andrew Karam

Mirion Technologies

In the aftermath of a large-scale radiological or nuclear event there will be the need to quickly determine who needs – and who does not need – decorporation agents administered to reduce their exposure from inhaled or ingested radionuclides. The assessment process typically requires the attention of a professional health physicist, often in conjunction with biological samples and a laboratory or a whole body counter. However, a major city might have tens of thousands of citizens requiring assessment – there are not enough qualified health physicists and not enough equipment and laboratory space to perform so much assessment in a timely manner. A recent publication in *Health Physics* (Korir and Karam, 2018) discusses a quick internal assessment process that can be performed by non-health physicists with minimal training to quickly sort people into groups requiring decorporation, those not requiring decorporation, and those requiring further assessment. The origin and development of this process and its use in the field will be the topic of this presentation.

Système de mesure du rayonnement déployé par véhicule aérien sans pilote

Kai Kaletsch

Environmental Instruments Canada Inc.

Une série d'instruments conçus pour mesurer les rayonnements dans le cadre d'un déploiement sur des véhicules aériens sans pilote (drone) pouvant être transportés par une personne est en élaboration. Le ratio poids/performance des instruments doit être optimisé, puisque le poids ne peut excéder 600 g.

Les composantes du système comprennent : un détecteur gamma de haute sensibilité, un détecteur gamma à large domaine de détection, un spectromètre gamma, un détecteur de neutrons et un détecteur actif permettant l'échantillonnage de particules aéroportées alpha, bêta et gamma.

Les performances du capteur ne doivent pas affecter (ou être affectées) par les déplacements du drone. Il faut également que le transfert de données entre les capteurs et les opérateurs sur le terrain soit fait en temps réel. Des outils de visionnement et d'interprétation des données sont également en élaboration.

L'état actuel de ce projet sera présenté.

Une méthodologie simple et innovatrice pour l'évaluation rapide de la radioactivité interne

Andrew Karam

Mirion Technologies

À la suite d'un événement radiologique ou nucléaire de grande ampleur, il y aura un besoin urgent de déterminer qui a besoin – et qui n'a pas besoin – de recevoir des agents d'élimination pour réduire l'exposition aux radionucléides ingérés ou inhalés. Le processus d'évaluation standard requiert la participation d'un spécialiste en radioprotection et requiert souvent la prise d'échantillons biologiques et l'utilisation d'un compteur de laboratoire ou de type corps entier. Cependant, un incident dans une grande ville pourrait nécessiter l'évaluation de dizaines de milliers de citoyens, mais il n'y a pas suffisamment de spécialistes en radioprotection qualifiés, d'équipements et d'espace de laboratoire pour réaliser une telle évaluation dans un délai adéquat. Une publication récente dans *Health Physics* (Korir et Karam, 2018) présente un procédé d'évaluation rapide de l'activité interne qui peut être réalisé par des non-spécialistes en radioprotection après une courte formation et permettant le triage rapide des personnes en trois groupes : ceux requérant l'agent d'élimination, ceux qui n'en ont pas besoin et ceux qui devraient faire l'objet d'une évaluation complémentaire. L'origine et le développement de ce procédé ainsi que son utilisation en situation réelle seront les thèmes principaux de cette présentation.

The art of the practice of radiation safety

Andrew Karam
Mirion Technologies

While much of our job is quantitative, the majority of our job entails what to do with the numbers that we calculate. This qualitative part of our job is the art of radiation safety. This can include discussing the risks of a pediatric CT scan with worried parents, convincing a Board of Trustees to change long-standing radiation safety practices, communicating safety actions to the public following an accident, and much more. This non-quantitative part of our job will be the topic of this talk.

TDG training requirements – Update on Part 6

Saeed Khan
Transport Canada – Transportation of Dangerous Goods Directorate

Purpose for Amending Part 6 of the TDGR (Training)

- To increase compliance and improve public safety by:
- Ensuring that persons who transport dangerous goods have the knowledge and skills to perform their jobs; and
- Increasing clarity of the regulatory requirements.

Proposed amendment

Two key components would need to be met to satisfy the requirements in the TDGR for a “competent person”:

1. General TDG awareness requirements; and
2. Job specific competency-based training and assessment (CBTA).

Progress to Date

- Policy consultations took place over 2016-2017 on options to amend Part 6.
- A competency-based training and assessment (CBTA) standard with a general awareness training component will be incorporated by reference into the amended regulations.
- CBTA standard is being developed by the Canadian General Standards Board.
- Five technical committee meetings held to date (December 2017, March, June, October 2018 and April 2019). Membership includes 34 technical committee members.
- Six working groups were created to develop the standard content.

Next Steps

- Sixth technical committee meeting to be held in September 2019.
- Canada Gazette, Part I (CGI) is targeted for spring 2020.

L’art de la pratique de la radioprotection

Andrew Karam
Mirion Technologies

Bien que notre travail soit principalement quantitatif, la majorité du travail exige de savoir quoi faire avec les chiffres que nous calculons. Cette partie qualitative de nos tâches est l’art de pratiquer la radioprotection. Ceci comprend notamment de discuter des risques d’un examen par tomographie assistée par ordinateur pédiatrique avec des parents inquiets, de convaincre un conseil d’administration de changer certaines pratiques de longue date en radioprotection, de communiquer au public des règles de sécurité à la suite d’un accident, et bien plus. Cette portion non quantitative de notre travail sera le sujet de cette présentation.

Exigences de formation sur le TMD – Mise à jour de la partie 6

Saeed Khan
Transports Canada – Direction générale du transport des marchandises dangereuses

Raisons pour modifier la partie 6 du RTMD (formation)

- Accroître la conformité et améliorer la sécurité publique en :
- S’assurer que les personnes qui transportent des marchandises dangereuses ont les connaissances et les compétences nécessaires pour effectuer leur travail; et
- Accroître la clarté des exigences réglementaires.

Amendement proposé

Deux éléments clés devront être rencontrés pour satisfaire aux exigences du RTMD et pour être considérée une « personne compétente » :

1. Exigences générales en matière de sensibilisation au TMD; et
2. Formation et évaluation basées sur les compétences spécifiques à un emploi.

Progrès à ce jour

- Des consultations en matière de politique ont eu lieu en 2016-2017 sur les options pour modifier la partie 6.
- Une norme sur la formation et l’évaluation basées sur les compétences avec une composante de formation de sensibilisation générale sera incorporée par renvoi dans la réglementation modifiée.
- La norme sur la formation et l’évaluation basées sur les compétences est en cours d’élaboration par l’Office des normes générales du Canada.
- Cinq réunions du comité technique composé de 34 membres ont eu lieu à ce jour (décembre 2017, mars, juin, octobre 2018 et avril 2019).
- Six groupes de travail ont été créés pour élaborer le contenu de la norme.

Prochaines étapes

-
- La sixième réunion du comité technique aura lieu en septembre 2019.
 - La Gazette du Canada, partie I (GCI) est prévue pour le printemps 2020.
-

Do Commercially Available In-plane Bismuth Breast Shields are Consistent with Patients Care?

Hamid Reza Khosravi
Radiology Department, University of Mississippi Medical Center

Background: The bismuth shield has been advocated to reduce radiation exposure to the breasts during thoracic CT. However, introduction of image noise, streak artifacts and change in CT number of the images have been concerned. The first aim of this study was the quantitative assessment of noise and CT number of the images follows 0, 1, 2, and 3 cm shield-to-phantom distance. The second aim was to assess radiation dose reduction by the shield and a qualitative assessment of image quality in an extensive clinical study.

Methods: A 32 cm body phantom was scanned using adult thoracic CT protocol. Scanning was repeated after placing 0, 1, 2 and 3 cm foam between shield and the phantom. The noise and CT number of the phantom images were measured. In the clinical study, 180 female patients were scanned. The left breast was shielded, whereas the right breast remained unshielded. The radiation dose and image quality were assessed.

Results: The 3 cm shield-to-phantom distance has effectively lowered image noise; however, CT number was significantly increased at all phantom regions, when there was 0, 1, 2 and 3 cm shield-to-phantom distance ($P < 0.001$). In the patient study, the shield has reduced breast doses by 43.42%. Qualitative image quality analysis showed no statistical difference between shielded and non-shielded sections of the thoracic images ($P = 0.997$).

Conclusion: Combining bismuth shield with 3 cm shield-to-breast distance has significantly reduced radiation exposure without deterioration of image quality in terms of image noise and streak artifacts. However, increasing the CT number of the images remains as a concern.

Est-ce que les protecteurs mammaires au bismuth disponibles sur le marché sont compatibles avec les soins aux patients?

Hamid Reza Khosravi
Département de radiologie, Centre médical de l'Université du Mississippi

Contexte : Les protecteurs au bismuth sont préconisés pour réduire l'exposition à la poitrine pendant un examen TDM (CT) thoracique. Cependant, l'introduction de bruit dans l'image, d'artéfacts striés et de changement du nombre TDM de l'image sont des éléments préoccupants. Le premier objectif de cette étude était d'effectuer une analyse quantitative du bruit et du nombre TDM de l'image à des distances entre le protecteur et le fantôme de 0, 1, 2 et 3 cm. Le second objectif était d'évaluer la réduction de la dose de rayonnements occasionnée par l'ajout du protecteur et d'évaluer qualitativement la qualité de l'image dans une étude clinique complète.

Méthodologie : Un fantôme de corps de 32 cm a été numérisé en utilisant un protocole TDM thoracique pour adulte. La numérisation a été répétée en plaçant des mousses de 0, 1, 2 et 3 cm entre le protecteur et le fantôme. Le bruit et le nombre TDM des images du fantôme ont été mesurés. Dans l'étude clinique, 180 patientes ont subi un examen. Le sein gauche était protégé par un protecteur alors que le sein droit ne l'était pas. Les doses de rayonnement et la qualité de l'image ont été évaluées.

Résultats : Le bruit sur l'image a été diminué efficacement à une distance de 3 cm entre le fantôme et le protecteur; toutefois, le nombre TDM a augmenté de façon importante dans toutes les régions du fantôme à des distances de 0, 1, 2 et 3 cm entre le protecteur et le fantôme ($P < 0,001$). Dans l'étude avec les patientes, l'ajout du protecteur a réduit la dose au sein de 43,42 %. L'analyse qualitative de la qualité de l'image thoracique n'a démontré aucune différence statistique entre les sections avec protecteur et celles sans protecteur ($P = 0,997$).

Conclusion : En utilisant un protecteur au bismuth à une distance de 3 cm entre le protecteur et le sein, l'exposition aux rayonnements est réduite de façon importante sans détériorer la qualité de l'image sur le plan du bruit dans l'image et des artéfacts striés. Toutefois, l'augmentation du nombre TDM dans les images demeure une préoccupation.

Dosimetric characterization of a high efficiency gaseous neutron dosimeter consisting of 95 multi-elements

JiYoung Kim
McMaster University

We demonstrate dosimetric characterization of a high efficiency gaseous neutron dosimeter consisting of 95 multi-elements

Caractérisation dosimétrique d'un dosimètre à neutrons gazeux à haute efficacité composé de 95 multi-éléments

JiYoung Kim
Université McMaster

Nous démontrons la caractérisation dosimétrique d'un dosimètre à neutrons gazeux à haute efficacité composé de 95

using the Thick Gas Electron Multiplier (THGEM) technology. The traditional tissue-equivalent proportional counters (TEPCs) have low detection efficiency therefore, suffers from very low count rates for weak neutron fields. To overcome the shortcoming of low efficiency, THGEM based multi-element tissue-equivalent neutron dosimeters have been under active development at McMaster University. The multi-element detectors subdivide a gaseous sensitive volume into many smaller volumes, which increases the effective surface area of detector and hence the neutron detection efficiency in principle. Founded on our prototype multi-element detector [1] consisting of 21 sensitive volumes, we recently built a more efficient multi-element detector consisting of five corresponding layers of hexagon shape tissue-equivalent plastic and insulator with 95 sensitive volumes. In order to characterize the uniformity of the gas multiplication gain, the responses of individual single sensitive volumes to alpha particles were measured using a Am-241 calibration source. Then the responses of the groups of sensitive volumes were investigated using a 238PuBe neutron source. A full dosimetric characterization of the new multi-element detector is currently underway using the McMaster Tandetron 7Li(p,n) neutron field and its efficiency will be reported against the prototype detector with 21 sensitive volumes.

