



Conexão  
Nuclear

Année **03**  
N° **18**  
Mar. 2024

### Nuclear Summit

Événement autour de l'innovation réunissant des personnalités du secteur nucléaire

### SMRs et NuScale

Défis, possibilités et leçons apprises

### Médecine nucléaire

En train de changer la réalité des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et du cancer de la prostate

# Entretien avec Celso Pansera, Président de Finep

Chat exclusif sur des partenariats, des recherches, des investissements, la durabilité et, bien sûr, l'innovation

**ABDAN**

## Équipe de Travail

### PRÉSIDENT

Celso Cunha

### VICE-PRÉSIDENT

Ivan Alexandrovich Dybov

### VICE-PRÉSIDENT

Paulo Coelho

### VICE-PRÉSIDENT

Fabício Diel

### VICE-PRÉSIDENT

Alexandre Honaizer

### DIRECTEUR TECHNIQUE

Leonam dos Santos Guimarães

### CONSEIL CONSULTATIF

#### PRÉSIDENT

Giacomo Feres Staniscia

#### VICE-PRÉSIDENT

Rafael Madke

#### MEMBRES

Nathanael Robson Albuquerque da Mota

Luiz Celso Oliveira

Carlos Henrique Silva Seixas

Newton Costa

Stephen McKinney

La connexion nucléaire est une publication d'ABDAN

### ÉDITRICE

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

### REPORTAGE

Larissa Haddock Lobo - 0042346/RJ

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

### COORDINATION DU MARKETING ET DE COMMUNICATION

Cristiane Pereira

### DIRECTION DE CONCEPTION

Lucas do M. N. Cunha

### CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Roman Atamanczuk

### INFOGRAPHIE

Lucas Gomes

### PHOTO DE COUVERTURE

Généré par l'IA

### ÉDITION ET RÉVISION DE TEXTE

Kelli Gonçalves

### VERSION FRANÇAISE

Mariana L. Ney Prado

### ABDAN

#### ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES NUCLEARES

AV. RIO BRANCO, 122, 16º ANDAR - CENTRO

RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL

CEP: 20.040-001

+55 (21) 2262-6587

🌐 [WWW.ABDAN.ORG.BR](http://WWW.ABDAN.ORG.BR)

SUGGESTIONS ET QUESTIONS

[ABDAN@ABDAN.ORG.BR](mailto:ABDAN@ABDAN.ORG.BR)

## Sommaire



**12 COUVERTURE**  
**Entretien avec Celso Pansera**  
Le Président de Finep explique ce qu'il considère comme important pour le secteur nucléaire

**04 Éditorial**  
Intelligence artificielle et d'autres innovations dans le nucléaire

**05 Nuclear Summit 2024**  
L'événement d'Innovation aura lieu les 8 et 9 avril à Rio de Janeiro

**07 Néo-industrialisation**  
Apprenez-en plus sur ce concept et sur la façon dont l'énergie nucléaire y est insérée

**09 Framatome Brésil**  
Leur compétence et les talents de la centrale nucléaire nationale au service du monde

**10 Netzéro et Mission Belgique**  
La décarbonation est un effort mondial et fait l'objet d'événements, d'accords et de discussions

**14 Batteries nucléaires**  
les débuts du Brésil et l'exemple de la Chine

**16 Innovation en médecine nucléaire**  
Alliés dans la lutte contre la maladie d'Alzheimer et le cancer de la prostate

**18 Compétences pour les jeunes diplômés de l'industrie nucléaire**  
Les compétences en gestion, la motivation et l'engagement dans des projets pertinents sont les bienvenus

**20 Petits réacteurs modulaires**  
En train de tirer les leçons des défis de conception de NuScale

**23 Le livre Femmes Nucléaires**  
L'ouvrage met en lumière la détermination et l'importante contribution des femmes dans le secteur

**24 Amazul: L'innovation technologique et la politique nucléaire**  
Les piliers fondamentaux de la réussite d'une organisation innovante

**25 Rosatom**  
Les technologies numériques de Rosatom



# INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET D'AUTRES INNOVATIONS



Bonjour lecteurs,

Elle est promise à un bel avenir. Mais comme toute nouveauté, elle plaît à beaucoup, mais suscite tout de même des doutes et suscite de la méfiance chez certains. C'est ce qu'on appelle l'intelligence artificielle, ce qu'on appelle l'IA.

Depuis quelque temps, l'IA s'est intégrée dans notre quotidien (assistants virtuels, simulateurs, chatbots, entre autres), dans les expériences marketing, les réseaux sociaux, dans le milieu de l'entreprise, l'industrie, la médecine et la santé, le droit, l'éducation, etc. Un véritable outsider veut entrer – et le fera bientôt.

Dans le secteur nucléaire, l'IA peut beaucoup collaborer. En plus d'aider dans toutes les procédures administratives et de gestion d'une entreprise, d'une entité ou même d'une usine, il a un impact positif sur la sécurité - en prédisant les accidents, les interactions avec les matières dangereuses et les fuites. De plus, il est capable de simuler des avancées importantes, en remplaçant les travailleurs dans des situations où le risque pour la vie humaine aurait été un

obstacle jusque-là. Les économies de coûts sont un autre point positif à prendre en compte, ainsi que l'atténuation des dommages environnementaux.

