

sck cen

L'essentiel 2020



sck cen

L'essentiel 2020

Qu'il s'agisse du développement de meilleures thérapies contre le cancer, de la sûreté de réacteurs nucléaires, de mesures de la radioactivité, d'accélérateurs de particules ou de fusion nucléaire, le SCK CEN contribue à l'avenir de notre société grâce à ses recherches scientifiques.



« Casser les codes pour se renouveler »

Un mot de remerciement d'Eric van Walle, directeur général du SCK CEN

Chers lecteurs,

Au moment de coucher ces mots sur le papier, la réalité me frappe de plein fouet. J'espérais écrire que nous avions réussi à laisser une année difficile derrière nous. Que nous avions traversé les eaux troubles dans lesquelles le coronavirus nous avait emmenés. Que la situation dans le pays était revenue à la normale. Malheureusement, la réalité est tout autre. Nous sommes encore en pleine crise. Le monde est toujours sous l'emprise du coronavirus qui nous pousse sans cesse à remettre en question les systèmes et les modèles existants. Malgré tout, cela ne doit pas nécessairement être une mauvaise chose. Mieux encore, cette situation peut jeter les bases d'un renouveau.

En tant que scientifiques, nous n'en sommes pas surpris. Casser les codes, c'est permettre l'innovation. C'est pour cette raison que nous nous remettons toujours en question. Nous osons mettre de côté nos acquis et redessins ce que nous avons façonné. Et en 2020, l'année qui nous

a fait réfléchir sur ce qui importait vraiment, nous en étions d'autant plus conscients. Nombre de nos recherches et projets viennent bousculer les normes, nos normes. Nous tenions à vous le démontrer.

Ce rapport annuel rassemble les graines du renouveau, plantées par nos soins en 2020 ou qui ont germé cette même année pour donner de solides racines. Pensez, par exemple, à l'augmentation du nombre de jours d'exploitation de notre réacteur de recherche BR2 qui nous a permis, en pleine pandémie de coronavirus, d'aider un nombre record de patients, à la toute nouvelle installation avec laquelle nous mettons à l'essai des combustibles d'une main experte ou encore aux lasers flambant neufs grâce auxquels nous isolons les radio-isotopes innovants du réacteur de recherche MYRRHA. Ajoutez à cela les infrastructures existantes que nous avons entièrement modernisées.

J'estime que des remerciements sont de rigueur. Merci tout d'abord à nos collaborateurs qui ont tenu bon en ces temps de crise. Grâce à leurs efforts incessants, nous avons su accomplir un travail considérable et, plus important encore, tenir nos engagements envers la société. Nous faisons partie des leaders mondiaux et ne laisserons pas tomber la médecine nucléaire ! Enfin, il nous faut remercier nos partenaires, clients et tutelles. Ils nous ont accordé une confiance aveugle.

Je vous invite donc à feuilleter ce rapport annuel et à découvrir tout le potentiel que l'on débloque en s'éloignant des normes.

Bonne lecture !

Eric van Walle

Directeur général du SCK CEN



statut des projets

- 6 NURA
- 7 MYRRHA et RECUMO

1 exploitation

- 12 Le coronavirus n'a pas eu raison du SCK CEN
- 15 Le SCK CEN remplace son réseau d'eau potable et d'extinction

2 santé

- 22 Le BR2 produit un nombre record de radio-isotopes médicaux
- 25 Lutétium 177 : vers une médecine personnalisée
- 27 Du soulagement de la douleur au traitement du cancer
- 31 Le SCK CEN cultive des cerveaux miniatures

3 sûreté et société

- 38 Le SCK CEN garantit la sûreté de l'innovation nucléaire
- 41 Le SCK CEN donne une nouvelle dimension à la recherche nucléaire
- 44 La nouvelle approche rationalise le processus de démantèlement

4 technologie

- 52 L'équipe MYRRHA progresse étape par étape
- 56 Le SCK CEN décompose les atomes
- 59 La cuve du réacteur MYRRHA rétrécit

chiffres clés

- 62 Les cours en ligne prennent leur envol
- 64 Chiffres clés

Plusieurs domaines de recherche, un objectif clair

Des projets comme guide stratégique

Le SCK CEN a été fondé dans les années 50 pour étudier les applications de l'énergie nucléaire. Depuis, nous avons étendu nos connaissances à un large éventail de domaines de recherche et de projets. Chacun d'entre eux se concentre sur l'international et sur l'avenir. MYRRHA, NURA et RECUMO sont les principaux projets du SCK CEN, avec lesquels il veut faire une différence significative dans un avenir proche et lointain. Il est grand temps de faire le point sur l'avancement de ces projets.



NURA

Expertise : OK ! Équipements : doublement OK !

À l'heure actuelle, un quart de tous les radio-isotopes médicaux au monde entament leur périple au SCK CEN. Ce chiffre va considérablement augmenter à l'avenir. Avec NURA, son programme de recherche sur le cancer fondé en 2018, le SCK CEN va accélérer la lutte contre le cancer. « Avec NURA, l'objectif est de découvrir le potentiel inexploité des radio-isotopes, tant de manière indépendante qu'en tant que société de recherche contractuelle (CRO - Contract Research Organization) », explique Dennis Elema, chef du projet. Pensez par exemple aux radio-isotopes tels que l'actinium 225, le terbium 161 et le samarium 153 [plus de détails à la page 27]. Pour parvenir à réaliser ces ambitions, des équipements appropriés sont tout aussi importants que les connaissances et l'expertise. Depuis 2020, le SCK CEN dispose d'un scanner U-SPECT CT de la marque MILabs. Son installation marque une nouvelle étape du projet NURA. « Désormais, nos recherches sur le cancer peuvent réellement démarrer. Grâce au scanner, nous pourrions cartographier l'impact et le parcours de radio-isotopes très prometteurs et approfondir en permanence nos connaissances des procédés radiopharmaceutiques. »



MYRRHA

D'exclusivité en exclusivité : MYRRHA force vers la nouvelle phase de développement

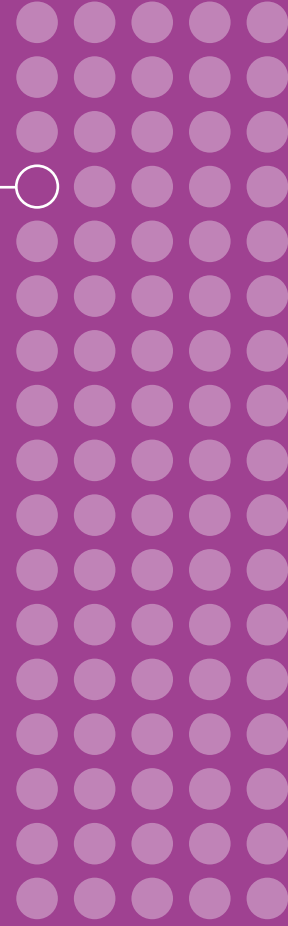
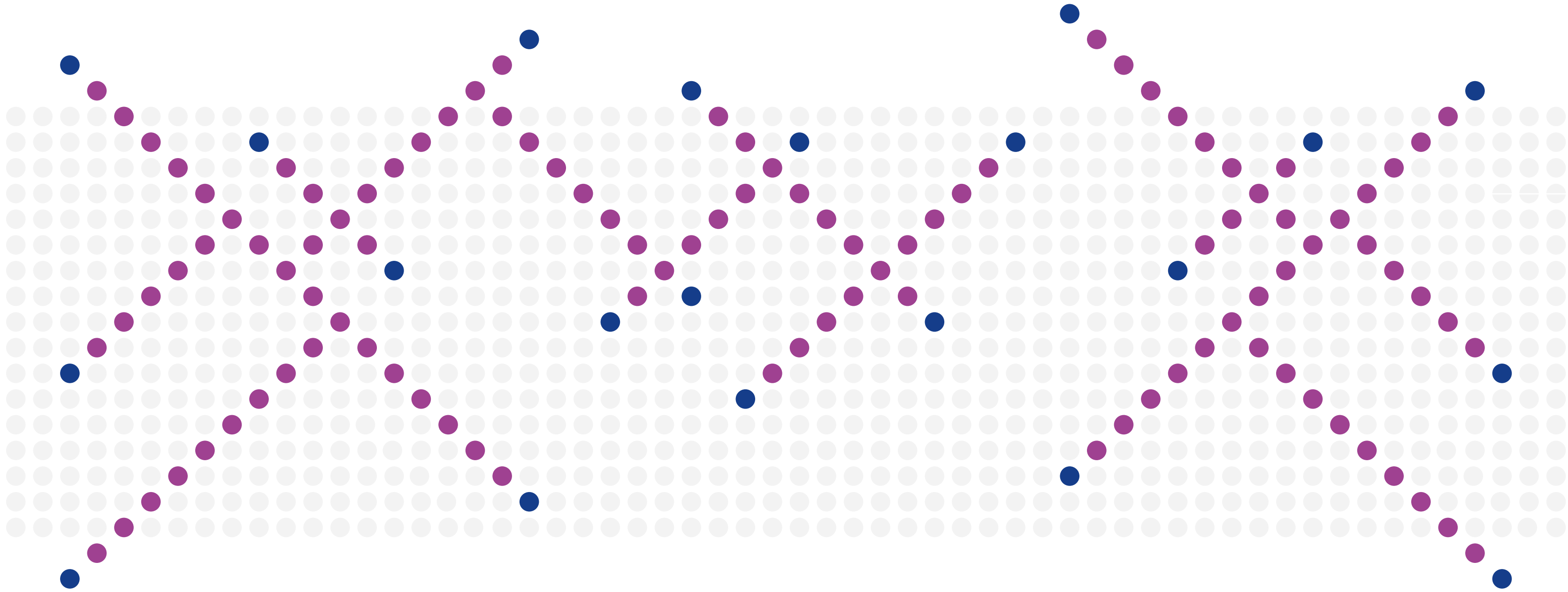
Le SCK CEN travaille d'arrache-pied à la construction de MYRRHA, le premier réacteur de recherche nucléaire au monde piloté par accélérateur de particules. La construction de MYRRHA est divisée en plusieurs phases. Pendant la phase 1, nous construisons MINERVA, l'accélérateur de particules d'une énergie pouvant atteindre 100 mégaelectronvolts (MeV). En 2020, cette phase a enregistré des progrès remarquables. Au cours de l'été, nos chercheurs ont réussi à accélérer pour la première fois un faisceau de protons dans le quadripôle radiofréquence (RFQ) qui vient d'être connecté. À peine six mois plus tard, ils ont atteint un niveau supérieur. Pour la première fois, le RFQ a émis un faisceau de protons aux conditions exactes requises pour piloter l'accélérateur de particules [plus d'informations à la page 52]. « Nous avons travaillé six ans pour atteindre cette étape. Cette percée est le résultat de coopérations internationales », se réjouit Hamid Aït Abderrahim, directeur du projet MYRRHA et directeur général adjoint du SCK CEN.



RECUMO

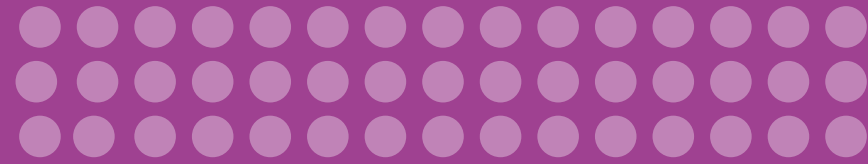
La construction de RECUMO approche

En 2020, le SCK CEN a introduit une demande d'extension d'une installation nucléaire existante sur son site. Cette extension est nécessaire à la bonne exécution du projet RECUMO. Avec ce projet, le SCK CEN et son homologue, l'Institut national des radioéléments (IRE), poursuivent leur coopération de longue date. Le SCK CEN convertira les résidus radioactifs, qui subsistent après la production de radio-isotopes médicaux, en uranium faiblement enrichi et les purifiera. « Les matériaux de haute qualité que nous récupérerons pourront de nouveau être utilisés comme combustibles pour les réacteurs de recherche ou comme cibles pour la production de radio-isotopes. Ainsi, nous garantissons la sécurité d'approvisionnement de ceux-ci », raconte Eric van Walle, directeur général du SCK CEN. L'année prochaine, en 2021, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) se prononcera sur le permis d'exploitation et la Région flamande sur le permis environnemental. « Dès que nous aurons le feu vert, nous pourrions commencer ! »



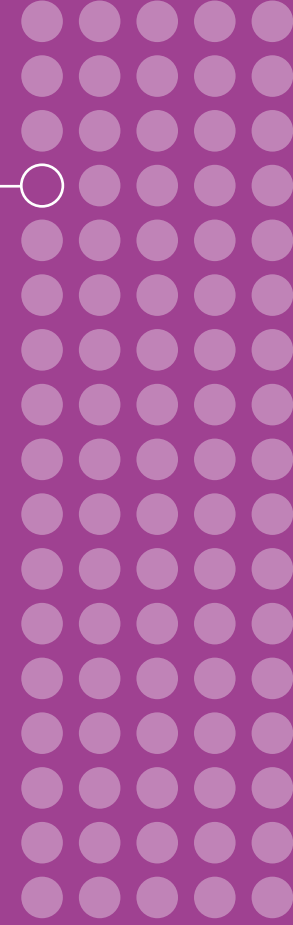
exploitation





Casser les codes en

revoyant l'exploitation. D'une part, nous sommes contraints d'atteindre nos objectifs même en ces temps de coronavirus. D'autre part, nous prenons l'initiative d'améliorer notre exploitation de manière proactive.



exploitation



Le coronavirus n'a pas eu raison du SCK CEN

Le SCK CEN est demeuré totalement opérationnel grâce à la flexibilité et à l'engagement de ses collaborateurs

Le coronavirus a inopinément mis notre planète en pause, mais n'a, heureusement, pas interrompu la production de radio-isotopes médicaux. Étant l'un des leaders mondiaux dans cette production, le SCK CEN a continué à fonctionner à plein régime. Rester opérationnel exige une politique stricte de lutte contre le coronavirus.

« Nous avons dû **repenser et restructurer notre organisation** en un claquement de doigts », a déclaré Kathleen Overmeer, directrice des services généraux et de l'administration. Elle revient sur la pandémie, son impact et la résilience dont nous avons fait preuve pour en sortir ensemble.

Le mercredi 12 mars 2020, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a officiellement déclaré que l'épidémie du virus SARS-CoV-2 était une pandémie. Afin de limiter la propagation du coronavirus, les contacts ont dû être restreints de manière préventive. De nombreuses entreprises ont totalement été mises à l'arrêt, mais pas le SCK CEN. Le centre de recherche a continué de fonctionner à plein régime - dans le respect de nombreuses mesures COVID-19.

Kathleen Overmeer : « La production de radio-isotopes médicaux ne pouvait en aucun cas être arrêtée. Les patients atteints de cancer en ont besoin pour leur diagnostic ou leur traitement. Et le gouvernement fédéral l'a également reconnu, en désignant la production de radio-isotopes médicaux et les autres activités des secteurs nucléaire et radiologique comme des services essentiels. »

Cette reconnaissance du gouvernement fédéral a-t-elle été une surprise ?

Kathleen Overmeer : « Non, la vie des gens est en jeu. Il n'existe aucune alternative disponible à notre réacteur de recherche BR2 pour la moitié de l'approvisionnement nécessaire. Nous savons que notre service est essentiel et avons tout mis en œuvre depuis le début pour pouvoir continuer à fournir ce service - dans le respect des mesures strictes de lutte contre le coronavirus. Au mois de mars, nous avons publié sur notre site Internet : 'Vous pouvez compter sur nous'. Un an plus tard, je peux dire avec fierté que nous avons tenu cette promesse. Nous le devons à l'engagement et à la flexibilité de tous nos collaborateurs. Jour après jour, ils ont



« Vous pouvez compter sur nous ». Nous avons tenu cette promesse.

Kathleen Overmeer

respecté sur leur lieu de travail la politique de lutte contre le coronavirus. Une politique n'est couronnée de succès que si sa mise en œuvre est réussie. »

La pandémie, en revanche, a été une surprise de taille. Comment le SCK CEN a-t-il réussi à la contenir ?