[1] Z. Anjomani, "Development of a thick gas electron multiplier-based multi-element microdosimetric detector", McMaster University, 2017. Available at <http://hdl.handle.net/11375/21428>

multi-éléments et utilisant la technologie THGEM (Thick Gas Electron Multiplier). Les compteurs proportionnels équivalents aux tissus biologiques (TEPC) traditionnels ont une faible efficacité de détection et souffrent donc de très faibles taux de comptage pour les champs de neutrons faibles. Pour pallier au manque d'efficacité, des dosimètres à neutrons équivalents aux tissus à multi-éléments basés sur la technologie THGEM sont en cours de développement à l'Université McMaster. Les détecteurs multi-éléments subdivisent un volume utile gazeux en plusieurs volumes plus petits, ce qui augmente la surface effective du détecteur et donc, en principe, l'efficacité de la détection neutronique. Basé sur notre prototype de détecteur multi-éléments [1] composé de 21 volumes utiles, nous avons récemment construit un détecteur multi-éléments plus efficace composé de cinq couches correspondantes de plastique équivalent aux tissus de forme hexagonale et d'un isolant avec 95 volumes utiles. Afin de caractériser l'uniformité du gain de multiplication du gaz, les réponses des volumes utiles individuels à des particules alpha ont été mesurées à l'aide d'une source d'étalonnage de Am-241. Les réponses des groupes de volumes utiles ont ensuite été étudiées à l'aide d'une source de neutrons 238PuBe. Une caractérisation dosimétrique complète du nouveau détecteur multi-éléments est en cours à l'aide du champ de neutrons 7Li(p,n) du Tandetron de McMaster et son efficacité sera comparée au détecteur prototype à 21 volumes utiles.

[1] Z. Anjomani, "Development of a thick gas electron multiplier-based multi-element microdosimetric detector", McMaster University, 2017. Disponible à <http://hdl.handle.net/11375/21428>

Myocardial blood flow quantification and imaging with rubidium-82 PET – more information with less radiation

Ran Klein
The Ottawa Hospital

Cardiac disease remains the leading cause of morbidity and mortality globally, but patient outcomes can be dramatically improved with appropriate therapies, guided by myocardial perfusion imaging (MPI). Over the past two decades we have developed rubidium-82-chloride (⁸²Rb) positron emission tomography (PET) as a high throughput, cost-effective, information dense and minimally invasive imaging technique, and have demonstrated its superb prognostic and diagnostic value. Using our technology, the MPI imaging protocol can be easily enhanced to provide incremental quantitative measures of regional myocardial blood flow and flow reserve, with no additional imaging time, cost or radiation exposure. Combined rest and stress ⁸²Rb PET/CT can be achieved with a very low radiation dose of 2-3 mSv compared to traditional SPECT technologies (5-30 mSv). In this presentation we emphasize radiation protection aspects of ⁸²Rb PET including: (1) how to achieve this dramatic dose reduction, (2) quality assurance measures implemented to mitigate risks associated with potential strontium breakthrough from the ⁸²Rb/⁸²Sr generator, and (3) how to leverage the unique clinical information from

Imagerie TEP avec le rubidium 82 et quantification du débit sanguin myocardique – plus d'informations et moins de rayonnement

Ran Klein
L'Hôpital d'Ottawa

Les maladies cardiaques demeurent globalement la principale cause de morbidité et de mortalité. Toutefois, les résultats pour les patients peuvent être grandement améliorés par des thérapies appropriées, soutenues par la perfusion sanguine myocardique par scintigraphie (MPI). Depuis les vingt dernières années, nous avons développé la tomographie par émission de positron (TEP) avec le chlorure de rubidium 82 (⁸²Rb), une technique d'imagerie minimalement invasive qui donne une grande densité d'informations, qui est rentable et qui permet un haut débit d'examen, et pour lequel nous avons démontré ses excellentes valeurs pronostiques et diagnostiques. En utilisant notre technologie, le protocole d'imagerie MPI peut facilement être amélioré afin de fournir des mesures quantitatives graduelles du débit sanguin myocardique et des réserves de débit par région, et ce, sans prolonger le temps d'imagerie, ni augmenter les coûts ou augmenter le niveau d'exposition. Des examens combinés de TEP-TDM au ⁸²Rb à l'effort et au repos peuvent être réalisés à un très faible niveau de dose de 2 à 3 mSv en comparaison avec la technologie TEMP traditionnelle (5 à 30 mSv). Dans cette présentation nous

⁸²Rb PET, reducing the need for downstream testing and thus further reducing radiation exposure to the patient.

soulignerons les aspects de radioprotection de la TEP par ⁸²Rb incluant : (1) comment atteindre cette importante réduction de dose, (2) les mesures d'assurance qualité mises en place afin de minimiser les risques associés à une potentielle contamination au strontium provenant du générateur ⁸²Rb/⁸²Sr, et (3) comment exploiter les informations cliniques uniques de la TEP au ⁸²Rb, réduisant ainsi les besoins de tests plus avancés et réduisant encore plus l'exposition des patients aux rayonnements.

Detection of Early Radiation Damage to the Eye-Lens of Rainbow Trout

Marta Kocemba

University of Ontario Institute of Technology

The objective of this work is to contribute to the study of radiation effects in non-human biota and potentially to the study of eye-lens damage in humans by investigating the effects of low-energy X-rays on the lenses of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). The lenses were cultured ex vivo and irradiated to doses up to 0.34 Gy with low-energy X-rays of 40 kV and a half-value thickness of 0.2 mm in polyethylene terephthalate for an uncollimated beam. A laser focal analysis system was used to track changes in focal lengths across the lenses from pre-irradiation up to one week post-irradiation. Measuring changes in lens focal length variability (FLV) is a standard method employed in ophthalmology and toxicology, and the purpose of this study was to determine whether FLV could give an indication of the early effects of radiation on lens health. Five dose points between 0.04 Gy to 0.34 Gy were observed. None of the groups showed differences in focal length variability compared to the control group (FLV of 0.12 mm ± 0.02 mm for the 0.34 Gy group compared to 0.11 mm ± 0.01 mm for the control group), but the higher dose groups showed some increase in epithelial clouding (a separate indicator of damage). The experiment will be continued with progressively higher doses in order to determine the onset of observable changes in lens refraction capability.

Détection des premiers dommages causés par le rayonnement dans le cristallin de l'oeil de la truite arc-en-ciel

Marta Kocemba

Institut universitaire de technologie de l'Ontario

L'objectif de ce travail est de contribuer à l'étude des effets des rayonnements sur le biote non humain et potentiellement à l'étude des dommages causés au cristallin de l'œil chez l'humain, en étudiant les effets des rayons X à basse énergie sur les cristallins de la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*). Les cristallins ont été cultivés ex vivo et irradiés à des doses allant jusqu'à 0,34 Gy avec des rayons X à basse énergie de 40 kV et une épaisseur de demi-atténuation de 0,2 mm de polyéthylène téréphthalate pour un faisceau non collimaté. Un système d'analyse focale au laser a été utilisé pour suivre les changements dans les longueurs focales au travers des cristallins avant l'irradiation et jusqu'à une semaine après l'irradiation. La mesure des changements dans la variabilité de la longueur focale (VLF) du cristallin est une méthode standard utilisée en ophtalmologie et en toxicologie. Le but de cette étude était de déterminer si la VLF pouvait donner une indication des effets précoces des rayonnements sur la santé des cristallins. Cinq doses comprises entre 0,04 et 0,34 Gy ont été observées. Aucun des groupes n'a présenté de différence dans la variabilité de la longueur focale par rapport au groupe témoin (VLF de 0,12 mm ± 0,02 mm pour le groupe de 0,34 Gy, comparé à 0,11 mm ± 0,01 mm pour le groupe témoin), mais les groupes les plus exposés ont montré une certaine augmentation d'opacité épithéliale (un indicateur distinct de dommages). L'expérience se poursuivra avec des doses progressivement plus élevées afin de déterminer l'apparition de changements observables dans la capacité de réfraction du cristallin.

Effects of low-dose ionizing radiation on cancer progression in transgenic mouse model

Holly Laakso

Canadian Nuclear Laboratories

With the use of radiation in medical treatment and imaging, and increasing use of nuclear power as an energy source, public exposure to low-dose radiation (LDR) is a growing concern. Conventional linear non-threshold (LNT) model suggests that the risk of cancer is linear to the amount of radiation received. Recent work has suggested, however, that the LNT model is an oversimplification of the effects of radiation, particularly with regard to LDR, and thus further investigation is required. In this

Effets des rayonnements ionisants à faible dose sur la progression du cancer chez un modèle de souris transgénique

Holly Laakso

Laboratoires Nucléaires Canadiens

Avec l'utilisation du rayonnement dans les traitements médicaux et en imagerie ainsi que l'augmentation de l'utilisation des centrales nucléaires comme source d'énergie, l'exposition du public aux faibles doses de rayonnement (FDR) préoccupe de plus en plus. Le modèle conventionnel linéaire sans seuil (*linear non-threshold*, LNT) suggère que le risque de

study, we examined the effect of LDR on cancer progression in an APCmin/-transgenic mouse model that spontaneously develop intestinal cancer. Three cumulative doses (10, 100, and 2000 mGy) of two different radiation sources were used: beta radiation, tritium in drinking water, and gamma radiation, Co-60. Mice were exposed chronically to radiation starting at 4 weeks of age and sacrifice time points were taken at 12, 16, and 20 weeks of age. We showed that mice exposed to low doses of gamma radiation (10 mGy and 100 mGy) had significantly greater survival than control or 2000 mGy mice cohorts. Enhanced survival was not observed with mice exposed to low doses of tritium. For both radiation sources, histology to examine tumorigenesis, collection of tumour and non-tumour tissue to look at biochemical changes, and analysis of immune system function, allowed a whole-system biology approach. Induction of a hormetic response by low-dose gamma radiation, but not tritium, suggests that radiation quality is an important factor when examining the effects of LDR. Specifically, our results suggest that tritium may possess higher toxicity relative to gamma radiation, and the beneficial response observed for gamma exposures should be accounted for when evaluating relative biological effectiveness of tritium. This work not only challenges the LNT model but investigates at both a cellular and holistic level the mechanistic alterations involved in cancer progression in response to LDR.

cancer varie linéairement en fonction de la quantité de rayonnement ionisant reçue. De récents travaux suggèrent cependant que le modèle LNT est une simplification excessive des effets du rayonnement, particulièrement en ce qui concerne les FDR et par conséquent, des études plus approfondies sont requises. Dans cette étude, nous avons examiné les effets des FDR sur la progression du cancer chez des souris transgéniques APCmin/- qui développent spontanément des cancers intestinaux. Trois doses cumulatives (10, 100 et 2 000 mGy) de deux différents types de sources de rayonnement ont été utilisées : le rayonnement bêta provenant du tritium dans l'eau potable et le rayonnement gamma du cobalt 60. Les souris ont été exposées de façon chronique aux rayonnements à partir de l'âge de 4 semaines et des euthanasies ont eu lieu à 12, 16 et 20 semaines d'âge. Nous avons observé que les souris exposées à de faibles doses de rayonnement gamma (10 et 100 mGy) avaient un taux de survie nettement supérieur aux cohortes de contrôle et d'exposition à 2 000 mGy. L'amélioration de la survie n'a pas été observée chez les souris exposées aux faibles doses de tritium. Pour les deux sources de rayonnement, l'histologie pour examiner la genèse des tumeurs et la collection des tissus tumoraux et non tumoraux afin d'étudier les changements biochimiques ainsi que l'analyse des fonctions immunitaires, permettent une approche biologique systémique. L'induction d'une réponse d'hormèse par les faibles doses de rayonnement gamma, mais non de tritium, suggère que la qualité du rayonnement est un facteur important lorsque l'on examine les effets des FDR. Plus spécifiquement, nos résultats suggèrent que le tritium pourrait posséder un facteur de toxicité plus élevé que le rayonnement gamma et que la réponse bénéfique observée lors d'exposition au rayonnement gamma doit être considérée dans l'évaluation de l'efficacité biologique relative du tritium. Ce travail remet non seulement en question le modèle LNT, mais étudie, à un niveau cellulaire et holistique, les mécanismes d'altération impliqués dans la progression du cancer en réponse aux FDR.

