

l'essentiel

2012



The image features the year '2012' in a large, bold, blue sans-serif font. The numbers are positioned in the upper half of the frame, with the '2' and '0' on the top line and the '1' and '2' on the bottom line. The background is white, and the numbers are partially cut off by the top and right edges of the image.The image features the numbers '12' in a large, bold, blue sans-serif font. The numbers are positioned in the middle section of the frame, with the '1' on the left and the '2' on the right. The background is white, and the numbers are partially cut off by the top and right edges of the image.

“ Une approche responsable de la société ”

Les études réalisées dans des domaines nucléaires indispensables à la société d'aujourd'hui et de demain, constituent notre activité principale : la sûreté et l'efficacité des installations nucléaires, le dépôt des déchets radioactifs, la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants et le développement durable. C'est ainsi que nous contribuons à une société viable, pour notre génération et les générations futures.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

l'essentiel
2012

Cher lecteur,

En 2012, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a fêté son 60ème anniversaire. Avec la commune de Mol, nous avons mis sur pied l'exposition « Du champ à l'atome », rappelant cette époque dorée durant laquelle l'arrivée du SCK•CEN a fait entrer la région à un rythme accéléré dans « l'ère moderne », symbolisée plus tard par l'Expo 58. A cette époque, nous étions de véritables pionniers. En jetant un oeil sur ces 60 années de recherche et de développement, je ne peux que constater que nous avons réussi à transmettre cet esprit de génération en génération.

La fédération des entrepreneurs VKW Kempen a choisi le SCK•CEN comme lauréat de « De Kempenaar 2012 ». C'est une reconnaissance très appréciée de notre contribution à la prospérité de la région et de notre ambition d'être également à l'avenir une source durable d'innovation.

Il va sans dire que nous avons dignement fêté les 60 ans du SCK•CEN ; avec une séance académique en présence du Prince Philippe et une série d'événements pour et par nos collaborateurs. En outre, nous avons organisé des journées portes ouvertes pour le grand public, qui ont remporté un grand succès, ainsi qu'un événement culturel unique dans les bâtiments du réacteur BR3.

En 2012, le BR3 fêtait par ailleurs un double anniversaire : son raccordement au réseau électrique, il y a 50 ans, et sa mise hors service juste 25 ans plus tard. Et pourtant, le BR3 est encore une source de connaissance à l'heure actuelle. L'expérience acquise lors du démantèlement de ce réacteur est aujourd'hui mise à profit pour le démantèlement du réacteur Thetis de l'Université de Gand.

Dans *L'essentiel 2012*, nous avons réuni plusieurs exemples marquants des nouvelles évolutions dans les domaines dans lesquels le SCK•CEN est actif, parmi lesquels la sécurité, la santé et les applications industrielles durables de l'énergie nucléaire. Ainsi, le SCK•CEN joue un rôle important dans une étude européenne à grande échelle sur la sensibilité des enfants au rayonnement des scanners CT. Un autre exemple est l'utilisation du réacteur BR1 pour irradier de nouveaux types de barre de silicium. Au cours de l'année écoulée, des essais ont démontré qu'outre le BR2, le BR1 peut également répondre aux évolutions les plus récentes dans l'industrie des semi-conducteurs.



La science tourne autour de l'acquisition de nouvelles idées, mais la conservation et le partage des connaissances sont également des éléments fondamentaux. En 2012, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a lancé *l'Academy for Nuclear Science and Technology* afin de développer plus précisément notre fonction de centre de formation.

Dans l'édition précédente de cette publication, vous avez déjà pu lire un article sur les essais de résistance et l'analyse effectuée à propos de la robustesse de nos installations. Nos analyses ont révélé entretemps que les installations du SCK•CEN sont généralement robustes, également dans des conditions extrêmes. Bien entendu, il y a des points à améliorer et nous nous sommes directement mis au travail. Sans attendre le rapport final de l'autorité de sûreté, nous avons déjà entrepris plusieurs actions.

Et puis il y a encore MYRRHA, la future grande infrastructure de recherche du SCK•CEN, qui devient chaque jour plus réelle. En 2012, le nombre de dispositifs d'essai a fortement augmenté. Entretemps, le monde académique attend avec impatience les possibilités de recherche uniques qu'offrira l'accélérateur de particules de MYRRHA pour la recherche fondamentale dans différents domaines.

Comme vous le voyez, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a 60 ans, pas une ride et est prêt pour l'avenir.

Je vous souhaite une excellente lecture.

Eric van Walle

Directeur général





TECHNOLOGY



01	Recherches ouvrant	06
02	BR1 & BR2 : performants et multifonctionnels	24
03	MYRRHA : source d'innovation	36
04	Sûreté comme priorité absolue	50
05	2012 : 60 ans d'expertise	62





Recherches ouvrant

de nouvelles perspectives
pour une protection
optimale de l'homme et de
l'environnement

01

Étude à grande échelle de la sensibilité des enfants au rayonnement

Un pas vers la sensibilisation et l'harmonisation

Le terme « Computerized Tomography » ne vous évoque peut-être rien au premier abord, mais vous en connaissez certainement l'abréviation. Grâce à leur excellente qualité, les CT-scans sont d'une importance capitale pour la justesse des diagnostics. Cette technique est donc de plus en plus utilisée dans l'imagerie médicale. Mais il semble que les CT-scans ne soient pas sans risques, en particulier chez les jeunes enfants. Une étude européenne à grande échelle, à laquelle participe également le SCK•CEN, a pour but d'élucider le problème. Plus concrètement, EPI-CT tente de démontrer le lien éventuel entre l'exposition des jeunes enfants au CT et un possible accroissement du risque de cancer à un âge plus avancé.



“ *La sensibilité des enfants au rayonnement est beaucoup plus importante que celle des adultes, car leurs cellules sont en pleine croissance.* ”

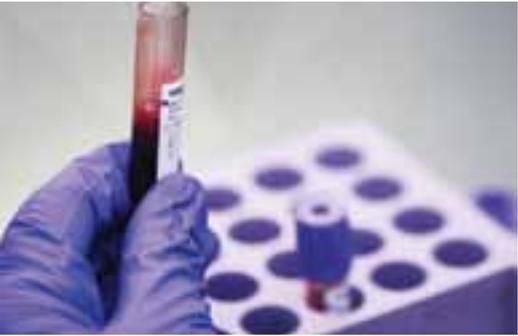


Interview de **Sarah Baatout**, responsable de la Radiobiologie, et de **Lara Struelens**, collaboratrice scientifique

Quel rôle joue le SCK·CEN dans EPI-CT ?

Lara Struelens : EPI-CT signifie « international pediatric CT scan study ». Notre groupe contribue à collecter des données dans les hôpitaux. Deux grands hôpitaux participent actuellement à l'étude : l'UZ Gasthuisberg à Louvain et le Ziekenhuis Oost-Limburg à Genk. Grâce à cette collaboration, nous allons disposer d'une base de données d'environ 30 000 patients. Des données détaillées vont être enregistrées pour chaque patient : quel CT-scan, à quel endroit, avec quels paramètres d'exposition et également un certain nombre de données personnelles (mais anonymes).

Nous remontons jusqu'à 1999 et demandons les données CT relatives aux personnes qui étaient alors mineures et qui ont subi un CT-scan. De cette manière, nous disposons de toutes les données nécessaires pour calculer les doses individuelles de chaque patient. Ensuite, nous confrontons ces doses à la base de données du registre du cancer afin de déterminer quels patients de ce groupe ont entretemps développé un cancer. Les épidémiologistes réaliseront ensuite l'analyse statistique afin de démontrer le lien éventuel entre le CT-scan chez les enfants et l'accroissement possible du risque de cancer. Pour ce faire, ils utilisent la base de données européenne résultant de la fusion des bases de données de neuf pays différents. Il a fallu du temps avant d'obtenir toutes les autorisations, mais nous pouvons désormais commencer la collecte des données en Belgique.



CT-SCAN

Le CT-scan ou tomographie existe depuis les années 70 et est de plus en plus utilisé. Les résultats offrent bien plus de détails qu'une radiographie classique, et la procédure nécessite moins de temps. La tomographie est aussi fréquemment utilisée chez les enfants. Mais le rayonnement d'un CT-scan est considérablement plus élevé que celui d'une radiographie classique. Pour une radiographie classique de la poitrine par exemple, la dose effective est typiquement de 0,02 milliSievert, alors qu'elle est de 8 milliSievert pour un CT-scan, soit 400 fois plus importante.

Sarah Baatout : Le SCK•CEN dirige le volet biologie de cette étude. Nous menons une étude pilote dont le but est de vérifier l'altération d'un certain nombre de marqueurs biologiques dans le sang de 60 patients pédiatriques avant et après le CT-scan. La dose à laquelle le patient est exposé, a un effet biologique, moléculaire. Grâce à ces marqueurs, nous espérons pouvoir détecter les patients particulièrement sensibles quelques minutes à quelques heures après le CT-scan. Notre sensibilité au rayonnement est en partie déterminée génétiquement, et peut donc être différente pour deux enfants du même âge. Nous souhaitons vérifier si nous pouvons identifier les individus présentant une plus grande sensibilité. En 2012, nous avons déjà pu démontrer que les cellules sanguines exposées à un faible rayonnement possédaient un profil différent de celles exposées à une dose élevée. En cas de faible dose, nous observons en analysant l'ensemble du génome (30 000 gènes environ) que la

communication cellule-cellule s'enclenche, mais que la réparation des dommages n'est pas toujours amorcée. En revanche, si vous exposez les cellules sanguines à une dose élevée, l'ADN subira des dommages importants qui seront néanmoins suivis d'une réparation. Généralement, si les cellules ne peuvent être réparées, elles meurent. Il s'agit du processus le plus sûr pour l'organisme. Ces comportements différents entre doses élevées et faibles doses constituent une avancée importante, car ils indiquent une différence fondamentale.

Pourquoi les enfants sont-ils plus sensibles au rayonnement ?

Sarah Baatout : La sensibilité des enfants au rayonnement est beaucoup plus importante que celle des adultes, car leurs cellules sont en pleine croissance. Le corps étant en formation, il existe un risque de développer à long terme un cancer ou une autre affection. En 2012, un article paru à la suite d'une étude épidémiologique réalisée au Royaume-Uni a révélé que les enfants



ayant subi un CT-scan de la tête étaient sujets à un risque accru de tumeur cérébrale.

Lara Struelens : Cette étude démontre que le risque est effectivement plus élevé, mais il est difficile de faire véritablement le lien entre l'intensité de la dose et le risque de maladie. Nous partons du principe que le lien est linéaire, mais les preuves scientifiques sont encore insuffisantes pour le démontrer. Nous espérons que la nouvelle étude européenne à grande échelle fournira de plus amples informations sur le sujet.

Un atout important du projet EPI-CT est la prise de conscience croissante à l'égard de cette problématique. Espérons que cela entraînera une certaine harmonisation. Nous observons que, pour de nombreuses expositions médicales, les doses varient fortement entre les hôpitaux. Les médecins et infirmiers font généralement attention aux images, au résultat final. Ils n'ont pas toujours une bonne idée de la dose que reçoit le patient. Parfois,

il n'y a même aucun protocole spécifique pour les enfants. Mais un enfant, de par sa petite taille, a besoin d'un rayonnement plus faible qu'un adulte.

EPI-CT se rattache-t-il à d'anciens projets de recherche du SCK·CEN ?

Sarah Baatout : Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire possède une expertise unique de plus de 30 ans dans le domaine de la sensibilité au rayonnement dans les différentes phases d'évolution de l'individu ; depuis la conception jusqu'à l'embryon et le fœtus. Cette étude sur les patients pédiatriques est donc complémentaire. Elle nous permet d'obtenir un meilleur aperçu de la sensibilité au rayonnement des nouveau-nés et enfants jusqu'à 12 ans.

Lara Struelens : En 2012, nous avons également mené à terme le projet PreDos. PreDos est une étude nationale ciblée sur la dosimétrie pour enfants prématurés. Dans ce cas précis, la problématique CT n'est pas d'actualité, car ces patients sont rarement soumis au CT-scan. Toutefois, de nombreuses radiographies du thorax sont réalisées afin de suivre le développement de leurs poumons. Nous n'avions aucune idée des doses concernées. Nous avons donc observé les doses dans 17 unités néonatales de soins intensifs (NICU) et avons constaté une très grande disparité pour une simple radiographie du poumon. Pour harmoniser les doses et les réduire au minimum raisonnable, nous avons formulé des directives indiquant les paramètres d'exposition optimaux pour ces radiographies. Les hôpitaux savent désormais se situer par rapport aux autres hôpitaux et ce vers quoi ils doivent tendre. Nous avons présenté nos résultats aux membres du personnel lors de formations, et leur avons communiqué les directives. Concernant leur application, nous comptons sur la bonne volonté des collaborateurs hospitaliers.

Comment se dispersent les substances radioactives dans l'atmosphère ?

La technologie dernier cri, ainsi que des données supplémentaires, permettent des prévisions encore plus précises

Grâce à l'utilisation d'ordinateurs plus performants et à l'intégration de données météorologiques, les spécialistes de l'unité *Gestion de Crise et Aide à la Décision* sont parvenus en 2012 à optimiser la fiabilité des modèles de dispersion atmosphérique existants. Ces modèles calculent la diffusion des substances radioactives dans différentes situations. C'est important dans le cadre du fonctionnement normal des installations nucléaires, mais surtout en cas d'incident ou d'accident. Des modèles ont également été élaborés pour MYRRHA. Ceux-ci tiennent compte des propriétés uniques de cette infrastructure de recherche.

Êtes-vous parti de zéro pour développer les modèles de dispersion pour MYRRHA ?

Tim Vidmar : Pour MYRRHA, nous utilisons des modèles de dispersion atmosphérique développés au SCK•CEN pendant les années 70. Ils sont toujours d'actualité, car ils se basent sur des paramètres spécifiques au site. À l'époque, ces modèles ont été testés minutieusement et comparés aux données effectives. Toutefois, nous avons dû les adapter aux scénarios d'accident concernant spécifiquement MYRRHA. C'est pourquoi les modèles de dispersion atmosphérique existants ont été combinés à une description mathématique de tout ce qui se produit dans l'installation. Nous avons achevé ce processus avec succès en 2012.

Qu'est-ce qui rend si particuliers les modèles de dispersion atmosphérique pour MYRRHA ?

Tim Vidmar : MYRRHA est un nouveau type de réacteur. En ce qui concerne les permis, nous sommes en terrain inconnu. MYRRHA possède certaines caractéristiques qui n'existent pas dans les centrales nucléaires actuelles. Nous devons donc étudier la façon dont les substances radioactives se disperseraient en cas de problème. Pour ce faire, nous utilisons des scénarios d'accidents : il s'agit d'envisager les dysfonctionnements possibles de l'installation. L'objectif final est d'évaluer l'impact des accidents potentiels sur les environs et la population.

En 2012, les modèles d'autres installations du SCK•CEN ont également été améliorés. Pour quelle raison ?

Johan Camps : La technologie évolue. Nous réalisons actuellement de nouvelles simulations avec une technique très récente intitulée « Computational Fluid Dynamics » (CFD). Elle permet de calculer les courants atmosphériques très complexes à proximité des installations, sachant que ces courants sont fortement influencés

Johan Camps, responsable de la
Gestion de Crise et Aide à la Décision
Geert Olyslaegers, collaborateur
scientifique
Lieven Vervecken, doctorant
Tim Vidmar, collaborateur scientifique
(pas dans l'image)





par des structures telles que les bâtiments, les arbres environnants ... Pour réaliser ces opérations, il existe des techniques nécessitant une grande puissance de calcul. Elles sont à présent disponibles et ces simulations sont effectuées par notre doctorant Lieven Verweken en collaboration avec l'Université catholique de Louvain (KU Leuven).

Pourquoi cette mise à jour est-elle si importante ?

Johan Camps : D'une part, c'est important pour les individus présents sur le site en cas d'accident. Cela nous permet d'examiner les meilleures voies d'évacuation. D'autre part, il est nécessaire d'adapter les modèles pour faire la corrélation entre ce qui est mesuré et ce qui est effectivement dispersé. En utilisant la technique CFD, nous pouvons travailler de façon plus précise qu'avec les techniques précédentes.

Comment gérez-vous l'influence de facteurs variables tels que les conditions atmosphériques ?

Johan Camps : Outre l'élaboration de modèles, nous étudions l'intégration de nouvelles données dans les modèles existants. Citons par exemple les données météorologiques de meilleure qualité dont nous disposons aujourd'hui. Nous pouvons les utiliser dans nos modèles pour améliorer les prévisions. Dans ce contexte, nous avons entamé en 2012 une collaboration avec l'Institut royal météorologique (IRM) afin d'intégrer leurs données météorologiques dans nos systèmes. Ceci reste cohérent avec ce que nous faisons depuis longtemps, à savoir, tenir compte des données du radar hydrométéorologique. C'est notamment important afin de

pouvoir prévoir plus précisément la manière dont les substances radioactives vont se déposer sur le sol.

L'unité Gestion de Crise et Aide à la Décision élabore également des modèles de plans d'urgence. À quoi servent-ils ?

Johan Camps : Les modèles de dispersion atmosphérique sont avant tout utilisés dans le cadre de l'obtention de permis d'installations nucléaires. Ils font également partie du plan d'urgence nucléaire fédéral. En cas d'incident ou d'exercice de plan d'urgence, l'exploitant doit lui-même réaliser et transmettre les modélisations. Dans le cadre du plan d'urgence, le SCK•CEN agit en partenariat avec les autorités afin de vérifier et interpréter ces calculs, et de donner des conseils relatifs aux mesures de prévention pour la population.

Ces modèles de plans d'urgence doivent-ils encore être affinés ?

Geert Olyslaegers : Les modèles élaborés à l'époque par le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire sont utilisés à de nombreux autres endroits, par exemple dans les centrales nucléaires de Doel et de Tihange. Ils sont certes de bonne qualité, mais de meilleures techniques sont désormais disponibles. Les ordinateurs étant lents, nous devons rester dans la simplicité, mais maintenant qu'ils possèdent une meilleure puissance de calcul, nous pouvons développer des modèles beaucoup plus réalistes. C'est pourquoi nous avons choisi de migrer nos anciens plans d'urgence vers une nouvelle plateforme nous permettant de calculer l'impact en cas de dispersion accidentelle. Nous avons quasiment terminé le développement mathématique du modèle de dispersion, mais il ne calcule pour le moment que les concentrations de substances radioactives dans l'air. Cela n'est pas suffisant. Nous devons également connaître l'impact sur la population, les environs, les plantes, les animaux et les aliments consommés par les individus. Il s'agit de l'étape suivante.



“ La médecine utilise quotidiennement le rayonnement : radiographies (rayons X), radiothérapie, produits radioactifs. Ce rayonnement sauve de nombreuses vies. Mais nous ne devons pas oublier les risques d'un usage erroné : trop de recherches, des méthodes trop sophistiquées, des paramètres inadaptés. Le SCK•CEN soutient un usage optimal : le moins de rayonnement possible pour le meilleur résultat possible, surtout chez les enfants.

”

Frank Hardeman

Directeur d'institut Environnement, Santé et Sécurité



Comment se dispersent les radionucléides dans l'argile ?

Impact des restes organiques examinés

La présence de résidus organiques de plantes et d'animaux dans l'argile de Boom influence-t-elle le mode de dispersion des radionucléides ? C'est l'une des questions principales sur laquelle se penche l'unité *R&D Enfouissement* du SCK•CEN.

