

En 2021, le SCK CEN s'est plus que jamais associé à des partenaires du monde entier pour encourager les avancées dans la société. Comparez cela à deux

# copilotes

Deux partenaires qui unissent leur expertise et se font une confiance aveugle pour faire aboutir les projets.



## Ancrer la croissance par le partenariat

### Cher lecteur,

Je suis fier de nos collaborateurs. Année (corona) après année (corona), ils continuent à donner le meilleur d'eux-mêmes afin de remplir notre obligation envers la société. Ils sont la force motrice de notre centre de recherche, le pilote de notre croissance.

L'expérience nous a appris que nous ne pouvons réellement ancrer cette croissance qu'en établissant des partenariats. Si vous voulez accomplir des miracles sociétaux novateurs, il vous faut un copilote – un partenaire qui partage la même vision, mais qui maîtrise une discipline différente. En bref : deux partenaires, deux spécialisations, un seul objectif et la volonté explicite de partager.

Et notre volonté de partager est grande. En 2021, nous avons conclu de nombreux partenariats. Ils donnent une forte impulsion ou un cadre structuré à la manière dont nous faisons progresser la médecine nucléaire, dont nous abordons la recherche sur les déchets et le stockage et dont nous souhaitons réaliser nos plus grands projets.

Ce rapport annuel regroupe tous ces précieux partenariats et vous présente nos chers co-pilotes. Vous ne rencontrerez pas seulement des partenaires avec lesquels nous avons déjà gagné de nombreux miles, comme l'entreprise belge IRE ou le gestionnaire belge des déchets ONDRAF. Nous avons également accueilli de nouveaux copilotes dans notre cockpit. Je pense, par exemple, au spécialiste belge de l'aéronautique SABCA et à la start-up canadienne POINT Biopharma.

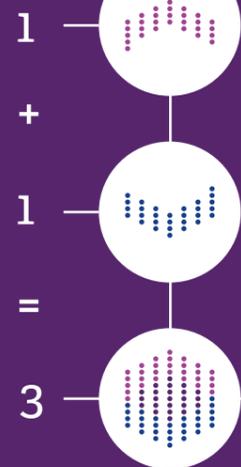
**Je vous invite à parcourir le rapport annuel et à découvrir les partenariats que nous avons scellés avec enthousiasme par une poignée de main ferme. Enfin, plutôt avec un poing hésitant ou un coude maladroit.**

Bonne lecture !

**Eric van Walle**

*Directeur général du SCK CEN*

Le SCK CEN possède de grandes connaissances. Pour faire fructifier ces connaissances, nous nous adressons à la fois aux **instituts de recherche** et à **l'industrie**.



# la valorisation en réseau

## En route vers l'avenir

- 06 MYRRHA entre dans une nouvelle ère
- 07 NURA s'agrandit
- 07 L'installation RECUMO obtient sa licence

## 1 Partenariats belges

- 10 Déchets radioactifs : de l'origine à la destination finale
- 16 L'union des forces permet d'améliorer l'efficacité du traitement des patients atteints de cancer
- 20 Les drones mesurent les radiations avec précision
- 24 Le quartier résidentiel fait peau neuve
- 28 Le SCK CEN met en service un bâtiment d'étalonnage ultramoderne

## 2 Partenariats européens

- 34 La conception de MYRRHA entre dans sa phase finale
- 38 MYRRHA : un moteur qui ronronne !
- 42 ITER navigue en ligne droite vers le démarrage

## 3 Partenariats internationaux

- 48 L'ASBL MYRRHA voit le jour
- 52 Le BR2 utilise de l'uranium faiblement enrichi comme combustible
- 57 La lutte contre le cancer prend de l'ampleur

## 60 Chiffres clés

# En route vers l'avenir

Le SCK CEN a été fondé dans les années 1950 pour étudier les applications de l'énergie nucléaire, mais nous avons depuis étendu nos connaissances à un large éventail de domaines de recherche et de projets. Chacun d'entre eux est fortement axé sur l'avenir et l'international. MYRRHA, NURA et RECUMO sont les plus grands projets du SCK CEN, avec lesquels il vise à faire une différence significative dans un avenir proche et lointain. Il est temps, comme chaque année, de faire le point sur l'état d'avancement de ces projets.



## MYRRHA entre dans une nouvelle ère

Le 17 septembre 2021, MYRRHA est entré dans une nouvelle ère. À cette date précise, l'acte constitutif de l'ASBL MYRRHA (association internationale sans but lucratif) a été signé. Qu'est-ce que cela signifie concrètement ? Des pays, des organisations de recherche et des institutions internationales peuvent désormais se joindre officiellement au projet. « Ceux qui nous rejoignent maintenant ouvriront la voie », déclare Hamid Aït Abderrahim, directeur général adjoint du SCK CEN et directeur du projet MYRRHA [lire la suite à la page 48]. Et ces préparations se poursuivent à un rythme effréné. En 2021, les ingénieurs du SCK CEN ont installé l'électronique qui permet de garantir la fiabilité de l'accélérateur de particules MYRRHA, et le SCK CEN a conclu un accord avec quatre acteurs majeurs du nucléaire en Europe. Ils aideront à compléter la conception de MYRRHA. [Lire la suite aux pages 34 et 38].



## NURA s'agrandit

Découvrir, tester et produire de nouveaux radio-isotopes ? Cela n'est possible qu'avec l'expertise et l'infrastructure appropriées ! Le SCK CEN est fier de sa spécialisation interne et de ses installations d'irradiation uniques. Le centre de recherche nucléaire pourra bientôt en être encore plus fier. Il prévoit d'étendre son parc d'installations. Il projette, avec l'Institut national des radioéléments (IRE), de construire une ligne de production à grande échelle de lutécium 177 et, en collaboration avec la société belge IBA, de faire passer la recherche et le développement sur l'actinium 225 à sa vitesse de croisière [lire en pages 16 et 53]. En contribuant à augmenter l'offre, les deux partenaires permettent à de nombreux patients atteints de cancer d'accéder à un traitement efficace et donc à des soins vitaux.



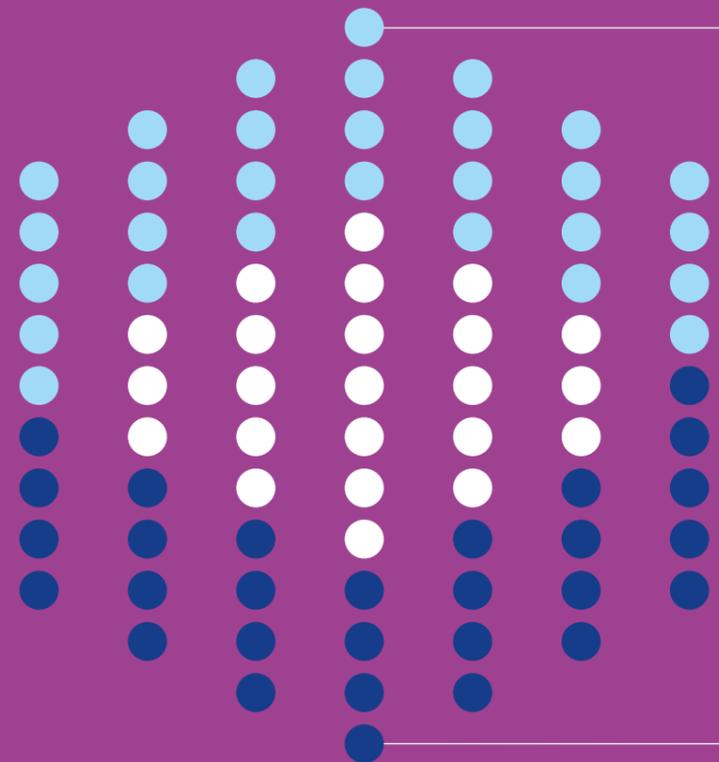
## L'installation RECUMO obtient sa licence

Le SCK CEN est autorisé à agrandir une installation nucléaire existante sur son site. Dans l'installation RECUMO, le centre de recherche nucléaire purifie les résidus radioactifs issus de la production de radio-isotopes médicaux. Deux instances ont officiellement donné le feu vert au projet. La Région flamande a accordé le permis d'environnement en 2021, l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) l'autorisation de création et d'exploitation en 2022. « Je suis heureux que toutes les instances compétentes nous aient ainsi accordé les autorisations nécessaires », a déclaré Eric van Walle, directeur général du SCK CEN. Ces permis sont une condition indispensable à la réalisation du projet RECUMO. « Grâce au projet RECUMO, la Belgique ancre ses vastes connaissances nucléaires et renforce sa position de leader dans la production de radio-isotopes médicaux. » Maintenant que toutes les instances compétentes ont donné leur autorisation, le SCK CEN peut commencer la construction proprement dite. Selon le planning, le centre de recherche devrait commencer les travaux sur son site technique à l'automne 2022. La livraison de l'installation est prévue en 2025.



# partenariats belges

Petite par la superficie, grande par l'expertise. Malgré sa superficie plutôt réduite de 30.688 kilomètres carrés, la Belgique dispose d'une expertise considérable dans le secteur nucléaire comme en dehors de celui-ci.



## Déchets radioactifs : de l'origine à la destination finale

Des partenaires de recherche expérimentés, le SCK CEN et l'ONDRAF, combinent recherche fondamentale et recherche appliquée

Comment assurer un stockage sûr des déchets radioactif ? Et cela, à long terme ? Depuis des décennies déjà, le centre de recherche nucléaire SCK CEN étudie cette question pour le compte du gestionnaire belge des déchets radioactifs l'ONDRAF. Pour parvenir à des solutions encore meilleures, les deux agences ont rassemblé leurs programmes de recherche dans le cadre d'un partenariat public-public. Cette structure juridique permet de mettre en commun des connaissances et des compétences spécifiques.

« Les déchets radioactifs recouvrent un large concept. Les déchets proviennent de la production d'électricité, mais aussi de la médecine nucléaire, de l'agriculture et de l'industrie. Le concept englobe donc plusieurs types de déchets, subdivisés en fonction du niveau d'activité ou de la durée de vie. Chaque type de déchet nécessite une voie de gestion différente jusques et y compris le stockage », explique Christophe Bruggeman, expert au SCK CEN. Les déchets hautement radioactifs et/ou de longue durée de vie sont un type de déchet. Pour ce type de déchet, le stockage géologique comme solution de gestion est envisagé depuis un certain temps déjà. Dans les années 1970 - au tout début de l'ère de l'énergie nucléaire en Belgique - le centre de recherche nucléaire a commencé à explorer cette piste. « Au début, nous avons effectué des tests en laboratoire, mais nous avons rapidement senti le besoin de disposer d'un laboratoire souterrain pour tester le stockage géologique en conditions réelles. L'objectif était de démontrer sa sûreté et sa faisabilité à une échelle représentative », explique-t-il. En 1980, le SCK CEN a commencé à creuser ce laboratoire souterrain, appelé HADES. Le laboratoire souterrain HADES est désormais géré par le GIE EURIDICE, un groupement d'intérêt économique entre le SCK CEN et l'ONDRAF, le gestionnaire belge des déchets radioactifs.

Toutes les connaissances que nous accumulons grâce à cette coopération renouvelée conduisent à des solutions toujours meilleures pour les déchets radioactifs.

Christophe Bruggeman

Ce lien a permis aux deux partenaires d'expérimenter la valeur ajoutée de leur collaboration. En réunissant des compétences complémentaires sous une même bannière, ils ont pu établir un lien entre la profondeur scientifique et les solutions de gestion proposées. Cette expérience leur a donné envie d'intensifier cette collaboration. Ils ont récemment signé un nouveau partenariat public-public. Par cette signature, ils ont fait la promesse écrite d'étendre le partenariat existant à tous les aspects de la recherche sur la gestion des déchets radioactifs à court, moyen et long terme. « En fait, deux acteurs expérimentés et hautement spécialisés unissent leurs forces et élargissent le champ d'action à l'ensemble de la chaîne de gestion. Cela garantit un bon échange de connaissances et de compétences, ce qui nous permet d'accélérer ou de réaliser les solutions de gestion nécessaires », se réjouit Christophe Bruggeman.

Grâce à nos connaissances, nous pouvons facilement accompagner les acteurs belges pour améliorer leurs technologies et leurs procédures et les préparer pour le marché.

Nele Weyens

De gauche à droite : Nele Weyens (SCK CEN) et Christophe Bruggeman (SCK CEN)

### Large éventail de connaissances

Le partenariat public-public couvre un large éventail de domaines de connaissances. « Par exemple, nous étudions le comportement des barrières naturelles et ouvragées. Comment ces barrières contribuent-elles à retenir la radioactivité ? Comment les déchets affectent-ils les propriétés de ces barrières ? Par exemple, quel est l'effet des déchets émettant de la chaleur ? Comment la couche d'argile empêche-t-elle la propagation des radionucléides lorsque les barrières ouvragées se dégradent ? En outre, nous accordons une attention particulière à la mise à jour de notre laboratoire souterrain HADES, ainsi qu'à l'acquisition, au traitement et à la validation à long terme des données de mesure. La recherche est déjà bien avancée, mais elle prend une nouvelle dimension grâce à l'imbrication de tous ces aspects », explique en détail Christophe Bruggeman.

Selon l'expert, cette coopération renouvelée garantit que les dernières connaissances scientifiques et innovations technologiques continueront d'être prises en compte dans le développement et la mise en œuvre des différentes solutions de gestion. Cela conduit à des solutions toujours meilleures pour les déchets radioactifs. Et ces meilleures solutions sont toujours opportunes. Car, en effet, un des plus grands chantiers de démantèlement se trouve à notre porte. Avec la loi de 2003 sur la sortie du nucléaire, le gouvernement fédéral a décidé de fermer progressivement les centrales nucléaires belges. Après la fermeture, les centrales nucléaires doivent être démantelées. « L'expérience nous a appris que nous pouvons réutiliser 98 % des matériaux, mais les 2 % restants sont des déchets radioactifs. Ces déchets méritent une gestion spécifique et adaptée », déclare Christophe Bruggeman.

### Le SCK CEN comme boussole de la connaissance dans le processus de démantèlement

La coopération porte spécifiquement sur les déchets radioactifs, et le SCK CEN joue également un rôle clé dans le démantèlement imminent. Ce démantèlement offre des opportunités économiques pour l'industrie belge. C'est pourquoi le gouvernement fédéral a inclus le démantèlement dans son ambitieux plan de relance. Ce Plan national pour la Reprise et la Résilience (RRF) vise à relancer l'économie belge après qu'elle a ébranlée par la crise du COVID-19. Au total, elle met à disposition 5,9 milliards d'euros. 25 millions d'euros seront consacrés à la recherche et au développement dans le domaine du démantèlement durable. La quantité de déchets radioactifs est réduite au minimum de manière rentable.

L'objectif est que le SCK CEN agisse comme une boussole de la connaissance pour l'industrie belge. « Nous avons acquis une grande expérience du démantèlement. Nous connaissons les exigences actuelles de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire en matière de libération des matières, ainsi que les défis liés à la gestion des déchets radioactifs. Grâce à ces connaissances, nous pouvons facilement accompagner les acteurs belges. Nous les aidons à améliorer leurs technologies et procédures existantes et à les préparer pour le marché », explique Nele Weyens, responsable du projet RRF au SCK CEN. Ces technologies couvrent plusieurs domaines : des techniques de décontamination permettant de réduire considérablement la quantité de déchets, aux techniques de caractérisation permettant de déterminer avec précision si les matériaux peuvent avoir une seconde vie. Elle comprend également des tests de sûreté approfondis pour garantir la stabilité et donc la récupérabilité des déchets, ainsi que des méthodes modernes de gestion des flux de déchets. « Pensez par exemple à l'intelligence artificielle ou à la visualisation 3D. Le SCK CEN investira dans de nouvelles installations pour valider les techniques et les innovations. »

### HADES : une expérience de plusieurs dizaines d'années à mi-parcours

Les expériences de stockage prennent du temps. « Nous devons être en mesure de garantir la sûreté du stockage géologique à très long terme. Nous étudions des processus très lents : c'est pourquoi les expériences peuvent prendre même plusieurs décennies », explique Christophe Bruggeman. L'expérience « PRACLAY Heater » en est un exemple. Cet essai à grande échelle doit permettre d'étudier l'impact de la chaleur sur une couche d'argile profonde. Dans une installation de stockage réelle, les déchets hautement radioactifs dégageront de la chaleur pendant des centaines, voire des milliers d'années. Avec des éléments chauffants, les chercheurs imitent cette émission de chaleur. Plus précisément, ils maintiennent l'endroit où le mur de la galerie rencontre l'argile à une température de 80°C pendant dix ans. « Dix ans suffisent pour faire une évaluation fiable de l'effet sur l'argile », déclare Christophe Bruggeman. L'expérience a débuté en 2014 et elle en est aujourd'hui à plus de la moitié de son déroulement. « Nous avons équipé la galerie et l'argile environnante de dispositifs de mesure pour suivre de près l'expérience. À ce jour, nous enregistrons les mêmes résultats que nos expériences à petite échelle et à court terme. En d'autres termes, le projet confirme une nouvelle fois nos conclusions antérieures. »

## Exportation des connaissances

Il est prévu que les acteurs belges puissent, par la suite, exporter leurs technologies de démantèlement. « Dans les dix à quinze prochaines années, de nombreux pays voudront commencer à démanteler leurs centrales. Seulement, à l'heure actuelle, il n'y a pas suffisamment de capacité pour démanteler toutes ces centrales nucléaires en même temps. Il y a donc de la place pour de nouveaux acteurs sur le marché. Cela crée des perspectives pour l'industrie belge qui souhaite se spécialiser dans le secteur nucléaire », conclut Nele Weyens.

## Une grande expérience du démantèlement

Le SCK CEN dispose d'une solide expertise grâce au démantèlement de nombreuses centrales nucléaires, dont le réacteur à eau pressurisée BR3, le réacteur de recherche Thetis et l'ancienne usine de combustible MOX Belgonucléaire. Le démantèlement des cellules chaudes - un espace blindé et ventilé où les spécialistes peuvent manipuler des matériaux radioactifs à distance - a également fourni une grande expertise. En 2021, le centre de recherche a ajouté les cyclotrons à cette liste. Pour le compte de la société australienne Telix Pharmaceuticals Limited, le SCK CEN a démantelé deux cyclotrons dans l'installation de production radiopharmaceutique de Seneffe, en Belgique. Les deux cyclotrons ont été retirés en une seule pièce et transportés sur le site du SCK CEN à Mol pour un démantèlement plus poussé. Cette approche est unique, même au regard des normes internationales. Cela donne au client la possibilité de réutiliser l'espace immédiatement. Cela a ainsi permis de commencer la construction d'une nouvelle installation de production de pointe pour les radio-isotopes médicaux et les produits pharmaceutiques peu après le démantèlement.



## Une recherche responsable

Dès le tout début, le SCK CEN a assumé son rôle sociétal en tant que centre d'expertise nucléaire. Lors du lancement des premières centrales nucléaires, nous avons cherché une solution pour la gestion sûre des déchets radioactifs à longue durée de vie. C'est ainsi qu'est né notre laboratoire souterrain HADES. Aujourd'hui, nous utilisons nos connaissances et notre expertise comme boussole pour la gestion sûre et efficace des déchets radioactifs, le démantèlement, l'énergie nucléaire durable, la recherche innovante sur les effets des rayonnements et pour lutter contre le cancer, dans le respect des personnes et de l'environnement. Une recherche responsable pour un monde durable.

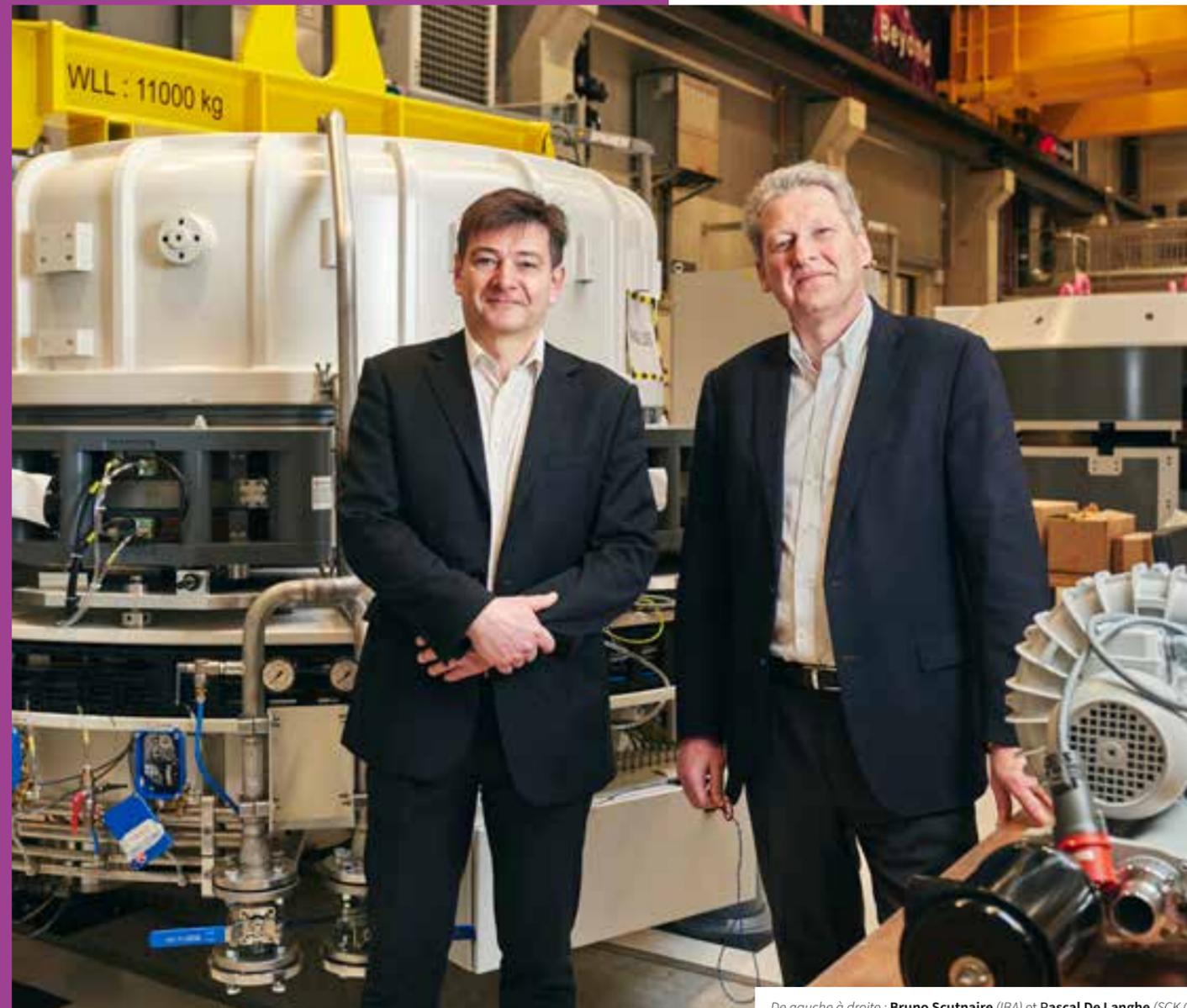
**Hildegard Vandenhove**

*Environnement, Santé et Sécurité*

# L'union des forces permet d'améliorer l'efficacité du traitement des patients atteints de cancer

Le SCK CEN et IBA ouvrent la voie à la production d'actinium 225 destiné aux patients

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN et la société belge IBA veulent faire passer la recherche et le développement sur l'actinium 225 à sa vitesse de croisière. Ce radio-isotope offre, en effet, un potentiel énorme en terme d'efficacité accrue des traitements du cancer. En travaillant à la production à grande échelle, les deux partenaires contribuent à rendre cette thérapie anticancéreuse innovante largement accessible.



De gauche à droite : Bruno Scutnaire (IBA) et Pascal De Langhe (SCK CEN)

Aujourd'hui, de nombreuses études sont en cours sur le potentiel de l'actinium 225 dans la lutte contre le cancer. Les premiers résultats montrent que le radio-isotope théranostique élimine complètement les cellules cancéreuses au lieu de simplement inhiber la croissance de la tumeur. Le risque de rechute semble également diminuer. La liste des cancers pour lesquels l'actinium 225 peut faire la différence est longue. En tête de cette liste, on retrouve le cancer de la prostate. Il est suivi de près par les cancers du poumon, de l'intestin, du sein, du pancréas, du sang et du rein, ainsi que par le glioblastome, la forme la plus mortelle des tumeurs cérébrales. Des millions de patients bénéficieront donc des thérapies contre le cancer avec l'actinium 225 qui sera bientôt sur le marché.

Ces thérapies devraient entrer effectivement sur le marché d'ici quelques années. La condition préalable à cette mise sur le marché est que les acteurs pharmaceutiques puissent compter sur une production fiable, y compris pour les essais cliniques qui précéderont leur mise sur le marché. Et, c'est là que le bât blesse. Du moins pour l'instant, rajoute Pascal De Langhe, Directeur Business Development & Support du SCK CEN. En effet, l'année dernière, le centre de recherche nucléaire et la société belge cotée en bourse IBA ont conclu un partenariat qui devrait aboutir à une production fiable et à grande échelle d'actinium 225. « Les patients qui ont accès à ce radio-isotope prometteur avec la production actuelle se comptent pour ainsi dire sur les doigts d'une main. C'est ainsi que l'actinium 225 a obtenu son surnom : *the rarest drug on earth*. En travaillant ensemble, nous voulons répondre aux besoins aigus du marché. L'objectif est de permettre à de nombreux patients de bénéficier des avantages de cette dernière génération de médecine nucléaire », précise-t-il.

## Deux poids lourds

Le SCK CEN et IBA obtiennent l'actinium 225 par des réactions photonucléaires, par lesquelles un photon éjecte un neutron du noyau atomique du radium 226. Cela crée du radium 225 radioactif qui se désintègre en actinium 225. Un processus techniquement difficile, mais pas pour ces deux poids lourds à l'expertise inégalée. Le SCK CEN est un centre de recherche nucléaire de premier plan au niveau mondial, IBA la référence en matière de technologie des accélérateurs de particules. « Nos connaissances et notre expertise complémentaires s'emboîtent comme les deux pièces d'un puzzle », explique M. De Langhe. « Nous avons d'excellentes compétences de base dans la conception de la cible - la cible de radium qui sera irradiée - et la radiochimie nécessaire pour obtenir un produit final pur. IBA connaît la technologie de l'accélérateur de particules, la source de rayonnement, comme personne d'autre. De plus, l'entreprise possède l'expérience en ingénierie nécessaire pour concrétiser la conception de l'usine. »



## Approche par étapes

Le partenariat stratégique se déroule par phases. Les deux partenaires ont d'abord évalué de manière approfondie la faisabilité technique et économique du projet. « Combien de patients atteints de cancer ont besoin de cette nouvelle thérapie ? Dans quelle mesure la demande d'actinium 225 va-t-elle augmenter ? De quel équipement avons-nous besoin pour produire de l'actinium 225 ? Les cibles que nous développons permettent-elles d'obtenir le rendement de production souhaité ? Quelles optimisations techniques devons-nous encore réaliser ? ... Dans cette étude de faisabilité, nous prenons en compte toutes sortes de facteurs et faisons des estimations que nous avons fait valider par des experts externes », explique M. De Langhe. Les deux partenaires sont optimistes quant à l'issue positive de l'étude de faisabilité. Forts de ce résultat positif, ils prévoient la construction et la mise en service d'une unité de production sur le site du SCK CEN à Mol, en Belgique.



Ce qui était autrefois considéré comme un déchet redevient une matière première précieuse. La circularité sous son meilleur jour!

Pascal De Langhe

## Économie circulaire

La matière première est importante pour la réussite de ce projet. Le SCK CEN est l'une des rares organisations à disposer de grandes quantités de radium 226 de qualité. « Ce stock nous permet de produire de l'actinium 225 à l'échelle industrielle », explique M. De Langhe. En fait, le radium 226 est un déchet radioactif. « Maintenant, nous pouvons transformer ces déchets en thérapies anticancéreuses plus ciblées avec une réponse thérapeutique plus élevée. » De cette manière, ce projet contribue également à l'économie circulaire.

## Alignement sur l'accord de gouvernement belge et le Plan de relance européen

La coopération s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de l'accord de gouvernement belge, qui vise à augmenter considérablement le nombre et la qualité des traitements contre le cancer. Elle est soutenue par Pierre-Yves Dermagne, vice-premier ministre belge et ministre de l'Économie et du Travail, Tinne Van der Straeten, ministre belge de l'Énergie, et Thomas Dermine, secrétaire d'État belge à la Relance et aux Investissements stratégiques. Cette initiative s'inscrit, en outre, dans le cadre du récent Plan de relance européen pour la Belgique. Dans ce plan, la Commission européenne prévoit des investissements pour le développement et la production de lutécium 177 et d'actinium 225, deux isotopes prometteurs.

## Combattre le cancer avec précision

L'émetteur alpha actinium-225 est une technologie émergente parmi les radioisotopes théranostiques. Grâce aux radiations qu'il émet pendant sa désintégration, il peut détruire les cellules cancéreuses. Les cellules cancéreuses sont détruites par un bombardement de précision, épargnant les tissus sains.

# Les drones mesurent les radiations avec précision

Les expertises du SCK CEN et de la SABCA s'associent dans un projet de drone innovant

Souplesse d'utilisation, précision des mesures. Après des années de tests, le centre de recherche nucléaire SCK CEN a prouvé que les drones peuvent cartographier la radioactivité avec une extrême précision. « Le moment est venu de faire le saut de la recherche au déploiement industriel », déclare Geert Olyslaegers, pilote de drone au SCK CEN. En collaborant avec le spécialiste belge de l'aviation, la SABCA, le SCK CEN espère pouvoir y arriver rapidement.

Les drones réalisent des mesures radiologiques et ce, sans la moindre intervention humaine. Cela signifie qu'ils marquent un tournant dans le domaine de la radioprotection.

Johan Camps

Surveiller les cultures, inspecter les éoliennes en mer, transporter des médicaments. Les drones conquièrent notre économie. Bientôt, le secteur nucléaire pourra également compter sur le soutien des avions sans pilote. Les drones réaliseront des mesures radiologiques et ce, sans la moindre intervention humaine. « Cela représente une avancée importante dans le domaine de la radioprotection », déclare Johan Camps. Le scientifique du SCK CEN y voit un potentiel dans trois domaines. « Les drones peuvent s'envoler pour une planification d'urgence ainsi que le démantèlement et la surveillance radiologique des sites nucléaires et industriels et de leurs environs. L'avantage des drones est qu'ils peuvent cartographier tous les angles et les côtés que nous ne pouvons pas atteindre à pied ou avec un hélicoptère. Ces informations sont transmises en temps réel, alors que le drone est encore dans les airs. En bref donc : des informations en temps réel sur des localisations plus précises. »

En 2015, le SCK CEN a constitué une équipe de recherche enthousiaste chargée d'explorer les possibilités qu'offrent les drones dans le contexte nucléaire. Entre-temps, le centre de recherche nucléaire dispose de deux pilotes de drones agréés et a organisé de nombreux vols d'essai en collaboration avec le SPF Intérieur. Ces vols d'essai lui ont permis d'améliorer ses équipements de mesure et de garantir la qualité des résultats de mesure. « Le moment est venu de faire le saut de la recherche au déploiement industriel », déclare Geert Olyslaegers, pilote de drone au SCK CEN. En concluant un partenariat avec le spécialiste belge de l'aviation, la SABCA, le SCK CEN espère pouvoir y arriver rapidement. Olyslaegers explique : « La SABCA fournit des services aux industries de l'aviation civile, spatiale et militaire. L'entreprise a l'expérience des vols de drones en environnement hostile et connaît la législation et la réglementation y afférentes. Nous combinons cette expertise avec des connaissances pour des applications pacifiques. Cela génère une synergie qui favorise la qualité, qui atteint un niveau supérieur. »

## Projet de démonstration

Grâce à cette synergie, le déploiement industriel est à portée de main. Les deux partenaires soulignent toutefois qu'il s'agit d'un projet de démonstration industrielle. « Nous sommes convaincus que les drones permettent au secteur nucléaire de réaliser des mesures plus étendues et plus précises, déclare Johan. Les drones deviendront-ils également la norme ? L'avenir nous le dira. C'est d'abord à nous de perfectionner cette technologie », déclare M. Camps.

« **Les projets innovants destinés à améliorer la protection de la population, de l'environnement et des travailleurs bénéficient de mon soutien plein et entier.** »

**Annelies Verlinden**

Ce projet de démonstration en pleine effervescence a débuté le 18 mai 2021. Le lancement a été annoncé en présence d'Annelies Verlinden, la ministre de l'Intérieur. Et elle s'est montrée très enthousiaste.



## Détecteur sur mesure

Par « technologie », il entend le détecteur à scintillation qui sera embarqué sur le drone. « Celui-ci mesure la radioactivité en comptant les éclairs de lumière que produit le rayonnement ionisant quand il pénètre dans le scintillateur. Il indique ainsi la mesure de la dose de rayonnement. Plus il y a d'éclairs de lumière, plus le rayonnement est intense », explique-t-il. Les détecteurs qui sont embarqués sur le drone et mesurent le rayonnement ont été conçus pour ne pas dépasser la charge utile maximale, tout en garantissant une mesure avec un degré de précision le plus élevé possible.

Les deux partenaires ont maintenant effectué deux vols d'essai, qui ont confirmé la haute sensibilité de mesure souhaitée. « Nous avons catapulté un drone à voilure fixe dans les airs et nous l'avons fait voler au-dessus des champs. D'abord en mouvements circulaires, puis sur la base d'un quadrillage. Nous l'avons laissé voler à basse et à haute altitude pour tester si nous pouvions remarquer une différence dans les résultats de mesure. Ce fut le cas. L'équipement de mesure a donc passé le test haut la main », déclare Olyslaegers satisfait. Pendant le vol d'essai, aucune source radioactive n'a été cachée sur le terrain d'entraînement. « La radioactivité naturelle qui se trouve dans le sol a servi de source. Cela démontre une fois de plus la sensibilité du détecteur. »

## Deux types de drones

Le drone à voilure fixe n'est qu'un des deux types de drones que le spécialiste de l'aviation propose. Le projet étudie également l'utilisation d'un multicoptère. « Un drone à voilure fixe capable de rester dans les airs pendant des heures de manière autonome et un multicoptère pouvant transporter des détecteurs d'un certain poids, sans perdre en flexibilité », explique Johan Camps. « Le premier drone peut surveiller une plus grande zone. Le second drone peut rester sur place pour obtenir une vue très localisée. Le choix du drone dépend de l'application. » Le détecteur pour ce multicoptère est encore en cours de développement.

## Soutien fédéral

Ce projet innovant impliquant des drones s'inscrit dans le cadre du Fonds de transition énergétique du SPF Économie qui encourage et soutient la recherche, le développement et l'innovation dans le domaine de l'énergie. Les projets doivent porter sur l'un des trois axes thématiques : sources d'énergie renouvelable, applications énergétiques nucléaires et sécurité de l'approvisionnement et équilibre du réseau. Au total, un budget de 25 millions d'euros est réparti entre les différents projets. Le SCK CEN et la SABCA ont reçu des subsides à hauteur d'un million d'euros et investissent aussi eux-mêmes dans ce projet.

## L'œil divin du secteur nucléaire

Le projet de démonstration industrielle « Buddawak » a été nommé d'après « Buddawak Burri Bootyau », une chouette fuligineuse australienne. « Les chouettes ont une très bonne vue. Avec ce projet, nous voulons rendre visible l'invisible », conclut Camps. Le choix de cette chouette n'est pas fortuit. Elle vit dans les régions australiennes naturellement riches en uranium.



Un cadre de vie historique offrant le confort moderne. C'est ainsi que l'on peut décrire le quartier résidentiel maintenant.

Jan Veraghtert

## Le quartier résidentiel fait peau neuve

Une entreprise belge rénove dans le respect de la valeur du patrimoine

Grâce à une rénovation complète, le centre de recherche nucléaire SCK CEN et l'Institut flamand pour la recherche technologique (VITO) insufflent une nouvelle vie au quartier résidentiel adjacent. Le quartier avait été créé à l'époque pour loger les collaborateurs, mais il accueillera également des personnes étrangères au centre après la rénovation. Les deux propriétaires ont confié la gestion de la rénovation à l'entreprise de construction belge Cordeel.

Le quartier résidentiel qui borde le site du centre de recherche nucléaire SCK CEN et de l'Institut flamand pour la recherche technologique (VITO) est une perle historique. Ce quartier emblématique et moderniste a été construit à la fin des années 1950 pour loger les travailleurs. Jusqu'à présent, l'infrastructure était entretenue en gestion propre. « Nous nous sommes toujours efforcés de maintenir les habitations en bon état, mais après plus de 60 ans, une rénovation en profondeur s'imposait », explique Jan Veraghtert, chef de projet au SCK CEN. Une rénovation en profondeur doit insuffler une nouvelle vie à ce quartier autrefois si trépidant : une mission stimulante qui ne relève pas de l'activité principale des deux propriétaires. « Le quartier a une grande valeur patrimoniale. Nous ne sommes toutefois pas des spécialistes du patrimoine. Afin de protéger la valeur patrimoniale, nous avons confié la rénovation à un partenaire externe qui s'y connaît en la matière. »

Le choix s'est porté sur l'entreprise de construction belge expérimentée Cordeel. Cordeel s'est vu attribuer l'impressionnant projet de rénovation via une adjudication publique. Dans son dossier, l'entreprise accordait une grande attention à la manière dont elle générerait la valeur patrimoniale. Les éléments datant de cette époque ont été soigneusement évalués par rapport à leur utilité. « Dans les années 1950, il était progressiste de centraliser tous les garages au milieu du quartier. Les piétons, les cyclistes et le trafic motorisé étaient ainsi strictement séparés. Ce concept est dépassé. Maintenant, tout le monde veut pouvoir se garer chez soi », explique Jan Veraghtert. Les garages centraux ont ainsi disparu du paysage pour laisser place à des appartements flambant neufs. Les villas ont également reçu une autre affectation. « Les villas sont transformées en habitations multifamiliales. Le quartier conserve sa conception, son rayonnement et surtout son charme d'origine. »

Au total, l'entreprise de construction prend en charge 323 unités de logement. Il s'agit d'un mélange de chambres d'étudiants – appelés dormitories –, de studios, d'appartements, d'habitations mitoyennes et de villas. Cordeel a prévu un budget de 50 millions d'euros à cette fin. La rénovation se déroule en plusieurs phases. En 2021, l'entreprise de construction expérimentée a déjà livré la majeure partie de la première phase de rénovation et avec succès à en croire le chef de projet Jan Veraghtert. « Un cadre de vie historique offrant le confort moderne. C'est ainsi que l'on peut décrire le quartier résidentiel maintenant. »

## Entretien

Cette revalorisation doit inciter non seulement les collaborateurs du SCK CEN et du VITO, mais aussi d'autres personnes à s'installer dans le quartier. Leur arrivée va créer une nouvelle dynamique. Toute personne qui achète ou loue une unité de logement aura immédiatement l'assurance d'un quartier qualitatif et plein de caractère inclus dans le prix. « Nous avons signé un contrat DBFM avec Cordeel. DBFM signifie "Design, Build, Finance and Maintenance" (conception, construction, financement et maintenance). Concrètement, l'entreprise de construction se chargera également de l'entretien du quartier pendant les 25 prochaines années », explique Kris Iven, facility manager au SCK CEN.

Le quartier va-t-il perdre sa mission initiale ? « Pas du tout », précise Kris Iven. Au total, les deux entreprises emploient plus de 1 500 spécialistes hautement qualifiés, dont beaucoup ont des origines internationales. « Nous souhaitons réserver un accueil chaleureux à nos experts internationaux. Un logement à proximité, doté du confort moderne et situé dans un cadre magnifique, en fait également partie. C'est pourquoi le SCK CEN continue à utiliser les dortoirs et les studios et a offert à Cordeel une garantie de location pour huit habitations mitoyennes. De cette manière, nous disposons d'une capacité suffisante pour faciliter le déménagement en Belgique de nos collaborateurs et doctorants étrangers. » Le quartier sert de tremplin vers le marché immobilier privé. À terme, le SCK CEN souhaite que ses collaborateurs étrangers se dirigent vers le marché immobilier privé afin de favoriser leur intégration dans la société belge.



# 50

nationalités  
différentes  
au SCK CEN en 2021

## Vert au figuré

Le quartier résidentiel se caractérise par un environnement résolument vert. Même si l'on a également pensé au vert au sens figuré. « Avec un nouveau chauffage urbain et un éclairage LED intelligent, nous préparons le quartier résidentiel à un avenir 100 % vert », dit Jan Veraghtert pour conclure.

## Architecture primée

À la fin des années 1950, le modernisme était le principal mouvement architectural en Belgique. Ce mouvement symbolisait la nouvelle conception de la vie de l'après-guerre et l'essor de la science et de la technologie. La sobriété et la simplicité caractérisent le choix des matériaux utilisés et les proportions des espaces et des bâtiments. L'ensemble s'intègre parfaitement dans l'environnement boisé. La conception est signée par les jeunes architectes Jacques Wybauw et Jacques Thiran. Ils ont reçu de nombreux prix pour leur création, innovante et originale pour l'époque. Le quartier était alors apparu à plusieurs reprises dans des magazines d'architecture renommés. En raison de sa valeur patrimoniale, il a été inscrit à l'Inventaire du patrimoine architectural.



## La richesse de la différence

Notre centre de recherche compte 966 collaborateurs. Ce sont autant de vécus, de personnalités et de compétences. C'est cette diversité que nous souhaitons célébrer. Ces différences enrichissent notre réflexion. Elles nous permettent d'aborder les problèmes sous un angle différent, de les inscrire dans une perspective plus large et de proposer ainsi des solutions plus innovantes. Grâce à la richesse de la diversité, nous construisons un avenir brillant pour le SCK CEN et la société.

### Kathleen Overmeer

Directrice des services généraux

## Nous conservons une capacité de logement suffisante pour faciliter le déménagement en Belgique de nos collaborateurs et doctorants étrangers.