A new Canadian low dose radiation program—a Health Canada and Canadian Nuclear Safety Commission initiative

Julie Leblanc
Canadian Nuclear Safety Commission

Health Canada (HC) and the Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) have a long-standing history of working together in the field of radiation research. Specifically, we have collaborated on many occasions on epidemiological studies regarding radiation risk to the public and workers. While this partnership continues, we have also been collaborating on low dose radiation research (radiobiology) through the advisory committees of the Federal Nuclear Science & Technology Work Plan and CANDU Owners Group low dose program. More recently, HC and CNSC are jointly leading the development of a federal low dose radiation research (LDRR) program in Canada. The rationale for such a program stems from a need to better harmonize federal LDRR priorities and messaging and to more effectively focus resources and expertise. What's more, the establishment of the new program is timely since the Nuclear

Un nouveau programme canadien de rayonnements à faible dose – une initiative de Santé Canada et de la Commission canadienne de sûreté nucléaire

Julie Leblanc
Commission canadienne de sûreté nucléaire

Santé Canada (SC) et la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) collaborent depuis longtemps dans le domaine de la recherche sur les rayonnements. Plus précisément, nous avons collaboré à plusieurs reprises à des études épidémiologiques sur les risques des rayonnements pour le public et les travailleurs. Alors que ce partenariat se poursuit, nous collaborons également à la recherche sur les rayonnements à faible dose (radiobiologie) par l'intermédiaire des comités consultatifs du Plan de travail fédéral sur les activités de science et technologie nucléaires et du Programme sur les faibles doses du CANDU Owners Group. Plus récemment, SC et la CCSN dirigent conjointement l'élaboration d'un programme fédéral de recherche sur les rayonnements à faible dose au Canada. La justification d'un tel programme découle de la nécessité de mieux harmoniser les priorités et les messages

Energy Agency has organized meetings to discuss the global coordination of low dose research. A federally led LDRR program would place the Government of Canada in a position in which it could play an important role if such a global initiative were to proceed. As we develop the federal LDRR program, HC and CNSC have a shared vision to build upon the program, a national framework, highlighting Canada's scientific and regulatory expertise to the international scientific community.

du gouvernement fédéral en matière de recherche sur les rayonnements à faible dose et de cibler plus efficacement les ressources et les compétences. De plus, la mise en place du nouveau programme arrive au bon moment puisque l'Agence pour l'énergie nucléaire a organisé des réunions pour discuter de la coordination mondiale de la recherche sur les faibles doses. Un programme de recherche sur les rayonnements à faible dose dirigé par le gouvernement fédéral placerait le gouvernement du Canada dans une position lui permettant de jouer un rôle important si une telle initiative mondiale devait se concrétiser. À mesure que nous élaborons le programme fédéral de recherche sur les rayonnements à faible dose, SC et la CCSN partagent une vision commune pour ce programme, un cadre national, mettant en valeur les compétences scientifiques et réglementaires canadiennes auprès de la communauté scientifique internationale.

The challenges of an admitted radioactive iodine outpatient

Michèle Légaré
The Ottawa Hospital

Most Radiation Safety Officers are familiar with the precautions and the process required for the care of patients treated with therapeutic doses of radioactive iodine for the treatment of thyroid cancer.

What happens when a patient approved for treatment at home presents to the emergency department a few days after treatment? The patient dutifully tried to follow the instructions and conveyed the information about her treatment to the emergency physician, but this fails to trigger the expected response. The patient was admitted to a regular ward (not a shielded room) and received care for the next six days, while the nursing staff was unaware of the fact that the patient was "radioactive" until she returned to the nuclear medicine department for her follow up. At that time, the radiation safety team was informed and initiated a response to assess, control, and mitigate the risks.

Through this presentation, I will take you through the challenges and our learning applying the hospital "Just Culture" incident learning algorithm. As I do, I will relate to the key success factors and threat to a strong radiation safety program and how these factors played into our response.

Les défis d'un patient externe ayant reçu de l'iode radioactif

Michèle Légaré
L'Hôpital d'Ottawa

La plupart des responsables de la radioprotection connaissent les précautions et le processus requis pour les soins des patients traités avec des doses thérapeutiques d'iode radioactif pour le traitement du cancer de la thyroïde.

Que se passe-t-il lorsqu'une patiente approuvée pour un traitement à domicile se présente au service des urgences quelques jours après le traitement? La patiente a consciencieusement essayé de suivre les instructions et a transmis les informations concernant son traitement à l'urgentologue, mais cela n'a pas permis de déclencher la réponse attendue. La patiente a été admise dans une salle commune (et non dans une salle blindée) et a été soignée pendant six jours, tandis que le personnel infirmier ignorait que la patiente était « radioactive » jusqu'à son retour au département de médecine nucléaire pour son suivi. À ce moment-là, l'équipe de radioprotection a été informée et est intervenue pour évaluer, contrôler et atténuer les risques.

Pendant cette présentation, je vous expliquerai les défis et notre apprentissage en appliquant l'algorithme d'apprentissage des incidents hospitaliers « Culture d'équité ». Au même moment, j'expliquerai les facteurs clés de succès et les menaces qui pèsent sur un programme de radioprotection solide, ainsi que la manière dont ces facteurs ont influencé notre intervention.

The National Research Council's Primary Standard for Beta-ray Dose to Skin

Audrey MacLeod
National Research Council Canada

The National Research Council operates a beta-ray testing facility where we maintain the primary standard for absorbed dose to tissue. The beta-ray absorbed dose to skin for a range of beta-emitting isotopes is determined with an extrapolation

Norme primaire du Conseil national de recherches Canada pour la dose de rayonnement bêta à la peau

Audrey MacLeod
Conseil national de recherches Canada

Le Conseil national de recherches exploite une installation de test de rayonnements bêta où nous maintenons le principal étalon pour la dose absorbée par les tissus. La dose de rayonnements bêta absorbée par la peau pour une gamme

chamber, which is a thin-window parallel-plate ionization chamber with a tunable plate separation. We perform annual independent testing of extremity dosimeters for providers operating in Canada in accordance with the Canadian Nuclear Safety Commission's regulatory standard on quality assurance. I will present the procedure for establishing the absorbed dose to skin depth and provide an overview of the range of services that we provide. Finally, some of the recent upgrades to the laboratory will be discussed.

Unified RASCAL Interface (URI): New Dose Projection Tool in use in Ontario

Peter Maka
Kinectrics

The nuclear utilities in Ontario have deployed the Unified RASCAL Interface (URI) at three nuclear generating stations throughout Ontario. URI uses real-time data to estimate the ex-plant source term and projected doses to members of the public following an off-normal reactor event. URI uses the dispersion and dose model from the computer code RASCAL, developed by the US NRC. The tool supersedes the Emergency Response Projection (ERP) suite of tools. A description of the theoretical models used to estimate the source term, dispersion and dose is provided. Important model inputs and outputs are described.

Redefining the Metric System

Malcom McEwen
National Research Council Canada

Precision measurement lies at the very core of scientific endeavour, enabling experiments that span the range from shaping our understanding of the nature of ourselves, our surroundings and our universe through to creating and deploying next generation technologies across all disciplines and fields. The International System of Units (SI), fondly known as the metric system and established by the Metre Convention originally signed in 1875, provides a common basis for communicating measurement results for scientists in every country. In November 2018, at the General Conference on Weights and Measures, the worldwide metrology community made a profound but subtle change to the way in which we define our units. Henceforth, having done away with the last defining artifact in the system, the International Prototype kilogram (IPK), our system of units will be tied to fixed and exact values of a set of constants – including familiar fundamental constants such as the speed of light, c , the Planck constant, h , the Avogadro constant, N_A , the Boltzman constant, k , and the elementary charge, e . This presentation will explain the excitement and excellent science that enabled this historic decision to take place.

d'isotopes émetteurs bêta est déterminée à l'aide d'une chambre d'extrapolation, qui est une chambre d'ionisation à plaques parallèles à fenêtre mince dont la distance entre les plaques peut être ajustée. Nous effectuons des tests indépendants annuels sur les dosimètres d'extrémités pour les fournisseurs exerçant au Canada, conformément à la norme réglementaire de contrôle de la qualité de la Commission canadienne de sûreté nucléaire. Je présenterai la procédure permettant d'établir la dose absorbée en fonction de la profondeur de la peau et donnerai un aperçu de la gamme de services que nous fournissons. Enfin, nous discuterons de certaines améliorations récentes apportées au laboratoire.

Interface RASCAL unifiée (URI) : Nouvel outil de projection de doses utilisé en Ontario

Peter Maka
Kinectrics

Les installations nucléaires de l'Ontario ont déployé l'interface unifiée RASCAL (*Unified RASCAL Interface*, URI) dans trois centrales nucléaires en Ontario. L'URI utilise des données en temps réel pour estimer le terme source à l'extérieur de la centrale et les doses prévues pour le public à la suite d'un événement anormal dans le réacteur. URI utilise le modèle de dispersion et de doses du code informatique RASCAL, mis au point par la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (US NRC). Cet outil remplace la suite d'outils de projection d'intervention d'urgence (*Emergency Response Projection*, ERP). Une description des modèles théoriques utilisés pour estimer le terme source, la dispersion et les doses sera fournie. Les données du modèle (entrants et sortants) seront expliquées.

Redéfinir le système métrique

Malcom McEwen
Conseil national de recherches Canada

La précision des mesures est au cœur même du travail scientifique, permettant ainsi la réalisation d'expériences allant du modelage de notre compréhension de notre nature propre, de ce qui nous entoure et de notre univers, à travers la création et le déploiement de technologies de nouvelles générations dans toutes les disciplines et les champs de pratiques. Le Système international d'unité (SI), connu comme le système métrique et mis en place par la Convention du Mètre, signée initialement en 1875, fournit une base commune pour la communication des résultats de mesures des scientifiques de tous les pays. En novembre 2018, à la Conférence générale des poids et mesures, la communauté mondiale de métrologie a effectué un changement profond, mais subtil, dans sa façon de définir nos unités. Dorénavant, après le retrait du dernier artefact définissant du système, le prototype international du kilogramme (PIK), notre système d'unités sera lié à des valeurs fixes et exactes d'un ensemble de constantes – incluant les constantes fondamentales courantes telles que la vitesse de la lumière, c , la constante de Planck, h , le nombre d'Avogadro, N_A , la constante de Boltzman, k , et la charge élémentaire, e . Cette présentation expliquera l'intérêt et l'excellence de la science qui a permis de prendre cette décision historique.

The official redefinition will take place on World Metrology Day, 20 May 2019. Ionizing radiation metrology will be impacted by these changes but only at the level of parts in 100 million! Coincidentally, but unrelated, the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) has made new recommendations on key dosimetric data that impact primary air kerma standards at the 1% level, which will have a measurable impact on radiation protection detector calibrations. The international community has agreed to adopt these recommendations as of 1 January 2019 and this presentation will also cover these important, if less newsworthy, changes.

La redéfinition officielle aura lieu lors de la Journée mondiale de la métrologie, le 20 mai 2019. La métrologie des rayonnements ionisants sera impactée par ces changements, mais seulement au niveau des parties par 100 millions! Parallèlement, mais sans être reliés, la Commission internationale des unités et des mesures de radiation (*International Commission on Radiation Units and Measurements*, ICRU) a effectué de nouvelles recommandations sur des données dosimétriques clés qui influencent les étalons primaires de kerma de l'air à un niveau de 1 %, ce qui aura un impact mesurable sur la calibration des radiamètres. La communauté internationale s'est entendue pour adopter ces recommandations depuis le 1^{er} janvier 2019 et cette présentation couvrira aussi ces changements importants, mais moins sensationnels.