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire étudie depuis plusieurs décennies l'enfouissement souterrain de déchets radioactifs dans la couche argileuse de Boom. L'argile est un matériau peu perméable qui se prête bien à cette opération étant donné ses propriétés physiques et chimiques. Celles-ci veillent à limiter fortement la dispersion éventuelle des radionucléides. L'impact à long terme des acides humiques (résidus organiques) sur le comportement des radionucléides dans l'argile n'a toutefois pas pu être correctement évalué. Jusqu'à aujourd'hui. Qu'en est-il ? La liaison entre les acides humiques et les radionucléides existe, mais elle n'est pas stable à long terme. Cela permet à l'argile d'effectuer son travail et de limiter la dispersion des radionucléides. Cette découverte est le fruit de longues expériences sur les radionucléides.

L'unité *R&D Enfouissement* étudie le comportement migratoire de ces radionucléides dans l'argile de Boom. Pour ce faire, les chercheurs disposent d'une infrastructure unique : le laboratoire souterrain HADES. La construction de ce laboratoire, situé à 225 mètres de profondeur, a débuté en 1980. Grâce à celui-ci, le SCK•CEN est un pionnier de la recherche sur l'enfouissement géologique en formations argileuses comme solution à long terme pour les déchets fortement radioactifs. La recherche

sur l'enfouissement de ces déchets est coordonnée par l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF), avec le SCK•CEN en tant que partenaire de recherche principal. Pour ce laboratoire souterrain, les deux parties ont concentré leurs forces au sein du groupement d'intérêt économique EURIDICE.

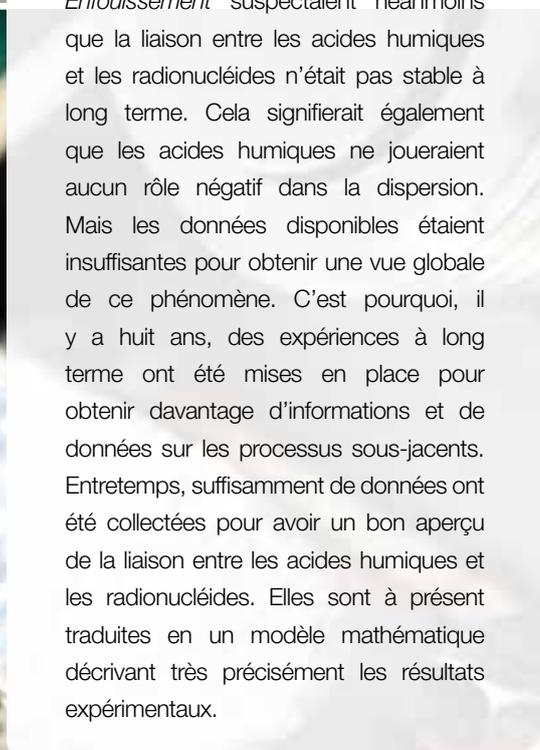
16



Comportement des radionucléides dans l'argile

Généralement, les couches argileuses se prêtent particulièrement bien à l'enfouissement de déchets radioactifs. Puisqu'aucune nappe d'eau n'y circule, les radionucléides ne peuvent se répandre que par diffusion. En outre, les couches argileuses retiennent les radionucléides en raison de la forte attraction vers leur surface, ce qui réduit la mobilité. Toutefois, l'eau interstitielle de l'argile de Boom présente également des acides humiques. Ces résidus organiques de plantes et animaux sont également étudiés, car ils peuvent former une forte liaison avec les radionucléides (et les métaux lourds), à la suite de quoi, ces derniers sont moins attirés et donc moins retenus par la surface argileuse. La présence d'acides humiques peut donc augmenter la mobilité des radionucléides et par conséquent réduire l'efficacité de l'enfouissement.

Les chercheurs de l'unité *R&D Enfouissement* suspectaient néanmoins que la liaison entre les acides humiques et les radionucléides n'était pas stable à long terme. Cela signifierait également que les acides humiques ne joueraient aucun rôle négatif dans la dispersion. Mais les données disponibles étaient insuffisantes pour obtenir une vue globale de ce phénomène. C'est pourquoi, il y a huit ans, des expériences à long terme ont été mises en place pour obtenir davantage d'informations et de données sur les processus sous-jacents. Entretemps, suffisamment de données ont été collectées pour avoir un bon aperçu de la liaison entre les acides humiques et les radionucléides. Elles sont à présent traduites en un modèle mathématique décrivant très précisément les résultats expérimentaux.



Expériences à long terme

Deux types d'expériences permettent de se faire une idée exacte sur le sujet. Il s'agit d'une part des expériences migratoires typiques. On y mesure la rapidité de dispersion des radionucléides à travers les couches argileuses. Les chercheurs prélèvent des carottes argileuses et versent sur cet échantillon une petite goutte de solution à base de radionucléides. Ensuite, ils observent le processus de dispersion. Ces expériences migratoires s'effectuent tant à petite échelle en laboratoire qu'à grande échelle dans HADES. Elles durent très longtemps, car les processus se déroulent très lentement.

D'autre part, on étudie la façon dont les radionucléides se lient avec les minéraux argileux et les acides humiques. Les conditions chimiques d'une profonde couche d'argile telles que l'absence d'oxygène sont reproduites le plus fidèlement possible dans des boîtes à gants. Chaque radionucléide possède ses propriétés spécifiques et réagit donc différemment. C'est pourquoi le comportement de chaque radionucléide doit être étudié séparément. Les chercheurs vérifient entre autres la mesure dans laquelle un radionucléide interagit



avec les minéraux argileux (adsorption), la mesure dans laquelle un radionucléide forme une liaison avec l'acide humique, et ils étudient également le comportement de ce matériau organique dans l'argile. Ces mesures font l'objet d'expériences séparées, sans les radionucléides, et ensuite d'expériences combinées.

Un grand pas en avant

Les expériences révèlent qu'un nombre de radionucléides se lient avec les acides humiques, ce qui réduit la force d'attraction des minéraux argileux. Néanmoins, les expériences migratoires à long terme prouvent que ces liaisons ne sont pas stables. Les complexes de radionucléides et d'acides humiques se désagrègent, après quoi les radionucléides sont à nouveau adsorbés par les minéraux argileux. Étant donné que la diffusion est un processus extrêmement lent, les minéraux argileux ont tout le temps d'adsorber les radionucléides, et les liaisons entre les radionucléides et les acides humiques ne constituent par conséquent pas un obstacle.

Un modèle conceptuel a été élaboré sur la base des données collectées dans le cadre des expériences. Ce modèle contient tous les processus de base sous-jacents tels que l'adsorption, la diffusion et l'instabilité des liaisons entre les radionucléides et l'acide humique. Grâce à ce modèle mathématique, il est désormais possible de simuler des expériences migratoires de longue durée. Cela représente également un grand pas en avant pour la réalisation d'analyses de sûreté.

“ *Sur base d'expériences précédentes, nous soupçonnions que la liaison entre les matières organiques et les radionucléides n'était pas stable. Nous en avons désormais la preuve.* ”

Des analyses de déchets encore plus précises

Solutions pour les échantillons complexes

Les exigences en matière de caractérisation des déchets sont de plus en plus strictes. Par conséquent, des techniques de plus en plus sophistiquées sont nécessaires pour analyser la présence de radionucléides.

En 2012, le groupe d'expertise *Analyse radiochimique* a mis au point une série de méthodes. Il se prépare également à l'arrivée de MYRRHA. En effet, la future infrastructure de recherche du SCK•CEN générera des types de déchets nouveaux et spécifiques.

Que ce soit en Belgique ou à l'étranger, les critères d'acceptation des déchets radioactifs sont devenus de plus en plus rigoureux ces dernières années. Cela s'explique par la volonté d'une manipulation et d'un stockage plus sûrs et plus efficaces des déchets. Ces critères plus stricts exigent également l'analyse des (radio)nucléides présents en très faibles concentrations dans les déchets ainsi que des (radio)nucléides difficiles à détecter. Au sein du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, c'est le groupe d'expertise *Analyse radiochimique* qui est chargé de relever ce défi. Le groupe est spécialisé dans l'analyse chimique et radiochimique de diverses formes de

déchets radioactifs produits sur le site du SCK•CEN ainsi que par l'industrie nucléaire. Les résultats de ces analyses aident à déterminer de quelle manière les déchets peuvent être manipulés et stockés en toute sécurité.

Solutions complexes

Les déchets radioactifs peuvent se présenter sous formes très diverses : cela peut aller de liquides ou solides homogènes à des mélanges très hétérogènes. Il existe des techniques d'analyse différentes pour chaque type d'échantillon. Certains radionucléides, tels que les émetteurs gamma, doivent être directement mesurés dans les déchets. D'autres radionucléides, tels que les émetteurs alpha et bêta, ne peuvent être mesurés que dans un échantillon dissous après minutieuse purification. Pour rendre la tâche encore plus ardue, certains radionucléides, tels que le



chlore-36 et le carbone-14, se volatilisent durant le prétraitement chimique.

En 2012, les chercheurs se sont fortement penchés sur l'analyse de ces radionucléides dans diverses formes de déchets. Jusqu'il y a peu, les échantillons de graphite étaient un matériau contraignant, car aucune technique adéquate n'existait pour dissoudre le graphite et capturer simultanément les radionucléides volatils. Le graphite pouvait certes être dissous dans un réacteur de minéralisation, mais cette méthode ne permettait pas de capturer les radionucléides volatils. Les chercheurs ont pu résoudre ce problème en analysant les échantillons de graphite en deux étapes. Les radionucléides non volatils sont analysés après dissolution dans le réacteur de minéralisation. Pour capturer et examiner les radionucléides volatils, le graphite est brûlé.

Les échantillons résineux sont également difficiles à dissoudre. En 2012, le groupe d'expertise *Analyse radiochimique* a pu développer une procédure de dissolution spécifique pour deux types de résine. Il est désormais possible de capturer les radionucléides volatils dans un liquide de base, lequel peut ensuite être analysé.

Des seuils de détection encore plus bas

Pour le chlore-36, radionucléide volatil, le groupe d'expertise est déjà capable d'atteindre des seuils de détection jusqu'à 6 becquerels par gramme de graphite. L'objectif est d'abaisser encore ce seuil. Le chlore-36 est un radionucléide pour lequel la caractérisation des déchets suscite un intérêt croissant. Étant donné qu'il n'est présent qu'en très faibles concentrations, 6 becquerels par gramme ne sont pas toujours suffisants. Une étude à venir doit montrer comment le chlore-36 peut être

scindé et préconcentré de façon optimale afin d'obtenir des seuils de détection encore plus bas, tant dans le graphite que d'autres formes de déchets.

MYRRHA, source de nouveaux défis

En 2012, une partie importante de la recherche s'est concentrée sur MYRRHA. Ce réacteur encore à construire ne produit naturellement pas de déchets, mais il est important d'élaborer dès maintenant des procédures détaillées de sorte que les échantillons issus des expériences scientifiques puissent être analysés. Le plus grand défi en ce qui concerne les échantillons MYRRHA réside dans le fait que le plomb et le bismuth constituant le liquide réfrigérant sont présents en grande concentration et peuvent altérer les analyses. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre au point un certain nombre de séparations. Pour ce faire, il existe deux méthodes : isoler le plomb et le bismuth ou isoler les radionucléides sur lesquels porte l'analyse. Le développement de ces stratégies d'analyse s'effectue en partie dans le cadre d'une recherche doctorale.





En 2012, le groupe d'expertise *Analyse radiochimique* s'est principalement concentré sur les radionucléides volatils tels que le chlore-36 et le carbone-14. Il s'agit d'émetteurs bêta purs. Tout émetteur bêta possède un spectre énergétique continu. Un mélange complexe comprenant plusieurs émetteurs bêta implique l'apparition d'un spectre complexe, ce qui fournit rarement des informations exploitables. Pour pouvoir analyser différents radionucléides, ils doivent donc d'abord être isolés les uns des autres. C'est la raison pour laquelle tant d'efforts ont été consacrés à l'optimisation des méthodes de séparation dans le cadre de la recherche sur la caractérisation des déchets.



Arrêt en 1987, et toujours source de connaissances

Réacteur UGent démantelé grâce à l'expertise BR3

En 2012, le Belgian Reactor 3 fêtait un double anniversaire : cela faisait 50 ans qu'il avait été mis en service et 25 ans qu'il avait été arrêté.

Avec le démantèlement du réacteur BR3, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a acquis des connaissances uniques concernant la planification, la réalisation et le suivi du processus de démantèlement. A présent, ces connaissances sont utilisées activement pour le démantèlement d'autres installations nucléaires, tant au sein qu'à l'extérieur du SCK•CEN.

L'une d'entre elles est Thetis, le réacteur de recherche de l'Université de Gand. En ce qui concerne le BR3, une nouvelle phase du processus de démantèlement a été amorcée.

En 2012, les derniers déchets de moyenne activité ont été éliminés du BR3. Cela signifie que seuls des matériaux de faible activité y sont encore présents. Plus aucun robot n'est nécessaire pour leur démantèlement et leur élimination, et le groupe d'expertise *Démantèlement, Décontamination et Déchets* peut travailler manuellement. Les collaborateurs se concentrent à présent sur la décontami-

nation des parois, murs et plafonds en béton. Un trajet important a donc déjà été parcouru. En 1989, le BR3 était l'un des quatre projets pilotes de démantèlement en Europe. En Belgique, il n'existait alors aucun cadre légal pour l'établissement des dossiers de démantèlement et les demandes de permis y afférentes. Le BR3 est un cas d'étude sur la base duquel l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) a élaboré la législation et la réglementation actuelles.

L'expérience du BR3 appliquée à l'assainissement d'une cellule chaude

Mais plus qu'un cas d'étude pour les autorités, le BR3 est également à la base des connaissances et du savoir acquis par le SCK•CEN en matière de démantèlement d'installations nucléaires. En 2012, l'unité *Démantèlement et Décontamination* a mis ces connaissances

en pratique pour l'assainissement de la cellule chaude M2. Il ne s'agissait pas ici d'un véritable démantèlement, mais d'un nettoyage en profondeur en vue d'une réutilisation. Après un long processus de travaux préparatoires, l'espace d'intervention à partir duquel l'assainissement de la cellule chaude M2 est piloté a pu être mis en service en 2012. Étant donné qu'il n'est pas possible d'accéder à la cellule chaude, toutes les opérations s'effectuent à distance. Cela s'est déroulé avec succès, car depuis que l'espace d'intervention est opérationnel, près d'une tonne et demie de déchets a pu être évacuée.



© UGent

Thetis en démantèlement

Les connaissances acquises avec le projet BR3 sont à présent appliquées activement à d'autres installations telles que Thetis, le réacteur de recherche à l'arrêt de l'Université de Gand (UGent). En mai 2012, un permis a été octroyé pour son démantèlement. Thetis, réacteur de type différent du BR3, est plus facile à démanteler, mais la méthodologie et l'approche restent les mêmes. L'UGent ne possédait pas l'expérience nécessaire pour mener ce démantèlement. Lorsque Thetis a été définitivement mis à l'arrêt, le personnel d'exploitation a été affecté à d'autres fonctions et le réacteur a été mis sous surveillance minimale. Étant donné sa vaste expérience – également avec d'autres types de réacteurs – le groupe d'expertise *Démantèlement, Décontamination et Déchets* du SCK•CEN était le partenaire tout désigné pour ce projet.

La radioactivité de Thetis cartographiée

Une étape importante du processus de démantèlement s'est achevée en 2012, à savoir la cartographie radiologique de l'installation. Les mesures ont confirmé le modèle précalculé des composants actifs du réacteur, la méthode de démantèlement et le scénario d'évacuation des déchets radioactifs. Cette cartographie a également permis de régler les derniers détails du plan des déchets ainsi que des méthodologies visant à caractériser ces déchets et à libérer les autres matériaux.

Le logiciel maison développé pour gérer le projet de démantèlement s'est révélé être un outil très important. Celui-ci a été mis au point lors du démantèlement du BR3 et peut être configuré selon les conditions. Dans le cas de Thetis, les collaborateurs du groupe *Démantèlement, Décontamination et Déchets* en utilisent une version simplifiée. L'outil permet de suivre avec précision ce qui est effectivement démantelé, les opérations effectuées, le statut des différentes procédures de mesure et la destination des matériaux. Le rapportage obligatoire à l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) ainsi qu'à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) est également prévu.

En 2013, le groupe d'expertise continue sur sa lancée avec le démantèlement effectif de Thetis. Cela s'effectuera en plusieurs phases, à commencer par la partie à haute activité du réacteur et pour terminer avec les matériaux non radioactifs, mais toxiques et contenant de l'amiante. Si les travaux se déroulent comme prévu, Thetis sera totalement démantelé en 2014 et le site pourra alors être libéré.





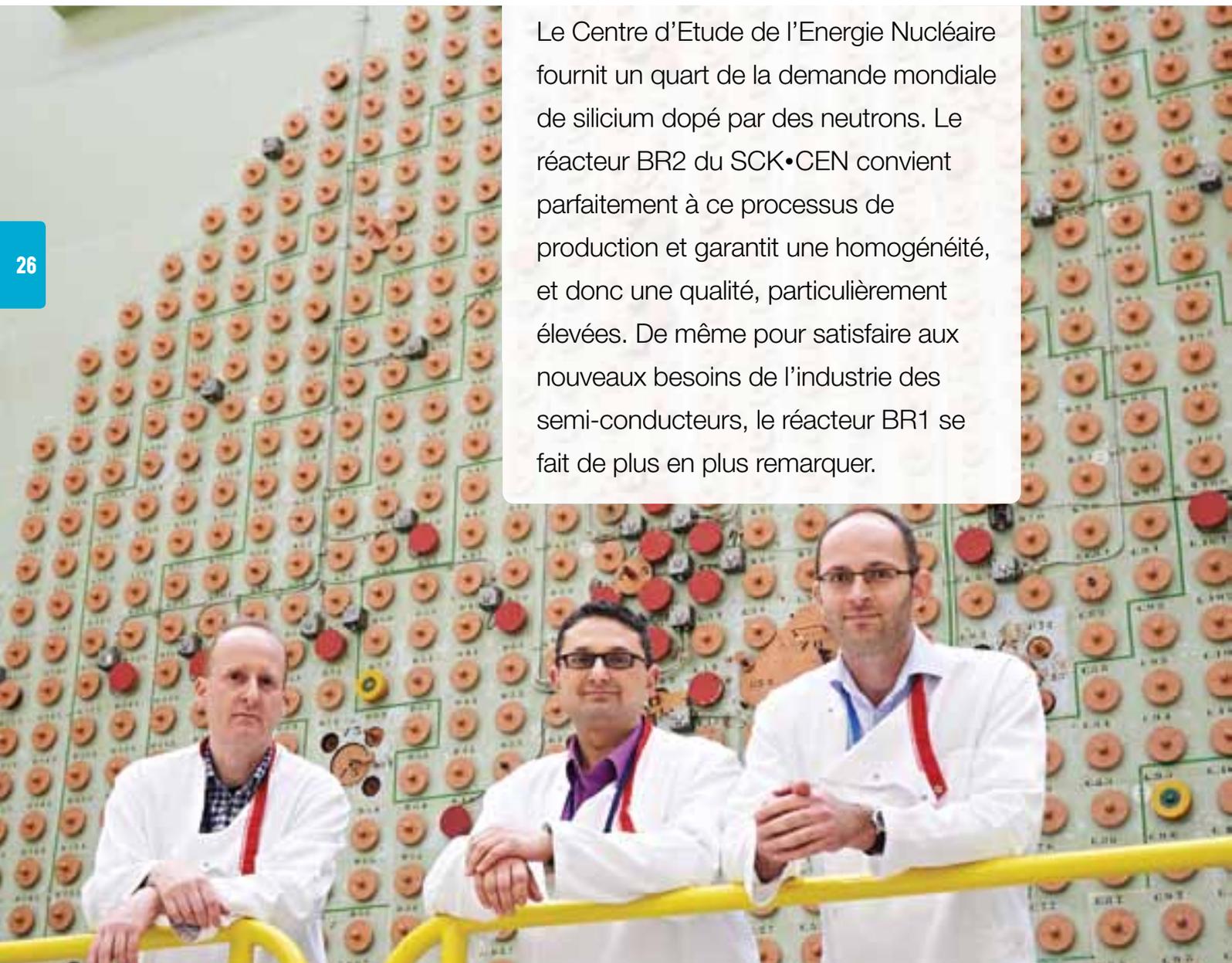
**BR1
& BR2 :**
performants et
multifonctionnels

02

L'industrie des semi-conducteurs compte sur le BR1

Phase d'essai du dopage du silicium clôturée avec succès

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire fournit un quart de la demande mondiale de silicium dopé par des neutrons. Le réacteur BR2 du SCK•CEN convient parfaitement à ce processus de production et garantit une homogénéité, et donc une qualité, particulièrement élevées. De même pour satisfaire aux nouveaux besoins de l'industrie des semi-conducteurs, le réacteur BR1 se fait de plus en plus remarquer.