Kris Iven

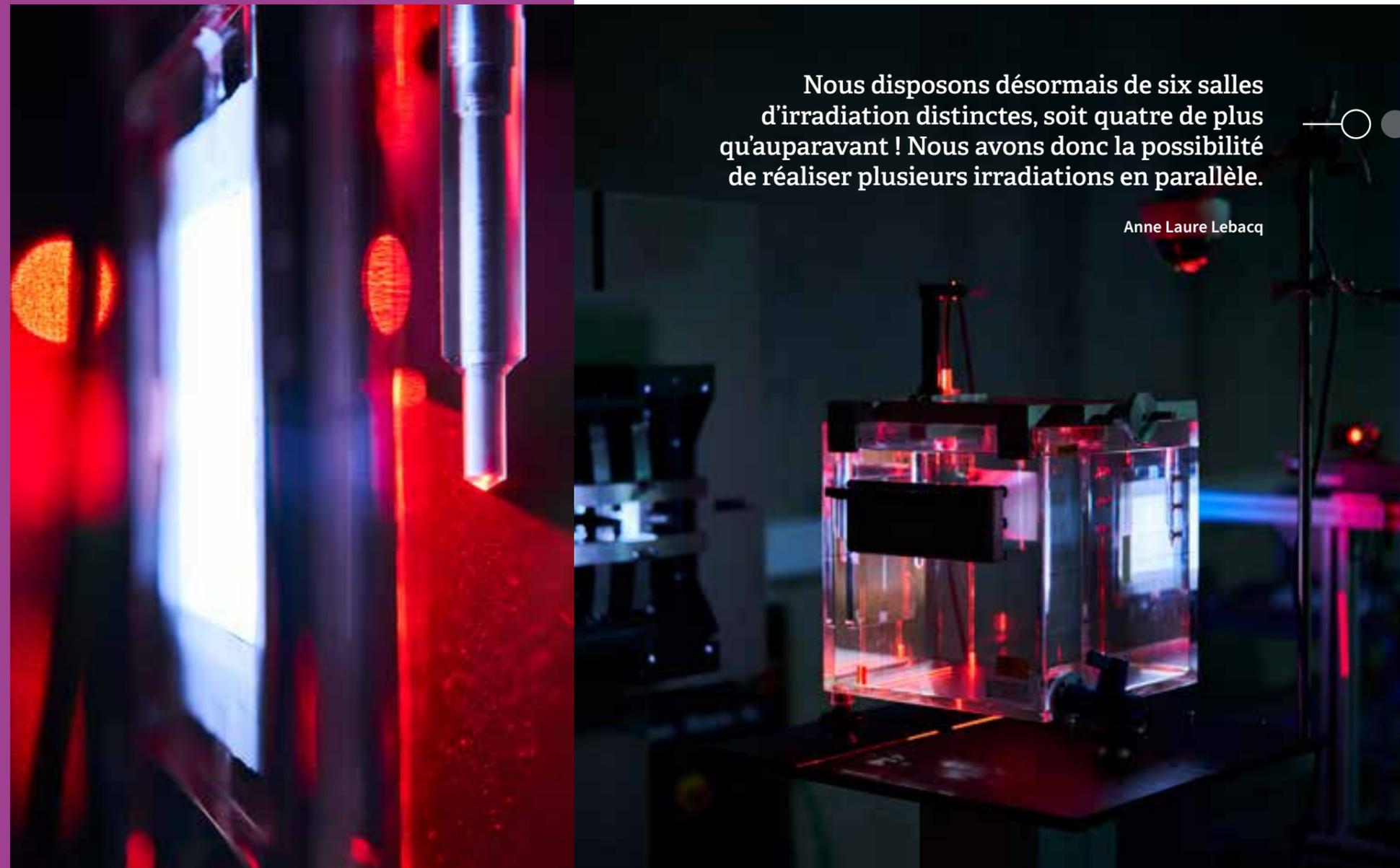


De gauche à droite : Banai Shikeb (Cordeel), Kris Iven (SCK CEN) et Jan Veraghtert (SCK CEN)

## Le SCK CEN met en service un bâtiment d'étalonnage ultramoderne

Des installations de premier ordre pour des services d'irradiation de premier ordre

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN est progressiste dans ses connaissances et dans ses recherches. Le maintien de cette situation nécessite des investissements. Le SCK CEN a récemment investi dans un bâtiment d'étalonnage flambant neuf et ultramoderne. Plus de flexibilité et plus de possibilités. C'est ainsi que l'on peut décrire le nouveau bâtiment. « Nous avons conçu le bâtiment en fonction des besoins de nos clients », explique Anne Laure Lebacq, experte en dosimétrie au SCK CEN.



Nous disposons désormais de six salles d'irradiation distinctes, soit quatre de plus qu'auparavant ! Nous avons donc la possibilité de réaliser plusieurs irradiations en parallèle.

Anne Laure Lebacq

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN possède de solides connaissances et infrastructures. Cette combinaison unique lui a permis de mener des recherches pionnières, de repousser les limites et de devenir une référence mondiale. C'est pourquoi le SCK CEN investit continuellement dans ses technologies et ses laboratoires. Il a aussi récemment remplacé son bâtiment d'étalonnage. Avec ce tout nouveau bâtiment d'étalonnage ultramoderne, le centre de recherche nucléaire se classe parmi les meilleurs d'Europe. En effet, l'Europe ne compte que quatre installations de cette nature, de cette taille et d'une telle modernité.

Il a été décidé de ne pas rénover le bâtiment d'étalonnage existant. Avec ce nouveau bâtiment, le SCK CEN avait la liberté d'aménager le bâtiment différemment. « Nous avons ainsi créé la possibilité de répondre aux besoins de nos clients. On nous demandait souvent de réaliser des expériences d'irradiation à long terme, mais le nombre limité de salles d'irradiation ne le permettait pas. Nous disposons désormais de six salles d'irradiation distinctes, soit quatre de plus qu'auparavant ! Nous avons ainsi la possibilité de réaliser plusieurs irradiations en parallèle », commente Anne Laure Lebacq, experte en dosimétrie au SCK CEN.

## Deux types d'irradiation

Concrètement, le centre de recherche nucléaire effectue deux types d'irradiation. « D'une part, nous irradiions des expériences. Songez par exemple à des plantes, des cellules de la peau ou des prototypes de dosimètres. Nous exposons les échantillons à une dose de rayonnement précise dans un environnement contrôlé. Cela procure une certitude aux scientifiques lorsqu'ils veulent étudier l'impact de cette dose. D'autre part, nous étalonnons des appareils de mesure », poursuit Anne Laure Lebacqz. Et cela est d'une grande importance. Les sens humains ne sont pas capables de détecter la radioactivité. Pour détecter les rayonnements, on utilise des appareils de mesure spécifiques. Ces appareils permettent de contrôler avec précision la dose de rayonnement reçue. « Les mesures sont aussi précises que l'appareil qui les effectue », explique l'experte. « Avec nos services d'étalonnage, nous vérifions si ces appareils de mesure sont réglés correctement. Et par 'correctement', j'entends selon les normes internationales. »

L'accent est donc mis sur les « normes internationales ». Ces normes créent une uniformité et une clarté dans le monde entier. « Il ne devrait pas y avoir de différence entre une dose de 1 gray en Belgique et ailleurs dans le monde. C'est ainsi que nous maintenons la cohérence de la recherche scientifique », explique Cristian Mihailescu, expert en rayonnements au SCK CEN.



## Indispensable en radiothérapie

L'installation permettant d'irradier les chambres d'ionisation pour la radiothérapie est une nouveauté dans l'offre. « La moitié des patients atteints de cancer subissent une radiothérapie à un moment donné de leur traitement. En radiothérapie, les médecins dirigent le faisceau d'un appareil d'irradiation vers la tumeur. Ils peuvent ainsi réduire la taille de la tumeur avant l'opération, éliminer les cellules cancéreuses restantes après l'opération ou – éventuellement en association avec une chimiothérapie – détruire le cancer. Il est crucial que la dose reçue par la tumeur soit précise et correcte. La dose réelle ne doit pas s'écarter de plus de cinq pour cent de la dose prescrite », précise Cristian Mihailescu.

Avant d'irradier la tumeur, les radiophysiciens étalonnent l'appareil d'irradiation – généralement un accélérateur linéaire – avec une chambre d'ionisation. Cette chambre mesure le rayonnement émis par l'appareil. Pour garantir la précision requise, elle est étalonnée à son tour. « Avec notre nouvelle installation, nous pouvons étalonner les chambres d'ionisation, selon les normes internationales, avec une précision de 1 % ! »

**Avec notre nouvelle installation, nous pouvons étalonner les chambres d'ionisation, selon les normes internationales, avec une précision de 1 % !**

Cristian Mihailescu

## 600 certificats

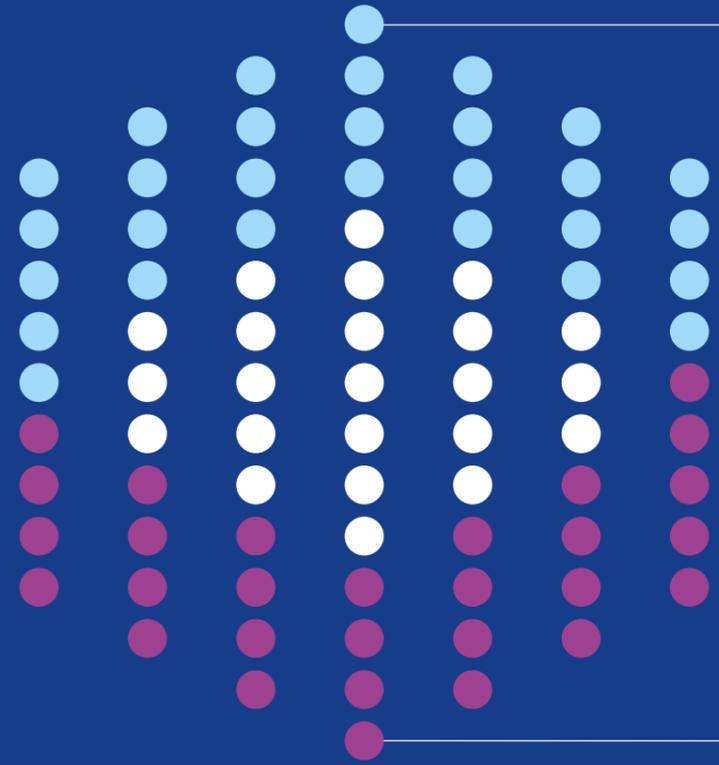
Le bâtiment d'étalonnage a été achevé en avril 2021. Huit mois tard, le SCK CEN a délivré plus de 600 certificats. « Les premiers mois se sont bien déroulés. Nous mettons tout en œuvre pour garantir la même qualité pour les décennies à venir et pour en faire une routine », dit Cristian Mihailescu en guise de conclusion.





partenariats  
**européens**

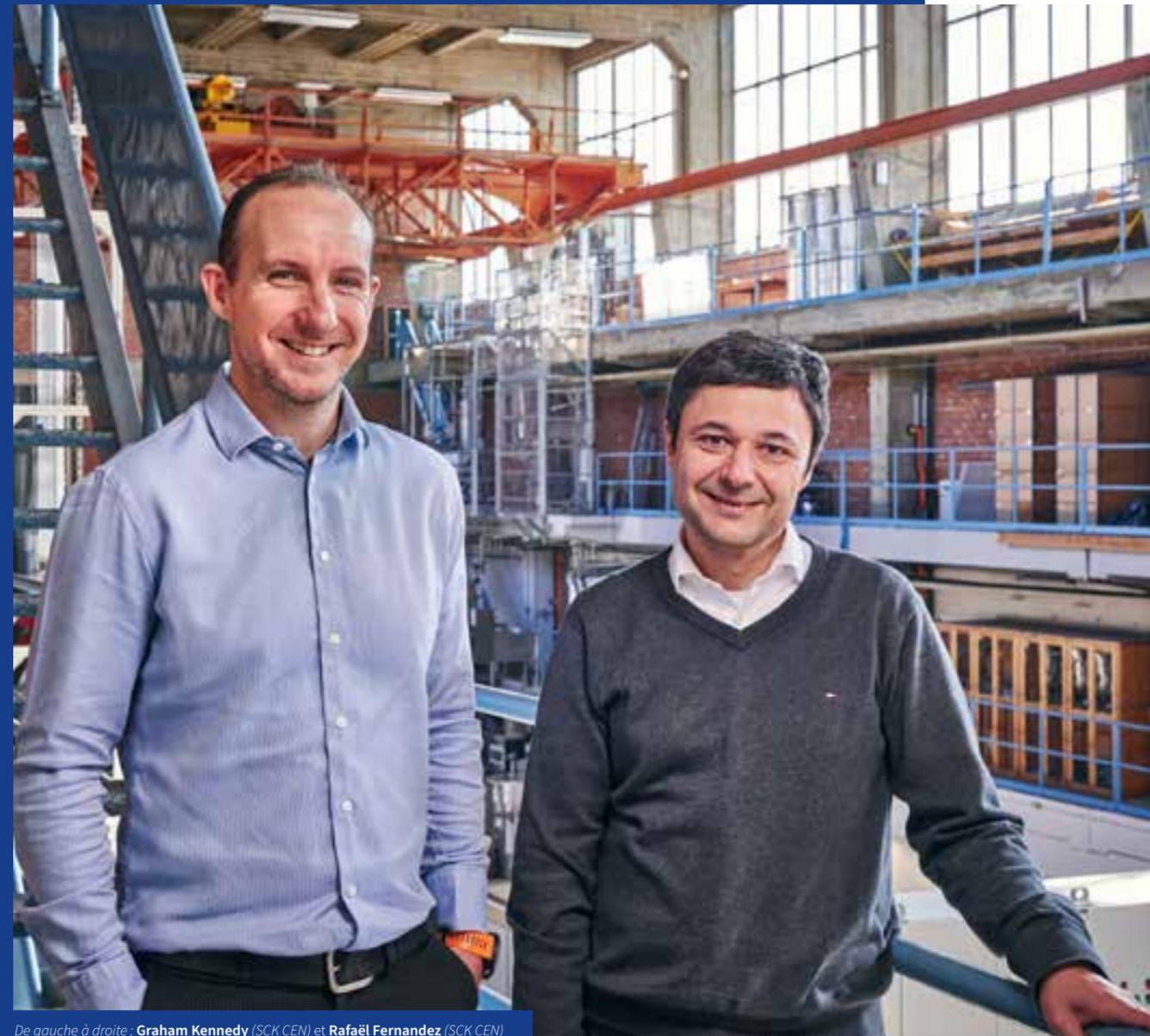
Petit par l'envergure, grand par l'impact.  
Le centre de recherche nucléaire  
SCK CEN trouve chez ses partenaires  
européens le complément d'entreprise  
qui lui fait défaut.



## La conception de MYRRHA entre dans sa phase finale

Les acteurs européens et du secteur nucléaire collaborent à la conception finale

Quatre grands acteurs du secteur nucléaire contribueront à achever la conception du réacteur de recherche innovant MYRRHA. En concluant un accord-cadre avec eux, le centre de recherche nucléaire SCK CEN apporte des connaissances et une main-d'œuvre supplémentaires. Le SCK CEN fait donc un autre grand pas en avant vers la réalisation de MYRRHA.



De gauche à droite : Graham Kennedy (SCK CEN) et Rafaël Fernandez (SCK CEN)

**Au final, nous devons être sûrs que la conception peut répondre à toutes les exigences strictes en matière de sûreté.**

Rafaël Fernandez

Le SCK CEN travaille actuellement de manière intensive à la construction de MYRRHA, le premier réacteur de recherche au monde piloté par un accélérateur de particules. La construction de MYRRHA se déroule en plusieurs phases. Dans la phase 1, le centre de recherche nucléaire construit MINERVA, l'accélérateur de particules avec une énergie allant jusqu'à 100 mégaelectronvolts (MeV). Dans la phase 2, le niveau d'énergie sera porté à 600 MeV et dans la phase 3, les travaux de construction du réacteur lui-même commenceront. Dans ce réacteur, le centre de recherche nucléaire démontrera la faisabilité économique et technique de la transmutation [voir encadré]. « Disposer d'un projet final constitue une condition préalable au lancement de la construction. Cette conception entre dans sa phase finale », explique Rafaël Fernandez, ingénieur au SCK CEN. En 2020, l'ingénieur et son équipe pouvaient déjà se féliciter à juste titre. Après de nombreuses analyses et

ajustements, ils avaient terminé la conception du système primaire du réacteur de recherche MYRRHA. « Ce n'était pas une tâche aisée. Car, en effet, MYRRHA est unique au monde. Cela signifie que nous ne pouvons pas compter sur les connaissances d'un tiers pour cette partie. Pour tester chaque aspect de la conception dans la pratique, nous avons nous-mêmes mis en place un vaste programme de R&D », explique M. Fernandez. Ce programme couvre un large éventail de sujets : de la sûreté à la viabilité économique et même à la logistique.

Maintenant que ce puzzle est défini, les ingénieurs peuvent entamer la phase de conception suivante : la connexion du système primaire du réacteur MYRRHA aux systèmes secondaires et auxiliaires. « Plus on s'éloigne du cœur du réacteur, plus les composants deviennent génériques. Nous entrons donc dans des domaines où il y a déjà beaucoup de connaissance et d'expérience disponibles sur le marché. Les cartes sont donc différentes : à ce stade, d'autres acteurs du nucléaire peuvent faire une réelle différence pour nous », déclare son collègue ingénieur Graham Kennedy. Afin d'attirer ces acteurs, le centre de recherche nucléaire a lancé un appel d'offre public. Au final, ils ont fait appel à quatre acteurs majeurs du secteur nucléaire. « L'accord-cadre est synonyme de connaissances, d'expérience et de main-d'œuvre supplémentaires, autant d'éléments qui permettront de se rapprocher à nouveau de la réalisation de MYRRHA. »

## Calendrier serré

La réalisation de MYRRHA suit un calendrier serré. Grâce à l'expérience pertinente que les spécialistes apportent au projet, le centre de recherche nucléaire sera en mesure de respecter le calendrier fixé. « L'objectif est que la première conception intégrée soit prête d'ici la fin 2022 », explique Graham Kennedy. Cette conception aura déjà une certaine maturité à ce moment-là. « Les acteurs nucléaires que nous avons sélectionnés n'en sont pas à leur coup d'essai. Ils ont déjà conçu des centrales nucléaires et les ont concrétisées avec succès. Grâce à ces projets, ils peuvent déjà anticiper les points de travail possibles. » Par points de travail, il entend les domaines à améliorer que les études de sûreté complètes mettent en évidence. Dans ces études, la conception est exposée à des scénarios spécifiques.

« Que se passe-t-il si un avion percute le bâtiment du réacteur, si un tremblement de terre frappe la région ou si un incendie se déclare dans la centrale ? Les mécanismes intégrés peuvent-ils continuer à garantir la sûreté, même dans des situations inattendues ? Les études de sûreté permettront d'identifier les points à améliorer que nous étudierons et pour lesquels nous chercherons des solutions. Au final, nous devons être sûrs que la conception peut répondre à toutes les exigences strictes en matière de sûreté », explique Rafaël Fernandez. Et la fin de la route est 2024. D'ici là, le centre de recherche nucléaire doit démontrer que l'avant-projet peut entrer dans la phase finale : un consortium externe préparera le projet afin de pouvoir soumettre une demande de licence.



## L'atout de l'expérience

Le développement du réacteur de recherche MYRRHA implique de nombreux domaines. « Pensez aux techniques nucléaires conventionnelles telles que le génie civil, la ventilation et la télémanipulation d'une part et aux techniques nucléaires spécifiques destinées aux réacteurs rapides d'autre part. Pour cette raison, nous avons divisé l'appel d'offres en deux lots : un lot couvrant tous les systèmes et composants conventionnels et un lot se concentrant spécifiquement sur les composants pour les réacteurs rapides. En divisant le marché en deux lots, nous avons pu choisir des parties apportant une valeur ajoutée distincte pour chaque lot », conclut Rafaël Fernandez. L'atout de l'expérience donc ! Les parties sélectionnées se verront confier des marchés spécifiques au cours du projet, pour lesquelles elles pourront soumettre des offres.

**Nous entrons désormais dans des domaines où il y a déjà beaucoup de connaissance et d'expérience disponibles sur le marché. À ce stade, d'autres acteurs du nucléaire peuvent faire une réelle différence pour nous.**

Graham Kennedy

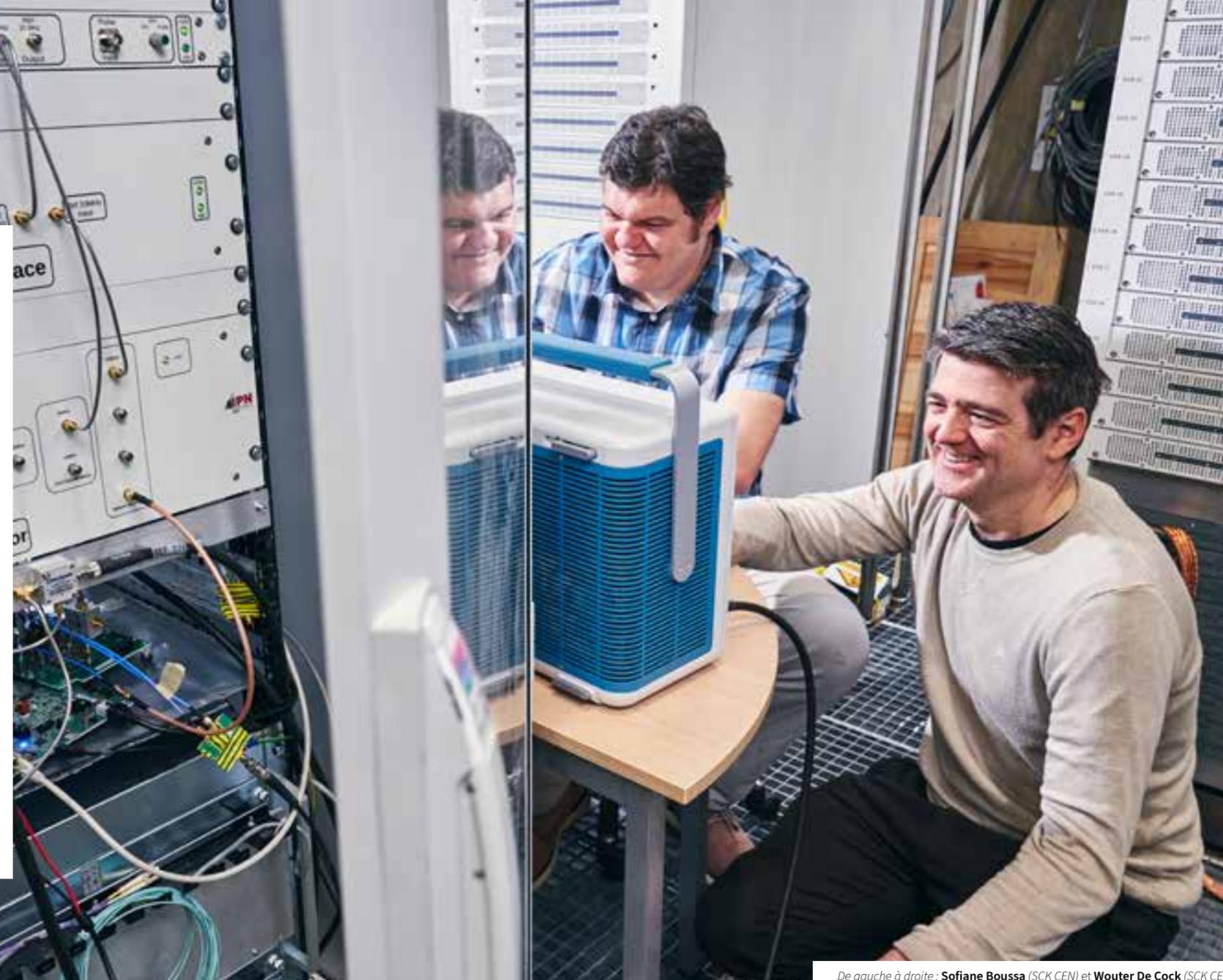
## La transmutation en bref

La production d'énergie nucléaire génère des déchets nucléaires. Ces déchets nucléaires contiennent des résidus de longue durée de vie et hautement radiotoxiques - les actinides mineurs (principalement le neptunium, l'américium et le curium). Ces résidus restent hautement radioactifs pendant des centaines de milliers d'années. En les bombardant de neutrons rapides, ces noyaux lourds se divisent. Ils se décomposent en éléments qui ne sont plus toxiques, émettent moins de chaleur et, pour la plupart, ont une durée de vie plus courte. Ce processus, appelé transmutation, permet d'alléger les exigences en matière de stockage géologique. Avec MYRRHA, le centre de recherche nucléaire veut faire la démonstration de ce processus à une échelle semi-industrielle. MYRRHA est donc le tremplin vers les incinérateurs industriels de déchets nucléaires.

## MYRRHA : un moteur qui ronronne !

L'électronique franco-belge assure la fiabilité de l'accélérateur de particules de MYRRHA

Avec le projet MYRRHA, le centre de recherche nucléaire SCK CEN veut relever une série de défis sociétaux. La fiabilité de l'accélérateur de particules MYRRHA revêt une importance cruciale dans le cadre de la réalisation des applications prévues. L'électronique belgo-française contribue à assurer cette fiabilité. « L'électronique vous dit quand vous devez faire un changement, elle décide - pour ainsi dire - de la façon dont le moteur ronronne », expliquent les ingénieurs.



De gauche à droite : Sofiane Boussa (SCK CEN) et Wouter De Cock (SCK CEN)

« Le cœur du réacteur de MYRRHA ne contient pas assez de matière fissile pour que la réaction en chaîne se poursuive spontanément. Il doit donc être alimenté en permanence par une source externe de neutrons. C'est là que l'accélérateur de particules entre en jeu », rappelle avant tout Wouter De Cock, ingénieur de projet au SCK CEN. L'installation produit et accélère des protons. Ces protons accélérés finissent par pénétrer dans le cœur du réacteur et entrent en collision avec un mélange liquide de plomb et de bismuth. Cet impact libère des neutrons rapides qui alimentent les réactions de fission. L'accélérateur de particules qui tirera les protons est actuellement en construction à Louvain-la-Neuve.

Les visiteurs réguliers constatent le développement continu de l'installation. Les ingénieurs du SCK CEN ajoutent systématiquement de nouveaux composants – et, en 2021, c'est au tour de l'électronique cruciale. « L'électronique

que nous avons développée et installée l'année dernière garantit que le faisceau de protons reste stable pendant l'accélération », explique Wouter De Cock. Le système y parvient en exerçant des contrôles. « Les protons sortent d'une source d'ions, connaissent une première accélération dans le quadropôle radiofréquence (RFQ), puis reçoivent de plus en plus d'énergie dans une chaîne d'aimants et de cavités. Au total, il y aura 19 cavités dans la section à basse énergie et 60 cavités supra-conductrices dans l'accélérateur linéaire. Afin d'accélérer les protons, une certaine puissance est également nécessaire. Cette puissance est fournie par des amplificateurs puissants. Notre électronique contrôle l'interaction entre ces facteurs. Elle mesure, entre autres, la puissance reçue par les cavités, la puissance délivrée par les amplificateurs et la chute de tension qui se produit dans les premières millisecondes après la mise en marche de l'accélérateur de particules. Grâce à toutes ces mesures, nous pouvons ajuster l'input des amplificateurs pour que les protons reçoivent une poussée accélératrice exactement au bon moment. »

En outre, le nouveau système installé contrôle également la fréquence à laquelle les cavités fonctionnent. Une fréquence correcte est importante pour réduire les pertes d'énergie. Pour régler précisément la fréquence, les scientifiques introduisent une « barre » dans la cavité. L'expert la compare à un trombone à coulisse. « En allongeant la coulisse d'accord de la trompette, le musicien raccourcit ou allonge la longueur du tube. Cela modifie la hauteur ou la fréquence. La barre modifie l'environnement dans la cavité et donc le ton, ou la fréquence. Grâce à ce système de contrôle, nous savons si un ajustement de la fréquence est nécessaire. »

### Une expérience française précieuse

L'accélérateur de particules est équipé de plusieurs systèmes de contrôle. « En fait, chaque composant possède sa propre électronique », précise Wouter De Cock. Les ingénieurs du SCK CEN ont construit le système de contrôle des cavités qui fonctionnent à température ambiante. Pour les cavités fonctionnant sous supraconductivité, le centre de recherche nucléaire s'appuie sur le laboratoire français ICJ Lab. « L'institut de recherche d'Orsay est expérimenté dans la construction de tels systèmes, par exemple pour GANIL, l'un des accélérateurs d'ions lourds les plus puissants au monde. Il met donc sa riche expérience éprouvée au service du développement de notre accélérateur de particules MYRRHA. Ensemble, nous assurons sa fiabilité. »



### Au-delà de l'état actuel de la technique

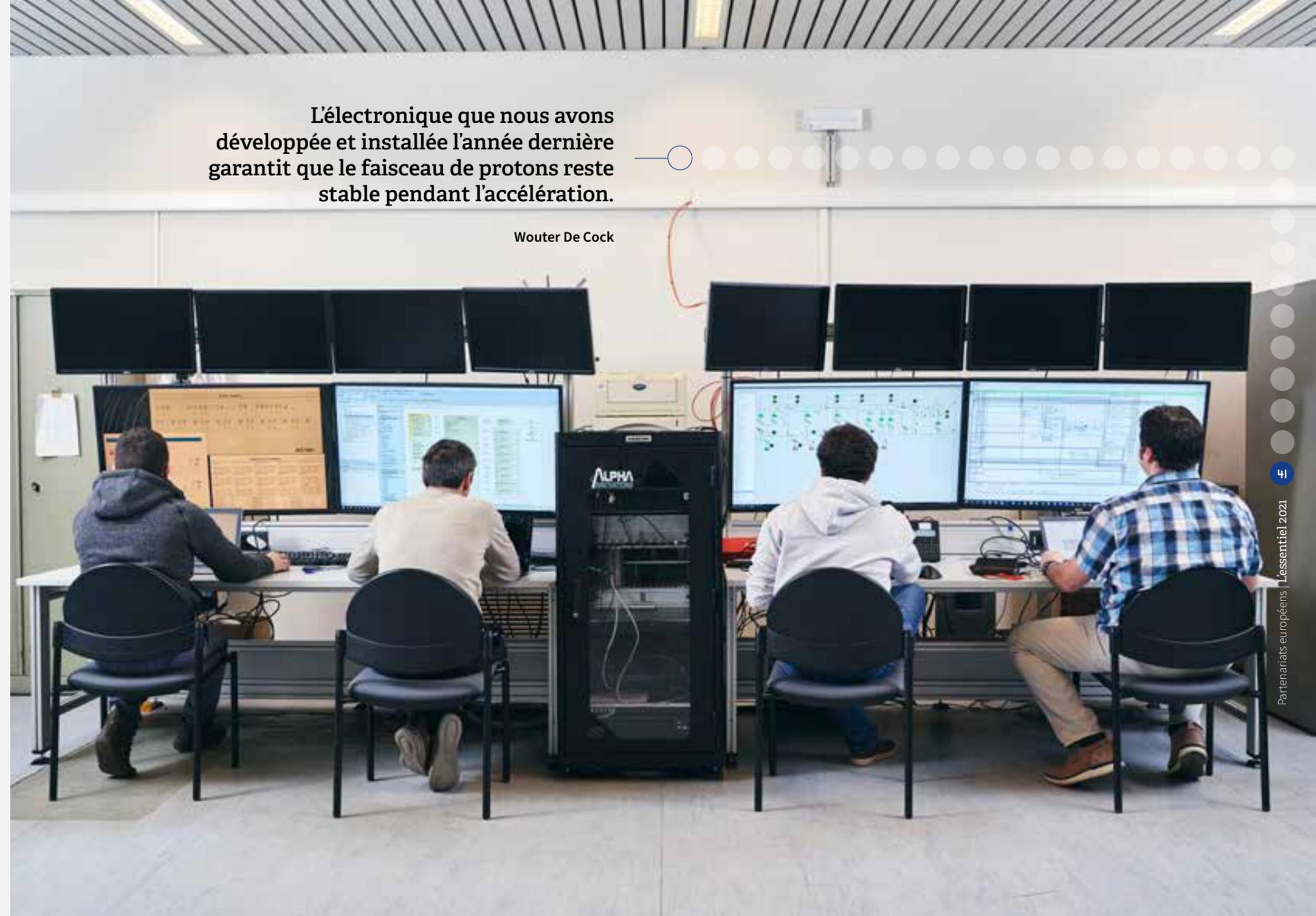
Avec MYRRHA, nous travaillons sur une première mondiale. Sa réalisation exige que nous développions des technologies et des matériaux qui transcendent l'état actuel de la technique. L'innovation révolutionnaire et le progrès technologique apparaissent lorsque nous regroupons différents profils et compétences au sein d'équipes multidisciplinaires. Les membres de l'équipe apprennent les uns des autres et utilisent les connaissances nouvellement acquises pour mener à bien le projet.

#### Marc Schyns

*Systemes Nucléaires Avancés*

**L'électronique que nous avons développée et installée l'année dernière garantit que le faisceau de protons reste stable pendant l'accélération.**

Wouter De Cock



## ITER navigue en ligne droite vers le démarrage

Le SCK CEN qualifie des matériaux pour le réacteur d'essai à fusion nucléaire

Bientôt, la fusion nucléaire se débarrassera de son image de promesse éternelle. En effet, le réacteur d'essai à fusion nucléaire ITER, actuellement en construction en France, navigue en ligne droite vers son objectif. C'est-à-dire un démarrage en 2026. Plus de 4.800 scientifiques européens, dont le SCK CEN, travaillent chaque jour à la réalisation de cet objectif. Le rythme de la recherche s'accélère grâce à un budget de recherche de 583 millions d'euros alloué par la Commission européenne en 2021.



« La dernière thérapie contre le cancer est radioactive », « La Belgique lance des recherches sur les petites centrales nucléaires »... Quiconque s'empare d'un journal ces jours-ci lit de plus en plus d'articles sur le secteur nucléaire. Les applications nucléaires font leurs preuves dans un nombre croissant de domaines. Pour stimuler l'innovation nucléaire, la Commission européenne lance le programme de financement « EURATOM Research and Training Programme ». Elle met à disposition 1,38 milliard d'euros pour une période de cinq à sept ans. 583 millions d'euros iront directement à la recherche et au développement de la fusion nucléaire. Cette technologie devrait remodeler le paysage énergétique.

Dans la fusion nucléaire, les atomes ne sont pas divisés, mais au contraire fusionnés. Concrètement, deux atomes d'hydrogène fusionnent en un noyau d'hélium. Une quantité d'énergie est ainsi libérée, mais – contrairement à son pendant classique – cela produit moins de déchets nucléaires. Ce processus se déroule à haute température, ce qui pose des défis. Le réacteur d'essai à fusion nucléaire ITER, à Cadarache, en France, doit démontrer la faisabilité technique et scientifique de la fusion contrôlée à grande échelle. Avec le budget de recherche européen, les scientifiques vont éclaircir les points d'interrogation en suspens. Comment confiner le plasma ? Comment évacuer la chaleur et les cendres d'un réacteur à fusion pour ne pas contaminer le plasma ? Comment produire le tritium, le combustible de fusion, de manière durable ?

EUROfusion, un partenariat paneuropéen, dirige cette recherche sur la fusion. « Au total, 4.800 scientifiques visent cet objectif », explique Dmitry Terentyev, expert en fusion nucléaire au SCK CEN. Ces scientifiques viennent d'Europe ou de pays associés tels que l'Ukraine, le Royaume-Uni et la Suisse. Le centre de recherche nucléaire SCK CEN utilise son réacteur de recherche BR2, unique au monde, pour qualifier les matériaux de structure des réacteurs à fusion nucléaire. Les matériaux doivent notamment être capables de résister aux conditions extrêmes d'un réacteur à fusion nucléaire.

## Tests des matériaux

Dans le passé, le SCK CEN a été impliqué, entre autres, dans les tests des matériaux de « première paroi », qui sont directement exposés au plasma. Le SCK CEN va maintenant se concentrer sur le matériau des « tritium blanket modules », les composants utilisés pour régénérer le tritium utilisé dans le combustible des réacteurs à fusion.

La planification des expériences a déjà été établie. Le BR2 irradiera les expériences en continu de 2022 à 2025 – et par extension en 2026 et 2027. Chaque expérience restera typiquement dans le cœur du réacteur pendant un an. Dmitry Terentyev explique : « Avec cette campagne d'irradiation, nous simulons le fonctionnement des composants jusqu'à la fin de la durée de vie de l'installation ITER. Après l'irradiation, nous identifierons les propriétés thermiques, mécaniques et micro-mécaniques des matériaux pour évaluer leur vieillissement. »

Pour ce projet, le SCK CEN investira dans une série d'installations : une installation d'irradiation, un microscope électronique pour cartographier les processus de vieillissement des matériaux avec une grande précision, et une installation de test mécanique en cellule chaude.

## Acier belge

Les résultats de ces expériences doivent conduire à la recette parfaite de l'acier. « De quel type de matériau avons-nous besoin ? Comment cet alliage est-il composé ? Avec quels ingrédients ? Quelles sont les proportions requises ? Nous collaborons avec OCAS SA pour trouver cette recette », commente Dmitry Terentyev. Le centre de recherche belge OCAS SA est une joint-venture entre ArcelorMittal et la Région flamande. OCAS SA est l'un des rares fournisseurs en Europe qui sont en mesure de fournir des quantités d'acier pour la recherche. « Nous irradions cet acier dans notre réacteur de recherche BR2, nous le testons et, si nécessaire, nous faisons ajuster la composition du matériau. Nous répétons l'opération jusqu'à ce que nous ayons trouvé la recette. »

« Le but est de qualifier le matériau de base », explique Dmitry Terentyev. De cette manière, les chercheurs surmontent déjà un obstacle. Bien entendu, ITER ne sera pas constitué uniquement de matériaux de base. Les matériaux de base sont soudés ensemble ou assemblés. « Dans une deuxième phase, entre 2024 et 2027, nous analyserons comment ces assemblages réagissent aux conditions extrêmes de la fusion. Nous serons alors prêts à mettre ITER en service », conclut l'expert en fusion.

## Plus près des conditions de fusion

En même temps, le centre de recherche nucléaire SCK CEN construit son infrastructure de recherche innovante MYRRHA. MYRRHA testera des matériaux pour les réacteurs à fission et même à fusion. Grâce à ses neutrons rapides, MYRRHA atteint des conditions d'irradiation qui sont plus proches de celles d'un réacteur à fusion que les réacteurs de recherche actuels. Toutefois, la recherche sur la fusion nucléaire commencera dès 2027. « La construction de MYRRHA se déroule en plusieurs phases. Dans la phase 1, nous construisons MINERVA, l'accélérateur de particules avec une énergie allant jusqu'à 100 mégaelectronvolts (MeV). La construction de l'installation « Full Power Facility » est liée à ce projet. Celle-ci utilise un faisceau de protons de 100 MeV et 4 milliampères pour irradier et étudier les matériaux de fusion », explique Dmitry Terentyev.



### MYRRHA attire des scientifiques du monde entier

La prochaine grande infrastructure de recherche du SCK CEN, l'installation polyvalente MYRRHA, a déjà attiré aujourd'hui de nombreux scientifiques internationaux dans le domaine du partitionnement et de la transmutation. MYRRHA est également connue pour son vaste catalogue d'applications couvrant la technologie des accélérateurs, la recherche fondamentale sur les radio-isotopes (médicaux) et la recherche sur la fusion. La communauté internationale y participe par le biais d'un nombre croissant de collaborations et d'ateliers scientifiques, contribuant aux réflexions sur la conception et au matériel pour répondre aux besoins exprimés pour l'utilisation scientifique de la phase 1 de MYRRHA.

#### Adrian Fabich

*MINERVA Design and Build*

**Avec 4.800 scientifiques, nous travaillons intensivement à la réalisation d'une étape majeure en 2026 : le démarrage du réacteur à fusion nucléaire ITER.**

Dmitry Terentyev

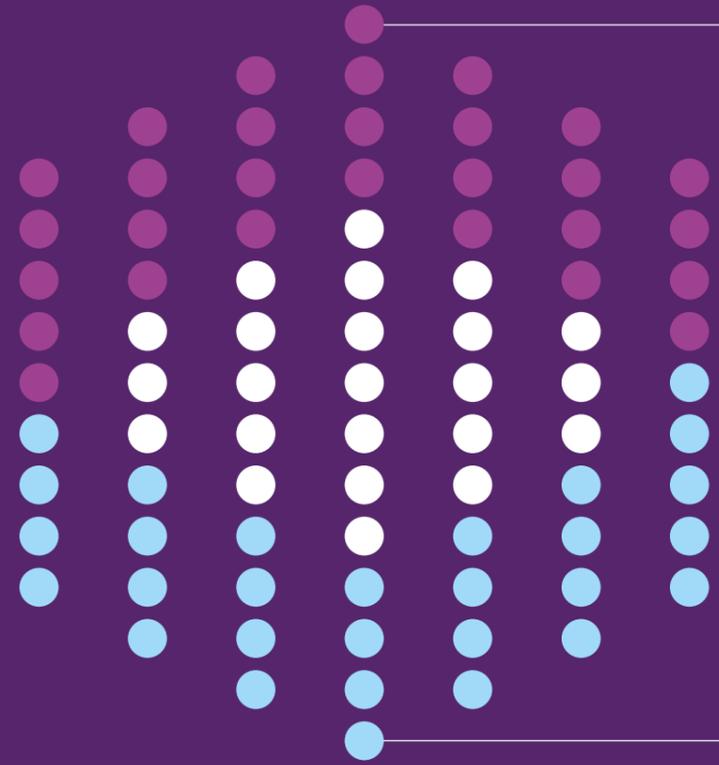


De gauche à droite : Daniele Del Serra (SCK CEN), Emre Sikik (SCK CEN) et Dmitry Terentyev (SCK CEN)



# partenariats internationaux

Petits par la taille, grands par l'action. Sur une carte du monde, les réacteurs de recherche BR2 et MYRRHA ne sont pas plus grands qu'un pixel, mais ils ont un impact décisif sur la recherche sur le cancer, la gestion des déchets et la sûreté nucléaire dans le monde entier.



# L' AISBL MYRRHA voit le jour

Les partenaires internationaux peuvent adhérer

« L' AISBL MYRRHA est une réalité ! », se réjouit Hamid Aït Abderrahim, directeur général adjoint du SCK CEN et directeur de MYRRHA. L'acte constitutif a été signé le 17 septembre 2021. « Cette journée marque le début d' une nouvelle ère pour MYRRHA. Une ère où nous pouvons officiellement unir nos forces avec des partenaires internationaux pour réaliser nos ambitions et nos objectifs ! »

Comment pourrions-nous gérer les déchets radioactifs de manière optimale ? Comment pourrions-nous lutter plus efficacement contre le cancer ? Comment assurer la sûreté des réacteurs à fission nucléaire et des réacteurs à fusion nucléaire ? Tous les pays, dans n'importe quel coin du globe, sont confrontés aux mêmes défis. Si l'on veut trouver une solution durable, la coopération internationale est cruciale. Cette opportunité se présente grâce à la création de l' AISBL MYRRHA (association internationale sans but lucratif). Cette structure juridique permet à l'État belge et au SCK CEN d'accueillir des partenaires internationaux à bord de MYRRHA – le projet avec lequel le centre de recherche nucléaire veut répondre à ces questions pressantes, l'une après l'autre.

Ceux qui nous rejoignent maintenant ouvriront la voie !

Hamid Aït Abderrahim

## L' AISBL MYRRHA est une réalité, vous devez être heureux ?

**Hamid Aït Abderrahim :** Absolument ! Chaque étape que nous avons franchie dans le cadre du projet MYRRHA est le fruit d' une convergence de connaissances et d'expertise. Depuis le premier jour, nous avons fortement misé sur leur échange. Par exemple, la France a partagé ses connaissances sur les accélérateurs linéaires, l'Allemagne et l'Italie sur la technologie des métaux liquides et la Lituanie sur la visualisation par ultrasons – une technique optique permettant de voir à travers le liquide opaque. Le Japon a apporté une contribution importante à la conception de MYRRHA en partageant ses connaissances des systèmes industriels pilotés par accélérateur ou *Accelerator Driven Systems (ADS)*. Cela nous a permis d'évoluer plus rapidement. Désormais, l' AISBL MYRRHA réunira des partenaires internationaux. Toutes les connaissances, l'expertise et les ressources financières seront donc regroupées sous un même toit. Il va donc sans dire qu'avec cette constitution, nous ne faisons pas un pas, mais un saut vers la réalisation de MYRRHA.

## Qui siège à l' AISBL MYRRHA ?

**Hamid Aït Abderrahim :** L'État belge et le centre de recherche nucléaire SCK CEN ont fondé l' AISBL MYRRHA. Ils ont donc le statut de membres fondateurs. Les partenaires qui co-investissent dans le projet deviendront des membres contributeurs. Tous les membres du consortium supervisent conjointement le projet, suivent de près sa mise en œuvre et détiennent un droit de décision sur les programmes de recherche qui seront menés pendant l'exploitation.

## De quels programmes s'agit-il donc ?

**Hamid Aït Abderrahim :** Nous avons subdivisé les programmes de recherche en quatre catégories. La première catégorie comprend tous les programmes que les membres du consortium considèrent comme prioritaires. Les résultats resteront initialement la propriété des membres du consortium et ne seront rendus publics qu'après un certain temps. La deuxième catégorie concerne la recherche fondamentale, pour laquelle nous recevons des fonds publics. Les résultats de cette catégorie seront rendus publics immédiatement. La troisième catégorie comprend la recherche contractuelle. Songez par exemple aux tests d'irradiation pour les industries souhaitant qualifier de nouvelles matières fissiles. La quatrième catégorie est celle des programmes purement commerciaux. Par exemple, nous pouvons produire des radio-isotopes pour le compte d' une société pharmaceutique afin que celle-ci puisse explorer le potentiel de ce radio-isotope.

### Quels sont les privilèges des membres du consortium ?

**Hamid Aït Abderrahim** : MYRRHA est unique au monde. L'infrastructure deviendra donc un pôle d'attraction international pour les centres de recherche et les universités, un centre technologique pour les partenaires et un stimulant économique pour les (nouvelles) industries. Il est probable que nous recevions plus de demandes que ne le permette la capacité. Les membres du consortium sont assurés qu'un quart de cette capacité leur est réservé. Ils ont ainsi la certitude que leurs programmes de recherche peuvent se poursuivre. En outre, ils ont le droit d'approuver ou de rejeter les programmes de recherche proposés dans les autres catégories.

### Les membres du consortium ont-ils carte blanche ?

**Hamid Aït Abderrahim** : Le SCK CEN reste l'exploitant nucléaire de l'infrastructure de recherche polyvalente. Notre centre de recherche a donc le droit de refuser certaines expériences ou programmes s'ils peuvent présenter un risque pour la sûreté. Priorité à la sûreté !

### Qui peut devenir membre contributeur ?

**Hamid Aït Abderrahim** : Des pays, des organisations de recherche (internationales) et des industries peuvent devenir membres de l'ASBL MYRRHA.

### Quelles étapes importantes les membres du tout nouveau consortium peuvent-ils attendre dans un avenir proche ?

**Hamid Aït Abderrahim** : Le tout premier jalon est attendu pour la fin 2022 déjà : la pose de la première pierre de MINERVA [voir encadré]. En outre, la conception de l'ensemble des installations de MYRRHA entre dans sa phase finale [voir l'article en page X]. Ceux qui nous rejoignent maintenant ouvriront la voie !

### Pouvez-vous citer un projet à venir, outre la préparation des futurs pionniers ?

**Hamid Aït Abderrahim** : On estime qu'en Europe, avec une quinzaine d'installations industrielles de type MYRRHA, nous avons une capacité suffisante pour traiter tous les déchets hautement radioactifs. J'entends par là les déchets des 144 réacteurs nucléaires de l'Union européenne. De cette façon, nous pouvons réduire considérablement l'empreinte du stockage géologique.

### Comment les partenaires internationaux vous contactent-ils ?

**Hamid Aït Abderrahim** : C'est nous qui allons à eux ! Dans les mois à venir, nous allons faire le tour du monde pour rendre visite à des partenaires potentiels. Les pays qui peuvent s'attendre à une visite sont l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, l'Espagne, le Royaume-Uni, les États-Unis et le Japon.

**Vous souhaitez devenir membre ?**



#### Veillez contacter :

**Hamid Aït Abderrahim**  
*directeur général adjoint du SCK CEN et directeur de MYRRHA*  
 +32 476 71 91 13  
 hamid.ait.abderrahim@sckcen.be

**Gabriele Manfredi**  
*MYRRHA Stakeholder Manager*  
 +32 479 69 77 29  
 gabriele.manfredi@sckcen.be

### La pose de la première pierre de MINERVA

MINERVA est la première phase de construction de MYRRHA – l'accélérateur de particules jusqu'à une énergie de 100 MeV. Les premiers composants de l'accélérateur sont actuellement en cours de construction au Centre de Ressources du Cyclotron (CRC) de l'UCLouvain à Louvain-la-Neuve, mais cette configuration est limitée à 5,9 MeV. Pour passer à un niveau d'énergie de 100 MeV, la configuration actuelle doit d'abord déménager à Mol. Les bâtiments qui abriteront MINERVA doivent encore être construits. Le premier coup de pelle, ou la pose de la première pierre, est actuellement prévu pour la fin 2022. Le bâtiment doit être livré un an et demi plus tard pour que les systèmes puissent être installés.



### Investir vaut toujours la peine

Avec nos installations uniques, nos collaborateurs ont écrit l'histoire. Nos activités ont fait entrer la Belgique dans l'ère de l'énergie atomique et ont permis l'émergence de thérapies ciblées contre le cancer et de technologies de démantèlement efficaces. Nous continuerons à investir dans de nouvelles installations à l'avenir. Investir, c'est innover. Nous sommes à la recherche d'innovations dans des domaines tels que la médecine nucléaire, l'énergie nucléaire durable, le démantèlement et les déchets et leur stockage. Et nous le faisons pour la société, pour les citoyens.

**Peter Baeten**  
*Directeur général adjoint*

## Le BR2 utilise de l'uranium faiblement enrichi comme combustible

Les réacteurs de recherche du monde entier suivent les traces du BR2

Le réacteur de recherche BR2 fonctionnera à l'avenir avec de l'uranium faiblement enrichi. En changeant son combustible nucléaire, le SCK CEN contribue à empêcher la prolifération potentielle d'uranium hautement enrichi - un composant possible des armes nucléaires. Test après test, le centre de recherche nucléaire SCK CEN vole droit vers son objectif : un basculement en 2026. Des instituts ailleurs dans le monde suivent les traces du SCK CEN.



De gauche à droite : Jared Wight (SCK CEN) et Bert Rossaert (SCK CEN)

Le fait que le ministère américain de l'énergie fasse tester du combustible d'uranium faiblement enrichi en Belgique confirme le rôle mondial que jouent le réacteur de recherche BR2 et nos chercheurs dans ce domaine.

Jared Wight

Le BR2 est l'un des réacteurs de recherche les plus puissants au monde. Il joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement mondial en radio-isotopes médicaux et dans l'essai des innovations nucléaires. Cette installation polyvalente fonctionne actuellement avec de l'uranium hautement enrichi. Le centre de recherche nucléaire prévoit de remplacer ce combustible - le « carburant » d'un réacteur - par une variante faiblement enrichie. En 2021, les chercheurs en combustible du SCK CEN ont, suivis de près par des partenaires internationaux, enregistré des progrès considérables dans leurs préparatifs. Si tout se passe comme prévu, le centre de recherche pourra ajouter une autre première à son palmarès. « Nous visons une transition en 2026. Le BR2 serait le premier réacteur de recherche à haute performance au monde à passer de l'uranium hautement enrichi à sa variante faiblement enrichie », a déclaré le chef de projet Jared Wight. Grâce à cette conversion, le centre de recherche nucléaire contribue à limiter le risque de prolifération de l'uranium hautement enrichi - un composant possible des armes nucléaires.

Cependant, le combustible ne peut pas être changé du jour au lendemain. Le changement est précédé de tout un dossier de sûreté. Le SCK CEN doit prouver à l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) - l'organisme de surveillance nucléaire en Belgique - que le nouveau type de combustible est tout aussi sûr que l'actuel. « En général, la qualification d'un nouveau combustible passe par plusieurs étapes », explique Jared Wight. Dans la première phase, de petits échantillons sont testés dans des conditions modérées. Cela signifie que la puissance est limitée et que le taux de fission - la mesure qui indique quelle quantité a déjà été brûlée - monte à 40 %. « Dans la deuxième étape, nous exposons des plaques de combustible individuelles réelles à une puissance et à des taux de fission plus élevés. Dans la troisième étape, ces plaques de combustible sont incorporées dans le futur élément combustible et testées dans des conditions réelles. Pour le BR2, 18 plaques sont incorporées dans un élément combustible concentrique. »

## Un processus stimulant

L'année dernière, le combustible développé pour le BR2 est passé par la phase deux. Les plaques de combustible sont restées dans le cœur du réacteur BR2 pendant un à trois cycles, soit 30 à 93 jours. « En irradiant les plaques, nous voulons savoir comment le combustible se comporte. Il est inévitable que le combustible gonfle, mais ce processus de gonflement doit être stable, limité et prévisible. La plaque de combustible gonfle-t-elle trop et trop rapidement ? La fission nucléaire entraîne-t-elle des processus qui risquent de fissurer la gaine du combustible ? Les résultats de nos tests sur les matériaux devraient permettre d'y voir plus clair », déclare Jared Wight. « Lors des tests précédents, aucune boursoufflure ne s'est formée qui aurait pu provoquer des fissures. »

En outre, les performances techniques du réacteur de recherche ne doivent pas diminuer. « Nous sommes capables de fissionner presque tous les atomes d'uranium hautement enrichi. Dans le cas de l'uranium faiblement enrichi, seul un atome sur cinq est fissile. Pourtant, le combustible nucléaire devrait pouvoir avoir les mêmes performances. C'est comme si un conducteur remplissait le réservoir de sa voiture avec 20% d'essence et 80% d'eau et voulait quand même couvrir la même distance à la même vitesse », compare Jared Wight. Pour y parvenir, les experts du SCK CEN ont multiplié la teneur en uranium du combustible faiblement enrichi par un facteur 5 pour lui faire atteindre le même niveau que le combustible actuel. Pour ce faire, ils ont augmenté le nombre de grains d'uranium dans les plaques de combustible et ont choisi un composé d'uranium de densité plus élevée. Dans ce composé, chaque grain contient davantage d'atomes d'uranium tout en conservant la même taille. Les atomes d'uranium sont donc plus proches les uns des autres. « Grâce à nos tests, nous vérifions si le nouveau combustible nucléaire peut effectivement créer les mêmes conditions que celles dont nous avons besoin pour notre mission technique. C'est essentiel pour nos clients et nos patients. Ils comptent sur nous. »

## Un fabricant de combustible sud-coréen se tourne vers le BR2

Les fournisseurs de combustible offrant de l'uranium faiblement enrichi pour les réacteurs de recherche sont rares. BWX Technologies aux Etats-Unis et Framatome en France sont les deux principaux fournisseurs mondiaux. L'institut de recherche sud-coréen KAERI a l'ambition de rejoindre ce groupe restreint. Le SCK CEN aide l'institut à réaliser cette ambition. Jared Wight explique : « KAERI a développé un nouveau type de combustible pour un usage commercial, mais doit encore le qualifier. Nous mettons à disposition nos services d'irradiation pour mettre à l'épreuve les éléments combustibles développés. Ce test constitue la dernière pièce du dossier de sûreté et le ticket d'entrée de KAERI sur le marché. »



## Les États-Unis commandent des tests de combustible au BR2

Le centre de recherche américain Oak Ridge National Laboratory, dans le Tennessee, souhaite également faire fonctionner son réacteur de recherche HFIR (*High Flux Isotope Reactor*) avec de l'uranium faiblement enrichi. Le réacteur produit l'un des flux de neutrons les plus élevés au monde. « Le flux de neutrons décrit combien d'atomes sont fissionnés par seconde. Un flux neutronique élevé permet de tester les matériaux et de produire des radio-isotopes uniques. Le réacteur de recherche doit être capable de nombreuses performances techniques, ce qui fait de la transition vers l'uranium faiblement enrichi un processus difficile. Les exigences relatives au nouveau combustible sont donc élevées », explique Jared Wight, chef de projet au SCK CEN. Afin de qualifier le combustible, le département américain de l'énergie fait réaliser – via l'Idaho National Laboratory – des tests de combustible par le centre de recherche belge SCK CEN. Jared Wight est fier : « Cela confirme le rôle mondial que jouent le réacteur de recherche BR2 et nos chercheurs dans ce domaine. »

### Transition graduelle

Ces irradiations réussies rapprochent les chercheurs de leur objectif de convertir l'uranium hautement enrichi en uranium faiblement enrichi. Selon le calendrier, les premiers éléments combustibles en uranium faiblement enrichi devraient entrer dans le cœur du réacteur en 2026. « Nous parlons des 'premiers' éléments combustibles, car la conversion sera progressive », souligne Jared Wight. À chaque cycle du réacteur, le cœur - composé d'environ 80 canaux d'irradiation - est réorganisé. Par défaut, la moitié des canaux est réservée au combustible, dont cinq à dix canaux d'irradiation pour les éléments combustibles neufs. Les canaux d'irradiation restants sont remplis - en fonction des besoins - d'assemblages partiellement usés, d'expériences ou des matières premières nécessaires à la production de radio-isotopes (médicaux). « La transition vers un cœur de réacteur sans uranium hautement enrichi est importante pour le SCK CEN. Elle illustre notre position de leader dans la qualification de combustible d'uranium faiblement enrichi et notre engagement dans la non-prolifération », insiste Jared Wight. La conversion est un jalon que les chercheurs s'efforcent d'atteindre. Des instituts ailleurs dans le monde suivent les traces du SCK CEN [voir encadrés].

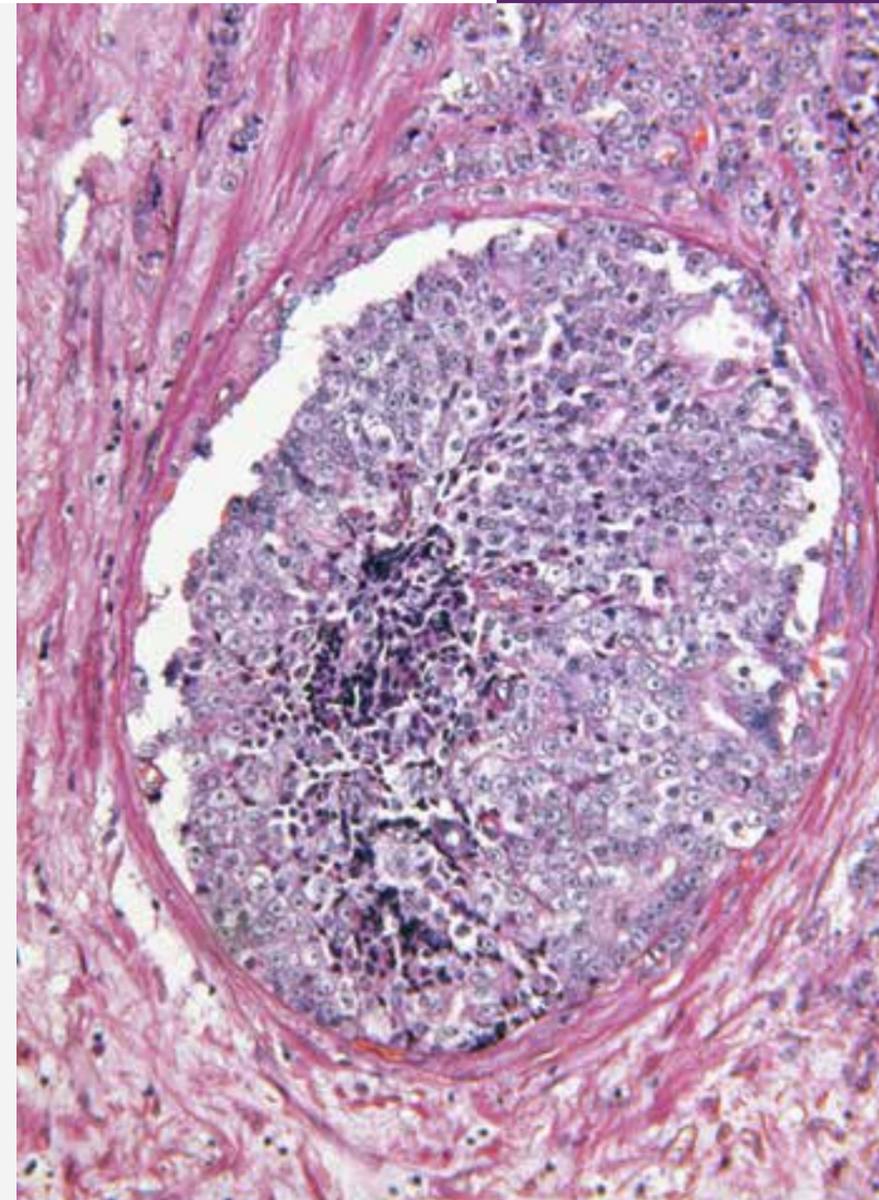


### Le BR2 comme station d'essai internationale

Notre réacteur de recherche BR2 date de l'époque emblématique des « golden sixties ». Le travail qu'il a réalisé depuis lors est tout aussi emblématique. C'est l'un des principaux producteurs mondiaux d'isotopes destinés à des applications médicales et industrielles. Il sert également de station d'essai internationale depuis des décennies. Dans le cœur du réacteur, des centaines de matériaux et de matières fissiles ont été testés de manière approfondie avant leur utilisation dans des réacteurs de fission et de fusion. Au cours des vingt dernières années, le BR2 a réaffirmé cette position en qualifiant de l'uranium faiblement enrichi pour des réacteurs de recherche.

**Sven Van den Berghe**

*Sciences des Matériaux nucléaires*



## La lutte contre le cancer prend de l'ampleur

Le SCK CEN partage ses connaissances avec une start-up canadienne pour le démarrage rapide d'une ligne de production

Le centre de recherche nucléaire SCK CEN et la start-up canadienne POINT Biopharma ont conclu un accord de licence pour le transfert de technologie. Cet accord est le *one way ticket* de POINT Biopharma pour un démarrage rapide de la production de lutécium 177. Il s'agit d'un radio-isotope fort prometteur pour le traitement du cancer de la prostate, qui tue 90.000 personnes en Europe chaque année.

Les radio-isotopes peuvent faire la différence, non seulement dans l'imagerie médicale, mais également dans les thérapies ciblées contre le cancer. Cette dynamique n'est pas passée sous le radar d'Allen Silber et Joe McCann. Les deux hommes ont créé POINT Biopharma en pleine période de coronavirus. Cette start-up canadienne veut être une force motrice dans le développement de radio-isotopes thérapeutiques. L'entreprise se concentre en premier lieu sur le lutécium 177 – un radio-isotope prometteur pour le traitement du cancer de la prostate, entre autres. Les besoins devraient augmenter de manière exponentielle : de 16.000 patients en 2020 à 138.000 patients en 2026.

Le succès du déploiement du traitement du cancer dépend largement de la fiabilité opérationnelle. « Les patients doivent avoir la certitude que leur traitement peut se poursuivre. Pour cela, le marché doit avoir la certitude qu'aucun maillon de la chaîne d'approvisionnement ne se brise : des matières premières aux produits radiopharmaceutiques finis. Dans le cas des radio-isotopes médicaux, il faut en outre tenir compte de l'aspect temporel. Les faire parvenir au patient relève d'une course contre la montre », explique Koen Hasaers, directeur du programme de lutte contre le cancer NURA du SCK CEN. L'approvisionnement doit être assuré.

La start-up canadienne a donc décidé de s'intéresser à toutes les facettes de la chaîne. L'entreprise a notamment réglé l'accès à la matière première de base essentielle, elle purifiera le radio-isotope elle-même et le liera ensuite à une molécule porteuse. Toutefois, cette vision ne doit pas ralentir le rythme auquel elle veut lancer la production. C'est pourquoi POINT Biopharma fait appel à des partenaires qui possèdent des connaissances et de l'expérience. Le SCK CEN est l'un d'entre eux. Le SCK CEN partagera avec la start-up canadienne sa méthode de production de lutécium 177 pur.

### Ligne de production belge

La méthode de production innovante du SCK CEN constitue également la base d'une ligne de production belge. Cette ligne de production à grande échelle sera mise en place à l'initiative du SCK CEN et de l'Institut national des radioéléments, qui forment depuis toujours un duo en or dans la lutte contre le cancer. « En contribuant à augmenter l'offre, ils permettent à de nombreux patients atteints de cancer d'accéder à un traitement efficace et donc à des soins vitaux », explique Eric van Walle, directeur général du SCK CEN. L'installation de production sera située sur le site du centre de recherche nucléaire SCK CEN à Mol (Belgique), tandis que l'IRE apportera les radioisotopes jusqu'aux clients. Pour la recherche et le développement qui doit mener à cette ligne de production, le centre de recherche recevra un soutien financier via le Plan national pour la Reprise et la Résilience (FRR).

### Confiance aveugle

Le lutécium 177 est créé en bombardant l'ytterbium 176 avec des neutrons. L'ytterbium 176 irradié est ensuite traité par un procédé radiochimique pour séparer et purifier le lutécium 177. « La séparation du lutécium 177 se fait en plusieurs étapes. Nous avons développé une technique qui permet d'atteindre un haut niveau de pureté avec un minimum d'étapes. Cela rend notre technique de séparation à la fois efficace et évolutive sur le plan industriel. Nous partageons désormais cette technique avec POINT Biopharma dans le cadre d'un accord de licence », ajoute Hasaers. La volonté de souscrire à cet accord de licence est une reconnaissance essentielle pour le SCK CEN. « POINT Biopharma prend le risque que la technologie fournie puisse affecter son modèle économique. C'est un signe de confiance aveugle, une appréciation sans limite de notre savoir-faire. »



**Notre technique de séparation est à la fois efficace et évolutive sur le plan industriel. Nous partageons cette technique avec POINT Biopharma dans le cadre d'un accord de licence.**

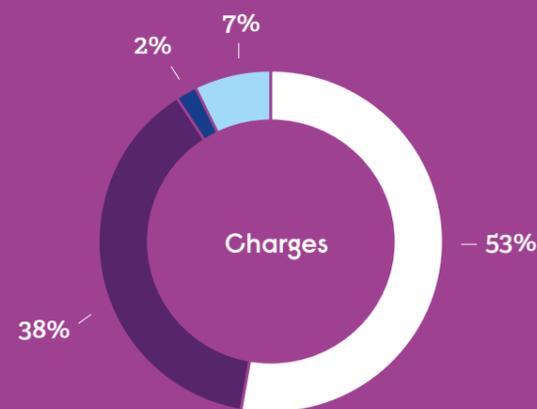
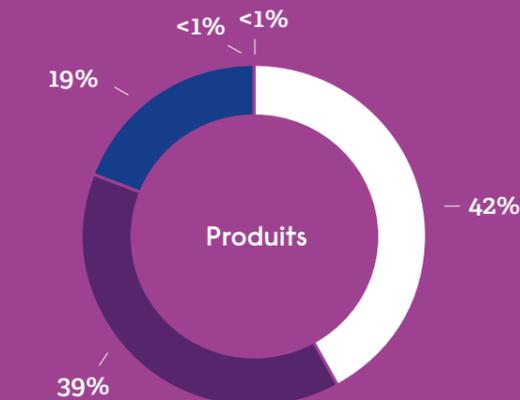
Koen Hasaers

### Une coopération poussée

La coopération va au-delà d'un simple transfert de technologie. « Si la demande dépasse leur offre, nous interviendrons. En collaboration avec l'Institut national des radioéléments, nous allons notamment aussi mettre en place une ligne de production belge », conclut Hasaers. Les deux partenaires n'excluent pas de futures collaborations pour d'autres radio-isotopes émergents.

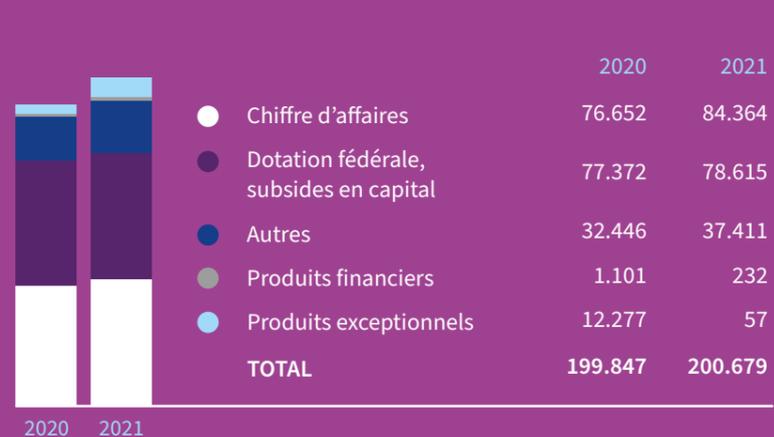
# Chiffres clés

## Exécution du budget

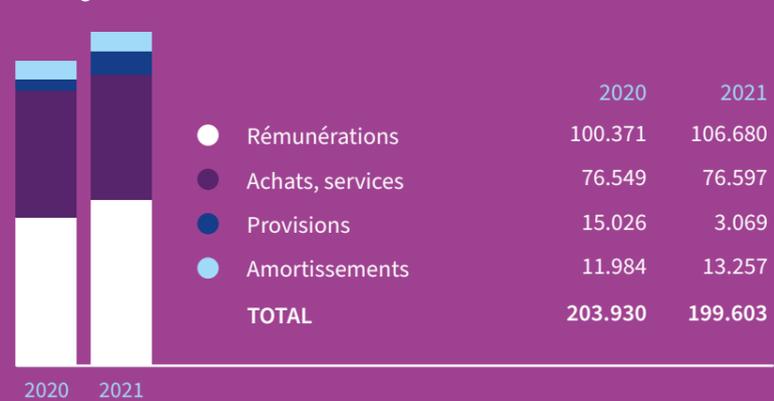


## Évolution du budget

Produits (en kEUR)



Charges (en kEUR)



**68**

**Thèses obtenues**  
 2 de secondaire  
 11 de Bachelier  
 44 de Master (+ BNEN)  
 11 de doctorat



**523**

**Publications scientifiques & présentations**



**92**

**Doctorants**  
 29% de Belgique  
 71% de l'étranger



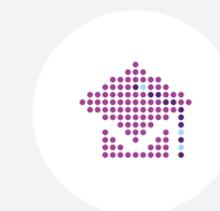
**26**

**Stages en Belgique et à l'étranger**



**27**

**Doctorants sélectionnés en 2020**



**108**

**Formations avec 1603 participants 68% en ligne**

## Effectifs



## Actif dans 65 pays

(en blanc sur la carte)





### 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 Groot (SCK CEN)

### Graphisme

Left Lane.be

### Photographie

Roel Dillen (SCK CEN)  
Klaas De Buysser  
hode Van Elsen

### Traduction

Arnaud Merlo (SCK CEN)  
Oneliner

### Impression

IPM Printing

Copyright © 2022 – SCK CEN

Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d'auteur (2022). Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite préalable du SCK CEN.



## 70 ans d'expérience en science et technologie nucléaire

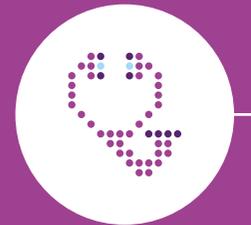
Le SCK CEN constitue l'un des plus grands centres de recherche de Belgique. Plus de 850 collaborateurs se consacrent quotidiennement au développement d'applications pacifiques de la radioactivité. **Trois thèmes de recherche** caractérisent les activités du SCK CEN.

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](http://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