Kathleen Overmeer : « En tant qu'institution nucléaire, nous disposons de plans d'urgence pour un large éventail de scénarios d'accident, mais ceux-ci n'incluent pas de scénario pour une pandémie. Personne n'a ce scénario dans son tiroir. »

Pourtant, le SCK CEN n'a pas été inactif, je suppose ?

Kathleen Overmeer : « Non, nous avons presque immédiatement constitué une équipe de gestion de crise. Cette équipe de crise s'est réunie quotidiennement afin de suivre la situation de près. Il est important que nous protégeons nos collaborateurs contre le virus, mais également que nous sortions de la crise avec autant d'opportunités que possible.

Six postes ont été attribués au sein de cette équipe de crise : un pour la direction générale, un pour les services médicaux, un pour les services de sécurité, un pour le Comité pour la Prévention et la Protection au Travail, un pour les services de communication et un pour les RH. »

Pourquoi ces rôles ont-ils été choisis ?

Kathleen Overmeer : « Plusieurs paramètres ont été déterminés, que l'équipe de crise doit prendre en considération : notre responsabilité envers nos collaborateurs, leur bien-être, notre rôle social, la continuité de notre entreprise et notre avenir à long terme. En choisissant des rôles différents et donc des perspectives différentes, nous pouvions maintenir un équilibre. Nous avons pris le pouls sur le lieu de travail et à l'extérieur. Comment la pandémie évolue-t-elle ? Quelles décisions politiques le gouvernement fédéral prend-il ? »

Le SCK CEN pouvait-il appliquer chaque mesure gouvernementale sur le lieu de travail ? Ou la personnalisation était-elle parfois nécessaire ?

Kathleen Overmeer : « La transposition concrète de la politique fédérale sur le lieu de travail nécessite un travail sur mesure - surtout pour le département RH. Songez, par exemple, au 'congé parental Coronavirus' ou au 'crédit-temps Coronavirus'. Qu'est-ce que cela signifie ? Comment en faire la demande ? Pouvez-vous le combiner avec le congé parental que vous prenez déjà ? ... Notre département RH a cherché une réponse appropriée à chaque question.

Engagement collectif

Le centre de recherche a également mis ses connaissances et son infrastructure à la disposition de la société. « Nous avons donné des gants en latex jetables à l'hôpital de Mol, des ordinateurs à l'organisation de protection de la jeunesse Tonuso asbl à Bruxelles et notre machine qPCR à la taskforce. Grâce à la mise à disposition de cette dernière, nous avons contribué - avec d'autres acteurs du secteur - à faire passer le nombre de dépistages en Belgique de 2.000 à 10.000 par jour », explique Kathleen Overmeer. Le SCK CEN a également proposé de stériliser les masques buccaux avec du peroxyde d'hydrogène lorsque les hôpitaux étaient confrontés à des pénuries.

Et si une solution n'était pas immédiatement disponible, nos collègues des RH ont prêté une oreille attentive. Et ce dernier point est inestimable en ces temps où notre bien-être mental est mis à l'épreuve. »

Il est indubitable que le département RH n'est pas le seul à avoir fourni un travail sur mesure.

Kathleen Overmeer : « Non, absolument pas, quelques exemples l'attestent. Quand certains produits étaient indisponibles, d'autres collègues venaient à la rescousse en cousant des masques buccaux ou en produisant du gel hydroalcoolique. Nous avons également fait preuve d'un engagement collectif au-delà de ces aspects [voir encadré]. Le service de nettoyage a augmenté la fréquence de nettoyage et a été appelé à désinfecter complètement les bureaux en cas de contamination confirmée. Les services techniques ont communiqué des mesures strictes aux

entrepreneurs afin que les chantiers et les travaux puissent redémarrer dans le respect des mesures COVID-19. En un rien de temps, le service ICT a déployé un environnement numérique afin que le télétravail et la collaboration ne se heurtent pas à des obstacles technologiques. Le département financier a suivi de près l'impact budgétaire de la crise du Coronavirus. La SCK CEN Academy et notre service de formation interne sont passés aux cours en ligne. Les chambres de Lakehouse et une villa de la zone résidentielle ont été réaménagées afin que le personnel et les étudiants étrangers cohabitant dans la zone résidentielle puissent - si nécessaire - y passer leur quarantaine. Le service des achats a remué ciel et terre pour commander du matériel de protection. Nous avons donc exécuté le travail quotidien et relevé des défis supplémentaires. Je suis fière de notre personnel, car il a fait preuve de résilience et de flexibilité. »



Le SCK CEN remplace son réseau d'eau potable et d'extinction

Le tout nouveau réseau d'eau d'extinction facilitera la lutte contre l'incendie

Sous le site technique du SCK CEN se trouvent plus de dix kilomètres de nouvelles conduites d'eau d'extinction. Grâce aux 110 bouches d'incendie qui y sont connectées, le débit d'eau atteint les 2.000 litres par minute. « C'est plus du double de notre ancienne capacité. La mise en service de ce réseau d'eau d'extinction marque donc une avancée notable dans la sécurité et la lutte contre les incendies », affirme Eric Geerinckx, responsable des pompiers de l'entreprise.

De nombreux mécanismes de sûreté sont intégrés à toutes les installations nucléaires exploitées ou conçues par le SCK CEN. Ces mécanismes de sûreté servent à la prévention des incidents. Le SCK CEN a suivi ce même principe pour donner forme à sa stratégie de sécurité incendie et de lutte contre l'incendie. Cependant, il est impossible d'écarter toute éventualité d'incendie. Il faut donc s'y préparer.

Pendant un incendie, chaque seconde compte. Les pompiers du SCK CEN se tiennent disponibles en permanence pour intervenir immédiatement en cas de signalement. « Plus vite nous sommes sur place, plus vite nous sommes en mesure d'éteindre les flammes », raconte Eric Geerinckx. En tout cas, les 29 pompiers motivés et passionnés du SCK CEN, principalement des volontaires, font dans la rapidité. Il ne leur faut au maximum que 15 minutes pour être sur place. Pourtant, de courts temps d'intervention ne sont pas non plus la panacée. La brigade doit également disposer du matériel et des équipements adéquats. « Ces équipements doivent nous permettre d'éteindre les flammes ou de maîtriser l'incendie dans l'attente de l'arrivée de la brigade publique des pompiers », précise Eric Geerinckx. Le SCK CEN ne doit pas s'inquiéter de l'accès à des ressources appropriées. En 2020, il a mis en service **un tout nouveau réseau d'eau d'extinction.**

Les pompiers ont alors accès à l'eau d'extinction via un large réseau de conduites. Cette eau provient de citernes cylindriques situées à deux endroits. Les citernes font chacune cinq mètres de haut pour un diamètre de 13 mètres. Leur capacité permet de stocker 700.000 litres chacune. À chaque emplacement se trouvent deux pompes au diesel qui propulsent l'eau des citernes vers le réseau à un débit de 11.600 litres par minute. Grâce à cette capacité, le SCK CEN peut amplement combler le temps dont les pompiers ont besoin pour rendre opérationnelle l'alimentation d'eau d'extinction tertiaire. « L'alimentation d'eau d'extinction tertiaire est une réserve d'eau de quantité quasi-illimitée potentiellement située très loin », clarifie E. Geerinckx.



Nous avons donc toujours de la main d'œuvre et de l'eau d'extinction à disposition pour lutter contre un incendie.

Eric Geerinckx

De gauche à droite : Jan Veraghtert, Eric Geerinckx et Marc Blockx

Un dossier d'étude

Tout un dossier d'étude a précédé la rénovation du réseau d'eau d'extinction. « À commencer par une étude comparative », explique le coordinateur du projet Jan Veraghtert. Le SCK CEN a rendu visite à des institutions nucléaires, des entreprises pétrochimiques et des PME. « Nous avons comparé les différents réseaux d'eau d'extinction. Très vite, nous avons constaté qu'ils ont dédoublé les réseaux d'eau potable et d'extinction, qu'ils stockent des réserves supplémentaires et qu'ils utilisent des bouches d'incendie en surface. Ces bouches d'incendie de surface possèdent une capacité accrue et exigent moins de temps d'installation que leurs versions souterraines que nous utilisons à l'heure actuelle. Ces entreprises sont confrontées à des risques similaires aux nôtres et nous devons donc implémenter un système similaire. »

Par la suite, un véritable puzzle technique devait être résolu. À quel endroit les techniciens doivent-ils installer les bouches d'incendie ? Il faut éviter que les pompiers déroulent plusieurs tuyaux d'incendie pour se connecter à l'arrivée d'eau. Combien de temps faut-il pour remplir les citernes d'eau ? Que se passe-t-il en cas de rupture soudaine d'un réservoir ? À chaque endroit, 1.400.000 litres peuvent être déversés et former un « tsunami miniature ». Ce tsunami miniature ne peut engendrer d'autres problèmes. « En outre, nous devons intégrer dans la conception les recommandations qui découlaient du stress test. Concrètement, nous devons prévoir un système de secours pour chacun des systèmes. Par conséquent, nous avons réparti quatre citernes sur deux endroits de sorte qu'en cas de crash d'avion à l'un des deux emplacements, les réserves supplémentaires subsistent. Nous avons démarré les travaux en 2018 et les avons terminés en 2020 », raconte Marc Blockx, qui a suivi de près le chantier. Eric Geerinckx le résume bien : « Nous avons donc toujours de la main d'œuvre et de l'eau d'extinction à disposition pour lutter contre un incendie. »

Une étude détaillée des deux réseaux

Après l'accident de Fukushima en 2011, le Conseil européen a imposé des tests de résistance à tous les réacteurs nucléaires actifs de l'Union européenne. Ces tests doivent démontrer la mesure dans laquelle les réacteurs nucléaires résistent aux catastrophes naturelles, par exemple les inondations et tremblements de terre. L'analyse a été effectuée sur une période s'étalant de 2011 à 2013. Les recommandations ont été intégrées au concept du réseau d'eau d'extinction. Le concept proposé en 2015 a été retravaillé sur la base d'une étude détaillée, réalisée par VK Engineering. Cette étude s'est concentrée sur deux réseaux : celui d'eau d'extinction d'une part, et celui d'eau potable d'autre part. Le SCK CEN a reçu les retours d'experts internes et externes, dont l'AFCN, Bel V et la brigade publique des pompiers. En 2018, le concept final était sur la table. Les travaux ont démarré peu après et ont été livrés deux ans plus tard par l'entrepreneur DENYS.

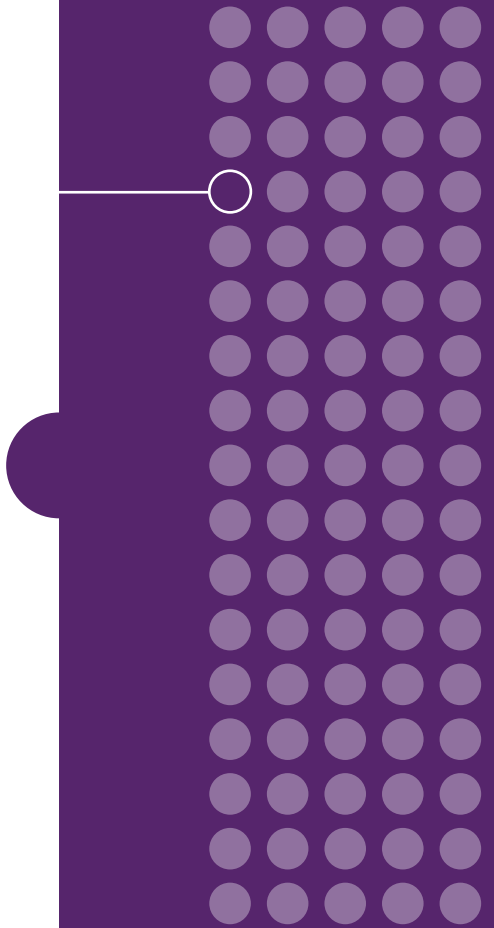
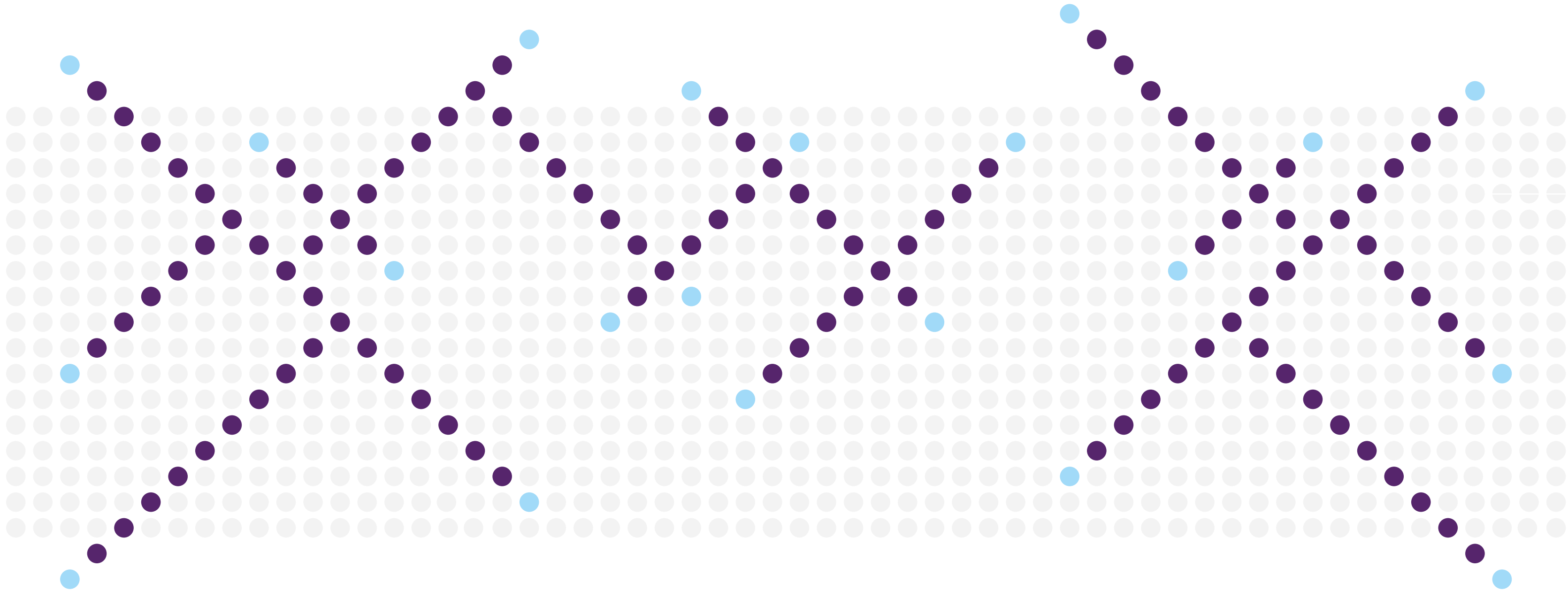
Les exercices de plan d'urgence

Afin d'intervenir rapidement en cas d'incendie, les pompiers de l'entreprise doivent parfaitement maîtriser toutes les manœuvres. « Dans des situations de crise, vous n'avez pas le temps de vous de demander si le matériel de lutte contre l'incendie fonctionne ou quelles méthodes d'intervention appliquer. Ces connaissances doivent venir naturellement. Il faut être prêt à réaliser ces manœuvres sans réfléchir. Votre attention se porte sur les flammes, pas sur les manipulations. C'est pour cette raison que nous nous entraînons de manière intensive », déclare E. Geerinckx. Le SCK CEN prévoit des exercices d'incendie toutes les deux semaines, donne des formations de spécialisation à ses chauffeurs et organise chaque année un exercice à grande échelle en commun avec les pompiers de la ville. Ces exercices ne sont pas seulement indispensables pour la pratique, ils forment également une exigence légale. C'est d'ailleurs précisé dans l'article 17 de l'Arrêté royal portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires : « Une stratégie, maintenue à jour, de lutte contre l'incendie doit être développée et faire l'objet d'un programme de formation, pour chaque endroit où un incendie peut affecter des équipements importants pour la sûreté nucléaire, ou dans lequel se trouvent des matières radioactives. » « Doublement OK », conclut E. Geerinckx.

Les entreprises nucléaires et pétrochimiques sont confrontées à des risques similaires aux nôtres et nous devons donc implémenter un système similaire.