Cependant, bien que nous nous concentrons sur l'innovation, nous ne pouvons pas ne pas regarder le présent et le rôle responsable que nous avons le devoir de jouer. Je parle ici spécifiquement du fait que le Brésil n'est pas encore signataire de la Convention sur l'indemnisation complémentaire des dommages nucléaires (CSC), une assurance mondiale contre les accidents et incidents nucléaires. Il est inimaginable de penser aux risques financiers (en plus des risques humains et socio-environnementaux) auxquels nous sommes exposés alors que nous avons choisi, jusqu'à présent, de ne pas adhérer à cette initiative qui permettrait aux acteurs de la chaîne nucléaire d'accéder à une source de financement qui garantirait – au moins – la survie de l'entreprise.

Voyez, aujourd'hui on assure les voitures, les maisons, les équipements, les entreprises ... Précisément parce que nous sommes conscients qu'en cas d'accident, la perte matérielle peut même représenter une faillite – entraînant les familles, les tiers et tant d'autres structures dans un effet domino. Dans le segment nucléaire, tout cela est exponentiellement plus grand. En plus de l'affaiblissement de la réputation et de l'image du pays, cela peut souvent inhiber de nouvelles attaques et interférer directement avec les intérêts académiques et professionnels.

En d'autres termes, nous allons user et abuser des avantages que nous offrent les innovations technologiques telles que l'IA, sans pour autant manquer de faire nos devoirs. En effet, comme l'a fait la médecine nucléaire, les découvertes issues de la recherche se mettent de plus en plus au service de la population. Dans ce numéro, nous vous présentons deux d'entre eux, qui contribuent à la lutte contre la maladie d'Alzheimer et le cancer de la prostate.

Nous aborderons également le thème de l'innovation dans l'entretien du président de Finep, Celso

Pansera, dans la question des compétences nécessaires pour le professionnel de l'industrie nucléaire et dans l'invitation au Nuclear Summit 2024, entre autres. Vraiment cette édition est un spectacle d'innovation !

Bonne lecture ! ■

# LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'AIEA DIRIGE LES DISCUSSIONS SUR LES TENDANCES AU SOMMET SUR LE NUCLÉAIRE

L'ÉVÉNEMENT INNOVATION AURA LIEU LES 8 ET 9 AVRIL À RIO DE JANEIRO



Les 8 et 9 avril, Rio de Janeiro deviendra l'épicentre des discussions les plus pertinentes dans le secteur nucléaire avec le Sommet nucléaire, un événement d'innovation promu par l'Association brésilienne pour le développement des activités nucléaires (ABDAN). Le directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Rafael Grossi, leader reconnu sur la scène nucléaire internationale, sera chargé d'inaugurer l'événement en s'adressant aux « Tendances nucléaires mondiales ».

À la différence d'un salon classique, le Nuclear Summit propose une approche unique pour débattre et analyser les tendances clés dans le domaine nucléaire, avec un accent particulier sur la communication. Le président d'ABDAN, Celso Cunha, souligne que l'événement se distingue non seulement par son format innovant, mais aussi par sa vision globale de plusieurs sujets cruciaux pour le secteur. « Divisé en deux salles de contenu et d'innovation, le Som-

met nucléaire comprendra des conférences et des tables rondes qui aborderont des questions essentielles, telles que la durabilité, le développement de l'énergie nucléaire au Brésil, le cycle du combustible nucléaire, la sécurité, la logistique, l'innovation et les progrès de la médecine nucléaire », explique-t-il.

Le ministère des Mines et de l'Énergie sera également présent, consolidant ainsi l'engagement du gouvernement brésilien en faveur d'un développement durable et sûr de l'énergie nucléaire dans le pays. Des représentants des principales entreprises du secteur participeront activement, notamment ENBPar, INB, EDF, Holtec, Westinhouse et Rosatom, garantissant ainsi une perspective diversifiée et complète sur les sujets abordés.

En tant qu'événement axé sur l'innovation, il y aura la 2ème édition de Hackapower, le Hackathon de l'énergie nucléaire avec la participation d'étudiants de tout le

## LE SOMMET SUR LE NUCLÉAIRE EST UN FORUM INDISPENSABLE POUR STIMULER LA DISCUSSION ET LA COLLABORATION DANS LE SECTEUR NUCLÉAIRE.

pays, qui sera parrainé par le Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation (MCTI). Au cours de la réunion, il y aura également des enregistrements en direct du Nuclear Cast, un podcast avec des leaders d'opinion et des autorités du secteur. Autre nouveauté : SEBRAE présentera en avant-première le projet de la chaîne de production nucléaire.

Avec le soutien de la FAPERJ, le Nuclear Summit s'est déjà imposé comme un point de rencontre fondamental pour les spécialistes, les autorités et les entreprises du secteur. Ce n'est pas la première édition de l'événement, qui a fait ses débuts en 2021, et continue de jouer un rôle crucial dans la promotion de la discussion et de la collaboration dans l'industrie.

Les conférences et les tables rondes de l'événement offriront un aperçu large et actualisé des tendances nucléaires mondiales, couvrant tout, de la durabilité à la sûreté nucléaire. Le panel sur le développement durable, par exemple, discutera de l'importance de l'énergie nucléaire en tant que clé de la solution climatique, en abordant des sujets tels que la transition énergétique dans le monde et la décarbonisation de la matrice énergétique, particulièrement pertinents pour le Brésil.

