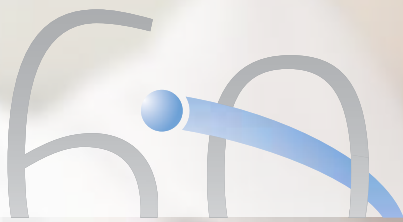


# SCK•CEN

Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire



60 ans d'expérience  
en science et technologie nucléaire

SCK•CEN

Rédaction

SCK•CEN, Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

SCK•CEN

# SCK•CEN

## Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

---

Avant-propos	5
1. SCK•CEN: le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire	6
2. Radioprotection: un souci pour l'homme et pour l'environnement	10
3. Innovation technologique: rendre possible ce qui a priori ne l'est pas	12
4. Sûreté nucléaire: contrôler le présent, sécuriser l'avenir	15
5. Déchets radioactifs et démantèlement: à la recherche de solutions durables	17
6. Un large éventail de possibilités allant de la technologie aux services basés sur la science	20
7. Formation et training: transmettre la connaissance	22
8. Collaboration internationale: la recherche par-delà les frontières	24
9. Forts de 60 ans d'expérience, préparons l'avenir	25



# Avant-propos

---

La recherche au SCK•CEN concerne depuis près de 60 ans un large éventail de domaines: science des matériaux nucléaires, systèmes nucléaires avancés, environnement, santé et sûreté. Cependant, aussi variées que soient nos activités, elles ont un point commun: elles sont toutes au service de la société. Nous contribuons à la sûreté des installations nucléaires, à la protection radiologique de l'homme et de l'environnement ainsi qu'à la gestion à court et à long terme des déchets radioactifs.

La durabilité est essentielle dans le monde d'aujourd'hui et de demain. C'est pourquoi le SCK•CEN vise à trouver des solutions dans cette optique; solutions au niveau des nouveaux réacteurs, de la fusion nucléaire et des applications énergétiques renouvelables. La recherche, l'innovation et la technologie nucléaire avancée sont nos mots-clés.

Le SCK•CEN conçoit des installations nucléaires de pointe comme MYRRHA: une machine d'irradiation multifonctionnelle et expérimentale qui, de diverses manières, servira d'appui au développement de technologies durables. Grâce à MYRRHA, nous pourrions examiner comment convertir des déchets radioactifs de longue durée en déchets plus rapidement dégradables. Début 2010, les autorités belges ont décidé de financer ce projet international d'avant-garde. Un peu plus d'une année plus tard, le SCK•CEN a réalisé une prouesse mondiale avec la construction d'un système nucléaire piloté par un accélérateur de particules: une étape significative dans le développement de MYRRHA.

Mais notre champ de vision ne se limite pas à la recherche scientifique et technologique. Nos réalisations offrent des solutions sur mesure à l'industrie, au secteur médical et aux instances gouvernementales. Nous produisons un quart de la production mondiale des radio-isotopes destinés à la médecine nucléaire et sommes spécialisés dans l'irradiation de silicium pour des composants électroniques de véhicules hybrides, éoliennes et panneaux solaires.

Notre intérêt pour la dimension sociale et l'éthique dans les applications nucléaires témoigne de l'implication du SCK•CEN dans la société.

Bonne lecture.

Eric van Walle  
Directeur général

## SCK•CEN: le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

---

### 60 ans d'expérience

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire a vu le jour en 1952 et a ainsi permis au monde universitaire et industriel belge d'avoir accès au développement mondial de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques. Depuis sa création et grâce à un travail innovateur, le SCK•CEN a joué un rôle de pionnier dans le domaine de la science et de la technologie nucléaire.

Grâce à ses laboratoires installés à Mol et à son siège social établi à Bruxelles, il constitue aujourd'hui l'un des plus importants centres de recherche belges. Près de 700 personnes s'investissent dans le développement d'applications industrielles et médicales des rayonnements ionisants. Notre objectif: une excellence permanente dans l'expertise et la recherche nucléaire.

### Recherche fondamentale et appliquée

Le SCK•CEN effectue de la recherche fondamentale et appliquée de haut niveau scientifique et dans un contexte international. Les études réalisées dans des domaines nucléaires indispensables à la société d'aujourd'hui et de demain, constituent notre activité principale. Nous contribuons ainsi à améliorer la sûreté et l'efficacité des installations nucléaires, nous cherchons des solutions pour gérer les déchets radioactifs et nous élaborons des techniques pour démanteler des installations nucléaires. La protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants constitue par ailleurs un autre grand domaine de recherche.

### Trois instituts scientifiques

- L'Institut "Science des Matériaux nucléaires" mène des recherches relatives aux matériaux et combustibles utilisés dans les installations nucléaires actuelles et futures.
- L'Institut "Systèmes nucléaires avancés" développe les connaissances relatives aux aspects technologiques de réacteurs nucléaires innovants et dessine, construit et exploite des dispositifs expérimentaux dans le cadre de différents projets. Il apporte en outre son soutien à l'industrie nucléaire ainsi qu'aux autorités au niveau national et international.
- L'Institut "Environnement, Santé et Sûreté" étudie le comportement des matières radioactives dans la biosphère (air, cours d'eau, sols, plantes,...), dans la géosphère (couches d'argile en sous-sol, nappe phréatique,...) et évalue les effets des rayonnements sur l'homme et l'environnement. L'institut fait également de la recherche sur l'enfouissement des déchets radioactifs, le démantèlement d'installations nucléaires et les aspects sociétaux de la technologie nucléaire.

Ces instituts scientifiques bénéficient du soutien de l'institut regroupant les services généraux et l'administration qui coordonne notamment les activités de formation.

## La recherche dans une optique durable

Notre devise “la recherche dans une optique durable” résume parfaitement notre mission. Problématique de l'énergie au niveau mondial, sûreté des installations nucléaires et technologies innovantes: le SCK•CEN aborde ces matières en gardant à l'esprit la durabilité. Nous contribuons ainsi à une société viable, pour les générations actuelles et futures.

Nos recherches dans le domaine des matériaux de réacteurs et des combustibles nucléaires sont essentielles pour assurer au mieux la sûreté des centrales nucléaires dans les prochaines décennies. Notre expertise vise également le démantèlement d'installations nucléaires et l'évacuation en toute sécurité des déchets, en surface et dans le sous-sol. Nous menons par ailleurs des recherches innovantes pour élaborer des réacteurs qui utilisent plus efficacement le combustible et qui génèrent moins de déchets. Grâce à l'expertise du SCK•CEN, la technologie de la fusion nucléaire avance dans le domaine des matériaux de réacteurs. La fusion permettra de produire l'énergie durable à l'avenir.

Le SCK•CEN conçoit des installations nucléaires de pointe, comme le système MYRRHA: une machine d'irradiation multifonctionnelle et expérimentale pour la production de radio-isotopes et de silicium dopé. MYRRHA contribuera également à l'étude des matériaux de réacteurs de fission de la génération future et à l'étude du concept de la transmutation pour convertir les déchets radioactifs de longue demi-vie en déchets à durée de vie plus courte et de faible toxicité.