Au SCK•CEN, le « Neutron Transmutation Doping » (dopage par transmutation neutronique) ou NTD est déjà pratiqué depuis plusieurs décennies dans le réacteur BR2 (voir encadré). Plus l'irradiation du cristal de silicium est longue ou plus le flux neutronique est élevé, moins la résistivité finale est élevée. La résistivité ou résistance spécifique est la mesure de la résistance d'un matériau au courant électrique. Grâce à son flux de neutrons élevé, le réacteur BR2 est idéal pour produire des cristaux à faible résistivité. Depuis peu, certaines nouvelles applications entraînent une demande croissante en silicium dopé à haute résistivité. Cela implique que les cristaux doivent être irradiés moins longtemps ou dans un flux neutronique moins important. Il n'est pas aisé d'obtenir une résistivité plus élevée dans le BR2. C'est ici que le BR1 entre en action.

BR1 offre une capacité et une flexibilité supplémentaires

BR1 est un réacteur à flux de neutrons beaucoup plus faible dans lequel il est par conséquent plus facile de produire des cristaux de silicium à haute résistivité. Un autre avantage réside dans le fait que le BR1 est un grand réacteur, permettant un flux de neutrons pratiquement constant sur une distance relativement importante. Il est donc possible d'irradier des volumes considérables de silicium avec un même flux de neutrons, sans devoir faire tourner ou déplacer les cristaux pendant l'irradiation, ce qui est en revanche nécessaire dans le BR2. Grâce au réacteur BR1, le SCK•CEN peut désormais répondre à la nouvelle demande du marché.



Étant donné le type de réacteur, le BR2 ne peut irradier que des cristaux de dimensions très spécifiques. En outre, ce processus est effectué en immersion. Si les cristaux sont trop grands, ils ne peuvent pénétrer dans les canaux d'irradiation. S'ils sont trop petits, l'eau environnante absorbera une quantité excessive de neutrons, rendant le processus NTD trop imprécis. En revanche, dans le réacteur BR1,

LE SILICIUM NTD : UN EXCELLENT SEMI-CONDUCTEUR

Le silicium est l'un des matériaux les plus utilisés dans l'industrie électronique. On peut en faire un excellent semi-conducteur en créant des impuretés dans la structure cristalline. Une des manières d'y parvenir consiste à irradier le silicium dans un réacteur de recherche. Ce processus s'intitule « Neutron Transmutation Doping » (dopage par transmutation neutronique) ou NTD.

Le processus se déroule comme suit. Le silicium se compose de trois isotopes naturels : le silicium-28 (92,2%), le silicium-29 (4,7%) et le silicium-30 (3,1%). Lorsque le silicium est irradié dans un réacteur, une partie du silicium-30 interagit avec les neutrons pour former du silicium-31 instable. Ce dernier se désintègre en phosphore-31, isotope stable. En créant des isotopes de phosphore en tant qu'impuretés dans le silicium, les propriétés électriques du cristal irradié sont modifiées et celui-ci devient un semi-conducteur.

L'avantage du NTD par rapport à d'autres méthodes réside dans la répartition très homogène des impuretés dans le cristal. Cela rend le silicium dopé particulièrement adapté aux applications à hautes puissances.



UN PROJET SUR LEQUEL LE TEMPS N'A PAS D'EMPRISE

Le Belgian Reactor 1 a été mis en service en 1956. Il fut le premier réacteur de recherche belge. Le BR1 est refroidi à l'air, utilise du graphite en guise de modérateur et l'uranium naturel en guise de combustible. Détail étonnant : le combustible est toujours le même que lors de la première mise en service. Le BR1 possède une puissance thermique de 4 MW et se compose de 829 canaux dont 569 sont chargés en combustible. Une septantaine de canaux de dimensions diverses sont dédiés à des fins expérimentales.

Après sa phase de lancement, le BR1 a principalement été utilisé dans le cadre de la recherche sur la physique des réacteurs et des neutrons. Jusqu'à la mise en service du réacteur BR2, en 1964, il servait également à la production de radio-isotopes.

Aujourd'hui, le BR1 ne fonctionne plus en permanence. Le réacteur est démarré lorsque l'on en a besoin et est ensuite arrêté. Dans le régime d'exploitation actuel, la puissance maximale est réduite à 700 kW. Ce réacteur d'essai extrêmement souple est notamment utilisé pour l'étalonnage d'instruments de mesure ainsi que pour diverses irradiations dans le cadre de la recherche propre, mais également pour d'autres centres d'étude, des universités ainsi que l'industrie. Par ailleurs, le BR1 joue un rôle prépondérant dans la formation des scientifiques et ingénieurs.



l'irradiation s'effectue dans l'air, ce qui fait que le processus subit moins l'influence des dimensions divergentes des cristaux. Ce faisant, le BR1 affiche une meilleure flexibilité lorsqu'il est question d'irradier des cristaux de silicium de dimensions spécifiques pour obtenir une résistivité élevée.

Un autre point important réside dans le fait que le processus NTD fonctionne avec ce que l'on appelle des neutrons thermiques ou de faible énergie. Le cœur d'un réacteur contient toujours des neutrons de faible et de haute énergie. Mais les neutrons de haute énergie endommagent la structure cristalline du silicium, ce qui nécessite un traitement ultérieur par le client. Le réacteur BR1 est parfaitement adapté à l'irradiation au moyen de neutrons thermiques.

Prêt pour le lancement

En 2012, une étude de faisabilité a été réalisée concernant le dopage du silicium dans le réacteur BR1. Dans un premier temps, l'étude a porté sur l'emplacement le plus approprié dans le réacteur pour effectuer ces irradiations. Ensuite, les premiers tests d'irradiation ont été effectués pour deux clients potentiels. Le résultat de ces essais s'est révélé positif. Le BR1 est désormais prêt à passer en production.

POLLUX contrôle la qualité du silicium

Une nouvelle étoile au firmament du BR2

Le réacteur BR2 compte deux installations pour l'irradiation du silicium : SIDONIE pour les cristaux d'un diamètre jusqu'à 5 pouces et POSEIDON pour les diamètres de 6 à 8 pouces. Étant donné que le produit final doit satisfaire à des exigences de plus en plus élevées, il est également nécessaire de suivre de façon toujours plus précise l'irradiation du silicium. Telle est la mission du nouveau dispositif de mesure POLLUX.

Le marché des semi-conducteurs est en pleine mutation. Pour continuer à garantir la qualité requise, les procédures qu'utilise le SCK•CEN depuis le début des années 90 au sein de l'installation SIDONIE (Silicon DOPing by Neutron Irradiation Experiment) doivent être renforcées. Outre la demande émanant de l'industrie des semi-conducteurs, il existe d'autres raisons expliquant la nécessité de cette mise à jour. Le réacteur BR2 abrite de nouvelles expériences qui n'existaient pas à l'époque et les barres de contrôle ne sont plus les mêmes que celles utilisées au début. Enfin, l'environnement neutronique dans le cœur du réacteur évolue également en fonction de l'âge de la matrice dans laquelle les dispositifs sont placés. C'est pourquoi il est indispensable de développer un nouvel outil permettant d'améliorer la précision des mesures. C'est précisément ce pour quoi POLLUX a été conçu.

Des capteurs mesurent le flux de neutrons

POLLUX est installé à proximité de SIDONIE, ce qui permet d'obtenir des mesures plus précises sur les conditions d'irradiation auxquelles le silicium est exposé. Ces conditions déterminent la qualité du produit irradié. Au début du processus, le silicium possède une certaine résistance électrique. Cette résistivité doit être adaptée afin d'obtenir un semi-conducteur aux caractéristiques souhaitées. Pour ce faire, le silicium est irradié de neutrons dans SIDONIE pendant un certain temps.

Pour parvenir à la résistivité souhaitée, il est indispensable de suivre le plus précisément possible la façon dont les neutrons se comportent. C'est possible grâce à POLLUX. L'instrument est placé dans un canal d'irradiation du BR2 et est équipé de capteurs mesurant le flux de neutrons. Ces capteurs sont appelés « Self Powered Neutron Detectors » ou SPND. Ils sont montés sur la partie terminale d'une barre cylindrique de 5 m de long, qui est placée dans le cœur du réacteur. Chaque minute, POLLUX mesure en 18 positions la répartition axiale du flux de neutrons.

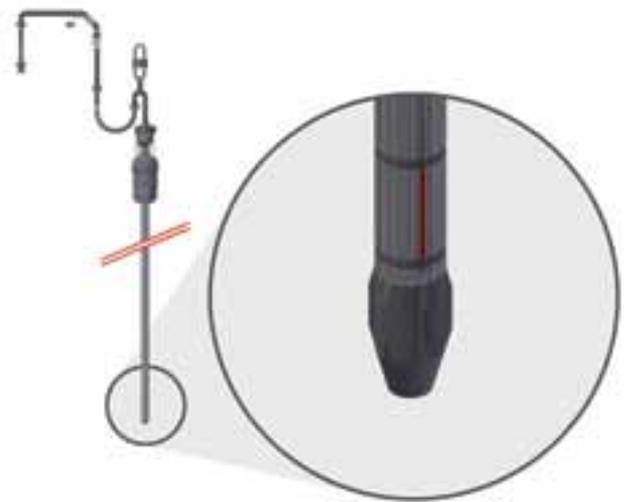
Les clients du SCK•CEN souhaitent un produit final le plus homogène possible. Cela s'explique par le fait que ce type de silicium est principalement utilisé dans des applications à hautes puissances électriques telles que les éoliennes, systèmes d'énergie solaire et véhicules hybrides. Pour obtenir cette homogénéité, le silicium est, durant son irradiation dans SIDONIE, soumis à une rotation permanente ainsi qu'à des mouvements de va-et-vient à deux vitesses.

POLLUX collecte les premières données

À l'automne 2012, POLLUX a été utilisé pour un premier cycle d'irradiation de trois semaines. Ce processus sera répété dans une phase ultérieure de sorte que POLLUX puisse mesurer le flux de neutrons pendant quatre semaines avec une configuration de réacteur différente. Un nombre plus important de mesures permet d'avoir une meilleure vue sur le fonctionnement du BR2. L'interprétation de ces mesures n'est pas réalisée immédiatement. Les données sont lues dans une phase ultérieure et confrontées aux modèles neutroniques du réacteur afin de dégager une corrélation. Enfin, les informations fournies par POLLUX doivent veiller à ce que le SCK•CEN puisse continuer à garantir et à développer sa position unique dans l'irradiation du silicium pour applications à grande valeur ajoutée.

Extension prévue

POLLUX a été spécialement conçu pour le BR2 et est unique à ce jour. L'instrument de mesure peut être déplacé dans le réacteur et pourrait être dupliqué pour être placé dans un autre canal d'irradiation. Actuellement, POLLUX n'est utilisé qu'avec SIDONIE, mais des actions sont d'ores et déjà mises en œuvre pour anticiper l'arrivée possible d'un nouveau dispositif SIDONIE permettant d'irradier des cristaux de silicium de 6 pouces. Dans une phase ultérieure, l'instrument pourrait également s'avérer utile à l'autre dispositif d'irradiation de silicium présent dans le BR2, à savoir POSEIDON (POol Side Equipment for Irradiation and DOping of silicon by Neutrons).



Détail de POLLUX

“ *Chaque minute, POLLUX mesure en 18 positions la repartition axiale du flux de neutrons.* ”



“

Seule la collaboration positive de toutes les disciplines scientifiques et technologiques, y compris la recherche nucléaire et le développement, offrira des solutions innovantes aux grands défis sociaux de demain.

”

Leo Sannen

Directeur d'institut Science des Matériaux nucléaires



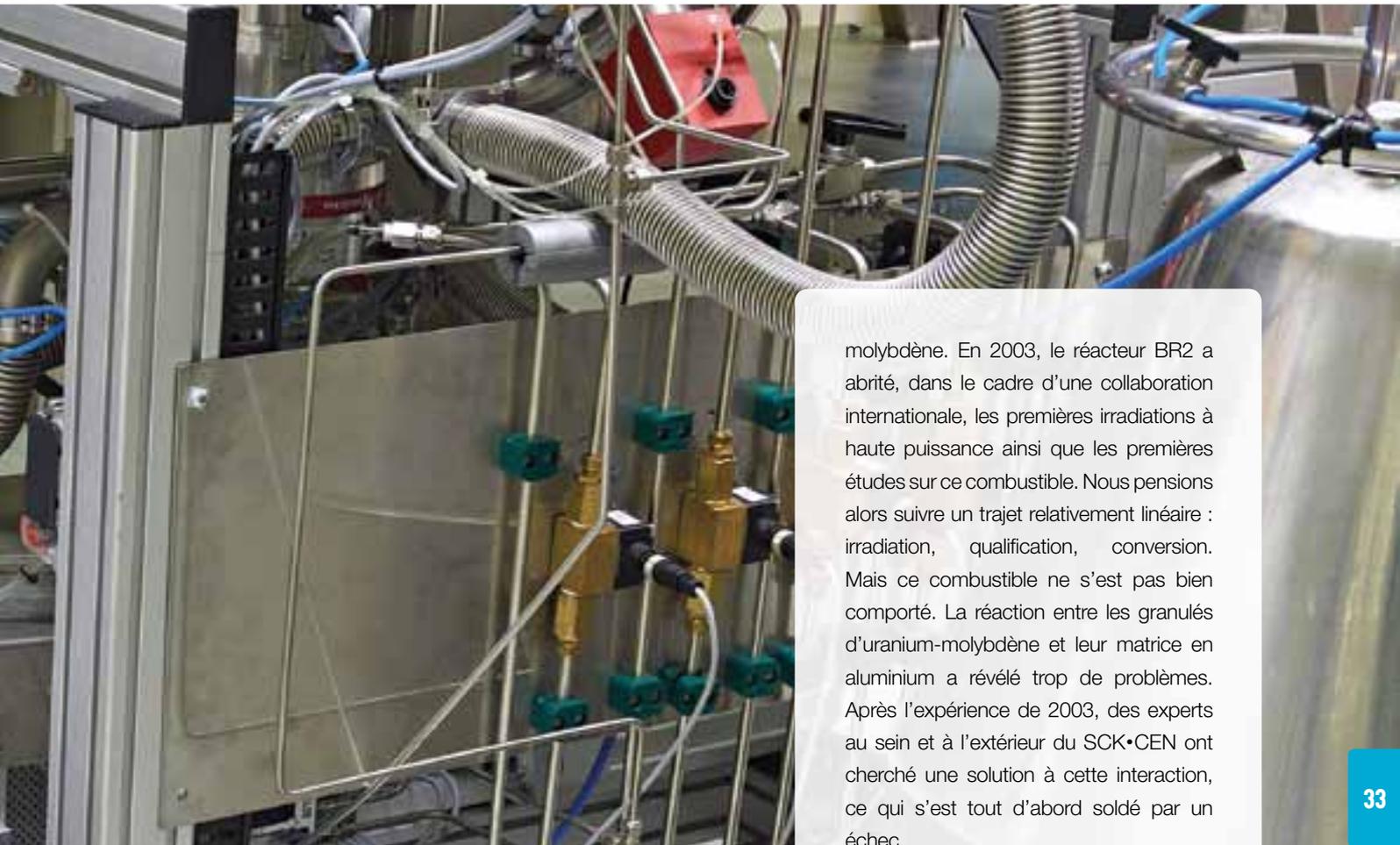


Faire fonctionner tous les réacteurs de recherche à l'uranium faiblement enrichi est un objectif poursuivi dans le monde entier depuis plusieurs décennies. Pour quelques réacteurs, cela n'a pas été possible jusqu'aujourd'hui. Grâce au programme SELENIUM du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, cela va bientôt changer.

L'uranium faiblement enrichi

bientôt dans tous les réacteurs de recherche ?

Interview de **Sven Van den Berghe**, responsable de l'Analyse microstructurale et non-destructive



molybdène. En 2003, le réacteur BR2 a abrité, dans le cadre d'une collaboration internationale, les premières irradiations à haute puissance ainsi que les premières études sur ce combustible. Nous pensions alors suivre un trajet relativement linéaire : irradiation, qualification, conversion. Mais ce combustible ne s'est pas bien comporté. La réaction entre les granulés d'uranium-molybdène et leur matrice en aluminium a révélé trop de problèmes. Après l'expérience de 2003, des experts au sein et à l'extérieur du SCK•CEN ont cherché une solution à cette interaction, ce qui s'est tout d'abord soldé par un échec.

33

Pourquoi est-ce si difficile de faire fonctionner un réacteur de recherche performant tel que le BR2 à l'uranium faiblement enrichi ?

Sven Van den Berghe : Les réacteurs de recherche sont conçus pour produire la plus grande quantité possible de neutrons dans un volume le plus réduit possible. C'est pourquoi ils fonctionnent avec des combustibles spéciaux et souvent de l'uranium hautement enrichi (UHE). En passant à un combustible à base d'uranium faiblement enrichi (UFE), nous ne voulons naturellement pas altérer la performance de ces réacteurs. Pour ce faire, nous rendons le combustible le plus dense possible. De nombreux réacteurs sont déjà passés d'un combustible à base d'alliage uranium-aluminium contenant de l'uranium hautement enrichi à un combustible à base d'alliage uranium-silicium qui peut être faiblement enrichi de par sa densité plus importante. Néanmoins, il existe environ cinq réacteurs de recherche hautes performances en Europe, dont notre BR2, pour lesquels ce combustible ne suffit pas. C'est précisément pour ces réacteurs que de nouveaux programmes de recherche internationaux ont été lancés dans le but de produire un combustible encore plus dense. Ils ont donné lieu à l'alliage uranium-

Malgré cette déconvenue, il semble que vos collègues et vous-même ayez eu le courage de ne pas baisser les bras ?

Sven Van den Berghe : Une première solution était l'ajout de silicium à l'aluminium composant la matrice. Le SCK•CEN a collaboré à ce projet dans le cadre du programme international LEONIDAS (voir également *L'essentiel 2010*). Cela a permis d'améliorer le comportement du combustible, mais de manière encore insuffisante. Une autre solution a donc dû être trouvée. C'est pourquoi le SCK•CEN a lancé le programme SELENIUM en 2007. SELENIUM n'a aucun rapport avec l'élément chimique du même nom, mais signifie « Surface Engineering of Low ENriched Uranium Molybdenum ». Le programme se concentre donc sur la surface engineering ou ingénierie

“
*Nous sommes confiants,
mais prudents. Le reste
du monde réagit très
positivement. À l'heure
actuelle, le SCK•CEN est
le seul à avoir réalisé avec
succès un tel programme
d'irradiation.*”



de surface des granulés d'uranium-molybdène. Pourquoi faisons-nous cela ? Parce que la réaction se produit à l'interface entre les granulés d'uranium-molybdène et l'aluminium. Nous souhaitons ajouter quelque chose au niveau de cette interface afin d'empêcher la réaction. C'est pourquoi nous avons développé un revêtement à appliquer en fine couche sur les granulés combustibles avant que ceux-ci ne soient introduits dans la matrice en aluminium. Il peut s'agir d'un revêtement de silicium, dans la continuité du programme LEONIDAS dans le cadre duquel nous avons ajouté du silicium à l'aluminium composant la matrice, ou d'une barrière antiréactive, par exemple un revêtement en nitrure de

zirconium. Nous examinons encore d'autres possibilités. Cela fait maintenant cinq ans que nous étudions ces revêtements et nous en avons breveté l'idée. En 2012, notre combustible SELENIUM a été intégré au réacteur BR2 avec les deux revêtements susmentionnés. À première vue, les deux plaques se comportent très bien. Elles sortiront du canal de refroidissement en 2013, c'est alors que nous pourrons commencer l'examen post-irradiation.