Contextualizing Radiation Dose Using the Flight-Time Equivalent Dose

Chantal Medri
Nuclear Waste Management Organization

The Nuclear Waste Management Organization (NWMO) is responsible for designing and implementing Canada's plan for the safe, long-term management of used nuclear fuel. The plan, known as Adaptive Phased Management, requires used fuel to be contained and isolated in a deep geological repository. It also calls for a comprehensive process to select a site with informed and willing hosts for the project.

The NWMO is committed to proceeding in stages in an open, transparent, and inclusive manner. As part of the public dialogue, the need to effectively communicate the risks associated with radiation exposure is very important. A simple way was developed by an NWMO staff to contextualize the radiation dose, by equating it to the time spent on a flight, as a more accessible way of discussing the dose than the internationally accepted but less understood, unit of Sievert.

The presentation will discuss the assumptions that were used to derive the Flight-Time Equivalent Dose (FED), will present the radiological dose comparison chart that was developed to contextualize exposure from daily life in units of FEDs, and will compare the FED to other units that have been used to contextualize dose, such as the Background Equivalent Radiation Time (BERT) and the Banana Equivalent Dose (BED).

Mise en contexte de la dose de rayonnement à l'aide de la dose équivalente au temps de vol

Chantal Medri
Société de gestion des déchets nucléaires

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) est responsable de concevoir et de mettre en œuvre le plan du Canada pour la gestion sécuritaire et à long terme du combustible nucléaire irradié. Connue sous le nom de Gestion adaptative progressive, le plan exige que le combustible irradié soit confiné et isolé dans un dépôt géologique en profondeur. Il préconise également un processus complet pour la sélection d'un site avec des hôtes informés et disposés pour le projet.

La SGDN s'est engagée à procéder par étapes de manière ouverte, transparente et inclusive. Dans le cadre du dialogue public, la nécessité de communiquer efficacement les risques associés à l'exposition aux rayonnements est très importante. Un membre du personnel de la SGDN a mis au point un moyen simple de contextualiser la dose de rayonnement, en l'assimilant au temps passé en vol. Cette façon de présenter la dose est plus accessible que le Sievert, l'unité acceptée sur le plan international, mais moins bien comprise.

La présentation traitera des hypothèses qui ont été utilisées pour dériver la dose équivalente à un temps de vol en avion (*Flight-Time Equivalent Dose*, FED), présentera le tableau de comparaison des doses radiologiques développé pour contextualiser l'exposition de la vie quotidienne en unités de FED et comparera la FED à d'autres unités qui ont été utilisées pour contextualiser la dose, comme le temps de rayonnement ambiant équivalent (*Background Equivalent Radiation Time*, BERT) et la dose de banane équivalente (*Banana Equivalent Dose*, BED).

Shielding Assessment and Commissioning Activities at the McMaster Centre for Advanced Nuclear Systems (CANS) Post Irradiation Examination Facility

Diana Moscu
McMaster University

Évaluation du blindage et activités de mise en service à l'installation d'examen post-irradiation du Centre de recherches sur les systèmes nucléaires avancés (CANS) de McMaster

Diana Moscu
Université McMaster

The McMaster Centre for Advanced Nuclear Systems (CANS) Facility was constructed to facilitate the post-irradiation examination of irradiated CANDU reactor components and the preparation of samples for materials science testing and electron microscopy. The facility and associated hot cells were designed using an anticipated source term and both instantaneous and annual dose rate criteria as specified in G-129, Revision 1, Keeping Radiation Exposure and Doses “As Low as Reasonably Achievable (ALARA)”.

Following construction, an industrial radiography source (Co-60) was positioned in each hot cell and a radiation survey was completed to determine the presence of shielding deficiencies, to establish expected radiation fields present in work areas and to perform calculations comparing the shielding present to the requirements outlined in the pre-construction calculations. An attenuation factor was calculated and compared to the values proposed during design to ensure that the shielding, as constructed, met these requirements.

Initial commissioning of the facility, hot cells and working procedures was completed using non-active materials. This work ensured that all relevant tasks could be completed within the limitations and confines of the hot cells. There are several aspects of work for which cold commissioning is not ideal; assessing contamination spread during sample preparation, validation of practical measurements using instrumentation present in-cell and verifying the effectiveness of contamination control measures would best be served using a radioactive material. However, the use of active sections of pressure tubes, even small segments, would introduce a long-lived, alpha-emitting contamination to the cell; a short-lived alternative would be much more useful allowing tests to be repeated with little long-term impact on the future work in the cell. “Hot” commissioning will continue using aluminum samples activated at the McMaster Nuclear Reactor. The on-going experiences of this work will be presented.

L’installation du Centre de recherches sur les systèmes nucléaires avancés (CANS) de McMaster a été construite afin de faciliter les examens post-irradiation de composantes de réacteur CANDU irradiées et la préparation d’échantillon pour la microscopie électronique et les essais en science des matériaux. L’installation et les cellules de haute activité associées ont été conçues en utilisant un terme source anticipé ainsi que des critères de débits de dose instantanés et annuels, tel que spécifié dans le G-129 Révision 1, Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu’il soit raisonnablement possible d’atteindre (ALARA) ».

Après la construction, une source de radiographie industrielle (Co-60) a été placée dans chaque cellule de haute activité et une évaluation du rayonnement a été effectuée afin de déterminer s’il y avait des faiblesses dans le blindage, pour établir le champ de rayonnement présent dans les aires de travail et pour effectuer des calculs de comparaison entre le blindage présent et les exigences spécifiées dans les calculs pré-construction. Un facteur d’atténuation a été calculé et comparé aux valeurs proposées pendant la conception afin de s’assurer que le blindage, comme construit, répond à ces exigences.

La mise en service initiale de l’installation, des cellules de haute activité et des procédures de travail a été complétée en utilisant du matériel non radioactif. Ce travail a permis de s’assurer que toutes les tâches pertinentes pouvaient être effectuées avec les limitations et le confinement des cellules de haute activité. Il y a plusieurs aspects du travail pour lesquels une mise en service à froid n’est pas idéale; vérifier la dispersion de la contamination pendant la préparation des échantillons, valider la prise de mesures réelles en utilisant l’instrumentation présente dans les cellules et vérifier l’efficacité des mesures de contrôle de contamination se fait beaucoup mieux en utilisant du matériel radioactif. Cependant, l’utilisation de sections actives de tubes de force, même de petits segments, introduirait une contamination alpha de longue demi-vie dans la cellule; un autre isotope ayant une courte demi-vie serait beaucoup plus utile, car cela permet de répéter les tests avec peu d’impact à long terme sur le futur travail dans la cellule. La mise en service « à chaud » continuera avec des échantillons d’aluminium activés au réacteur nucléaire de McMaster. Les leçons tirées du travail en cours seront présentées.

Integrated, Automated Web based Radiation Safety Management

Vivien Munoz-Ferrada
DoseL Australia Pty Ltd

In Australia, healthcare has been a slow adaptor of technology due to risk adversity, hurdles of compliance with privacy and IT security as well as disconnected communication between software engineers that don’t understand healthcare requirements and healthcare workers that don’t understand software engineers.

Gestion intégrée et automatisée de la radioprotection sur le Web

Vivien Munoz-Ferrada
DoseL Australia Pty Ltd

En Australie, le système de santé s’adapte lentement à la technologie en raison des craintes du risque, des obstacles de conformité avec l’accès à la vie privée et la sécurité informatique ainsi qu’en raison d’un problème de communication entre les ingénieurs logiciels qui ne comprennent pas les exigences du système de santé et les

Radiation regulatory compliance has been even slower to adopt technologies beyond the Excel spreadsheet, database, power point presentation and outlook calendar and with the ever-increasing legislative and accreditation requirements, radiation safety officers are subjected to the increasing risk of not fulfilling or maintaining their obligations due to the time restraints and lack of resources. Yet, regulators expect centralized and efficient compliance and record management systems.

Combining the use of edge technologies, application programming interfaces and data intelligence we were able to take previously siloed content and create a unified modular portal, called MyRSO optimising network operations, increasing information access and integrating data from 3rd party software's thereby making work flows and reporting efficient.

MyRSO was structured to allow a corporate overview with 5 levels of login access including a service vendor access for uploading of service and compliance records. Security and privacy concerns were addressed with the creation of a hybrid database maintaining hospital documentation on internal servers and an API link to the cloud for the operational interface.

MyRSO is currently deployed across 37 hospitals, 180 veterinary practices, 17 imaging facilities and 3520 employees demonstrating regulatory compliance improvements from an average of 25% to in excess of 90% in some sites with optimized resource allocation.

Expansion with the incorporation of patient management, electronic referrals, dose reference level reporting and QR coding for nuclear medicine / radioactive materials management will enable better patient care, reduce incidents, misadministration and minimise risk.

travailleurs du système de santé qui ne comprennent pas les ingénieurs logiciels.

La conformité aux règlements sur le rayonnement a été encore plus lente à adopter les technologies qui vont au-delà de la feuille Excel, des bases de données, des présentations PowerPoint et du calendrier Outlook. Ainsi, avec les exigences légales et de certification toujours croissantes, les responsables de la radioprotection sont soumis à un risque accru de ne pas être en mesure de s'acquitter ou de maintenir leurs obligations en raison de contraintes de temps et de l'absence de ressources. Et pourtant, le législateur s'attend à une conformité centralisée et efficace ainsi qu'à un système de gestion des dossiers.

En combinant l'utilisation des technologies de pointe, des interfaces de programmation d'application et des données intelligentes, nous avons été en mesure de prendre des contenus autrefois en silo et de créer un portail modulaire intégré appelé MyRSO, optimisant ainsi les opérations de réseau, améliorant l'accès à l'information et intégrant les données de logiciels provenant d'une tierce partie, s'assurant ainsi un flot de travail et de suivi efficace.

MyRSO a été structuré pour permettre une vision d'entreprise avec 5 niveaux d'accès, incluant un accès service pour le fournisseur afin qu'il puisse mettre à jour les rapports de conformité et de service. Les préoccupations relatives à la sécurité et à l'accès à la vie privée ont été traitées avec la création d'une base de données hybride maintenant la documentation de l'hôpital sur des serveurs internes et d'un lien API (*Application Programming Interface*) vers le nuage pour les interfaces opérationnelles.

MyRSO est actuellement déployé à travers 37 hôpitaux, 180 cliniques vétérinaires, 17 installations d'imagerie et 3 520 employés, démontrant une amélioration de la conformité réglementaire d'une moyenne de 25 % à plus de 90 % dans certains sites avec une optimisation des ressources.

L'expansion vers l'intégration d'un système de gestion des patients, des prescriptions automatiques, du suivi des niveaux de doses de référence et de l'encodage QR pour la médecine nucléaire / gestion du matériel radioactif vont permettre de meilleurs soins aux patients, la réduction des incidents et des erreurs administratives et la diminution des risques.

Applications of Compton gamma imaging to radiation protection and nuclear security

Nathan Murta
Carleton University

Localization of gamma-emitting sources is of paramount importance in radiation protection and nuclear security applications. While traditional surveying of an environment by safety personnel would allow for localization of gamma-ray sources, the time required for personnel to survey an area exposes them to unnecessary dose. Compton imagers are

Applications de l'imagerie gamma Compton à la radioprotection et à la sécurité nucléaire

Nathan Murta
Université Carleton

La localisation des sources émettrices de rayons gamma est d'une importance capitale pour les applications de radioprotection et de sûreté nucléaire. Bien que la surveillance traditionnelle d'un environnement par le personnel de sécurité permet de localiser les sources de rayons gamma, le temps requis par ce personnel pour inspecter une zone les expose à

devices which utilize the physics of Compton scattering to localize gamma-ray sources and superimpose gamma-ray images on top of optical images of the surrounding environment. By measuring the positions and energy depositions involved in both a Compton scattering event and the subsequent absorption of the scattered photon, one may define a conical surface along which the incoming gamma ray is constrained. The overlap of many such conical surfaces, made as a result of detecting multiple gamma rays, reveals the source location or distribution. This technology allows users to localize gamma-emitting sources quickly and accurately and makes Compton imagers ideally suited for applications such as nuclear decommissioning, consequence management for large-scale nuclear disasters, containment and cleanup of small-scale radioactive spills, and surveillance for security applications.