## BR1: réacteur de recherche de la première heure

Le Belgian Reactor 1 ou BR1 est le plus ancien réacteur de recherche de Belgique. Opérationnel depuis 1956, il s'agit d'un réacteur refroidi par air, modéré au graphite et fonctionnant à l'uranium naturel. Le BR1 est un réacteur de test flexible qui permet notamment de calibrer des appareils de mesure. Le réacteur est mis à la disposition des centres de recherche, des universités et de l'industrie; il joue un rôle important dans la formation de scientifiques et d'ingénieurs.



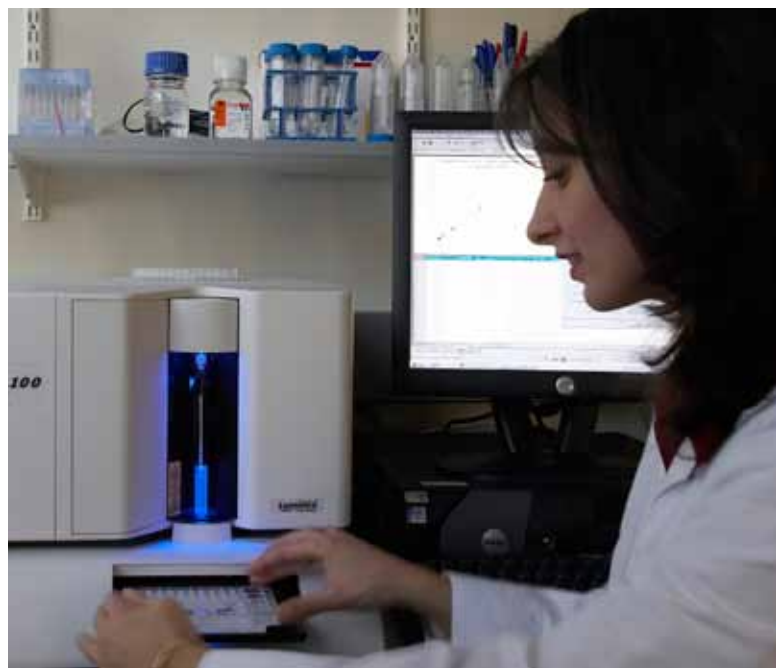
## Une approche responsable de la société

En tant que fondation d'utilité publique, les aspects sociétaux sont essentiels pour le SCK•CEN. Nos connaissances visent au bien-être de la société en général: de la population, du gouvernement, de l'industrie et de la recherche.

Par notre expertise en radioprotection, nous sommes particulièrement bien placés pour donner des conseils quant à la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants. Nous produisons les radio-isotopes nécessaires à l'imagerie médicale, au traitement du cancer et à des applications industrielles spécifiques. Le SCK•CEN est également spécialisé dans l'irradiation de silicium pour des semi-conducteurs utilisés dans des applications à haute puissance, comme les véhicules hybrides et trains à grande vitesse, mais aussi les panneaux solaires et les éoliennes productrices d'électricité verte.

En sciences, il s'agit de rassembler et de partager ses connaissances. Le SCK•CEN n'est pas seulement un centre de recherche réputé, c'est aussi un centre de formation et de training reconnu internationalement, qui contribue substantiellement à améliorer les compétences des futurs scientifiques et experts. A cette fin, nous collaborons avec le monde universitaire, l'industrie et les autorités. Nous transmettons également notre vision et notre expertise au grand public. Nous élargissons de cette manière, notre soutien à la recherche dans le domaine des applications nucléaires et stimulons une culture de débat.

Quels que soient les choix futurs, la sûreté nucléaire, la protection radiologique et le dépôt des déchets radioactifs resteront des sujets de préoccupation. C'est pourquoi le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire aborde des thèmes tels que le développement durable, la perception du risque, la communication et l'éthique intergénérationnelle. Le SCK•CEN joue la transparence et veut stimuler l'esprit critique à propos de la technologie nucléaire.



## 2

# Radioprotection: un souci pour l'homme et pour l'environnement

---

Les rayonnements ionisants peuvent être nocifs. Le SCK•CEN contribue à assurer la sécurité des hommes et de l'environnement. Nous étudions comment la radioactivité se répand dans la biosphère (air, cours d'eau, sols, plantes,...), dans la géosphère (couches d'argile en sous-sol, nappe phréatique,...) et évaluons son impact sur l'homme et l'environnement.

[Nous mettons à profit notre expertise en matière de protection radiologique pour offrir des services et un soutien aux décideurs. Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire fournit des conseils et formule des recommandations pratiques aux entreprises nucléaires, au secteur médical, aux autorités et à l'Agence Internationale de l'Energie Atomique.](#)

Le SCK•CEN étudie les aspects sociétaux liés à la technologie nucléaire, en mettant l'accent sur la participation publique dans le processus décisionnel. Les recherches se concentrent sur trois domaines majeurs: la gestion des déchets radioactifs, les risques nucléaires et la gestion de l'énergie.

## Matières radioactives: dispersion et effets

Le SCK•CEN étudie le comportement des matières radioactives et élabore des modèles pour prévoir la dispersion des radionucléides, afin d'évaluer les conséquences d'une exposition pour l'homme et l'environnement. Nous étudions une large gamme de situations, allant du stockage des déchets à l'exploitation d'installations nucléaires, aux situations d'urgence et aux éléments radioactifs issus de la nature. Nous utilisons ces connaissances pour proposer des mesures afin de limiter l'impact du rayonnement et développons des techniques d'assainissement de l'environnement.

Quand un accident nucléaire se produit, il est capital d'étudier la dispersion des radionucléides et de prendre les mesures de protection appropriées. Au même titre que les autorités belges et l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN), le SCK•CEN est un acteur majeur de l'organisation du plan d'urgence belge. Nous disposons de laboratoires sophistiqués pour mesurer les rayonnements de toutes sortes de matières, des combustibles nucléaires aux échantillons prélevés dans l'environnement. Le SCK•CEN peut évaluer l'exposition externe et toute contamination interne. Nous continuons à améliorer ces méthodes, afin de déterminer avec encore plus de précision les doses dues à une exposition accidentelle.

Une gestion appropriée des combustibles nucléaires et des autres matières stratégiques s'impose pour prévenir le terrorisme nucléaire. Le SCK•CEN fait des recherches soutenant la non-prolifération, c'est à dire la prévention de la prolifération non contrôlée de matières nucléaires dans le monde.

## Les effets du rayonnement examinés à la loupe

La recherche radiobiologique multidisciplinaire est au cœur de la médecine nucléaire et de la radioprotection. Parmi de nombreuses autres activités dans ce domaine, le SCK•CEN étudie l'impact du rayonnement ionisant sur le développement de la vie et les effets sur la santé (cancer, cœur, vaisseaux sanguins,...). Nous tentons de comprendre les effets du rayonnement au niveau cellulaire et moléculaire afin de mieux cerner les risques éventuels des faibles doses. La sensibilité de l'homme et des mammifères aux rayonnements ionisants ainsi que la sensibilité individuelle aux rayonnements font également partie de nos préoccupations.