Sur quoi se base cet optimisme circonspect ?

Sven Van den Berghe : Nous avons inspecté ces plaques de combustible sous l'eau au moyen d'une caméra. Dans un premier temps, nous ne pouvions pas en faire davantage. Mais cela a déjà fourni beaucoup d'informations. Les anciennes plaques commençaient par exemple à fuir ou à se déformer, ce que nous pouvions voir à l'œil nu sur les images de la caméra. Les plaques SELENIUM paraissent en revanche en très bon état. A quel point ? Nous ne pourrions le dire qu'après les avoir examinées en cellule chaude et mesuré le résultat final. La dilatation de la plaque et



solutions ont rencontré des problèmes. Un programme parallèle est en cours aux États-Unis, mais le combustible choisi est beaucoup plus complexe et plus onéreux. Il est également beaucoup plus difficile à produire et à qualifier. En Europe, les regards se tournent principalement vers nous.

35

l'oxydation de la surface extérieure se mesurent en cellule chaude. Ensuite nous effectuerons une spectrométrie gamma, après quoi nous découperons la plaque pour en examiner l'intérieur, où se trouve réellement la matière fissile, en utilisant des techniques de microscopie et de spectroscopie. Nous pourrions alors nous rendre compte de la capacité du revêtement à empêcher la réaction entre les granulés d'uranium-molybdène et la matrice en aluminium.

S'agit-il de la solution que nous attendons impatiemment depuis plusieurs années ?

Sven Van den Berghe : Nous sommes confiants, mais prudents. Le reste du monde est très positif. La pression est très élevée. À l'heure actuelle, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire est le seul à avoir réalisé avec succès un programme d'irradiation du combustible de dispersion uranium-molybdène dans les conditions requises pour le fonctionnement d'un réacteur de recherche hautes performances tel que le BR2. Toutes les autres

Pourquoi le SCK·CEN accorde-t-il une telle valeur à cette étude ?

Sven Van den Berghe : Dans le cadre de la non-prolifération et de nos bonnes relations avec les États-Unis, moteur de l'élimination de l'uranium civil hautement enrichi, la Belgique a décidé de s'impliquer totalement dans le développement d'un combustible faiblement enrichi destiné aux réacteurs de recherche. Nous souhaitons continuer à honorer cet engagement, non seulement dans la cadre de la conversion de notre propre réacteur de recherche BR2, mais également dans le cadre de la non-prolifération en vue d'enrayer les possibilités de terrorisme nucléaire. Dans cet esprit, le SCK·CEN projette également de mettre les résultats de SELENIUM à disposition de la communauté internationale.





MYRRHA :
source
d'innovation

03

MYRRHA

MYRRHA est l'acronyme de Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications. Le successeur du réacteur BR2 est une infrastructure de recherche très innovante. MYRRHA est basé sur l'utilisation de neutrons rapides et le refroidissement se fait à l'aide de métal liquide : un alliage de plomb et de bismuth. MYRRHA est le tout premier prototype de réacteur nucléaire au monde à être commandé par un accélérateur de particules. Il s'agit d'un réacteur sous-critique : le cœur ne contient pas suffisamment de matière fissile pour maintenir spontanément la réaction en chaîne. Il doit constamment être alimenté par une source neutronique externe. C'est la raison pour laquelle le réacteur est couplé à un accélérateur de particules. Il s'agit d'une technologie très sûre et très facile à contrôler. Si l'on débranche l'accélérateur de particules, la réaction en chaîne cesse littéralement en une fraction de seconde et le réacteur s'arrête.

Grâce aux neutrons rapides, le combustible à l'uranium est utilisé plus efficacement dans le réacteur, ce qui réduit la quantité de déchets radioactifs. En outre, MYRRHA doit démontrer que la technique peut être utilisée pour traiter la plupart des éléments radio-toxiques (les actinides mineurs tels que le neptunium, l'américium et le curium) par transmutation. Cette fission d'éléments à longue durée de vie en produits dont la durée de radiotoxicité est fortement réduite, entraîne une nouvelle diminution de la quantité de déchets et de leur durée de vie. De ce fait, la durée de stockage requise passe de centaines de milliers d'années à quelques centaines d'années.

Outre l'étude de la transmutation, le SCK•CEN utilisera MYRRHA pour un large éventail d'applications, telles que des tests des matériaux pour les réacteurs actuels et futurs, la technologie de production d'énergie par fusion nucléaire et le développement de matières fissiles innovantes. Il y a également la production de radio-isotopes médicaux, essentiels pour le diagnostic et le traitement du cancer, et l'irradiation de silicium, notamment pour les composants électroniques d'éoliennes et de véhicules hybrides. Le SCK•CEN souhaite mettre MYRRHA en service en 2023. Le coût total est estimé à 960 millions d'euros (2009).



“ On dit parfois que « la foi déplace les montagnes ». Mais parfois, ces montagnes sont trop grandes, trop hautes et trop lourdes. Dans ce cas, il ne faut pas essayer de les affronter de face, mais emprunter des chemins qui contournent les passages les plus difficiles. Quoi qu’il en soit, vous devez avoir pour objectif clair et unique d’atteindre le sommet, et ce, dès le départ. ”



Hamid Aït Abderrahim

Directeur de MYRRHA





L'accélérateur de particules : stimulus pour la recherche

Expérimentation exotique avec ISOL@MYRRHA

L'accélérateur de particules de MYRRHA peut-il être utilisé à d'autres fins ? La réponse est oui, et le projet possède déjà un nom : ISOL@MYRRHA. L'initiative n'en est qu'à ses balbutiements, mais suscite déjà un vif intérêt dans le milieu de la recherche internationale. Il faut dire qu'ISOL@MYRRHA est un concept unique qui ouvrira la porte à un tout nouvel éventail d'expériences.

ISOL@MYRRHA va scinder une partie du faisceau de protons de l'accélérateur de particules de MYRRHA pour l'utiliser dans la production de faisceaux d'ions radioactifs ou RIBs (Radioactive Ion Beams). Ces RIBs se composent d'ions exotiques qui n'existent pas dans la nature ou du moins dans une quantité très limitée. Pour étudier ces ions, il faut donc les produire artificiellement. Plus le radio-isotope est exotique, plus sa demi-vie radioactive ou durée de vie est courte. Cela implique que l'intensité des faisceaux diminue drastiquement pour ces isotopes dont la durée de vie est très courte. C'est précisément dans ce contexte qu'intervient ISOL@MYRRHA. Étant donné que

les faisceaux seront beaucoup plus intenses que ceux pouvant être produits aujourd'hui, par exemple au moyen de l'infrastructure ISOLDE de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), les physiciens pourront étudier davantage de radio-isotopes exotiques.

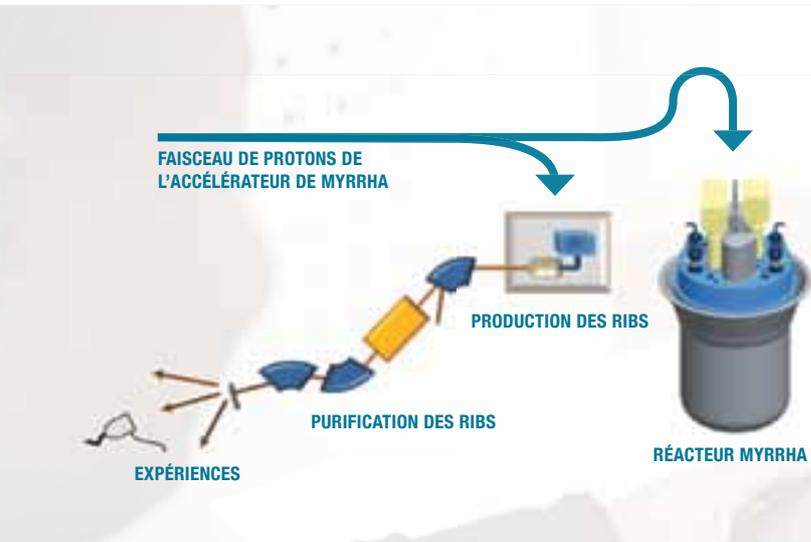
ISOL@MYRRHA se concentre sur les expériences nécessitant des faisceaux de longue durée sans interruption. Il permettra aux scientifiques d'effectuer des mesures de précision ou de réaliser des expériences relatives à des phénomènes très rares et difficiles à

détecter. C'est en collaboration avec les universités faisant partie du réseau BriX (Belgian research initiative on eXotic nuclei) que les premières études de viabilité ont été effectuées et que le programme de recherche a été défini.

Ateliers et discussions

ISOL@MYRRHA souhaite mettre en place une communauté d'utilisateurs composée de chercheurs de différentes spécialités qui s'intéressent à cette nouvelle infrastructure. Les premières étapes pour y parvenir se sont déroulées en 2011 avec un atelier sur les interactions fondamentales. Celui-ci a été suivi en 2012 d'un atelier intitulé « Detailed decay spectroscopy ». Les acteurs principaux du domaine ont été réunis et ont ainsi contribué au succès de la réunion.

L'objectif d'un tel atelier est double. D'une part, il s'agit d'une occasion idéale pour rassembler un groupe de scientifiques s'intéressant au même thème et ainsi mieux définir le



ISOL@MYRRHA : LE CONCEPT

MYRRHA et ISOL@MYRRHA sont développés en parallèle. ISOL signifie « Isotope Separator Online ». Jusqu'à 5% du faisceau de protons de l'accélérateur de MYRRHA sont scindés et transmis à la cible ISOL@MYRRHA. Les radio-isotopes y sont produits, ionisés de façon sélective, accélérés et, après sélection de la masse, envoyés vers les différents dispositifs expérimentaux.

programme de recherche d'ISOL@MYRRHA. Les discussions ont permis de recueillir des informations purement scientifiques, mais également techniques. Ces dernières sont principalement importantes pour le second objectif de cette initiative. Grâce à l'apport de physiciens expérimentés, la version finale d'ISOL@MYRRHA a pu être optimisée. Dans ce cadre, quatre ateliers vont encore être organisés sur des thèmes divers : production des RIBs, applications médicales, physique nucléaire et physique du solide, et biologie.

Le projet prend forme

En 2012, l'unité de *Physique et Innovation technologique* a défini les composants de base d'ISOL@MYRRHA. Les premiers plans de la structure et de l'intégration avec MYRRHA sont terminés, et une première version du rapport technique du projet est disponible. Ce rapport sera modifié en permanence à mesure que le design d'ISOL@MYRRHA évoluera. En outre, les premières étapes du développement d'une cible basée sur le mélange liquide plomb-bismuth ont été amorcées. C'est ici que sont produits les RIBs. Un prototype de cette cible sera

tout d'abord testé avec l'infrastructure ISOLDE dans le cadre de LIEBE (LIquid IEad Bismuth eutectic Experiment), projet mené par le CERN.

Pureté optimale

La pureté des RIBs est d'une grande importance. Lorsqu'un faisceau s'intensifie, le nombre de contaminants augmente. C'est pourquoi il est essentiel de purifier le faisceau. Ce processus se déroulera en deux étapes dans ISOL@MYRRHA. Dans une première phase, la purification se base sur l'ionisation sélective des radio-isotopes souhaités. Dans une seconde phase, une purification supplémentaire est réalisée par séparation massique au moyen d'un séparateur magnétique. Le radio-isotope spécifique avec lequel les scientifiques souhaitent travailler est alors sélectionné. L'ajout d'un refroidisseur de faisceau radiofréquence en amont du séparateur magnétique rend le dispositif encore plus performant (voir illustration).

“

MYRRHA s'est concrétisé. Les idées embryonnaires avec lesquelles nous nous sommes mis au travail il y a plusieurs années prennent forme dans les différents dispositifs d'essai qui nous permettent de mettre au point la nouvelle technologie. Faire ce qui n'a encore jamais été fait auparavant, voici la motivation ultime pour toutes les personnes qui collaborent à ce projet. Ce qui rend le projet encore plus fascinant, c'est de savoir que nous allons ainsi réaliser une infrastructure unique qui sera à son tour une source d'innovation pendant plusieurs décennies.

”

Peter Baeten

Directeur d'institut
Systèmes Nucléaires Avancés



CRAFT teste des pièces mobiles dans le plomb-bismuth

Un véritable tour de force

Dans *L'essentiel 2011*, nous vous parlions déjà de RHAPTER (Remote HANDling Proof of principle TEst Rig). Cette installation permet de tester le comportement de pièces mobiles dans une cuve remplie de plomb-bismuth, métal liquide servant de réfrigérant pour MYRRHA. La nouvelle boucle CRAFT va encore plus loin. Désormais, les matériaux destinés à MYRRHA peuvent également être exposés à un écoulement de plomb-bismuth.

CRAFT (Corrosion Research for Advanced Fast reactor Technologies) est le résultat d'une collaboration fructueuse entre le groupe d'expertise *Conception de Systèmes nucléaires* et le *Bureau de Dessin et d'Etude* du SCK•CEN. Le cycle fermé est basé sur un projet existant du « Karlsruhe Institut für Technologie » à Stuttgart, mais utilise des techniques plus récentes. La construction de CRAFT s'est terminée en 2012, ce qui permet de commencer les expériences mi-2013.

Propulsion sans contact

CRAFT est une boucle circulaire au sein de laquelle circule un mélange liquide plomb-bismuth. Contrairement à un dispositif classique, l'entraînement s'effectue au moyen d'une pompe comprenant un canal liquide interne en forme d'oméga (Ω) ainsi que deux disques aimantés tournant à l'extérieur. La force magnétique fait circuler le mélange plomb-bismuth dans le canal

liquide. Par conséquent, CRAFT est un système totalement exempt de contact. Les pompes classiques, qui font circuler le mélange plomb-bismuth au travers du corps de pompe et le mettent au contact des pièces mobiles, peuvent engendrer des problèmes. Premièrement, nous ne savons pas si le matériau dans lequel la pompe est fabriquée est approprié. Le rotor est un composant à rotation rapide susceptible de s'éroder au contact du mélange plomb-bismuth. Le second risque est la contamination possible du mélange plomb-bismuth par les matériaux de la pompe traditionnelle, ce qui entraînerait des mesures erronées. Un entraînement sans contact était donc nécessaire et sa réalisation grâce à la boucle CRAFT constitue une avancée importante dans l'étude des matériaux.

Un travail de longue haleine

La boucle CRAFT sera utilisée pour les essais de longue durée. Le SCK•CEN a développé un dispositif entièrement isolé de l'air ambiant afin d'éliminer les effets de l'oxygène sur les échantillons. Ce dispositif permet d'introduire les échantillons dans la boucle contenant le mélange plomb-bismuth, lequel circule à une température et une vitesse très élevées. Après un certain temps, l'état des échantillons est examiné. Ces expériences

peuvent durer plusieurs mois, voire plusieurs années. Les conditions dans la boucle CRAFT sont expressément plus rudes que les conditions dans la version définitive du réacteur MYRRHA. Cela vaut tant pour la vitesse de l'écoulement que pour la température du mélange plomb-bismuth. La philosophie sous-jacente est que le matériau pouvant résister à ces conditions expérimentales extrêmes pourra certainement satisfaire aux exigences du réacteur MYRRHA.



“ *La boucle CRAFT constitue une avancée importante dans l'étude des matériaux.* ”

Il n'existe aucune littérature documentant les conditions régnant au sein de MYRRHA. Il est donc important de prouver que les matériaux sélectionnés pourront résister plusieurs années. Le mélange plomb-bismuth avec lequel MYRRHA est refroidi est un métal liquide plus corrosif que l'eau. L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) exige une preuve empirique que les matériaux utilisés peuvent y résister. Les résultats fournis par CRAFT pourront être extrapolés à une durée de vie de plusieurs décennies.

Cas d'étude pour les ingénieurs

La boucle CRAFT est non seulement un bon instrument pour tester les matériaux, mais elle est également un test en soi. C'est la première fois que le SCK•CEN travaille avec un dispositif si complexe rempli du mélange plomb-bismuth. CRAFT constitue donc un projet pilote permettant aux ingénieurs d'analyser la façon dont une boucle fermée se comporte avec un métal liquide, la façon dont évoluent les propriétés des vannes, thermomètres et capteurs d'oxygène, les matériaux et types d'étanchéité convenant le mieux entre les raccords des brides, la force à laquelle sont soumis les boulons ... Il s'agit d'informations particulièrement précieuses, tant dans le cadre de la construction de MYRRHA que de la conception de boucles futures.



L'acier idéal pour MYRRHA

Quel matériau offre une garantie à vie ?

Le futur réacteur de recherche MYRRHA doit fonctionner de façon optimale pendant toute sa durée de vie. Une telle garantie pour plusieurs décennies n'est possible qu'en choisissant les meilleurs matériaux lors de la conception. En 2012, l'unité de *Recherche de Matériaux de Structure* a enregistré une avancée importante dans l'évaluation des performances des types d'acier entrant en ligne de compte pour MYRRHA. Grâce à quelques nouveaux dispositifs, des tests sont désormais possibles en conditions réalistes.

La première étape de 2012 fut la construction de LIMETS3. LIMETS signifie « Liquid Metal Testing Station ». Cette troisième version est un dispositif unique permettant d'étudier la fatigue du métal. Un dispositif similaire existait déjà, mais n'était pas capable de contrôler la concentration en oxygène dans le mélange plomb-bismuth, métal liquide servant de réfrigérant pour MYRRHA. En d'autres termes, le dispositif de test existant pouvait déterminer si les types d'acier étudiés présentaient ou non de la fatigue. Grâce à LIMETS3, il est désormais possible de réaliser des expériences avec différentes concentrations d'oxygène bien connues dans le mélange plomb-bismuth. Ce faisant, les experts en matériaux peuvent déterminer avec une plus grande certitude si la durée de vie requise peut être atteinte.

LIMETS4

En 2012, l'unité de *Recherche de Matériaux de Structure* a mis en service une seconde station de test. LIMETS4 est un dispositif mécanique permettant de tester des matériaux dans un environnement comparable à celui auquel ils seront exposés au sein de MYRRHA. Outre l'effet de corrosion, il se peut que l'environnement spécifique altère les propriétés mécaniques des matériaux. C'est pourquoi les matériaux sont immergés dans le mélange plomb-bismuth après avoir été testés avec succès dans l'air. LIMETS4 est l'un des quelques dispositifs d'essai au monde permettant ce genre de test dans un environnement plomb-bismuth contrôlé.



Nouvelle méthode pour déterminer l'épaisseur de la couche d'oxydation

L'équipe a également développé une nouvelle méthode pour caractériser l'oxydation des matériaux dès le premier contact avec l'environnement. Les méthodes classiques d'analyse de la corrosion immergent le matériau dans l'environnement, l'y laissent un certain temps, en réalisent une coupe pour analyser la couche d'oxyde qui s'est formée à la surface. Ce type de test exige une longue série d'essais pour obtenir une vue d'ensemble.