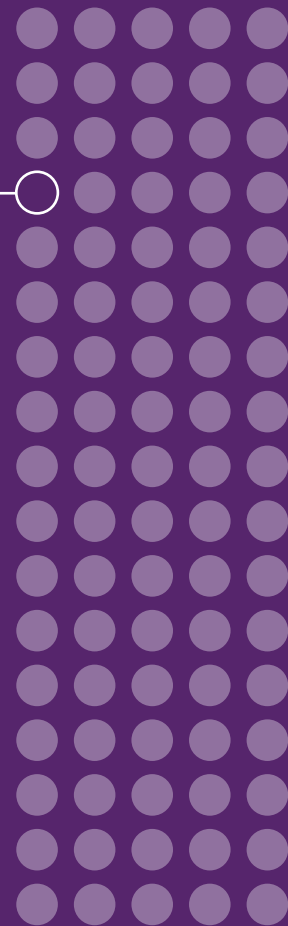
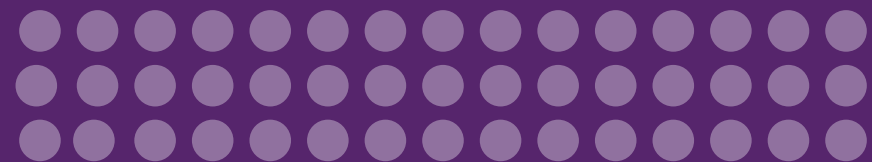
Jan Veraghtert





Casser les codes en

élargissant la production, les méthodes de recherche et les partenariats existants. Cet élargissement nous permet d'enregistrer des progrès pour une médecine plus personnalisée, des traitements contre le cancer plus efficaces ou une meilleure compréhension des effets des rayonnements.



Le BR2 produit un nombre record de radio-isotopes médicaux

La production a aidé plus de 12 millions de patients

La production de radio-isotopes médicaux du BR2 a aidé plus de 12 millions de patients. « Soit cinq millions de patients de plus que notre moyenne annuelle précédente », clame-t-on fièrement. L'adaptation du nombre de jours d'exploitation est à l'origine de ces beaux résultats.

« Jamais auparavant dans l'histoire du réacteur de recherche BR2 nous n'avions obtenu de tels chiffres ! », se réjouit Steven Van Dyck, manager du réacteur BR2 au SCK CEN. Lorsqu'on jette un œil aux chiffres, on partage immédiatement l'enthousiasme de Steven Van Dyck. D'ordinaire, le SCK CEN produit dix à quinze radio-isotopes différents par cycle du réacteur. Deux radio-isotopes constituent la majeure partie de la production : le molybdène 99, source du technétium 99m qui est le plus important radio-isotope pour le diagnostic, et le lutétium 177, un radio-isotope activement utilisé dans la lutte contre le cancer de la prostate. Nous avons produit un quart de molybdène 99 en plus tandis que la production de lutétium 177 a connu une augmentation inattendue de 75%. Au total, plus de 12 millions de diagnostics et 25.000 traitements ont pu être réalisés grâce à la production belge.

« Après des essais approfondis et de nombreuses validations, nous avons livré les premières microsphères d'holmium en décembre. »

Bernard Ponsard

Davantage de jours d'exploitation

Ces bons résultats sont la conséquence logique de la décision **d'augmenter le nombre de jours d'exploitation, passant de 160 à 210 jours par an**. Cette décision a été prise pour assurer un approvisionnement continu en radio-isotopes médicaux. « La moitié de cet approvisionnement doit provenir de notre réacteur de recherche. Il n'y a aucune autre alternative au monde. Cela montre à quel point notre contribution est vitale et qu'elle doit être maintenue à l'avenir. Le nombre de patients atteints d'un cancer ne fait qu'augmenter année après année et la demande s'accroît proportionnellement », explique Steven Van Dyck.

Quand le SCK CEN a pris cette décision, personne n'aurait pu prédire qu'une pandémie viendrait potentiellement paralyser la production. « Nous avons retenu notre souffle à l'arrivée du coronavirus en Europe. Mais même en temps de crise, nous sommes parvenus à assurer une production accrue et essentielle. Tout cela, grâce aux efforts inlassables de nos collaborateurs. Cette année était donc exceptionnelle à bien des égards », conclut Steven Van Dyck.

Une pluie de records

Le SCK CEN n'a pas seulement produit une quantité record de radio-isotopes médicaux. Dans le même temps, le nombre de tonnes de silicium dopé produites a grimpé en flèche. « Le silicium est de loin le semi-conducteur le plus utilisé. Les semi-conducteurs sont les matériaux de base des composants électroniques de haute puissance, comme ceux que nous pouvons trouver dans les systèmes d'énergie solaire et éolienne, les voitures hybrides et les trains à grande vitesse. L'année dernière, les commandes ont afflué de toutes parts : du Japon, de Chine, et des quatre coins du monde. Au total, notre production s'élevait à 36 tonnes, soit le double des années précédentes », précise Steven Van Dyck.

Des microsphères d'holmium

Et comme si l'année 2020 n'avait pas été assez exceptionnelle, le centre de recherche a également élargi son portefeuille de radio-isotopes. Le nouvel arrivé sur la liste est l'holmium 166, un radio-isotope thérapeutique et une meilleure alternative à l'yttrium 90. L'yttrium 90 est actuellement la norme en matière de radiothérapie interne sélective (SIRT). La SIRT est utilisée chez les patients atteints d'un cancer du foie lorsqu'une opération n'est pas possible. Pendant le traitement, des microsphères – à peine aussi grandes que l'épaisseur d'un cheveu – sont déposées dans l'artère hépatique. Elles s'introduisent dans les plus petits vaisseaux capillaires des tumeurs du foie et émettent des rayonnements localement. Les tumeurs rétrécissent ou disparaissent tandis que le tissu hépatique sain environnant est épargné. « Contrairement à l'yttrium 90, les microsphères d'holmium sont bel et bien visibles par IRM et scintigraphie (SPECT-CT). Les médecins sont dès lors en mesure d'adapter le dosage individuellement par patient. Nous avons travaillé dur pour parvenir aux conditions d'irradiation exigeantes de l'holmium 166. Après des essais approfondis et de nombreuses validations, nous avons livré les premières microsphères d'holmium en décembre. L'année prochaine, en 2021, nous lancerons la production commerciale pour le traitement des patients », raconte Bernard Ponsard, Stakeholder Manager pour la production de radio-isotopes et de silicium dopé.

Un traitement personnalisé est plus que bienvenu. En 2020, plus de 905.000 personnes à travers le monde se sont vu diagnostiquer un cancer du foie. Cette même année, 830.180 patients ont succombé à un cancer du foie. Ces chiffres font de ce dernier le septième cancer le plus fréquent et le troisième le plus mortel au monde.



Assurer l'exploitation jusqu'en 2036

La médecine nucléaire peut compter sur notre réacteur de recherche BR2. Au cours des 45 dernières années, il n'a connu aucun échec intégral des cycles annoncés. Il le doit à notre maintenance préventive approfondie, qui reste également une priorité dans un régime d'exploitation accru. Nous avons donc en toute confiance entamé les préparatifs de l'évaluation décennale de sûreté. Étayée par le rapport y afférent, nous demandons aux autorités belges l'autorisation d'assurer l'exploitation au moins jusqu'en 2036.

Sven Van den Berghe

Sciences des Matériaux nucléaires

Lutétium 177 : vers une médecine personnalisée

L'IRE et le SCK CEN nouent un partenariat pour la production de lutétium 177 et d'autres radio-isotopes

L'Institut National des Radioéléments (IRE) et le SCK CEN collaborent étroitement depuis toujours pour produire des radio-isotopes médicaux. En 2020, les deux instituts ont signé un deuxième partenariat public-public pour insuffler un nouvel élan à leur collaboration de longue date. Ce partenariat se concentre tant sur le diagnostic que sur le traitement.



Décembre 2018. Le centre de recherche nucléaire SCK CEN et son homologue, l'Institut National des Radioéléments (IRE), signent le partenariat public-public RECUMO. L'encre n'a pas le temps de sécher que les deux partenaires parlent déjà de la collaboration suivante. Cette fois, dans le domaine des radio-isotopes. « Quand on pense aux radio-isotopes médicaux, le SCK CEN et l'IRE sont complémentaires. Nous nous apportons mutuellement une plus-value. Pourquoi ne pas s'associer dans ce cas ? », explique-t-on peu après la signature. Aussitôt dit, aussitôt fait.

En 2020, les deux instituts ont signé un deuxième partenariat public-public pour **insuffler un nouvel élan à leur collaboration de longue date**. « Pendant des décennies, notre production se concentrait sur deux radio-isotopes spécifiques : le molybdène 99 pour le diagnostic d'une part, et l'iode 131 pour le traitement du cancer de la thyroïde d'autre part. Entre-temps, les recherches scientifiques font avancer la médecine nucléaire à toute vitesse. Les radio-isotopes ne font plus uniquement la différence dans l'imagerie médicale mais également dans les traitements ciblés. En tant qu'acteurs mondiaux dans leur production, nous devons garder un œil sur cette dynamique et rendre possible le développement futur des radio-isotopes thérapeutiques émergents », clarifie Erich Kollegger, CEO de l'IRE.

Les radio-isotopes thérapeutiques

Les radio-isotopes thérapeutiques forment un maillon indispensable des traitements ciblés contre le cancer. Dans ces traitements, une molécule porteuse transporte un radio-isotope à l'endroit précis où se trouvent les cellules cancéreuses. Dès que la molécule porteuse s'est fixée à la cellule ou a été absorbée par celle-ci, le radio-isotope peut commencer à irradier les cellules cancéreuses sans endommager le tissu sain. Les cellules cancéreuses sont endommagées, ce qui entraîne leur mort et la tumeur finit par se résorber d'elle-même.

RECUMO

C'est déjà la deuxième fois que les deux partenaires officialisent leur collaboration par la signature d'un partenariat. En décembre 2018, l'IRE et le SCK CEN ont conclu un premier partenariat public-public pour le projet RECUMO (*Recovery of valuable Uranium residues of ⁹⁹Mo-based radio-pharma in Belgium*). Ce dernier apporte une solution structurelle pour gérer les résidus hautement radioactifs issus de la production de radio-isotopes médicaux actuellement entreposés sur le site de l'IRE à Fleurus.

Un large éventail de radio-isotopes

La production de lutétium 177 constitue le premier projet concret dans le cadre du partenariat. Dans les années à venir, d'autres radio-isotopes suivront. À l'heure actuelle, le lutétium 177 est utilisé dans les hôpitaux pour traiter des tumeurs neuroendocrines. Les cellules neuroendocrines se situent surtout dans les organes du système digestif, dont l'estomac, le pancréas et les intestins. Ce radio-isotope est un espoir pour le traitement du cancer de la prostate, responsable de 90.000 décès par an en Europe. Il est utilisé en combinaison avec le gallium 68 (⁶⁸Ga). Ce dernier permet aux médecins de visualiser l'étendue de la tumeur de la prostate et de déterminer la dose de lutétium 177 à administrer au patient lors du traitement. « Une médecine personnalisée donc. Nous nous attendons à ce que la demande mondiale triple dans les années à venir », poursuit Eric van Walle, directeur général du SCK CEN. « Si les entreprises pharmaceutiques veulent mettre le lutétium 177 sur le marché pour le traitement du cancer de la prostate, l'offre se doit de suivre. Ce partenariat facilite l'accès à ce dernier et à d'autres radio-isotopes innovants. En travaillant de concert, nous sommes en mesure de faire de la Belgique un acteur clé de la production et de la distribution de radio-isotopes destinés à la médecine nucléaire. »

Une répartition complémentaire des rôles

Le partenariat marque une collaboration adaptée mais en conservant une distribution des rôles inchangée. Cette répartition entre les deux partenaires a d'ailleurs toujours été la même. « Notre réacteur de recherche BR2 s'occupe de la première phase de production de radio-isotopes médicaux : l'irradiation des cibles. Ensuite, l'IRE traite ces cibles par le biais d'un procédé chimique pour obtenir les radio-isotopes médicaux qui seront administrés aux patients. Nous formons une bonne équipe, le partenariat est une machine bien rodée », explique Eric van Walle (SCK CEN). Erich Kollegger (IRE) approuve : « Grâce à ce partenariat public-public, nous tirons pleinement parti de nos compétences complémentaires. C'est ce qui le rend si précieux. »

Du soulagement de la douleur au traitement du cancer

Le SCK CEN mène des recherches sur le samarium 153 en tant que radio-isotope théranostique

Depuis plus de 20 ans, le centre de recherche nucléaire SCK CEN produit du samarium 153, un radio-isotope largement utilisé en soins palliatifs. L'an passé, des radiochimistes du SCK CEN ont développé une technique pour purifier davantage le radio-isotope. « Grâce à cette technique, nous pouvons traiter le cancer au lieu de simplement combattre ses symptômes », explique le radiochimiste Michiel Van de Voorde. Les premiers tests précliniques sont déjà terminés.

Certains cancers comme les cancers du sein, de la prostate et du poumon se propagent aux os. Ces métastases peuvent provoquer une douleur intense. Pour réduire (temporairement) cette douleur, les patients reçoivent souvent un traitement au samarium 153. Ce radio-isotope qui se comporte comme le calcium dans le corps est en grande partie absorbé dans le squelette. Il irradie très localement les endroits où l'os est touché. Le traitement palliatif est généralement non salvateur, uniquement antalgique.

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN – en collaboration avec le CERN à Genève, en Suisse et l'Institut de physique nucléaire et des radiations de la KU Leuven – est en train de changer la donne. « Le samarium utilisé aujourd'hui dans la thérapie palliative du cancer est en fait un mélange de samarium 152 non radioactif et de samarium 153 radioactif. Jusqu'à présent, il était impossible de séparer ces deux radio-isotopes. Par conséquent, un excès de samarium 152 bloque l'absorption du samarium 153 dans une cellule cancéreuse et inhibe ainsi son pouvoir thérapeutique », explique Michiel Van de Voorde, radiochimiste au SCK CEN.



Le SCK CEN a développé une technique de séparation pour obtenir du samarium 153 pur. « Grâce à cette technique, nous pouvons traiter le **cancer au lieu de simplement combattre ses symptômes** », explique Michiel Van de Voorde. À quoi ressemble le nouveau processus de production ? Quelles mesures supplémentaires sont-elles entreprises pour obtenir du samarium 153 pur ? Pour obtenir du samarium 153 radioactif, des capsules de samarium 152 hautement enrichi sont d'abord irradiées dans le réacteur de recherche BR2. Après irradiation, les capsules sont acheminées vers un laboratoire de radiochimie sur notre site de Mol. « C'est là que nous préparons le matériel irradié en vue de son transport vers le CERN-MEDICIS, où le samarium de masse atomique 153 sera isolé et collecté par spectrométrie de masse dans une installation ISOL. De retour à Mol, nous purifions davantage le samarium 153 collecté via un processus radiochimique, afin de pouvoir étudier plus en détail l'effet thérapeutique du samarium 153 », explique le radiochimiste Andrew Burgoyne.