Par ailleurs, nous analysons l'impact sur la santé de l'imagerie médicale et de la radiothérapie. Nous concevons des modèles et des techniques de contrôle pour améliorer l'évaluation des doses. Ceci permet de réduire l'exposition des patients comme celle du personnel médical, sans avoir de répercussion sur les soins proprement dits. En raison de leur sensibilité extrême, une attention particulière est apportée au traitement des bébés et des enfants en bas âge. Nous développons de nouvelles méthodes permettant de déterminer la dose avec précision. Enfin, un contrôle est effectué sur les dosimètres des travailleurs du secteur nucléaire et médical.

A l'aide des plus récentes techniques en matière de biologie moléculaire, le SCK•CEN étudie les mécanismes de la sensibilité/résistance aux rayonnements des bactéries et des plantes. De cette manière, nous contribuons au développement d'un système de protection de la faune et de la flore contre les dégâts éventuels occasionnés par l'impact du rayonnement, et ce, éventuellement en combinaison avec des métaux lourds.

Le SCK•CEN étudie également l'impact du rayonnement cosmique sur l'homme, les bactéries et les végétaux dans le contexte de microgravité dans l'espace, et ce, en partenariat avec des organismes internationaux. En collaboration avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA), nous développons des systèmes biologiques pour purifier l'eau et recycler les déchets en oxygène et en aliments dans le cadre de missions spatiales de longue durée, par exemple vers Mars.



# 3

## Innovation technologique: rendre possible ce qui a priori ne l'est pas

---

Les recherches fondamentale et appliquée sont le moteur du progrès technologique. Le SCK•CEN participe au développement d'installations nucléaires expérimentales innovantes.

### Réacteurs de la quatrième génération: Gen IV

Le SCK•CEN teste des matériaux et des combustibles nucléaires destinés aux futurs réacteurs de la quatrième génération (Gen IV). Ces réacteurs nucléaires utilisent des combustibles de manière plus efficace et présentent de meilleures performances: pour une quantité identique de combustible, ils peuvent générer jusqu'à 50 fois plus d'électricité et réduire ainsi la quantité de déchets radioactifs.

### Système piloté par accélérateur: le prototype MYRRHA

Dans un contexte international, le SCK•CEN développe MYRRHA (Multipurpose hybrid Research Reactor for High-tech Applications), un dispositif d'irradiation expérimental et multifonctionnel. MYRRHA est le premier prototype de réacteur nucléaire du monde à être piloté par un accélérateur de particules. On appelle cette méthode "Accelerator Driven System" ou ADS, une technologie nucléaire très sûre et facilement contrôlable. Contrairement aux réacteurs classiques, les ADS tels que MYRRHA possèdent un cœur sous-critique qui rend le système très sûr. Dans un réacteur sous-critique, il n'y a pas assez de matière fissile pour entretenir la réaction en chaîne. Pour ne pas s'arrêter, le réacteur doit être "alimenté" en permanence. Dans la pratique, cela se fait grâce à une source externe de neutrons générée par un accélérateur. Couper l'accélérateur interrompt l'alimentation du réacteur. La réaction en chaîne s'arrête alors en une fraction de seconde et le réacteur est stoppé.



Le projet MYRRHA a débuté en 1997. Il devrait être totalement opérationnel vers 2023. Ce système offrira des services et des opportunités de formation à une nouvelle génération de scientifiques et d'ingénieurs. MYRRHA permettra d'étudier la transmutation des déchets nucléaires de longue vie en durée de vie plus courte. Cette transmutation réduit la quantité et la radiotoxicité des déchets; par là-même, le temps de stockage nécessaire des déchets passera de quelques centaines de milliers d'années à quelques centaines d'années.

MYRRHA remplacera à terme le réacteur BR2 pour la production de radio-isotopes et de silicium dopé. MYRRHA fournira également une contribution dans le domaine de la production d'une énergie durable, grâce au développement de matériaux et de combustibles pour des systèmes à fission novateurs et pour la technologie de la fusion. En outre, MYRRHA rendra possible la recherche fondamentale dans diverses disciplines scientifiques.

## De VENUS à GUINEVERE: une première mondiale

Le réacteur de recherche VENUS (Vulcan Experimental Nuclear System) fonctionne depuis 1964. Cette installation flexible a subi de nombreuses rénovations. A l'origine, VENUS a été installé pour étudier la configuration optimale des combustibles utilisés par divers réacteurs nucléaires. Grâce à sa flexibilité, on a pu simuler diverses compositions de combustibles.

En 2008, le SCK•CEN s'est lancé dans l'adaptation du réacteur VENUS en préparation du projet GUINEVERE, qui a été mis en route en 2010. GUINEVERE (Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead Venus Reactor) est développé comme un système nucléaire piloté par un accélérateur de particules ou ADS.

En 2011, le couplage de l'accélérateur au réacteur de recherche s'est déroulé avec succès: une première mondiale! Il s'agit d'un modèle réduit d'un système sous-critique constitué d'un cœur de réacteur au plomb, piloté par un accélérateur de particules. Une étape importante dans la recherche sur les ADS et la réalisation du projet MYRRHA.



## Fusion nucléaire: la technologie du futur?

On attend des réacteurs de fusion qu'ils soient encore plus sûrs et ne génèrent pas de déchets radioactifs de longue demi-vie, contrairement aux réacteurs à fission. De plus, le combustible (deutérium et tritium produits à partir du lithium tiré de l'eau de mer) est virtuellement inépuisable. C'est pourquoi cette technologie est considérée comme une source énergétique du futur.

Cependant, il reste des défis techniques et pratiques majeurs à surmonter. Pour l'instant, la technologie de la fusion relève encore de la fiction. Plusieurs partenariats internationaux travaillent en ce moment au développement de cette technologie. La construction du réacteur de fusion expérimental ITER à Cadarache (sud de la France) est l'un des principaux résultats de cette collaboration.

Le SCK•CEN étudie les effets du rayonnement sur les propriétés des équipements, de la robotique et des matériaux. Nous élaborons à la fois des méthodes pour recycler le combustible de la fusion nucléaire et limiter les déchets radioactifs. Les avancées technologiques qui sont notre spécialité tiennent également compte des aspects socio-économiques de la fusion nucléaire.

Par ailleurs, le Japon et l'Union européenne ont décidé conjointement de mettre sur pied une "broader approach" ou "approche élargie" sur la fusion nucléaire. Le but de cette dernière est de développer des technologies et d'effectuer de la recherche impossible à réaliser dans ITER, notamment en ce qui concerne les matériaux devant résister à un rayonnement intense et à des températures élevées.

La Belgique, avec le SCK•CEN en tant que coordinateur, participe à ce programme de R&D international à la pointe de la technologie. Sur la base de notre expertise dans la conception de dispositifs expérimentaux, des modules spécifiques sont développés pour une nouvelle installation d'irradiation de matériaux. Ce système fournira surtout des informations cruciales pour la construction de réacteurs à fusion commerciaux après ITER.