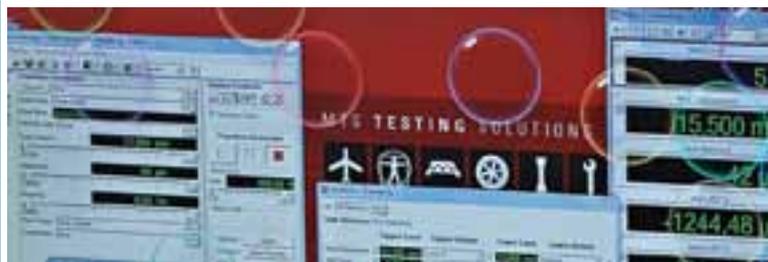
Le SCK•CEN peut à présent recourir à une méthode développée récemment qui ne mesure pas l'épaisseur de la couche d'oxydation, mais la quantité d'oxygène présente dans l'environnement des composants d'acier, et la vitesse à laquelle cet oxygène est consommé. L'épaisseur de la couche d'oxyde peut être déterminée en fonction des résultats. De nombreux composants du réacteur MYRRHA seront constitués d'alliages métalliques qui seront au contact du mélange liquide plomb-bismuth. Pour minimiser les effets néfastes de la corrosion, il est important de maintenir la concentration d'oxygène dans des limites bien déterminées. Cela signifie que l'apport en oxygène doit être régulé en permanence pendant toute la durée de vie de MYRRHA. La consommation d'oxygène augmente par exemple drastiquement lorsque du combustible neuf est chargé dans le réacteur. La nouvelle méthode de test doit donner des informations plus précises sur la vitesse à laquelle l'oxygène doit être apporté à chaque phase de la vie du réacteur.

LE JUSTE CHOIX

Lors de la construction d'un nouveau type de réacteur nucléaire tel que MYRRHA, on ne peut pas utiliser n'importe quel matériau. Le choix est limité aux types offrant une bonne base pour le dossier d'obtention de licence. Une liste restreinte des matériaux potentiels pour MYRRHA a été établie en tenant compte de cette limitation. Des tests sont censés révéler ceux d'entre eux offrant les meilleurs résultats. Mais il y a toujours un faible risque qu'aucun des matériaux sélectionnés ne satisfasse aux conditions spécifiques du réacteur. Cela vaut en particulier pour les matériaux situés dans le cœur du réacteur. Deux solutions sont alors envisageables. La première option consiste à adapter légèrement les conditions de fonctionnement, par exemple en utilisant une température plus faible ou en modifiant la quantité d'oxygène. La deuxième option consiste à raccourcir les cycles de combustion. L'unité de *Recherche de Matériaux de Structure* élabore parallèlement des concepts de matériaux innovants pouvant offrir de meilleurs résultats. Mais même si leurs performances sont excellentes, la procédure d'approbation et de validation est toujours de longue haleine.

Également à l'étranger

L'unité de *Recherche de Matériaux de Structure* réalise une partie du programme d'irradiation dans le réacteur de recherche russe BOR60. C'est actuellement l'une des seules installations au monde permettant d'effectuer des expériences sur des matériaux exposés à la fois au rayonnement et au mélange plomb-bismuth. Ces essais à long terme ont démarré il y a environ cinq ans et ont déjà fourni des informations importantes pour optimiser la sélection des matériaux destinés à MYRRHA.



Nouveau laboratoire pyrochimique pour MYRRHA

Réservé aux métaux lourds

Le SCK•CEN étudie la chimie des métaux lourds, ce n'est pas nouveau. C'est néanmoins la première fois que cette activité a lieu dans un laboratoire exclusivement dédié à cet effet. Étant donné que MYRRHA va être refroidi au moyen d'un mélange plomb-bismuth, l'étude des métaux lourds est plus importante que jamais. C'est pourquoi le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a investi dans un laboratoire spécialisé dans les métaux lourds qui a été officiellement mis en service au mois de novembre 2012.

Toutes les recherches qui y sont menées se rapportent à MYRRHA. Elles sont avant tout importantes dans le cadre de la procédure d'obtention de la licence. Presqu'un tiers des points d'attention de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) s'y rapporte directement ou indirectement. Dans un laboratoire

pyrochimique tel que le laboratoire pour métaux lourds, il convient de tenir compte de risques spécifiques. Les métaux lourds sont toxiques et exigent des températures élevées, une ventilation adaptée et certains équipements de protection individuelle. Les installations du nouveau laboratoire sont adaptées à ces conditions particulières, de manière à garantir de façon optimale la santé et la sécurité de l'individu et de l'environnement. Les flux de déchets sont surveillés étroitement.

La plupart des laboratoires de recherche combinent les activités relatives à la chimie des métaux lourds avec d'autres activités. Le laboratoire pour métaux lourds du SCK•CEN fait exception à la règle en s'occupant exclusivement de l'étude des métaux lourds. L'infrastructure est parfaitement adaptée aux essais de corrosion dans différentes conditions, au conditionnement de l'oxygène dans le mélange plomb-bismuth et aux essais de décontamination. Le nouveau laboratoire





s'emploie également à la fabrication, l'étalonnage et le test de capteurs d'oxygène. Enfin, du temps est également consacré à la quantification de l'évaporation des impuretés émises par le mélange plomb-bismuth en différentes situations ainsi qu'au test et à l'optimisation de filtres pour éléments volatils tels que le mercure et l'iode.

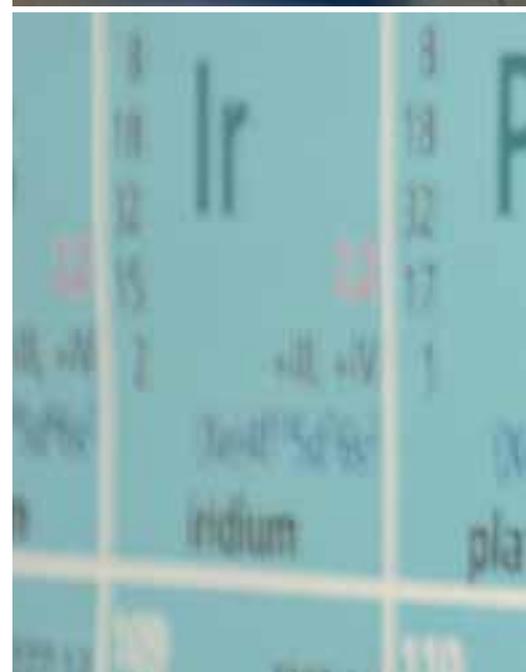
Étude du mercure

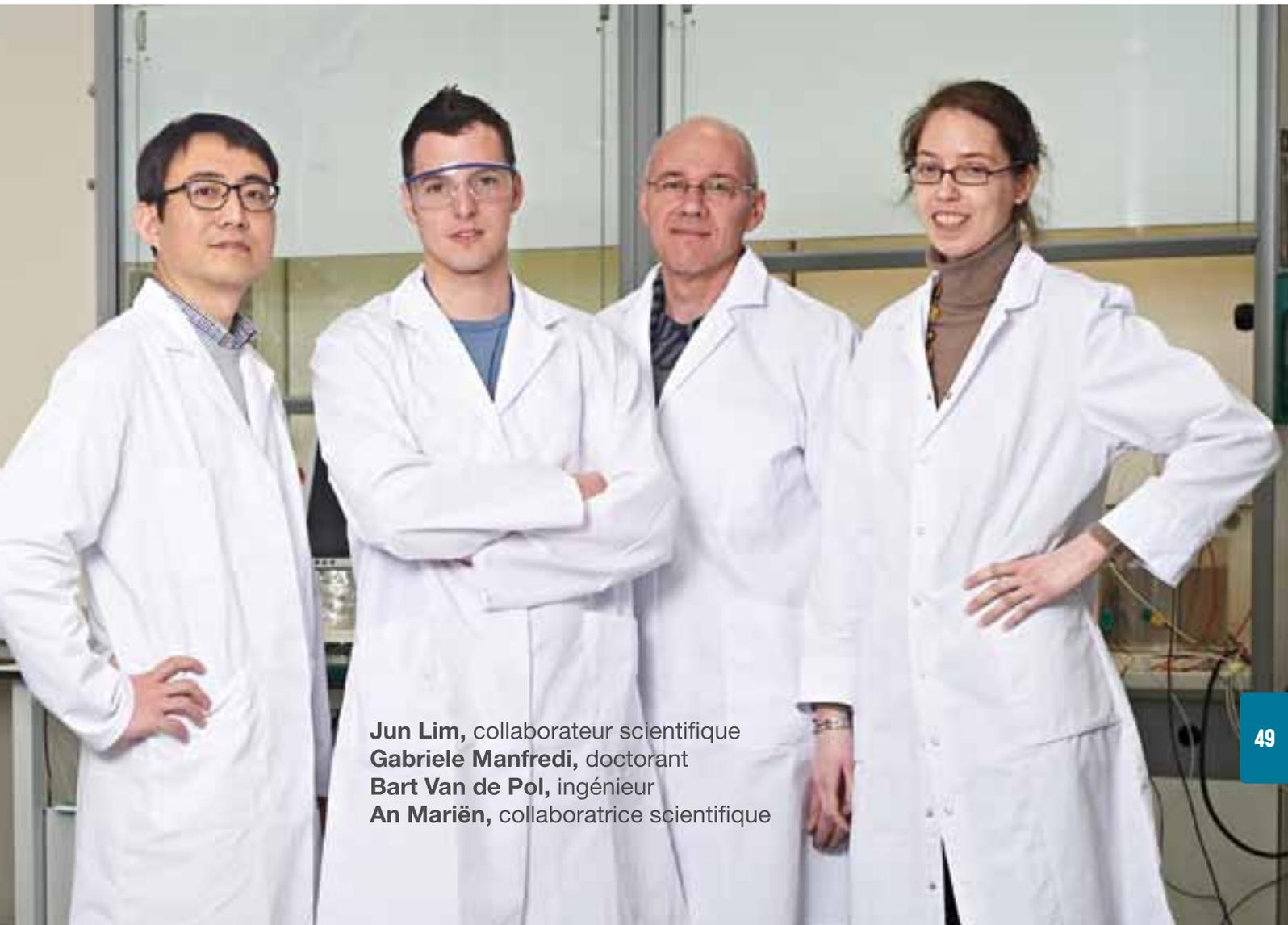
L'étude du mercure est l'une des applications principales du nouveau laboratoire pour métaux lourds du SCK•CEN. Les experts s'intéressent particulièrement à l'évaporation et au captage du mercure issu du mélange plomb-bismuth destiné à refroidir MYRRHA. Lorsque ce mélange réfrigérant circule dans le réacteur, du mercure se forme par réactions nucléaires. Le mercure est volatil et peut donc être libéré à certaines températures. Le laboratoire pour métaux lourds étudie le déroulement de ce processus d'évaporation ainsi que les quantités de mercure susceptibles d'être libérées, tant en conditions normales qu'en cas d'accident.

Un autre point d'attention est la qualification et l'optimisation des systèmes de filtrage. Naturellement, on en sait déjà beaucoup sur le captage du mercure en applications industrielles. Cette nouvelle étude doit permettre d'élaborer un filtre plus robuste, plus durable et résistant aux facteurs extrêmes tels que l'incendie.

Adaptation à des besoins en pleine mutation

Les collaborateurs du *Programme de Conditionnement et de Chimie* ainsi que de l'unité de *Recherche de Matériaux de Structure* ont officiellement mis en service le laboratoire pour métaux lourds au mois de novembre 2012. Cela ne signifie toutefois pas que sa disposition soit définitive. Dans la recherche scientifique, les besoins sont extrêmement variables. Le laboratoire est prévu en conséquence et offre la possibilité d'adapter cette disposition aux besoins du moment.





Jun Lim, collaborateur scientifique
Gabriele Manfredi, doctorant
Bart Van de Pol, ingénieur
An Mariën, collaboratrice scientifique







**Sûreté
comme
priorité
absolue**

04

“

Rester toujours attentif aux expériences internes et externes et en tirer les leçons nécessaires afin d'apporter des améliorations techniques et organisationnelles, fait partie intégrante de la culture de sûreté d'une entreprise.

”

Fernand Vermeersch

Responsable du Service
Interne pour la Prévention
et la Protection au Travail
(SIPPT)



Robuste dans des conditions extrêmes

Le SCK•CEN clôture les analyses pour essais de résistance

Après l'accident à la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi en mars 2011, les autorités européennes de sûreté ont formulé une série d'exigences concrètes dans le cadre des essais de résistance obligatoires pour les installations nucléaires. Durant des « stress tests », la sûreté et la résistance sont analysées lors de différents événements extrêmes. Un an plus tard, en juin 2012, le SCK•CEN a fourni un rapport complet.

Les essais de résistance comprennent un examen théorique des mesures de protection existantes qui sont en vigueur dans les installations nucléaires. Les autorités européennes de sûreté et les chefs de gouvernement ont dans un premier temps établi une série d'exigences pour les centrales nucléaires en Europe. Dans une deuxième phase, des exigences spécifiques ont été formulées pour les autres installations nucléaires. L'évaluation de la sûreté tient compte de diverses conditions

extrêmes comme des inondations, des tornades, des tremblements de terre et des incendies. Les pouvoirs publics belges et l'autorité de sûreté ont encore ajouté plusieurs événements d'origine humaine comme des explosions, des gaz toxiques et la chute d'un avion.

Une analyse détaillée

Les exploitants étaient eux-mêmes responsables des analyses. Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire ne s'est pas seulement limité aux réacteurs de recherche BR1 et BR2, mais a examiné minutieusement toutes les installations nucléaires, y compris celles présentant un risque radiologique très restreint. Pour ces analyses, le SCK•CEN a pu compter en grande partie sur un large éventail

de compétences disponibles au niveau interne. Pour quelques aspects spécifiques, il a fait appel à des sociétés externes, par exemple pour l'impact d'événements sismiques ou pour la chute d'un avion. Un rapport complet des essais de résistance a pu être livré à temps en juin 2012 grâce aux gros efforts fournis par de



nombreux collaborateurs du SCK•CEN. L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) et sa succursale technique Bel V ont analysé le rapport de manière approfondie, et ont ensuite posé plusieurs questions complémentaires auxquelles le SCK•CEN a répondu très rapidement.

Premières constatations et actions

Les analyses révèlent que les installations examinées sont en général robustes pour les conditions extrêmes définies dans les essais de résistance. Il va sans dire que plusieurs points peuvent être améliorés. De nouvelles études apportent de nouvelles idées et révèlent que certains risques ont été estimés différemment ou n'ont pas été suffisamment étudiés par le passé. Dans ce cas, des mesures supplémentaires sont nécessaires. Ainsi, les conséquences possibles d'un feu de forêt ont été mieux identifiées et des actions ont été entreprises pour une maîtrise plus adéquate de ce risque. En 2012, nous avons entamé une série d'améliorations en matière de lutte contre l'incendie, parmi lesquelles l'abattage de plusieurs arbres autour des bâtiments afin de réduire la charge calorifique (voir page 55).

Le plan d'urgence interne du SCK•CEN est également revu. Dans ce cadre, l'accent est essentiellement mis sur la communication, la formation, l'entraînement et les situations d'urgence de longue durée. Nous avons également des plans très avancés pour un centre opérationnel de site mobile qui peut être installé



rapidement en dehors du site, dans le cas où l'infrastructure dans le domaine ne serait pas disponible. Dans la cadre de la rénovation systématique des bâtiments, la rénovation du centre opérationnel de site interne est également au programme. Les expériences tirées d'exercices d'urgence précédents et les exigences complémentaires en matière de robustesse servent de fil conducteur dans ce cadre. En concertation avec les entreprises des environs, le SCK•CEN effectue des évaluations afin de rationaliser davantage les interventions des pompiers et de la protection civile.

Un plan d'action consolidé

Sur la base de l'analyse effectuée par le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, l'autorité de sûreté a formulé des recommandations et exigences supplémentaires au printemps 2013. Pour y satisfaire, un plan d'action consolidé sera mis sur pied. Il comprendra toutes les mesures en vue d'optimiser davantage la robustesse des installations en cas d'événements extrêmes.

Abattre les conifères pour la protection anti-incendie

Une nouvelle plantation améliore la biodiversité

La prévention incendie a été remise en avant sur le domaine du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire de Mol en 2012. Dans le cadre de l'examen périodique de la sûreté, l'abattage des arbres a commencé à une distance relativement courte des bâtiments.

Les arbres qui se trouvent trop près des bâtiments seront abattus afin de réduire les risques d'incendie et d'explosion. Afin d'éviter la propagation du feu, une distance minimum de 16 mètres entre les bâtiments et les arbres a été fixée. Trois éléments jouent un rôle crucial lors d'un incendie de forêt : l'embrasement général, les braises volantes, et la production de fumée. Le périmètre de sécurité doit éviter que les flammes d'un incendie de forêt ne se propagent aux bâtiments. De plus, en cas d'incendie, les pompiers

doivent disposer de suffisamment de place pour leurs véhicules, leur matériel et pour combattre l'incendie. Après la délivrance du permis, l'équipe de *Gestion forestière* a commencé en novembre 2012 la coupe des arbres situés dans le périmètre de 16 mètres autour des bâtiments « sensibles ». Quelque 400 arbres seront abattus lors de cette première phase. Il s'agit essentiellement de conifères. Dès 2013, les arbres autour des autres bâtiments disparaîtront à leur tour. Les travaux doivent être terminés pour 2016.

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire baigne de longue date dans la verdure et il est prévu que cette tendance se poursuive à l'avenir, malgré l'abattage d'arbres obligatoire. Une grande partie des espaces déboisés (\pm 30 ares) sera reboisée tout en tenant compte du fait des nouveaux arbres. Plus un arbre est rapproché d'un bâtiment, moins celui-ci pourra être élevé. En effet, moins les flammes seront hautes, moins vite elles se propageront. A partir de l'automne 2013, vous verrez pousser entre autres du genêt, du noisetier, du sorbier, du houx et de la bourdaine. Ces feuillus indigènes offrent bon nombre d'avantages : ils prennent moins vite feu et, s'ils prennent feu, ils brûlent plus lentement et de manière moins agressive que les résineux qui peuplent en ce moment

notre domaine. Ces arbres et arbrisseaux sont également plus faciles à entretenir et contribuent aussi à la biodiversité de la région.



Méthode innovante pour l'entretien du réacteur BR2

Un cheval de trait en excellente condition

Le Belgian Reactor 2 a été officiellement mis en service à Mol le 6 juillet 1961. A l'époque, peu de personnes avaient probablement pensé que le BR2 serait toujours l'un des réacteurs de recherche les plus performants au monde plus d'un demi-siècle plus tard. Ce n'est possible que parce que l'installation a été parfaitement entretenue pendant toutes ces années et a été rénovée en profondeur à plusieurs reprises. Le groupe d'expertise *Réacteur belge 2* a développé en 2012 une méthode de gestion innovante pour maintenir le BR2 en bon état et continuer à assurer une sûreté maximale à plus long terme.



Pour la première fois, nous avons appliqué à un réacteur de recherche une approche essentiellement utilisée dans les centrales électriques et les industries ayant des processus de production continus comme le secteur chimique et du papier. Dans ce cadre, la liste des risques de vieillissement et de défaillance est dressée systématiquement pour tous les composants de l'installation. Les points d'évaluation essentiels sont avant tout la sûreté de l'installation, puis la fiabilité et l'efficacité. Selon l'importance du composant en question, des mesures proactives, préventives ou correctives sont formulées. Cette « graded approach » implique que l'ampleur des mesures doit être proportionnelle au risque.

Si, par exemple, une pompe tombe en panne dans un groupe de quatre, le risque est moins grand que s'il s'agit de l'unique pompe.