« Grâce à cette technique, nous pouvons traiter le cancer au lieu de simplement combattre ses symptômes. »

Michiel Van de Voorde

Étalement des doses

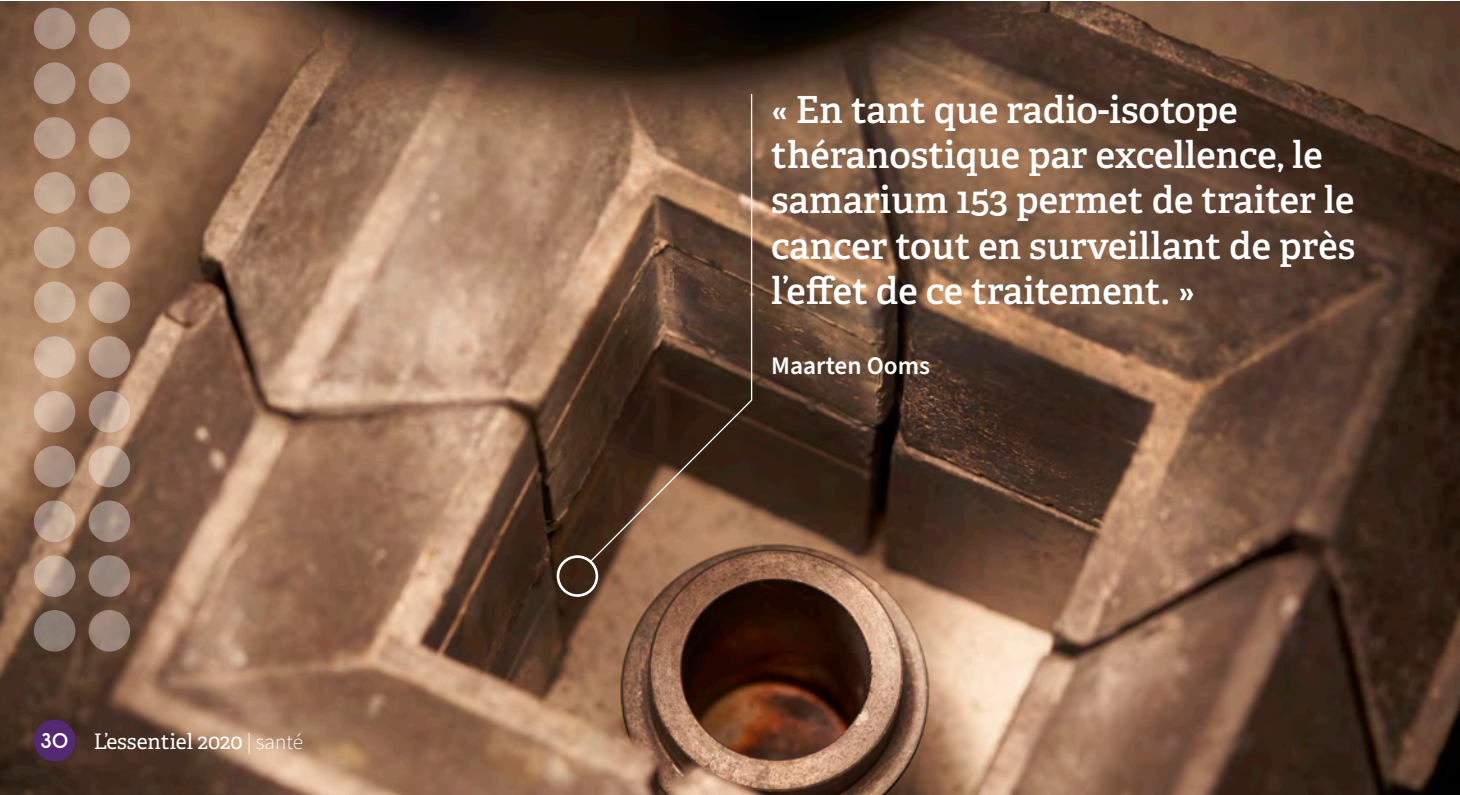
Des recherches théoriques supplémentaires seraient les bienvenues. « Le radio-isotope a une demi-vie d'un peu moins de deux jours. Cette courte demi-vie permet aux médecins de diviser la dose en fractions et ainsi d'administrer plusieurs injections. Le patient est dès lors chargé de doses moins élevées par traitement », explique Maarten Ooms, radiopharmacien au SCK CEN. Un autre avantage majeur réside dans la désintégration du radio-isotope. « Le samarium 153 se désintègre en émettant une particule bêta. Il émet également des photons – des paquets d'énergie rayonnante permettant pour ainsi dire de photographier le corps de l'intérieur. Cela fait du samarium 153 un radio-isotope théranostique par excellence. Il permet de traiter le cancer tout en surveillant de près l'effet de ce traitement. »

Avant d'atteindre ce stade, il faut encore le tester dans la pratique. Les premiers tests précliniques sont déjà terminés. « Nous avons lié le samarium 153 à une molécule porteuse, nous avons testé la stabilité de ce lien et suivi son chemin dans un corps. La molécule porteuse a-t-elle acheminé le radio-isotope aux organes que nous ciblions ? Eh bien, oui ! », déclare Maarten Ooms. Dans une prochaine étape, les chercheurs mèneront des expériences avec des modèles de cancer et testeront l'imagerie médicale avec le samarium 153. Le SCK CEN souhaite ensuite augmenter la production dans le cadre du projet NURA pour permettre des recherches plus poussées sur ce radio-isotope prometteur. Ce projet mène des recherches pionnières sur les produits radiopharmaceutiques pour le traitement de divers types de cancer, en collaboration avec des partenaires cliniques et industriels.

De gauche à droite : Maarten Ooms, Michiel Van de Voorde et Andrew Burgoyne

Spectromètre de masse

Pour l'instant, le CERN-MEDICIS s'occupe de la sélection physique basée sur la masse. À l'avenir, l'infrastructure de recherche ISOL@MYRRHA assumera ce rôle. « C'est une course contre la montre que d'acheminer à temps les radio-isotopes médicaux au patient. Chaque minute compte. Chaque déplacement que nous n'avons pas à faire est un temps précieux gagné au profit du patient. Et ce n'est pas tout. En prenant en charge toutes les étapes en interne, nous pouvons garantir une excellente qualité du processus de développement », conclut Maarten Ooms. La construction d'ISOL@MYRRHA prend de plus en plus forme [lire la suite en page 56].



« En tant que radio-isotope théranostique par excellence, le samarium 153 permet de traiter le cancer tout en surveillant de près l'effet de ce traitement. »

Maarten Ooms

Qu'entendons-nous par traitements ciblés ?

Dans les traitements anticancéreux ciblés, une molécule porteuse délivre avec précision un radio-isotope thérapeutique aux cellules cancéreuses. Une fois que la molécule porteuse s'est attachée ou incorporée à la cellule, le radio-isotope peut irradier la cellule cancéreuse. Les cellules cancéreuses sont endommagées, ce qui les fait mourir et finalement, la tumeur elle-même rétrécit ou disparaît.

Le SCK CEN cultive des cerveaux miniatures

Les cerveaux miniatures doivent améliorer les connaissances sur les effets des radiations

Les scientifiques du SCK CEN cultivent des cerveaux artificiels dans une boîte de Pétri. Ces cerveaux miniatures, dont la taille est à peine celle d'un grêlon, sont très semblables au cerveau humain à certains égards. Cette technique innovante permet de mieux étudier les divers effets des rayonnements.

Le partage des connaissances est essentiel pour réaliser des progrès scientifiques. Si nos prédécesseurs n'avaient pas pris la peine de partager leurs connaissances, la science n'aurait jamais atteint ce stade. Les scientifiques se plongent donc dans la littérature ou écumant les conférences - quand les restrictions liées au coronavirus ne les en empêchent pas. Parfois, ils découvrent des résultats ou des techniques étonnants, qui leur permettent de donner un nouveau souffle à leurs propres recherches. Il en a été de même pour l'examen neurologique

au SCK CEN. « Nous avons découvert que Jay Gopalakrishnan, professeur à l'université de Düsseldorf, utilise des organoïdes cérébraux - des cerveaux cultivés artificiellement - comme modèle pour étudier la microcéphalie induite par le virus Zika. Dans le cas de la microcéphalie, le cerveau ne se développe pas complètement : les enfants naissent avec un crâne trop petit et un handicap mental », explique Roel Quintens, radiobiologiste au SCK CEN. « Nous étudions la microcéphalie qui peut se manifester à un stade embryonnaire après une exposition aux radiations ».

Le centre de recherche nucléaire pourrait **utiliser cette technique pour améliorer les connaissances précédemment accumulées sur l'impact des rayonnements ionisants sur le développement du cerveau.** « Par rapport aux adultes, le cerveau d'un fœtus en développement est extrêmement sensible aux rayonnements. Dans l'incertitude, il est actuellement déconseillé aux femmes enceintes de passer un scanner ou de subir une radiothérapie. Pour la mère elle-même, toutefois, un retard de diagnostic ou de traitement peut avoir des conséquences plus graves que les effets des radiations sur le fœtus. Dès lors, ces connaissances sont cruciales », ajoute Mieke Verslegers, radiobiologiste au SCK CEN.



La première expérience d'irradiation de cerveaux miniatures a fourni des résultats prometteurs. Nous avons alors su avec certitude que nous devons explorer davantage cette voie.

Roel Quintens

Amélioration des connaissances

Les scientifiques du SCK CEN sont convaincus que les organoïdes cérébraux peuvent les aider à cerner les effets des radiations. « En collaboration avec le professeur Gopalakrishnan de Düsseldorf, nous avons réalisé une première expérience sous rayonnement. Et les résultats étaient prometteurs. Les cerveaux miniatures irradiés se sont développés plus lentement que leurs homologues non irradiés. Et cet effet dépendait de la dose : plus la dose de radiation était élevée, plus les cerveaux miniatures étaient petits. Nous avons alors su avec certitude que nous devons explorer davantage cette voie », déclare Roel Quintens (SCK CEN). Tel est l'objet de l'étude menée par Jessica Ribeiro, qui consacre son doctorat à ce sujet. « En 2020, nous avons mis au point le processus de culture. Ensuite, nous exposerons dans un premier temps le cerveau artificiel à de fortes doses de radiations afin de pouvoir observer des effets clairs. Cela nous fournit un cadre de référence quand nous réduisons systématiquement la dose et étudierons les effets de ces doses », précise-t-elle.

Processus de culture

Les cerveaux miniatures sont obtenus à partir de cellules souches, qui peuvent se développer en n'importe quelle cellule du corps. Jessica Ribeiro (SCK CEN) : « Pour qu'elles se développent en cellules cérébrales, nous devons leur faire croire qu'elles sont des cellules cérébrales. Nous devons donc tromper les cellules souches et nous le faisons en leur donnant les bons nutriments. Avec les bons nutriments, les cellules commencent à se diviser, à s'interconnecter et donc à s'organiser pour former un cerveau humain en développement. En vingt jours, nous obtenons un mini-cerveau, sur lequel nous pouvons faire des tests. » Le mini-cerveau embryonnaire n'est pas plus gros qu'un grêlon, mais à certains égards, il ressemble beaucoup à la structure d'un cerveau humain. Cela permettra aux scientifiques de mieux étudier le cerveau humain et de tester d'éventuels médicaments qui suppriment les voies de signalisation impliquées dans la microcéphalie.



Les radiobiologistes Mieke Verslegers et Roel Quintens

Pour la mère elle-même, toutefois, un retard de diagnostic ou de traitement peut avoir des conséquences plus graves que les effets des radiations sur le fœtus.

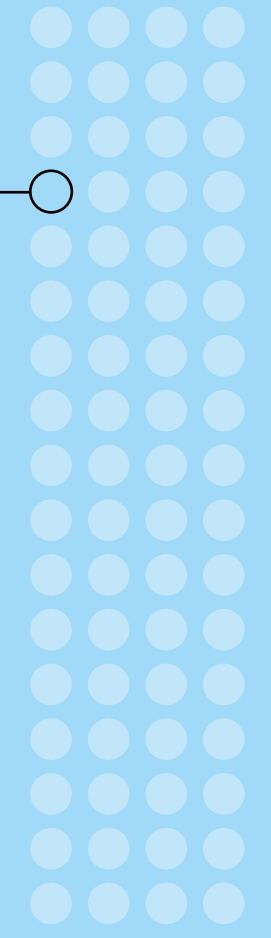
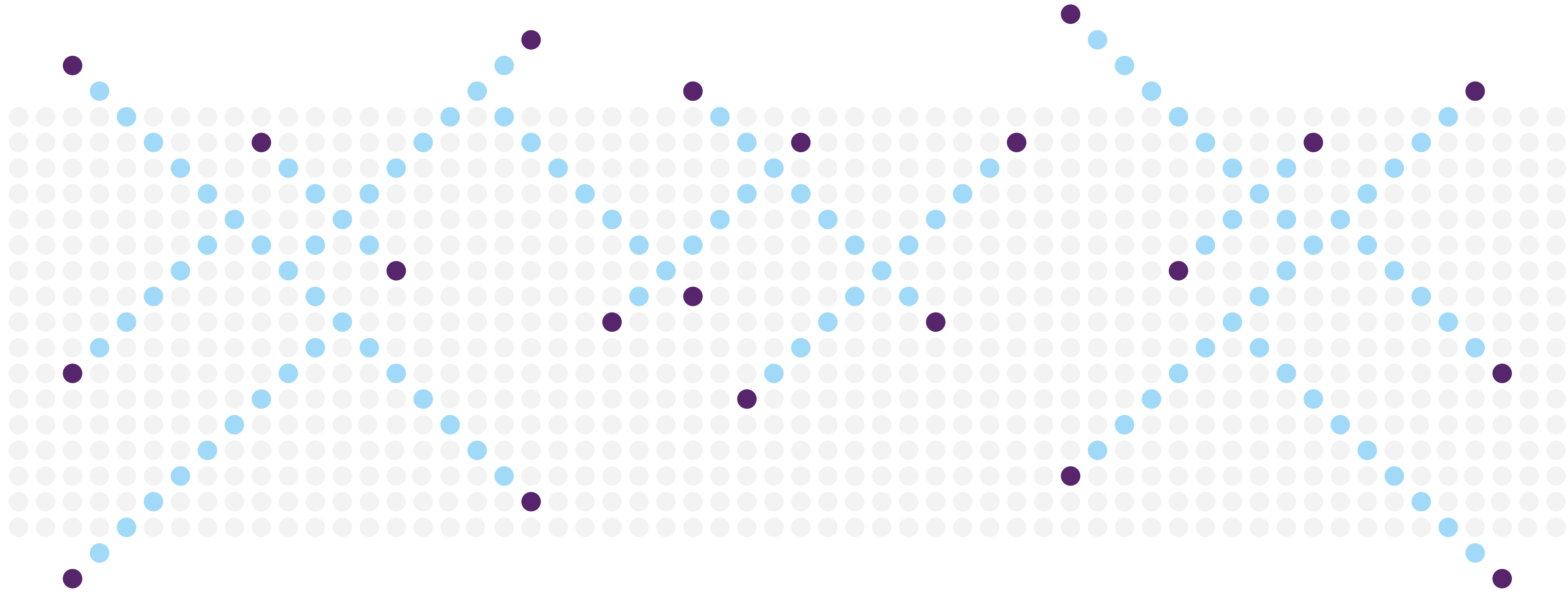
Mieke Verslegers

Suite de l'étude

Le SCK CEN utilisera également les cerveaux miniatures dans d'autres recherches sur le cerveau. Ainsi, le futur doctorat porte sur l'utilisation d'organoïdes cérébraux pour étudier le glioblastome, la forme la plus mortelle de cancer du cerveau. Le cancer récidive souvent après le traitement. En moyenne, l'espérance de vie des patients est inférieure à quinze mois après le diagnostic. Seuls quelques-uns survivent à plus long terme : 25 % atteignent deux ans et moins de 10 % cinq ans.

Recherche neurologique au SCK CEN

Ce projet innovant s'inscrit dans le cadre plus large de la recherche neurologique au SCK CEN. Cette recherche porte sur l'impact des rayonnements ionisants sur le développement cérébral des embryons et des enfants atteints de tumeurs cérébrales, qui doivent subir une radiothérapie à un jeune âge. Les chercheurs du SCK CEN étudient le lien entre le rayonnement et le déclin cognitif et les changements de comportement. « Est-ce que cela est à l'origine du vieillissement prématuré et de la maladie d'Alzheimer ? Ou sont-ils exposés à un risque plus élevé de développer l'épilepsie ? Quels types de cellules jouent un rôle dans ce domaine ? Nous essayons de formuler une réponse à ces questions », conclut Mieke Verslegers.



Casser les codes en

partant d'une approche différente. À travers des lunettes différentes, la réalité est tout autre. Une réalité améliorée. Une réalité qui teste minutieusement la sûreté des innovations nucléaires, qui fait passer ces innovations par leur utilisateur final et qui réduit le volume des déchets.