# 4

## Sûreté nucléaire: le présent sous contrôle et sécuriser l'avenir

### Tests de matériaux

Les rayonnements ionisants peuvent affecter les matériaux d'un réacteur, provoquer de petites fissures et affaiblir les composants. Pour étudier ces phénomènes, le SCK•CEN irradie des matériaux - dans des conditions extrêmes - dans le réacteur BR2. Les processus de détérioration et de vieillissement sont analysés dans notre Laboratoire de Haute et Moyenne Activité (LHMA). La composition des matériaux ainsi que les processus chimiques sont examinés dans des laboratoires spécialisés en radiochimie.

Sur la base des résultats de test, le SCK•CEN élabore des modèles pour prévoir l'évolution et la durée de vie des matériaux et combustibles nucléaires. Nous contribuons de la sorte au maintien des réacteurs nucléaires plus sûrs et plus efficaces pour produire de l'électricité.

Nous étudions également l'acier de cuve des réacteurs des centrales nucléaires belges et étrangères. Nos analyses démontrent que les cuves des réacteurs des centrales nucléaires belges ne sont pas encore en fin de vie. Il n'y a donc pas de raisons (scientifiques/techniques) de fermer les centrales après 40 ans d'exploitation.

### BR2: un des réacteurs de recherche les plus performants au monde

Le Belgian Reactor 2 ou BR2 est l'un des réacteurs les plus performants au monde. Depuis sa mise en route en 1962, ce réacteur de recherche sur les matériaux fonctionne à l'uranium, avec de l'eau pressurisée comme agent réfrigérant et modérateur.

Le BR2 joue un rôle de premier plan dans la recherche internationale visant le comportement des matériaux de réacteur. Dans le BR2, le SCK•CEN irradie du combustible et des matériaux destinés à divers types de réacteur ainsi qu'au programme européen de fusion nucléaire.

A l'échelle mondiale, le BR2 assure avec quatre autres réacteurs la production de 90 % des principaux radio-isotopes utilisés en médecine nucléaire à des fins diagnostiques et thérapeutiques. D'autres radio-isotopes sont utilisés dans l'industrie. On en retrouve, par exemple, dans les capteurs chargés de déterminer la densité et le taux d'humidité de différentes matières.

Du silicium est également irradié dans le BR2, ce qui permet d'obtenir un semi-conducteur de haute qualité, utilisé notamment dans les composants électroniques des véhicules hybrides, éoliennes et panneaux solaires.



## LHMA: propriétés des matériaux sous la loupe

Dans son Laboratoire de Haute et Moyenne Activité LHMA, le SCK•CEN étudie les matériaux de réacteur irradiés et les matières fissiles dans des cellules blindées, appelées cellules chaudes ou "hot cells". Ces cellules sont équipées de télémanipulateurs permettant de manipuler des éléments radioactifs à distance.

Au moyen d'instruments de recherche micro-structuraux, mécaniques et chimiques, nos chercheurs analysent les dégâts et le processus de vieillissement des matériaux sous l'effet des rayonnements ionisants. Grâce à ces données, il est possible de prévoir, par modèles mathématiques, le comportement et la durée de vie des matériaux. Ces recherches sont d'une importance essentielle pour évaluer correctement la longévité des réacteurs nucléaires.



## Qualification des combustibles

Pour qualifier les combustibles destinés aux centrales nucléaires, il faut vérifier qu'un nouveau type de combustible offre de bonnes performances dans des conditions normales et extrêmes. Le SCK•CEN contribue depuis de nombreuses années à l'amélioration constante du combustible nucléaire. Nous examinons les aiguilles combustibles en provenance de réacteurs nucléaires et effectuons des essais d'irradiation. Les combustibles sont ensuite analysés dans le Laboratoire de Haute et Moyenne Activité.

# 5

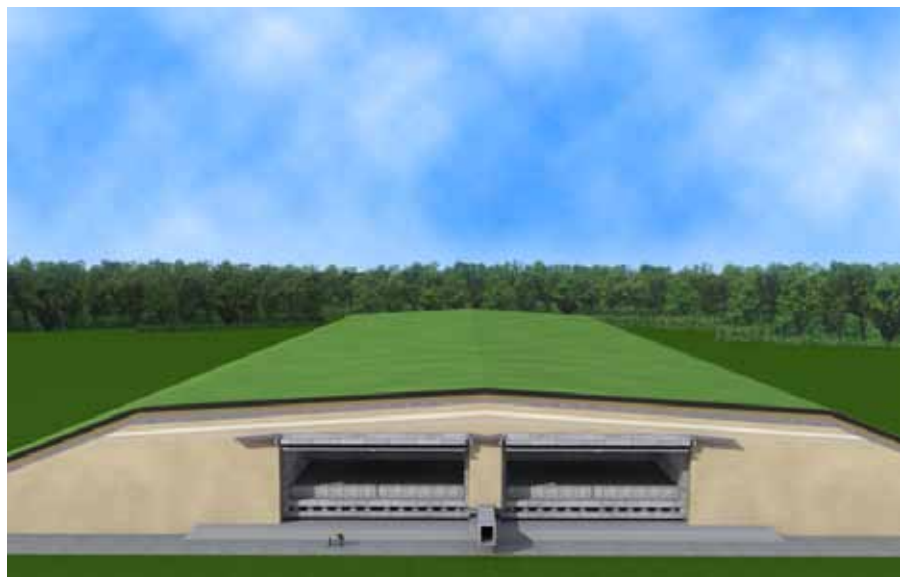
## Déchets radioactifs et démantèlement: à la recherche de solutions durables

---

### Stockage des déchets radioactifs

Dans la technologie nucléaire et ses différentes applications, les déchets radioactifs sont inévitables. En collaboration avec l'organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF), nous étudions comment stocker les déchets radioactifs de manière sûre. Nous élaborons et évaluons des solutions de dépôt en surface pour les déchets de faible activité et de dépôt en profondeur dans des couches d'argile pour les déchets de moyenne et de haute activité de longue durée de vie.

Le SCK•CEN soutient l'ONDRAF dans le cadre d'études sur le dossier de sûreté de l'installation de dépôt en surface des déchets de faible activité à Dessel. Nous examinons la performance de cette installation et évaluons la résistance à long terme de la construction en béton. La caractérisation et la modélisation des courants d'eaux souterraines sont également des sujets de préoccupation. Par ailleurs, nous testons des modèles de simulation de processus biologique, géologique et chimique.



## HADES: le dépôt géologique des déchets nucléaires

HADES, abréviation de “High Activity Disposal Experimental Site”, est le nom du dieu grec qui règne sur le royaume des morts, une appellation qui ne doit rien au hasard. Le laboratoire se trouve à 225 mètres de profondeur, sous le domaine du SCK•CEN, dans la couche d'argile de Boom. Le GIE EURIDICE (European Underground Research Infrastructure for Disposal of nuclear waste in Clay Environment), Groupement d'Intérêt Economique entre l'ONDRAF et le SCK•CEN, effectue des études de faisabilité du dépôt des déchets radioactifs dans la couche d'argile. Ce partenariat s'inscrit dans le cadre de programmes de recherche internationaux et conduit des expérimentations géologiques qui le situent en bonne place à l'échelle mondiale.

La construction du laboratoire HADES s'est effectuée en diverses étapes. Le creusement du premier puits d'accès a commencé en 1980. Les techniques d'excavation ont été perfectionnées au cours des phases suivantes et des méthodes ont été développées afin de limiter la perturbation de la couche d'argile. Au début de ce siècle, l'infrastructure a été pourvue d'une galerie supplémentaire pour la démonstration de l'enfouissement sûr dans l'argile de déchets de haute activité dégagant de la chaleur.



Pour les déchets de moyenne et de haute activité de longue durée de vie, le laboratoire souterrain HADES situé à 225 mètres sous le site du SCK•CEN, joue un rôle important. Sa construction a prouvé depuis longtemps qu'il est possible techniquement et économiquement de creuser des puits et des galeries dans les couches profondes de l'argile. Les vastes études en laboratoire montrent comment évoluent les caractéristiques des déchets, les barrières artificielles (conteneurs en béton ou en métal) ainsi que la barrière géologique (l'argile et son environnement). L'étude de l'impact éventuel de populations microbiennes dans ces couches argileuses fait également partie du programme de recherche.

Une compréhension de tous les processus permet d'avoir une vision de la sûreté de ce dépôt à long terme. Les nombreuses années d'expérience et la connaissance acquise au fil du temps montrent que le stockage des déchets dans ce type de sol est à la fois réalisable et sûr.

## Démantèlement: sûreté, faisabilité technique et justification économique

Quand on ferme définitivement une installation nucléaire, il est important de décontaminer et de démonter l'infrastructure en s'assurant que tout risque de radiation ou de contamination est écarté. Les autorités de sûreté peuvent alors considérer le site comme "terrain vert" et lui donner une nouvelle affectation.

Fin des années '80, le SCK CEN a démarré le démantèlement du réacteur BR3. Pour minimiser la quantité de déchets radioactifs, le SCK•CEN a développé de nouvelles techniques pour la découpe, la décontamination et la mesure du niveau d'activité des composantes de l'installation. Nous avons également introduit des méthodes spécifiques pour protéger les travailleurs contre le rayonnement ionisant et limiter leur exposition.

Les connaissances scientifiques et techniques acquises donnent un aperçu des coûts et de l'impact radiologique du démantèlement futur des installations nucléaires. Les visions ont déjà été appliquées à des projets en dehors du SCK•CEN. L'information constitue par ailleurs un excellent fil conducteur lors de la conception de nouvelles installations, de sorte qu'arrivées en fin de vie, ces installations peuvent être facilement démantelées.

## BR3: un pivot au niveau de la recherche sur le démantèlement

Le Belgian Reactor 3 ou BR3 est un prototype de réacteur à eau pressurisée qui fut opérationnel de 1962 à 1987. Premier réacteur de ce type en Europe de l'Ouest, il fut aussi le premier de sa catégorie à être mis définitivement à l'arrêt. Ce type de réacteur ne se retrouve pas qu'en Belgique, mais également à l'échelle mondiale, la plupart du temps dans des centrales nucléaires.

La Commission européenne a sélectionné le BR3 comme projet-pilote en vue d'étudier la faisabilité technique et économique du démantèlement d'un réacteur. Le SCK•CEN a développé de nouvelles techniques garantissant la sûreté en toute circonstance. Grâce à la connaissance acquise au niveau de la radioprotection, des déchets radioactifs et des techniques de démantèlement, l'impact économique et radiologique des nouveaux projets peut être évalué.

Le démantèlement d'une installation nucléaire se déroule en plusieurs phases. Dans le cas du BR3, les éléments hautement actifs ont été évacués dans un premier temps. La deuxième phase a consisté en le démantèlement des divers circuits contaminés. Pour l'heure, le SCK•CEN se charge de la décontamination et de la démolition de l'infrastructure en béton. Si tout se déroule conformément au planning, le BR3 devrait être entièrement démantelé en 2020.



# 6

## Un large éventail de possibilités allant de la technologie aux services basés sur la science

### Notre mission statutaire

La recherche scientifique du SCK•CEN constitue la base de son existence; elle est la force motrice des progrès et services technologiques. Notre principal objectif est de maintenir un centre d'excellence pour les applications pacifiques de la recherche nucléaire, la technologie nucléaire et les rayonnements ionisants.

À cette fin, le SCK•CEN:

- mènera prioritairement des recherches en matière de sûreté des installations nucléaires, de traitement et d'évacuation sûrs des déchets radioactifs, de protection de l'homme et de l'environnement contre les radiations, de gestion des matières fissiles et autres matières stratégiques;
- entamera des recherches sur les implications dans la société et le développement durable;
- développera, acquerra et diffusera les connaissances nécessaires par le biais de formations et de la communication;
- fournira tous les services requis dans le domaine spécifique, en particulier pour l'industrie nucléaire, le secteur médical et le gouvernement;
- établira les contacts scientifiques pluridisciplinaires nécessaires en matière de questions énergétiques.



Le SCK•CEN est actif à trois niveaux: la recherche scientifique, le développement technologique et les services. Cette approche permet d'acquérir des connaissances et de les mettre en pratique. En conséquence, nous pouvons anticiper les besoins et exigences de nos partenaires et clients.

Cette approche est possible grâce à la grande expérience de notre équipe. Nos travailleurs et chercheurs disposent d'infrastructures de recherche dont des réacteurs de recherche multifonctionnels à haute performance, diverses installations pilotes, des cellules chaudes et des laboratoires bien équipés.

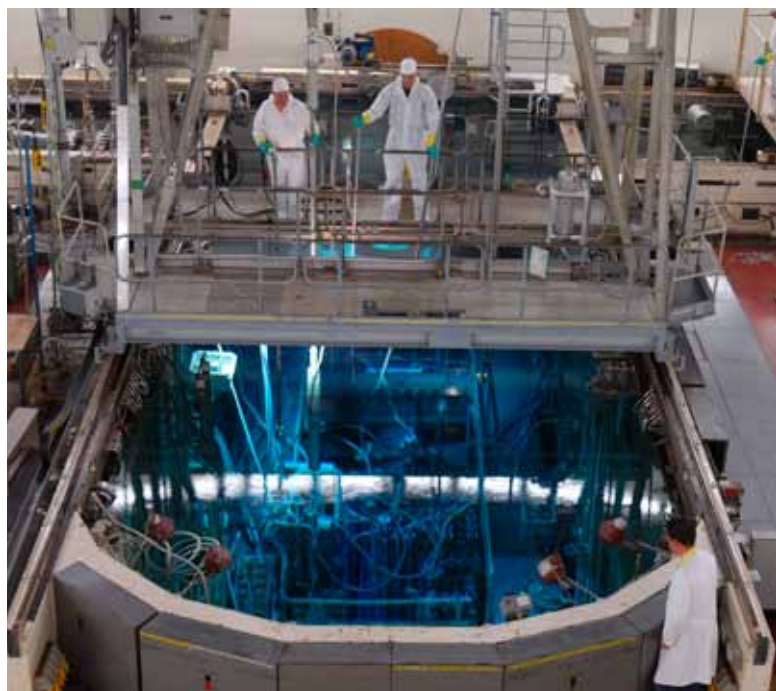
Le SCK•CEN investit énormément chaque année pour entretenir et agrandir ses infrastructures. MYRRHA représente une étape importante: ce réacteur de recherche unique et innovant permettra de contribuer de manière substantielle aux nouvelles applications de la technologie nucléaire.

## Technologie et services

Les différents groupes au sein du SCK•CEN travaillent sur diverses technologies nucléaires et fournissent tout type de service au gouvernement, à l'industrie et au secteur médical. En voici quelques exemples:

- Réacteurs: développement et construction d'équipements radiologiques, développement de systèmes, études de sûreté et inspection.
- Essais de matériaux de structure (par exemple l'acier de cuve des réacteurs nucléaires) et de combustibles nucléaires.
- Démantèlement et décontamination d'installations nucléaires.
- Conseils en matière de gestion et de stockage des déchets radioactifs.
- Conseils en matière d'assainissement de sols contaminés.
- Suivi des effets des accidents nucléaires sur l'homme et l'environnement.
- Dosimétrie du personnel des installations nucléaires et des environnements hospitaliers.
- Mesures de faible radioactivité (rayonnement alpha, bêta, gamma).
- Modélisation de l'exposition aux rayonnements.
- Analyses radiochimiques.
- Production de silicium dopé par neutrons et de radio-isotopes médicaux et industriels.
- Formation et training dans tous les domaines de la technologie nucléaire.

En clair, nous avons l'expérience des tâches de routine ainsi que des missions très spécifiques. Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire garantit une innovation constante et vise la qualité et la reconnaissance sur la base des normes nationales et internationales.



# 7

## Formation et training: transmettre la connaissance

---

Pour le SCK•CEN, il est essentiel de transmettre la connaissance. Notre longue expérience nous vaut une excellente réputation comme centre de formation. En 2012 a été créée “the Academy for Nuclear Science and Technology”, dont l’objectif est de grouper nos activités sur ce plan et de veiller à un meilleur redéploiement. Cette académie s’articule autour de quatre axes.

### Conseiller les jeunes scientifiques

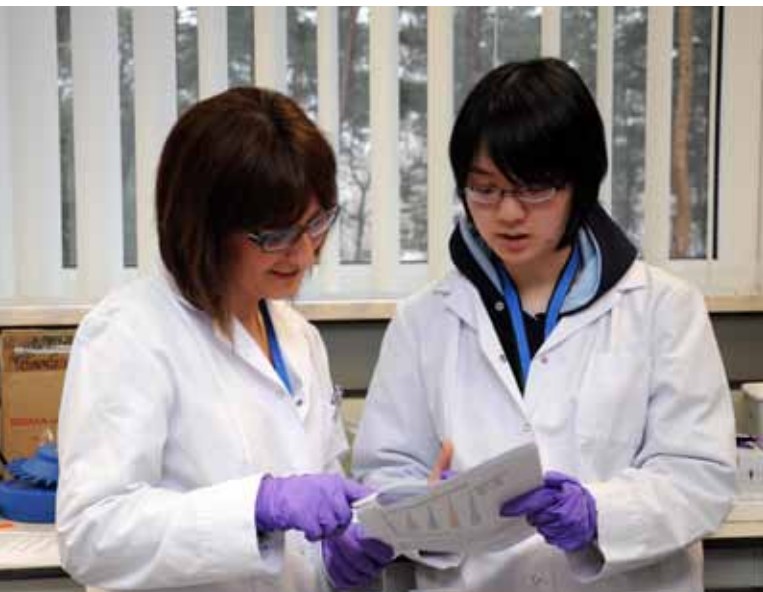
Chaque année, nous offrons la possibilité à de jeunes scientifiques et ingénieurs d’effectuer leur recherche doctorale ou postdoctorale au SCK•CEN, sur un sujet s’inscrivant dans l’un de nos domaines de recherche prioritaires. Nos experts offrent un suivi pour des travaux de fin d’études à tout niveau. Nous mettons à cet effet nos laboratoires et installations à leur disposition.

### Organiser des formations

Le SCK•CEN organise des formations pour les employés d’entreprises nucléaires nationales et internationales, le secteur médical et les organisations gouvernementales. Les programmes de formation modulaires sont établis en fonction des besoins du public et leur durée et leur niveau sont adaptés en conséquence. Les formations se donnent de préférence à Mol afin de pouvoir combiner facilement les cours théoriques avec des exercices pratiques et une visite des installations techniques.

Nos programmes de formation couvrent l’ensemble de nos domaines de recherche, comme la radioprotection, les technologies nucléaires, les matériaux, le plan d’urgence, la gestion des déchets et le déclassé des installations nucléaires.

Le SCK•CEN collabore avec les universités et institutions d’études supérieures belges. Nous avons créé le “Belgian Nuclear higher Education Network” (BNEN) et contribuons largement à la formation des experts en matière de rayonnement ou du personnel soumis aux rayonnements.



## Fournir un soutien à la politique

Dans un monde de marchés dynamiques et de mobilité croissante des travailleurs, implémenter une approche cohérente de la formation et du training prend une importance capitale. Grâce à la création de réseaux et à la participation à des programmes internationaux, le SCK•CEN contribue à une meilleure harmonisation des formations et du training et à la reconnaissance des compétences au niveau national et international.

Au sein des programmes-cadres de la Commission européenne, le SCK•CEN participe à divers projets de formation et de training et coordonne un projet relatif à la radioprotection. L'harmonisation de la formation est assurée au moyen de normes internationales pour des professions spécifiques. Nous conseillons également la Commission européenne pour la révision des normes fondamentales de protection et pour les modifications de la législation européenne par le biais de "the European training and education in radiation protection foundation" (EUTERP).

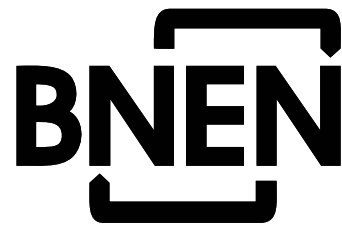
Last but not least, le SCK•CEN a été un partenaire majeur de "the European Nuclear Education Network" (ENEN) depuis sa création. Ce réseau rassemble les principaux instituts universitaires et centres de formation européens en matière d'ingénierie nucléaire.

## Vers une approche interdisciplinaire

Comprendre le nucléaire, les avantages et les risques qui y sont liés, requiert une vaste connaissance scientifique et technique; une perception du contexte sociétal ainsi qu'une appréciation des aspects sociaux et éthiques sont également essentielles. En collaboration avec le monde académique, nous étudions comment la perception des risques, la participation des acteurs et la communication peuvent être intégrées le plus sagement possible dans des programmes d'information et de formation destinés aux professionnels et aux étudiants.

## Le Belgian Nuclear higher Education Network (BNEN)

Le BNEN combine l'expertise nucléaire de six universités belges et du SCK•CEN. Le BNEN offre un programme unique de master de perfectionnement en ingénierie nucléaire. Les cours donnés à Mol permettent de profiter des installations du SCK•CEN pour les séances pratiques.



## Collaboration internationale: la recherche par-delà les frontières

---

Le SCK•CEN est un partenaire de renom dans un réseau international d'institutions scientifiques. Nous avons des accords de coopération avec de nombreux centres de recherche, universités, entreprises et organisations dans différents pays. Certains de nos projets de recherche s'inscrivent dans le cadre de programmes de la Commission européenne, mais le SCK•CEN compte également des partenaires en dehors des frontières de l'Union européenne.

Sur le plan de la connaissance et de l'expérience, le SCK•CEN encourage les échanges internationaux. Notre personnel participe à de nombreux congrès à travers le monde; nous y présentons nos découvertes et y acquérons de nouvelles connaissances. Le SCK•CEN organise aussi des conférences et des formations à l'étranger. Nos experts prodiguent régulièrement des conseils à la demande d'instances importantes comme l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), les Nations Unies et l'Agence de l'Energie nucléaire de l'OCDE.

Les nombreux étudiants et chercheurs étrangers qui travaillent au SCK•CEN attestent du caractère international de notre centre de recherche, caractère qui sans nul doute s'accroîtra dans le cadre de la nouvelle installation MYRRHA. Ce projet constitue un important pôle d'attraction pour les chercheurs et ingénieurs de par le monde. Grâce à nos activités à dimensions nationale et internationale, nous tentons de promouvoir le renouvellement scientifique et technique dans divers domaines; de quoi valoriser la Belgique dans son ensemble, mais aussi la Flandre et la Campine en particulier.



## Forts de 60 ans d'expérience, préparons l'avenir

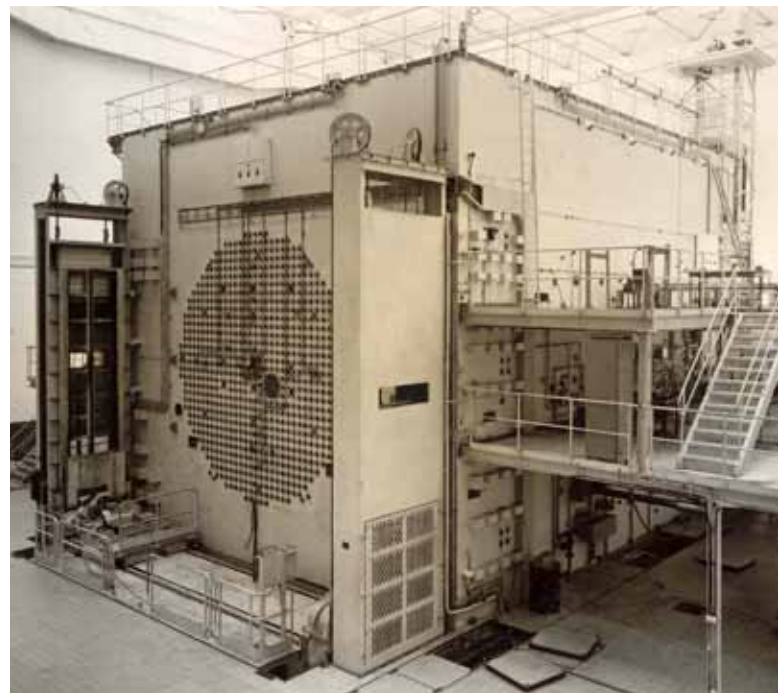
L'histoire du SCK•CEN se déroule en grande partie dans la deuxième moitié du siècle dernier. Une période marquée par l'optimisme scientifique, le développement économique et la prospérité, mais aussi par une attention particulière portée à la durabilité. Avec le SCK•CEN, un petit pays comme la Belgique a réussi des innovations et des défis de haut niveau technologique. Tout cela n'a pu se réaliser que grâce à la vision et à l'enthousiasme de pionniers et de milliers de collaborateurs.

En 2012, nous sommes particulièrement heureux de célébrer 60 ans d'existence. L'histoire ne s'arrête toutefois pas à ce jour. Grâce à notre grande expertise et à nos installations de recherche sans pareil, nous souhaitons poursuivre le travail de nos illustres prédécesseurs et contribuer à un avenir durable pour toute la société.

La connaissance et l'expertise acquises par le SCK•CEN grâce à ses installations, ont démontré leur utilité pour de nombreuses applications médicales et industrielles pacifiques, et ce, au niveau international. Les matériaux de réacteur, les combustibles, le démantèlement, la décontamination, la dosimétrie et le calibrage, ... ont tous été développés par le SCK•CEN, et cela, dans le but permanent de contribuer à la société. La technologie innovante, la sûreté nucléaire et la protection de l'homme et de l'environnement ont été le fil conducteur. Ces éléments-clés déterminent encore aujourd'hui la voie suivie par le SCK•CEN.

## Un retour sur 60 ans de réalisations

Depuis sa création en 1952, le SCK•CEN joue un rôle de pionnier dans le monde de la science et de la technique nucléaires. Au milieu des années '50, les terrains de Mol sont devenus rapidement un des plus importants chantiers belges d'après-guerre. En moins de huit ans, le SCK•CEN a bâti les trois premiers réacteurs nucléaires: le BR1, le BR2 et le BR3, au point de devenir le berceau du développement de l'énergie et de la recherche nucléaire à travers le monde.



Bien que l'accent soit mis sur les activités nucléaires, le Centre s'est risqué, dans les années '70, en dehors du secteur. A la demande des autorités, du monde scientifique et industriel, la recherche a été orientée sur le plan de l'environnement, des applications de l'énergie, des matériaux, de l'informatique, des piles à combustible et de la production d'hydrogène. De cette réussite, a surgi le VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek/Organisme flamand pour la recherche technologique) devenu entretemps, un acteur international sur le plan de la recherche et du développement.

Dans la moitié des années '70, le SCK•CEN, une des premières institutions de recherche spécialisées dans le stockage des déchets radioactifs dans des couches d'argile, a démarré la construction d'un laboratoire souterrain. Depuis 1995, cette initiative s'est accélérée par la création d'un groupement d'intérêt économique en collaboration avec l'ONDRAF, l'organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies. Aujourd'hui, après plus de 35 ans d'étude de l'argile, du béton, des déchets et des matériaux d'emballage, nous pouvons, sur la base de données et modèles scientifiques, déduire qu'à long terme, le dépôt des déchets hautement radioactifs dans l'argile est réalisable et sûr.

## Notre contribution dans la société d'aujourd'hui

Le SCK•CEN connaît une longue tradition de recherche philosophique et socio-scientifique. Nous étudions les aspects sociétaux, politiques et éthiques de l'utilisation de la technologie nucléaire dans notre société.

**Le SCK•CEN opte pour une position neutre dans le débat social sur l'énergie nucléaire et les autres applications nucléaires. Ce n'est pas à nous, mais à la société qu'il appartient de décider dans quelle mesure ces technologies pourraient être utilisées pour trouver des solutions aux défis de l'avenir.**

Au SCK•CEN également, nous stimulons la réflexion critique sur notre propre position en tant qu'institut scientifique, ainsi que sur le rôle de chaque scientifique et responsable au sein de l'entreprise. Nous sommes persuadés que l'examen critique commence (et se termine) par l'autocritique.

L'accident de Tchernobyl, en 1986, a donné lieu, dans l'ensemble du secteur nucléaire, à une attention accrue pour la sûreté nucléaire et pour la mise en place de mesures devant limiter les conséquences d'accidents éventuels. Le cataclysme de Fukushima, qui endommagea gravement un certain nombre de réacteurs nucléaires, avec des conséquences profondes pour la population et l'environnement, nous fait comprendre que la sûreté n'est pas automatiquement présente. Un centre de recherche tel que le SCK•CEN ne veut pas ignorer ces problèmes, mais veut contribuer à ce qu'ils ne se reproduisent plus. Nous sommes un partenaire important des autorités belges dans leur souci de mieux se préparer aux situations d'urgence nucléaire.

Afin de garantir en permanence la sécurité radiologique sur l'ensemble du territoire de la Belgique, des milliers d'échantillons de nourriture, d'eau et d'air sont pris chaque année. Le SCK•CEN effectue une grande partie de cet échantillonnage et se trouve à la base du programme de surveillance radiologique des autorités.

Au SCK•CEN, les contrôles et entretiens réguliers sont indissociablement liés à l'exploitation de toutes nos installations. En effectuant sans cesse des améliorations et des innovations, nous restons à la pointe de la technologie. Nous pensons cependant également au démantèlement de notre infrastructure et de celle des autres. Les connaissances et les techniques développées lors du démantèlement et de la décontamination du réacteur BR3 constituent la base de nouveaux projets nucléaires de démantèlement. L'expérience acquise constitue en outre une précieuse source d'informations pour la conception et le design de nouvelles installations; celles-ci doivent en effet être construites de manière à pouvoir à la fois être démantelées de façon sûre et produire le moins de déchets radioactifs.

En 2004, le SCK•CEN a inauguré ses laboratoires de radiobiologie, de radio-écologie et de recherche spatiale; ces laboratoires effectuent de la recherche sur l'incidence des rayonnements ionisants sur l'homme et son environnement. Grâce à ces connaissances, nous pouvons faire des recommandations au secteur médical afin de mieux protéger le personnel et les malades. Nous développons également des modèles de la biosphère, qui doivent permettre de prendre des mesures adéquates pour la préservation de l'environnement. Nous contribuons à la recherche spatiale en étudiant le comportement des bactéries lors de missions spatiales et en assurant le suivi des astronautes. Cette expertise bénéficie d'une large reconnaissance internationale.



## Un coup d'œil sur l'avenir

En 2006, le SCK CEN a fait l'objet d'une importante réorganisation afin d'être encore mieux préparé aux problèmes qui marquent notre société et de pouvoir utiliser pleinement toutes ses capacités pour répondre aux défis futurs.

La production de radio-isotopes dans le réacteur BR2 a été, ces dernières années, fortement accentuée afin d'approvisionner en radio-isotopes le secteur grandissant de la médecine nucléaire. La capacité d'irradiation du silicium a aussi été augmentée; celui-ci constitue un semi-conducteur idéal pour des applications à puissance électrique élevée: une manière pour le SCK•CEN d'apporter une contribution de plus en plus grande au succès de l'énergie renouvelable.

Sur le plan de l'énergie nucléaire, nous participons aux matériaux et combustibles de réacteurs qui, pour une quantité identique de combustible, peuvent générer jusqu'à 50 fois plus d'électricité et réduire ainsi la quantité de déchets radioactifs. Un autre défi technologique dont le SCK•CEN peut se targuer depuis 35 ans, est la fusion nucléaire; une source d'énergie disposant d'une réserve inépuisable de combustible qui, en outre, ne produit pas de déchets hautement radioactifs. L'objectif ultime de tout cela: assurer l'accès de l'ensemble des populations mondiales à l'énergie durable.

Pour le SCK•CEN, les grandes installations de recherche sont d'une importance capitale pour garantir la continuité de nos activités. C'est la raison pour laquelle, grâce à l'aide du gouvernement belge, nous nous réjouissons du projet MYRRHA. Cette installation expérimentale flexible doit remplacer à terme le réacteur BR2 et nous offrir encore plus de possibilités de collaborer à des technologies durables et prometteuses. C'est ainsi que MYRRHA permettra la recherche vers la transmutation: un procédé selon lequel des déchets hautement radioactifs sont transformés en déchets comportant moins de risques. Cette transmutation peut s'opérer de façon très sûre dans un système nucléaire sous-critique piloté par un accélérateur de particules. MYRRHA représente à cet effet, au niveau mondial, le premier prototype de démonstration. Un pas important a été fait en 2011, grâce à la construction de GUINEVERE. Ce modèle réduit de MYRRHA est ainsi du même coup une prouesse mondiale!

L'expérience, les projets innovants et la disponibilité de grandes installations nucléaires et de laboratoires spécialisés, renforcent le SCK•CEN dans son rôle didactique de centre de formation. La transmission de la connaissance fait partie de nos missions-clés. Pour rassembler toutes ces activités et mieux les déployer, nous avons créé "the Academy for Nuclear Science and Technology". Une nouvelle génération d'ingénieurs nucléaires et de scientifiques donnera forme, grâce au SCK•CEN, à la société du futur.

La recherche et la diffusion des connaissances au SCK•CEN restent indispensables à l'exploitation sûre des centrales nucléaires jusqu'à la fin de leur durée de vie et ensuite à leur démantèlement. Il en va de même des études relatives au stockage des déchets radioactifs et de la protection de l'homme et de l'environnement contre toutes les formes de rayonnements ionisants.

La recherche innovante est essentielle pour pouvoir utiliser pleinement les applications sociétales de la science nucléaire. En tant que centre de connaissance indépendant, nous nous efforçons de soutenir la société de notre mieux pour de faire les bons choix. Nous existons depuis 60 ans et souhaitons utiliser cet important acquis en expertise pour nous investir pleinement dans un avenir vivable pour tous.





SCK•CEN

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 ministre fédéral belge de l’Energie.

Siège d’exploitation  
SCK•CEN, Boeretang 200, BE-2400 MOL

Siège social  
SCK•CEN, Avenue Herrmann-Debroux 40, BE-1160 BRUXELLES

Editeur responsable  
Eric van Walle  
Directeur général

Copyright © 2012 – SCK•CEN  
Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d’auteur (2012).  
Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie,  
sans l’autorisation écrite préalable du SCK•CEN.

SCK•CEN

## Contact

SCK•CEN

Boeretang 200

BE-2400 MOL

Tél. +32 14 33 25 86

Fax +32 14 33 25 84

[info@sckcen.be](mailto:info@sckcen.be)

[www.sckcen.be](http://www.sckcen.be)