Le risque est toujours le produit de la probabilité et de la conséquence de la défaillance d'un ou plusieurs composants. Ce risque est examiné par le biais de l'« Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité ». En général, l'effet de la défaillance d'un composant dépend de la conception du système, alors que la probabilité que cela se produise dépend (généralement) du temps. Pour déterminer les mesures d'adaptation, de remplacement et d'entretien qui minimisent le risque, l'entretien, le vieillissement ainsi que la modernisation de la conception doivent être pris en compte. Cette approche appliquée à la gestion du réacteur BR2 est un changement de cap par rapport à la pratique en vigueur, qui repose sur le savoir-faire et l'expérience.

Réacteur en bon état

Au cours de ses 50 ans d'exploitation, le BR2 a subi deux modernisations de grande envergure, si bien que le réacteur est actuellement en excellent état. Les analyses effectuées dans le cadre des essais de résistance ont clairement révélé que l'installation est sûre, y compris dans des conditions extrêmes. Le réacteur BR2 occupe une place capitale dans les activités de recherche et de production du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire.



“ Cette approche appliquée à la gestion du réacteur BR2 est un changement de cap par rapport à la pratique en vigueur, qui repose sur le savoir-faire et l’expérience. ”

Par conséquent, il est particulièrement important que ce réacteur soit fiable et le reste et que son exploitation se déroule de la manière la plus efficace possible. Afin de continuer à garantir la sûreté en permanence, le groupe d’expertise *Réacteur belge 2* investit considérablement dans l’évaluation continue de la situation de l’installation et l’approche préventive des éventuels problèmes de vieillissement. Dans la pratique, cela se fait en dressant systématiquement la liste de tous les risques liés au vieillissement des pièces, en évaluant leur impact et en prenant des mesures préventives en rapport avec le risque.

L’analyse décrite ci-dessus a débuté en 2012 pour le BR2. Lorsque le vieillissement des différents composants est examiné, il ne s’agit pas uniquement des aspects techniques. Le vieillissement économique n’est pas illusoire non plus. Cela implique par exemple que les pièces de rechange ne seront plus disponibles à l’avenir. Il convient alors d’examiner s’il est intéressant de s’approvisionner en pièces supplémentaires maintenant que c’est encore possible ou s’il vaut mieux choisir une autre option. En outre, la réglementation peut également changer, si bien que l’utilisation de certains composants n’est plus autorisée.

Mesures préventives

Le groupe d’expertise *BR2* a terminé le classement des systèmes, structures et composants de l’installation complète. Les risques liés à une éventuelle défaillance ont été analysés en profondeur. Sur cette base, les composants ont été classés selon leur importance et une approche adéquate pour l’entretien ou le remplacement a été conçue. Dans une phase suivante, les mesures préventives seront élaborées sur le plan technique par catégorie de composants. Cette information constituera la base du futur programme d’investissement dans lequel des actions s’inscrivant dans le cadre de la révision décennale de la sûreté de 2016 sont également planifiées.

Le SCK•CEN veut aussi partager son expérience relative à cette méthode d’analyse innovante à l’échelon international. Dans le secteur nucléaire mondial, la gestion du vieillissement et de l’entretien fait l’objet d’une attention accrue. Le nombre de réacteurs de recherche diminue, alors que le nombre d’applications augmente ou change. Dans un tel environnement, il est particulièrement enrichissant de rechercher également en dehors du secteur nucléaire de nouvelles idées et les meilleures solutions en matière de sûreté et d’entretien.

Affinement des études de criticité

La différence réside dans les détails

La sûreté est un souci permanent. Au SCK•CEN, de nombreux systèmes et procédures assurent la protection de l'homme et de l'environnement. Ainsi, il est très important de définir correctement la quantité de matières fissiles pouvant se trouver dans un endroit déterminé. À cet effet, nous effectuons des « analyses de criticité ». En 2012, le groupe d'expertise *Physique des Systèmes nucléaires* a affiné davantage l'approche existante en instaurant une « Upper Safety Limit ».

Gert Van den Eynde : Nous effectuons des analyses de criticité internes pour les locaux où des matières fissiles sont entreposées ou traitées. Dans le cadre de ces analyses, nous allons déterminer combien de grammes d'une matière spécifique peuvent se trouver au maximum dans ce local pour éviter tout risque de réaction en chaîne incontrôlée. Nous examinons également quelles sont les dispositions à prendre pour conserver ou traiter cette matière en toute sécurité.

Ces procédures ont été affinées en 2012. Pour quelle raison ?

Gert Van den Eynde : Auparavant, nous adoptions une valeur de sécurité. Le seuil pour le facteur de multiplication en matière de criticité est de 1 ; nous ne pouvons jamais l'atteindre. Si le facteur de multiplication est juste égal à 1, le système est critique : le nombre de neutrons dans le système est constant, car il est à chaque fois multiplié par 1. Si le facteur est supérieur à 1, le nombre de neutrons augmentera très rapidement parce que le nombre est multiplié à chaque génération par un chiffre supérieur à 1. Dans ce cas, le système est sur-critique. Si le facteur est inférieur à 1, le nombre de neutrons diminuera très rapidement. Le système est alors sous-critique.



Gert Van den Eynde,
responsable de la Physique
des Systèmes nucléaires
Alberto Ottonello,
collaborateur scientifique

Afin de tenir compte des incertitudes, par exemple dans les données de base ou dans les modèles, nous avons pris une marge de sécurité et nous avons exigé que le facteur de multiplication calculé ne soit pas supérieur à 0,98 ou 0,95. En 2012, nous avons mis en place et validé toute une procédure nous permettant de confirmer notre code et nos données sur la base d'expériences, appelées benchmarks. Et cette procédure nous donne la « Upper Safety Limit » (voir encadré).

D'où proviennent les valeurs de référence sur lesquelles est basée cette Upper Safety Limit ?

Gert Van den Eynde : Ces données de base sont disponibles au niveau international par le biais de la base de données de l'Agence pour l'énergie

nucléaire. Il s'agit de résultats d'expériences menées notamment aux États-Unis, en Russie et en France. Ce ne sont donc pas des données brutes, mais des données vérifiées, contrôlées par des évaluateurs qui examinent en connaissance de cause si l'expérience a été effectuée correctement. Les valeurs de référence sont donc de très bonne qualité. En y confrontant nos modèles, nous les rendons plus sûrs.

En 2012, nous avons également appliqué une analyse de criticité de ce type chez deux clients externes. À l'Institut National des Radioéléments de Fleurus (IRE), où l'on produit des radio-isotopes, il s'agissait d'une analyse de criticité de l'une des lignes de production. Cette étude est entretemps terminée. Chez Belgoprocess, à Dessel, spécialisée dans le traitement, le conditionnement et l'entreposage des déchets radioactifs, il s'agit d'une nouvelle installation. Cette analyse de criticité est toujours en cours. Belgoprocess a volontairement opté pour un partenaire externe afin d'effectuer ces études ; dans ce cadre, leurs collaborateurs effectuent ensuite un peer review de notre travail. À l'IRE et chez Belgoprocess, les analyses font partie





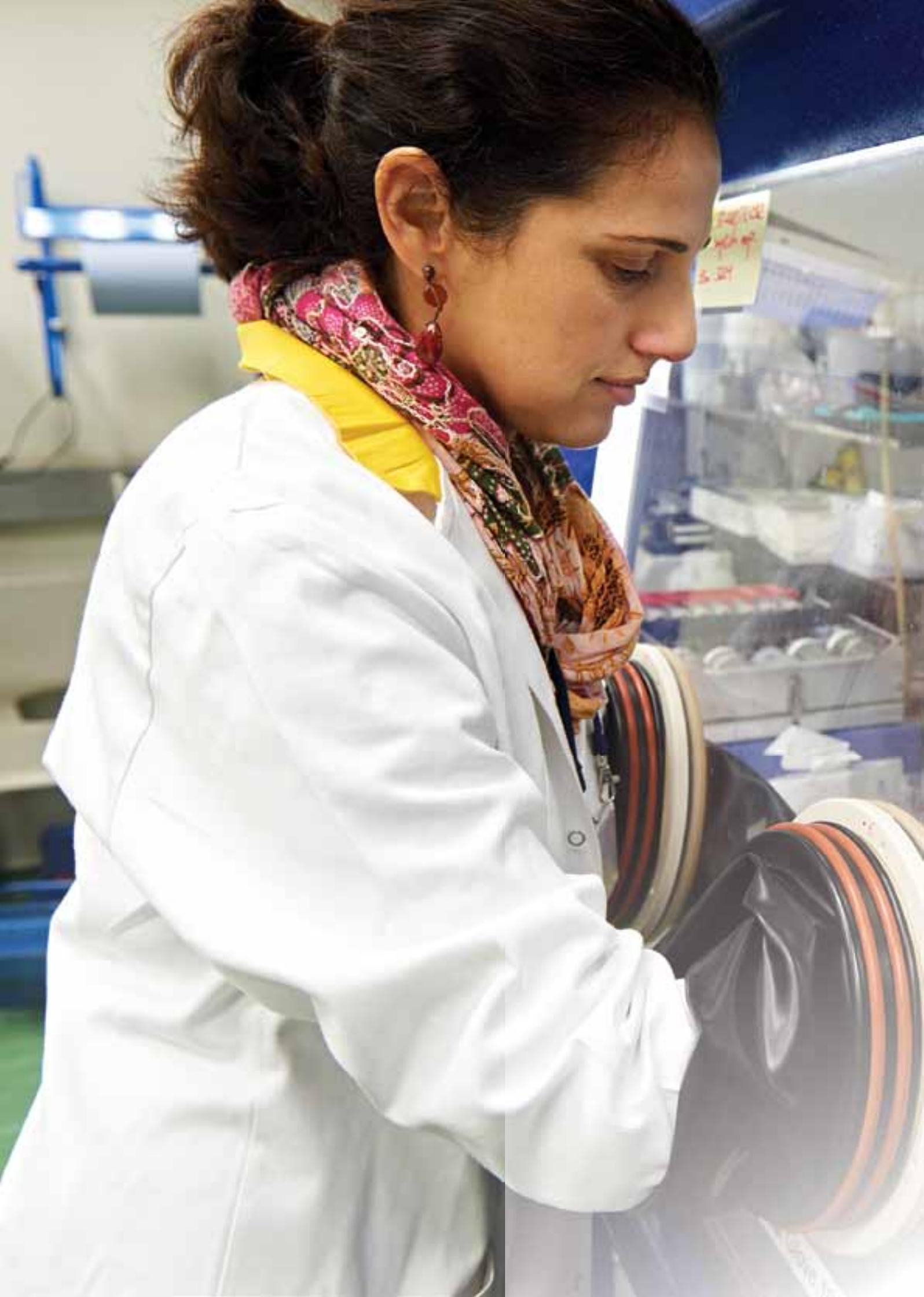
UPPER SAFETY LIMIT

Ce qui est important dans la criticité, ce sont les matières, le processus et la géométrie de l'entreposage. Les matières fissiles se trouvent elles dans un pot ou dans un fût ? Quelle est la taille de ce fût ? Quelles sont ses dimensions ? Les chercheurs recueillent ces informations et établissent des modèles de calcul dans un logiciel. Ce logiciel calcule alors le facteur de multiplication. Mais pour pouvoir tirer des conclusions, il faut d'abord vérifier si les calculs effectués ont été validés. À cet effet, nous disposons de benchmarks dans lesquels nous constituons des systèmes relativement simples à titre expérimental et nous mesurons efficacement dans quelles conditions et avec quelle composition la criticité est atteinte. Ainsi, il existe de nombreuses expériences avec différents matériaux, différentes conditions et différentes géométries. Ces données rassemblées sont disponibles. Le groupe d'expertise *Physique des Systèmes nucléaires* vérifie plusieurs de ces essais et examine dans quelle mesure le résultat calculé se rapproche de l'expérience originale. Le calcul révèle donc quelle est la différence entre ces modèles (code, données nucléaires, approche) et les valeurs de référence expérimentales. De cette manière, il est possible d'instaurer une marge supplémentaire et de calculer quelle valeur ne peut jamais être dépassée. C'est la « Upper Safety Limit ».

du dossier global de sûreté qu'ils doivent présenter à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN). Sur la base de l'étude de criticité, l'exploitant peut démontrer que le risque de criticité est absent dans des conditions normales ainsi qu'en situation accidentelle.

Le but est-il que votre groupe travaille encore plus souvent pour des clients externes à l'avenir ?

Gert Van den Eynde : Oui, c'est notre intention. Nous possédons ces compétences depuis longtemps, et nous les avons maintenant affinées et développées. Nous avons l'intention de faire de la prospection et de rechercher des projets supplémentaires. Mais bien entendu, nous avons également toujours du travail au niveau interne. Surtout après les essais de résistance, différents scénarios « que se passerait-il si ... » ont vu le jour ; nous devons les examiner et les calculer. Ces scénarios semblent parfois tirés par les cheveux, mais il est très important d'effectuer ce brainstorming. Des propositions très imaginatives sont parfois faites, mais elles donnent matière à réfléchir et permettent de développer des procédures plus sûres.





**2012 :
60 ans
d'expertise**

05

2012 : une année jubilaire bien remplie

60 ans, pas une ride et prêt pour l'avenir

En 2012, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a fêté son 60ème anniversaire par une série d'événements destinés aux invités de marque, au grand public et au personnel. Pas moins de 4700 invités ont participé aux activités organisées par le SCK•CEN dans le courant de l'année. Dans ce cadre, le thème central était toujours le même : 60 ans de recherche et de développement au service de la société.

Le SCK•CEN accueille le grand public

À l'occasion des journées portes ouvertes des 11, 12 et 13 mai, le grand public a pu visiter le domaine technique de Mol pour découvrir les diverses activités du SCK•CEN. Ouvrir les portes d'un site nucléaire au grand public n'est pas évident et représente un fameux défi logistique, notamment en matière d'enregistrement et d'accès. Néanmoins, le Centre d'Etude a fourni cet effort dans le cadre de sa responsabilité et de son ouverture vis-à-vis de la communauté. À six endroits, 2200 visiteurs au total ont notamment découvert le fonctionnement d'un réacteur nucléaire, ce qu'est précisément MYRRHA, comment sont produits les radio-isotopes et le silicium et quelles sont les solutions étudiées par le SCK•CEN pour les déchets radioactifs. Les visites guidées et le contact direct avec les scientifiques ont énormément plu au public présent.

64





“ Notre recherche est une source unique de nouvelles évolutions, de nouveaux produits et services ayant une importante valeur sociétale que nous pouvons valoriser au niveau interne et externe. Cet énorme potentiel est de plus en plus reconnu et apprécié. C’est pourquoi nous apprécions particulièrement que le SCK•CEN ait été choisi comme lauréat du prix « De Kempenaar 2012 » pour le rôle que nous jouons depuis plusieurs années en vue de placer la région d’une manière durable sur la carte belge, européenne et mondiale. ”

Dirk Ceuterick

Responsable de l’Unité Support d’Entreprise





Howard Guttman

A propos des soixante ans de partenariat dans la science et la sûreté : « Aujourd'hui, au SCK•CEN, vous construisez un monde meilleur, plus propre et plus sûr. C'est ici qu'un avenir meilleur se dessine. Et je suis fier de dire que les Etats-Unis et la Belgique continuent à travailler ensemble pour arriver à ce mieux demain. »



Melchior Wathelet

A propos de l'avenir de la recherche nucléaire en Belgique : « Je suis fier de la recherche effectuée par cet organisme, qui a placé la Belgique sur la liste des centres d'excellence en matière de science et technologie nucléaire civile. De grands défis nous attendent et c'est avec fierté que j'affirme ma conviction que le SCK•CEN possède le savoir-faire et les compétences pour les relever. »



LE PRINCE PHILIPPE INVITE D'HONNEUR A LA SEANCE ACADEMIQUE

En juin, le SCK•CEN a accueilli des invités de marque du monde politique et académique ainsi que de l'industrie pour une séance académique sous les auspices du Prince Philippe, accompagné de Melchior Wathelet, secrétaire d'Etat à l'Energie et des ambassadeurs de France, du Japon et des Etats-Unis. A cette occasion, différents orateurs se sont attardés sur les mérites du SCK•CEN durant ces nombreuses années au service de la Belgique et de la communauté internationale.



Le SCK•CEN se lance dans la culture

Fin octobre 2012, le SCK•CEN a encore fêté deux anniversaires. Le réacteur BR3 avait été raccordé au réseau d'électricité il y a exactement 50 ans et mis hors service il y a 25 ans. À l'époque, le BR3 était une première européenne et a servi de modèle pour les centrales nucléaires construites ultérieurement en Belgique. Plus tard, le BR3 a été sélectionné par l'Europe comme projet-pilote pour le démantèlement de ce type de réacteurs. Le Centre d'Etude a choisi de fêter ces anniversaires avec la communauté locale. C'est pourquoi le réacteur BR3 a été transformé en Réacteur culturel le temps d'un week-end. 600 visiteurs ont pu assister à l'un des deux concerts uniques de Scala & Kolacny brothers. Avant et après le concert, le public a pu admirer les œuvres d'artistes locaux et internationaux. Mais la science et la technique étaient également de la partie. Des collaborateurs du BR3 ont expliqué de manière experte l'histoire et le rôle du réacteur ainsi que son démantèlement.

Si nous avons pu mettre sur pied le Réacteur culturel, c'est grâce à une collaboration intensive des groupes d'expertise *Communication* et *Démantèlement, Décontamination et Déchets*. L'événement a également bénéficié d'un intérêt exceptionnel des médias, tant au niveau local que national. Interrogé sur l'avenir, le directeur général Eric van Walle a répondu que la réussite du Réacteur culturel sera assurément une source d'inspiration en vue de donner une nouvelle destination au BR3. En attendant, le démantèlement du bâtiment du réacteur se poursuit. Ou comme l'a formulé un collègue du BR3 : « Hier, c'était encore le Réacteur culturel, et aujourd'hui, cela redevient simplement notre atelier. »



Du champ à l'atome

Depuis le milieu des années cinquante, l'arrivée du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire à Mol a eu un impact considérable sur la vie à Mol et dans les communes voisines. En peu de temps, il y a eu de grands changements au niveau de l'emploi et du commerce, mais aussi de la vie sociale. L'administration communale de Mol, la « Molse kamer voor heemkunde » (chambre d'histoire locale) et le SCK•CEN estimaient que cette période unique de l'histoire de la commune ne pouvait pas passer inaperçue 60 ans plus tard. C'est pourquoi ils ont organisé une exposition ayant pour thème « La campagne dans les années cinquante – du champ à l'atome ». Grâce à une riche collection de photos historiques, films et objets typiques, le Centre culturel 't Getouw a baigné pendant un mois dans l'atmosphère singulière des années cinquante. Cette exposition a accueilli 1500 visiteurs.

Sport et musique pour et par nos collaborateurs

Dans l'effervescence des 60 ans du SCK•CEN, nous n'avons pas oublié nos collaborateurs. Pendant trois pauses déjeuner, ils ont pu assister à des représentations musicales en plein air. Ces « Tartines dans les bois » ont été particulièrement appréciées. C'était l'occasion idéale de rencontrer les collègues dans une ambiance agréable. Des défis sportifs ont également été organisés. Le personnel a été encouragé à participer en groupe à des randonnées à vélo, des courses à pied et des promenades, avec un équipement aux couleurs du SCK•CEN. Les équipes ne sont pas passées inaperçues. Ainsi, 143 coureurs ont pris le départ de la « Ludo Dierckxsens Classic » à Laakdal. 98 joggeurs ont défendu les couleurs du SCK•CEN durant la « Classic Tessenderlo » et 25 promeneurs ont entamé la « Dodentocht » de 100 kilomètres à Bornem. 10 participants, dont le directeur général et son adjoint, ont persévéré pour atteindre la ligne d'arrivée. Étant donné que les activités sportives et musicales enrichissent la communication interne, elles auront une suite en 2013.