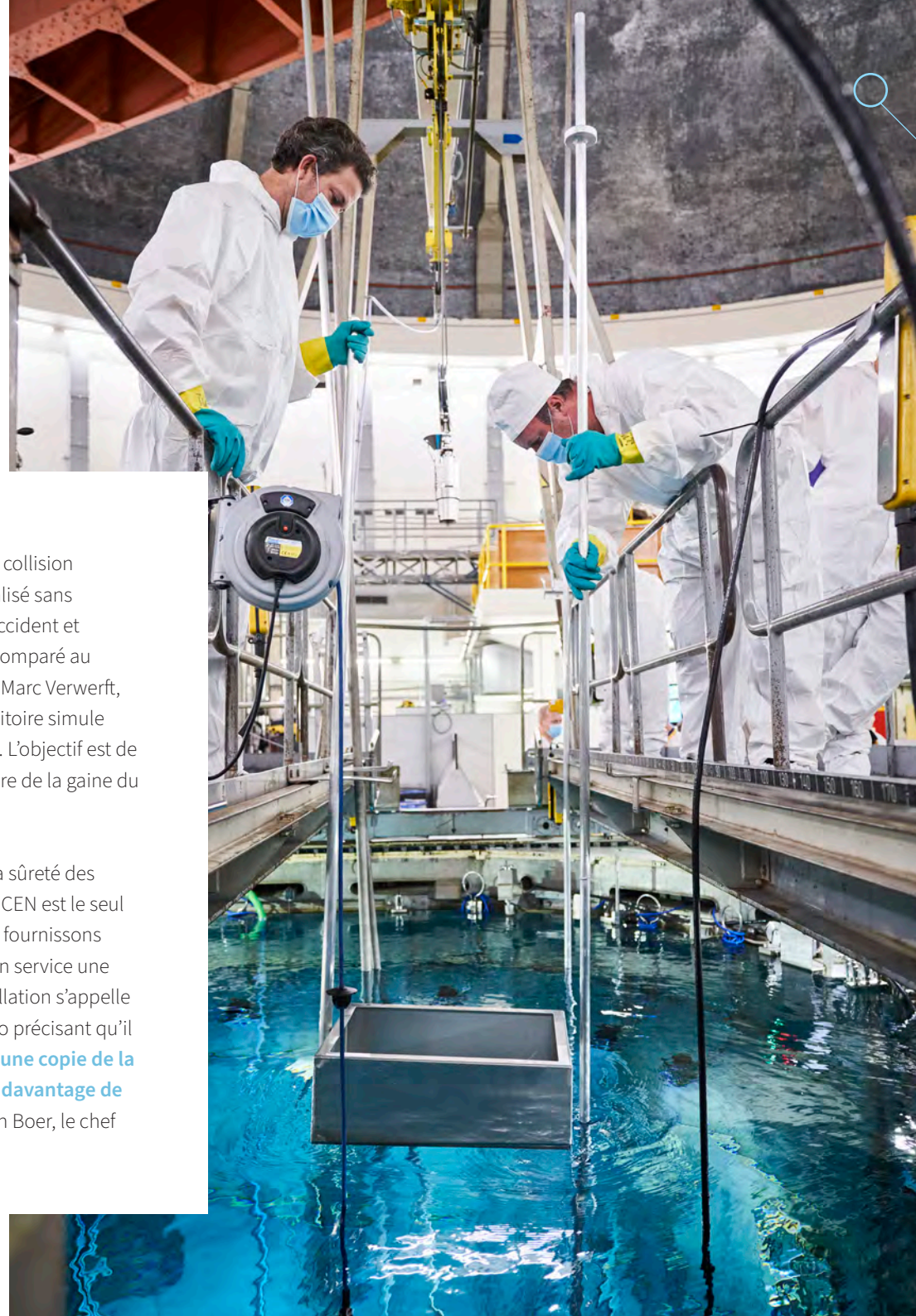
Le SCK CEN garantit la sûreté de l'innovation nucléaire

L'installation du SCK CEN met des crayons combustibles à l'essai

Le SCK CEN met des crayons combustibles nouvellement développés à l'essai depuis 1976. Ce type d'essai constitue la dernière étape du dossier de sûreté. L'année dernière, le centre de recherche a remplacé son installation et est désormais le seul en Europe à pouvoir exécuter ces tests. « Ce qui était censé être une copie de la version précédente est devenu une installation offrant davantage de possibilités et d'instruments de mesure », explique Brian Boer, le chef de projet.

Une voiture heurte un lampadaire, se renverse ou entre en collision frontale. Aucun modèle de voiture ne peut être commercialisé sans passer un crash test. « Un crash test évalue l'impact d'un accident et donc, la sécurité. Le crash test pour les voitures peut être comparé au test transitoire pour les combustibles nucléaires », déclare Marc Verwerft, expert en combustible nucléaire au SCK CEN. Un test transitoire simule une augmentation soudaine de la puissance d'un réacteur. L'objectif est de mesurer l'augmentation de puissance provoquant la rupture de la gaine du combustible - la première barrière physique de l'uranium.

Les tests transitoires sont indispensables afin de garantir la sûreté des centrales nucléaires. Le réacteur de recherche BR2 du SCK CEN est le seul en Europe à pouvoir exécuter ces tests nécessaires. « Nous fournissons ce service depuis 1976, mais nous avons récemment mis en service une installation modernisée », explique M. Verwerft. Cette installation s'appelle la PWC7. PWC signifie *Pressurized Water Capsule*, le numéro précisant qu'il s'agit de la septième génération. « Ce qui était censé être une copie de la version précédente est devenu une installation offrant davantage de possibilités et d'instruments de mesure », explique Brian Boer, le chef de projet.



« Nous fournissons ce service depuis 1976, mais nous avons récemment mis en service une installation modernisée. »

Marc Verwerft

La plus grande précision

L'instrumentation de mesure permet de cartographier davantage de paramètres. Quelle est la température de l'eau de la capsule dans laquelle les chercheurs ont placé le crayon combustible ? Quelle est la température de la gaine du combustible ? Comment le crayon se dilate-t-il pendant l'irradiation ? Le diamètre de la gaine change-t-il ? Quel flux de neutrons et de gammas mesurons-nous ? Quelle pression interne subit le crayon combustible ? Et tout cela avec la plus grande précision. Marc Verwerft explique : « Afin de confirmer cette précision répétitive, nous avons exécuté de nombreux tests de qualification au cours des deux dernières années : tant avec des crayons combustibles factices qu'avec de véritables crayons combustibles. L'installation rénovée répond à toutes les exigences les plus élevées en termes de qualité et de sûreté. Elle est donc prête pour l'étape suivante : le premier essai transitoire commercial. Il est prévu pour le second semestre de 2021. »

Déroulement du test

Se pose alors la question suivante : comment se déroule un essai transitoire ? Comment le SCK CEN reproduit-il le « test transitoire » d'une centrale nucléaire commerciale ? Les crayons combustibles reçus par le centre de recherche ont déjà été irradiés durant plusieurs années dans des conditions normales. Les crayons combustibles d'une centrale commerciale se présentent sous la forme de tubes de quatre mètres de long dans lesquels l'uranium est empilé en pastilles de céramique - des tablettes cylindriques de 1 cm de haut environ. « Pour notre test transitoire, nous prélevons un échantillon d'un demi-mètre, le chargeons dans une capsule 'PWC' et le positionnons dans le cœur du réacteur du BR2 », explique Brian Boer.

Cette position a été calculée avec précision pour simuler un accident. Le réacteur fonctionne à faible puissance pendant une journée, après quoi les opérateurs du réacteur doublent la puissance en deux minutes seulement. Cette augmentation entraîne une hausse de la température du crayon test. La température extérieure demeure à la température normale de fonctionnement, mais au centre, la température double et dépasse largement les 2000 °C. L'augmentation de la température induit une dilatation du combustible et exerce une pression sur la gaine. « Constatons-nous une activité dans l'eau de la PWC ? Si la gaine se craquèle, le test est interrompu et les dommages sont examinés. Aucune activité ? Nous maintenons alors cette puissance pendant douze heures, puis nous examinons les dommages occasionnés au crayon. On peut, par exemple, songer à de petites fissures invisibles à l'œil nu. »

Les résultats de l'essai transitoire sont utilisés pour valider les codes informatiques. Ces codes peuvent ensuite être utilisés pour exécuter des dizaines ou des centaines de simulations. « Un essai transitoire permet de sonder les marges de sûreté du combustible et constitue la dernière étape d'un dossier de licence. Grâce à nos expériences, nous offrons à l'industrie la possibilité d'introduire des innovations en toute sécurité », conclut Brian Boer, le chef de projet.

Grotere capaciteit

Au-delà du test transitoire nucléaire, la PWC7 peut être utilisée à d'autres fins. Premièrement, les clients peuvent faire vérifier le comportement des combustibles quand les centrales nucléaires répondent davantage à des pics et creux énergétiques et quand la production d'électricité fluctue plus fréquemment. Deuxièmement, ils peuvent faire tester les limites de combustion et, troisièmement, mettre de nouveaux matériaux au banc d'essai. Le SCK CEN réfléchit déjà à une PWC8 et une PWC9 pour accroître la capacité.

« Grâce à nos expériences, nous permettons à l'industrie de mettre en œuvre des innovations en toute sécurité. »

Brian Boer



Le SCK CEN donne une nouvelle dimension à la recherche nucléaire

Une science percutante est façonnée pour et par l'homme

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN est un pionnier de l'intégration des aspects sociaux et éthiques dans la recherche nucléaire. Il a mis en place son propre programme de recherche en la matière dans les années 1990. Grâce à ce rôle de pionnier, le SCK CEN a pu stimuler le débat en Europe. Ses efforts ont été récompensés. Depuis 2020, les sciences sociales occupent une place centrale dans la recherche en radioprotection. « En impliquant activement des personnes dès le début, nous pouvons accroître l'impact de la recherche », déclare Catrinel Turcanu, experte en sciences sociales au SCK CEN.

Plus de 30 partenaires de projet ont uni leurs forces au cours des cinq dernières années pour orienter la future recherche européenne sur la radioprotection. Le projet H2020, baptisé « CONCERT », s'est achevé l'année dernière. Bien que ce point final ait plutôt été **le point de départ d'une recherche nucléaire d'une nouvelle dimension.** « L'innovation est un travail humain. C'est pourquoi les scientifiques doivent entrer dans le monde vivant de leurs utilisateurs finaux. En se mettant à la place de leurs utilisateurs finaux, ils peuvent adapter les solutions aux besoins et aux attentes concrètes », explique Tanja Perko, experte en communication de crise et en perception des risques. À titre d'exemple, un dosimètre de cristallin qui n'est pas confortable ne sera pas supporté.

Le centre de recherche nucléaire sait depuis longtemps qu'une coordination avec les besoins et les préoccupations de la société apporte une valeur ajoutée. Le SCK CEN intègre les sciences sociales et humaines dans ses recherches depuis plus de 20 ans, mais a vu dans CONCERT le projet pilote idéal pour implémenter cette autoréflexion critique au niveau européen. « Et le succès est au rendez-vous », explique Catrinel Turcanu. « Les sciences sociales seront l'un des fers de lance des recherches futures. »



De gauche à droite : Gaston Meskens, Catrinel Turcanu et Tanja Perko

L'Europe plaide dès lors pour une meilleure intégration des aspects sociaux et éthiques dans la recherche sur la radioprotection - un conseil qu'elle prend également à cœur. Quatre sous-projets à caractère social financés par CONCERT ont déjà été achevés, dont CONFIDENCE. Ce vaste projet a identifié les incertitudes dans des situations de crise et examiné comment ces incertitudes peuvent affecter la planification d'urgence définie. « Les décideurs politiques fondent leurs politiques sur des hypothèses. Prenons l'exemple d'un gouverneur proclamant le plan de catastrophe provincial et exhortant la population à se mettre à l'abri. Il est plus sûr de rester à l'intérieur, mais comment réagiront les gens si leurs enfants sont encore à l'école ? Laissent-ils les enfants à l'école et restent-ils à l'intérieur ? Ou vont-ils directement les chercher ? Tout le monde est un décideur en situation de crise. Les hypothèses peuvent donc s'écarter du comportement réel », poursuit Catrinel Turcanu. Comprendre 'comment' et 'pourquoi' les gens se comportent dans des situations spécifiques peut améliorer l'efficacité des mesures politiques. Le SCK CEN a apporté une contribution majeure à ces sous-projets grâce à la recherche socio-scientifique.

« Il est important que nous continuions à nous regarder dans un miroir et à encourager l'intégration. C'est la seule façon de combler le fossé entre la science et la société. »

Catrinel Turcanu

Faisabilité et confiance

Afin d'identifier ce comportement et les facteurs qui l'affectent, les partenaires du projet ont imaginé toutes les méthodes possibles. Ils ont analysé le contenu des articles de presse, organisé une enquête à grande échelle dans trois pays européens et observé onze exercices de crise nucléaire. Cela a permis de démontrer que chaque individu passe par différentes phases d'incertitude. « Dans la première phase, nous nous demandons si nous pouvons faire confiance aux informations qui nous parviennent. Nous nous informons plus avant et écoutons les conseils de l'autorité compétente. Vient ensuite le moment où nous devons décider : suivons-nous ce conseil ? Ou justement pas ? Si nous voulons suivre les conseils, est-ce possible dans la pratique ? Ai-je des comprimés d'iode à la maison ? Suis-je assez mobile pour évacuer en toute autonomie ? Les mesures politiques qui sont faciles à appliquer ont plus de chances d'être respectées. Enfin, nous évaluons si la mesure - pour nous personnellement - a eu l'effet escompté. Le cycle redémarre après cette évaluation », explique Tanja Perko. Outre la faisabilité pratique, la confiance est l'un des facteurs les plus influents. « Nous sommes plus susceptibles de suivre les conseils d'instance qui nous inspirent confiance ».

Tendance

Les partenaires du projet ont formulé une série de recommandations pratiques qui aident les décideurs politiques à faire les bonnes hypothèses et à assister les acteurs sur le terrain afin qu'une intervention ne rencontre pas de barrières sociales. « Avec CONCERT et ses sous-projets, nous avons fait un grand pas en avant. Il est important que nous continuions à nous regarder dans un miroir, à entretenir la discussion et à stimuler l'intégration. C'est la seule façon de combler le fossé entre la science et la société », conclut Catrinel Turcanu.



Science-technologie-société : un trio fascinant

Nous, les scientifiques, plongeons d'abord dans les études antérieures pour saisir le contexte général ; nous les relisons avec un œil critique et formulons des objectifs pour combler les lacunes. Nous entamons un dialogue avec nos collègues, y compris lors de la mise en œuvre et de l'analyse. Afin d'augmenter l'efficacité de la recherche, il est conseillé d'impliquer des experts d'autres domaines. Ils apportent un éclairage différent sur le sujet et enrichissent les réflexions. Un exemple classique consiste à impliquer des experts des sciences humaines et sociales nous aidant à comprendre les besoins sociétaux et le comportement humain.

Hildegard Vandenhove

Environnement, Santé et Sécurité



Le bouclier biologique du BR3

La nouvelle approche rationalise le processus de démantèlement

Le modèle 3D permet d'obtenir une image plus précise de la radioactivité

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN a développé un modèle 3D permettant de réduire considérablement l'empreinte d'un démantèlement. Grâce à cette nouvelle approche, le béton utilisé provenant d'une centrale nucléaire peut - plus que précédemment - vivre une seconde vie dans le secteur de la construction.

Chaque cuve d'un réacteur à eau pressurisée est entourée de béton armé. Cette paroi en béton, appelé bouclier biologique, sert à atténuer les radiations. « Lors du démantèlement des centrales nucléaires commerciales, le bouclier biologique représente la plus grande partie des déchets à courte durée de vie et de faible et moyenne radioactivité », explique Sven Boden, expert en démantèlement au SCK CEN. Le bouclier du réacteur à eau pressurisée BR3 démantelé mesure 15 mètres de hauteur et 1,20 mètre d'épaisseur. Cela représente 2.200 tonnes de béton armé, soit le chargement de 100 camions. « L'objectif n'est pas d'évacuer 100 camions de béton sous forme de déchets dans les décharges aménagées à cet effet. La règle d'or de tout projet de démantèlement est de minimiser la quantité de déchets radioactifs et conventionnels de manière rentable. »

Pour y parvenir, le béton doit être raclé par couches, attaqué au marteau-piqueur ou scié au câble. Chaque couche a une destination différente. Le béton libéré après les mesures nécessaires est réintégré dans la société. Il est notamment recyclé dans l'industrie de la construction. Les autres couches de béton sont acheminées vers une décharge de catégorie 1, où sont déposés des déchets dangereux tels que l'amiante. Ce projet, qui vise à donner une seconde vie à un maximum de béton, stimule l'économie circulaire.