As part of a project under Defence R&D Canada's Canadian Safety and Security Program, our group has developed the Silicon photomultiplier-based Compton Telescope for Safety and Security (SCoTSS), a modular Compton imager that is scalable to the requirements of the user. In this talk we present an overview of Compton imaging and the use of Compton imagers in radiation protection and nuclear security applications, using select results of past tests with a SCoTSS Compton imager for demonstration.

des doses inutiles. Les imageurs Compton sont des dispositifs qui utilisent la physique de la diffusion Compton pour localiser des sources de rayons gamma et superposer des images de rayons gamma sur des images optiques du milieu environnant. En mesurant les positions et les dépôts d'énergie impliqués à la fois dans un événement de diffusion Compton et dans l'absorption ultérieure du photon diffusé, il est possible de définir une surface conique le long de laquelle le rayon gamma entrant est contraint. Le chevauchement de plusieurs surfaces coniques de ce type résultant de la détection de plusieurs rayons gamma, révèle l'emplacement ou la distribution de la source. Cette technologie permet aux utilisateurs de localiser rapidement et avec précision les sources émettrices de rayons gamma. Les imageurs Compton sont donc parfaitement adaptés aux applications telles que le déclassement nucléaire, la gestion des conséquences lors de sinistres nucléaires de grande échelle, le confinement et le nettoyage des petits déversements radioactifs et la surveillance lors d'opérations de sécurité.

Dans le cadre du Programme canadien de sécurité et de sûreté relevant de la R et D pour la défense Canada, notre groupe a mis au point le télescope Compton pour la sécurité et la sûreté à base de photomultiplicateurs en silicium (*Silicon photomultiplier-based Compton Telescope for Safety and Security, SCoTSS*), un imageur Compton modulaire adaptable aux besoins de l'utilisateur. Dans cet exposé, nous présentons un aperçu de l'imagerie Compton et de l'utilisation des imageurs Compton dans les applications de radioprotection et de sécurité nucléaire, en utilisant certains résultats de tests antérieurs réalisés avec un imageur Compton SCoTSS.

Design Evaluation of SMRs for Utilization of Spent Fuel Report

Rami Nessim

University of Ontario Institute of Technology

This report presents the findings of the project undertaken to explore potential design changes to three small modular reactors (SMR) concepts so that the SMRs can use spent fuel from pressurized water reactors (PWRs) and/or CANDU reactors. Countries with existing nuclear power plants are now focused on nuclear waste management concerns. Thus, SMR technologies that use spent fuel are an attractive option. The following SMR designs are explored in the project: the ARC-100 sodium-cooled reactor, the SMR-LLC/SMR-160 pressurized water-cooled reactor, and the Integral Molten Salt Reactor (IMSR). The possible design changes and their implications have been discussed. A methodology is developed to quantify the difficulty of implementing these design changes and then compare the modification potentials of the three SMRs to use spent fuel.

Rapport de l'évaluation de la conception des PRM pour l'utilisation de combustibles usés

Rami Nessim

Institut universitaire de technologie de l'Ontario

Ce rapport présente les conclusions du projet entrepris pour explorer des modifications potentielles à la conception de trois petits réacteurs modulaires (PRM) de manière à permettre l'usage de combustibles usés provenant de réacteurs à eau sous pression (REP) ou de réacteurs CANDU. Les pays où sont exploitées des centrales nucléaires se préoccupent maintenant de la gestion des déchets radioactifs, des PRM qui fonctionneraient aux combustibles usés présentent une option intéressante. Dans ce projet, les conceptions des PRM suivants sont étudiées : le réacteur refroidi au sodium ARC-100, le réacteur refroidi à l'eau sous pression SMR-LLC/SMR-160 et le réacteur intégral à sels fondus (IMSR). Les modifications possibles à la conception et leurs implications ont été abordées. Une méthodologie est développée pour quantifier les difficultés d'implantation des modifications à la conception et pour comparer le potentiel de modification des trois PRM étudiés en vue d'utiliser du combustible usé.

Development of a Si-plastic scintillator coincidence beta-ray spectrometer

Laila Omar-Nazir
McMaster University

In 2011, the ICRP released a statement suggesting that the threshold doses for some tissue reaction effects, including that for the lens of the eye, were lower than previously determined. With the impending change in the equivalent dose limit for the lens of the eye, it is difficult to quantify the equivalent dose as beta radiation poses a challenge to dosimetry in mixed beta-photon fields. Such uncharacterized fields exist at CANDU reactors; it is of great significance to know the beta and gamma source term for accurate dosimetry. Since 2016, our group has utilized a 2 cm thick plastic scintillator with a 5 cm diameter for beta-ray spectral measurements at CANDU reactors as it has moderate energy resolution, measures beta-ray energies up to 2.4 MeV and is practical for accessing reactor sites. Beta- and gamma-ray spectral data were collected using the plastic scintillator and a LaBr₃ detector from Bruce Power and Ontario Power Generation at the Darlington and Pickering sites. However, to extract a pure beta spectrum from the raw data collected by the plastic scintillator, the gamma fluence spectrum measured by the LaBr₃ detector must be folded with the plastic scintillator response to gamma rays to subtract the gamma detection events. Aiming at simplifying the beta-ray spectral data analysis, we present a new beta-ray spectrometer consisting of a thin silicon transmission detector operated in coincidence with the plastic scintillator, which enables us to reject the gamma-ray detection events and selectively collect the beta detection events. Monte Carlo simulations and measurements using ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ³⁶Cl, ⁹⁰Sr/Y and ²⁰⁴Tl were performed to characterize the coincidence spectrometer. Both simulation and experimental results showed a significant reduction in the gamma ray count rate of the plastic scintillator and the spectral response greatly improved. Further characterization and optimization is currently in progress.

Conception d'un spectromètre bêta à coïncidence de scintillateur en plastique et silice

Laila Omar-Nazir
Université McMaster

En 2011, la CIPR a publié une déclaration suggérant que les doses limites pour certains effets de réaction tissulaire, y compris celles pour le cristallin de l'œil, étaient plus basses que celles précédemment déterminées. Avec le changement imminent de la limite de dose équivalente pour le cristallin de l'œil, il est difficile de quantifier la dose équivalente puisque le rayonnement bêta représente un défi pour la dosimétrie dans des champs de rayonnement mixtes de photons et de bêta. De tels champs non caractérisés existent aux réacteurs CANDU et il est très important de connaître le terme source bêta et gamma pour une dosimétrie précise. Depuis 2016, notre groupe utilise un scintillateur en plastique de 2 cm d'épaisseur avec un diamètre de 5 cm pour les mesures spectrales du rayonnement bêta aux réacteurs CANDU, car il présente une résolution énergétique modérée, mesure l'énergie du rayonnement bêta jusqu'à 2,4 MeV et est pratique pour accéder aux sites de réacteurs. Les données spectrales des rayonnements bêta et gamma ont été recueillies à l'aide du scintillateur en plastique et d'un détecteur LaBr₃ de Bruce Power et d'Ontario Power Generation aux sites de Darlington et de Pickering. Cependant, pour extraire un spectre bêta pur des données brutes recueillies par le scintillateur en plastique, le spectre de fluence gamma mesuré par le détecteur LaBr₃ doit être incorporé à la réponse du scintillateur en plastique aux rayonnements gamma afin de soustraire les événements de détection gamma. Dans le but de simplifier l'analyse des données spectrales de rayonnement bêta, nous présentons un nouveau spectromètre à rayonnements bêta constitué d'un détecteur à transmission de silicium mince fonctionnant en coïncidence avec le scintillateur en plastique. Ceci nous permet de rejeter les événements de détection de rayons gamma et de recueillir sélectivement les événements de détection bêta. Des simulations de Monte-Carlo et des mesures utilisant le ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs, ³⁶Cl, ⁹⁰Sr/Y et ²⁰⁴Tl ont été effectuées pour caractériser le spectromètre en coïncidence. La simulation et les résultats expérimentaux ont démontré une réduction significative du taux de comptage des rayons gamma du scintillateur en plastique et une amélioration marquée de la réponse spectrale. Une caractérisation et une optimisation plus poussées sont en cours.

The strategic low dose program of the Canadian nuclear utilities – addressing the worries and concerns of the public: end of the first-year report

Nicholas Priest
CANDU Owners Group Inc.

The CANDU Owners Group Inc. Strategic Research Program provided approximately \$1.1M in 2018/2019 to fund its strategic low-dose radiation (LDR) research program. Unusually,

Le programme stratégique à faible dose des centrales nucléaires canadiennes – répondre aux préoccupations du public: rapport de fin de première année

Nicholas Priest
CANDU Owners Group Inc.

Le programme de recherche stratégique du CANDU Owners Group Inc. a fourni environ 1,1 M\$ en 2018-2019 pour financer son programme de recherche stratégique sur les rayonnements

the program comprises both social science and physical/biological science projects. During the first year of the program it has conducted evidence-based research projects in response to the perceived concerns and worries of the public about the effects of exposure to LDR. These projects either will continue or be replaced by public-indicated projects as the program matures. To maintain its independence from industry the program is being managed by an advisory committee of independent experts. Projects, started to date, within the program address the following questions: What are the public concerns regarding exposures to low dose anthropogenic radiation (1 project); To what extent are the public concerns justified by evidence of adverse effects (2 projects); Why are effects seen/not seen following LDR (7 projects)? Later the social science project will investigate the best ways to communicate the results of studies. To do this the social science team will look at how effective past communications have been in reducing concerns about LDR. About two thirds of the monies provided for the program has been allocated to fund university students and researchers. The remainder has been allocated to radiobiologists at the CNL Chalk River Laboratories who are using their expertise to guide the seven radiobiology research projects. Health Canada and Statistics Canada will facilitate an epidemiological study of Canadian nuclear workers.

à faible dose (RFD). Exceptionnellement, le programme comprend à la fois des projets en sciences sociales et en sciences physiques/biologiques. Au cours de la première année du programme, des projets de recherche fondés sur des preuves ont été menés en réponse aux préoccupations du public concernant les effets de l'exposition à des RFD. Ces projets seront soit poursuivis, soit remplacés par des projets désignés par le public au fur et à mesure de l'avancement du programme. Pour conserver son indépendance face à l'industrie, le programme est géré par un comité consultatif composé d'experts indépendants. Les projets entrepris à ce jour dans le cadre du programme répondent aux questions suivantes : Quelles sont les préoccupations du public en ce qui concerne les expositions aux rayonnements anthropiques à faible dose (1 projet); Dans quelle mesure les préoccupations du public sont-elles justifiées par la présence d'effets néfastes (2 projets); Pourquoi des effets sont-ils vus ou pas vus après des RFD (7 projets)? Plus tard, le projet de sciences sociales examinera les meilleurs moyens de communiquer les résultats des études. Pour ce faire, l'équipe des sciences sociales examinera dans quelle mesure les communications passées ont été efficaces pour réduire les inquiétudes concernant les RFD. Environ les deux tiers des sommes fournies au programme ont été alloués à des étudiants et à des chercheurs. Le reste des sommes a été attribué aux radiobiologistes des laboratoires de Chalk River des LNC qui, par leur expertise, guident les sept projets de recherche en radiobiologie. Santé Canada et Statistique Canada faciliteront une étude épidémiologique des travailleurs canadiens du nucléaire.

Incidents and lessons learned from a Class II facility

Jahan Quaji
Alberta Health Services

What could go wrong? The presentation will discuss several incidents/events that occurred in a Class II facility (Cancer Care Centre). Sometimes there are very few of them but sometimes these incidents/events can be overwhelming. We learned our lessons from all the incidents/events and also communicated to all of our staff in the form of the training for their awareness.