Interview de
Michèle Coeck,
responsable de la Formation
et Gestion des Connaissances

Academy for Nuclear Science and Technology

Le SCK•CEN investit dans la
formation et le transfert de
connaissances

En 2012, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a lancé l'« Academy for Nuclear Science and Technology ». Le SCK•CEN est connu et apprécié dans le monde entier en tant qu'organisme de recherche, mais c'est aussi un centre de formation. Avec la création de l'Academy for Nuclear Science and Technology, le Centre a pour but de développer plus précisément cette fonction. La conservation et, si nécessaire, l'élargissement des compétences nucléaires de haut niveau ainsi que le transfert de connaissances sont dès lors essentiels pour utiliser, maintenant et à l'avenir, la radioactivité d'une manière sûre et responsable. L'Academy rassemble les activités de formation du SCK•CEN au sens le plus large du terme, et peut compter sur plus de 60 ans d'expérience.



Quel est le « core business » de la nouvelle Academy for Nuclear Science and Technology ?

Michèle Coeck : Le travail de l'Academy s'articule autour de quatre grands thèmes : nous accompagnons les jeunes scientifiques, nous organisons des formations, nous prévoyons un appui à la politique en matière de formations et nous lançons ce que nous appelons une approche transdisciplinaire dans les formations et le transfert de connaissances. Dans ce quatrième pilier, nous faisons office de pionnier. Nous comprenons parfaitement que le nucléaire n'est pas seulement une matière complexe sur le plan technico-scientifique, mais aussi sur le plan social. Par conséquent, le SCK•CEN effectue, via le programme de recherche PISA, qui signifie « Programme for the Integration of Societal Aspects in nuclear research », de la recherche concernant les aspects transdisciplinaires de l'acquisition de connaissances et de la politique en matière de technologie nucléaire. En collaboration avec les chercheurs PISA, l'Academy réfléchit à la meilleure manière de stimuler la réflexion critique basée sur la connaissance scientifique et technique, mais aussi sur une compréhension et une analyse du contexte social.

A quoi contribue concrètement cette approche transdisciplinaire ?

Michèle Coeck : Nous trouvons important que les gens qui, dans un contexte professionnel ou autre, doivent faire face à une application de la radioactivité, disposent d'abord des compétences techniques et scientifiques appropriées. Ensuite, nous voulons également les stimuler à aborder de manière critique la connaissance acquise et les confronter à une autre manière de penser, plus large. Cela leur donne un moyen et une voix pour communiquer d'une autre manière, par exemple vis-à-vis des décideurs politiques. Nous proposons les pièces du puzzle qui doivent être assemblées, compte



tenu de facteurs éthiques, politiques et économiques, bref, du contexte social. En réfléchissant de manière critique à propos de la justification de l'utilisation des technologies nucléaires, nous pouvons contribuer à un débat social ouvert et plus réfléchi, par exemple dans le domaine du traitement et de l'entreposage de déchets radioactifs, du développement ou de la diminution de la production d'électricité d'origine nucléaire, de l'utilisation du rayonnement ionisant dans les applications médicales, etc.

Que peut proposer l'Academy aux étudiants ?

Michèle Coeck : L'offre destinée aux étudiants est très vaste : des étudiants de dernière année de l'enseignement secondaire (ESG ou EST) aux étudiants en doctorat et chercheurs postdoc en passant par les étudiants Bachelor et Master. En ce qui concerne les plus jeunes : par le biais d'une visite, notamment, nous voulons leur montrer ce que fait le SCK•CEN et surtout, nous voulons leur faire respirer l'atmosphère du travail dans un



Michèle Coeck, responsable de la Formation et Gestion des Connaissances
Tom Clarijs & Thomas Berkvens, collaborateurs scientifiques
Griet Vanderperren & Kris Pennemans, liaison officers



centre de recherche. S'ils ont l'intention de suivre une orientation technique ou scientifique, ils auront ainsi un avant-goût d'un futur environnement professionnel éventuel.

Les étudiants Bachelor et Master peuvent utiliser les laboratoires et les vastes installations uniques du SCK•CEN. Ils sont accompagnés par nos experts durant un stage ou la préparation de leur mémoire. Pour ce faire, nous travaillons en étroite collaboration avec les universités. Une liste des sujets disponibles mise à jour en continu se trouve sur notre site Internet. Chaque étudiant peut introduire une demande en ligne ; l'Academy évalue les dossiers.

Pour les étudiants en doctorat et les chercheurs postdoc, nous appliquons une approche similaire, mais il s'agit ici d'une collaboration plus longue, de respectivement 4 et 2 ans, et les places sont limitées en raison du coût financier. C'est pourquoi nous attendons de leur part un dossier d'inscription détaillé et

nous veillons scrupuleusement à la qualité de ce dossier. Le Conseil scientifique du SCK•CEN joue également un rôle important dans la sélection des candidats. Dans tous les cas, une bonne collaboration avec les hautes écoles et universités belges et étrangères, et plus particulièrement avec les promoteurs, est capitale. Nous veillons à ce que les étudiants soient encadrés de la meilleure manière possible par nos experts, dans un environnement de recherche dynamique, en leur permettant également d'utiliser nos installations. Après une formation réussie, c'est toujours l'université qui délivre le diplôme. L'Academy for Nuclear Science and Technology ne peut pas encore le faire pour l'instant car nous ne sommes pas une institution académique légalement reconnue comme les universités. Nous jouons donc un rôle complémentaire. Il va sans dire que cette collaboration est également bénéfique pour nous. Nous offrons aux meilleurs étudiants la possibilité de continuer à travailler chez nous. En effet, il est indispensable que les immenses connaissances nucléaires acquises par le SCK•CEN soient conservées et même développées à l'avenir.

Le pilier qui se concentre sur la formation compte deux parties ?

Michèle Coeck : C'est exact. Nous avons d'une part la collaboration avec les universités ; dans ce cadre, nous participons très activement à plusieurs programmes académiques. Plusieurs de nos experts enseignent dans une université et le SCK•CEN était à l'origine d'initiatives telles que le BNEN (Belgian Nuclear higher Education Network) et la formation d'experts en radioprotection. Notre public cible se compose dans ce cas d'étudiants ou de jeunes professionnels qui entreprennent une spécialisation dans une orientation nucléaire. Pour le deuxième volet du pilier formation, les choses sont différentes. Il s'agit ici de formations sur mesure pour les professionnels de l'industrie nucléaire, du secteur

“ *Nous sommes convaincus de l'importance du transfert de la connaissance nucléaire dans toutes ses facettes aux générations suivantes.* ”

médical, des institutions publiques et de recherche. Le contenu, la durée, le niveau et la langue de la formation sont flexibles et sont déterminés à l'occasion d'un entretien avec le demandeur. Nos enseignants sont des ingénieurs, des physiciens, des biologistes, des médecins, des philosophes, des techniciens ... qui par leur fonction de chercheur ou de collaborateur technique, sont tous spécialisés dans un domaine déterminé. Ils baignent donc dans la pratique et peuvent transmettre les informations les plus récentes. Il va sans dire qu'ils possèdent également d'excellentes aptitudes didactiques. Pour les personnes qui suivent la formation, la possibilité offerte de développer leur réseau constitue un bonus. Si les élèves ont encore une question par la suite, ils savent à qui s'adresser.

Quels sont les thèmes proposés dans l'offre ?

Michèle Coeck : Les sujets les plus demandés se trouvent dans les domaines de la radioprotection, de la technologie des réacteurs, de la science des matériaux, des plans d'urgence, de la radiobiologie et de la radio-écologie. Mais en fait, nous pouvons organiser une formation dans tous les domaines dans lesquels le SCK•CEN fait de la recherche. Nous travaillons d'ailleurs à l'extension de l'offre standard actuelle. À l'avenir, nous voulons par exemple nous tourner davantage vers le domaine du démantèlement, et nous proposerons de nouveaux modules pour le secteur médical.

Dans quelle mesure l'Academy for Nuclear Science and Technology peut-elle en fait influencer la politique en matière de formation ?

Michèle Coeck : Cela peut notamment se faire par notre participation active à des projets de formation européens et à des comités de pilotage d'organismes internationaux comme l'Agence internationale de l'énergie atomique AIEA. Nous travaillons par exemple à l'élaboration de normes européennes pour la formation de profils déterminés dans le secteur nucléaire. Une approche européenne harmonisée et un système transparent d'assurance de la qualité peuvent également engendrer une confiance mutuelle dans la qualité des différentes formations, facilitant ainsi la mobilité des travailleurs. En outre, nous participons à des groupes consultatifs qui préparent l'implémentation des normes européennes dans la réglementation belge. Nous sommes donc à la source internationale du développement de politiques. C'est pourquoi nous pouvons également parfaitement adapter nos propres formations aux exigences les plus récentes. C'est une garantie supplémentaire que nous offrons à nos partenaires.

L'avenir de la SCK•CEN Academy est-il assuré ?

Michèle Coeck : C'est une question que l'on me pose souvent, surtout au vu de l'attitude belge vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité. Mais je suis fermement convaincue que l'Academy est nécessaire et possède toutes les chances de réussite. Que l'on veuille fermer ou construire des installations, les connaissances nucléaires sont nécessaires dans les deux scénarios. Dans un cas, ce sera plutôt axé sur le démantèlement et les techniques de décontamination, et dans l'autre plutôt sur la technologie des réacteurs. Dans les deux cas, le travail en toute sécurité et la connaissance de la radioprotection sont indispensables. Notre rayon d'action est large et pour les applications dans le monde médical, le transport, la radiobiologie et la radio-écologie ... nous voulons également veiller à la présence des compétences nécessaires, en Belgique et à l'étranger. Les défis sont donc suffisamment nombreux. La SCK•CEN Academy y apportera une précieuse contribution. Sur le plan du contenu, nous pouvons compter sur plus de 60 ans d'expérience et les résultats les plus récents de nos recherches ; nous disposons de grandes installations uniques qui offrent un complément indispensable aux formations théoriques et last but not least : au SCK•CEN, nous pouvons compter sur des collaborateurs motivés qui sont convaincus de l'importance du transfert de la connaissance nucléaire dans toutes ses facettes aux générations suivantes.



“ À l’occasion de notre 60e anniversaire, nous avons participé en groupe à différentes activités sportives dans la région. Des centaines de collègues aux couleurs du SCK•CEN qui font du vélo, de la course à pied et de la marche ; c’est un signe de notre fierté de travailler pour un organisme de recherche ayant un large ancrage local, mais qui constitue également un pôle d’attraction international avec des collaborateurs issus de 37 pays. Nous avons le privilège de pouvoir profiter quotidiennement de la richesse des nombreuses cultures. ”

Christian Legrain

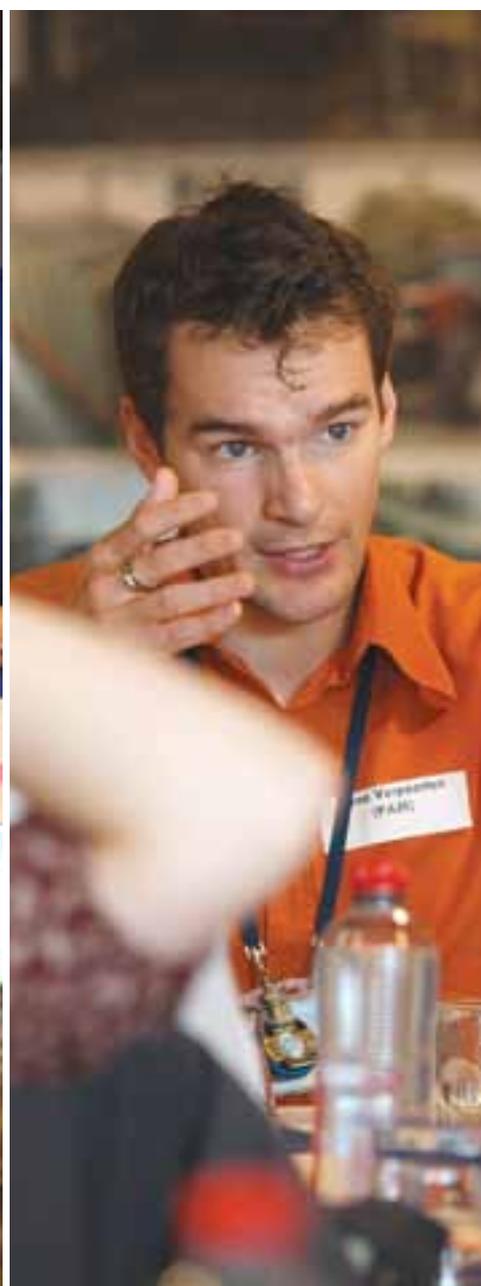
Secrétaire général



Satisfaction au travail

Les sessions de feed-back interactives constituent la base de notre plan d'action

Nous signerions tous pour un climat de travail sain grâce à de bonnes relations avec les collègues et les supérieurs, n'est-ce pas ? Cependant, ce n'est jamais évident. Le bien-être au travail demande un effort permanent. Pour soutenir une politique intégrée, le groupe de travail *Bien-être psychosocial* du SCK•CEN a déjà mis en 2012 sur l'amélioration du transfert d'informations et des relations avec les supérieurs et les collègues.



Pour poser les bases d'une politique durable de prévention des violences, du harcèlement moral ou sexuel au travail, une enquête SIMPH a été organisée en 2011. Cette enquête « Short Inventory to Monitor Psychosocial Hazards » dresse la carte de la charge psychosociale au travail et donne une image des risques rencontrés par les collaborateurs d'être victime d'un comportement déplacé comme la violence, le harcèlement moral ou le harcèlement sexuel. Les résultats ont été traités avec l'aide d'experts externes et ont été présentés au personnel au printemps de 2012.

Le Café Einstein vous conseille

Globalement, les résultats de l'enquête réalisé parmi le personnel du SCK•CEN sont plutôt positifs par rapport à des organisations et entreprises comparables. Ainsi, les collaborateurs éprouvent généralement du plaisir au travail et la charge est tout à fait supportable. Mais évidemment, il y a également des points auxquels nous devons faire attention. Ainsi, on demande un renforcement de la communication au sein du SCK•CEN. La communication directe entre le collaborateur et le dirigeant ainsi que le feed-back et l'appréciation pourraient s'améliorer. Afin d'examiner ces résultats plus en détail et d'élaborer une solution d'une manière motivante, un « Café Einstein » a été organisé en automne 2012. Le nom de cette session interactive de brainstorming et de feed-back est inspiré de l'endroit où a eu lieu la session au Centre d'Etude. Au total, environ 80 membres du personnel se sont mis au travail, abordant les thèmes de la communication, de l'appréciation et du feed-back. Leur apport a permis de comprendre clairement ce que cela signifie précisément, où se trouvent les manquements, mais aussi comment y remédier.



Communication informelle et people management

Les sujets les plus fréquents ont été repris par le groupe de travail *Bien-être psychosocial* dans une liste d'actions soutenue par la direction. Le but est de réagir rapidement et de passer directement à l'action lorsque c'est possible. Concrètement, nous avons déjà accéléré le transfert des informations et renforcé la communication interne informelle via la continuation des activités sociales et sportives mises sur pied à l'occasion du 60ème anniversaire du SCK•CEN. Un élément plus fondamental est l'attention que nous allons consacrer aux « soft skills » et au « people management » pour les dirigeants. Des formations ciblées sont prévues à cet effet. Un autre élément important est la communication top-down et bottom-up dans l'organisation. Il s'agit par exemple de la présence du management sur le terrain et de la stimulation de la communication informelle. L'échange d'informations entre les collègues peut également être renforcé. Le groupe de travail *Bien-être psychosocial* et le *Comité pour la Prévention et la Protection au Travail* suivent les actions de près. Tous ces efforts contribuent dès lors de manière non négligeable à la politique de prévention générale. Prendre plaisir à venir travailler diminue l'exposition au stress, pour ne citer qu'un exemple ...

La nouvelle maison communautaire accueille les premiers occupants

Habiter à proximité de son travail, c'est rarement aussi simple qu'au SCK•CEN. Lors de l'arrivée du Centre d'Etude à Mol, un quartier résidentiel a également été construit, avec des dortoirs, des studios, des appartements, des maisons et des villas.

Le logement sur le site est toujours très en vogue, surtout pour les travailleurs étrangers et les étudiants. Au total, 86 chambres, 49 studios, 38 maisons et 11 villas du SCK•CEN sont disponibles. Afin de mieux répondre aux besoins, un nouveau type d'habitation a rejoint l'offre en 2012 : une maison communautaire.

Parce que la pression sur les dortoirs devenait trop élevée et parce qu'il y avait un besoin urgent de logements supplémentaires pour les couples, le groupe d'expertise *Services techniques centraux* a transformé une villa en maison communautaire. Elle peut accueillir huit personnes. Trois chambres sont prévues pour les couples et deux pour une personne. Les habitants partagent deux salles de bains, une cuisine et un living.

Le meilleur de deux mondes

En visite chez
Mohamed Ahmed,
Feyzan Ozgun Ersoy
et **Ellina Macaeva**

La villa était presque prête à être occupée. Les collaborateurs techniques ont seulement dû rafraîchir quelque peu l'ensemble. Ils ont peint la boiserie extérieure et installé un nouveau revêtement de sol dans les chambres. Des portes coupe-feu, des extincteurs, des détecteurs de fumée et un éclairage de secours ont été installés. L'intérieur de la villa a été entièrement repeint et meublé. Ces travaux ont commencé en août 2012 et se sont terminés en novembre. Les doctorants Ellina Macaeva, Feyzan Ozgun Ersoy et Mohamed Ahmed ont été les premiers à déménager vers la maison communautaire.

Pourquoi avez-vous choisi une maison communautaire ?

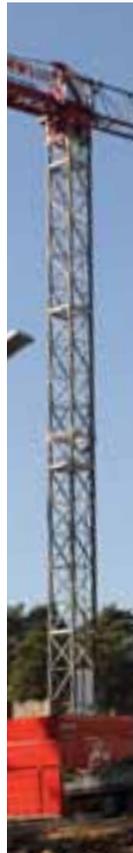
Mohamed : Avant, j'habitais dans les dortoirs. Pour moi, la vie dans cette maison communautaire est tout à fait différente. C'est plus privé, plus personnel. J'apprends à connaître bien mieux les autres personnes. Ce n'est pas aussi public qu'une petite place dans les dortoirs. Et j'apprécie particulièrement les équipements tels que l'internet et la télévision.

Feyzan : J'habitais Anvers et je suis venue vivre ici. Je prenais le train pour venir travailler, mais c'était très fatigant. Je passais

NOUVELLE PHASE DE RÉNOVATIONS

Le groupe d'expertise *Services techniques centraux* a terminé un programme très chargé en 2012. Une nouvelle route a été aménagée vers le bâtiment d'intervention et les travaux au niveau des ailes nord et sud du bâtiment BR1 sont terminés. La construction du nouveau logement pour animaux, d'une superficie de 450 m², a également débuté. Le bâtiment répondra à toutes les exigences en vue de garantir la sûreté biologique et une hygiène optimale. À partir de la fin 2013, les souris utilisées pour la recherche sur les effets des radiations y seront logées.

En 2008, le SCK•CEN a débuté un vaste projet pour la rénovation de ses bâtiments. Une prochaine phase est en préparation. Les plans du bâtiment de la téléphonie et d'une nouvelle entrée principale se trouvent sur la table à dessin. Le bâtiment GKD, qui abrite les laboratoires et le service médical, sera rénové et se verra adjoindre un nouveau bâtiment.



“ Pour moi, la vie dans cette maison communautaire est tout à fait différente. C'est plus privé, plus personnel. ”

Mohamed : Dans les dortoirs, je ne me sentais pas toujours « chez moi », contrairement au sentiment que j'ai ici. Il est également plus facile de recevoir des amis. C'est un endroit agréable. En ce qui me concerne, le SCK•CEN peut aménager davantage de maisons communautaires comme celle-ci.