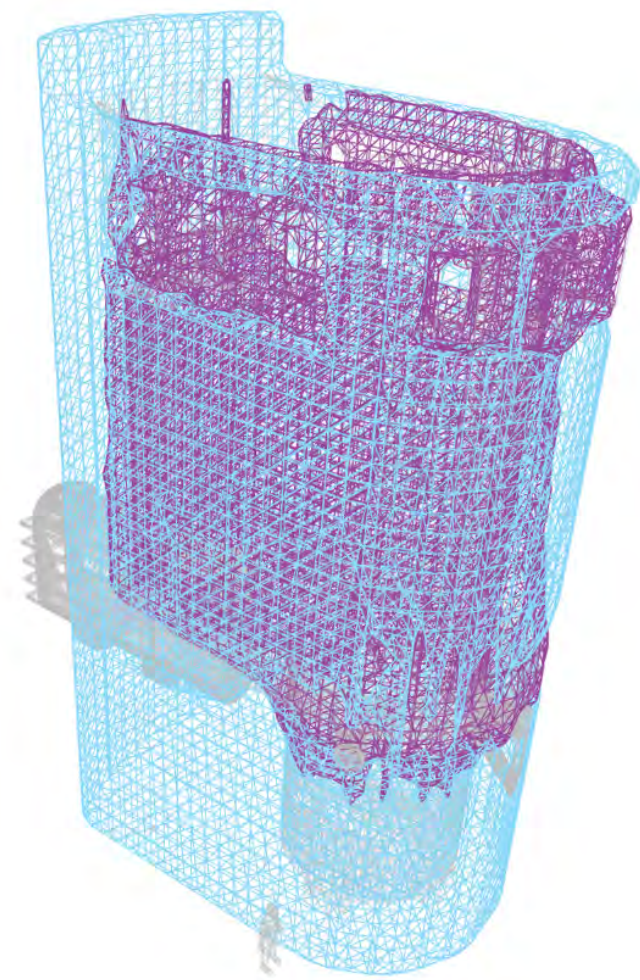
Une question se pose alors : à quelle profondeur les valeurs sont-elles suffisamment basses pour permettre de libérer le béton ? Comment déterminez-vous le nombre de centimètres à enlever ? En mesurant à nouveau le béton après chaque couche ? Le centre de recherche nucléaire SCK CEN a estimé que ce travail de bénédictin peut être effectué plus efficacement et rapidement. Il a mis au point un modèle 3D qui permet de déterminer les niveaux de radioactivité dans le bouclier biologique au décimètre près. « Ce modèle tient compte de plusieurs paramètres, notamment la distance par rapport à l'ancien cœur du réacteur et la profondeur dans le béton. Plus on se rapproche du cœur, plus le béton a été exposé aux radiations et plus la couche à enlever est par conséquent épaisse », explique Bart Rogiers, data scientist au SCK CEN et initiateur du modèle 3D.

Données historiques et nouvelles mesures

Toutefois, un modèle mathématique n'est solide que s'il est alimenté par une quantité suffisante de données correctes. Le centre de recherche nucléaire n'a pas ménagé son temps ni ses efforts pour peaufiner cet input. « Le tout premier modèle 3D que nous avons simulé reposait sur des données historiques. Nous avons ensuite complété les données existantes en effectuant de nouvelles mesures : d'une part, sur le terrain et, d'autre part, en laboratoire », explique Bart Rogiers. Grâce aux mesures effectuées sur place - plus de 400 au total - le centre de recherche a cartographié l'ensemble de la paroi. Pour les analyses effectuées en laboratoire, 30 carottes ont été forées dans le bouclier biologique à l'aide d'une tarière à couronne, à partir desquelles plus de 200 échantillons ont été analysés. Nous avons également prélevé des échantillons supplémentaires dans des zones spécifiques, telles que les zones où nous attendions des niveaux de radioactivité les plus élevés ou justement les plus bas. Cela nous a appris beaucoup de choses sur les extrêmes. »

Le SCK CEN a tenu compte des incertitudes des mesures et des modèles. « Pour les mesures effectuées sur place, nous avons utilisé différents types de détecteurs et des équipes de mesure de plusieurs centres de recherche européens pour mesurer les mêmes zones. Nous avons ensuite envoyé des échantillons à différents laboratoires européens et inclus des échantillons vierges, c'est-à-dire des échantillons sans radioactivité. Cela nous a permis de comparer tous les résultats de mesure et d'identifier autant que possible les incertitudes de mesure. L'analyse précise de ces incertitudes et d'autres permet de disposer de résultats beaucoup plus fiables », précise Bart Rogiers.





« Le modèle 3D allie la sécurité des personnes et de l'environnement à la faisabilité économique. »

Sven Boden

Stratégie de démantèlement

Le SCK CEN a peaufiné sa stratégie de démantèlement sur la base de ce modèle 3D. Les travaux de séparation débuteront en 2021. « Grâce à ce modèle, nous avons pu réduire considérablement la quantité de déchets qui ne peuvent être recyclés et doivent donc être déversés dans une décharge de catégorie 1. Nous veillons en outre à ce qu'aucun déchet ne pénètre dans le site d'enfouissement en plein air des déchets radioactifs. Nous réduisons ainsi la charge sur nos générations futures. Et ce, avec un coût minimal pour les mesures et malgré tout une certitude maximale sur la répartition de la radioactivité dans la paroi. Le modèle 3D allie la sécurité des personnes et de l'environnement à la faisabilité économique », poursuit Sven Boden avec enthousiasme. Le projet pilote fait par conséquent ses preuves pour le futur démantèlement des réacteurs nucléaires en Belgique et à l'étranger. L'implémentation de cette nouvelle approche s'inscrit dans le projet de recherche européen « INSIDER ».

- Volume qui peut être recyclé
- Volume à éliminer

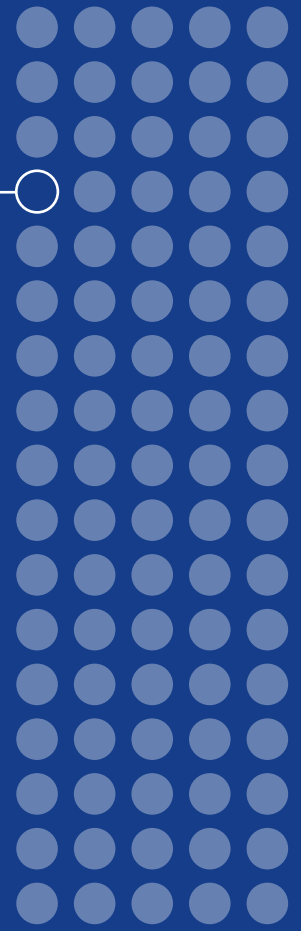
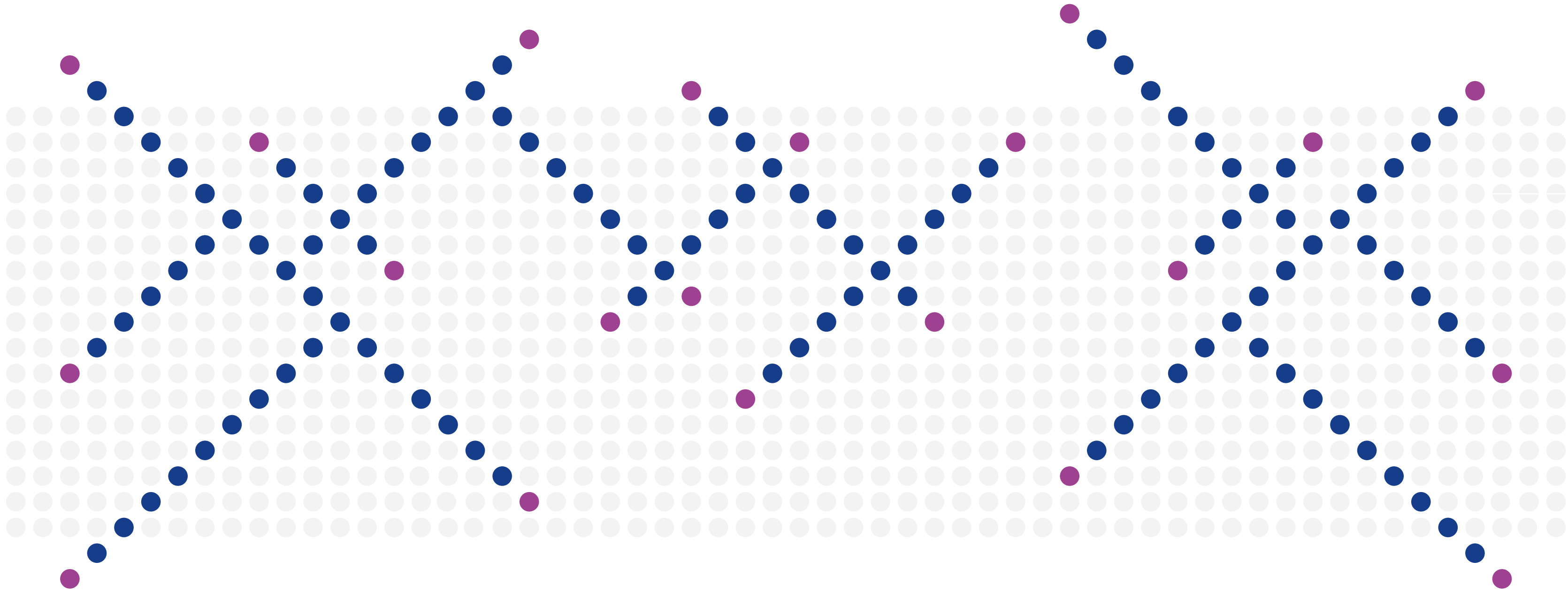
Accord de collaboration public-public avec l'ONDRAF

Cette étude s'inscrit parfaitement dans l'accord de collaboration public-public signé par le SCK CEN et l'ONDRAF. Les deux partenaires s'engagent à continuer à poursuivre des recherches conjointes au cours des 25 prochaines années. La recherche se concentrera sur le stockage en surface et le stockage géologique des déchets radioactifs. Elle comprendra aussi la caractérisation des déchets - plus précisément, le développement de techniques permettant de soumettre les déchets à des analyses supplémentaires avant qu'ils ne soient envoyés dans des installations de stockage.



« L'analyse précise de ces incertitudes et d'autres permet de disposer de résultats beaucoup plus fiables. »

Bart Rogiers

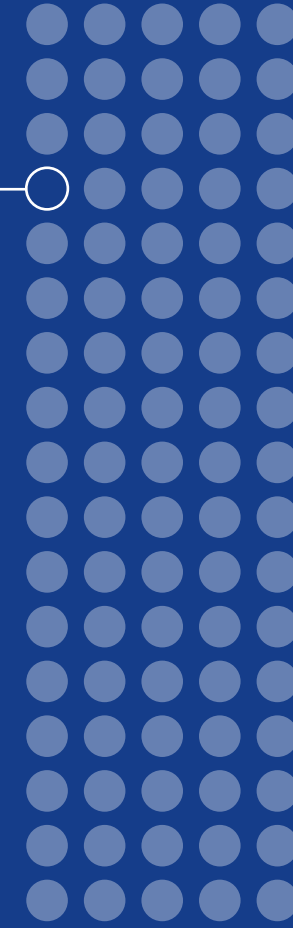
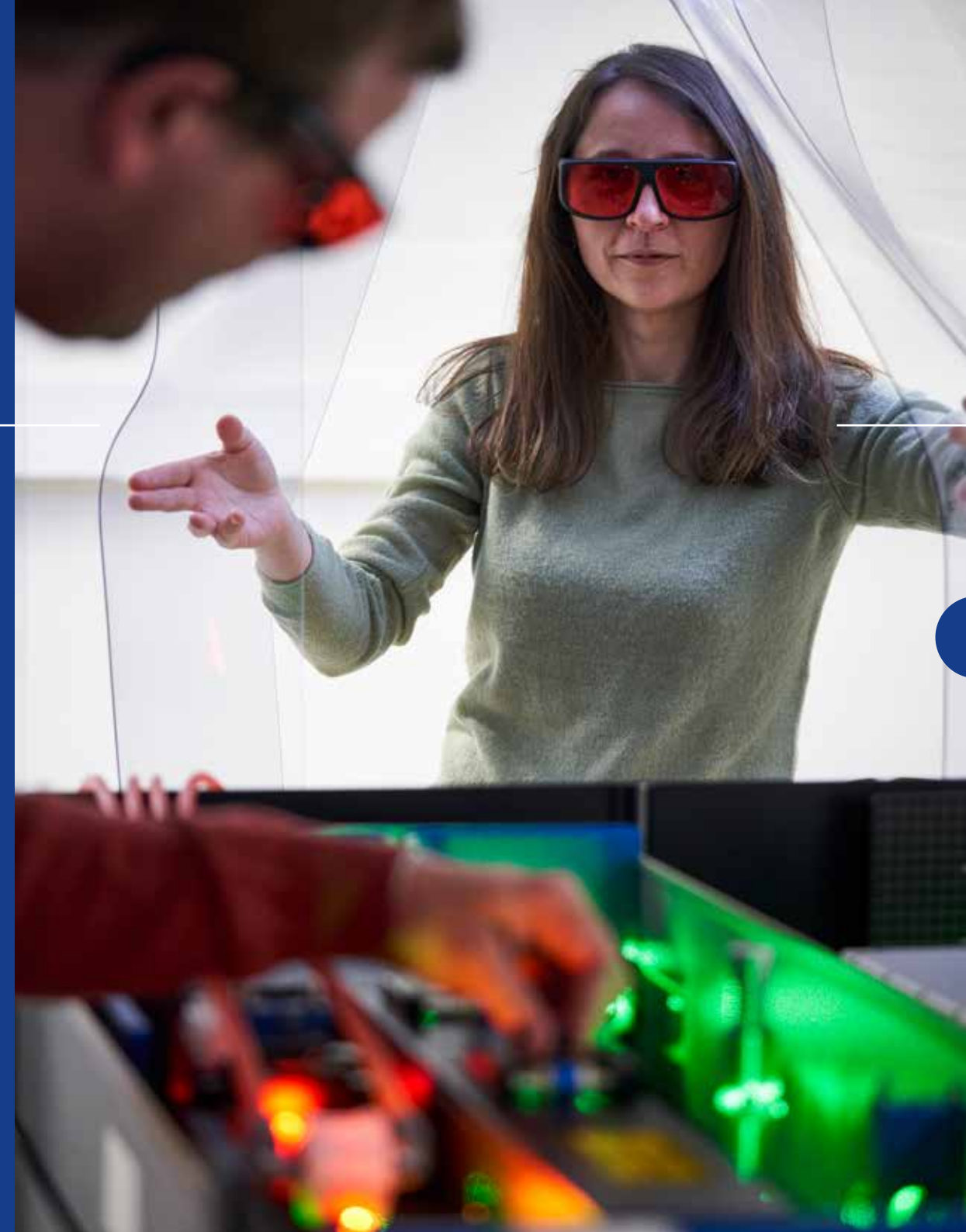
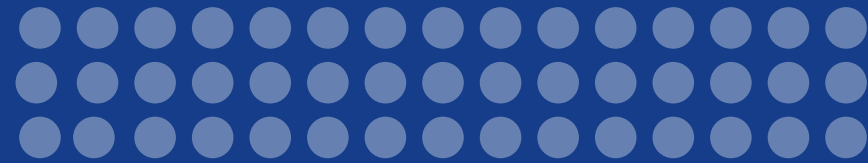


technologie



Casser les codes en

instaurant de nouvelles technologies. Ces technologies sont actuellement dans leur phase de conception et de construction. Dès qu'elles seront en état de marche, elles feront une différence de taille dans la lutte contre le cancer, la gestion des déchets nucléaires, ...



technologie



L'équipe MYRRHA progresse étape par étape

Les protons de MYRRHA ont été accélérés avec succès

À partir de 2027, le SCK CEN apportera une contribution cruciale au développement et à la production d'une nouvelle génération de radio-isotopes médicaux. Pour ce faire, le centre de recherche nucléaire bombarde des « cibles » avec des protons au lieu de neutrons. L'accélérateur de particules de MYRRHA qui tirera les protons est actuellement en construction. L'année dernière, sa construction a progressé étape par étape.