Incidents et enseignements tirés d'une installation de classe II

Jahan Quaji
Services de santé de l'Alberta

Qu'est-ce qui pourrait mal aller? La présentation traitera de plusieurs incidents/événements survenus dans un établissement de classe II (centre de traitement du cancer). Parfois, ils sont très peu nombreux, mais parfois, ces incidents/événements peuvent être accablants. Nous avons tiré des leçons de tous les incidents/événements et les avons également communiquées à l'ensemble de notre personnel sous la forme de formation de sensibilisation.

The Canadian Uranium Workers Study (CANUWS)

Kristi Randhawa
Canadian Nuclear Safety Commission

The Canadian Uranium Workers Study is a large four-year project to assess the health effects of occupational radiation exposure among uranium workers. We will be conducting a retrospective cohort study of over 80,000 Canadian uranium mine, mill and processing workers who will have their occupational radiation exposures (1932-2017), mortality (1950-2017) and cancer incidence (1969-2017) followed-up using data from the National Dose Registry, Canadian Mortality Database and Canadian Cancer Registry.

Étude sur les travailleurs canadiens de l'uranium

Kristi Randhawa
Commission canadienne de sûreté nucléaire

L'étude sur les travailleurs canadiens de l'uranium est un vaste projet de quatre ans visant à évaluer les effets sur la santé de l'exposition professionnelle aux rayonnements parmi les travailleurs du secteur de l'uranium. Nous allons effectuer une étude rétrospective d'une cohorte de plus de 80 000 travailleurs canadiens des mines d'uranium et des usines de traitement de l'uranium qui verront leurs doses professionnelles (1932-2017), leur mortalité (1950-2017) et leur incidence de cancer (1969-2017) suivies en utilisant les données du Fichier dosimétrique

The main study objective is to assess the radon-lung cancer relationship, while assessing and controlling for effects of confounding and effect modifying factors. Importantly, the study will assess the health effects of low cumulative exposures and exposure rates. This is possible due to high quality measurements and long-term follow-up of workers' radiation exposures after radiation protection measures were put in place. This information is relevant for radiation protection of current and future uranium workers with low cumulative exposures and exposure rates. Additional investigations and analyses can be carried out using the existing data generated through this study, further informing knowledge on this unique and important population.

The study will improve the quality of Canadian information included in future international collaboration studies, such as the current Pooled Uranium Miners Analysis and the International Pooled Analysis of Uranium Workers. This work will advance the international understanding of radiation risk and support the International Radiation Protection Framework, more specifically, the International Commission on Radiological Protection's recommendations on radon. The findings will also support the CNSC's mandate to protect the health and safety of workers and to disseminate objective scientific information.

The study is supported by the federal and provincial governments, uranium industry and other stakeholders. The CNSC will lead the project which will include a steering committee, working group, and co-funding arrangement.

national, la Base de données sur la longévité canadienne et le Registre canadien du cancer.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la relation entre le radon et le cancer du poumon, tout en évaluant et contrôlant les facteurs de confusion et les facteurs de modification. Notamment, l'étude évaluera les effets sur la santé de faibles expositions cumulatives et de faibles débits d'exposition. C'est possible en raison de la grande qualité des mesures et du suivi à long terme de l'exposition aux rayonnements des travailleurs après la mise en place des mesures de radioprotection. Cette information est pertinente pour la radioprotection des travailleurs actuels et futurs du secteur de l'uranium avec de faibles expositions cumulatives et de faibles débits d'exposition. Des études et des analyses additionnelles pourront être effectuées en utilisant les données existantes générées par cette étude, permettant une meilleure connaissance de cette population importante et unique.

L'étude améliorera la qualité des informations canadiennes qui seront incluses dans les futures études collaboratives internationales, comme celle actuellement en cours sur une analyse groupée des mineurs du secteur de l'uranium et sur l'analyse internationale groupée des travailleurs de l'uranium. Ce travail permettra de faire avancer les connaissances internationales sur les risques des rayonnements et d'appuyer le cadre international de radioprotection, plus spécifiquement, les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique sur le radon. Les résultats permettront aussi de soutenir la CCSN dans son mandat de protéger la santé et d'assurer la sécurité des travailleurs ainsi que de disséminer de l'information scientifique objective.

L'étude est soutenue par les gouvernements fédéral et provinciaux, l'industrie de l'uranium et d'autres parties prenantes. La CCSN mènera le projet qui inclura un comité directeur, un groupe de travail et une entente de financement conjoint.

Developing and implementing an effective radiation protection program for users of nuclear substances and radiation devices

Natalie Ringuette
Canadian Nuclear Safety Commission

REGDOC 1.6.2 Developing and Implementing an Effective Radiation Protection Program for Users of Nuclear substances and Radiation Devices

The CNSC is currently developing a new regulatory document, REGDOC 1.6.2 Developing and Implementing an Effective Radiation Protection Program for Users of Nuclear substances and Radiation Devices that will provide guidance to users of nuclear substances and radiation devices on the development, implementation, management and assessment of their radiation protection programs. The intent of this regulatory document is to provide the necessary guidance to applicants/licensees for developing effective radiation

Élaborer et mettre en œuvre un programme de radioprotection efficace pour les utilisateurs de substances nucléaires et d'appareils à rayonnement

Natalie Ringuette
Commission Canadienne de sûreté nucléaire

REGDOC 1.6.2 Élaborer et mettre en œuvre un programme de radioprotection efficace pour les utilisateurs de substances nucléaires et d'appareils à rayonnement

La CCSN élabore actuellement un nouveau document d'application de la réglementation, le REGDOC 1.6.2 Élaboration et mise en œuvre d'un programme efficace de radioprotection pour les utilisateurs de substances nucléaires et d'appareils à rayonnement, qui guidera les utilisateurs de substances nucléaires et d'appareils à rayonnement sur la conception, la mise en œuvre, la gestion et l'évaluation de leurs programmes de radioprotection. Le présent document d'application de la réglementation a pour objectif de fournir aux

protection programs that are commensurate with their activities as well as providing additional guidance on the role and responsibilities for radiation safety officers.

The presentation will go through the content of the document and will cover the following key areas:

- RSO: duties, authority, qualifications, experience, continuing education, alternate RSO, site RSO, consultants.
- Development and implementation of an effective RPP.
- Management control of the RPP: safety culture, assessment of the RPP, event investigation, documentation.
- Complex Radiation Protection Program: additional considerations.

As the document is still under development as per CNSC process, licensees will have the opportunity to review and provide comments during the consultation phase which is expected to take place later this year. It is important that licensees take the necessary time to review to ensure that the guidance provided will serve its purpose.

demandeurs/titulaires de permis les orientations nécessaires à l'élaboration de programmes de radioprotection efficaces, tenant compte de leurs activités, ainsi que des indications supplémentaires sur le rôle et les responsabilités des responsables de la radioprotection.

La présentation passera en revue le contenu du document et couvrira les domaines clés suivants :

- RRP : fonctions, autorité, qualifications, expérience, formation continue, RRP suppléant, RRP de site, consultants.
- Élaboration et mise en œuvre d'un PRP efficace.
- Contrôle de gestion du PRP : culture de sûreté, évaluation du PRP, enquête d'événement, documentation.
- Programme de radioprotection complexe : considérations supplémentaires.

Comme le document est toujours en cours d'élaboration conformément au processus de la CCSN, les titulaires de permis auront l'occasion d'examiner le document et de formuler des commentaires au cours de la phase de consultation qui devrait avoir lieu plus tard cette année. Il est important que les titulaires de permis prennent le temps nécessaire pour examiner le document afin de s'assurer que les indications fournies répondent à l'objectif.

Role of Ontario Health Units in responding to questions about non-ionizing radiation in community settings

Martha Robinson
Ottawa Public Health

Ottawa Public Health uses the evidence-based information published by Health Canada and other international authorities to assess concerns from the community about non-ionizing radiation impacting human health. We will review the types of concerns we receive from the community about cell towers, high power lines, and radio frequency fields and how we respond. We will also describe our mandate to investigate potential health hazards in the community in general and how we liaise with partner agencies.

Rôle des bureaux de santé de l'Ontario face aux questions sur les rayonnements non ionisants en milieu communautaire

Martha Robinson
Santé publique Ottawa

Santé publique Ottawa utilise les informations factuelles publiées par Santé Canada et d'autres autorités internationales pour évaluer les préoccupations de la communauté concernant les effets des rayonnements non ionisants sur la santé humaine. Nous examinerons les types de préoccupations que nous recevons de la communauté au sujet des tours de téléphonie cellulaire, des lignes à haute tension et des champs de radiofréquences, ainsi que de la façon dont nous répondons. Nous décrirons également notre mandat consistant à étudier les risques potentiels pour la santé dans la communauté en général et comment nous assurons la liaison avec les agences partenaires.

Selection of respirators for protection against airborne radiological contaminants in Saskatchewan's Uranium Mines

Jason Sadowski
Cameco Corporation

Cameco implements a respiratory protection program for both conventional and radiological airborne hazards at all Cameco sites. Engineering controls such as ventilation are the preferred means of controlling exposure to airborne contaminants like radon progeny and radioactive dust, however, there are circumstances in which appropriate respiratory protection must

Sélection d'appareils de protection respiratoire contre les contaminants radiologiques en suspension dans l'air dans les mines d'uranium de la Saskatchewan

Jason Sadowski
Cameco Corporation

Cameco a mis en place un programme de protection respiratoire pour les risques d'exposition aux particules aéroportées conventionnelles et radiologiques dans toutes ses installations. Les contrôles techniques, comme la ventilation, sont le moyen privilégié de contrôle de l'exposition aux contaminants en suspension dans l'air comme les produits de

be used. For example, respirators may need to be used when effective engineering controls are not reasonably practicable, or as an interim control measure during an upset condition or when engineering controls have not been or are in the process of being installed. This presentation will summarize the methods and scientific basis by which Cameco selects the type of respirators used for controlling exposure to the radiological contaminants present at its mine sites.

Occupational Radiation Exposures to Clinical Staff Working With ¹³¹I-Iomab-B

Farnoush Safavi
Actinium Pharmaceuticals

Background and Purpose: Acute myeloid leukemia in older patients is difficult to treat due to the toxicity of most therapeutic agents. However, targeted high-dose radioimmunotherapy using iodine-131-anti-CD45- Apamistamab (¹³¹I-Iomab-B, Actinium Pharmaceuticals, Inc.) has shown the potential to improve survival rates in patients who progressed on conventional salvage chemotherapies. A phase III clinical trial with ¹³¹I-Iomab-B is currently being conducted at 18 major medical centers in the U.S. and Canada. The SIERRA trial provides a therapeutic dose delivered to the target organ (bone marrow) without exceeding radiation dose tolerances to normal organs (liver, spleen).

The purpose of this presentation is to describe the safety measures, education, training, and customized shielding used for this study.

Methods: Exposure data for approximately 32 health care personnel collaborating in the ongoing SIERRA study were collected from four participating sites.

Results: Health care personnel exposure levels were minimal (approximately mean of 0.13 mSv and median of 0.064 mSv) for those caring for SIERRA study participants who received between 12.9 GBq to 38.1 GBq of ¹³¹I-Iomab-B. Methods of radiation safety, training and customized shielding, low exposure levels will be described.

Conclusions: The review of personnel radiation exposure levels indicates that targeted radioimmunotherapy with ¹³¹I-Iomab-B can be accomplished with minimum additional exposure to staff members. This is achieved through training, education and customized physical shielding for creating more advanced safety procedures and to decrease the exposure for this ongoing study.

filiation du radon et les poussières radioactives. Toutefois, dans certaines circonstances, une protection respiratoire appropriée doit être utilisée. Par exemple, il peut être nécessaire d'utiliser des appareils de protection respiratoire lorsque les mécanismes de contrôle technique efficaces ne peuvent être utilisés, ou en tant que mesure de contrôle temporaire en cas de perturbation ou lorsque des contrôles techniques n'ont pas été installés ou sont en cours d'installation. Cette présentation résumera les méthodes et les bases scientifiques selon lesquelles Cameco sélectionne le type d'appareil de protection respiratoire à utiliser pour contrôler l'exposition aux contaminants radiologiques présents sur ses sites miniers.

Les expositions professionnelles aux rayonnements du personnel clinique travaillant avec le ¹³¹I-Iomab-B

Farnoush Safavi
Actinium Pharmaceuticals

Contexte et objectif : La leucémie aiguë myéloïde chez les patients âgés est difficile à traiter en raison de la toxicité de la plupart des agents thérapeutiques. Cependant, la radioimmunothérapie ciblée à haute dose utilisant l'iode 131-anti-CD45-Apamistamab (¹³¹I-Iomab-B, Actinium Pharmaceuticals, Inc.) a montré avoir le potentiel d'améliorer les taux de survie des patients ayant progressé sous la chimiothérapie de rattrapage conventionnelle. Un essai clinique de phase III avec l'¹³¹I-Iomab-B est en cours dans dix-huit grands centres médicaux aux États-Unis et au Canada. L'essai SIERRA fournit une dose thérapeutique administrée à l'organe cible (moelle osseuse), sans dépasser les tolérances de dose aux rayonnements des organes normaux (foie, rate).

Le but de cette présentation est de décrire les mesures de sécurité, l'éducation, la formation et le blindage personnalisé utilisés pour cette étude.

Méthodes : Les données sur l'exposition d'environ 32 membres du personnel soignant participant à l'étude SIERRA en cours ont été recueillies de quatre sites participants.

Résultats : Les niveaux d'exposition du personnel soignant étaient minimes (environ 0,13 mSv en moyenne et une médiane à 0,064 mSv) pour les personnes s'occupant des participants à l'étude SIERRA ayant reçu entre 12,9 GBq et 38,1 GBq d'¹³¹I-Iomab-B. Les méthodes de radioprotection, la formation, le blindage personnalisé et les faibles niveaux d'exposition seront décrits.

Conclusions : L'examen des niveaux d'exposition aux rayonnements chez le personnel indique que la radioimmunothérapie ciblée avec l'¹³¹I-Iomab-B peut être accomplie avec une exposition minimale des membres du personnel. Cet objectif est atteint grâce à la formation, à l'éducation et à un blindage physique personnalisé permettant de créer des procédures sécuritaires plus spécialisées et de réduire l'exposition pour cette étude en cours.

Investigation of the performance of the Safecast bGeigie nano counter as a public educational tool for radiation monitoring

Denise Ssali
University of Ontario Institute of Technology

The bGeigie-nano is a radiation survey meter designed by the “citizen science” organization Safecast® for use by members of the public from around the world. The bGeigie-nano counter is based on a Ludlum Model 5 (or 6) Geiger counter and is sold in kit form to be assembled at home or school; it is also GPS enabled to allow radiation exposure levels in individual’s neighborhood to be mapped. This paper examines the use of the bGeigie as an effective tool to enhance the public understanding of radiation measurement and surveying. Using an Open log, the bGeigie records radiation exposure in counts per minute (cpm). Calibration was done by several manufacturers (QualTek, IAEA, AIST and Julich Research Center), using Cs-137, to report dose-rates in $\mu\text{Sv/hr}$. Our experimental study was divided into two parts. In part one, the response of the bGeigie to a Cs-137 source (Hopewell Designs G10 irradiator) was determined to check the bGeigie-nano calibration in the range of 0 mSv to 1 mSv. In part two, the bGeigie-nano was used as a radon meter to measure the activity of radon progeny, collected on different materials due to their electrostatic charge. Our study confirmed the ability of the bGeigie to determine gamma radiation exposure with good accuracy over the dose rate range 0 mSv to 1 mSv/hr and responded to the variation of radon progeny collection on different materials. In conclusion, the bGeigie-nano was found to be an excellent tool in educating the public in radiation measurement science and in demonstrating the difference between natural and occupational exposure to radiation.

Overview of the Active Area Radiation Monitoring System at the Canadian Light Source

Darin Street
Canadian Light Source

The Active Area Radiation Monitoring System (AARMS) at the Canadian Light Source (CLS) is an important safety system for determining radiation levels during operation of the 2.9 GeV synchrotron accelerator. Using the data from the extensive network of stations located strategically around the facility helps operators and safety personnel adhere to the required operational dose limits and keeps dose to staff and users ALARA. This presentation will discuss the design, hardware and operating parameters of the system.

Enquête sur les performances du nano compteur Safecast bGeigie en tant qu'outil pédagogique pour la surveillance des rayonnements

Denise Ssali
Institut universitaire de technologie de l'Ontario

Le bGeigie-nano est un radiamètre conçu par l’organisation de « science participative » Safecast® pour une utilisation par les membres du public du monde entier. Le compteur bGeigie-nano est basé sur un compteur Geiger Ludlum modèle 5 (ou 6) et est vendu en kit pour être assemblé à la maison ou à l’école. Il est également doté d’un GPS afin de permettre la cartographie des niveaux d’exposition aux rayonnements dans l’entourage d’une personne. Cette présentation examine l’utilisation du bGeigie en tant qu’outil efficace pour améliorer la compréhension du public sur la mesure et la surveillance des rayonnements. À l’aide d’un registre ouvert, le bGeigie enregistre l’exposition aux rayonnements en coups par minute (cpm). L’étalonnage a été effectué par plusieurs fabricants (QualTek, AIEA, AIST et Julich Research Center) en utilisant du Cs-137 pour indiquer les débits de dose en $\mu\text{Sv/h}$. Notre étude expérimentale était divisée en deux parties. Dans la première partie, la réponse du bGeigie à une source de Cs-137 (irradiateur Hopewell Designs G10) a été déterminée pour vérifier l’étalonnage du bGeigie-nano dans la plage de 0 à 1 mSv. Dans la deuxième partie, le bGeigie-nano a été utilisé comme moniteur de radon pour mesurer l’activité des produits de filiation du radon, recueillie sur différents matériaux en raison de leur charge électrostatique. Notre étude a confirmé la capacité du bGeigie à déterminer l’exposition aux rayonnements gamma avec une bonne précision sur la plage de débits de dose de 0 à 1 mSv/h et a répondu à la variation de la collection des produits de filiation du radon sur différents matériaux. En conclusion, le bGeigie-nano s’est révélé être un excellent outil pour informer le public sur la science de la mesure de rayonnements et pour démontrer la différence entre l’exposition naturelle et l’exposition professionnelle aux rayonnements.

Aperçu du système de surveillance du rayonnement de la zone active au Centre canadien de rayonnement synchrotron

Darin Street
Centre canadien de rayonnement synchrotron

Le système de surveillance du rayonnement en zone active au Centre canadien de rayonnement synchrotron (CCRS) est un système de sécurité important permettant de déterminer les niveaux d’exposition durant l’opération du synchrotron de 2,9 GeV. L’utilisation des données du vaste réseau de stations réparties stratégiquement dans l’établissement permet d’aider les opérateurs et le personnel de sécurité à respecter les limites de doses opérationnelles et à garder les doses des employés et des utilisateurs au plus bas niveau possible. Cette présentation

traitera de la conception, du matériel et des paramètres d'opération du système.

Review of Modern Molecular and Cellular Low Dose Radiation Literature Reveals Need for Paradigm Shifts in Radiation Biology

Sujeenthar Tharmalingam
Northern Ontario School of Medicine

The linear no-threshold (LNT) model currently utilized for radiation protection is based on several outdated paradigms that do not reflect the biology at the low dose range. The overall aim of this study was to identify molecular paradigms that better represent the current data in low-dose radiation (LDR) biology. This was achieved by performing a systematic literature review of LDR studies that have been published from 2012 to 2018. Using NCBI PubMed, we reviewed 320 LDR publications according to the following criteria: inclusion of mammalian studies with low LET (linear energy transfer) LDR (≤ 500 mGy) exposures, while excluding low-dose radiation therapy and occupational/environmental studies. Below, we present ten LDR paradigms that summarize the key findings from this systematic literature review. (1) DNA damage is linearly evident across all radiation doses; however LDR exposures do not alter cancer risk. (2) LDR activates DNA defence mechanisms which prevent DNA mutation accumulation. (3) LDR removes damaged cells that are unable to be repaired by DNA repair systems via apoptotic mechanisms. (4) LDR initiates G2/M cell cycle arrest thereby allowing time for DNA repair mechanisms to adequately repair damaged DNA. (5) Repaired DNA damage events are stored as epigenetic modifications (DNA methylation, histone modification) which provide cells with enhanced adaptive responses for subsequent DNA damaging insult. (6) Large-scale omics-based studies demonstrate that LDR exposures promote expression of cellular networks that are biologically protective. (7) miRNAs are master regulators of LDR mediated cellular effects. (8) LDR exposed cells transmit signals to the un-irradiated cells using bystander mechanisms. (9) LDR enhances immune-mediated removal of tumorigenic cancer cells. (10) LDR improves antioxidative capacity of normal cells thereby protecting against spontaneous neoplastic transformations. Taken together, these findings demonstrate that there are minimal health risks (cancer) with LDR exposures.

Une revue de la littérature moderne sur les effets des rayonnements à faible dose sur les molécules et les cellules révèle la nécessité de faire un changement de paradigme en radiobiologie

Sujeenthar Tharmalingam
École de médecine du Nord de l'Ontario

Le modèle linéaire sans seuil (*linear no-threshold*, LNT) actuellement utilisé en radioprotection est basé sur plusieurs paradigmes obsolètes qui ne reflètent pas la biologie dans le domaine des faibles doses. L'objectif général de cette étude était d'identifier les paradigmes moléculaires qui représentent le mieux les données actuelles en biologie du rayonnement à faible dose (RFD). Ceci a été réalisé en effectuant une revue systématique de la littérature des études sur les RFD publiées de 2012 à 2018. À l'aide de NCBI PubMed, nous avons examiné 320 publications sur les RFD selon les critères suivants : inclusion d'études sur les mammifères avec un faible TEL (transfert d'énergie linéaire), des expositions à des RFD (< 500 mGy), tout en excluant la radiothérapie à faible dose et les études professionnelles/environnementales. Nous présentons ci-dessous dix paradigmes des RFD qui résument les principales conclusions de cette revue systématique de la littérature. (1) Les dommages à l'ADN sont linéairement évidents pour toutes les doses de rayonnement, cependant, les expositions à des RFD ne modifient pas le risque de cancer. (2) Les RFD activent les mécanismes de défense de l'ADN qui empêchent l'accumulation de mutations de l'ADN. (3) Les RFD éliminent les cellules endommagées qui ne peuvent pas être réparées par les systèmes de réparation de l'ADN par le biais des mécanismes apoptotiques. (4) Les RFD initient un arrêt du cycle cellulaire G2/M, laissant ainsi le temps aux mécanismes de réparation de l'ADN de réparer adéquatement l'ADN endommagé. (5) Les altérations réparées de l'ADN sont stockées sous forme de modifications épigénétiques (méthylation de l'ADN, modification d'histones) qui fournissent aux cellules des réponses adaptatives améliorées pour une agression ultérieure endommageant l'ADN. (6) Des études à grande échelle basées sur des phénomènes omiques démontrent que les expositions aux RFD favorisent l'expression de réseaux cellulaires biologiquement protecteurs. (7) Les micro-ARN sont des régulateurs maîtres des effets cellulaires induits par les RFD. (8) Les cellules exposées aux RFD transmettent des signaux aux cellules non irradiées en utilisant des mécanismes de mimétisme. (9) Les RFD améliorent l'élimination à médiation immunitaire des cellules cancéreuses tumorigènes. (10) Les RFD améliorent la capacité antioxydante des cellules normales, assurant ainsi une protection contre les transformations néoplasiques spontanées. Pris ensemble, ces résultats démontrent qu'il y a des risques minimaux pour la santé (cancer) lors d'une exposition aux RFD.