En outre, l'événement explorera le cycle du combustible nucléaire, avec un aperçu du marché financier de l'uranium et des aspects mondiaux du cycle, y compris des discussions sur l'approvisionnement en combustible des centrales nucléaires brésiliennes. D'autre part, la technologie de rupture du nucléaire, connue sous le nom de SMR, sera abordée dans la conférence « SMR : une technologie de rupture du nucléaire », mettant en évidence le potentiel des SMR pour l'énergie nucléaire au Brésil.

Dans le panel sur la sûreté nucléaire, les experts discuteront des technologies de pointe dans ce domaine, en abordant les études de scénarios et d'accidents nucléaires, en soulignant l'importance d'analyser les défis et la pertinence de la communication pour assurer la sécurité de toutes les parties concernées.

Celso Cunha souligne l'importance du Sommet nucléaire en tant que forum indispensable pour stimuler la

discussion et la collaboration dans le secteur nucléaire, en promouvant les progrès et les innovations qui façonneront l'avenir de l'énergie atomique au Brésil et dans le monde.

### LES INSCRIPTIONS SONT MAINTENANT OUVERTES POUR LE NUCLEAR HACKATHON

Les personnes intéressées à s'inscrire à la 2<sup>e</sup> édition de Hackapower, un Hackathon pour le développement de solutions pratiques dans les domaines de l'énergie, de la durabilité et de la médecine dans le secteur nucléaire, ont jusqu'au 29 mars pour officialiser leur inscription. Les étudiants de premier cycle, de maîtrise et de doctorat de tout le pays peuvent y participer. L'événement est organisé par ABDAN - Association Brésilienne pour le Développement des Activités Nucléaires et bénéficiera du soutien du Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation (MCTI).

« Hackapower stimule l'innovation dans le secteur nucléaire en renforçant les réseaux de collaboration entre l'industrie, les universités, la recherche et les centres de réglementation », explique Patrícia Wieland, l'une des directrices du projet.

« Après le succès de Hackapower 2023 en tant qu'expérience sans précédent, nous espérons toucher encore plus d'étudiants universitaires couvrant divers domaines de la connaissance au Brésil », révèle Eliene Silva, également directrice de l'initiative.

### HORAIRES :

- **Jusqu'au 29/03** : inscriptions
- **8 et 9 avril** : lancement au Nuclear Summit
- **09/04 au 05/11** : Période de compétition
- **11/05** : Prix de l'héritage nucléaire

### RIO DE JANEIRO : STADE NUCLÉAIRE

La ville de Rio de Janeiro a consolidé sa position en tant que centre d'excellence dans le secteur nucléaire, et le Sommet nucléaire apparaît comme un prélude significatif à l'Institut d'été de l'Université nucléaire mondiale. Cet événement international, qui se déroulera du 2 juin au 6 juillet sur cinq semaines, joue un rôle crucial dans la formation de nouveaux leaders sur la scène nucléaire mondiale.

Se démarquant en tant qu'orateur, Celso Cunha apportera son expertise à l'événement. L'Institut d'été de l'Université Nucléaire Mondiale, reconnu pour sa pertinence, rassemble de jeunes professionnels très prometteurs du secteur nucléaire, venus de différentes parties du monde. Le programme offre une occasion unique d'explorer les derniers développements de l'industrie nucléaire, en favorisant l'échange de connaissances et la construction d'un réseau mondial de futurs leaders. ■

# NÉO-INDUSTRIALISATION AU BRÉSIL : OÙ EN SOMMES-NOUS ?

## LE MOMENT EST VENU D'INVESTIR DANS LES POSSIBILITÉS DE MODERNISATION NUCLÉAIRE

La néo-industrialisation est un concept qui fait référence à un processus de restructuration et de renouvellement de la base industrielle d'une économie. Généralement, ce terme s'applique aux pays qui ont traversé une phase de désindustrialisation, au cours de laquelle la production industrielle a diminué par rapport à d'autres secteurs de l'économie, tels que les services et la technologie. Cela implique l'adoption de nouvelles technologies, des méthodes de production plus efficaces et une approche plus axée sur l'innovation. Cela peut inclure l'intégration de l'intelligence artificielle, des technologies numériques, de l'automatisation, de la robotique et d'autres formes de modernisation de l'industrie.

L'objectif de la néo-industrialisation est de revitaliser le secteur industriel d'un pays, de le rendre plus compétitif à l'échelle mondiale, de créer des emplois de haute qualité, d'augmenter la productivité et de stimuler la croissance économique de manière durable. Ce processus s'accompagne généralement de politiques gouvernementales et de stratégies de développement industriel.

### SCÉNARIO BRÉSILIEN

Au Brésil, le président du CNI, Ricardo Alban, a souligné l'importance d'une nouvelle industrialisation pour le pays, suggérant que la néo-industrialisation pourrait inclure la transition vers une économie verte et l'adoption de pratiques de l'industrie 4.0.

Il est possible de conjecturer que le Brésil pourrait chercher à moderniser et à revitaliser son industrie nucléaire pour la rendre plus efficace, plus compétitive et plus conforme aux demandes actuelles et futures. Il peut s'agir, entre autres, d'adopter des technologies plus avancées, d'améliorer les processus de production, d'investir dans la recherche et le développement.