Quels sont les avantages de vivre dans une maison communautaire ?

Ellina : Je déménagerai bientôt pour un studio, afin de vivre avec mon partenaire. Dans un tel studio, nous aurons évidemment plus d'intimité, mais nous serons également plus isolés des autres personnes. Ici, il y a toujours quelqu'un à qui parler. Il y a également plus qu'assez d'espace pour être seul si on le désire.

Feyzan : Et si on n'a plus de pain, on peut manger celui de quelqu'un d'autre. Je plaisante ! Ici, j'ai le sentiment de louer une maison avec un groupe d'amis. Nous sommes des « colocataires ».

Mohamed : Je me demande si ce sera encore le cas quand tous les lits seront occupés. Avec huit habitants, l'organisation du frigo sera assurément un défi !

Feyzan : Le living avec coin salon et salle à manger est assez grand. Et bien entendu, il y a encore d'autres pièces. Il devrait donc y avoir assez d'espace. En outre, chacun a un rythme différent : certains partent tôt le matin, d'autres rentrent tard le soir. En d'autres termes, nous ne sommes presque jamais tous ensemble ici. Et nous avons un jardin, ce qui est également un point positif. Lorsqu'il fera beau, nous ne manquerons pas d'organiser un barbecue !

quotidiennement 3 à 4 heures dans les transports en commun et je devais toujours me lever à 6 heures, car autrement, je manquais la correspondance (bus) entre la gare et le SCK•CEN. Maintenant, je peux dormir jusque 8 heures.

Mais vous devez tout de même renoncer à une partie de votre vie privée ...

Feyzan : Bien entendu, nous partageons une maison, mais seulement avec quelques habitants. Il peut y avoir maximum huit personnes ici, et chacun a donc son intimité. En outre, nous avons le sentiment que c'est vraiment notre maison. Que nous habitons vraiment ici et pas en tant qu'invités. Cette habitation a été entièrement rénovée avant que nous n'y aménagions et c'est évidemment un fameux point positif. Tout semble neuf et parfaitement en ordre. Et les meubles sont également très chouettes. Nous n'avons absolument aucune raison de nous plaindre. Tous les amis qui nous rendent visite sont sous le charme de cet endroit agréable.



2012 en quelques mots

78

JANVIER

Le SCK•CEN et l'Agence japonaise de l'énergie atomique (JAEA) étendent leur coopération

Le SCK•CEN et son homologue japonais, la JAEA, vont collaborer les cinq prochaines années à une série de projets dont le développement de systèmes pilotés par accélérateur de particules tel que MYRRHA et la réalisation de tests de matériaux. La signature de cet accord de collaboration a eu lieu le mercredi 4 janvier, en présence de S.E. l'ambassadeur du Japon en Belgique, Mr. Jun Yokota.

MARS

Le Dr. Sebastien Couet (KUL) reçoit le prix scientifique SCK•CEN prof. Roger Van Geen

A l'initiative du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, le Fonds de la Recherche Scientifique (FNRS) et le « Fonds Wetenschappelijk Onderzoek » (FWO) attribuent tous les deux ans le prix scientifique SCK•CEN prof. Roger Van Geen. Cette distinction, à laquelle est lié un montant de 12 500 EUR, couronne un travail livrant une contribution originale ou consacrant un progrès important dans les domaines du SCK•CEN. Le Dr. Sebastien Couet a mis au point une technique d'analyse nucléaire particulière : la dispersion nucléaire. Celle-ci permet d'étudier bon nombre de phénomènes de la physique de l'état solide.

Le SCK•CEN est membre d'une nouvelle association pour la promotion de la recherche et du développement

NUGENIA a été lancée le 20 mars à Bruxelles: il s'agit d'une nouvelle association européenne visant à stimuler la R&D nucléaire. NUGENIA regroupe les principaux représentants de l'industrie, des universités et des centres de recherche et organismes de sûreté. Le SCK•CEN entend prendre part à cette initiative afin de soutenir la sûreté, la fiabilité et la compétitivité des centrales nucléaires. L'objectif fixé, par le biais d'une meilleure collaboration et coordination, est d'engager de manière optimale l'expertise scientifique et technique dans la R&D nucléaire, en se concentrant sur les réacteurs nucléaires de la 2ème et 3ème génération.



AVRIL

Les radio-isotopes au service des citoyens

Le 20 avril, le SCK·CEN organise à Bruxelles un colloque sur les radio-isotopes médicaux. Cette quatrième édition était placée sous le signe des radio-isotopes au service de la population. 125 participants, engagés dans la recherche, la production, la distribution, la santé et l'administration, se sont penchés sur des questions telles que la sécurité d'approvisionnement et la nécessité d'une harmonisation des réglementations et prix. En outre, des nouvelles initiatives et des recommandations ont été discutées.



JUIN

Le SCK·CEN a transmis à l'AFCN son rapport sur les essais de résistance de ses installations nucléaires

L'AFCN et sa filiale technique Bel V vont s'atteler bientôt à l'évaluation des rapports des essais de résistance des installations qualifiées de classe 1. Sont concernées : toutes les installations nucléaires à l'exception des centrales de puissance. A l'opposé des rapports sur les essais de résistance, transmis précédemment dans le cadre des centrales nucléaires, ces rapports-ci ne sont pas imposés par la Commission européenne mais par l'AFCN. Ils comportent des scénarios identiques, tels que ceux liés aux conséquences de conditions atmosphériques extrêmes, de tremblements de terre violents ainsi que la perte de tension électrique.





SEPTEMBRE

Premier transport de déchets cimentés depuis l'Ecosse vers la Belgique

Lundi soir, le 3 septembre, le premier transport de déchets radioactifs cimentés depuis Dounreay (Ecosse) vers la Belgique s'est achevé. Il s'agit de déchets de moyenne activité et de longue durée de vie issus du retraitement du combustible nucléaire usé du réacteur de recherche BR2 du SCK•CEN. Deux conteneurs de transport, chacun rempli de trois fûts de déchets cimentés, sont arrivés au bâtiment d'entreposage spécialement conçu à cet effet sur le site de Belgoprocess à Dessel. Dans la période 2012-2014, 20 autres transports de déchets cimentés auront lieu depuis l'Ecosse vers la Belgique.

Le SCK•CEN, lauréat de « De Kempenaar 2012 » par le VKW

La fédération des entrepreneurs VKW Kempen a nommé le SCK•CEN lauréat de « De Kempenaar 2012 ». Le jury s'est prononcé pour le SCK•CEN car, en tant que centre de recherche indépendant, détaché de toute prise de position politique, il effectue depuis 60 ans de la recherche sur les effets à court et à long terme de toute application nucléaire sur l'homme, l'environnement et les matériaux. Toujours selon le jury, le Centre d'Etude est consciemment et socialement engagé dans la région et dans le monde, notamment par la production incontournable de radio-isotopes médicaux et par ses efforts sur le plan de la formation. Par cette prestigieuse récompense, le SCK•CEN succède à Janssen Pharmaceutica. Les entreprises Sibelco, MIKO, Soudal et Nike ont été à leur tour lauréates dans le passé.



© W&F Raymond Van Beygaerden



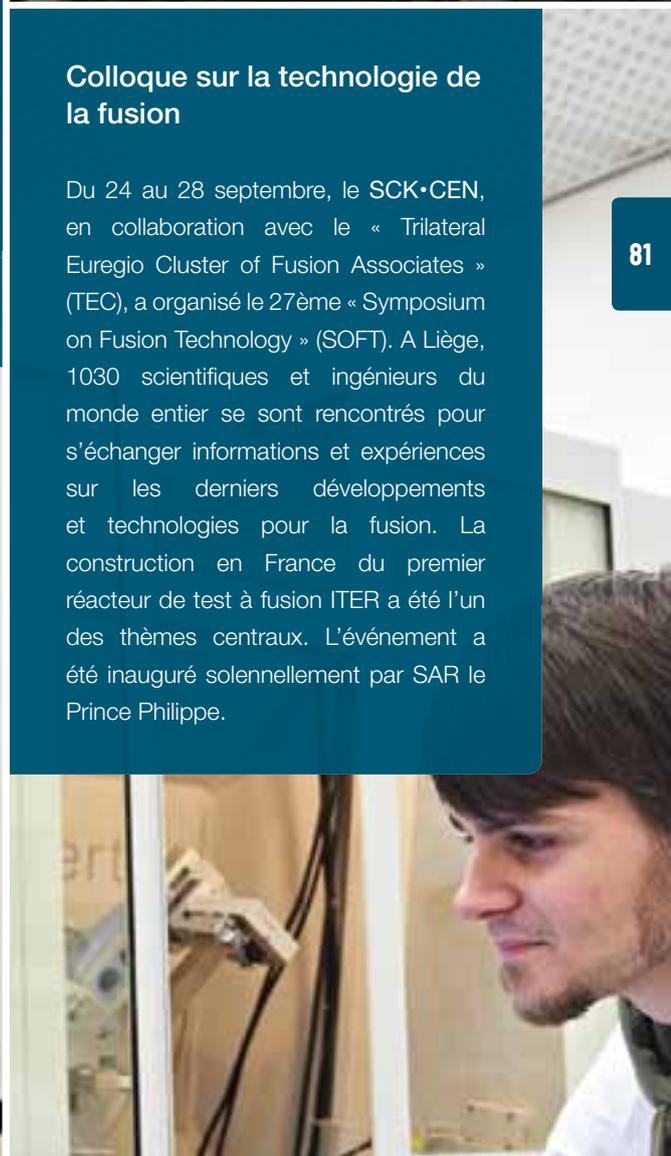
Le Laboratoire de calibrage nucléaire est reconnu comme référence pour la mesure des radiations ionisantes

Ce 3 septembre, le Laboratoire de calibrage nucléaire a reçu l'agrément officielle pour le Réseau belge de laboratoires de métrologie (BELMET). Il est à présent le laboratoire de référence pour la réalisation et la gestion des normes nationales et pour assurer la conversion selon ces normes, des mesures de radiations ionisantes dans le domaine de la dosimétrie dans les unités Gray et Sievert. L'agrément s'applique tant au laboratoire du SCK•CEN à Mol qu'au dispositif de calibrage exploité en collaboration avec l'Université de Gand.



Colloque sur la technologie de la fusion

Du 24 au 28 septembre, le SCK•CEN, en collaboration avec le « Trilateral Euregio Cluster of Fusion Associates » (TEC), a organisé le 27ème « Symposium on Fusion Technology » (SOFT). A Liège, 1030 scientifiques et ingénieurs du monde entier se sont rencontrés pour s'échanger informations et expériences sur les derniers développements et technologies pour la fusion. La construction en France du premier réacteur de test à fusion ITER a été l'un des thèmes centraux. L'événement a été inauguré solennellement par SAR le Prince Philippe.



L'essentiel des chiffres

Résumé du bilan social 2012

Nombre de travailleurs au 31 décembre 2012

	plein temps	temps partiel
Contrat à durée indéterminée	559	78
Hommes	505	49
Femmes	121	31
Nombre de travailleurs entrés en fonction	88	0
Nombre de travailleurs ayant quitté leur fonction	64	8
Nombre moyen de travailleurs	620	82
Total	626	80

En 2012, les dépenses totales du SCK•CEN ont atteint 118,60 MEUR. Les frais de personnel augmentent de 3,4 MEUR et constituent toujours le plus gros poste de dépenses, avec 55,5%. L'effectif du personnel est passé de 690 à un record de 706 fin 2012.

Le poste « achats et services », représentant 37% des dépenses, a augmenté de 7,3 MEUR par rapport à 2011. Ce poste comprend, outre les frais de déchets récurrents pour les installations nucléaires, les dépenses externes pour l'entretien et la réparation des bâtiments et équipements, les études et les dépenses en combustible pour le réacteur BR2. Il n'y avait pas de dépenses à ce niveau en 2011.

Bilans comparés (en millier d'EUR)

Actif	31/12/12	31/12/11
Immobilisations incorporelles	3 499	3 631
Immobilisations corporelles	29 614	29 333
Immobilisations financières	6 182	6 182
Stocks, commandes en cours d'exécution	19 842	20 074
Créances à un an au plus	33 133	30 332
Placements de trésorerie	31 039	78 277
Valeurs disponibles	48 546	4 372
Comptes de régularisation	3 191	3 090
Total	175 046	175 291

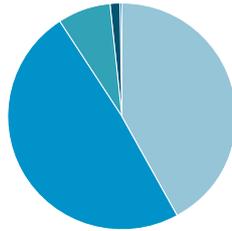
Passif	31/12/12	31/12/11
Fonds social	45 367	49 100
Provisions pour risques et charges	92 967	91 392
Dettes à plus d'un an	0	0
Dettes financières	0	0
Dettes commerciales	8 664	11 123
Acomptes reçus	18 896	16 692
Impôts, rémunérations et charges sociales	7 145	6 905
Autres dettes	28	29
Comptes de régularisation	1 979	50
Total	175 046	175 291

Dans le cadre de la recherche scientifique et du développement constant de nouvelles idées dans les sujets R&D prioritaires, le SCK•CEN contracte chaque année plusieurs engagements pour quatre ans avec diverses universités belges pour la recherche doctorale. Actuellement, plus de 60 doctorants y sont associés. Pour les deux années à venir, les engagements en cours pour ce programme s'élèvent à 3,4 MEUR. Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire assume la majeure partie, et le reste provient de sources de financement externes comme l'industrie, le « Fonds Wetenschappelijk Onderzoek » (FWO) et des programmes-cadres européens. En 2013, le nombre de doctorants devrait évoluer vers 70, selon les prévisions.

Les autorités fédérales ont assuré 49% du financement des dépenses du SCK•CEN en 2012. Les revenus propres (42%),

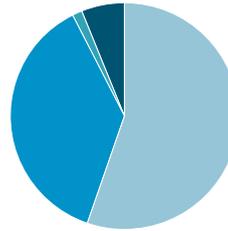


Recettes 2012 (en millier d'EUR)



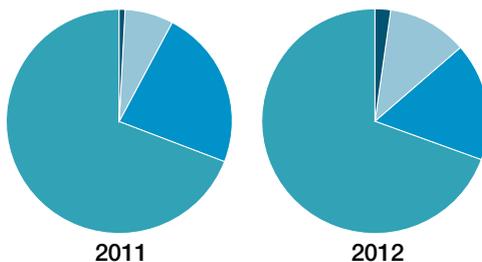
Chiffre d'affaires	48 008
Dotation fédérale, subsides en capital	55 576
Autres	8 608
Produits financiers	1 785
Produits exceptionnels	25
Total	114 002

Charges 2012 (en millier d'EUR)



65 781	Rémunérations
43 941	Achats, services
1 848	Provisions
7 046	Amortissements
118 616	Total
0	Transfert aux fonds affectés
-4 614	Résultat

Output scientifique



	2011	2012
Livres	7	13
Articles en phase de rédaction	46	67
Périodiques	156	98
Présentations	467	403

Le partage et la diffusion des connaissances scientifiques constituent l'une des tâches principales du SCK•CEN. C'est la raison pour laquelle les chercheurs présentent leur travail lors de nombreuses conférences internationales. Toutes sortes de publications paraissent également dans des revues et autres médias.

réalisés par des missions de recherche scientifiques et des services spécifiques, sont restés presque constants. Une part importante des autres produits (5 MEUR) provient de la réduction du précompte professionnel pour les chercheurs.

Les ressources s'élevaient à 80,0 MEUR à la fin 2012 ; elles ont baissé de 3,1 MEUR par rapport à 2011, en raison d'une diminution de 4,4 MEUR du cash-flow (résultat majoré des amortissements) et à une légère hausse nette de 0,8 MEUR du capital d'exploitation (actifs et passifs à court terme). Les fonds propres s'élèvent à 45,4 MEUR, soit 26% du total du bilan (175 MEUR).

Avec 7,2 MEUR, les investissements réalisés en 2012 restent légèrement en dessous du niveau de 2011, mais sont tout de

même nettement plus élevés que le niveau moyen de la période jusque 2007. En 2012, 2,1 MEUR ont été consacrés au projet MYRRHA. À l'avenir, nous continuerons à investir dans la remise à neuf du réacteur BR2, la rénovation des bâtiments, la séparation physique avec le VITO (Vlaamse instelling voor Technologisch Onderzoek) et la sécurisation du site. Les nouveaux arrêtés royaux relatifs à la sécurisation des installations nucléaires stipulent des normes renforcées que le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire doit respecter dans un délai de quatre ans.



Un dernier mot

Comme le révèle clairement *L'essentiel 2012*, le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire est plus que jamais un pionnier au niveau de la recherche nucléaire innovante et de ses applications.

Dans un contexte et un monde où

- la science et la technologie évoluent plus vite que jamais ;
- l'aptitude à s'adapter rapidement à un nouveau contexte et de nouvelles évolutions est d'une importance vitale ;
- il faut travailler de plus en plus dur sur le plan financier pour obtenir une part du gâteau toujours plus petit, surtout dans la communauté des chercheurs ;
- l'orientation vers le marché est indispensable, mais comporte également un risque pour les recherches ouvrant de nouvelles perspectives à long terme ;
- l'enseignement et la formation sont les bases sur lesquelles nous devons bâtir,

une stratégie dynamique constitue la clé d'un avenir durable. En 2012, nous avons donc entamé la rédaction d'une nouvelle note stratégique.

La note sera basée sur une étude préalable du contexte belge et international et sera rédigée après un processus participatif intensif sous la direction d'experts du SCK•CEN, alimenté par des interviews internes, des expertises externes et des analyses de sources.

Le Conseil d'administration se réjouit que le SCK•CEN, en plus d'assurer les trois fonctions de base, à savoir la recherche de l'excellence en tant que centre de recherche, centre technologique et centre d'expertise, continue à accorder la plus haute priorité à la culture de sûreté, la sûreté de fonctionnement, la sécurisation, la non-prolifération des armes nucléaires et la recherche dans ces domaines.

La note stratégique sera terminée au printemps 2013. Nous y reviendrons en détail dans la prochaine édition de cette publication.

2012

SCK•CEN

Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

Le SCK•CEN est une fondation d'utilité publique ayant un statut de droit privé, sous la tutelle du Secrétaire d'Etat à l'Energie.

Laboratoires

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Siège social

Avenue Herrmann-Debroux 40
BE-1160 BRUXELLES

Editeur responsable

Eric van Walle
Directeur général

Rédaction

Liesbet Corthout
Groupe d'expertise Communication

Photographie

Klaas De Buysser
klaasdebuysser.be
SCK•CEN archive de photos

Graphisme

Annelies Van Calster
leftlane.be

Impression

Drukkerij Van der Poorten
Leuven

Copyright © 2013 – SCK•CEN

Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d'auteur (2013). Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite préalable du SCK•CEN.



SCK•CEN

Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

60 ans d'expérience en science et technologie nucléaire

En tant que centre de recherche pour les applications pacifiques de la radioactivité, le SCK•CEN constitue un maillon incontournable de notre société. Le Centre effectue de la recherche orientée vers le futur et développe des technologies durables. Par ailleurs, il se charge d'organiser des formations et met à disposition ses services et son expertise. Fort de 700 collaborateurs, le SCK•CEN constitue l'un des plus importants centres de recherche de Belgique.

Trois thèmes de recherche caractérisent nos activités :

- La sûreté des installations nucléaires
- La gestion durable des déchets radioactifs
- La protection de la population et de l'environnement contre le rayonnement ionisant

Voulez-vous en savoir plus sur le SCK•CEN ?

Consultez le site
www.sckcen.be



L'environnement nous tient à cœur.



La marque de la gestion forestière responsable.



Imprimé avec des encres 100 % biologiques.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE