

l'essentiel

2013



20

13

« 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.



l'essentiel
2013



4

Cher lecteur,

Si l'expérience est particulièrement précieuse dans notre monde, le véritable défi consiste à faire en sorte que les connaissances et compétences acquises au fil du temps forment un terrain fructueux et propice à de nouvelles visions et initiatives.

Dans cette édition de *L'essentiel*, vous en découvrirez quelques exemples éloquentes. Comme notre toute jeune spin-off, DoseVue, dont les forces motrices vont lancer sur le marché un système révolutionnaire de dosimétrie non invasive près de la tumeur, permettant un traitement du cancer

plus ciblé. Cette initiative se place dans la lignée de la longue expérience du SCK•CEN en matière de dosimétrie et de recherche autour de l'impact du rayonnement sur l'organisme. Mais DoseVue n'est pas qu'un projet de recherche, c'est avant tout une entreprise. Un monde de différence. La création de cette spin-off reflète parfaitement la nouvelle stratégie de commercialisation de notre savoir-faire.

Depuis 1962, le réacteur de recherche BR2 est la figure de proue du SCK•CEN. L'objectif est que dès 2025, MYRRHA reprenne toutes les fonctions remplies par le BR2, dont les études de matériaux et la production de radio-isotopes médicaux et de semi-conducteurs hautement performants. Jusqu'à cette date, nous voulons continuer d'exploiter le BR2 en toute sécurité et de façon durable. A cette fin, nous prévoyons un entretien en profondeur qui verra notamment le remplacement de l'un de ses éléments essentiels, la matrice de béryllium.



Dans cette édition de *L'essentiel*, vous pourrez lire le récit captivant de ces grands préparatifs.

L'étude de matériaux est depuis sa création l'une des tâches essentielles du SCK•CEN. En 2013, nous avons inopinément ajouté un chapitre important à cette vaste expertise. Nos chercheurs ont en effet effectué pas moins de 550 tests afin de déterminer l'intégrité des cuves des réacteurs de Doel 3 et de Tihange 2. Une étude menée en soutien de la décision de l'AFCN de redémarrer les réacteurs. En 2014, nous poursuivrons cette recherche au travers d'un programme d'irradiation dans le réacteur BR2.

Continuité et innovation. Un tandem qui fait office de véritable fil rouge en 2013. Le SCK•CEN a connu de nouveaux défis, de nouvelles visions et de nouveaux projets, mais également de nouveaux visages. Fin 2013, le mandat de notre président et ami Frank Deconinck a pris fin. En plus de la nomination de Derrick

5

Gosselin comme nouveau président, le conseil d'administration s'est vu pour moitié renouvelé. Pourquoi de moitié ? Vous l'aurez assurément déjà deviné : pour mettre à nouveau à l'honneur cette combinaison harmonieuse d'expérience et d'innovation.

Je vous souhaite une agréable lecture.



Eric van Walle
Directeur général



recherche

01	Nouvelle équipe en place	06
02	Des recherches ouvrant de nouvelles perspectives	14
03	Réacteurs performants	38
04	L'innovation ancrée dans MYRRHA	54
05	La sûreté comme priorité absolue	70
06	De la recherche au business	80



**Nouvelle
équipe en
place**

01

Un rêve qui devient réalité

Frank Deconinck passe le flambeau à Derrick Gosselin

Fin 2013, le conseil d'administration du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire était officiellement nommé. Un conseil accueillant de nombreux nouveaux visages et coiffé d'un nouveau président. Derrick Gosselin a ainsi pris le relai de Frank Deconinck, président du SCK•CEN pendant 17 ans. Au terme de la première réunion du nouveau conseil d'administration, entre les dernières cartons de déménagement, Frank Deconinck et Derrick Gosselin se sont échangés impressions et vécu.

Interview avec **Derrick Gosselin**, président du conseil d'administration et **Frank Deconinck**, membre d'honneur

“ La recherche nucléaire exige une vision sur au moins cinquante ans. ”

Quel sentiment gardez-vous de votre première réunion en tant que président ?

Derrick Gosselin : Je suis très impressionné par la qualité des personnes autour de la table. Ce sont des gens qui, tous, sans exception, opèrent à un haut niveau, et ce qui me frappe surtout, c'est qu'ils sont très multidisciplinaires. C'est assez rare et je trouve cela très important. La plupart des administrateurs allient l'expérience à la politique et à la gestion d'entreprise, ou des études techniques ou économiques. C'est un groupe qui est en mesure d'analyser des problèmes complexes sous différents angles, d'en discuter sérieusement et de prendre une décision.

Frank Deconinck : Je suis entièrement d'accord avec Derrick sur la compétence des personnes. Nous avons tous une nomination politique. Les nominations politiques, cela peut aller dans tous les sens, mais je pense personnellement que ce conseil a une nouvelle fois un énorme potentiel.

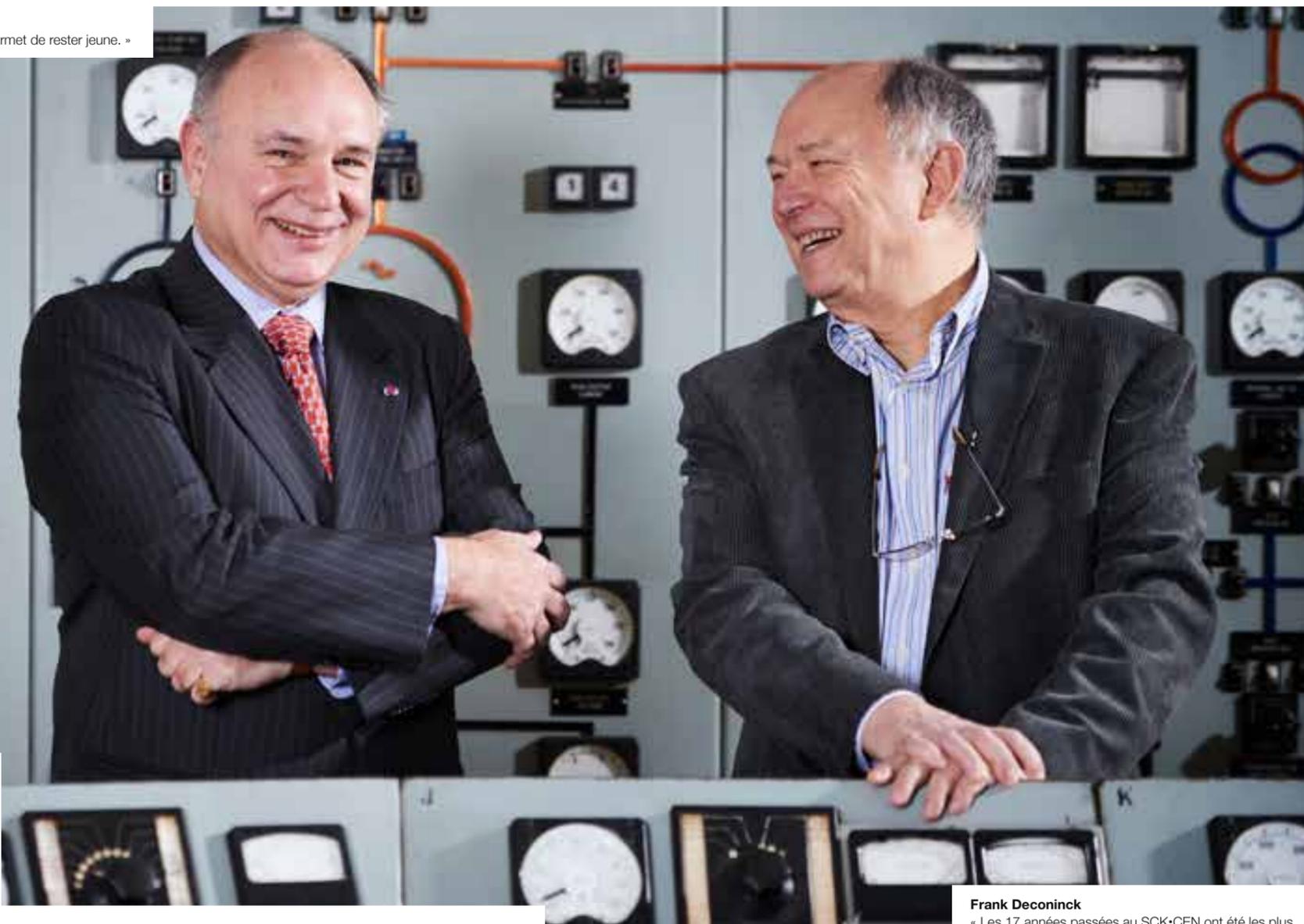
Dans quelle mesure un président peut-il remplir sa fonction d'une manière personnelle ?

Frank Deconinck : J'ai eu le sentiment de pouvoir le faire, et j'espère que les autres n'ont pas eu l'impression que je ne le faisais pas. Ce que je trouvais extrêmement important, par exemple, c'est l'ancrage social. Lorsque le groupe PISA est arrivé, sur les sciences humaines, il y a beaucoup de membres du conseil qui n'étaient pas convaincus. Si je n'avais pas été président, ce groupe ne serait peut-être jamais arrivé.

Avez-vous dû expliquer à des amis ou des connaissances pourquoi vous aviez opté pour le secteur nucléaire ?

Derrick Gosselin : On ne m'a pas encore posé la question, mais j'y réponds déjà depuis cinq ans. Voyez les interviews que j'ai données ces dernières années dans le cadre du changement climatique et de la politique énergétique, dans laquelle le nucléaire va certainement jouer un rôle important au niveau mondial dans les

Derrick Gosselin
« La curiosité vous permet de rester jeune. »



Frank Deconinck
« Les 17 années passées au SCK·CEN ont été les plus passionnantes de ma vie, y compris sur le plan personnel. »

années à venir. La grande problématique selon moi, et c'est typique des questions complexes, c'est que nous y prélevons un vecteur bien précis, par exemple les énergies renouvelables, et qu'avec cela nous pensons pouvoir résoudre l'ensemble du problème. Ce n'est pas le cas. Nous avons besoin d'un mix, d'un équilibre et d'une flexibilité. Cela signifie que l'on doit avoir en permanence cette ouverture de la recherche scientifique, justement parce qu'on ne sait pas ce qui va se passer. Je suis spécialisé dans la prospective, mais je suis le premier à dire que nous ne pouvons pas prédire l'avenir. Voilà pourquoi il est si important que l'on s'en occupe en permanence et que l'on prenne constamment en compte les nouvelles informations dans la prise de décisions.

Vous menez des recherches à Oxford sur la prospective, mais aussi sur les systèmes complexes, les environnements chaotiques, etc. Vous paraissiez pourtant prédestiné à devenir président du SCK·CEN ?

Derrick Gosselin : J'avais quatre ans quand je suis allé à l'exposition universelle, où se trouvait le symbole par excellence du nucléaire. Quand j'avais dix-douze ans, mon rêve était d'aller travailler dans une centrale nucléaire. En ce temps-là, le nucléaire en général représentait l'avenir et l'endroit dont rêvait tout jeune qui s'intéressait à la technique. Pendant mes études d'ingénieur civil – entamées comme ingénieur physicien, achevées en électrotechnique – la physique, et en particulier la physique nucléaire, était ma branche préférée. Mon but était, après ces études, d'entamer des études d'ingénieur nucléaire, mais je me suis laissé convaincre

de faire d'abord l'économie. Après, il n'en a plus été question. Devenir président du SCK·CEN, pour moi, c'est vraiment un rêve qui se réalise.

Le moment est-il bien choisi pour passer le flambeau ?

Frank Deconinck : Normalement, le changement aurait dû intervenir il y a trois ans. À l'époque, j'avais écrit une lettre aux autorités politiques pour dire que le président d'un centre de recherche doit être une personne qui est dans la recherche ou dans la vie active. J'avais atteint l'âge de la pension. J'avais aussi indiqué clairement que si l'on me demandait de redevenir président, je démissionnerais après trois ans. Nous y voilà.

“ Un trou noir ?
Je ne l'ai pas
encore trouvé. ”

Deuxièmement, j'ai proposé de remplacer la moitié du conseil de sorte qu'il y ait une continuité, et il devait selon moi y avoir plus de femmes. Ils m'ont écouté.

Professeur Gosselin, vous êtes familiarisé tant avec le monde universitaire qu'avec celui de l'entreprise et de la politique. Avez-vous le sentiment que le SCK·CEN est toujours estimé à sa juste valeur ?

Derrick Gosselin : Nous sommes le plus grand centre de recherche fédéral du pays. Si vous voulez recevoir des moyens pour réaliser MYRRHA, il vous faut pour cela un soutien et une base politiques. Autrement, vous n'y arrivez pas. Il y a clairement des gens qui ont la vision et l'intelligence de dire : il y a d'un côté la recherche scientifique sur l'application des sciences nucléaires, et de l'autre les débats sur la politique énergétique. Je pense que nous devons clairement séparer ces débats. Pour moi, le SCK·CEN est, par exemple, l'un des centres qui préparent le terrain pour la fusion nucléaire. Si nous ne franchissons pas ces pas aujourd'hui, notamment la recherche que nous menons pour MYRRHA, nous allons peut-être manquer ce train. La recherche nucléaire est une chose qui demande une vision sur 50 ans au moins, et nous avons heureusement en Belgique des gens qui ont cette vision et qui la défendent.

Avez-vous le sentiment que le SCK•CEN se trouve actuellement à un croisement ?

Frank Deconinck : Je ne parlerais pas d'un croisement, où vous pouvez encore emprunter plusieurs voies. Je parlerais plutôt d'une série d'obstacles qu'il nous faut franchir. Je pense que, sur le plan scientifique, nous savons fort bien quelle direction nous voulons prendre. Le projet MYRRHA montre clairement la voie. Allons-nous obtenir les fonds ? Cela ne dépend pas toujours de nous. Mais un croisement implique que vous pouvez toujours prendre une tout autre direction. Je pense qu'en définitive, nous avons une vue très claire sur la direction à prendre.

Derrick Gosselin : Effectivement, ce n'est pas un croisement. Je pense qu'une série de phases cruciales s'annoncent, au cours desquelles nous allons prendre beaucoup plus d'importance ou perdre en importance selon que le soutien politique se traduira par un financement plus rapide, plus intense ou au contraire plus réduit. Voilà les nuances.

C'est peut-être un peu prématuré, mais en tant que président, vous allez sans doute donner des accents nouveaux, ne fût-ce qu'en fonction de votre bagage en tant que spécialiste de la stratégie et du marketing ?

Derrick Gosselin : Je suis plus spécialisé dans le marketing international et la stratégie en matière d'innovation et de technologie. Par définition, le marketing fait en sorte que vous répondiez – par l'échange – à un besoin d'une manière qui permette à toutes les parties de réaliser leurs objectifs. Vu sous l'angle du 'marketing politique', si je peux utiliser ce terme, cela signifie que vous devez avoir tout parfaitement en ordre : votre réseau, vos alliances, la gestion de vos stakeholders, votre message politique,

Le 18 décembre 2013, le nouveau Conseil scientifique (WAC) s'est réuni pour la première fois au SCK•CEN.



De gauche à droite : Pierre D'Hondt, Ann Cuypers, Gustaaf Van Tendeloo, Alex Mueller, Frank Deconinck, Thomas Pardoën, Chris Huyskens, Pierre-Etienne Labeau, Michel Giot, Eric van Walle. Absent de la photo : Koen Binnemans.

vos ancrage social, votre force de conviction, votre plus-value sociale, etc. Tout cela doit être bien réglé. Sinon, vous n'obtiendrez plus de soutien pour vos investissements. Cette vision sera sans doute très utile dans la poursuite du développement du projet MYRRHA. Je pense aussi que l'on a déjà réellement besoin actuellement de solutions face au changement climatique. Avec les combustibles fossiles, nous sommes en train de brûler ce qui constitue la matière de base de plus de 7000 produits. Ce n'est pas très avisé. Nous sommes à un niveau d'émissions de CO₂ dont on disait il y a dix ans : « Si nous atteignons ce niveau, nous aurons une hausse des températures de 3 à 4 °C ». Or, nous y sommes et cela monte encore ! Nous abordons une période durant laquelle nous aurons besoin de la technologie nucléaire.



Conseil d'administration

De gauche à droite : Catherine Spect (secrétaire), Geert Van Autenboer (observateur), Frans Geerts (observateur), Sigrid Jourdain (administrateur délégué), Didier Hellin (vice-président), Frank Deconinck (membre honoraire), Georges Deneff, Eric van Walle (directeur général), Raf Suys, Derrick Gosselin (président), Didier De Buyst, André Jaumotte (membre honoraire), Cis Schepens, Tessa Geudens (commissaire du gouvernement), Michel Giot, Tine Baelmans, Katrien Kimpe, Nele Geudens Fabrice Carton (commissaire du gouvernement), Patrick Lansens (vice-président). Absents de la photo : Willy Legros et Redy de Leege (observateur).

Le problème, ce n'est pas le long terme, mais bien la transition vers l'énergie renouvelable. En Belgique, nous avons toujours été des précurseurs en matière de technologie nucléaire. Il serait fort regrettable que ce savoir se perde en n'investissant pas à plus long terme.

La dernière question est pour le président sortant. Quelle va être la taille du légendaire 'trou noir' après 17 ans ?

Frank Deconinck : En tout cas, je ne l'ai pas encore trouvé. Je ne parlerai pas de mes activités au Centre. Cela dépendra de ce que l'avenir nous réserve. Mais je suis toujours actif dans l'hadron-thérapie. C'est une thérapie qui utilise des particules lourdes. D'autre part, je siége en France dans la Commission Nationale d'Évaluation qui évalue les activités du CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), de l'ANDRA – l'ONDRAF français – et du CNRS (Centre national de la

recherche scientifique). Je suis donc encore membre de cette commission pour six ans, et c'est terriblement intéressant. Donc, il n'y a pas encore de trou noir. Dans tous les cas, ces 17 années passées au SCK•CEN ont été les plus passionnantes de ma vie, sur le plan scientifique, mais aussi sur le plan personnel. Il va de soi que je reviendrai faire un tour à Mol de temps à autre.

Derrick Gosselin : Tu es toujours le bienvenu. Tu es aussi membre d'honneur du conseil d'administration. Et cela, c'est pour le restant de ta vie. La curiosité conserve la jeunesse. Nous avons une chance extraordinaire de pouvoir vivre tout cela, d'être à l'avant-plan d'une des recherches les plus passionnantes des prochaines années. Qui a cette chance et ce privilège ?

Frank Deconinck : Absolument.



Des
recherches
ouvrant de
nouvelles
perspectives



5920

analyses d'échantillons alimentaires et environnementaux



Frank Hardeman

Directeur de l'Institut
Environnement, Santé
et Sécurité

Parmi les milliers d'échantillons prélevés dans notre environnement et notre chaîne alimentaire, la radioactivité est certes très souvent présente, mais est presque exclusivement d'origine naturelle. L'uranium, le thorium et surtout le potassium se retrouvent en effet un peu partout, sans oublier le soleil, responsable lui aussi de la présence de substances radioactives dans l'air. Il nous arrive parfois de détecter des substances radioactives d'origine humaine. Mais en cas d'exploitation normale des installations et d'un usage correct tant en médecine que dans l'industrie, les risques sont tout à fait négligeables.

« J'ignorais que je pouvais en apprendre tellement ici »

Des spécialistes en radioprotection unissent leurs forces dans le cadre d'Horizon 2020



Interview avec
Frank Hardeman,
Directeur d'Institut
Environnement, Santé
et Sécurité et **Nathalie
Impens**, Radiobiologie

Sous l'impulsion, entre autres, du SCK•CEN, les différentes disciplines de la radioprotection vont, pour la première fois, collaborer structurellement à la recherche, l'enseignement et la formation. C'est l'un des principaux domaines ayant enregistré des progrès durant le workshop MELODI qui s'est tenu à Bruxelles en 2013. Des agendas de recherche stratégique vont être établis et des priorités définies en préparation au programme européen de recherche dans le cadre d'Horizon 2020.

de domaines, il y a eu des collaborations ; des réseaux se sont créés dans différentes disciplines scientifiques et certains groupes ont établi leurs propres agendas de recherche scientifique. Une bonne chose, mais la Commission européenne a demandé que l'on rationalise toutes ces initiatives. C'est ce qui a été fait sous l'impulsion du SCK•CEN et de quelques instituts de recherche étrangers de premier plan.

Le terrain d'activité scientifique de la radioprotection était-il si hétérogène dans le passé ?

Frank Hardeman : Auparavant, la recherche sur la radioprotection était fortement 'orientée projet'. Il manquait une vision mondiale de ce qui est à la fois prioritaire et réalisable dans la recherche. De plus, il n'y avait pas suffisamment de possibilités pour la collaboration et les recherches complémentaires. Mais dans un passé récent, on a senti qu'un changement s'amorçait : dans une série

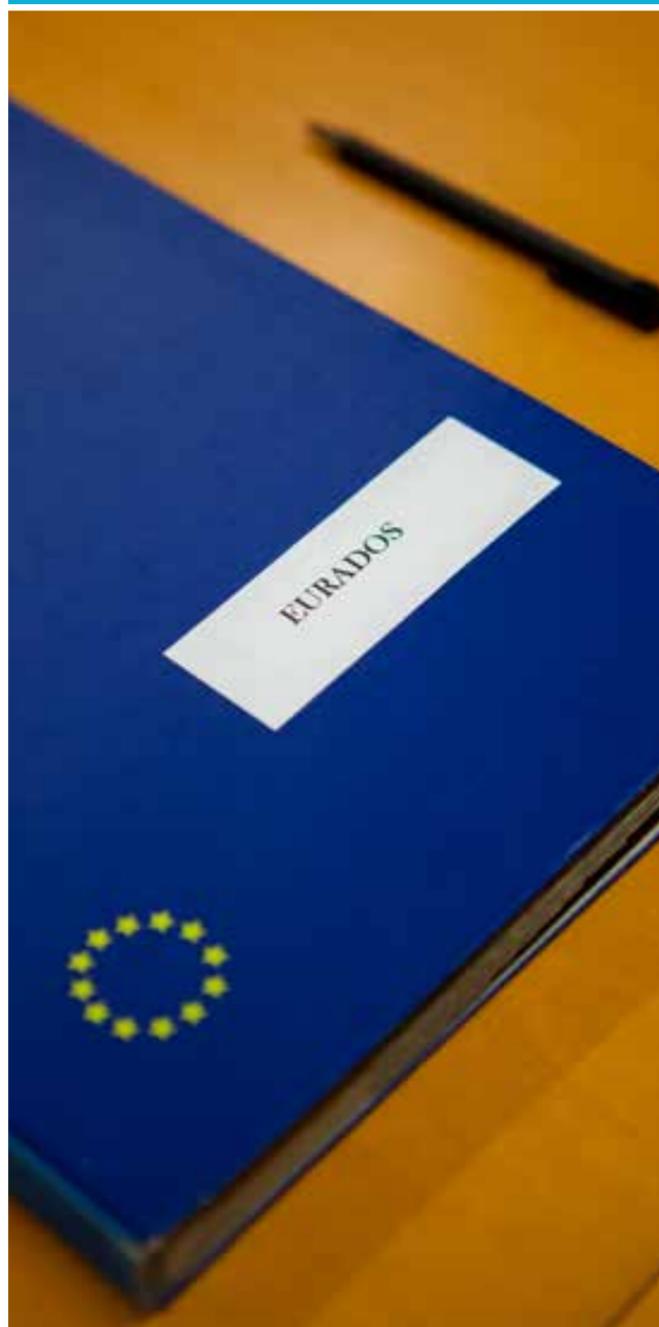
L'approche dans le cadre du programme Horizon 2020 est-elle tellement différente ?

Nathalie Impens : Oui, on a connu sept programmes-cadres européens successifs qui avaient tantôt pour objectif de façonner le paysage de la recherche en favorisant la collaboration au sein de l'Europe, tantôt d'accroître la compétitivité. Dans le septième programme-cadre, les moyens étaient principalement consacrés aux projets de recherche thématiques à l'intérieur d'une même discipline. Les programmes-cadres, qui ont favorisé l'apparition à l'intérieur des disciplines d'une masse critique suffisante dans le paysage européen de la recherche, permettent de franchir un pas supplémentaire vers l'intégration de la recherche. Horizon 2020 va à présent combiner les disciplines et va plutôt se baser sur des questions sociétales.



Werner Rühm (DE, président d'EURADOS), **Frank Hardeman** (SCK·CEN président d'ALLIANCE), **Thierry Schneider** (FR président de NERIS), **Nathalie Impens** (SCK·CEN, secrétaire de MELODI), **Jacques Repussard** (FR, président de MELODI), **Filip Vanhavere** (SCK·CEN, vice-président d'EURADOS), **Bruno Schmitz** (Commission européenne), **Michel Hugon** (Commission européenne), **André Jouve** (Commission européenne).

RECHERCHE SUR LA RADIOPROTECTION



QUOI ?

La radioprotection vise à contrôler l'exposition de l'homme et de l'environnement aux rayonnements ionisants. L'objectif direct est de prévenir les dommages subis et de limiter à un niveau acceptable les risques pour la santé à long terme.

OÙ ?

Quatre spécialités interviennent dans la recherche sur la radioprotection :

- 1 Radio-écologie : le comportement des produits radioactifs dans l'environnement et leur impact sur l'homme et la nature.
- 2 La préparation aux situations d'urgence après un accident et leur gestion.
- 3 L'étude des effets sur l'homme du rayonnement ionisant à faible dose (provenant de l'environnement, d'accidents et de traitements médicaux) et la recherche sur ces effets.
- 4 La dosimétrie dans un contexte industriel, médical ou écologique.



QUI ?

En Europe, ces quatre spécialités majeures sont prises en charge par quatre associations, respectivement European Radioecology ALLIANCE, NERIS, MELODI et EURADOS. Leur expertise se base sur une large gamme de disciplines scientifiques. Certaines disciplines sont nécessaires dans deux ou trois domaines spécialisés de la radioprotection.

COMMENT ?

Une collaboration entre les quatre associations est parfaitement possible. La génétique intervient aussi bien dans la radio-écologie que dans la recherche sur le rayonnement à faible dose. La météorologie est une discipline importante en radio-écologie et dans la préparation aux situations d'urgence. Les liens sont nombreux entre les différentes spécialités. En unissant les forces, on pourra créer une importante synergie. Il s'agit à présent de dresser l'inventaire des expertises, de la complémentarité et des défis communs.



Nous sommes arrivés à un point où nous pouvons mieux orienter la recherche pour répondre à des questions qui préoccupent la société. Nous cherchons des réponses à des questions telles que : « Quelle est exactement l'influence des radiations et comment pouvons-nous gérer cela de manière responsable ? » ou « Quelles doses limites sont socialement justifiées et acceptables ? » Pour résoudre ces questions, il faut faire appel non seulement aux sciences exactes, mais aussi aux sciences humaines. Ceci constitue aussi l'un des nouveaux objectifs dans le cadre d'Horizon 2020. Ce faisant, l'Europe opte résolument pour une approche intégrée. D'où également le changement de nom, les programmes-cadres devenant Horizon 2020.

Il y a en Europe de nombreuses associations actives dans la recherche sur la radioprotection. Or, tout le monde doit regarder dans la même direction. Quel rôle le SCK·CEN joue-t-il dans ce contexte ?

Frank Hardeman : Dans les quatre principales associations, le SCK·CEN joue un rôle dirigeant, même s'il y a des instituts plus importants qui y siègent. Par notre position dans ces associations, nous avons donné une impulsion pour aller dans la 'nouvelle' direction. Du reste, nous estimons nous aussi qu'il est indispensable de collaborer et de parvenir à des programmes de recherche ciblés. C'est la seule manière de faire en sorte que les efforts profitent au maximum aux gens et à l'environnement, et par exemple au patient qui est irradié. Lors du workshop MELODI, la nécessité d'une collaboration a été clairement mise en évidence. Chacun espère que nous nous trouvons aujourd'hui dans une période de transition ; dès que nous serons entièrement structurés, nous pourrons à nouveau nous focaliser pleinement sur la recherche.

Qu'est-ce que ce workshop MELODI en 2013 avait de différent par rapport au passé ?

Nathalie Impens : Initialement, le workshop était axé exclusivement sur l'étude des effets sur l'homme d'une faible dose de rayonnements ionisants. En octobre 2013 nous avons tenu à Bruxelles le cinquième workshop MELODI et nous avons réussi à dépasser les frontières des disciplines afin que les connaissances puissent être mieux partagées. Cela cadre parfaitement avec l'objectif européen. Il y a eu un brainstorming intensif sur les défis communs et les synergies potentielles. Le plus beau moment du workshop, c'est lorsque des scientifiques de différentes disciplines sont venus nous dire : « J'ignorais que je pouvais en apprendre tellement ici. »

Un protocole d'accord a été signé entre les quatre principales associations. Quel est désormais le rôle du SCK•CEN ?

Nathalie Impens : Les associations participantes ont chacune établi un agenda pour la recherche stratégique dans leur branche en guise de point de départ pour un programme de recherche commun dans le cadre d'Horizon 2020. Le SCK•CEN a un rôle de coordination qui consiste à rassembler ces agendas et à rechercher des domaines de recherche complémentaires encore inexploités. Dans ce contexte, les experts des différentes disciplines (voir page 18) apprendront l'un de l'autre et porteront la recherche à un niveau interdisciplinaire plus élevé. Cela doit nous permettre de nous rapprocher d'une réponse aux questions de la société. Le but ultime est d'établir une feuille de route commune sur ce que nous ferons dans le futur. MELODI fait office de force motrice pour la coordination de l'ensemble. Tout cela nous amène une masse de travail.

Le *Memorandum of Understanding* entre les plateformes European Radioecology ALLIANCE, NERIS, MELODI et EURADOS a été signé par Frank Hardeman (président d'ALLIANCE), Thierry Schneider (président de NERIS), Jacques Repussard (président de MELODI) et Filip Vanhavere au nom de Helmut Schuhmacher (président d'EURADOS), et en présence de Bruno Schmitz (chef de l'unité K4 'Fission' à la Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation).



LE PROGRÈS GRÂCE À L'INTÉGRATION

Comme le workshop MELODI l'a clairement démontré, l'intégration est un facteur-clé dans l'avancement de la recherche scientifique. Ceci est illustré par deux méthodes exemplatives visant à étudier l'effet du rayonnement ionisant à faible dose sur les cellules et les êtres vivants.

MODÈLES 3D IN VITRO

Durant des décennies, les chercheurs ont dû se limiter à étudier des types de cellules simples dans des cultures monocouches. Or, ceci n'offre qu'une représentation limitée de la situation réelle de cellules irradiées. Il y manque par exemple l'effet des cellules environnantes. Des structures cellulaires tridimensionnelles conservent les caractéristiques du tissu in vivo. Les modèles in vitro tridimensionnels permettent ainsi d'étudier la communication de cellule à cellule et d'autres interactions.

ÉTUDES INTÉGRÉES SUR DES ANIMAUX AU COURS DE LEUR EXISTENCE

Les cultures cellulaires in vitro tridimensionnelles peuvent révéler des informations précieuses. Les études in vivo resteront néanmoins importantes pour étudier les effets sur des êtres vivants en tant que système unique et complexe, et ce pendant toute la durée de vie. Les études in vivo sont en outre la seule manière d'étudier les effets transgénérationnels. Un projet remarquable d'études sur la durée de vie a été présenté lors du workshop MELODI, dans lequel différents objectifs sont intégrés dans le même programme de recherche, comme la cataracte et les effets cognitifs et cardiovasculaires. Une telle approche réduit le nombre d'animaux de laboratoire et rend compte de la complexité des effets sur des organismes vivants.

PRINCIPAUX PROJETS

COMET

COMET (COordination and iMplementation of a pan-European instrument for radioecology) est axé sur le renforcement et l'intégration de la communauté de recherche radio-écologique et la mise en œuvre d'un programme commun en étroite collaboration avec ALLIANCE. COMET travaille par ailleurs à l'identification et à l'exécution de thèmes de recherche complémentaires, d'une part, entre la radio-écologie et la préparation aux situations d'urgence, et d'autre part, entre la radio-écologie et la recherche sur le rayonnement à faible dose. Hildegard Vandenhove, du SCK•CEN, en est la coordinatrice, avec la collaboration de Nathalie Impens.

OPERRA

OPERRA (Open Project for the European Radiation Research Area) vise à mettre en place les structures nécessaires pour gérer les programmes européens de recherche à long terme sur la radioprotection. L'initiative émane ici de MELODI. Il y a des points de convergence avec la radio-écologie, la préparation aux situations d'urgence et la dosimétrie. Nathalie Impens et Frank Hardeman coordonnent la partie de ce projet qui vise à une plus grande collaboration entre les différentes spécialités de la dosimétrie : « Nous recherchons des partenaires importants pour la recherche, l'enseignement et la formation en radioprotection. Nous établissons également un programme de recherche commun. »

Les deux projets ouvrent la voie au programme Horizon 2020 et s'étendent sur une période de quatre ans. Le 16 décembre 2013, OPERRA et COMET ont publié des *research calls*. Du côté d'OPERRA, il s'agit uniquement, à ce stade, de la recherche sur le rayonnement à faible dose, tandis que COMET a l'intention de regrouper les thèmes de recherche en radio-écologie, préparation aux situations d'urgence et faible dose.

Mesurez ce que vous mangez !

Surveillance de la radioactivité dans la chaîne alimentaire

Savez-vous que, depuis 2013, lorsque des aliments pour bétail sont exportés vers la Biélorussie, il faut pouvoir démontrer que l'activité bêta totale est inférieure à 600 becquerels par kilo ? Et que le SCK•CEN effectue à cet effet les contrôles nécessaires à la demande de l'Association professionnelle des fabricants d'aliments composés pour animaux ? Ceci fait partie des nombreuses études que le SCK•CEN réalise sur la radioactivité dans la chaîne alimentaire.

Les laboratoires pour les mesures de faible radioactivité (LRM) du SCK•CEN proposent une large gamme d'analyses de la radioactivité dans les aliments. De telles analyses sont effectuées depuis plusieurs années déjà pour le compte de l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) et de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA). Les critères pour le contrôle de la radioactivité dans les denrées alimentaires et les aliments pour bétail sont apparus princi-

palement après la catastrophe nucléaire de Tchernobyl en 1986. Cette année-là, la Commission européenne a rédigé la première réglementation fixant les niveaux maxima autorisés de radioactivité dans différents produits alimentaires importés.

Une législation en mutation

Aujourd'hui, près de 30 ans après la catastrophe, une réglementation post-Tchernobyl est toujours d'application sur les importations de certaines denrées alimentaires. L'accident de Fukushima en 2011 a conduit, lui aussi, à de nouvelles

directives pour le contrôle alimentaire de produits importés du Japon. Des accidents nucléaires comme Tchernobyl et Fukushima ont donc des répercussions sur les niveaux autorisés de radioactivité que l'Europe et certains pays fixent dans leur législation. Ce qui est admis aujourd'hui sera peut-être à nouveau dépassé demain. Les règles sont en effet fixées pour des raisons de sécurité, mais aussi pour des motifs d'ordre politique et économique. Sans compter qu'il y a de grandes différences entre les denrées elles-mêmes : certains produits ont en effet la propriété d'accumuler la radioactivité, comme les champignons et les groseilles ; et cela vaut aussi pour les animaux qui s'en nourrissent.

Contrôles sur les exportations

Outre les mesures de contrôle effectuées pour le compte des autorités publiques, les laboratoires fournissent aussi de nombreux services à des tiers. Des entreprises se voient souvent imposer certaines conditions par les autorités. Elles trouvent alors dans le SCK•CEN un partenaire pour effectuer des mesures de radioactivité. Il s'agit le plus souvent de produits alimentaires qui doivent être contrôlés dans le cadre de la certification pour l'exportation. Les critères pour ces contrôles peuvent être très spécifiques. C'est ainsi qu'en 2013, il a fallu démontrer pour l'exportation d'aliments pour bétail vers la Biélorussie que l'activité bêta totale était inférieure à 600 Bq/kg.

L'Association professionnelle des fabricants d'aliments composés pour animaux (APFACA) a pris l'initiative d'analyser, pour ses membres, la radioactivité dans les aliments composés pour animaux, afin que le contrôle puisse être simplifié dans le futur. L'APFACA a décidé de conclure à cet effet un contrat avec le SCK•CEN. Une collaboration loin d'être inintéressante, puisque cette association compte environ 170 fabricants représentant 99 % de la production nationale. La Biélorussie est actuellement le seul pays qui exige de tels contrôles à l'exportation. Les laboratoires ayant une assez grande capacité en termes de détecteurs et d'appareils de mesure, le SCK•CEN a pu répondre à cette demande de manière flexible. Un élément pour le moins déterminant, car le bon déroulement des exportations belges d'aliments pour bétail est tributaire de ces mesures expertes de la radioactivité.



Contrôle de l'eau potable

Outre le contrôle des denrées alimentaires, il est très important également de disposer d'une eau potable de bonne qualité. La directive européenne révisée sur l'eau de consommation a été publiée fin 2013, une réglementation qui était en préparation depuis déjà un bon moment. Chaque État membre dispose de deux ans pour mettre la directive en pratique, laquelle détermine les contrôles de la radioactivité qui doivent être effectués sur l'eau de consommation. L'AFSCN coordonne la mise en œuvre des directives pour la Belgique. Cette mission impliquera un grand nombre d'analyses supplémentaires.

La mise en application de la directive se déroule en deux phases. Dans un premier temps, toutes les sources d'eau potable sont soumises à une analyse approfondie. Dans la deuxième phase, les contrôles périodiques peuvent être basés sur les techniques dites de *screening*, qui utilisent des mesures alpha et bêta globales pour lesquelles des limites supérieures ont été définies. Si les mesures démontrent que les valeurs limites ne sont pas dépassées, aucune autre analyse spécifique aux nucléides ne doit être réalisée. Si les valeurs du *screening* sont dépassées, on examine à l'aide de diagrammes de décision quels essais supplémentaires doivent être effectués.

Garantie totale

Le contrôle par *screening* ne garantit pas à 100 % dans tous les cas que la dose indicative totale (le paramètre fondamental à contrôler) ne dépasse pas la valeur limite. C'est le cas, par exemple, d'une source avec une eau d'un type inconnu. Il faut alors combiner le *screening* avec une certaine connaissance préalable des caractéristiques radiologiques de l'eau de consommation.

Cette connaissance préalable sera recueillie dans la phase 1, durant laquelle l'eau est testée quant à la présence de toute une série de nucléides spécifiques. Les analyses ciblées et complexes visent à identifier les radionucléides qui peuvent être aussi bien d'origine naturelle que d'origine humaine. L'exécution de toutes ces analyses nécessite certaines méthodes de mesure adaptées offrant une sensibilité de mesure spécifique aux nucléides. D'autre part, il faut être à même de mesurer rapidement et efficacement au vu de la grande quantité d'échantillons à devoir contrôler.

Spectrométrie gamma

Le contrôle de la radioactivité dans les aliments se fait surtout par la spectrométrie gamma. Cette technique ne nécessite pas de traitement complexe des échantillons et permet de détecter de nombreux produits radioactifs et de déterminer assez rapidement leur radioactivité. La mesure de la radioactivité dans des échantillons alimentaires effectuée dans les laboratoires pour les mesures de faible radioactivité s'inscrit principalement dans différents programmes des agences belges AFSCA et AFCN. En général, les échantillons sont amenés au SCK•CEN, mais dans certains cas, les collaborateurs des laboratoires se rendent sur place pour prendre les échantillons.



“ Des entreprises se voient souvent imposer certaines conditions par les autorités. Elles trouvent alors dans le SCK•CEN un partenaire pour effectuer des mesures de radioactivité. ”



L'AFSCA met en place chaque année un programme pour le prélèvement d'échantillons alimentaires sur le sol belge, complété par des échantillons provenant de l'importation. L'AFCN coordonne quant à elle le programme belge de surveillance radiologique, dans lequel une série de contrôles sont également effectués sur les denrées alimentaires et l'eau de consommation. Le SCK•CEN effectue ces analyses depuis de nombreuses années déjà et dispose à cet effet des agréments nécessaires, lesquels s'appuient entre autres sur une accréditation (ISO 17025, délivrée par BELAC) des méthodes de travail.

Recherche de méthodes de mesure plus rapides

Outre les contrôles de la radioactivité dans les aliments, le laboratoire d'analyse par activation de neutrons effectue des contrôles sur des additifs alimentaires. Les laborantins vérifient si la concentration de certains éléments (par exemple le sélénium et l'iode) est conforme aux valeurs qui sont indiquées par le fabricant des produits. Les contrôles sont essentiellement des mesures de routine. Si des tendances générales se dégagent indiquant que des temps de traitement plus courts sont souhaitables et que les limites de détection doivent rester les plus basses possibles, le SCK•CEN s'adapte en conséquence afin que son service reste concurrentiel. Des recherches sont donc également en cours sur de nouvelles méthodes de mesure plus rapides.

Vitesse accrue, travail réduit

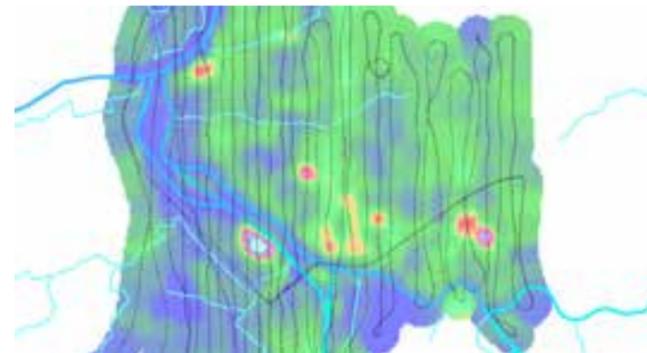
Plus spécifiquement, le laboratoire pour les mesures de faible radioactivité examine comment les teneurs en radionucléides radon 222 et radium 226 peuvent être déterminées de manière plus rapide dans l'eau de consommation et avec des techniques nécessitant moins de main-d'œuvre. D'autres recherches portent sur des méthodes permettant de déterminer les radionucléides actinium 228 et plomb 210 avec une sensibilité suffisante et sur des méthodes de mesure rapides pour déterminer le strontium 90 dans le lait et les produits alimentaires.

Des méthodes de mesure rapides sont nécessaires, en particulier, pour les contrôles alimentaires réalisés juste après un incident nucléaire. Il faut alors pouvoir décider rapidement si les gens peuvent ou non consommer certains types d'aliments en toute sécurité. Dans cette optique, les laboratoires participent aussi aux exercices de plan d'urgence dans lesquels l'échantillonnage de légumes verts, par exemple, et l'analyse en laboratoire sont testés dans des conditions similaires à celles d'un incident nucléaire.

Une meilleure détection pour un monde plus sûr

De nouveaux développements pour une vision claire de la radioactivité

Si l'on veut maîtriser les crises nucléaires et soutenir efficacement la société, on doit être en mesure de mesurer la radioactivité rapidement et avec précision. Le SCK•CEN y contribue en développant des techniques pour mieux détecter la radioactivité. Exemples, assez similaires : mesurer la radioactivité sur une zone étendue et filtrer le bruit du xénon sur les mesures.



Après un accident nucléaire, il est indispensable de déterminer rapidement la radioactivité sur une zone étendue. En tant que partenaire des pouvoirs publics pour le plan d'urgence nucléaire, le SCK•CEN a reçu à cet effet du ministère de l'Intérieur des instruments pour mesurer par voie aérienne, avec un hélicoptère, les zones contaminées par la radioactivité.

Après l'accident de Fukushima, des mesures y ont été effectuées à grande échelle en un court laps de temps. Le SCK•CEN a alors pris conscience que les données de l'*International Monitoring System (IMS)* de la *preparatory commission of the Comprehensive nuclear Test-Ban Treaty Organization (CTBTO)*, un système destiné à la détection des essais nucléaires, pouvaient aussi présenter une

importante plus-value pour le plan d'urgence nucléaire. C'est pourquoi le Centre d'étude a pris, conjointement avec l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) et l'Institut Royal Météorologique (IRM), l'initiative de mettre sur pied un Centre national de données. Le but de ce centre est d'analyser les données de l'IMS et de conseiller les autorités belges. Deux thèmes sont ainsi joliment combinés : l'organisation du plan d'urgence nucléaire et la contribution à un monde dénucléarisé.

Spectrométrie gamma par voie aérienne

Pour mesurer de vastes zones contaminées, il est important d'avoir une sensibilité de détection élevée et un temps de mesure court. L'appareillage embarqué dans un hélicoptère peut alors étudier rapidement une large zone. Le SCK•CEN utilise des détecteurs à grand volume (4 détecteurs avec chacun 4 litres de cristal d'iodure de sodium dopé au thallium). Ils collectent en quelques secondes suffisamment de données statistiques – à la fois pour l'identification des radionucléides et la détermination de leur quantité – pour quantifier la contamination. Cette technique est appelée *aerial gamma spectrometry (AGS)*.

L'appareillage fonctionne-t-il correctement dans un hélicoptère ? Les données acquises sont-elles correctement interprétées ? Et comment représenter au mieux ces données dans l'espace ? Voilà les grands défis auxquels les chercheurs se trouvaient confrontés.

Essai positif

Après toute une série d'essais et de mises à jour logicielles en collaboration avec le fabricant du système AGS, l'appareillage a été jugé suffisamment fiable. Le SCK•CEN a réalisé en 2013 un premier vol d'essai avec un hélicoptère. L'installation de l'appareillage de mesure dans un hélicoptère d'une firme privée n'a demandé qu'un quart d'heure. C'est un élément important en cas d'incident réel. Ensuite, l'appareillage a été testé au cours d'un vol de trois heures au-dessus d'une zone de 100 km² présentant une contamination historique limitée. Il s'est révélé d'une grande sensibilité, même dans des zones à contamination très réduite. Un résultat positif.

Cet appareillage n'est pas seulement intéressant pour les mesures après un accident nucléaire. Il peut aussi se révéler très utile pour des mesures de la radioactivité dans le milieu naturel, afin de mieux cerner les contaminations historiques. C'est ainsi



© helicopterflights.be

“ L'installation de l'appareillage de mesure dans un hélicoptère d'une firme privée n'a demandé qu'un quart d'heure – un point important lors d'incidents réels. ”

qu'au cours du vol d'essai, une série de zones à faible contamination historique, non encore identifiées, ont été repérées.

Terrain accidenté

Les chercheurs du Centre d'étude effectueront sous peu des essais afin de pouvoir mieux interpréter l'influence de la hauteur de vol sur les résultats. Ils étudieront également l'influence d'un terrain très accidenté sur les résultats. Les équipes de l'*US Department of Energy* considéraient ce facteur comme l'un des plus complexes lors des mesures de la contamination au Japon après l'accident de Fukushima. En Belgique, cette étude est d'autant plus utile que la centrale nucléaire de Tihange est située dans la vallée de la Meuse et entourée de crêtes. Par ailleurs, des recherches sont

également menées sur la meilleure façon d'utiliser l'appareillage dans des situations d'urgence et lors d'exercices dans le cadre du plan d'urgence.

Le xénon est un bruit

Les performances de l'IMS sont déterminées par la mesure correcte de la radioactivité. Le système est-il en mesure de détecter un essai nucléaire ? Cela dépend de la sensibilité des stations de mesure et de la répartition géographique des stations sur la surface du globe. Le principal indicateur quant à la présence d'un essai nucléaire souterrain ou aérien est le xénon radioactif. Mais il y a un problème : au niveau mondial, le 'bruit de fond' du xénon radioactif est à ce point perturbant qu'il limite la sensibilité du réseau.

Le xénon est un gaz rare qui provient essentiellement d'un nombre limité de producteurs de radio-isotopes médicaux pour la médecine nucléaire. Leurs émissions de xénon empêchent une mesure correcte. Est-il possible, dès lors, de limiter les émissions de xénon radioactif ? Ceci augmenterait fortement la sensibilité pour la détection d'un essai nucléaire.

Filterer

Pour obtenir une réponse à cette question, le SCK•CEN s'est mis à la recherche de méthodes et de matériaux efficaces pour filtrer le xénon radioactif. Le projet, financé par l'Union européenne, soutient la CTBTO. Les chercheurs du SCK•CEN construisent à présent une installation prototype pour tester une possible réduction des émissions de xénon à l'Institut des Radio-Éléments (IRE), l'un des principaux producteurs de radio-isotopes médicaux. Il s'agit d'une technologie qui pourra s'avérer utile partout dans le monde, en particulier dans les pays voisins de puissances qui procèdent à des activités nucléaires illicites.

Application mondiale ?

Si le projet pour la réduction des émissions de xénon est un succès, on pourra alors songer à étendre la technique à différents producteurs d'isotopes médicaux à travers le monde. Il deviendrait alors réellement possible de réduire le bruit de fond mondial du xénon. L'expérience acquise peut aussi s'avérer intéressante pour rendre les stations de mesure du xénon de l'IMS elles-mêmes plus sensibles, par exemple en captant plus efficacement le xénon radioactif dans l'air – ce qui est surtout important après un essai nucléaire ou un incident nucléaire.



© CTBTO - Marianne Weiss

MEILLEURE PRÉSENTATION

Lors de la conférence *Science and Technology* de la CTBTO à Vienne, le SCK•CEN a remporté pour son projet sur l'émission de xénon le *EU-European Star Award 2013* de la meilleure présentation sur un sujet pouvant améliorer la vérification des essais nucléaires.

Le dépôt en surface des déchets de catégorie A

Qu'en est-il de la sûreté à long terme du dépôt à Dessel ?

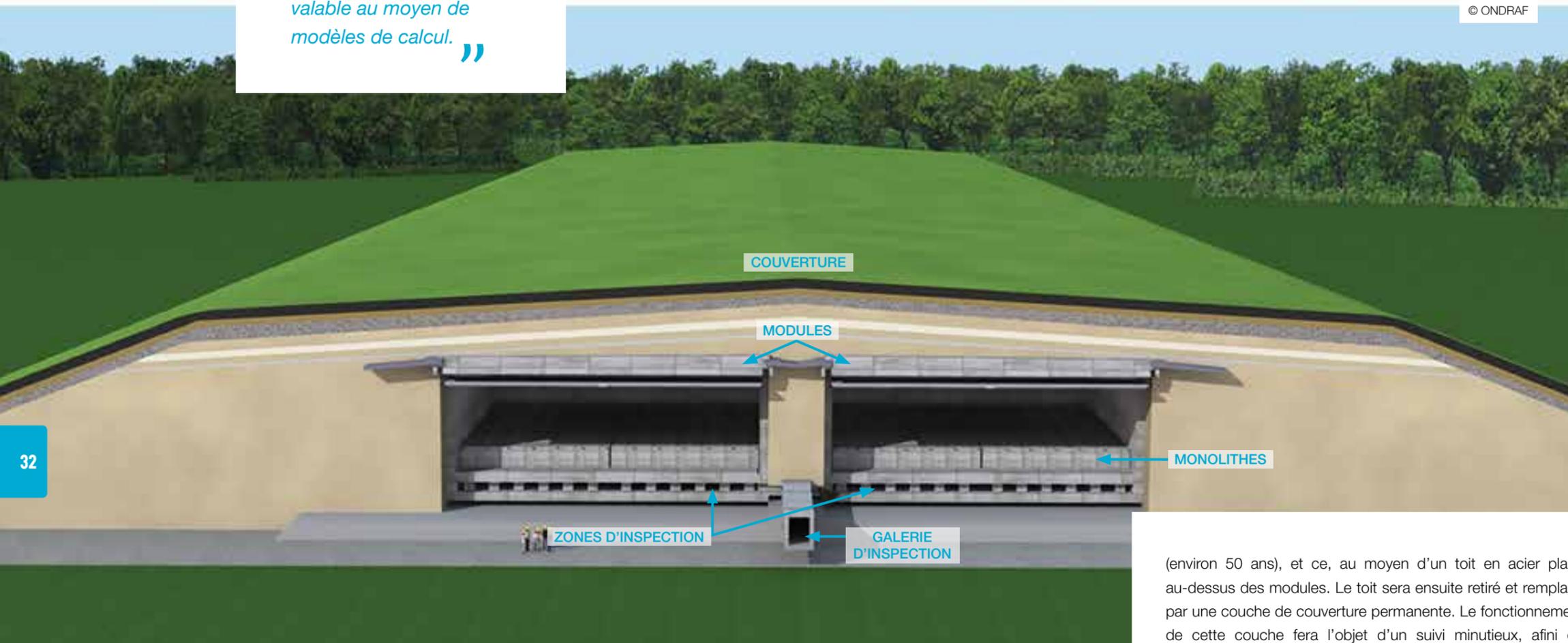
Une installation pour le dépôt des déchets de faible et moyenne activité à courte durée de vie doit voir le jour sur le territoire de la commune de Dessel. L'installation sera composée de 34 modules, ce qui correspond à un volume de dépôt d'environ 70 000 m³. Les fûts de déchets seront totalement immergés dans un conteneur de béton rempli de mortier. Environ 900 de ces blocs ou monolithes pourront être placés dans chaque module. Une telle installation aussi imposante ne peut être réalisée qu'après une étude d'envergure.

Le 23 juin 2006, le gouvernement décide de stocker les déchets de faible et moyenne activité à courte durée de vie – les déchets de catégorie A – en Belgique dans un dépôt en surface à Dessel. L'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) doit alors soumettre une étude de sûreté à l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) afin d'obtenir un permis de bâtir et d'exploiter. Il va de soi que la sûreté reste la principale exigence pour la planification et la construction d'une telle installation. Une équipe de chercheurs du SCK•CEN collabore à l'évaluation de la sûreté à long terme et aux fondements scientifiques de cette évaluation.



“ Personne ne peut prédire l'avenir, mais il est possible de réaliser une simulation valable au moyen de modèles de calcul. ”

© ONDRAF



(environ 50 ans), et ce, au moyen d'un toit en acier placé au-dessus des modules. Le toit sera ensuite retiré et remplacé par une couche de couverture permanente. Le fonctionnement de cette couche fera l'objet d'un suivi minutieux, afin de minimiser toute éventuelle infiltration d'eau pour des périodes encore plus longues.

Une couche de couverture en matériaux naturels forme une première barrière contre l'infiltration à long terme. La couche supérieure biologique (avec de la végétation) maximise l'évaporation par le haut. Une couche en pierre au centre de la couverture protège la couche d'argile compactée sous-jacente contre les racines de plantes et les animaux fouisseurs. Les couches d'argile, sous la couverture, sont peu perméables. Une plaque en béton peu perméable est encore placée au-dessus des modules de dépôt. Les différentes couches de couverture naturelles et la grande quantité de béton au-dessus du module, comme dans le monolithe proprement dit, garantissent une infiltration d'eau minimale dans l'installation pendant la période la plus longue possible (quelques centaines d'années).

La sûreté avant tout

La sûreté est la priorité absolue dans ce projet. Et pour pouvoir l'évaluer, il est nécessaire de décrire en détail les caractéristiques de l'installation de dépôt. Cette dernière abritera non seulement les déchets, mais protégera également l'environnement de ces déchets. Les caractéristiques des déchets stockés devront en outre être connues avec précision au moment du dépôt. Enfin, la surveillance de l'installation et le contrôle autour de celle-ci seront indispensables pour en garantir la sûreté.

Dépôt en surface

L'installation pour les déchets de catégorie A à Dessel concerne un dépôt en surface et sera donc construite sur le sol. Elle se trouve ainsi directement dans la biosphère. Dans l'évaluation de sûreté, il convient donc de prêter attention à l'influence des développements futurs sur place, comme par exemple les tremblements de terre, l'érosion et l'évolution de notre climat.

Repousser l'eau

L'infiltration d'eau dans l'installation de dépôt est le vecteur principal où des radionucléides provenant des déchets peuvent se dissoudre et par lequel ceux-ci sont transportés en dehors de l'installation. Dans ce contexte, il est crucial d'éviter l'infiltration d'eau pendant la première période de la phase opérationnelle

Des monolithes extrêmement solides

Les monolithes offrent encore d'autres avantages. Grâce à la protection en béton, on peut les utiliser en toute sécurité. Le béton ralentit aussi la migration des radionucléides grâce à la liaison chimique avec les minéraux du ciment. Sous les monolithes se trouve la base épaisse en béton du module, qui assure à son tour une migration lente. Toute l'installation de dépôt est construite sur un sol sableux et une couche de sable-ciment assez haute au-dessus de la nappe phréatique afin que l'eau ne puisse pas s'infiltrer par-dessous l'installation.

Recherche sur l'influence des nucléides

Après un certain laps de temps (des centaines à des milliers d'années), une fraction des radionucléides qui ne sont entretemps pas entièrement désintégrés dans l'installation, va lentement migrer dans la nappe phréatique. Cette migration est importante pour déterminer l'impact radiologique de l'installation de dépôt. La nappe phréatique est en contact avec la biosphère, avec l'homme comme paramètre important, via les puits de captage, les rivières ou simplement via l'eau de source. Les chercheurs du SCK•CEN établissent différents modèles informatiques pour confirmer que l'impact radiologique ne forme qu'une petite fraction de la dose reçue par l'homme due au rayonnement naturel et qu'il satisfait dans tous les cas aux contraintes réglementaires en matière de dose.

“ Le SCK•CEN va collaborer afin de trouver des réponses aux questions supplémentaires de l’AFCN. ”

Un dossier haut de plusieurs mètres

Un dossier extrêmement complexe et complet est requis pour demander une autorisation pour cette installation dédiée aux déchets de catégorie A. Le SCK•CEN a contribué substantiellement au dossier de sûreté de l’ONDRAF, surtout au niveau des aspects relatifs à la sûreté à long terme. Le rôle principal des chercheurs consistait à étayer scientifiquement l’argumentation relative à la sûreté. Ils ont traduit les connaissances phénoménologiques et les évolutions possibles de l’installation de dépôt en modèles numériques qui permettent des calculs de sûreté intensifs. Le SCK•CEN a fourni des informations importantes sur la circulation de l’eau à travers la couverture, la liaison chimique des radionucléides avec le béton, les caractéristiques de la biosphère, la géologie du site et les conséquences possibles de futurs changements climatiques.

Calcul et simulation

Personne ne peut prédire l’avenir, mais il est possible de réaliser une simulation valable au moyen de modèles de calcul. Ainsi, la conception des couches de couverture est effectuée très soigneusement avec des simulations numériques et des expériences pour optimiser la composition afin de minimiser l’infiltration d’eau. Les barrières en ciment sont aussi un des principaux éléments dans l’installation de dépôt en surface ; on compte là-dessus pour la sûreté à long terme.

Comment l’équipe du SCK•CEN a-t-elle abordé la recherche ? La première étape pour démontrer cette sûreté à long terme consiste à collecter, sélectionner et documenter les données et connaissances existantes. Soit une énorme quantité de données qui déterminent les propriétés physiques et chimiques du béton. Etant donné que le ciment entre en contact avec l’environnement, ses propriétés vont changer peu à peu et sa contribution à la sûreté va par conséquent diminuer. Cette évolution est étudiée sur une base géochimique et avec des modèles simplifiés.

Afin d’évaluer les incertitudes quant aux développements futurs et à l’évolution de l’installation, de nombreux scénarios possibles et des analyses de sensibilité ont été réalisés. Ils illustrent les marges de sûreté d’éventuelles conséquences radiologiques.

En collaboration avec l’ONDRAF et d’autres partenaires, l’équipe du SCK•CEN a développé des scénarios évaluant l’impact des propriétés et l’évolution des différents composants dans l’installation sur le plan de la sûreté et de la fiabilité. Elle a étudié les conditions hydrogéologiques au moyen d’une simulation numérique de la nappe phréatique. Un modèle régional à grande échelle a également été développé, avec un vaste réseau expérimental. Enfin, on a procédé à une analyse des écoulements dans la biosphère et collecté beaucoup de données relatives à cette dernière.

La procédure d’autorisation pour l’installation de dépôt à Dessel est un processus par étapes. En janvier 2013, l’ONDRAF a remis le résultat de plus de six ans de travail à l’AFCN. Celle-ci posera plusieurs questions additionnelles sur ce dossier.

Une recherche complémentaire est prévue

Le SCK•CEN va collaborer à la phase suivante afin de trouver des réponses aux questions supplémentaires de l’AFCN dans le cadre de l’obtention de l’autorisation pour l’installation de dépôt. Une nouvelle phase du programme de développement, de recherche et de démonstration est donc programmée. Le SCK•CEN peut encore jouer un rôle dans ce contexte, afin d’atténuer les incertitudes et d’étayer davantage la confiance dans la sûreté à long terme.

Par ailleurs, une expérience à long terme de 30 ans est prévue pour la couverture finale. Dans ce cadre, le SCK•CEN étudie par exemple la percolation, la stabilité, la perméabilité et les variables chimiques.

Autre point d’attention important pour l’avenir : le travail théorique et expérimental sur l’interaction du ciment avec les différents environnements. En ce moment, trois doctorants étudient au SCK•CEN l’évolution de la microstructure du ciment lorsqu’il entre en contact avec un environnement qui est différent du sien. Ils réalisent également un travail expérimental sur les mécanismes de dégradation du béton et la conversion des informations obtenues en laboratoire et relatives à la microstructure à l’échelle réelle.



De l'installation nucléaire au greenfield

Le SCK•CEN développe une nouvelle méthode de mesure

Comment fait-on pour démanteler une installation nucléaire avec une précision suffisante pour obtenir au final un *greenfield* ? Cela implique, avant toute chose, de mesurer scrupuleusement la radioactivité dans les installations et les bâtiments pour ensuite l'éliminer de manière optimale, avec une production de déchets minimale. Il existe une nouvelle méthode de mesure qui utilise la spectrométrie gamma in situ, combinée à une modélisation. Grâce aux résultats, il devient plus simple d'assurer une bonne gestion du flux des matériaux lors de la démolition.



Le démantèlement d'installations nucléaires est généralement la conséquence de la fin d'un cycle de vie. Cette fin peut survenir suite à une décision économique ou politique, mais aussi en raison d'un incident. L'opération concerne à la fois l'installation, le bâtiment dans lequel elle se trouve et l'ensemble du site. Autrement dit, tout ce qui est classé 'nucléaire' et autorisé à ce titre. L'objectif est souvent d'obtenir un *greenfield* comme situation finale, au terme du démantèlement. Autrement dit, s'assurer que le site est remis dans l'état qui était le sien avant la construction de l'installation nucléaire.

Pour l'évacuation de ce genre de matériaux, l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) a défini des procédures qualifiées sur base de critères d'acceptation stricts. Ainsi, il est essentiel de déterminer les concentrations d'activité des radionucléides présents. La plus grande partie des matériaux n'est cependant pas contaminée ou



“ La nouvelle méthode donne un résultat pour l'ensemble de la surface et pas seulement pour quelques points précis. ”

contrôle final. L'unité *Démantèlement et décontamination* du SCK•CEN cherche à développer des méthodes de mesure fiables pour toutes ces étapes et à les optimiser.

Un champ d'application large

L'unité s'occupe notamment du démantèlement du BR3 (Belgian Reactor 3), un réacteur à eau pressurisée. Il s'agit d'un réacteur du même type que les réacteurs commerciaux installés en Belgique. D'autre part, le groupe est impliqué dans d'autres projets, comme le démantèlement de l'usine MOX de Belgonucleaire et le réacteur de recherche Thetis de l'*Instituut voor Nucleaire Wetenschappen* de l'Université de Gand.

Pour une grande partie des applications, les experts utilisent des appareils de mesure pour la spectrométrie gamma in situ, combinée à la modélisation. Cette technique de mesure présente un large champ d'application et l'unité du SCK•CEN dispose d'une large expérience dans l'utilisation de cette technique. Cet appareil de mesure est donc régulièrement utilisé non seulement dans le cadre de projets similaires au sein et à l'extérieur du SCK•CEN, mais aussi pour des projets qui ne sont pas nécessairement en rapport avec le démantèlement. La détermination isotopique du MOX et le contrôle des produits d'activation lors de l'irradiation de silicium dans les réacteurs BR1 et BR2 en sont quelques exemples.

activée et aboutit dans le circuit normal des déchets industriels. Ce processus se déroule lui aussi entièrement selon la législation en vigueur en Belgique. Bien entendu, il faut toujours pouvoir démontrer que les éventuelles concentrations d'activité présentes se situent sous les valeurs limites fixées par la loi.

Déterminer les concentrations

Afin d'assurer l'évacuation rapide et efficace des déchets radioactifs et des matières libérées, il faut disposer de systèmes et méthodes de mesure fiables et performants pour déterminer les concentrations d'activité. Cela ne se limite pas à un contrôle final sur les matières produites. Un processus efficace est basé sur la mise en œuvre, sur place, d'un programme de mesure étendu et de qualité avant le début des travaux de démolition. Sur la base d'une spectrométrie gamma, on détermine quels radionucléides sont présents et quelle est leur concentration d'activité. Viennent ensuite des contrôles intermédiaires et le



La nouvelle méthode de mesure est plus précise

Quelle quantité de matière faut-il enlever dans un local contaminé par la radioactivité ? D'un côté, il faut que la structure restante soit pure ; de l'autre, on souhaite créer un volume de déchets radioactifs le plus réduit possible. Plus spécifiquement, quelle est la profondeur de contamination du césium 137 (un isotope instable du césium) dans une construction en béton ? La réponse à cette question est importante pour la préparation des opérations de décontamination.

La méthode de mesure traditionnelle consiste à prélever des échantillons à différents endroits par forage, à les découper en tranches et ensuite à les broyer et les mouler. La poudre d'échantillonnage qui en résulte est utilisée pour la caractérisation radiologique. C'est un travail fastidieux qui ne donne en outre un résultat que pour quelques endroits spécifiques qui, peut-être, ne sont pas du tout représentatifs de la situation.

L'unité *Démantèlement et décontamination* a donc développé une nouvelle méthode de mesure basée sur la spectrométrie gamma in situ, suivie par une interprétation géostatistique des résultats. Cette

Recherche européenne

Le développement de la méthode de mesure pour déterminer la contamination en profondeur évoluera fortement dans le futur, car une collaboration avec d'autres instituts de recherche européens est prévue dans le cadre du projet MetroDECOM. Des spécialistes compareront alors différentes techniques de mesure et optimiseront l'utilisation des techniques statistiques. Ils se pencheront également sur le développement de méthodes de mesure in situ pour les mesures de contrôle finales des constructions.

nouvelle méthode a pour avantage de ne pas endommager le béton et de permettre d'étudier relativement vite des surfaces plus importantes. Et surtout, elle donne un résultat pour l'ensemble de la surface et pas seulement pour quelques points précis.

Bien entendu, il n'est pas toujours simple d'atteindre tous les endroits dans une installation. C'est pourquoi le groupe a conçu en 2013 des structures portantes mobiles – un élévateur modulaire – qui permet de positionner aisément l'appareillage de mesure. Cela a donc nécessité tout un travail d'ingénierie, ce qui prouve une fois de plus que le démantèlement est une activité multidisciplinaire.



**Réacteurs
performants**

03



Leo Sannen

Directeur de l'Institut
Science des Matériaux
nucléaires

Le SCK•CEN a effectué des centaines de tests sur un matériau représentatif des cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2. Nos chercheurs ont procédé à une analyse fouillée des indications de défaut dans les pressuriseurs des réacteurs. Ils ont étudié de près leur impact potentiel sur l'intégrité et la sûreté.

550

tests effectués
pour Doel 3 et
Tihange 2



Un puzzle qui doit s'emboîter parfaitement

Le grand entretien du réacteur BR2 demande un calcul précis des éléments du cœur

Interview avec **Steven Van Dyck**, responsable du réacteur BR2 et **Michael Källberg**, Conception des Dispositifs expérimentaux

La mise en service du réacteur MYRRHA est prévue pour 2025. Le BR2 doit donc encore fonctionner un certain temps. Voilà déjà cinq décennies qu'il assume son rôle de pionnier dans la recherche sur les applications de la technologie nucléaire pour la production d'énergie et le secteur médical. L'heure est donc venue pour un troisième grand entretien et ... pour un entretien à ce sujet avec Steven Van Dyck et Michael Källberg.

Le réacteur BR2 reste-t-il suffisamment intéressant au point de devoir encore tenir au moins dix ans ?

Steven Van Dyck : Le BR2 est aujourd'hui le réacteur d'essai de matériaux le plus grand et le plus flexible en Europe. Grâce à l'évolution dans l'utilisation du réacteur, aux possibilités de l'installation et au potentiel pour des applications futures, le BR2 continue à fournir une contribution essentielle aux objectifs du SCK•CEN à court et moyen terme. Savez-vous que

le réacteur fournit 20 à 25 % de la demande mondiale annuelle en radio-isotopes pour des applications médicales et industrielles ? De même, une partie non négligeable de la production mondiale de semi-conducteurs de qualité supérieure pour des applications dans l'énergie (renouvelable) sous la forme de silicium dopé aux neutrons est produite dans le BR2. Il contribue à des projets de recherche visant à soutenir la sûreté de réacteurs nucléaires existants et à venir. Ainsi qu'au développement de matériaux et technologies présentant un risque réduit sur le plan de la prolifération des armes nucléaires.

On a donc toujours besoin, dans un centre de recherche nucléaire moderne, d'une installation d'irradiation performante ...

Steven Van Dyck : Oui, le BR2 est et reste une infrastructure de cet ordre. Cette troisième grande campagne de maintenance vise à garantir le bon fonctionnement au moins pour la période à venir et à faire la jonction jusqu'au démarrage de l'installation MYRRHA.

Michael Källberg : Il faut savoir que le BR2 est déjà en activité depuis 1961, soit plus de cinq décennies !



Remplacement du cœur en béryllium

Quel est le point de départ du projet de maintenance du réacteur BR2 ?

Steven Van Dyck : Le projet est basé sur une analyse systématique des risques, compte tenu du vieillissement de l'installation, de la réglementation changeante et de la demande pour de nouvelles applications. À partir de cette analyse, nous opérons des investissements substantiels pour faire en sorte que le BR2 puisse, dans le cadre des normes de sûreté qui ont été établies, remplir sa mission de 2016 à 2026. Dans toutes les activités de maintenance, il y en a une qui est plus importante que les autres.

Et quelle est-elle ?

Michael Källberg : Le remplacement du cœur en béryllium du réacteur BR2. Ce cœur a une durée d'utilisation maximale fixée par la loi. Le béryllium a une durée de vie limitée à environ 15 ans, car sous l'effet de l'irradiation, il commence à se déformer. Bien que nous n'ayons pas encore atteint la limite, la durée de vie du béryllium actuel ne va pas jusque 2026. C'est pourquoi, nous optons pour un remplacement préventif. Nous pourrions

ainsi utiliser le réacteur de manière plus intense et plus flexible. Ce faisant, nous répondons de manière optimale à la demande croissante et changeante en matière de services d'irradiation.

Pour quelle raison le cœur est-il en béryllium ?

Steven Van Dyck : La géométrie complexe du cœur du réacteur est conçue pour faire en sorte que le cœur à haute performance, le plus compact possible, soit le plus accessible possible. Ceci est réalisable en utilisant le béryllium comme matériau de construction pour la partie centrale, car ce métal est très léger et absorbe très peu de neutrons.

Michael Källberg : Les canaux du réacteur forment un paraboloïde hyperbolique. Chaque canal est constitué d'un élément supérieur en acier inoxydable avec des prises de refroidissement par lesquelles l'eau peut s'écouler dans le combustible, tandis que des expériences peuvent être placées au centre. Dans la partie médiane, le canal est fait de béryllium, un métal extrêmement léger. Sous le cœur en béryllium, il y a encore une partie en acier inoxydable avec des ouvertures pour permettre au caloporteur de s'écouler vers l'extérieur. Les éléments inférieurs sont maintenus ensemble par des clavettes coniques.

En 1979 et 1996, le cœur du réacteur avait déjà été remplacé. Y a-t-il des enseignements à en tirer ?

Steven Van Dyck : La conception d'origine du cœur du réacteur a été reprise et convertie dans des méthodes de conception modernes en vue de faire les plans de construction pour la nouvelle fabrication, extrêmement précise. Par rapport au passé, cela réduit le risque de devoir retravailler des composants. Pour les exécutants, cela rend l'opération plus efficace et plus sûre. Depuis, nous avons actualisé la spécification des composants et lancé la fabrication. D'autre part, le grand entretien et le



remplacement des composants essentiels du réacteur et des équipements d'irradiation vont être préparés pour les utilisateurs. Enfin, nous allons traduire les conclusions des stress tests pour le BR2 en une série de mesures afin d'améliorer encore la sûreté de l'installation, y compris dans des conditions externes extrêmes, comme un tremblement de terre.

Plans de 1978

Michael Källberg : Lors de la dernière révision, on a utilisé des plans qui étaient basés sur ceux réalisés en 1978 par le bureau LaMeuse. L'ensemble de la matrice a été remplacé en 1978 et on est alors parti de zéro, exactement comme aujourd'hui. En 1996, les éléments du modèle de BR2 à puissance zéro ont été recyclés, si bien que l'on n'a acheté que quelques nouvelles pièces. C'est pourquoi nous avons pris la décision de travailler avec les plans de fabrication de 1978 comme référence. Ces plans sont-ils entièrement corrects ? Pour le savoir, nous avons commencé la réalisation de nouveaux modèles en 3D. Il ne s'agit pas de changer quoi que ce soit à la conception d'origine.

Et les plans étaient-ils justes ?

Michael Källberg : J'ai constaté que le puzzle hyperbolique constitué de prismes hexagonaux ne concordait pas parfaitement. Dans un logiciel de dessin 3D, les surfaces doivent être réellement parallèles. Dans les années cinquante, trente dessinateurs travaillaient pendant presque une année sur les calculs. Il arrivait que des gens fassent des erreurs, si bien que ces plans manquaient çà et là de précision. Si je demandais à l'ordinateur de faire son travail à partir de ces plans, les parties ne concorderaient pas. J'ai donc été obligé de retourner à la définition fondamentale du plan de la matrice, la définition des hyperboloïdes. Aujourd'hui, en travaillant sur le projet à quatre ingénieurs DAO pendant cinq mois, l'affaire est réglée !

“ Qui avait fait une petite erreur : nous ou les dessinateurs de 1978 ? ”

Vous parlez de paraboloides et d'hyperboloïdes. A quoi cela ressemble-t-il ?

Michael Källberg : Vous pouvez comparer cela à un faisceau tordu de cure-dents. Mais chaque cure-dent a une forme hexagonale et touche son voisin avec un interstice d'à peine 0,0254 mm. Pour atteindre ce rapport précis, il faut que chaque hexagone soit légèrement faussé. Les déformations dépendent de l'inclinaison des canaux, laquelle dépend à son tour de la distance par rapport au centre du cœur. Ce gigantesque puzzle était décrit en pouces sur les plans. On trouvait par exemple sur ceux-ci une mesure de 3,790 pouces, convertie en 96,266 mm ... Mais la mesure mathématique correcte est 96,234, soit une erreur de 0,032 mm. Dans ces conditions, un tel cure-dent ne cadre plus avec le modèle. En réalité, ces petites différences disparaîtront dans les tolérances de fabrication. Mais pour vérifier les formes hexagonales dans le système DAO, nous avons utilisé les calculs géométriques avec une précision supérieure à 10 décimales. Les anciens plans ont ensuite été comparés aux nouveaux. Y avait-il une différence ? Nous avons alors vérifié : qui a commis une petite erreur : nous ou les dessinateurs de 1978 ?

Démarrage fin 2014

Est-ce dangereux de travailler avec le béryllium ?

Michael Källberg : Oui, il faut faire attention ! Le métal est en lui-même relativement inoffensif, mais l'oxyde de béryllium est toxique et dangereux si vous en respirez la poussière. De ce fait, c'est surtout la transformation mécanique du béryllium, qui peut dégager de la poussière et de l'oxyde, qui est à risque et qui est un peu comparable au problème de l'amiante. Il n'y a que trois pays au monde qui fournissent du béryllium : les États-Unis, la Chine et le Kazakhstan. Par conséquent, il n'y a pas beaucoup d'entreprises qui peuvent produire du béryllium avec les tolérances étroites qui sont requises. Dès lors, nous avons dû choisir deux constructeurs : un pour les éléments en acier inoxydable et un autre pour le béryllium. Au SCK•CEN, nous assemblons et nous testons les éléments dans une réplique du réacteur. Nous pouvons ainsi monter la matrice et vérifier si tous les éléments concordent avant de placer le tout dans la cuve du BR2.

Combien de temps durera le remplacement du cœur du réacteur ?

Steven Van Dyck : Plus d'un an à partir de fin 2014. Avant cela, nous allons effectuer les préparatifs techniques et remplacer d'autres parties de l'installation. Au printemps 2016, le nouveau cœur du réacteur sera testé afin de vérifier son équivalence avec le cœur actuel. À partir de la mi-2016, l'installation sera à nouveau disponible et pourra remplir, pendant une nouvelle période de dix ans, son rôle essentiel sur le plan scientifique et dans le domaine des services d'irradiation.



550 essais en support aux calculs d'intégrité de Tihange 2 et Doel 3

Des recherches approfondies basées sur l'expertise du SCK•CEN

Une première analyse de l'impact des défauts dus à l'hydrogène dans le matériau des cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2 ne montre aucun effet significatif sur les propriétés du matériau. Telle est la conclusion tirée en mai 2013 de pas moins de 550 essais auxquels les experts du SCK•CEN ont participé intensivement. Les deux réacteurs ont dès lors été autorisés par l'AFCN à redémarrer et à réaliser un cycle de fonctionnement. En parallèle, à la demande spécifique des autorités belges, un programme de recherche à moyen terme a été instauré pour étudier les effets d'irradiation sur ces matériaux. C'est le réacteur BR2 qui sera chargé d'effectuer ces recherches.

peuvent apparaître lorsque le traitement thermique de la cuve du réacteur au cours de sa fabrication n'est pas mené totalement correctement. Les mêmes constats ont été faits, dans une moindre mesure, lors de l'inspection de la cuve du réacteur de Tihange 2. Des résultats attendus, étant donné que les deux cuves ont été fabriquées à la même période, de la même manière et par le même fabricant.

Démontrer l'intégrité

L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) a demandé aux exploitants de Doel et Tihange d'évaluer l'intégrité des cuves des réacteurs, conformément aux normes et codes en vigueur dans ce genre de situation. Pour évaluer l'intégrité des cuves d'un réacteur, il faut analyser les caractéristiques du matériau. Les exploitants ont donc fait appel à l'expertise du SCK•CEN en vue de participer à un programme d'essais et d'analyse. Le SCK•CEN a d'ailleurs toujours exécuté les programmes de surveillance des cuves de réacteur des centrales nucléaires belges et peut s'appuyer sur une large expérience reconnue internationalement dans ce domaine.

Les installations nucléaires belges doivent subir un contrôle approfondi prescrit par la loi. Lors d'une minutieuse inspection par ultrason de la cuve du réacteur de Doel 3 menée en juin 2012, la présence d'un grand nombre d'indications a été constatée. Celles-ci ont été attribuées à des défauts dus à l'hydrogène qui



“ Le SCK•CEN a toujours exécuté les programmes de surveillance des centrales nucléaires belges et peut s'appuyer sur une large expérience dans ce domaine, tant au niveau national qu'international. ”

Trois phases

Le SCK•CEN a été au départ impliqué dans le programme d'essais pour évaluer les propriétés mécaniques des matériaux de la cuve de réacteur. Sans matériel irradié disponible et vu l'impossibilité d'utiliser le matériau de la cuve, l'évaluation a été effectuée sur un matériau représentatif non irradié présentant de nombreux défauts dus à l'hydrogène. L'incidence de l'irradiation a été évaluée sur base des propriétés chimiques mesurées du matériau. Les défauts dus à l'hydrogène sont étroitement liés à la présence de ce que l'on appelle la 'zone de macroségrégation', une région riche en impuretés et éléments d'alliage qui apparaît lors de la solidification de l'acier. Pour le programme d'essais, les chercheurs ont utilisé trois blocs de matériau en phases successives.

Les défauts dus à l'hydrogène étant parallèles à la paroi de la cuve (soit quasi-laminaires), ils ont examiné dans une première phase le bloc de surveillance témoin de réserve afin de contrôler l'effet de l'orientation de l'échantillon sur les caractéristiques de rupture du matériau de la cuve. La deuxième phase consistait à évaluer l'effet de la macroségrégation sur les propriétés mécaniques du matériau de la cuve. Ceci a été réalisé sur un *nozzle cut out* de Doel 3 (un résidu de la fabrication de la cuve du réacteur, voir photo page 45 au centre). La troisième phase comprenait l'étude d'un matériau contenant des défauts dus à l'hydrogène provenant de France, et considéré comme représentatif des cuves de Doel 3 et Tihange 2. Le but de l'étude était de déterminer de quelle manière le matériau situé entre les défauts dus à l'hydrogène est influencé par leur présence.



Impact limité

Au terme de l'analyse des quelque 550 essais, les chercheurs ont conclu que la présence des défauts dus à l'hydrogène n'a qu'un effet limité sur les propriétés mécaniques du matériau. Afin d'évaluer le comportement après irradiation, le léger enrichissement de la composition chimique (cuivre, nickel et phosphore) dans cette zone a été pris en compte sur base des formules d'évaluation validées au niveau mondial. Les essais montrent que la présence des défauts dus à l'hydrogène n'a qu'une influence limitée sur le comportement de rupture du matériau.

Autorisation pour 1 an

L'AFCN a donné, pour les deux réacteurs nucléaires, une autorisation de fonctionnement pour un cycle d'environ un an, dans l'attente d'une série de recherches complémentaires. Les chercheurs du SCK•CEN mèneront à cet effet, en 2014, une campagne d'irradiation dans le réacteur d'essai BR2 afin d'évaluer les effets de l'irradiation du matériau d'essai français présentant les défauts dus à l'hydrogène et de vérifier ainsi les formules d'évaluation précitées.

Intérêt international pour le banc de mesure BONAPARTE

Examen post-irradiatoire de plaques de combustible

Dans le cadre de la non-prolifération nucléaire – visant à empêcher la dissémination des armes nucléaires – des scientifiques à travers le monde étudient la qualification de plaques de combustible plus faiblement enrichi pour les réacteurs de recherche. Cette recherche nécessite de nouveaux appareils spécifiques pour la qualification des nouveaux types de combustible.

Les réacteurs d'essai comme le BR2 veulent utiliser un combustible à base d'uranium plus faiblement enrichi, de manière à réduire encore les risques de prolifération. Pour y parvenir, les chercheurs veulent tester ces nouveaux types de combustible dans des conditions d'irradiation réelles. Ils appellent cela la 'qualification du combustible'. L'étude de ces combustibles qui sont testés au préalable dans le réacteur – ce qu'on appelle les examens post-irradiatoires – nécessite un appareillage de mesure spécifique.

Un paramètre important pour établir le bon comportement du combustible en plaque, typiquement utilisé dans un réacteur d'essai, est le degré de dilatation de la plaque. C'est à ce niveau, précisément, que le nouveau banc de mesure BONAPARTE du SCK•CEN joue un rôle majeur dans les programmes de qualification du combustible. Il permet, après l'irradiation, d'établir une cartographie

complète de la dilatation des plaques de combustible, ceci avec une précision de quelques micromètres.

Pas sur le marché

Le SCK•CEN avait donc besoin d'un tel appareillage de mesure en cellule chaude. Le problème est qu'il était introuvable sur le marché. Pour répondre aux besoins de programmes de

“ *L'Idaho National Laboratory américain a commandé la construction d'un appareil de mesure identique.* ”

qualification tels qu'EVITA (combustible U_3Si_2 pour le réacteur français Jules Horowitz) et LEONIDAS (combustible à base d'uranium-molybdène), il a été décidé de développer un banc de mesure spécifique : BONAPARTE (Bench for Non-destructive Analyses on fuel Plate And Rod Type fuel Elements).

BONAPARTE devait être le plus modulaire possible et utilisable à des fins très diverses : tel était l'ambitieux projet. Le SCK•CEN souhaitait utiliser le banc de mesure pour différents types et différentes formes de plaques de combustible irradiées et même pour des crayons de combustible classiques. Ces dernières sont utilisées dans les programmes BR2 d'irradiation de combustibles d'essai pour réacteurs de puissance.

Armé des connaissances requises en matière d'appareillage de cellule chaude et de quelques idées novatrices, le SCK•CEN s'est adressé au bureau d'ingénierie TEGEMA à Eindhoven pour poursuivre le développement du banc de mesure et le construire. Ensuite, c'est aux collaborateurs du SCK•CEN qu'est revenue la tâche de développer le logiciel, la commande électronique et l'acquisition de données afin que le banc de mesure puisse exécuter précisément ce pour quoi il avait été construit.

Des résultats précis

À la mi-2011, le banc de mesure a été placé dans une cellule chaude et une première plaque de combustible fortement irradiée a été mesurée. Les chercheurs avaient de quoi se réjouir : les résultats de mesure se révélaient très précis et apportaient une compréhension scientifique qui n'était pas possible avec les mesures antérieures. Depuis, BONAPARTE a mené avec succès plus de 20 campagnes de mesure, y compris sur le combustible SELENIUM (Surface Engineering of Low ENriched Uranium Molybdenum) développé au sein du SCK•CEN (voir *L'essentiel 2012*).



Grâce à sa configuration modulaire, le banc de mesure BONAPARTE peut être utilisé pour mesurer des plaques de combustible à la fois courbes et planes pour les réacteurs d'essai. Le banc s'est encore vu adjoindre une extension avec des modules spécifiques pour le mesurage de barres de combustible pour réacteurs de puissance.

Cartographie 3D

Le banc de mesure BONAPARTE est capable de mesurer une plaque de combustible entière à l'aide d'une commande d'axes tridimensionnelle. Des sondes spécialement conçues, qui résistent au champ de rayonnement intense de ces plaques de combustible irradiées, balaient toute la surface avec une grande précision de positionnement. Simultanément, l'épaisseur de la plaque de combustible et de la pellicule d'oxyde sur les deux faces est mesurée avec une précision de quelques micromètres et reportée dans une cartographie 3D.

En combinant les mesures et la connaissance de la quantité de combustible consommée par mm^2 (calculée ou mesurée), on obtient un dataset unique. Cela permet d'établir des modèles informatiques capables de prévoir avec précision le comportement de la dilatation du combustible. Une valeur inestimable pour l'utilisation du combustible dans des conditions diverses.

Un intérêt international

Le projet BONAPARTE a été suivi avec beaucoup d'intérêt au niveau international. Cet appareil unique a suscité un grand enthousiasme qui s'est d'ailleurs traduit par des résultats concrets. Début 2012, l'*Idaho National Laboratory* (INL) américain a ainsi chargé le SCK•CEN de construire un appareil de mesure identique dans le cadre du projet BONA4INL. Aujourd'hui, le banc de mesure BONA4INL est pleinement qualifié et prêt à être livré. L'INL l'utilisera pour les programmes de qualification des combustibles du *Department of Energy* américain dans le cadre du programme RERTR (Reduced Enrichment for Research and Test Reactors).

D'autres laboratoires, comme le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) en France et le KAERI (Korean Atomic Energy Research Institute) en Corée du Sud, ont également manifesté un intérêt pour le banc de mesure BONAPARTE. Le SCK•CEN a acquis une somme de connaissances technologiques à travers le développement, la construction et la validation de BONAPARTE. Ceci se révélera précieux dans le futur pour construire des bancs de mesure similaires et d'autres appareils destinés à être utilisés en cellule chaude.

Une partie de snooker quasi-instantanée

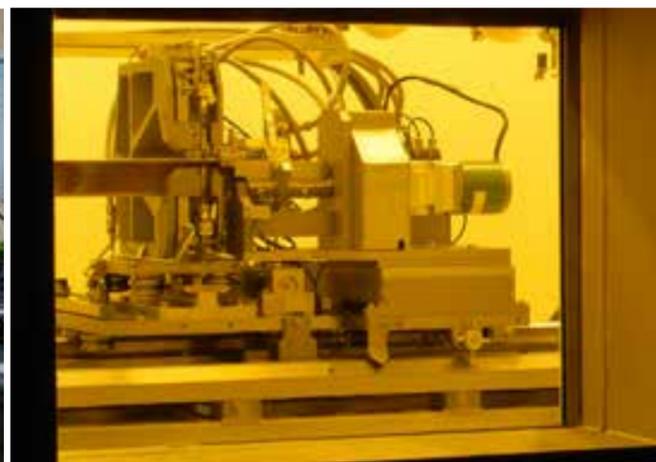
Simulations sur ordinateur du comportement du combustible

Gen-IV désigne la prochaine génération de réacteurs nucléaires. Le monde scientifique cherche à identifier les combustibles les plus appropriés pour ces futurs réacteurs. La sûreté et la productivité seront des facteurs importants, mais sur le plan sociétal, la non-prolifération nucléaire et le cycle de vie des déchets nucléaires jouent aussi un rôle majeur. Comment ces combustibles se comporteront-ils concrètement ? Dans le cadre du projet F-Bridge, le SCK•CEN a réalisé des simulations fulgurantes sur ordinateur.

Pendant son séjour dans un réacteur, le combustible est confronté à des conditions extrêmes : non seulement de grands écarts de température, mais aussi des modifications chimiques et des dommages dus aux radiations. Ce qui, à long terme, entraîne inévitablement des changements dans la microstructure.

Des essais ciblés

Pendant 50 ans, l'octroi d'une licence pour un combustible nucléaire s'est basé avant tout sur une approche empirique. Les scientifiques, par leurs observations, ont accumulé des connaissances au fil du temps. Il en résulte une vaste base de données de combustibles actuellement utilisés dans les réacteurs nucléaires : le dioxyde d'uranium (UO_2) ou un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (MOX). La création d'une telle base de données peut atteindre un coût considérable et s'étale sur une très longue période (20 à 30 ans). Les réacteurs Gen-IV ne peuvent dès lors pas s'appuyer uniquement sur des essais pour la qualification de leur combustible. Il faut donc évoluer vers une approche prospective



permettant de mieux comprendre les phénomènes élémentaires en jeu jusqu'au niveau de l'atome. Cela débouchera sur la conception de nouveaux combustibles nucléaires qui pourront être testés à travers des expériences plus ciblées. Grâce à cette approche, le temps et le coût nécessaires pour le développement de nouveaux combustibles diminueront de manière significative.

Une recherche orientée vers l'infiniment court

Cette approche ciblée n'est pas propre au secteur nucléaire. De nombreux processus industriels ont aujourd'hui recours à la conception assistée par ordinateur, bien avant que la production du premier prototype soit lancée. On pourrait dire que les simulations par ordinateur font le lien entre la théorie (la description des principaux phénomènes) et la pratique (la conception d'un nouveau produit).

“ Les chercheurs combinent les deux mondes : tant les calculs de rendement du combustible que les modèles à l'échelle atomique. ”

Cela étant, la complexité de tous les facteurs qui interviennent dans les combustibles nucléaires ne simplifie pas la tâche : leur description physique s'effectue à différentes échelles de longueur et de temps et englobe différents domaines de la physique. Leur dépendance réciproque est traitée par le biais de la simulation multi-échelles (multi-scale modelling). Les informations macroscopiques requises sont alors obtenues à partir de modèles opérant à une échelle inférieure.

Les chercheurs du SCK•CEN combinent les deux mondes : tant les calculs de rendement du combustible que les modèles à l'échelle atomique. Les premiers observent le comportement des éléments de combustible dans leur ensemble sur un certain nombre d'années, tandis que la modélisation atomique se focalise sur la compréhension des processus physiques suivant le comportement d'une série d'atomes pendant une courte période. Vraiment très courte : on parle généralement de quelques milliers ou millions d'atomes sur une durée de moins d'une nanoseconde, soit un milliardième de seconde.

Simulations à l'échelle atomique

C'est à cette étude orientée vers l'infiniment court qu'est consacré F-Bridge, un important projet financé dans le cadre du septième programme-cadre européen. F-Bridge vise à faire en sorte que les connaissances issues de la science fondamentale puissent être directement mises en œuvre pour le développement de combustibles Gen-IV. Son but ultime est la mise en place d'une

Voilà à quoi ressemble le processus d'endommagement autour d'une petite bulle de gaz dans le combustible. *Au-dessus*, le dommage après qu'un neutron rapide ait frappé un atome ; *en bas*, le dommage après une collision avec des fragments de fission lourds, avec un plus grand nombre d'atomes qui s'échappent de la bulle. Dans les deux cas, le système avait reçu au départ la même quantité d'énergie.

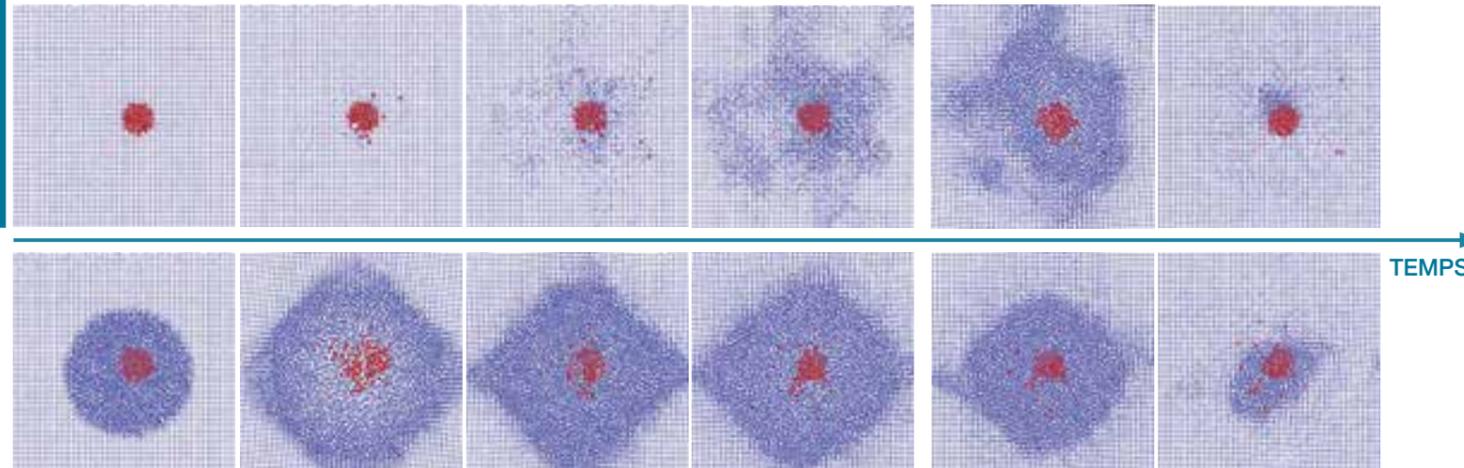


plate-forme internationale d'échange, avec une approche intégrée et coordonnée de la recherche sur le combustible nucléaire.

Dans le cadre de F-Bridge, le SCK•CEN a participé, avec d'autres organismes en Europe, à un programme de travail sur la modélisation multi-échelles. Sa principale contribution concerne les simulations par ordinateur à l'échelle atomique. Les techniques utilisées sont basées sur des champs de forces empiriques et décrivent l'interaction des atomes à l'aide de paramètres et de formules analytiques simples. Sur la base de la théorie de Newton, il est alors possible de prévoir la trajectoire d'une série d'atomes et leurs interactions sur une période déterminée.

Un jeu de snooker quasi instantané

Aspect intéressant du programme : le processus qui sous-tend le dommage dû aux radiations, qui s'apparente un peu au snooker. Un ordinateur peut suivre le trajet de toutes les boules dès le moment où un joueur joue la boule blanche. Il se produit ici quelque chose de similaire pour déterminer le dommage qui est causé par les collisions avec des particules énergétiques. La principale différence est la taille du système : des milliers, voire des millions d'atomes sont impliqués dans le processus et sont empilés de manière tridimensionnelle, et non sur un plan horizontal. D'autre part, les collisions sont plus douces, comme si on remplaçait les boules de snooker par des balles de caoutchouc. C'est aussi bien plus rapide : tout le processus file comme l'éclair et dure entre 10 et 100 picosecondes. Soit entre un centième et un dixième de milliardième de seconde.

Malgré son apparente simplicité, le processus de destruction de bulles est une étape importante dans le mécanisme complexe qui permet aux atomes de gaz de finalement s'échapper du combustible. Compte tenu de la durée extrêmement courte, un

tel phénomène n'est pas observable à travers des essais. Ce n'est possible qu'avec des simulations par ordinateur, qui, elles, sont un peu plus longues. Une simulation requiert plus de trois mois de calculs sur un ordinateur équipé de 16 processeurs.

Recherche sur d'autres matières fissiles

Dans le cadre de F-Bridge, les recherches ont jusqu'ici exclusivement porté sur le dioxyde d'uranium (UO₂), un combustible assez conventionnel. Pour une raison simple : l'UO₂ est considéré comme le candidat idéal pour tester les possibilités des différentes techniques de calcul sur un combustible dont le comportement est bien connu. Sur le long terme, les chercheurs entendent étudier, dans la continuation de F-Bridge, les comportements sur lesquels il existe moins de retour expérimental. Le processus de destruction de bulles en est un bon exemple. On songe également à l'étude de phénomènes qui interviennent aux joints de grains et dans d'autres combustibles pouvant entrer en considération pour Gen-IV.

D'autres recherches mèneront à une amélioration des techniques de modélisation proprement dites. Les performances numériques s'amélioreront quand les chercheurs pourront utiliser des ordinateurs avec de nouvelles cartes graphiques – une application de l'univers du jeu qui profite à la science. Des méthodes d'accélération avancées émergeront également, de même qu'une description améliorée de l'interaction des atomes. Il va de soi que cette approche servira de fil conducteur pour des expériences futures, mais ne les remplacera pas.



L'innovation
ancrée dans
MYRRHA

04



Hamid Aït Abderrahim

Directeur du projet MYRRHA

150 ingénieurs, scientifiques, techniciens et assistants administratifs — tant employés au SCK•CEN qu'experts externes — contribuent aujourd'hui à faire avancer le projet MYRRHA. Nos collaborateurs proviennent de pas moins de 27 pays différents. Nous collaborons en outre avec toute une série de partenaires belges tels que l'Institut von Karman, l'Université catholique de Louvain, la KU Leuven, l'Université de Gand, la Vrije Universiteit Brussel, et plus de 30 institutions européennes au travers des programmes de recherche de la Commission européenne.

150

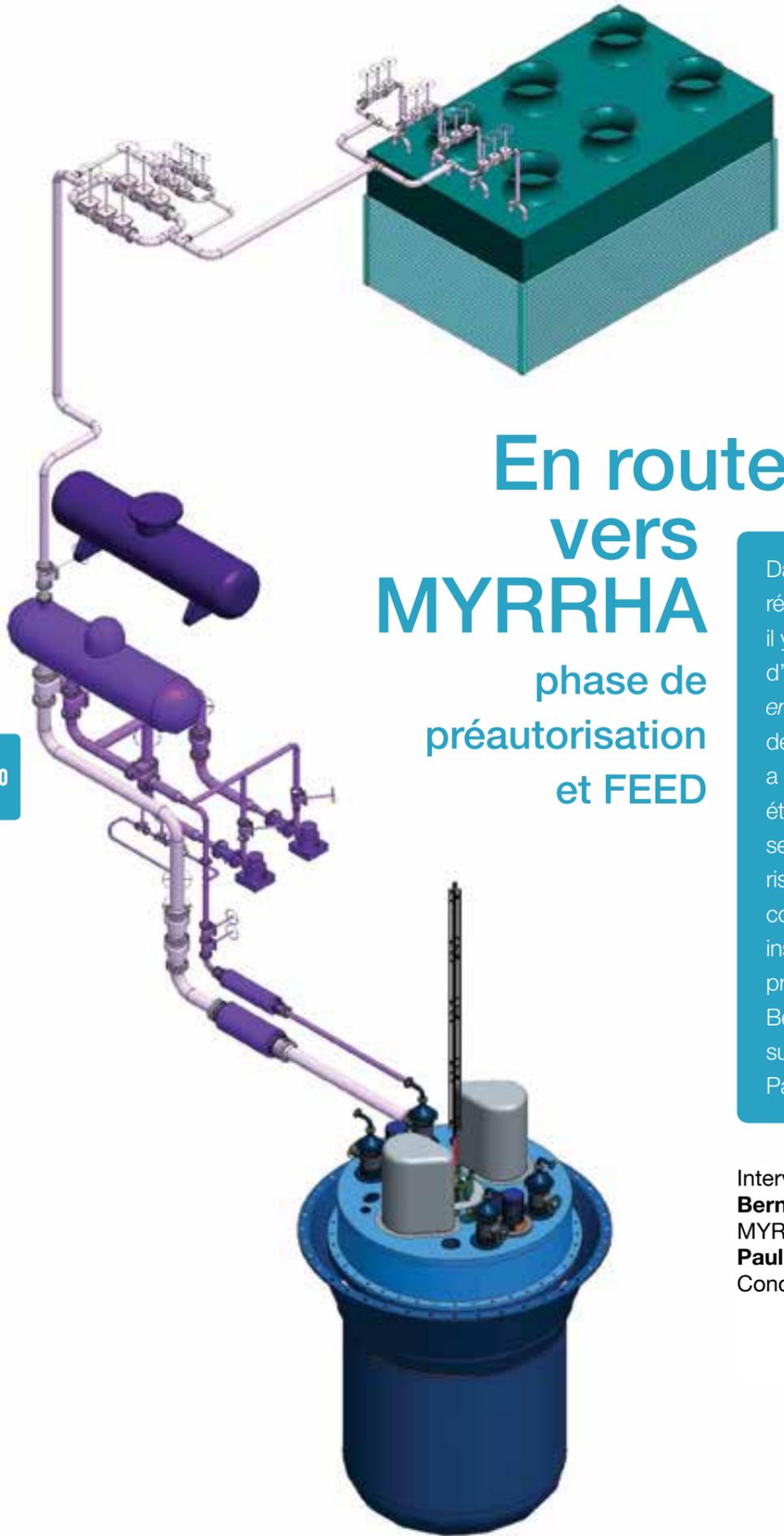
personnes travaillent sur le projet MYRRHA

MYRRHA

Successeur du réacteur BR2, MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) est une infrastructure de recherche particulièrement innovante. Elle se base sur l'utilisation de neutrons rapides et son 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, puisque son cœur ne contient pas suffisamment de matière fissile pour maintenir spontanément la réaction en chaîne et doit donc être constamment alimenté par une source neutronique externe. D'où le couplage du réacteur à un accélérateur de particules. Il s'agit d'une technologie sûre et 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 (neptunium, américium et 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 dépôt 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 nouvelles matières fissiles. Sans oublier la production de radio-isotopes médicaux et l'irradiation de silicium, notamment pour les composants électroniques d'éoliennes et de véhicules hybrides. Le SCK•CEN compte mettre MYRRHA en service en 2025. Le coût total est estimé à 960 millions d'euros (2009).



En route vers MYRRHA

phase de
préautorisation
et FEED

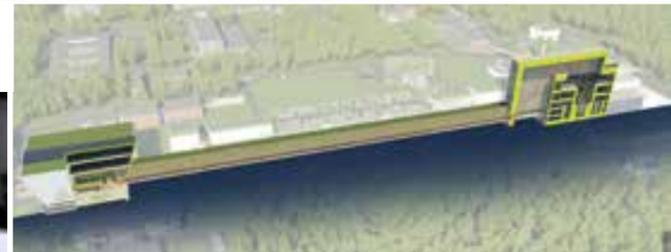
Dans la phase d'étude du futur réacteur de recherche MYRRHA, il y a trois grands domaines d'activité : R&D, *licensing* et *engineering*. Dans ces deux derniers domaines, le SCK•CEN a franchi en 2013 plusieurs étapes cruciales : le *licensing* se trouve en phase de préautorisation et côté *engineering*, le contrat FEED pour l'étude des installations non nucléaires du projet MYRRHA a été signé. Bernard Neerdael nous éclaire sur la phase de préautorisation ; Paul Leysen sur le FEED.

Interview avec
Bernard Neerdael,
MYRRHA Management Team et
Paul Leysen, responsable de la
Conception de Systèmes nucléaires



Bernard Neerdael

« Nous voulons apporter une réponse claire à tous les points d'attention identifiés par le régulateur. »



Pourquoi les autorités ont-elles, pour le licensing, institué une phase de préautorisation pour un projet tel que MYRRHA ?

Bernard Neerdael : Le SCK•CEN vise, avec MYRRHA, à construire et exploiter une installation nucléaire complexe qui utilise des technologies innovantes. À chaque étape, les autorités doivent donner leur accord. Pour faciliter à terme le déroulement des opérations, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) a proposé de créer une phase de préautorisation. L'AFCN peut ainsi, dès le début du processus et tout au long du développement du projet, communiquer ses attentes en temps utile. La phase de préautorisation était initialement programmée jusque fin 2014, mais avec l'évolution du projet, elle devrait s'étendre jusque début 2016. Un délai un peu plus long donc, mais cette étape préliminaire devrait toutefois permettre de raccourcir la phase d'autorisation proprement dite.

Il ne doit pas être simple de répertorier tous les aspects qui entrent en ligne de compte pour l'autorisation finale ...

Bernard Neerdael : Chaque installation nucléaire a besoin d'une série d'autorisations de la part des instances de régulation : sûreté, environnement, sécurisation ... et bien sûr le permis de bâtir. Tous

ces éléments entrent en considération. Vous devez satisfaire aux prescriptions spécifiques et l'ensemble du processus doit être conforme aux normes régionales, nationales et internationales. La préparation des principales composantes de la procédure d'autorisation représente une somme considérable de travail. Et l'évolution du projet nous oblige à développer l'ensemble du processus de manière itérative.

En quoi consistent les développements dans la phase de préautorisation ?

Bernard Neerdael : Les objectifs de la phase de préautorisation consistent à fournir des analyses de sûreté détaillées dans le cadre d'un *Design Options & Provisions File* (DOPF), littéralement 'dossier des options et dispositions concernant la conception'. Il s'agit donc d'une évaluation préliminaire de la sûreté de toute l'installation. Le dossier doit correspondre à une conception bien

déterminée de l'installation, pour laquelle il a été démontré qu'elle répondait aux exigences en matière de sûreté et de sécurité dictées par les autorités. Notez que les conclusions des autorités quant à l'obtention de la licence pour l'installation au cours de cette phase préparatoire ne sont pas contraignantes pour la phase d'autorisation ultérieure.

Quelle est la première étape dans le développement du dossier ?

Bernard Neerdael : L'AFCN a déterminé la structure et les objectifs du dossier DOPF. Elle a défini les liens logiques et nécessaires entre les différents structures, systèmes et composants qui interviennent dans la conception et l'exploitation d'une installation telle que MYRRHA. L'approche à suivre est basée avant tout sur l'identification et l'évaluation d'une série de points d'attention liés au caractère innovant du projet MYRRHA ou insuffisamment développés et qui, dès lors, peuvent avoir un impact sur la sûreté de l'installation. À cet effet, Bel V est aussi directement impliqué en tant que support technique de l'AFCN. Il s'agit, plus spécifiquement, d'assurer les trois fonctions de sûreté : le contrôle de la réactivité, la garantie d'évacuation de la chaleur et le confinement des produits radioactifs.

Vous devez donc entretemps passer à la loupe tous ces points d'attention ?

Bernard Neerdael : Oui, à la fin de la phase de préautorisation, nous devons fournir une réponse concluante sur ces points. Pour ce faire, nous communiquons intensivement avec les instances gouvernementales compétentes pour ainsi pouvoir démontrer, via le dossier DOPF, que nous répondons aux exigences de sûreté et de sécurité. De cette manière, nous établissons une base solide et nous créons une confiance suffisante pour franchir le pas vers la phase d'autorisation suivante.

Il est aussi question d'un rapport sur les incidences environnementales ...

Bernard Neerdael : Exact. Parallèlement au dossier DOPF, un rapport sur les incidences environnementales doit analyser et évaluer les conséquences à prévoir pour l'homme et l'environnement. Ce rapport sera évalué conjointement par deux instances publiques : l'AFCN et LNE (Leefmilieu Natuur Energie). L'AFCN est responsable des aspects radiologiques au niveau fédéral, tandis que LNE, une division du gouvernement flamand,



évaluera les aspects non radiologiques. Nous devons rédiger, entre autres, différents documents préparatoires. Plusieurs d'entre eux formeront la base d'enquêtes publiques, afin que chacun puisse avoir son mot à dire. Et cela porte sur toute la durée de vie de MYRRHA, car nous étudions les incidences environnementales des phases de construction, d'exploitation et de démantèlement de l'installation. Dès le démarrage de la phase d'autorisation, le rapport définitif sur les incidences environnementales doit être disponible pour pouvoir introduire la demande de permis de bâtir auprès des autorités communales et provinciales. Nous préparerons encore en parallèle un plan de démantèlement provisoire destiné à l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF).

Sur quels aspects du licensing l'équipe MYRRHA a-t-elle travaillé durant l'année écoulée ?

Bernard Neerdael : Principalement sur l'analyse et la communication concernant les fiches relatives aux points d'attention, 37 au total, et la présentation des premiers rapports. Fin 2012, nous avons introduit une première version du volume 1 du dossier DOPF. Le volume 1 décrit les composants et systèmes de toute l'installation et leurs modes opératoires. En 2013, nous avons remis le deuxième volume à l'AFCN. Celui-ci porte essentiellement sur l'approche en matière de sûreté et sa mise en œuvre dans le processus de conception. Nous avons mené régulièrement des discussions avec le conseil scientifique de l'AFCN sur tous ces documents et rapports. Enfin, la note de projet incluant les aspects environnementaux — qui constitue la première étape du processus concernant le rapport sur les incidences environnementales — a été récemment finalisée et envoyée pour évaluation.

Qu'est-ce qui figure au programme de 2014 ?

Bernard Neerdael : Les volumes restants du dossier DOPF, à savoir le choix et la justification des options et des dispositions en matière de conception, le système intégré de gestion de la qualité, les aspects liés à la sécurité des installations et le contrôle des matières nucléaires (safeguards). Au cours de l'année 2014, nous allons procéder à une mise à jour du dossier sur la base du concept actuel de l'installation, des récents résultats en recherche et développement et des nouveaux éléments apportés par le contractant FEED (Front End Engineering Design). Il faut savoir que le lancement du projet FEED en 2013 est un sérieux stimulant pour bon nombre de dossiers que nous avons à traiter. Le dossier DOPF contiendra aussi, au final, la réponse à toutes les questions relatives aux points d'attention et deviendra ainsi, en 2015, le document de référence, renfermant toutes les informations et démonstrations requises par les autorités de sûreté pour la préautorisation.

Quels sont les objectifs du FEED ?

Paul Leysen : Le consortium doit élaborer le projet de conception pour nous donner la réponse à trois grandes questions. *Primo* : à combien s'élèvera l'investissement ? Le résultat sera une estimation du budget avec une marge d'environ 25 %. *Secundo* : ce projet innovant peut-il obtenir la licence nucléaire ? C'est à l'AFCN qu'il appartient de répondre à cette question. Et *tertio* : comment se déroulera la suite du projet ? La réponse consistera en un planning de construction subdivisant le projet en une vingtaine de lots pour l'ingénierie de détail et la construction.



Paul Leysen
« Le FEED court jusque mi-2016, en quatre phases. »



En toute logique, le SCK•CEN développe lui-même le système primaire, à savoir le réacteur et les systèmes qui s'y rapportent, étant donné qu'il dispose en interne du know-how nécessaire. Les aspects plus conventionnels de la construction sont confiés à un bureau d'étude externe. Qui a obtenu le marché ?

Paul Leysen : En 2011, nous avons commencé la mise en adjudication publique de cet important marché. Nous avons suivi les étapes prescrites par la loi et en octobre 2013, nous avons signé un contrat avec le consortium retenu. Il se compose d'Areva TA, Ansaldo Nucleare et Empresarios Agrupados, avec Grontmij en tant que sous-traitant de AREVA TA. Ils sont chargés principalement de la conception des installations non nucléaires, le FEED. Ceci prendra environ deux ans et demi, soit jusque mi-2016.

Comment le consortium désigné abordera-t-il ce vaste projet qu'est le FEED ?

Paul Leysen : Nous avons prévu une approche par étapes, divisée en quatre 'phases de couleur'. La première est la *phase jaune*. Durant cette phase, le processus nucléaire de base (le réacteur, le refroidissement, les bâtiments principaux, le confinement et la protection nucléaire) sera élaboré suffisamment en détail pour que nous puissions apporter une réponse aux points d'attention de l'AFCN. Vient ensuite la *phase verte*, pendant laquelle les principaux postes de coûts du projet seront identifiés et chiffrés. La troisième étape est la *phase bleue* : tous les éléments nécessaires seront développés pour permettre à l'AFCN d'établir un document de préautorisation entièrement positif pour le projet. Enfin, dans la *phase rouge*, tout sera mis en œuvre pour que l'estimation de l'investissement, le planning de construction, la définition des lots et le cahier des charges puissent être établis.

Le FEED se trouve donc actuellement dans la phase jaune ?

Paul Leysen : Exactement. Le consortium externe est en train de collecter toutes les données qui serviront de base pour le travail de conception. Au bout d'un an, soit fin 2014, nous tirerons un trait sur la phase jaune. La fin de cette phase jaune sera suivie par un examen critique et multidisciplinaire de l'ingénierie. Nous regrouperons alors tout le travail de conception des différentes disciplines en un ensemble consistant qui servira de base pour la phase verte.

MEXICO fournit une technologie essentielle pour MYRRHA

Le SCK•CEN étudie la chimie du plomb-bismuth

Pour MYRRHA, l'alliage eutectique plomb-bismuth liquide (LBE pour Lead-Bismuth Eutectic) fera office de réfrigérant primaire. Il existe différentes boucles expérimentales pour le plomb-bismuth dans le monde. La plupart ont été conçues pour l'étude de la corrosion de l'acier dans le LBE ou de la thermohydraulique du LBE. MEXICO, une boucle d'essai développée par le SCK•CEN, a ceci d'unique qu'elle peut être utilisée pour étudier la chimie du plomb-bismuth.

Des études réalisées par des instituts de recherche russes et européens l'avaient déjà démontré : l'oxygène dissous joue un rôle important dans le processus de corrosion de l'acier provoqué par le LBE. Pour garder ce processus sous contrôle, il faut que la concentration d'oxygène dans le LBE soit suffisamment élevée. Il se forme alors une couche protectrice d'oxyde sur l'acier de construction. Mais un excès d'oxygène n'est pas une bonne chose non plus, car le fluide réfrigérant LBE peut alors s'oxyder lui-même. Le contrôle de l'oxygène est donc essentiel en tant que technologie pour assurer le fonctionnement optimal de MYRRHA pendant toute la durée de vie prévue. Ceci revient à contrôler à la fois l'oxygène et la qualité du LBE et à maintenir, par filtration, un niveau d'impuretés le plus bas possible.

Contrôle de l'oxygène via MEXICO

Pour maîtriser chimiquement la technologie du liquide réfrigérant LBE, le SCK•CEN a spécialement conçu la boucle expérimentale MEXICO (Mass EXchanger In Continuous Operation). Le premier et principal objectif de MEXICO est de développer un système de contrôle de l'oxygène pour MYRRHA. L'oxygène dissous dans



le LBE sera utilisé pour les processus d'oxydation de l'acier de construction du système primaire de MYRRHA. Pour maintenir le niveau de la concentration d'oxygène, il faut administrer l'oxygène au LBE d'une manière contrôlée. Cela peut être réalisé avec de l'oxygène raréfié ou de l'oxyde solide, ou par une méthode de pompes électrochimiques à oxygène. Les trois méthodes sont actuellement à l'étude.

La première option qui a été retenue pour MYRRHA est un système de contrôle de l'oxygène qui utilise un échangeur massique pour l'oxyde de plomb solide. Les ingénieurs étudient les caractéristiques de la masse d'oxyde de plomb dans le LBE sur le plan de la cinétique, de la stabilité chimique et de la contrôlabilité.

“ MEXICO est une boucle d'essai unique, car elle peut être utilisée pour étudier la chimie du eutectique plomb-bismuth. ”

Modèle numérique pour le transfert massique d'oxygène

Pour prédire la concentration d'oxygène dans le système primaire de MYRRHA, le SCK•CEN a développé un modèle numérique pour le transfert massique d'oxygène dans le LBE via un code CFD commercial (Computational Fluid Dynamics ou mécanique des fluides numérique). Le modèle sera validé sur la base des résultats expérimentaux obtenus avec MEXICO. Le modèle validé sera alors prêt à être utilisé pour la simulation de MYRRHA et la mise en place d'un système de contrôle qui réglera l'oxygène en fonction de sa concentration mesurée. L'autre objectif de MEXICO est de tester le système de filtration pour la purification du LBE.

Boucle d'essai unique

Grâce au couplage de deux zones de chauffage et deux échangeurs de chaleur, il y a dans MEXICO trois zones de température au lieu des deux présentes dans la plupart des boucles d'essai LBE. Cette flexibilité permet aux chercheurs d'étudier efficacement la chimie du fluide réfrigérant dans une large gamme de températures. Au total, dans MEXICO, on a placé 23 capteurs d'oxygène à différentes positions, de la zone de température la plus élevée à la plus basse. Ceci permet de suivre la variation de la concentration d'oxygène tout au long de la boucle. Les capteurs fourniront des informations pour la validation du modèle numérique de transfert massique d'oxygène dans le LBE. MEXICO comprend également deux systèmes de filtration pour séparer les impuretés solides en suspension et les impuretés dissoutes.

Fin 2012, le SCK•CEN a clôturé le projet final d'ingénierie. Un an plus tard, la construction était entièrement terminée. MEXICO est le résultat d'une collaboration fructueuse entre l'unité *Programme de Conditionnement et de Chimie* et le *Bureau de Dessin et d'Etude*. Outre la conception et la construction, des technologies importantes pour le fonctionnement de MEXICO ont été développées et validées en 2013, comme les processus de fabrication pour billes d'oxyde de plomb de haute qualité et de nouveaux capteurs pour mesurer la concentration en oxygène dans une zone de basse température. En ce début 2014 démarre une grande campagne expérimentale qui livrera des données précieuses pour MYRRHA.



Un tournant pour FREYA

Un arrêté royal confirme l'autorisation d'exploitation

Le 6 novembre 2013 venait enfin le dénouement tant attendu : le Moniteur belge publiait l'arrêté royal sur l'autorisation d'exploitation du réacteur VENUS. Les premières expériences sur les conditions de sous-criticité pouvaient commencer, après une phase de commissioning intense.

Il y a deux ans, le projet GUINEVERE débouchait sur une première mondiale pour le projet VENUS. Le SCK•CEN avait réussi à coupler un accélérateur en mode continu (GENEPI-3C) à un réacteur rapide (VENUS-F) avec un cœur en plomb. Ce projet de recherche s'inscrivait dans le sixième programme-cadre de la Commission européenne. Dans cette installation, on pouvait désormais exécuter des projets de recherche d'une importance capitale pour le développement d'un système piloté par accélérateur (Accelerator Driven System ou ADS), le but ultime du projet MYRRHA.

C'est ainsi qu'en mars 2011 démarrait le projet de recherche FREYA : un projet européen inscrit dans le septième programme-cadre et coordonné par le SCK•CEN. Ce projet regroupe au total quelque 16 instituts, dont le Centre national de la recherche scientifique

(CNRS) français, qui a développé l'accélérateur GENEPI-3C pour GUINEVERE. Le CNRS a installé l'accélérateur et, en collaboration avec le SCK•CEN, l'a couplé pour la première fois au réacteur VENUS-F. Autre partenaire important : le Commissariat à l'énergie atomique

et aux énergies alternatives (CEA) français, qui a fourni le combustible uranium pour le réacteur.

Valider les codes et développer la technique

FREYA (Fast Reactor Experiments for hYbrid Applications) poursuit deux grands objectifs. *Primo* : développer une technique pour mesurer en ligne la sous-criticité d'un ADS. Contrairement à un réacteur ordinaire, un ADS est toujours légèrement sous-critique (voir page 57). Il est donc indispensable de connaître à tout moment la sous-criticité du réacteur pour pouvoir l'exploiter de façon sûre. *Secundo* : valider les codes de calcul qui seront utilisés pour MYRRHA. En comparant les résultats des expériences et des calculs, les codes pourront être optimisés et, au final, validés.

Mesurer la sous-criticité en ligne

Le projet FREYA est subdivisé en différents modules de travail techniques. Dans le premier de ces modules, les tâches de recherche sont entièrement axées sur le développement et la validation d'une méthode pour la mesure de la sous-criticité en ligne. Ceci est effectué dans plusieurs cœurs de réacteur sous-critiques qui sont représentatifs d'un ADS. Différents paramètres, essentiels pour obtenir une autorisation d'exploitation pour un ADS, sont étudiés. Les chercheurs testent ainsi l'applicabilité de la technique de mesure dans un cœur de réacteur



'largement sous-critique', une situation qui se présentera lors du chargement d'un ADS.

Les deuxième et troisième modules de travail sont axés sur la validation des codes de calcul qui seront utilisés pour MYRRHA. Deux études sont nécessaires pour la conception et la licence de MYRRHA. Les chercheurs vérifient quels sont les cœurs de réacteur (critiques et sous-critiques) les plus représentatifs possibles pour MYRRHA qui peuvent être chargés dans VENUS-F. Une fois les cœurs définis, ils sont chargés et une nouvelle campagne expérimentale démarre. Ces expériences sont, elles aussi, simulées avec les codes de calcul. La comparaison entre les résultats expérimentaux et les résultats calculés permet d'optimiser et de valider les méthodes de calcul pour MYRRHA.

Réacteur rapide refroidi au plomb

Pour terminer, on charge dans VENUS-F un cœur de réacteur qui soit le plus représentatif possible du réacteur rapide refroidi au plomb (Lead cooled Fast Reactor ou LFR). Ces études sont nécessaires pour sa conception et sa licence. L'un des partenaires du projet FREYA, Ansaldo Nucleare, est par ailleurs responsable de la conception d'un tel LFR industriel.

Phase de commissioning

La phase de commissioning comprend tous les essais et les rapports nécessaires pour obtenir des autorités une autorisation d'exploitation de l'installation. Les premiers essais avec le cœur de réacteur critique visaient à établir le certificat pour le cœur de réacteur. Concrètement, il s'agissait d'étalonner les barres de sûreté et les barres de contrôle et de définir le champ de radiation autour du réacteur et le flux maximal de neutrons.



“ Le 6 novembre 2013, l'heure du dénouement avait enfin sonné : le Moniteur belge publiait l'autorisation d'exploitation de l'installation. Les premières expériences sur les conditions de sous-criticité pouvaient commencer. ”



Après le test complet du cœur critique, les quatre assemblages centraux ont été déchargés afin d'obtenir un cœur sous-critique et de pouvoir placer l'accélérateur. Le 12 octobre 2011, un accélérateur de particules était pour la première fois couplé avec succès à un réacteur rapide au plomb. Les essais de commissioning nécessaires ont ensuite commencé dans cette configuration ADS.

L'équipe de recherche a documenté les résultats en détail et envoyé les documents nécessaires aux autorités en vue d'obtenir une autorisation pour l'installation. Il n'y avait plus qu'à attendre, non sans une certaine anxiété ... Dans l'intervalle, les collaborateurs de l'unité *Opération des Systèmes Nucléaires* ont reçu des formations en vue de l'exploitation tant du réacteur que de l'accélérateur. Le 6 novembre 2013, l'heure du dénouement avait enfin sonné : le Moniteur belge publiait l'arrêté royal sur l'autorisation d'exploitation du

réacteur VENUS-F. Les premières expériences sur les conditions de sous-criticité pouvaient dès lors commencer.

Coup d'envoi du programme expérimental

L'objectif est de développer et valider une technique pour mesurer la sous-criticité d'un ADS et cela, dans le cœur sous-critique actuel. Une fois la technique mise au point, des expériences spéciales seront menées pour étudier la robustesse de la technique dans l'optique de MYRRHA. Des positions spéciales sont ainsi prévues dans MYRRHA pour la production de radio-isotopes et pour tester de nouveaux matériaux et combustibles dans des conditions expérimentales bien connues et indépendantes du fluide réfrigérant du réacteur. Elles seront simulées dans le réacteur VENUS-F afin d'examiner si elles ont une influence sur les mesures de sous-criticité. Commencera alors le chargement du cœur qui est représentatif de MYRRHA. Cela marquera le début du module de travail technique suivant dans le projet FREYA.

1000

watts
la puissance maximale de l'installation VENUS



Peter Baeten
Directeur de l'Institut Systèmes Nucléaires Avancés

La puissance maximale de l'installation VENUS pour le projet GUINEVERE est de 1000 watts. Soit une puissance comparable à l'éclairage d'une habitation moyenne et 100 000 fois plus faible que celle de MYRRHA. Pourtant, cette installation nous permet d'étudier absolument toutes les propriétés physiques du cœur du réacteur de MYRRHA. Les neutrons qui circulent autour ignorent de toute manière s'ils sont dix ou un million. VENUS est conçu tel un meccano : toutes les parties peuvent être modifiées afin de pouvoir mener facilement toute une série d'expériences représentatives pour MYRRHA.



La sûreté
comme priorité
absolue

05

219

études et actions
sur la sûreté



Fernand Vermeersch

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

La sûreté d'exploitation des installations nucléaires est plus que cruciale. Tous les dix ans, l'organisation et les infrastructures du SCK•CEN sont donc soumises à une évaluation complète des dispositifs de sûreté. En ajoutant les initiatives prises dans le cadre des 'stress tests', pas moins de 219 études et actions relatives à la sûreté sont prévues d'ici 2018. L'optimisation de la sûreté est une préoccupation constante, qui nécessite non seulement un engagement important de moyens et de personnes, mais aussi une vision à long terme.

Feu vert pour la note de méthodologie

L'évaluation périodique de la sûreté 2016 a démarré

Tous les dix ans, un contrôle approfondi est prévu pour les installations nucléaires de classe I. De cette manière, les autorités publiques et l'exploitant évaluent périodiquement et en détail la sûreté des installations. Une telle évaluation est évidemment un long processus et ne peut démarrer que lorsque les autorités ont approuvé la méthode d'investigation. Une bonne nouvelle tombée durant l'été 2013, avec le feu vert de l'AFCN pour l'évaluation de la sûreté.

Quel est l'état de santé d'une installation nucléaire de classe I ? Comment va-t-elle se comporter dans les dix ans à venir ? Faut-il prendre certaines mesures pour faire face au vieillissement ? Que faut-il prévoir pour s'adapter aux nouvelles normes ? La structure et la méthodologie de l'organisation sont-elles toujours suffisamment 'alertes' pour exploiter l'installation en toute sécurité ? Les études de sûreté sont-elles adaptées aux normes et techniques les plus récentes ?

Toutes ces questions ont été abordées au cours de la phase préparatoire de l'analyse de la sûreté des installations de classe I. Il s'agit au total de 15 facteurs répartis dans six grands domaines : état de sûreté de l'installation, analyses de sûreté, gestion de la performance et de l'expérience, gestion et organisation, impact environnemental et radioprotection. Une tâche d'envergure, car le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire compte neuf installations de classe I.

Note de méthodologie

Durant la phase préparatoire, les responsables des différentes installations se sont d'abord concertés avec l'unité *Contrôle physique*. Cette concertation interne a servi de base pour définir la portée et la méthodologie de la révision de la sûreté. La méthodologie devait répondre aux nouvelles directives de l'Agence Fédérale pour le Contrôle Nucléaire (AFCN). Le SCK•CEN devait ensuite attendre que l'Agence approuve la note de méthodologie avant de commencer l'analyse concrète de la sûreté.

LES INSTALLATIONS À EXAMINER

- Réacteur BR1
- Réacteur BR2
- Réacteur BR3 (en cours de démantèlement)
- Installation critique à puissance zéro VENUS
- Laboratoire 'cellules chaudes'
- Laboratoire de radiochimie
- Laboratoire de recherche radiobiologique et radio-écologique
- Zone tampon centrale (stockage temporaire de déchets radioactifs)
- Bâtiment pour les étalonnages nucléaires

“
La phase de mise
en œuvre constitue
le point d'orgue et
débutera en 2017.”

Cette approbation est arrivée à la mi-2013. Les trois années qui suivent sont alors réservées à l'évaluation de détail des facteurs de sûreté tels qu'ils sont décrits dans la note de méthodologie.

Une approche graduelle

Les installations du SCK•CEN se caractérisent par leur grande diversité : activités, risques, exploitation, personnel, complexité, âge ... Les différences sont nombreuses. C'est pourquoi la *graded approach* ou approche graduelle de l'analyse de la sûreté est la plus indiquée, comme le préconise également l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). En outre, il est plus efficace de traiter certains facteurs de sûreté au niveau du site, plutôt qu'au niveau de l'installation individuelle. L'évaluation de la radioprotection en est un bon exemple.

Évaluation et mise en œuvre

L'évaluation de détail des différents facteurs de sûreté débouche sur un rapport par facteur et par installation. Vient ensuite un rapport d'évaluation global avec des propositions d'amélioration et un planning pour leur exécution. La phase de mise en œuvre constitue le point d'orgue et débutera en 2017. Les améliorations proposées seront alors concrètement appliquées sous la surveillance de l'AFCN.

Certaines actions d'amélioration dans les installations ou l'organisation résultent par ailleurs d'événements extérieurs au SCK•CEN. Des incidents antérieurs, comme l'accident de Fukushima au Japon, ont ainsi conduit à des évaluations de la sûreté basées sur le retour d'expérience relatif à ces événements spécifiques.



Une meilleure accessibilité et plus de réserves d'eau à disposition

Des mesures drastiques pour lutter contre les incendies en milieu forestier

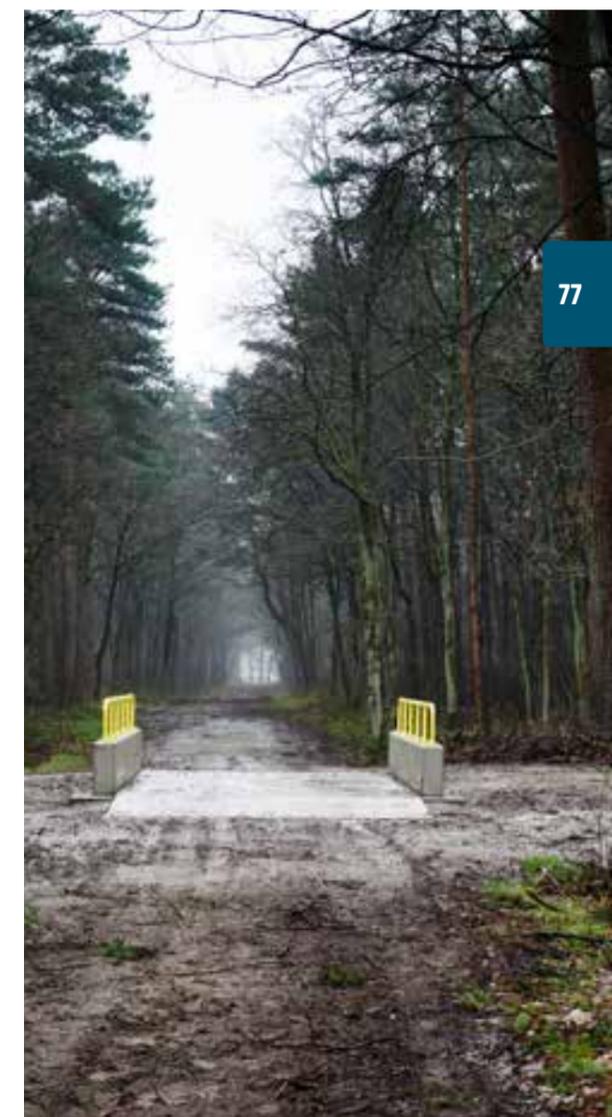
Un feu de forêt s'est déclaré sur le territoire du SCK•CEN. Le service incendie interne et les confrères de Mol se mettent en route. Ils utilisent les quais d'accostage pour pomper de l'eau du canal. Via les ponts dans la forêt, les véhicules de pompiers roulent jusqu'au foyer pour maîtriser l'incendie. Pas de panique, il ne s'agit ici que du scénario d'un exercice ! Un entraînement grandeur nature qui aura bien lieu en 2014.

Au terme d'un audit sur la sécurité incendie au SCK•CEN, il est apparu qu'il fallait être plus attentif aux moyens et aux possibilités de lutte contre les foyers d'incendie qui peuvent menacer le site de l'extérieur. Avec ses 335 hectares, le territoire du SCK•CEN est, il est vrai, dix fois plus grand que le domaine technique. Sans compter tous les hectares de forêts le long du canal Bocholt-Herentals. Les auditeurs ont donc posé cette question pertinente : que fera le SCK•CEN si un incendie se déclare dans la forêt ?

Le SCK•CEN fournit déjà de sérieux efforts pour prévenir les incendies, notamment en éliminant les branches mortes, en défrichant et en dégaugeant les coupe-feux dans la zone forestière. Et l'été, par temps chaud et sec, le service incendie interne mène des actions de sensibilisation pour convaincre les collaborateurs de ne pas faire de feux et de ne pas fumer en zone boisée. Durant cette période, les pompiers redoublent de vigilance.

Points à améliorer dans la lutte contre l'incendie

Il vaut mieux prévenir que guérir. Mais cela ne suffit pas, car la situation de la zone boisée autour du SCK•CEN n'est pas des





plus favorables : les vents dominants pourraient bien vite faire progresser un incendie vers le site. Après l'audit, le SCK•CEN a entamé une série de consultations avec le service incendie local, les assureurs et les autorités. Le service public d'incendie a formulé un avis officiel : les mesures préventives sont suffisantes, mais en matière de lutte contre l'incendie, il y a des points à améliorer. L'eau d'extinction doit être disponible en plus grande quantité et les véhicules de pompiers doivent pouvoir atteindre tous les endroits dans la forêt.

Six puits, deux ponts et deux quais d'accostage

En premier lieu, il fallait plus d'eau. Pour ce faire, des puits d'extinction ont été aménagés à six endroits stratégiques. Les pompiers peuvent y puiser jusqu'à 1000 litres d'eau par minute.

Bien entendu, il faut que les pompiers puissent atteindre cette eau et disposent de voies d'accès et d'évacuation. Dans la pratique, ce n'était pas réalisable, puisque la forêt est coupée en deux par la rivière Breilooop. Deux ponts ont donc été construits afin que les pompiers puissent y accéder librement. La construction de ces ponts en zone naturelle n'était pas des plus évidentes et a nécessité un vaste travail d'étude, car les ponts doivent pouvoir supporter des véhicules de pompiers de 15 tonnes.

“ *Les véhicules de pompiers peuvent à présent rejoindre le canal pour y installer des pompes.* ”

Si le feu est étendu, il faut pouvoir disposer d'une grande quantité d'eau. Avec le canal situé à proximité, le SCK•CEN peut compter sur un énorme stock d'eau, à condition que les pompiers puissent atteindre facilement le canal. Ce qui ne semblait jusqu'alors pas faisable à cause d'une route et d'une rangée d'arbres parallèle au canal. Le SCK•CEN a dès lors aménagé deux quais d'accostage dans le prolongement des nouveaux ponts. Les véhicules de pompiers peuvent à présent rejoindre le canal pour y installer des pompes d'incendie et pomper de l'eau.

Un exploit

L'ensemble du projet constitue en soi une véritable prouesse. Les *Services Techniques Centraux* du SCK•CEN se sont trouvés confrontés à des méthodes de construction complexes. Les passerelles ont ainsi été construites sur des puits de fondation. Et pour le canal, la construction des quais d'accostage a nécessité la pose de lourdes palplanches.

Les analyses effectuées récemment pour le test de résistance du SCK•CEN ont également révélé qu'en cas d'incident majeur, un quai d'accostage serait crucial pour alimenter en eau d'extinction le domaine technique proprement dit. Toutes les constructions ont été réceptionnées dans les délais en 2013 et sont utilisables par les pompiers du SCK•CEN et les services publics d'incendie de Mol et Geel pour des exercices ou des interventions en cas de feu de forêt.



Comment couper un terrain en deux ?

Vers une division définitive entre le SCK•CEN et le VITO

En 1991, le gouvernement prenait la décision d'opérer une scission entre la recherche nucléaire et la recherche non nucléaire du SCK•CEN. Les activités non nucléaires ont été transférées à la Région flamande et le VITO a ainsi vu le jour. Les terrains et les bâtiments ont également été découpés : un tiers à la Flandre, deux tiers au fédéral. Le résultat est un découpage en forme de tarte biscornue.

Les terrains du VITO (Maaamse Instelling Voor Technologisch Onderzoek) et ceux du SCK•CEN s'entrecroisent dans tous les sens. La répartition est artificielle et il n'y a pas de moitiés clairement définies. Une division plus logique offre différents avantages, dont une plus grande efficacité au niveau de l'entretien et de la sécurisation des deux terrains. Mais ce n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Le redécoupage et la redistribution ont un impact sur l'exploitation et la modification des installations et sur l'infrastructure souterraine. Songeons notamment au gaz, à l'eau, à l'électricité et aux télécommunications.

Une sécurisation renforcée

Les Services Techniques Centraux du SCK•CEN ont examiné la manière de modifier le découpage du terrain pour satisfaire aux exigences des autorités publiques en matière de sécurisation du site et parvenir à une division plus logique. Il devait être techniquement réalisable de placer une enceinte autour du terrain et de construire une nouvelle entrée principale avec un contrôle d'accès plus strict. Bien vite, il est apparu que les deux organisations devaient échanger des terrains et transférer des bâtiments.

“ Avec un découpage logique, les deux morceaux de terrain peuvent être entretenus et sécurisés de manière plus efficace. ”

Un donné pour un rendu

Il s'agissait de trouver un compromis. Le SCK•CEN reçoit 12,31 hectares de terrain du VITO et donne 5,55 hectares à son voisin. Les bâtiments énergie, bloc 3 chimie, cafétéria et documentation vont également au SCK•CEN. Le VITO conserve trois autres bâtiments, mais les terrains sont la propriété du SCK•CEN.

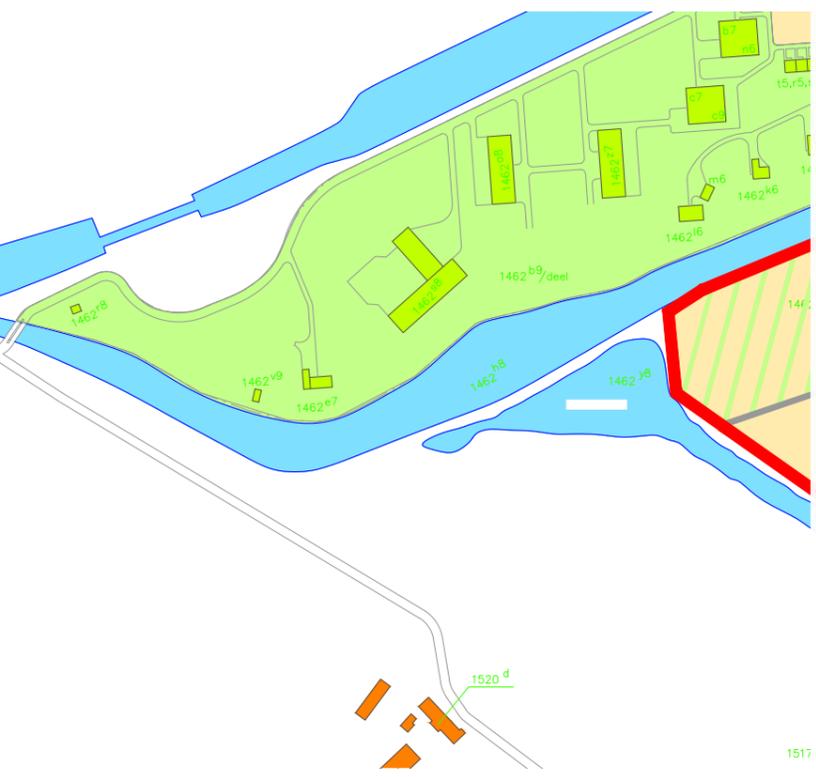
Le solde restant est compensé par la construction d'une nouvelle cafétéria pour le VITO par le SCK•CEN et le transfert au VITO de terrains boisés.

Nouvelle entrée principale

L'une des opérations les plus marquantes est la construction d'une nouvelle entrée principale pour le SCK•CEN. La sécurisation du terrain ne cesse de se renforcer, ce qui se reflète aussi au niveau de l'entrée principale. Celle-ci vient s'établir sur le terrain de la cafétéria et du centre de documentation actuels. Une nouvelle cafétéria sera également construite sur ce terrain. Après la construction, elle deviendra propriété du VITO. Le terrain du VITO garde un caractère ouvert, en toute logique. Le domaine du SCK•CEN, par contre, sera entièrement clôturé, comme c'est le cas actuellement.

Scission d'ici fin 2016

La scission totale a été réglée juridiquement fin 2013. Dans les années à venir, le VITO et le SCK•CEN auront pas mal de pain sur la planche avec, entre autres, la démolition de l'actuelle cafétéria et la construction d'une nouvelle, ainsi que de la nouvelle entrée principale. Pour séparer véritablement les deux terrains, une clôture sera installée. Et bien entendu, l'infrastructure routière devra être modifiée çà et là. D'ici fin 2016, la nouvelle division devra être claire et visible pour tout le monde.





**De la
recherche
au business**

06

En l'espace de six ans, nous sommes parvenus à doubler nos revenus. Mais, plus que jamais, le soutien de l'Etat fédéral à hauteur de 50 % de notre budget annuel reste la condition sine qua non pour assurer la continuité et l'excellence de notre recherche. Pour mener à bien cette expertise et remplir au mieux notre mission sociale, nous pouvons compter sur le professionnalisme et l'enthousiasme de plus de 700 collaborateurs et 70 doctorants.



Christian Legrain
Secrétaire général

plus de
revenus en
six ans



DoseVue, la première spin-off du SCK•CEN

Interview avec
Emiliano D'Agostino,
DoseVue managing
director

**Comment DoseVue est-elle née ?
Y a-t-il eu, à un moment donné,
une demande émanant du secteur
médical ?**

Emiliano D'Agostino : Depuis 2008, je participe pour le SCK•CEN à des projets où la radiothérapie joue un grand rôle. Ces projets se déroulent toujours en collaboration avec le secteur médical que je connais bien. Des cliniciens nous ont posé une question pertinente : « Nous déterminons la dose d'irradiation sur la base de calculs informatiques. Nous vérifions évidemment de nombreuses données au niveau des atomes, mais pas au niveau des patients et encore moins de la tumeur. Existe-t-il une méthode pour calculer plus précisément l'application de la dose ? » Suite aux évolutions technologiques les plus récentes, nous pouvons appliquer d'assez fortes doses à la tumeur. Mais il est crucial d'avoir la certitude que ces doses sont appropriées. C'est sur cet affinement que nous travaillons.

Une nouvelle technologie vient renforcer le traitement du cancer

Avec 12,6 millions de nouveaux cas et 7,5 millions de décès par an dans le monde, le cancer reste un problème de santé publique majeur. Côté traitement, 50 à 60 % des patients ont recours à la radiothérapie, parfois en combinaison avec des interventions chirurgicales ou des médicaments. DoseVue S.A., la première spin-off du SCK•CEN, développe une technologie qui vise à rendre l'action de la radiothérapie à forte dose plus précise et plus efficace. Emiliano D'Agostino est l'un des deux associés à l'origine de DoseVue, une jeune entreprise pleine d'avenir établie à Hasselt.

Quel est le problème avec les doses élevées de radiations ?

Emiliano D'Agostino : Il est possible d'optimiser l'efficacité de la radiothérapie en appliquant à la tumeur une dose élevée de radiations. Mais l'irradiation du tissu sain doit rester minimale. Savez-vous qu'aujourd'hui, dans le traitement du cancer, une tumeur peut recevoir jusqu'à dix fois la dose standard ? C'est pourquoi, dans la routine clinique de la radiothérapie, on aurait grandement besoin d'un système non invasif de dosimétrie à l'endroit de la tumeur, surtout en cas de fortes doses lors d'un seul et même traitement.

Comportement acoustique

Quelle est précisément la technologie développée par DoseVue ?

Emiliano D'Agostino : Suite à la demande provenant du secteur clinique, nous avons eu l'idée d'utiliser des produits de contraste pour mesurer une dose de la manière la moins invasive possible. La technologie de DoseVue est entièrement neuve et se compose de trois éléments essentiels. *Primo*, les éléments de base dans le système de dosimétrie sont des microparticules biocompatibles ciblées et sensibles au rayonnement, d'un diamètre de quelques micromètres. Leur surface est occupée par des ligands (une sorte de molécule ou d'ion) qui établissent une liaison avec des récepteurs tumoraux spécifiques. *Secundo*, en cas d'exposition au rayonnement ionisant pendant le traitement radiothérapeutique, les propriétés des microparticules changent. Ces changements dans les propriétés physiques se reflètent dans le comportement acoustique des microparticules. Ce comportement peut être mesuré par des systèmes ultrasoniques. *Tertio*, des algorithmes avancés de traitement des signaux comparent les données ultrasoniques avant et après l'irradiation. Les informations sur la dose sont présentes de façon codée dans les signaux acoustiques et sont finalement converties en une image tridimensionnelle de la répartition de la dose. Le système fournira les résultats en ligne et en temps réel.

Allez-vous aussi développer à cet effet des appareils spécifiques ?

Emiliano D'Agostino : L'idée est d'utiliser des scanners à ultrasons existants, car pour mettre notre technologie sur le marché, nous devons faire en sorte que le seuil technologique reste le plus bas possible. Un tout nouvel appareil

ne favoriserait pas l'introduction de la technologie. D'ailleurs, le fait que notre technologie fonctionne sur des appareils existants est en soi un point fort : les scanners à ultrasons sont présents presque partout dans le secteur médical. DoseVue développe un logiciel qui peut lire les signaux de l'appareil, les analyser et les convertir en une image de la dose, appelée *dose map*. L'idéal serait que nous fournissions aux médecins un ordinateur portable avec le logiciel préinstallé. Il leur suffirait alors de raccorder cet ordinateur au scanner à ultrasons.

8 ans et 20 millions

Où en êtes-vous concrètement dans le développement de la technologie en tant que produit ?

Emiliano D'Agostino : Notre technologie comprend deux composantes : le logiciel et le matériel. Nous avons obtenu des fonds via DoseVue et divers partenaires, ce qui nous donne à présent les moyens nécessaires pour développer les deux simultanément. Pour le logiciel, différents modules sont déjà prêts. Il s'agit évidemment d'un logiciel expérimental, qui devra encore être finalisé pour être utilisé sur le marché. Pour le moment, nous nous affairons surtout à développer un nouveau matériel et à démontrer la fiabilité de la technologie sur un modèle in vivo.



“ L'idéal serait que nous fournissions aux médecins un ordinateur portable avec le logiciel préinstallé. Il leur suffirait de raccorder cet ordinateur au scanner à ultrasons. ”

L'étape suivante est l'industrialisation du produit. Nous voulons créer un environnement graphique attrayant pour le logiciel, de sorte que le médecin puisse obtenir le résultat en quelques clics. J'estime qu'il est important de partir du point de vue des médecins : avant tout développement, nous les sondons pour déterminer s'ils jugent cela utile. Les autorités de régulation considèrent la technologie comme un médicament, car le produit est administré par voie intraveineuse. Cela implique un processus de validation préclinique et clinique, ce qui représente un trajet de huit ans. Nous avons demandé à un expert en réglementation de faire une estimation du budget pour le coût global : 20 millions d'euros. C'est beaucoup d'argent, mais c'est peu comparativement à un produit médical classique.

Qu'y a-t-il à présent au programme ?

Emiliano D'Agostino : Dans les deux années à venir, nous allons finaliser le logiciel afin d'aboutir à un premier prototype et réaliser les premiers essais in vivo. Cela peut sembler long, mais DoseVue ne compte actuellement que deux collaborateurs – mon collègue Jeroen Hermans et moi-même – une structure très horizontale ! Par ailleurs, nous collaborons avec des partenaires académiques et des hôpitaux, notamment l'UHasselt, la KU Leuven, l'UZ Gasthuisberg et l'UZ Brussel. Nous sommes aussi épaulés par trois doctorants.

Vers une base financière solide et diversifiée

Interview avec
Christian Legrain,
secrétaire général



Démarrage aux Etats-Unis

DoseVue vise-t-elle uniquement la Belgique, ou prévoyez-vous un lancement mondial ?

Emiliano D'Agostino : La Belgique est un petit pays. Elle compte chaque année 60 000 nouveaux patients atteints d'un cancer. Au niveau mondial, ils seront 15 millions d'ici 2020. Vous voyez donc la différence de proportion. Du reste, sur le plan de la réglementation, de nombreuses sociétés biotechnologiques démarrent aux Etats-Unis. Si vous obtenez l'accord de la *Food and Drug Administration*, vous avez d'emblée accès à un grand marché. Il est alors plus simple de franchir le pas vers les autres pays.

Avez-vous une idée de la manière dont DoseVue va se développer en tant qu'entreprise ? Ce sera difficile à deux ...

Emiliano D'Agostino : Pour le moment, tout va très vite. Nous atteignons notre limite. Si nous pouvons décrire clairement nos applications alternatives, nous obtiendrons les fonds nécessaires pour engager une troisième personne. Dès que nous passerons de la recherche et développement à la réalisation de prototypes, nous devons absolument élargir nos domaines d'expertise : réglementation, vente & marketing, etc. Actuellement, nous ne maîtrisons pas ces disciplines, mais elles deviendront tout aussi essentielles lorsqu'il s'agira de commercialiser notre produit.

Pourrez-vous alors maintenir le lien avec le SCK•CEN ?

Emiliano D'Agostino : Le SCK•CEN est aujourd'hui actionnaire de la société DoseVue. Pour nous, ce serait une bonne chose de pouvoir continuer à s'appuyer sur un tel centre de connaissance. Nous sommes le premier enfant du SCK•CEN et nous sommes plus forts ensemble !

DoseVue est une S.A. Quels sont les partenaires qui lui procurent des fonds ?

Emiliano D'Agostino : Nous recevons un subside de l'Euregio Meuse-Rhin pour le financement d'une partie de nos activités. D'autre part, la KU Leuven et l'UHasselt reçoivent des fonds internes pour participer au projet DoseVue. Dès que nous aurons réalisé un concept in vivo pour notre technologie, nous pourrons aller frapper à la porte d'autres partenaires. Ce sera un tournant essentiel qui nous donnera réellement la possibilité de réaliser une première augmentation de capital. Du reste, nous avons déjà noué les premiers contacts et nous recherchons aussi d'autres domaines dans lesquels notre technologie pourrait s'appliquer. Nous développons donc aussi plusieurs nouveaux produits qui nous permettront d'entrer plus rapidement sur le marché, sans pour autant disperser notre attention.

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire devra mettre sérieusement la main au portefeuille ces prochaines années pour faire face à d'importants investissements. Au-delà des fonds indispensables provenant de l'Etat fédéral, les ressources propres devront augmenter sensiblement. Comment le SCK•CEN va-t-il relever ce défi ? Réponse en compagnie du secrétaire général Christian Legrain.

Comment se présentent les revenus du SCK•CEN en 2013 ? L'Etat fédéral est-il toujours le principal bailleur de fonds ?

Christian Legrain : Dans le passé, il est vrai que le SCK•CEN était fortement dépendant de l'Etat fédéral, mais c'est moins le cas aujourd'hui. Depuis déjà un bon nombre d'années, nous nous situons aux alentours de 50 % : une moitié vient de la dotation fédérale, l'autre moitié de programmes européens et de clients dans différents domaines. Vu les problèmes budgétaires en Belgique et dans toute l'Union européenne, la contribution de l'Etat fédéral ne devrait pas fortement augmenter dans le futur. Par conséquent, il est clair que nous devons, plus qu'auparavant, pouvoir seuls à nos propres besoins.

Quel pourcentage avez-vous en tête ?

Christian Legrain : Le pourcentage restera vraisemblablement au même niveau, mais n'oubliez pas que notre personnel est passé de 600 à 712 collaborateurs (680 ETP), plus une septantaine de doctorants. Ce qui alourdira notre structure de coûts. Nous restons dépendants de l'Etat pour 45 à 55 %, mais le grand projet MYRRHA a changé la donne. Le SCK•CEN a recruté du personnel supplémentaire et la phase de conception actuelle implique des investissements plus importants. Bien entendu, nous recevons toujours une aide de l'Etat fédéral pour MYRRHA, comme c'était prévu pour la période 2010-2014. L'ensemble du projet (conception et investissement) est soutenu à raison de 40 % par le fédéral. Le reste, nous devons le trouver ailleurs. Et cela représente un montant considérable. C'est pourquoi nous nous employons depuis quelques années déjà à forger des partenariats internationaux. Nous espérons pouvoir concrétiser ce consortium international dans les 18 prochains mois.

Les investissements sont donc si lourds ?

Christian Legrain : Le budget total du SCK•CEN s'élève à 125 millions d'euros par an. Nos revenus comprennent des aides publiques, des revenus récurrents et d'autres revenus provenant, par exemple, de projets ou de clients. Il faut à présent trouver un bon équilibre entre les revenus récurrents et les autres. Dans ce volet 'autres revenus', le SCK•CEN est confronté pour la première fois de son existence à des investissements en forte hausse. De 2003 à 2008, nos investissements annuels sont passés de 3 à 5 millions d'euros. Ces cinq dernières années, ils ont doublé pour atteindre 10 millions d'euros et pour les trois à six années à venir, nos investissements se montent à plus de 20 millions par an. Soit un montant qui, une nouvelle fois, fait plus que doubler !

Quels sont concrètement les investissements des années à venir ?

Christian Legrain : Il y a d'abord et avant tout le projet MYRRHA, dont j'ai déjà parlé. Ensuite, il y a la grande révision du réacteur BR2 (voir page 41). Pour garantir toutes les conditions d'un fonctionnement optimal, nous devons investir 20 à 25 millions d'euros dans les deux ans. Pour y arriver financièrement, nous allons faire intervenir une tierce partie d'ici quelques mois. C'est un changement radical par rapport au modèle financier du passé. Ce partenaire investira dans le projet et sera remboursé lorsque le BR2 aura dix ans de fonctionnement.

Ensuite, il y a la sûreté et la sécurisation : nous devons investir dans la sécurisation, car c'est une exigence de la société à l'égard des sites nucléaires. Nous espérons que cet investissement – 21 millions d'euros – sera financé par les pouvoirs publics. La protection contre le terrorisme est en effet de leur ressort. Mais aujourd'hui, je ne vois encore se préciser qu'un financement partiel.

Autre investissement au programme : depuis Fukushima, une série de 'stress tests' sont imposés aux centrales nucléaires au niveau européen. En Belgique, le SCK•CEN est lui aussi obligé de prouver qu'il satisfait aux exigences supplémentaires. Nous avons préparé un plan à cet effet, dont le coût s'élève à 11 millions d'euros. À ce jour, nous ne savons pas encore dans quelle mesure le pouvoir fédéral le financera.



Enfin, nous devons nous pencher sur la situation de notre quartier résidentiel. Nous avons là une grande infrastructure sociale, héritage du passé. La gestion de ce patrimoine n'est pas notre mission première, mais nous devons faire une série d'investissements pour maintenir l'infrastructure à niveau. Nous recherchons à présent un partenaire qui aurait la concession pour l'exploitation. Un investissement dans le quartier sera récupéré sur une période de 20 à 30 ans.

Quelles sont les autres solutions dont vous disposez pour mener à bien tous ces investissements ?

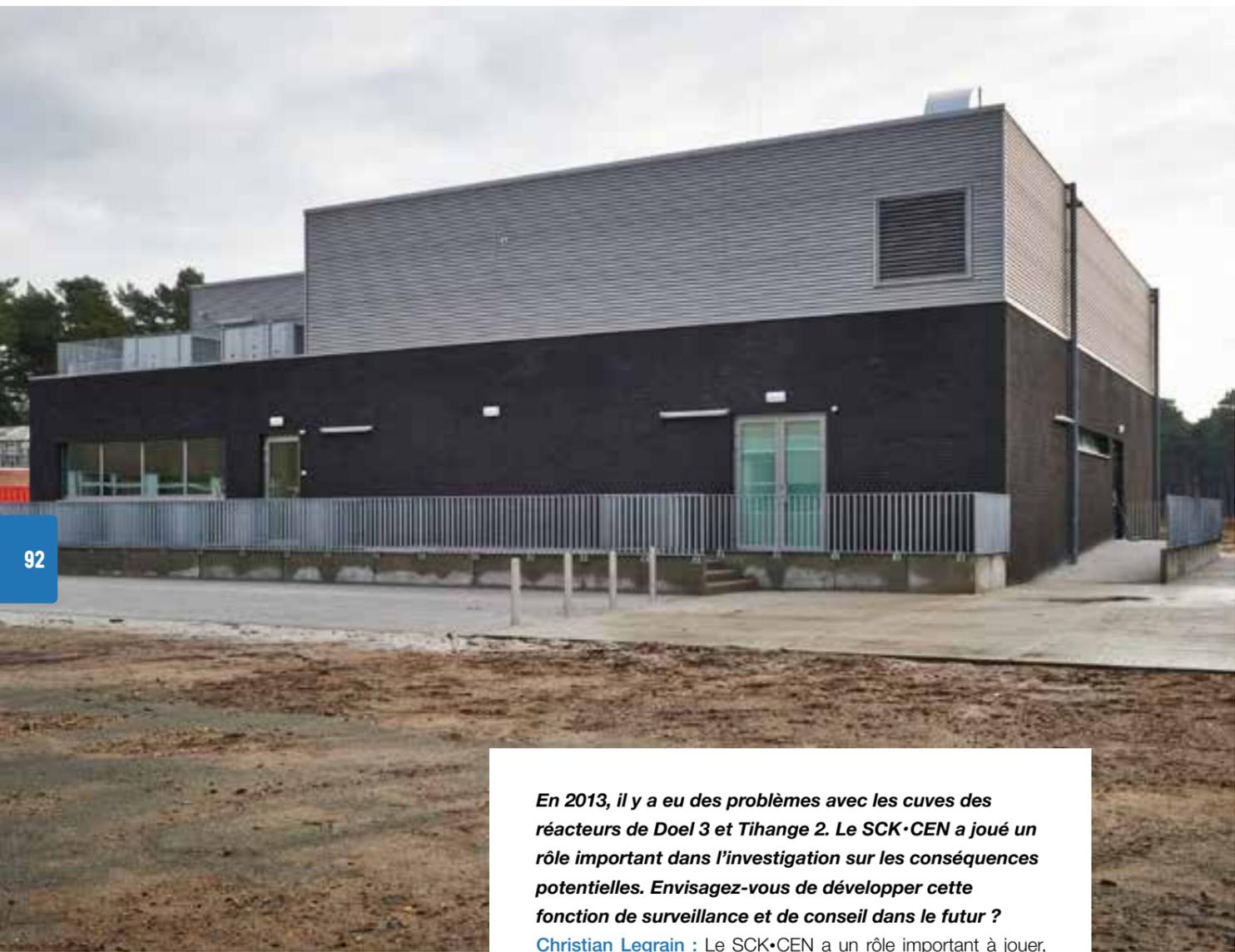
Christian Legrain : Nous allons encore intensifier la collaboration avec des partenaires. Nous allons aussi devoir créer une série de filiales ou de sociétés. Le financement de la révision du BR2 fera certainement office de test. Si tout se déroule comme prévu, nous devons transférer une partie des activités

“ Si grâce à notre propriété intellectuelle, il y a une possibilité de développer une spin-off à grande échelle, nous n'hésiterons pas. ”

commerciales dans une entreprise distincte qui est encore à créer. En tant que fondation d'utilité publique, le SCK•CEN a en effet l'Etat belge comme seul actionnaire. D'un autre côté, en tant qu'exploitant nucléaire, nous devons rester propriétaires de l'infrastructure.

Par ailleurs, nous avons une série de projets en chantier, petits et grands, pour lesquels nous devons déployer des activités dans un autre environnement. Nous sommes ainsi en contact avec une grande entreprise radiopharmaceutique. Une éventuelle collaboration nous ouvrirait un nouvel horizon, car nous devrions construire une nouvelle infrastructure. Avec un tel projet, nous espérons accroître nos revenus récurrents. Nous pouvons même rêver un jour apparaître sur le marché un médicament pour lequel nous percevrions des droits sur chaque produit vendu. Ce serait là aussi une première pour nous : des revenus récurrents basés sur notre R&D !

DoseVue en est un bel exemple : depuis trois ans déjà, plusieurs scientifiques développent une toute nouvelle technique dans le domaine de la lutte contre le cancer (voir page 83). Ils font cela non pas à Mol, mais à Hasselt.



En 2013, il y a eu des problèmes avec les cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2. Le SCK•CEN a joué un rôle important dans l'investigation sur les conséquences potentielles. Envisagez-vous de développer cette fonction de surveillance et de conseil dans le futur ?

Christian Legrain : Le SCK•CEN a un rôle important à jouer, non seulement au niveau de la prévention mais aussi lors d'incidents nucléaires potentiels. Le *know-how* que nous avons accumulé sera alors très précieux. Nous l'avons d'ailleurs prouvé clairement dans le cadre de l'examen des cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2 (voir page 45). Pour ce qui est de proposer une solution, nous sommes parmi les meilleurs au monde. Les producteurs d'énergie apprécient notre connaissance et notre expérience. Ils ont donc décidé de soutenir financièrement le SCK•CEN pour préserver notre expertise et nos infrastructures. Une garantie aussi de conserver ce *know-how* exceptionnel en Belgique.

Pourquoi cet autre environnement ? Parce que l'activité ne fait pas partie du *core business* du SCK•CEN, mais fait suite à nos recherches. Si le projet, avec l'aide de tierces parties, arrive d'ici huit ans en phase de production, on parlera alors de centaines de millions. Dès lors, si grâce à notre propriété intellectuelle il y a moyen de développer une spin-off à grande échelle, nous n'hésiterons pas.

« Allez-y, sans hésiter ! »

Des collaborateurs évoquent leur vie et leur travail au SCK•CEN dans des vidéos

« Un travail qui n'a rien de routinier, dans une bonne ambiance et où on apprend sans arrêt de nouvelles choses. Vous aussi, vous avez cette possibilité. Alors il faut y aller, résolument. Saisir cette opportunité à pleine main. Sans hésiter ! » Dans l'un des reportages diffusés sur le site web du SCK•CEN, Greet Verstrepen, laborantine en spectrométrie gamma, évoque avec enthousiasme son travail au Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire.

Les ingénieurs, informaticiens et techniciens ont parfois du mal à atteindre le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire. Non pas en raison de sa situation en pleine Campine, au fin fond des bois, mais tout bonnement parce qu'ils ignorent que le SCK•CEN peut s'avérer être pour eux un employeur intéressant.

Franchir le fossé

On n'aime que ce que l'on connaît. Les candidats n'ont pas toujours conscience

des opportunités que leur offre le SCK•CEN, tant sur le plan professionnel que privé. Le service Ressources Humaines s'efforce donc d'améliorer la notoriété du Centre auprès des ingénieurs, informaticiens et techniciens en faisant du SCK•CEN une marque attrayante en tant qu'employeur, ce qu'on appelle dans le jargon *l'employer branding*. Le service s'est inspiré des témoignages vidéo que l'on trouve sur les sites de grandes entreprises. Il s'agit souvent de courts témoignages de collaborateurs saisis sur le vif. Une excellente manière de faire mieux connaître le travail au SCK•CEN aux candidats potentiels.

Cinq vidéos

À ce jour, cinq vidéos ont ainsi été montées, mettant en scène deux ingénieurs, un collaborateur ICT, un scientifique et une laborantine. La caméra les a suivis durant leur travail pour lever un voile sur leur quotidien. Quel est leur environnement de travail ? Comment se présente une journée de travail type ? Quels sont les aspects de l'organisation qu'ils apprécient ? À travers ces témoignages spontanés, les nombreux atouts du SCK•CEN apparaissent clairement : un personnel très diversifié, des défis scientifiques et un bel équilibre entre travail et vie privée.

Davantage de candidatures

Le SCK•CEN utilise ces vidéos sur son propre site web, lors de bourses à l'emploi, ainsi que sur des sites où les postes vacants sont proposés. L'une de ces vidéos vous inspire ? Toute candidature peut être introduite via une adresse e-mail centrale sur les pages d'offres d'emploi du site web : jobs@sckcen.be.



www.sckcen.be/jobs

Consulter un article scientifique en un clic de souris

Le nouveau logiciel de bibliothèque met le savoir à portée de main



“ La conversion des données de *Biblios* vers *Brocade* a demandé un effort considérable mais permettra d'épargner une masse de travail dans le futur. ”

La collection du SCK•CEN était gérée avec *Biblios*, un système bibliothécaire numérique qui remontait au siècle dernier. Le remplacement de ce système, qui avait atteint ses limites, s'imposait d'urgence. Le SCK•CEN s'est donc mis à la recherche d'un nouveau logiciel permettant de gérer plus facilement la collection actuelle. Après une prospection du marché, le choix s'est porté sur l'entreprise Cipal de Geel, laquelle a installé le logiciel bibliothécaire *Brocade*, développé à l'Université d'Anvers.

Dans la collaboration avec Cipal, le premier défi consistait à structurer les données contenues dans *Biblios*. Les données antérieures étaient fortement déstructurées, en raison notamment d'erreurs humaines dues à l'encodage manuel des données. Il était donc indispensable de convertir le tout correctement dans le nouveau système. Cette conversion représentait un effort considérable, mais était indispensable pour épargner au SCK•CEN une masse de travail dans le futur.

Gérer les abonnements

Dans *Brocade*, il est tout à fait possible de gérer les abonnements, notamment aux revues. Ceci réduira sensiblement la charge de travail, car bon nombre d'opérations sont automatisées. Le système génère ainsi quotidiennement une liste des exemplaires d'abonnements à recevoir, ce qui permet une distribution rapide. Dans *Brocade*, tout le monde peut consulter l'ensemble de la collection et des abonnements. En utilisant le moteur de recherche, chacun peut voir d'emblée toutes les possibilités de recherche et tous les résultats pour la bibliothèque entière. Une meilleure structure qui apporte donc plus de clarté.

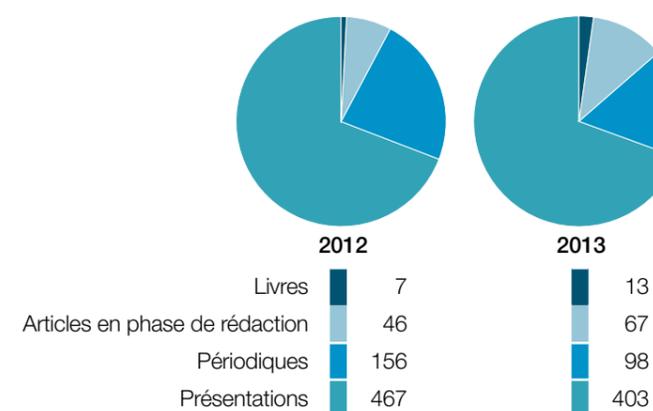
Nouveau front office

Pour rapprocher visuellement les données de l'utilisateur final, un nouveau *front office* numérique a été créé. Une recherche dans le catalogue de livres et de revues se fait à présent en un clin d'œil. De plus, le *front office* permet de consulter des articles et des livres qui ne font pas partie de la collection du SCK•CEN. Il est également possible d'effectuer des recherches dans d'autres bases de données via différents liens, par exemple *Web of Knowledge* (base de données de publications scientifiques) ou NBN (spécialement pour les normes, avec une collection de normes propre au SCK•CEN). Enfin, toutes les publications scientifiques des collaborateurs du SCK•CEN – le *Scientific Output* – peuvent être consultées, et les chercheurs peuvent ajouter eux-mêmes de nouvelles publications.

Encore plus de possibilités de recherche

L'installation du nouveau logiciel et la conversion des données existantes étant à présent terminées, le SCK•CEN s'efforce d'étendre encore les possibilités de recherche. Grâce notamment au module *linksource*. Celui-ci permettra à l'utilisateur final d'effectuer des recherches dans différentes bases de données et de vérifier si sa propre bibliothèque est abonnée à une revue déterminée. Le SCK•CEN dispose-t-il d'un abonnement numérique ? Si oui, l'utilisateur peut directement télécharger l'article. Dans le cas contraire, il peut utiliser un formulaire en ligne pour demander l'article. Tout cela en un clic de souris, ce qui – à l'instar de tout le système de bibliothèque – constitue un fameux pas en avant.

Output scientifique



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.

2013

Une année exceptionnelle

L'année 2013 fut exceptionnelle à plusieurs égards. Malgré une série de défis internes et de projets nécessitant des budgets importants, le SCK•CEN a réalisé un chiffre d'affaires total de 79,3 MEUR (revenus propres), soit une progression de 31,3 MEUR par rapport à 2012. Cette augmentation est due, dans une large mesure, à un cycle supplémentaire dans le réacteur BR2 afin d'assurer l'approvisionnement en radio-isotopes médicaux, à de nouveaux essais de matériaux et analyses pour les réacteurs de Doel 3 et Tihange 2, à des études portant sur des produits radiopharmaceutiques et à des missions scientifiques complémentaires.

Résumé du bilan social 2013

Nombre de travailleurs au 31 décembre 2013

	plein temps	temps partiel
Contrat à durée indéterminée	563	77
Hommes	505	51
Femmes	127	29
Travailleurs entrés en fonction	71	0
Travailleurs ayant quitté leur fonction	60	5
Nombre moyen de travailleurs	624	82
Total	632	80

Bilans comparés (en millier d'EUR)

Actif	31/12/13	31/12/12
Immobilisations incorporelles	4 910	3 499
Immobilisations corporelles	33 303	29 614
Immobilisations financières	6 197	6 182
Créances à plus d'un an	216	0
Stocks, commandes en cours d'exécution	29 190	19 842
Créances à un an au plus	37 786	33 133
Placements de trésorerie	21 865	31 039
Valeurs disponibles	79 392	48 546
Comptes de régularisation	3 243	3 191
Total	216 102	175 046

Passif	31/12/13	31/12/12
Fonds social	49 818	45 094
Provisions pour risques et charges	113 563	93 240
Dettes à plus d'un an	0	0
Dettes financières	0	0
Dettes commerciales	22 246	8 664
Acomptes reçus	19 996	18 896
Impôts, rémunérations et charges sociales	7 674	7 145
Autres dettes	9	28
Comptes de régularisation	2 796	1 979
Total	216 102	175 046



Si l'on ajoute les dotations et subsides de l'Etat fédéral, les revenus (produits) ont atteint un total de 147,29 MEUR. Ce montant comprend également les produits financiers et autres, comme la réduction du précompte professionnel pour les chercheurs.

Les charges totales ont atteint 147,96 MEUR en 2013, soit une augmentation de 29,34 MEUR. Le SCK•CEN a réalisé un résultat pratiquement à l'équilibre de -674 kEUR, par rapport à une perte de 4,6 MEUR en 2012.

Le poste *Achats et Services*, qui représente 35 % du total des charges, a augmenté de 17 % pour s'établir à 51,58 MEUR, en raison notamment de la hausse des frais liés aux déchets. Les autres *Achats et Services* sont restés au même niveau qu'en 2012.

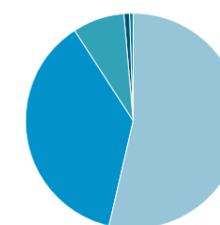
En 2013, les frais de personnel ont représenté 47 % du total des charges (contre 55,5 % en 2012). L'effectif s'est encore élargi, avec



un total de 712 membres du personnel fin 2013. Les frais de personnel ont augmenté de 3,1 MEUR pour s'établir à 68,9 MEUR.

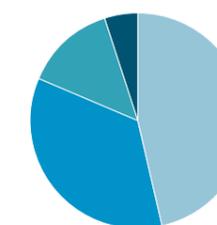
Le SCK•CEN contracte chaque année une série d'engagements pour quatre ans avec diverses universités belges pour la recherche doctorale. Ceci concerne actuellement quelque 65 doctorats, pour lesquels les engagements en cours s'élèvent à 6,03 MEUR pour les quatre années à venir. Le SCK•CEN prend en charge la plus grande part de ce montant. Le reste provient de sources externes comme l'industrie, le FWO (Fonds Wetenschappelijk Onderzoek) et des programmes-cadres européens.

Recettes 2013 (en millier d'EUR)



Chiffre d'affaires	79 298
Dotation fédérale, subsides en capital	54 570
Autres	11 402
Produits financiers	1 492
Produits exceptionnels	524
Total	147 286

Charges 2013 (en millier d'EUR)



Rémunérations	68 912
Achats, services	51 584
Provisions	20 323
Amortissements	7 141
Total	147 960
Transfert aux fonds affectés	0
Résultat	-674

En 2013, le SCK•CEN a constitué des provisions de 22,8 MEUR pour les dépenses à prévoir dans les années à venir. Sur les provisions existantes, 2,5 MEUR ont été dépensés. Les nouvelles provisions concernent principalement des dépenses prévues pour la sécurisation du site, pour des adaptations de prix concernant le traitement des déchets, pour le démantèlement de l'installation de sodium dans l'attente d'une décision positive par A.R., et pour de grands travaux d'entretien.

Le niveau exceptionnellement élevé des revenus propres en 2013 s'explique par une augmentation des valeurs disponibles de 21,7 MEUR. Fin 2013, les valeurs disponibles représentaient 47 % du total du bilan et les provisions 52,5 %. Le capital d'exploitation a diminué de 1,9 MEUR en 2013, ce qui a également contribué à l'amélioration de la trésorerie. Les fonds propres s'élèvent à 49,8 MEUR, soit 23 % du bilan total.

En 2013, le SCK•CEN a investi pour un total de 12,2 MEUR, principalement dans la rénovation de bâtiments, dans des travaux d'infrastructure et dans MYRRHA. Il y a eu par ailleurs des investissements de remplacement pour les installations et pour la protection et la sécurité, notamment un nouveau véhicule pour le service incendie.

Dans les prochaines années, le SCK•CEN prévoit d'importants investissements pour la rénovation du réacteur BR2, la réalisation de MYRRHA et la poursuite de la rénovation de bâtiments. Dans un futur proche, la sécurisation physique du site fera également l'objet d'investissements supplémentaires, conformément aux résultats du test de résistance et des normes renforcées pour la sécurisation des installations nucléaires.

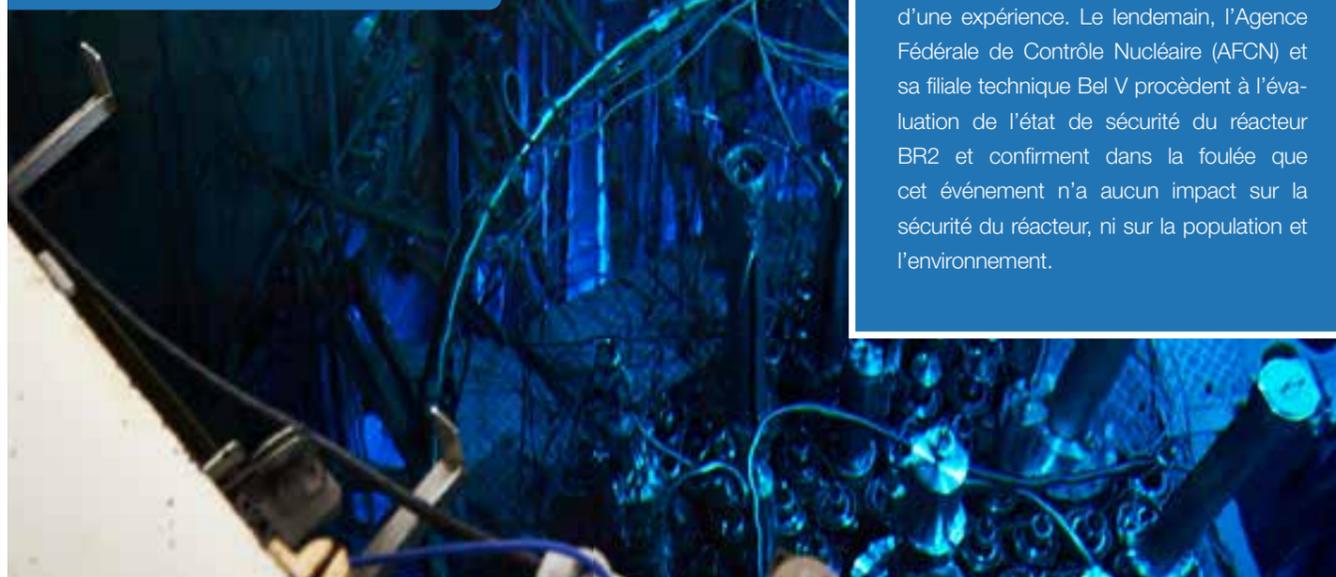
2013 en bref



AVRIL

Le SCK-CEN assure temporairement près de 50 % de la demande mondiale de radio-isotopes médicaux

Le réacteur BR2 assure un cycle supplémentaire pour la production de radio-isotopes destinés à la médecine nucléaire, afin de garantir l'approvisionnement des hôpitaux belges et étrangers. Sur base annuelle, le SCK-CEN fournit 25 % des besoins mondiaux en molybdène 99, un radio-isotope dont est extrait le technétium 99m dans les hôpitaux. Ce dernier est utilisé dans 80 % des examens médicaux à base de radio-isotopes. Durant les périodes de pics, le réacteur BR2 peut répondre à 65 % de la demande sur base hebdomadaire.



AOÛT

Le réacteur BR2 redémarre après le feu vert de l'AFCN et de Bel V

Le 13 août, le réacteur BR2 est mis hors service de manière préventive et maintenu en toute sécurité dans un état stable. Une action prise suite à une perte de pression constatée dans une conduite utilisée pour le refroidissement complémentaire d'une expérience. Le lendemain, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) et sa filiale technique Bel V procèdent à l'évaluation de l'état de sécurité du réacteur BR2 et confirment dans la foulée que cet événement n'a aucun impact sur la sécurité du réacteur, ni sur la population et l'environnement.



Le SCK-CEN signe un accord de coopération avec l'Université de Fukushima

Le 29 août, le SCK-CEN et l'Université de Fukushima signent un accord de coopération, en présence de l'ambassadeur japonais Mitsuo Sakaba. Cette étroite collaboration se concentrera principalement sur l'étude du transfert des radionucléides du sol vers les plantes et sur les techniques de remédiation pour tenter de réduire ce transfert.

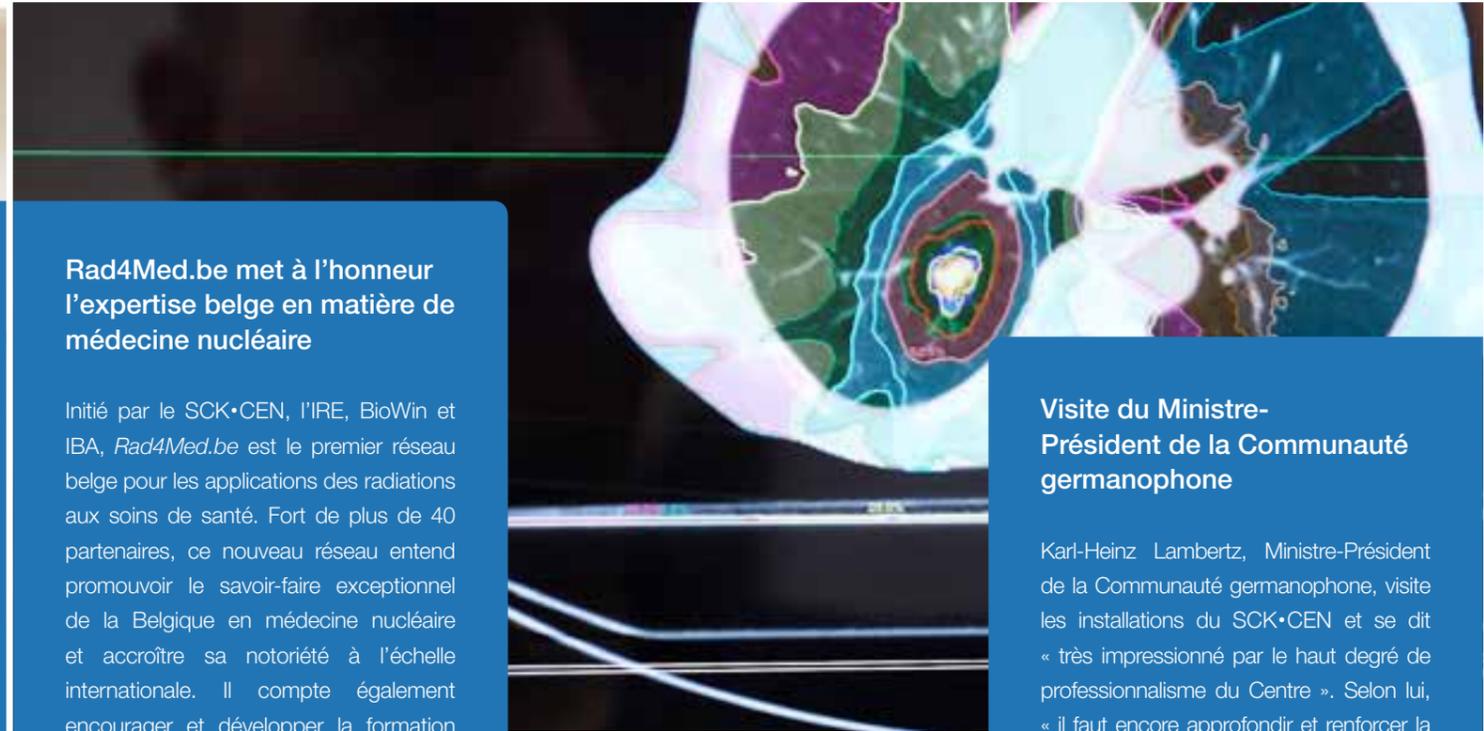




OCTOBRE

GDF SUEZ investit 12,5 millions d'euros dans des projets de recherche du SCK•CEN

GDF SUEZ et le SCK•CEN signent un accord de collaboration en recherche et développement. Ce dernier donne suite à la coopération initiée en 2007 qui s'inscrit dans la volonté de GDF SUEZ et du SCK•CEN de maintenir la recherche belge à un niveau d'excellence internationale. D'une durée de cinq ans et d'une valeur de 12,5 millions d'euros, ce nouvel accord permettra de garantir en moyenne l'emploi de 15 chercheurs.



Rad4Med.be met à l'honneur l'expertise belge en matière de médecine nucléaire

Initié par le SCK•CEN, l'IRE, BioWin et IBA, *Rad4Med.be* est le premier réseau belge pour les applications des radiations aux soins de santé. Fort de plus de 40 partenaires, ce nouveau réseau entend promouvoir le savoir-faire exceptionnel de la Belgique en médecine nucléaire et accroître sa notoriété à l'échelle internationale. Il compte également encourager et développer la formation d'experts et continuer ainsi à créer de l'emploi.

Largement relayées dans la presse nationale, les activités de Rad4Med.be ont également été mises à l'honneur lors de la première mission économique de la Princesse Astrid en Afrique du Sud. « Notre présentation de Rad4med.be a reçu ici un écho formidable », s'enthousiasme Eric van Walle, directeur général du SCK•CEN. « On ignore trop souvent à quel point la Belgique joue un rôle de pionnier dans le domaine de la médecine nucléaire et ô combien ce secteur est crucial pour faire face aux nombreux défis futurs de santé publique. Notre pays doit impérativement continuer à investir dans la recherche et l'innovation afin de conserver sa position de leader mondial en médecine nucléaire. »



Visite du Ministre-Président de la Communauté germanophone

Karl-Heinz Lambertz, Ministre-Président de la Communauté germanophone, visite les installations du SCK•CEN et se dit « très impressionné par le haut degré de professionnalisme du Centre ». Selon lui, « il faut encore approfondir et renforcer la connaissance détenue ici. A l'avenir, de nombreuses autres applications de cette technologie verront le jour, des applications cruciales tant pour le secteur de l'énergie que pour les autres domaines. Grâce au SCK•CEN, la Belgique dispose d'un élément très fort. »



Le CERN et le SCK•CEN unissent leurs forces pour développer des accélérateurs de particules

Le SCK•CEN et l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN) décident de collaborer étroitement dans le développement d'accélérateurs de particules de haute intensité. Basé à Genève, le CERN fait figure d'autorité mondiale en matière d'accélérateurs. Au travers de nombreux partenariats belges et européens, le SCK•CEN a quant à lui bâti une véritable expertise dans le domaine de la technologie des systèmes pilotés par accélérateurs, en particulier autour de l'amélioration de la fiabilité du faisceau de protons des accélérateurs à haute puissance. Dans le cadre de cet accord de coopération, le SCK•CEN peut désormais faire appel à l'infrastructure de pointe du CERN. Les deux instituts de recherche se sont également engagés à s'échanger des équipes de chercheurs.





SCK • CEN
STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

l'essentiel
2013

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

Erik Dams, erikdams.com
Groupe d'expertise Communication

Graphisme

Annelies Van Calster
leftlane.be

Photographie

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

Impression

Drukkerij Van der Poorten
Leuven

Copyright © 2014 – SCK • CEN

Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d'auteur (2014). Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite préalable du SCK • CEN.

2013

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 coeur.



La marque de la gestion forestière responsable.



Imprimé avec des encres 100 % biologiques.



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