The biological response to low dose natural occurring ionizing radiation and potential implications of sub-background exposure

Christopher Thome
Northern Ontario School of Medicine

The detrimental effects of high dose ionizing radiation exposure have been well characterized in laboratory and epidemiological studies. However, there is growing experimental data to suggest that living systems respond differently to low dose radiation and that the shape of the dose-response curve differs in this region. At the Northern Ontario School of Medicine, we are conducting a large-scale research program to investigate the fundamental biological responses to low dose radiation as it related to human health. A major focus of this research is to understand the impacts of natural sources of radioactivity. Living organisms are continually exposed to background ionizing radiation and have adapted in its presence. Considerable attention has been given to understanding radiogenic effects at levels slightly above natural background. However, relatively few studies have examined the inverse, where background radiation is removed. We are currently conducting experiments within SNOLAB, a unique state-of-the-art underground laboratory in Sudbury. The facility is located within an active mine, 2 km underground, thereby reducing cosmic radiation by a factor of 50 million. This rock overburden, combined with additional experiment shielding to control terrestrial radiation, allows us to examine the impacts of prolonged exposure to one of the lowest background radiation environments in the world. Another focus of our research is to identify the biological effects of radon exposure. Within SNOLAB, we have developed a custom glovebox incubator where we can control levels of radon gas, in the absence of most other sources of radioactivity. Using modern molecular biology approaches, we will identify how the presence or absence of radon gas and other background radiation sources can impact normal biological function, oxidative stress, genomic stability and carcinogenesis, ultimately addressing fundamental questions regarding the effects of radiation exposure in the low dose region.

La réponse biologique aux rayonnements ionisants d'origine naturelle à faible dose et les conséquences potentielles d'une exposition inférieure à l'exposition naturelle

Christopher Thome
École de médecine du Nord de l'Ontario

Les effets néfastes de l'exposition à de fortes doses de rayonnements ionisants ont été bien caractérisés par des études de laboratoire et épidémiologiques. Cependant, de plus en plus de données expérimentales suggèrent que les systèmes vivants réagissent différemment aux faibles doses de rayonnement et que la forme de la courbe de réponse aux doses diffère dans ce domaine. À l'École de médecine du Nord de l'Ontario, nous menons un programme de recherche à grande échelle pour étudier les réponses biologiques fondamentales au rayonnement à faible dose en lien avec la santé humaine. Un des principaux objectifs de cette recherche est de comprendre les impacts des sources naturelles de rayonnements. Les organismes vivants sont continuellement exposés aux rayonnements ionisants de fond et se sont adaptés à leurs présences. Une attention particulière a été accordée à la compréhension des effets radiogéniques à des niveaux légèrement supérieurs au bruit de fond naturel. Cependant, relativement peu d'études ont étudié l'inverse, où le rayonnement de fond est éliminé. Nous menons présentement des expériences au sein de SNOLAB, un laboratoire souterrain unique à la fine pointe de la technologie à Sudbury. L'installation est située dans une mine en activité, à 2 km de profondeur, ce qui réduit le rayonnement cosmique d'un facteur de 50 millions. Ce recouvrement rocheux, combiné à un blindage expérimental supplémentaire afin de contrôler le rayonnement terrestre, nous permet d'étudier les impacts de l'exposition prolongée à l'un des environnements de rayonnement de fond les plus faibles au monde. Nos recherches ont également pour objectif d'identifier les effets biologiques de l'exposition au radon. Au sein du SNOLAB, nous avons développé un incubateur pour boîte à gants sur mesure où nous pouvons contrôler les niveaux de radon gazeux, en l'absence de la plupart des autres sources de radioactivité. À l'aide d'approches modernes de biologie moléculaire, nous identifierons comment la présence ou l'absence de radon et d'autres sources de rayonnement de fond peuvent avoir un impact sur la fonction biologique normale, le stress oxydatif, la stabilité génomique et la cancérogenèse afin de répondre aux questions fondamentales concernant les effets de l'exposition au rayonnement à faible dose.

Eye Dosimetry in the Uranium Processing Industry

Kari Toews
Cameco Corporation

The CNSC proposed a change to the dose limit to the lens of the eye; the proposal is a single year limit of 50 mSv and a 5-year

La dosimétrie oculaire dans l'industrie de traitement de l'uranium

Kari Toews
Cameco Corporation

The CNSC proposed a change to the dose limit to the lens of the eye; the proposal is a single year limit of 50 mSv and a 5-year

limit of 100 mSv. In a Technical Note from April 2016, it was stated that method(s) for assessing dose should be determined if workers are exposed to beta particles with a maximum energy greater than 700 keV or photons below 40 keV. The uranium decay series is a complex mix of gamma/X-rays and beta radiation, some of which meet these criteria. The primary difficulty is that current technology (i.e. OSLD and TLD) only infers eye dose, it does not actually measure true Hp(3). Because that inferred eye dose is based in part on Hp(0.07), it tends to significantly overestimate eye dose for beta radiation. Other practical issues, such as wearability and contamination also pose challenges. Cameco has begun investigating options for measurement of Hp(3) and assessing actual risk to workers. We will present some of the challenges we face, preliminary results from our field trials and plans for future testing at our facilities.

La CCSN a proposé de modifier la limite de dose au cristallin de l'œil. La proposition limite la dose à 50 mSv pour une année et à 100 mSv pour une période de cinq ans. Dans une note technique datant d'avril 2016, il était mentionné que la ou les méthodes d'évaluation de la dose devaient être déterminées si les travailleurs étaient exposés à des particules bêta d'énergie maximale supérieure à 700 keV ou des photons en dessous de 40 keV. La série de désintégration de l'uranium est un mélange complexe de rayonnements bêta et gamma/rayons X, dont certains répondent à ce critère. La principale difficulté est que la technologie actuelle (c.-à-d. DOSL et DTL) permet seulement de déduire la dose aux yeux. Elle ne mesure pas la valeur réelle Hp(3). Étant donné que cette dose aux yeux déduite est basée en partie sur Hp(0,07), elle a tendance à surestimer de manière considérable la dose oculaire pour le rayonnement bêta. D'autres problèmes pratiques comme la portabilité et la contamination sont également des défis. Cameco a commencé à étudier les options pour mesurer le Hp(3) et pour l'évaluation du risque réel pour les travailleurs. Nous présenterons certains des défis auxquels nous sommes confrontés, les résultats préliminaires de nos essais et les essais futurs dans nos installations.

Nuclear and Radiological Emergency Preparedness and Natural Disasters

Edward Waller
University of Ontario Institute of Technology

The Fukushima disaster following the March 11, 2011, earthquake and tsunami in Japan demonstrates the complexity of responding to nuclear and radiological emergencies during a natural disaster. Current international safety standards and guidance do not specifically address this type of situation. This talk presents the conflicts between the response to the conventional impacts and the radiological consequences, real and perceived, can impede the effectiveness of the overall emergency response. This talk discusses the strategic and operational challenges likely to be encountered in such a complex emergency, and draws conclusions on how countries should better plan for the low probability but high consequence impacts of natural disasters coincident with a nuclear accident at a nuclear power plant.

Préparation aux urgences nucléaires et radiologiques et catastrophes naturelles

Edward Waller
Institut universitaire de technologie de l'Ontario

La catastrophe de Fukushima qui a suivi le tremblement de terre et le tsunami du 11 mars 2011 au Japon démontre la complexité de l'intervention à des urgences nucléaires et radiologiques lors de catastrophe naturelle. Les normes et directives internationales de sûreté actuelles ne traitent pas spécifiquement de ce type de situation. Cette présentation aborde les conflits entre l'intervention aux impacts conventionnels et les conséquences radiologiques, réelles et perçues, pouvant nuire à l'efficacité de l'intervention d'urgence globale. Cette présentation traite des défis stratégiques et opérationnels susceptibles de se produire lors d'une situation d'urgence aussi complexe et tire des conclusions sur la manière dont les pays devraient mieux se préparer aux catastrophes naturelles peu probables de se produire, mais aux conséquences importantes qui surviennent en même temps qu'un accident nucléaire dans une centrale nucléaire.

Building Canadian Radon Awareness by Connecting Communities

Pam Warkentin
Canadian Association of Radon Scientists and Technologists (CARST/C-NRPP)

The goal of the Canadian Association of Radon Scientists and Technologists (CARST) is to reduce radon exposure across the country by increasing radon awareness. Since our founding, we've worked to connect communities and stakeholders to build relationships and further radon awareness. We'll share some of the efforts that have resulted in a landscape of

Sensibiliser les canadiens au radon en établissant des connexions avec les communautés

Pam Warkentin
Association canadienne des scientifiques et des technologues en radon (ACSTR/PNCR-C)

L'Association canadienne des scientifiques et technologues du radon (ACSTR) a pour objectif de réduire l'exposition au radon dans l'ensemble du pays en augmentant la sensibilisation au radon. Depuis notre fondation, nous avons travaillé à tisser des liens entre les communautés et les parties prenantes afin d'établir des relations et d'augmenter la sensibilisation au radon. Nous partagerons certains des efforts qui ont abouti à

increased awareness, and discuss the ongoing challenge of turning knowledge into action.

NRC Radon Control Studies

Liang Grace Zhou
National Research Council Canada

Researchers at the National Research Council (NRC) of Canada have been conducting experimental studies related to radon control in buildings since 2011, in collaboration with Health Canada's National Radon Program. The findings of this research have contributed to the development of national standards for radon control in new and existing residential buildings and will help the National Building Code (NBC) standing committee on housing and small buildings to address code change requests including to consider a full height vertical passive radon stack within the soil gas control section of Part 9 of the NBC.

This presentation will outline the research outcomes covering topics ranging from the effectiveness of passive radon stack systems in controlling radon in Canadian homes, the impact of Active Soil Depressurization (ASD) on heating energy consumption and soil temperature profiles, insulation requirements for radon stacks in unheated spaces, to the effectiveness of heat recovery ventilators for radon control in airtight houses. In addition, in order to verify the effectiveness of sub-slab air barrier systems in reducing radon ingress, researchers at NRC have developed the Radon Infiltration Building Envelope Test System (RIBETS) and Radon Diffusion Test Chamber (RDTC). This presentation will also describe the test setup of the RIBETS and RDTC and summarize radon diffusion coefficient and radon resistance results from the evaluation of various building materials and products that are used as air barriers beneath concrete slabs.

une prise de conscience accrue et discuterons du défi permanent qui consiste à transformer les connaissances en action.

Études du CNRC sur le contrôle du radon

Liang Grace Zhou
Conseil national de recherches Canada

Depuis 2011, les chercheurs du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) ont procédé à des études expérimentales sur le contrôle du radon dans les édifices, en collaboration avec le Programme national sur le radon de Santé Canada. Les résultats de ces recherches ont contribué à l'élaboration de standards nationaux pour le contrôle du radon dans les nouvelles maisons et les maisons existantes et aideront le comité permanent sur le Code national du bâtiment (CNB) des maisons et des petits édifices à répondre aux demandes de changement du code, incluant la considération d'un système passif de cheminée à radon pleine hauteur dans la section sur le contrôle des gaz dans le sol de la partie 9 du CNB.

Cette présentation soulignera les résultats de la recherche couvrant divers sujets, de l'efficacité des systèmes passifs de cheminée à radon dans le contrôle du radon dans les maisons canadiennes, à l'impact de la dépressurisation active des sols (DAS) sur la consommation en énergie de chauffage et sur le profil de températures du sol, aux exigences d'isolation des cheminées à radon dans les espaces non chauffés, jusqu'à l'efficacité des ventilateurs-récupérateur de chaleur utilisés dans le contrôle du radon dans les maisons étanches à l'air. De plus, afin de vérifier l'efficacité des systèmes d'étanchéité à l'air sous la dalle pour la réduction des infiltrations de radon, les chercheurs du CNRC ont mis au point le système de test d'infiltration du radon dans l'enveloppe du bâtiment (*Radon Infiltration Building Envelope Test System*, RIBETS) et une chambre d'essai de diffusion du radon (*Radon Diffusion Test Chamber*, RDTC). Cette présentation décrira également les dispositifs d'essais du RIBETS et du RDTC et résumera les coefficients de diffusion du radon et les résultats de résistance du radon résultant de l'évaluation de divers produits et matériaux de construction d'édifices qui sont utilisés comme barrière d'étanchéité à l'air sous les dalles de béton.