En 2019, les yeux des scientifiques du SCK CEN se sont illuminés quand les tout premiers protons sont sortis sans difficulté de la source d'ions. « La source d'ions est le premier maillon de l'accélérateur de particules MYRRHA [voir encadré], d'où partent les protons », explique Dirk Vandeplassche, physicien au SCK CEN et spécialiste des accélérateurs de particules. En 2020, à peine un an plus tard, ces mêmes scientifiques ont pu de nouveau applaudir des deux mains. Et pas une fois, mais deux.

L'été dernier, ils ont réussi à accélérer pour la première fois un faisceau de protons dans le *Radio Frequency Quadrupole* (RFQ). « Une fois que les protons ont quitté la source d'ions, ils sont envoyés dans le RFQ. Cette partie les accélère pour délivrer, en bout de course, un faisceau de protons adéquat. L'énergie de ce faisceau est ensuite augmentée par une succession de cavités qui donnent aux protons une poussée accélératrice, et d'aimants qui les maintiennent dans la bonne direction », explique Dirk Vandeplassche. Le test estival s'est limité à de courtes impulsions à faible puissance, mais a déjà montré que le système fonctionne parfaitement.



Collaboration intense

Les scientifiques ont attendu ce moment durant six ans. « Cette étape, à laquelle nous travaillons depuis 6 ans, est le résultat de collaborations internationales », a déclaré Hamid Aït Abderrahim, directeur du projet MYRRHA et directeur général adjoint du SCK CEN. L'Institut allemand de physique appliquée (IAP) de l'Université de Francfort a participé à la conception du RFQ, alors que la société d'ingénierie allemande NTG a contribué à sa construction. Les puissants amplificateurs RF qui fournissent la puissance nécessaire à l'accélération ont été livrés par la société belge IBA. L'Institut national français de physique nucléaire et des particules (IN2P3) - un département du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) - a fourni le lien entre la source d'ions, d'une part, et le RFQ, d'autre part, et a contribué au réglage RF à un faible niveau ; « Constaté que l'ensemble fonctionne à plein régime nous rend fiers. Et cela nous met l'eau à la bouche », conclut Dirk Vandeplassche. Il fait référence aux mesures approfondies des caractéristiques du faisceau de protons, aux tests de fiabilité exigeants et aux expériences avec les cavités CH.

À l'automne, les scientifiques sont allés plus loin en testant le *Radio Frequency Quadrupole* pendant plusieurs heures. Le RFQ peut-il fournir un faisceau de protons répondant aux exigences exactes pour alimenter l'accélérateur de particules de MYRRHA ? « Haut la main, même ! Nous avons dirigé le faisceau de protons nominal noir sur blanc à une puissance de 100 % et sans aucune interruption pendant plusieurs heures », jubile Dirk Vandeplassche. Il s'agit d'une excellente nouvelle, car toute la partie à faible énergie - de la source d'ions au RFQ - détermine en grande partie la fiabilité de l'accélérateur. Cette fiabilité est importante pour réaliser les applications prévues dans MYRRHA.

MYRRHA : trois phases de construction

Le SCK CEN travaille actuellement de manière intensive à la construction de MYRRHA, le premier réacteur nucléaire de recherche au monde piloté par un accélérateur de particules. MYRRHA ouvre la voie à d'innombrables technologies et applications prometteuses, par exemple pour optimiser la gestion des déchets nucléaires et produire de nouveaux radio-isotopes médicaux. La construction de MYRRHA se déroule en plusieurs phases. Dans la phase 1, le SCK CEN construit MINERVA, l'accélérateur de particules avec une énergie allant jusqu'à 100 mégaelectronvolts (MeV). Dans une phase suivante, le centre de recherche portera le niveau d'énergie à 600 MeV. Cette énergie est nécessaire pour mener à bien toutes les activités prévues dans le réacteur de recherche MYRRHA, et notamment la démonstration de la transmutation des déchets nucléaires. Le véritable réacteur de recherche sous-critique sera construit au cours de la troisième et dernière phase, qui s'étend jusqu'en 2036.



Un plan de projet détaillé est fédérateur

Il faut beaucoup de petites mains pour atteindre un objectif ambitieux. Chacun de nous a son expertise et ses idées, mais est également prédisposé à s'organiser avec les autres au sein d'une équipe performante. Un plan de projet détaillé apporte donc de la clarté. Il suscite la confiance en la stratégie que nous suivons et stimule chacun de nous à y contribuer. De plus, cela nous permet de marquer des jalons, de suivre l'avancement du projet et d'en tirer des leçons.

Adrian Fabich

MINERVA Design and Build

Nous avons dirigé le faisceau de protons nominal noir sur blanc à une puissance de 100 % et sans aucune interruption pendant plusieurs heures.

Dirk Vandeplassche



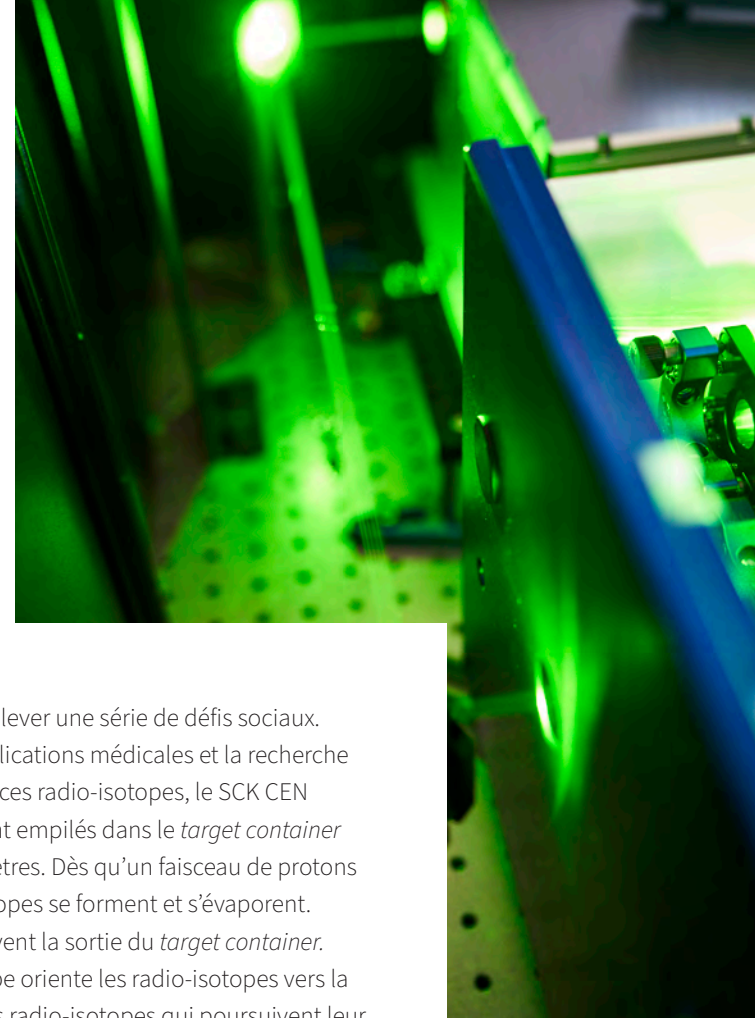
Le SCK CEN décompose les atomes

La lumière laser excite les électrons d'un atome afin d'isoler des radio-isotopes spécifiques

En un an à peine, le SCK CEN a achevé la construction d'une impressionnante installation laser. Elle rapproche le centre de recherche nucléaire de son objectif : le développement et la production d'une nouvelle génération de radio-isotopes médicaux. « Ces lasers nous permettront d'isoler des radio-isotopes spécifiques, indispensables à la vie », a déclaré Lucia Popescu, l'une des forces motrices du projet.

Avec le projet MYRRHA, le centre d'étude nucléaire SCK CEN veut relever une série de défis sociaux. Le développement et la production de radio-isotopes pour les applications médicales et la recherche fondamentale font partie des ambitions du SCK CEN. Pour obtenir ces radio-isotopes, le SCK CEN bombarde de protons des « disques cibles ». Les disques cibles sont empilés dans le *target container* d'ISOL@MYRRHA - un tube d'un diamètre d'environ quatre centimètres. Dès qu'un faisceau de protons d'une énergie de 100 MeV traverse les disques cibles, les radio-isotopes se forment et s'évaporent. Ils commencent à errer et à se heurter à tout, jusqu'à ce qu'ils trouvent la sortie du *target container*. Cette sortie est également l'entrée d'un fin tube de transfert. Ce tube oriente les radio-isotopes vers la partie suivante de l'installation ISOL. « Naturellement, la nature des radio-isotopes qui poursuivent leur parcours n'est pas le fruit du hasard. Nous les sélectionnons avec soin. Seuls les radio-isotopes que nous souhaitons sont orientés vers l'installation », explique Lucia Popescu, ingénieur au SCK CEN.

La sélection est assurée par la lumière laser, qui est reflétée dans le tube de transfert via un jeu de miroirs. Les chercheurs utilisent deux types de laser. « Les lasers à colorant et les lasers à pompe », précise son collègue ingénieur Kim Rijpstra. Les lasers initient une ionisation par étapes. « Les électrons tournent sur des couches d'énergie autour d'un noyau atomique. Les lasers à colorant permettent à un électron de passer d'une couche à une autre, qui est plus éloignée du noyau. Une fois suffisamment loin, un dernier faisceau laser catapulte l'électron décalé hors de l'atome. En privant l'atome de ses électrons, il acquiert une charge positive. L'atome est ainsi ionisé et peut alors être accéléré et piloté avec précision. »



Empreinte digitale d'un atome

Tout comme chaque personne possède une empreinte digitale unique, chaque élément chimique du tableau périodique possède sa propre configuration électronique. La disposition des couches est différente dans chaque élément chimique et les électrons sont répartis différemment entre les différentes couches. « Plus l'électron se situe profondément dans l'atome, plus l'énergie nécessaire pour l'extraire est élevée. En ajustant la couleur des lasers à colorant, nous déterminons les sauts qui se produiront. Nous dirigeons ainsi nos faisceaux vers des électrons spécifiques et sélectionnons les atomes spécifiques dont le déplacement est encouragé », explique Kim Rijpstra. Ensuite, les atomes ionisés sont accélérés dans un champ électrique et séparés par un champ magnétique en fonction de leur masse. In fine, les isotopes sélectionnés sont collectés.

Installation laser

Depuis fin 2020, l'installation laser qui triera les radio-isotopes à l'avenir trône dans la zone technique du SCK CEN. Pour sa conception, le SCK CEN a étroitement collaboré avec la KU Leuven, une des universités belges. Une fois la conception finalisée, les pièces ont été commandées. « Lorsqu'elles ont été livrées au début de l'année 2020, nous avons immédiatement retroussé nos manches et nous nous sommes mis au travail. Après un an de travail acharné, l'installation était prête. Cette réalisation nous rapproche encore de notre objectif », clame-t-on fièrement. Cet objectif est fixé à 2027. Le centre de recherche souhaitera alors débiter le développement et la production d'une nouvelle génération de radio-isotopes. Même si de nombreuses autres étapes doivent encore être franchies, dont la première est le couplage de l'installation laser à l'installation ISOL@MYRRHA.



« Ces lasers nous permettent d'isoler des radio-isotopes spécifiques, indispensables à la vie. »

Lucia Popescu

ISOL@MYRRHA : le cœur battant de la production d'isotopes

L'installation ISOL (*Isotope Separation On-Line*) est le cœur battant de la *Proton Target Facility* (PTF), où les radio-isotopes sont créés. Ces radio-isotopes sont utilisés à des fins médicales ou pour la recherche fondamentale et appliquée en physique et en recherche sur les matériaux. La caractéristique unique de cette installation réside dans l'intensité du faisceau de protons. Ce faisceau de protons est 100 fois plus intense que dans les autres installations européennes. Cela signifie que le centre de recherche nucléaire SCK CEN peut produire davantage d'isotopes en son sein.



Faire une réelle différence grâce aux particules élémentaires

Cela fait des siècles que l'on essaye de démêler la complexité du monde. La science est l'outil qui aide à fournir des informations et à créer de l'ordre dans le chaos apparent. La science fondamentale est le moteur de la construction des connaissances et du développement de nouvelles solutions pour des applications ayant une pertinence sociétale. L'enthousiasme et l'émerveillement constant de nos collaborateurs donnent les impulsions nécessaires pour continuer à progresser.

Marc Schyns

Systèmes Nucléaires Avancés



La cuve du réacteur MYRRHA rétrécit

Le nouveau concept allie sécurité et faisabilité économique

Quatre mètres plus court et de deux mètres plus étroit. **Le nouveau concept du réacteur de recherche MYRRHA est non seulement plus petit, mais aussi plus économique et nettement plus sûr.** « Cette révision nous rapproche encore un peu plus de la réalisation de MYRRHA », déclare le SCK CEN.

Une science de qualité demande du temps : du temps pour réfléchir, pour laisser mûrir les idées et pour les tester à maintes reprises. Parfois, les scientifiques et les ingénieurs doivent ajuster leur concept et répéter les tests de qualification. C'est d'autant plus vrai lorsqu'ils se déplacent en territoire inconnu. Rafaël Fernandez en est parfaitement conscient. L'ingénieur du SCK CEN et son équipe élaborent le concept de MYRRHA, le premier réacteur de recherche au monde piloté par un accélérateur de particules. Le cœur ne sera pas refroidi par de l'eau, mais bien par un métal liquide. « Du plomb-bismuth », précise R. Fernandez. « Une installation innovante nécessite des matériaux innovants. Nous devons nous assurer que chaque matériau utilisé ou composant choisi dans notre projet de réacteur peut supporter sans problème les conditions du réacteur de recherche. Nous disposons d'un programme R&D étendu pour tester chaque aspect du projet dans la pratique : de la sûreté à la faisabilité économique en passant même par la logistique. Ces connaissances nous permettent d'ajuster systématiquement notre concept. »

L'année dernière, les ingénieurs ont finalisé la révision 1.8. Ce concept offre une réponse à toutes les exigences de sécurité et à tous les points d'amélioration que le programme de recherche a identifiés lors de la révision 1.6. « L'année prochaine, nous devrions savoir si le projet final est désormais sur la table. Nous soumettrons les nouveaux éléments à des tests approfondis », déclare son collègue ingénieur Graham Kennedy. Un concept final est donc en vue.

Des améliorations profondes

Quelles modifications les chercheurs ont-ils effectivement apportées ? « Tout d'abord, nous avons réduit la cuve du réacteur. Sa hauteur a diminué d'environ quatre mètres et son diamètre de presque deux mètres. Cette modification était nécessaire afin de pouvoir transporter la cuve du réacteur dans son intégralité depuis le fabricant jusqu'au SCK CEN », explique l'ingénieur Graham Kennedy. « Il faut 200 mètres cubes de plomb-bismuth en moins pour remplir la cuve du réacteur, soit une économie substantielle. »

Le défi consistait à concilier cette réduction avec les exigences de sûreté. Les ingénieurs ont dû placer des échangeurs de chaleur plus grands dans une cuve de réacteur plus petite pour compenser un processus de transfert de chaleur moins efficace. Rafaël Fernandez explique : « Le plomb-bismuth transfère sa chaleur à l'eau qui circule dans les conduites de l'échangeur de chaleur. Dans ce concept, les conduites sont à double paroi. Cette double paroi est un mécanisme de sûreté supplémentaire que nous avons intégré. Il doit empêcher l'eau et le plomb-bismuth de se mélanger en cas de rupture et la réaction de provoquer l'évaporation de certains produits radioactifs. Une double paroi réduit le transfert de chaleur. C'est précisément la raison pour laquelle nous installons des fenêtres à double vitrage dans les maisons, mais dans le réacteur de recherche MYRRHA, nous voulons justement refroidir au lieu de retenir la chaleur. »

« En modifiant le concept, nous avons considérablement amélioré la sûreté et réduit les coûts. »

Rafaël Fernandez

La sûreté

Les ingénieurs sont parvenus à reconstituer le puzzle compliqué. « L'apport de collègues qui ont chacun des antécédents différents et qui ont examiné la question sous des angles différents nous a permis de parvenir à ce résultat. Mieux encore, nous avons pu combiner le meilleur des deux mondes. En modifiant le concept, nous avons considérablement amélioré la sûreté et réduit les coûts. Et parfois, nous avons dû oublier d'anciens concepts. Nous sommes ainsi passés de deux machines de traitement du combustible à une seule et avons pu réduire les contraintes thermiques en modifiant le concept du diaphragme. Le diaphragme est une cloison qui sépare le plomb-bismuth relativement froid à haute pression du réfrigérant chaud à basse pression. » À l'étape suivante, les ingénieurs établiront un lien entre le projet de cuve du réacteur et les systèmes secondaires et auxiliaires.



Escalader jusqu'au plus haut niveau

Le meilleur panorama s'obtient à l'issue de la montée la plus difficile. Cette affirmation familière à tous les alpinistes s'applique également à des projets ambitieux tels que MYRRHA. Des installations aussi innovantes que celles-là nécessitent peut-être un programme de R&D plus poussé en phase de développement, mais offrent en revanche de réelles perspectives positives. Qui plus est : elles sont la clé des enjeux sociétaux. Toutes mes félicitations à l'équipe qui conçoit cette « clé » unique et réalise la construction de MYRRHA.

Hamid Aït Abderrahim

Directeur général adjoint et directeur de MYRRHA



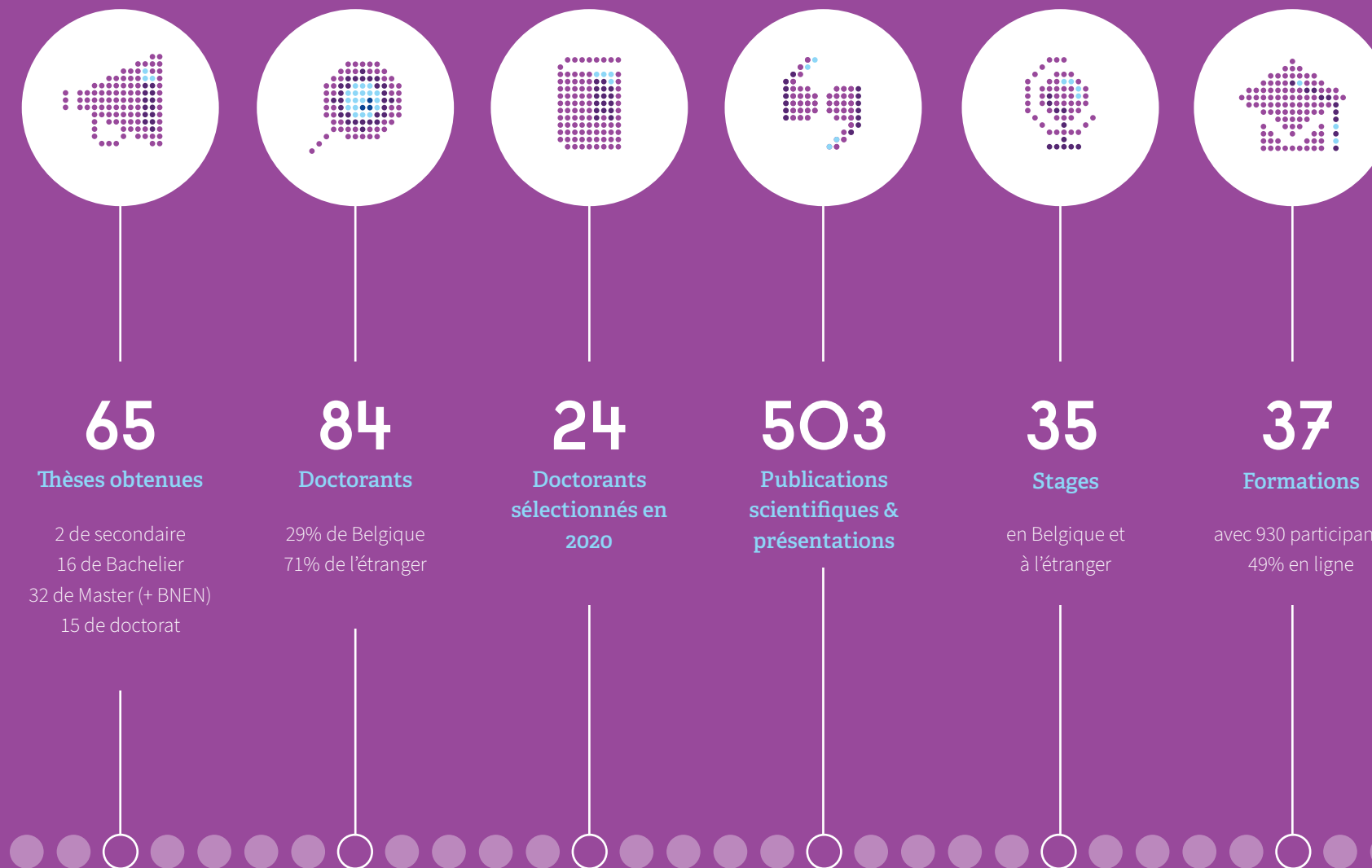
Les cours en ligne prennent leur envol

La moitié des formations de la SCK CEN Academy se sont déroulées en ligne

Partout dans le monde, le coronavirus a cloué les avions au sol, forcé les travailleurs à rester chez eux et bouleversé les calendriers des événements et des formations. Les formations classiques n'étaient plus envisageables. Le virus n'est cependant pas parvenu à éteindre notre soif d'apprendre. En 2020, les cours en ligne ont connu un succès sans précédent. Rapidement, les initiatives liées à l'apprentissage à distance sont apparues tels des champignons sortant du sol. La SCK CEN Academy en a également profité pour passer à la vitesse supérieure (en ligne) pour entretenir ou élargir les connaissances dans le domaine nucléaire. « Nous étions déjà en train de travailler sur une offre d'apprentissage en ligne prête à être déployée. La crise du coronavirus a accéléré le processus », raconte Michèle Coeck, directrice de la SCK CEN Academy. La SCK CEN Academy a très vite mis en ligne une vingtaine de séances de formation qui étaient prévues en présentiel et qui ont immédiatement rencontré un franc succès. Il y avait du pain sur la planche. « Les cours en ligne ne nécessitent pas seulement d'utiliser d'autres outils, il faut également adopter une autre pédagogie. Lors de formations en ligne, la concentration des collaborateurs baisse plus rapidement et créer des interactions représente un véritable défi. Les professeurs doivent tout anticiper. Concrètement, **cela signifie abandonner les routines acquises pour apprendre de nouvelles méthodes.** L'année qui s'est écoulée a été un excellent apprentissage pratique. Cependant, le sujet a entre-temps pris une place importante à l'ordre du jour du milieu éducatif. Avec nos confrères et parties prenantes, nous y accordons une attention particulière, notamment pendant la conférence ETRAP (*International Conference on Education and Training in Radiation Protection*) en mars 2021 », précise Michèle Coeck.

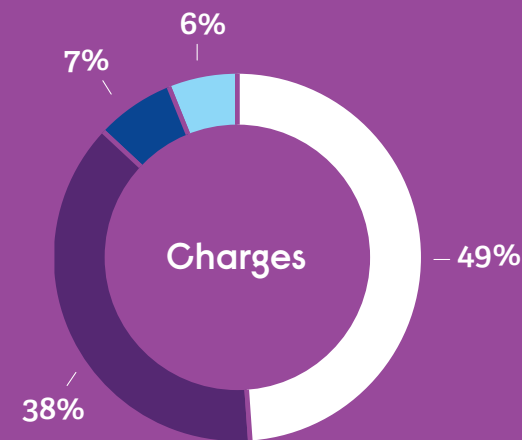
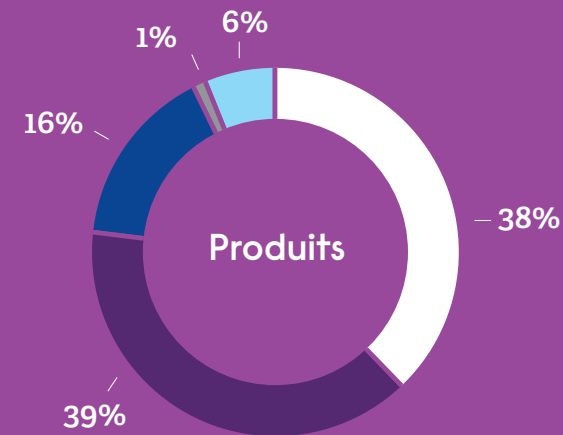
Un accompagnement consciencieux en ligne

La SCK CEN Academy a remué ciel et terre pour que les élèves puissent suivre les formations essentielles. « Nous ne voulions laisser tomber nos élèves sous aucun prétexte. Cela vaut également pour les étudiants en bachelier, master et doctorat qui ont écrit leur mémoire ou leur thèse ou qui ont fait un stage ici. Ils ont pu compter sur le même accompagnement précis, mais en ligne », conclut Michèle Coeck.



Chiffres clés

Exécution du budget

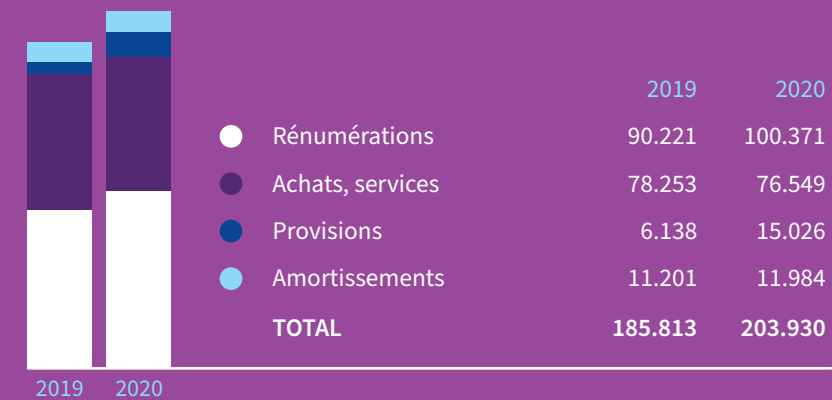


Évolution du budget

Produits (en kEUR)



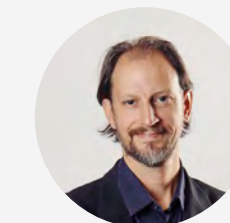
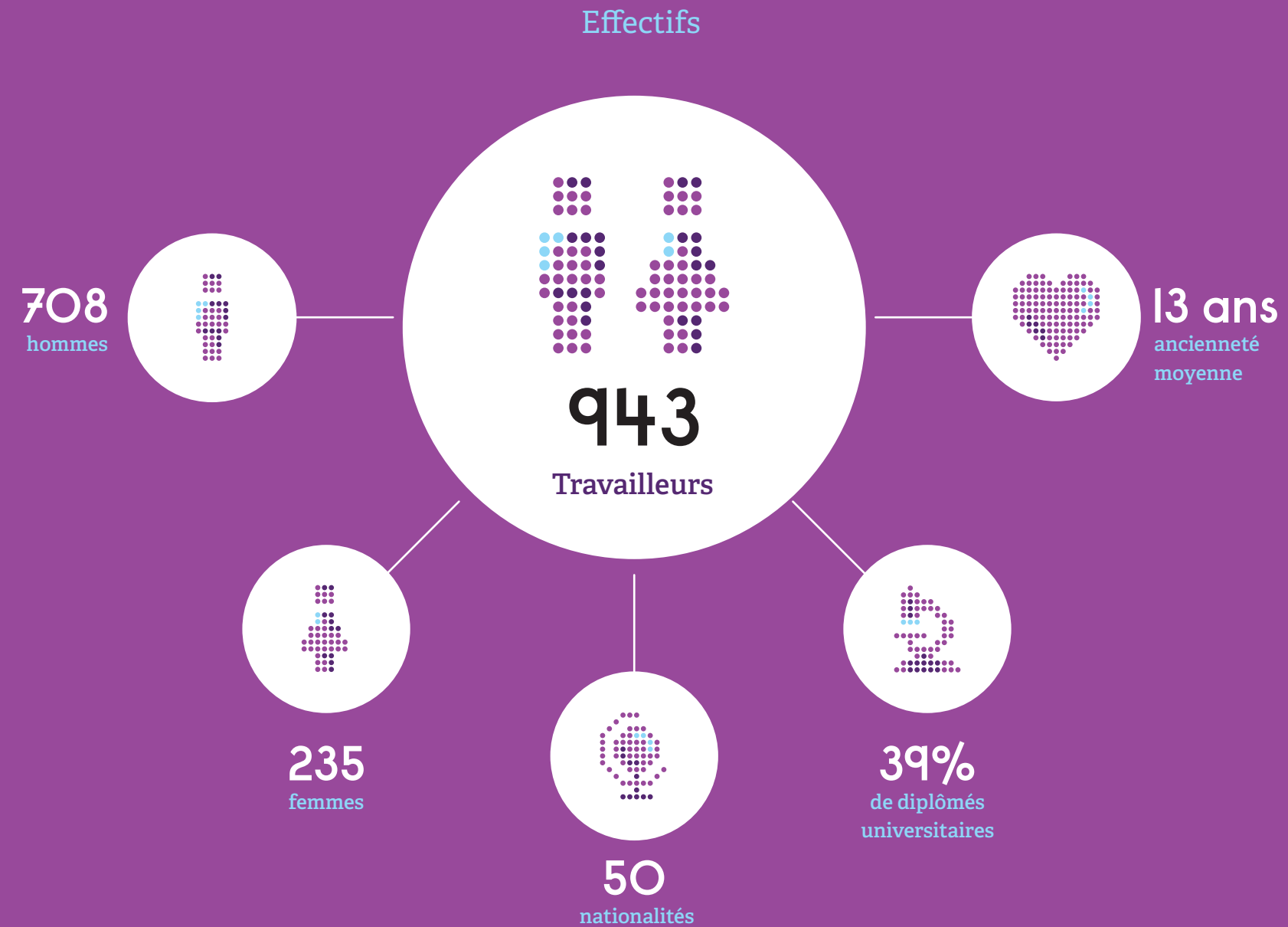
Charges (en kEUR)



Actif dans 65 pays

(en blanc sur la carte)





Maîtriser la situation financière pour assurer l'avenir

La première étape pour équilibrer les finances est une analyse de tous les revenus et dépenses. L'an passé, nous avons réitéré cette première étape à plusieurs reprises : nous avons parcouru nos budgets au propre comme au figuré au peigne fin. Ils ne contiennent aucun luxe, mais ils permettent d'effectuer les tâches essentielles de manière qualitative. Si nous continuons à suivre les contraintes et objectifs financiers que nous nous sommes imposés, nous pouvons faire pencher la balance du côté positif, et ainsi nous assurer un avenir plus certain.

Peter Baeten
Directeur général adjoint

SCK CEN

Le SCK CEN est une fondation d'utilité publique ayant un statut de droit privé, sous la tutelle du ministre belge de l'Énergie.

Laboratoires

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Siège social

Avenue Herrmann-Debroux 40
BE-1160 BRUXELLES

Editeur responsable

Eric van Walle
Directeur général

Rédaction

Wendy De Grootte (SCK CEN)

Graphisme

Left Lane

Photographie

Roel Dillen (SCK CEN)
Klaas De Buysser

Traduction

Arnaud Merlo (SCK CEN)
Oneliner

Impression

IPM Printing

Copyright © 2021 – SCK CEN

Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d'auteur (2021).
Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie, sans
l'autorisation écrite préalable du SCK CEN.



sck cen

65 ans d'expérience
en science et
technologie nucléaire

Le SCK CEN constitue l'un des plus grands centres de recherche de Belgique. Plus de 850 collaborateurs se consacrent quotidiennement au développement d'applications pacifiques de la radioactivité. **Trois thèmes de recherche** caractérisent les activités du SCK CEN.

Reconnu mondialement pour son expertise, le SCK CEN partage son savoir au travers de nombreuses publications et formations afin d'entretenir ce vivier de compétences exceptionnel.

Plus d'informations : www.sckcen.be

La sûreté des
installations nucléaires



Le développement de la
médecine nucléaire



La protection de la
population et de
l'environnement contre
le rayonnement ionisant