Les chercheurs ont déjà validé l'importance de la néo-industrialisation pour le Brésil, arguant que le pays est à un moment propice pour renforcer sa base industrielle. Parmi les avantages, mentionnons la modernisation du parc industriel, les investissements dans la technologie et

l'innovation, ainsi qu'une approche plus stratégique du développement industriel. Le Brésil dispose des ressources et du potentiel nécessaires pour devenir un acteur de la nouvelle ère industrielle, mais il est crucial qu'il existe des politiques publiques adéquates et un environnement favorable aux entreprises pour tirer parti de cette opportunité.

Selon Leonam Guimarães, directeur technique d'ABDAN, l'insertion de l'industrie nucléaire dans le concept de néo-industrialisation peut être comprise à travers plusieurs perspectives, en tenant compte des progrès technologiques, des exigences en matière d'énergie propre et sûre, et des défis associés à la durabilité et au développement économique. Vérifier:

- **Innovation technologique :** La recherche et le développement continus dans le domaine nucléaire visent à améliorer l'efficacité et la sécurité des centrales nucléaires. Cela inclut le développement de réacteurs plus avancés, tels que les réacteurs de quatrième génération, qui promettent une sécurité accrue, une production réduite de déchets et une plus grande efficacité énergétique.
- **Durabilité :** Bien que l'énergie nucléaire fasse encore l'objet de débats sur ses impacts environnementaux et ses questions de sécurité, beaucoup affirment qu'elle peut jouer un rôle important dans la transition vers un mix énergétique plus propre et à faible émission de carbone. La néo-industrialisation cherche des moyens d'intégrer l'énergie nucléaire de manière durable, en tenant compte non seulement de la production d'électricité, mais aussi de la gestion sûre des déchets nucléaires et de la minimisation des risques environnementaux.
- **Efficacité énergétique :** Les centrales nucléaires sont connues pour leur grande capacité de production d'électricité continue et fiable. Du point de vue de la néo-industrialisation, cela peut être considéré comme un atout important pour assurer un approvisionnement stable en électricité afin de soutenir la croissance économique et industrielle, sans dépendre exclusivement de sources intermittentes telles que le solaire et l'éolien.





## TANT AU NIVEAU MONDIAL QU'AU BRÉSIL, L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE S'INSÈRE DANS LE CONTEXTE DE LA NÉO-INDUSTRIALISATION.

le contexte de la néo-industrialisation. Parmi les exemples pertinents dans le monde, citons le développement de nouveaux réacteurs, la modernisation des centrales nucléaires existantes, la coopération internationale et les investissements dans la sûreté et la gestion des déchets.

Leonam souligne également les avancées telles que le programme nucléaire brésilien, les investissements dans la recherche et le développement, la coopération internationale et le potentiel d'expansion, car le pays dispose d'un grand potentiel pour étendre son programme nucléaire, à la fois pour la production d'énergie et pour d'autres applications, telles que la médecine, l'agriculture et l'industrie.

En résumé, tant à l'échelle mondiale qu'au Brésil, l'industrie nucléaire est ancrée dans le contexte de la néo-industrialisation grâce à des efforts continus d'innovation technologique, de coopération internationale, d'investissements dans la sûreté et la gestion des déchets, et à l'exploration de nouvelles possibilités d'application de l'énergie nucléaire pour stimuler le développement économique et durable.

### L'IA ET LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Le processus de néo-industrialisation est également collaboratif, les innovations partageant les meilleures pratiques et apprenant les unes des autres. Récemment, par exemple, un article publié par le portail MIT Technology Review soulignait l'importance de tirer des leçons de la sûreté nucléaire pour éviter d'éventuelles catastrophes liées à l'intelligence artificielle (IA). Il soutient que, tout comme la sûreté nucléaire a développé des protocoles rigoureux pour faire face aux risques potentiels, l'IA a également besoin d'une approche similaire pour s'assurer qu'elle est développée et déployée de manière sûre et éthique.

Le concept principal est que les leçons et les pratiques de la sûreté nucléaire, telles que l'accent mis sur la redondance, la transparence et la coopération internationale, peuvent être appliquées dans le domaine de l'IA pour atténuer les conséquences négatives potentielles et garantir son utilisation sûre et bénéfique. ■

- **Emploi de haute technologie :** L'industrie nucléaire utilise une variété de technologies de pointe, allant de l'ingénierie des réacteurs aux systèmes de surveillance et de contrôle. Cela stimule non seulement l'innovation dans le secteur nucléaire, mais contribue également au développement des compétences et des connaissances dans les domaines liés à la science et à l'ingénierie, à la promotion de la compétitivité technologique et au renforcement des capacités de la main-d'œuvre.
- **Défis et opportunités mondiaux :** La néo-industrialisation de l'industrie nucléaire est confrontée à des défis importants, notamment en matière de sûreté, de prolifération nucléaire et de gestion des déchets. Cependant, il offre également des possibilités de coopération internationale, de partage des meilleures pratiques et d'élaboration de normes mondiales de sécurité et de durabilité.

En d'autres termes, l'industrie nucléaire est ancrée dans le concept de néo-industrialisation en adoptant l'innovation technologique, en promouvant la durabilité énergétique, en contribuant à l'efficacité industrielle et en relevant les défis mondiaux avec une approche tournée vers l'avenir basée sur les principes du développement durable.

Il existe un certain nombre d'initiatives et de développements qui reflètent l'insertion de l'industrie nucléaire dans



# FRAMATOME BRÉSIL : DES EXPERTS BRÉSILIENS SOUTIENDRONT L'USINE D'OKILUOTO EN FINLANDE

**DES COMPÉTENCES ET DES TALENTS DU NUCLÉAIRE NATIONAL AU SERVICE DU MONDE**

Framatome, un leader français de l'industrie nucléaire, reconnu pour son expertise en matière de solutions et de services innovants, s'apprête à entrer dans l'histoire. En mars 2024, deux techniciens brésiliens de Framatome Brasil auront l'opportunité de participer à l'arrêt de maintenance de l'usine d'Okiluoto en Finlande. Ce sera la première fois que des experts brésiliens collaboreront sur cette usine, ce qui démontre clairement le partenariat établi entre Framatome Brasil et d'autres entreprises impliquées dans le projet.

Les techniciens sélectionnés sont jeunes et disposent d'une vaste expérience, grâce à leur participation à la dernière étape d'Angra 1 et à leur travail d'équipe avec des experts internationaux en Allemagne. On s'attend à ce qu'ils mettent à profit leurs compétences et leurs connaissances acquises sur le sol brésilien pour contribuer au succès de l'entretien de l'usine d'Okiluoto.

Dans une interview exclusive accordée au magazine Conexão Nulical, Holger Ludwig, directeur technique de Framatome Brasil, a exprimé sa confiance dans le marché brésilien et a salué le moment actuel, soulignant le soutien et la coopération existants. « Je crois au potentiel industriel du pays et de ses usines. En fait, nous avons récemment embauché des ingénieurs et des techniciens brésiliens pour travailler chez Framatome », a-t-il déclaré.

Ludwig travaille sur le marché nucléaire depuis près de 30 ans, ayant travaillé chez Siemens KWU, Areva et Framatome. En tant qu'ingénieur nucléaire, il a travaillé à la mise en service d'Angra 2 et a été ingénieur résident de cette centrale.

Au cours des dernières années, Framatome Brasil a concentré ses efforts sur la formation d'une équipe technique nationale, avec l'embauche de techniciens et d'ingénieurs pour travailler sur des contrats avec Eletronuclear. Pour 2024, l'entreprise

prévoit de continuer à étendre sa présence sur le marché brésilien par le biais de nouvelles embauches, dans le but d'augmenter le nombre de professionnels brésiliens dans son équipe technique.

De cette manière, Framatome Brasil renforcera sa base de connaissances et de compétences locales, ce qui profitera à la fois au marché nucléaire brésilien et aux projets internationaux dans lesquels l'entreprise est impliquée. En outre, l'entreprise reconnaît l'importance de la relation politique entre l'Association brésilienne pour le développement des activités nucléaires (ABDAN) et les parlementaires, agissant en tant que facilitateur et représentant des entreprises privées du secteur.

Avec une nouvelle opportunité de s'imposer sur la scène internationale, Framatome Brasil est prêt à démontrer son talent et à montrer au monde le potentiel des professionnels brésiliens dans le domaine de l'énergie nucléaire. ■

---

**CE SERA LA PREMIÈRE FOIS  
QUE DES SPÉCIALISTES  
BRÉSILIENS COLLABORERONT  
DANS CETTE USINE  
FINLANDAISE, CE QUI  
DÉMONTRE CLAIEMENT LE  
PARTENARIAT ÉTABLI ENTRE  
FRAMATOME BRÉSIL ET  
D'AUTRES ENTREPRISES.**

---

# LE NUCLÉAIRE : UN ALLIÉ INDISPENSABLE DE LA DÉCARBONATION

**LA NEUTRALITÉ CARBONE EST LE THÈME D'ÉVÉNEMENTS TELS QUE LA COP 28, MISSION BELGIQUE ET LA CONFÉRENCE MINISTÉRIELLE SUR L'ÉNERGIE PROPRE**

Le secteur nucléaire joue depuis longtemps un rôle crucial dans le paysage énergétique mondial, et alors que le monde se tourne vers la neutralité carbone, il apparaît comme une pièce clé de ce puzzle environnemental. Dans cette édition de Conexão Nuclear, nous explorons le thème de la « neutralité carbone » à travers le prisme de Carlos Leipner, membre respecté du conseil d'administration de l'Association brésilienne pour le développement des activités nucléaires (ABDAN).

Dans une interview exclusive, Leipner a partagé son point de vue sur le rôle prépondérant du secteur nucléaire dans la poursuite de la neutralité carbone. Il souligne l'étape importante qu'a été la COP 28, où la question nucléaire a été reconnue et discutée dans un forum international d'une grande pertinence, et parle de ce qui est à venir, comme la mission en Belgique.

« Nous vivons un moment charnière dans la transition énergétique mondiale, et l'énergie nucléaire apparaît comme une solution viable et durable. La COP 28 a marqué un tournant, mettant en lumière le rôle clé que joue le nucléaire dans la réduction des émissions de carbone », a déclaré Leipner.

En discutant de l'évolution du rôle de l'énergie nucléaire dans les conférences sur le climat, Leipner revient sur la COP 26 en Écosse, où la question nucléaire a commencé à occuper une place plus importante, et sur la COP 27 en Égypte, qui a vu la présence la plus importante du secteur. Il souligne le rôle clé joué par des pays tels que les Émirats arabes unis, qui ont récemment construit quatre réacteurs, un exemple inspirant de la manière dont l'énergie nucléaire peut être mise en œuvre avec succès.

« En examinant ces cas, nous nous rendons compte que l'énergie nucléaire n'est pas seulement une solution théorique, mais une réalité tangible. Ces pays démontrent qu'avec des investissements et une coopération internationale, il est possible de construire une matrice énergétique propre et efficace », souligne M. Leipner.

## L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE EST LA VOIE VERS LA NEUTRALITÉ CARBONE : 22 PAYS S'ACCORDENT

Lors de la COP28 à Dubaï, un groupe de 22 pays, dont les États-Unis, le Royaume-Uni et la France, ont uni leurs forces pour soutenir une proposition audacieuse : tripler la capacité mondiale de production d'énergie nucléaire d'ici 2050. La déclaration conjointe vise à réduire les émissions de carbone dans les décennies à venir en réponse aux préoccupations croissantes concernant le changement climatique. Malgré la baisse récente des investissements, l'énergie nucléaire reste la deuxième source mondiale d'énergie propre.

L'initiative a pris de l'importance dans le cadre du scénario présenté par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) visant à empêcher l'augmentation de la température mondiale de dépasser 1,5 °C. Emmanuel Macron, président français, a exprimé son soutien lors de l'événement, affirmant que les petits réacteurs modulaires sont « une solution indispensable ».

Soutenant cette approche, l'envoyé américain pour le climat, John Kerry, a déclaré qu'« il n'est pas possible d'atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici 2050 sans l'énergie nucléaire ». La flexibilité et la capacité d'installation à proximité des zones de consommation sont des avantages supplémentaires des centrales nucléaires, les rendant plus pratiques et occupant moins d'espace par rapport aux alternatives, telles que les centrales hydroélectriques.

Selon une étude de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la réduction de l'offre d'énergie nucléaire rendra la transition vers une matrice propre plus difficile et plus coûteuse. Pour Wille Magwood, directeur général de l'Agence pour l'énergie nucléaire, tripler la capacité nucléaire d'ici 2050 est une voie réaliste pour atteindre les objectifs de zéro émission de carbone. Actuellement, la capacité nucléaire installée dans le monde est d'environ 375 GW et devrait atteindre 631 GW d'ici 2050.

Selon les données de S&P Global Commodities Insights, en 2022, six nouveaux réacteurs ont été mis en service dans des pays tels que la Chine, la Finlande, le Pakistan, la Co-



rée du Sud et les Émirats arabes unis. En outre, huit nouveaux projets ont été lancés dans des pays tels que la Chine, l'Égypte et la Turquie. D'ici 2030, la Chine devrait dépasser les États-Unis en tant que pays disposant de la plus grande capacité de production nucléaire, tandis que l'Allemagne cessera ses opérations nucléaires, fermant ainsi ses trois derniers réacteurs actifs.

« La déclaration souligne l'acceptation croissante de ce secteur en tant qu'acteur clé dans le cheminement vers la neutralité carbone », a-t-il déclaré. Leipner souligne l'importance des forums internationaux, tels que la COP, pour promouvoir le dialogue et la coopération entre le gouvernement, le secteur privé et le secteur civil. Il mentionne également la prochaine COP 30 au Brésil comme une occasion unique pour le pays de présenter sa matrice énergétique, y compris la contribution nucléaire.

« ABDAN s'engage à mener des discussions sur le rôle de l'énergie nucléaire dans la transition vers une économie neutre en carbone. Nous avons une opportunité unique avec la COP 30 au Brésil, et nous espérons être en mesure de démontrer le potentiel important du nucléaire », a-t-il déclaré.

En outre, M. Leipner souligne l'importance d'autres initiatives, telles que la Mission en Belgique et la Conférence ministérielle sur l'énergie propre (CEM), qui réunira les dirigeants à Foz do Iguaçu en septembre pour discuter des questions liées à l'énergie propre au niveau ministériel.

## MISSION EN BELGIQUE

Dans le cadre d'un effort mondial visant à favoriser la décarbonisation et à lutter contre le changement climatique, ABDAN se rend en Belgique pour participer au traité international qui vise à tripler l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'initiative conjointe de l'Agence internationale de l'éner-

gie atomique (AIEA) et d'associations de plusieurs pays est mise en avant, réunissant les dirigeants mondiaux lors du Sommet sur l'énergie nucléaire, prévu le 21 mars 2024.

Rafael Mariano Grossi, Directeur général de l'AIEA, et Alexander De Croo, Premier ministre de Belgique, coprésideront l'événement. Il s'agit de la réunion de haut niveau à ce jour et elle se concentre exclusivement sur la discussion du rôle crucial que joue la technologie nucléaire dans la lutte contre le changement climatique.

Le président d'ABDAN, Celso Cunha, estime que la réunion devient une étape importante pour promouvoir la sensibilisation et la coopération internationale dans le secteur nucléaire. Le Brésil, reconnaissant l'importance stratégique de l'énergie nucléaire, participe activement aux discussions et cherche à élargir sa participation à ce scénario. On s'attend à ce que la collaboration entre les nations et les organisations représente une étape cruciale vers un avenir plus durable et exempt d'émissions excessives de carbone.

Pour M. Leipner, l'événement, qui réunira les plus hauts dirigeants de plusieurs pays, réaffirmera l'engagement en faveur de l'énergie nucléaire et de sa croissance. En plus de discuter de ce qui peut être fait pour vraiment atteindre cet objectif de tripler le secteur nucléaire », explique-t-il. Il reconnaît qu'il s'agit d'un acte très ambitieux et que, dans tous les cas, il nécessitera le soutien, non seulement des organismes gouvernementaux, mais de l'ensemble de l'industrie, du secteur, des acteurs et même de la société civile, comme les organisations non gouvernementales, les associations et les universités. « Il s'agira d'un événement très important pour le secteur nucléaire qui déploiera de nombreuses actions au niveau mondial et qui, je pense, la participation du Brésil, une fois de plus, renforce son importance au sein du secteur nucléaire mondial », conclut-il. ■



# ENTRETIEN AVEC CELSO PANSERA, LE PRÉSIDENT DE LA FINEP

*Dans cette édition, Conexão Nuclear apporte un chat très inspirant avec Celso Pansera, président de Finep, une entité dont la mission est de promouvoir le développement économique et social du Brésil à travers la promotion publique de la science, de la technologie et de l'innovation dans les entreprises, les universités, les instituts technologiques et autres institutions publiques ou privées. En ce qui concerne le secteur nucléaire, notre interlocuteur commente les partenariats, la recherche, les investissements, la durabilité et, bien sûr, l'innovation.*

## **1 – L'innovation est essentielle à l'avancement de l'industrie nucléaire. Comment Finep promeut-elle cela dans le secteur ? Et quelles stratégies l'entité adopte-t-elle pour établir des partenariats stratégiques qui stimulent le développement des technologies nucléaires au Brésil ?**

L'un des principaux projets soutenus par Finep concerne le secteur nucléaire. Le financement le plus important et celui qui implique la plus grande contribution de ressources à l'heure actuelle est le projet de réacteur polyvalent brésilien (RMB), qui bénéficiera à des millions de Brésiliens. Rien qu'en décembre 2022, Finep a contribué à hauteur de 172 millions de reais de ressources non remboursables du FNDCT (Fonds national de développement scientifique et technologique) pour la préparation du projet d'ingénierie détaillée du Laboratoire de traitement et de manipulation des radio-isotopes du réacteur. Il s'agit d'un réacteur destiné à la production de radio-isotopes et servant à la fois à la production de produits radiopharmaceutiques et à une utilisation en médecine nucléaire pour le diagnostic et le traitement. De plus, l'ensemble du processus de qualification du combustible nucléaire peut être effectué avec le réacteur polyvalent. Il y a aussi un projet qui est en cours depuis de nombreuses années, un programme nucléaire de la Marine que Finep soutient directement. Il y a même une tradition, disons, d'interaction du Finep avec le secteur nucléaire, de soutien aux initiatives des instituts de la Commission nationale de l'énergie nucléaire. On s'attend à ce que de nouveaux projets voient le jour, notamment dans le domaine des petits réacteurs modulaires. Finep sera toujours prêt à soutenir l'infrastructure de recherche qui conduira au développement technologique dans le secteur.



## **2 – Comment Finep oriente-t-elle les investissements pour stimuler la recherche nucléaire au Brésil ? Quels sont les principaux projets et initiatives en cours pour renforcer le développement technologique dans ce secteur ?**

En ce qui concerne les investissements dans l'innovation et les partenariats stratégiques, il existe une tradition de soutien aux initiatives innovantes dans le domaine nucléaire, avec un accent particulier sur le programme nucléaire de la Marine, qui nous a conduits à la maîtrise du cycle du combustible nucléaire. Comme mentionné précédemment, les différents instituts de la Commission nationale de l'énergie nucléaire ont été, au fil des ans, clients de Finep et, dans ces instituts, ce qui est fait est précisément de chercher à progresser dans l'application des technologies nucléaires dans les domaines les plus divers – agriculture, médecine, industrie, entre autres. Ces applications, évidemment, deviennent de plus en plus intéressantes, en raison des différentes innovations qui ont émergé dans le secteur. Un domaine qui mérite également d'être mentionné est l'alimentation. Les techniques nucléaires sont actuellement largement utilisées dans le

monde entier pour la conservation des aliments et la lutte antiparasitaire, entre autres applications.

**3 – Au milieu de la recherche croissante de sources d'énergie plus durables, comment Finep contribue-t-elle à faire de l'énergie nucléaire une option plus viable et durable dans le scénario énergétique brésilien ?**

Quant à la durabilité de l'énergie nucléaire, c'est déjà quelque chose qui est largement accepté. Il s'agit d'une énergie propre dans le sens où elle ne contribue pas efficacement à l'émission de gaz à effet de serre et il semble maintenant y avoir une tendance internationale à l'intégrer dans la gamme des énergies considérées comme durables. Et le développement, qui est internationalement reconnu comme très prometteur dans ce domaine, est précisément celui des petits réacteurs modulaires. Comme leur nom l'indique, ils ont une construction modulaire, sont des réacteurs plus sûrs et peuvent être utilisés pour former des ensembles, des clusters, fournissant de l'énergie non seulement pour la conversion en énergie électrique, mais dans de multiples applications, telles que le dessalement et l'utilisation industrielle. La maîtrise de la technique d'enrichissement de l'uranium est un autre élément dans ce contexte.

**4 – La formation de professionnels qualifiés est cruciale pour le succès de l'industrie nucléaire. Finep soutient-elle des projets de qualification et de formation de ressources humaines spécialisées dans le secteur nucléaire, en tenant compte des demandes futures ?**

En ce qui concerne la formation des ressources humaines, certaines universités du pays, comme l'Université fédérale de Rio de Janeiro, proposent des cours de premier cycle en génie nucléaire, en plus des études supérieures à Coppe. Nous pouvons trouver des formations de très bonne qualité dans le domaine nucléaire dans des universités, telles que l'Université fédérale de l'ABC, l'Université fédérale de São Carlos et l'Unicamp. Et Finep, de toute évidence, a une tradition de soutien aux institutions scientifiques et technologiques. Nous ne pouvons pas non plus oublier les institutions de recherche de la Marine susmentionnées qui travaillent dans le domaine nucléaire, au Centre technologique de la Marine à São Paulo. Sans oublier les instituts de la Commission nationale de génie nucléaire, par exemple, l'Ipem, l'Institut de recherche énergétique et nucléaire (São Paulo), qui forment des professionnels dans ce domaine depuis de nombreuses années, notamment en partenariat avec l'Université de São Paulo. Il y a aussi le Centre pour le développement des technologies nucléaires, à Belo Horizonte, sur le campus de l'Université fédérale de Minas Gerais.

**“  
FINEP SERA TOUJOURS  
PRÊTE À SOUTENIR  
L'INFRASTRUCTURE  
DE RECHERCHE  
QUI CONDUIRA AU  
DÉVELOPPEMENT  
TECHNOLOGIQUE  
DANS LE SECTEUR  
NUCLÉAIRE.  
”**

**5 – En ce qui concerne l'avenir, quelles sont les perspectives de croissance et d'expansion de l'industrie nucléaire brésilienne ?**

C'est à l'avenir que l'énergie nucléaire devrait faire de plus en plus partie de la matrice énergétique brésilienne, car elle est considérée comme une énergie propre. En Europe, elle est déjà considérée comme une énergie verte. Et il y a tout ce mouvement de diversification des matrices énergétiques, avec une augmentation de la participation du nucléaire. Mais, au-delà de cela, le domaine nucléaire tend à prendre de plus en plus d'importance en médecine. Et avec le soutien du réacteur polyvalent brésilien, nous résoudrons un grave problème, à savoir notre dépendance aux radio-isotopes, tant pour le traitement, le diagnostic que pour la médecine nucléaire. Nous aurons également des lignes de neutrons pour faire de la recherche sur les matériaux, un impact important sur l'ensemble du secteur nucléaire. Dans les techniques de conservation des aliments, pour la lutte antiparasitaire, il est également de plus en plus utilisé. Et il y a le défi actuel de produire des réacteurs modulaires plus petits et plus sûrs qui répondent déjà aux exigences découlant du dernier accident survenu à Fukushima, qui a nécessité l'intégration de nombreuses mesures de sécurité. Ces réacteurs en tiennent compte. Ils ont un coût inférieur, ils peuvent être utilisés dans les zones reculées non seulement pour l'énergie, mais aussi – comme nous l'avons dit – pour le dessalement de l'eau, de sorte que les perspectives d'avenir sont très bonnes. La société doit comprendre que le secteur nucléaire est extrêmement bénéfique. ■

# LES BATTERIES NUCLÉAIRES : LA PROMESSE D'UNE ÉNERGIE DURABLE

L'EFFICACITÉ ET L'ÉNERGIE SONT LES POINTS FORTS DE L'IPEN-CNEN ET DE BÉTAVOLT

Les innovations récentes dans la technologie des batteries nucléaires promettent une alimentation durable et fiable pendant de longues périodes. Avec les études menées par l'Institut de recherche sur l'énergie et le nucléaire (IPEN-CNEN) au Brésil et les avancées notables de la start-up chinoise Betavolt, la perspective de dispositifs énergétiques à l'autonomie exponentielle est plus proche que jamais.

## PERCÉE BRÉSILIENNE : LA BATTERIE NUCLÉAIRE DE L'IPEN-CNEN

Au Brésil, des scientifiques de l'IPEN-CNEN ont mis au point la première batterie nucléaire nationale, utilisant l'isotope américium 241. Cette batterie thermoélectrique, également connue sous le nom de générateur thermoélectrique radio-isotopique (RTG), a le potentiel de fournir de l'énergie pendant plus de 200 ans sans avoir besoin de recharges, ce qui en fait une option prometteuse pour les applications dans des endroits éloignés ou difficiles d'accès.

Au cœur de cette avancée se trouve l'américium, un métal radioactif dont la chaleur de désintégration naturelle est exploitée pour générer de l'énergie électrique. Les

batteries nucléaires fonctionnent à l'aide de pastilles thermoélectriques (GET) génératrices d'énergie électrique, qui captent la chaleur de l'américium en décomposition pour produire de l'électricité.

Bien que ces batteries offrent actuellement une tension de sortie modeste de 20 millivolts (mV), la vérité à leur sujet est leur incroyable longévité. Avec une demi-vie de 432,6 ans, l'américium nous permet d'estimer une durabilité allant jusqu'à 200 ans pour chaque batterie.

Ce phénomène est le résultat de la différence de température entre le côté chaud, où se trouve la source d'américium, et le côté froid des granulés. La tension alimente un circuit collecteur, qui stocke suffisamment d'énergie pour fournir périodiquement de petites charges. Cependant, en raison de la capacité de production d'énergie limitée du modèle actuel, une source avec une activité plus élevée n'est nécessaire que pour allumer une simple LED.

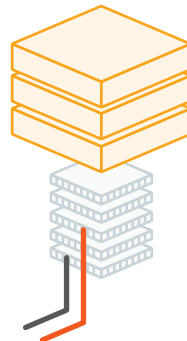
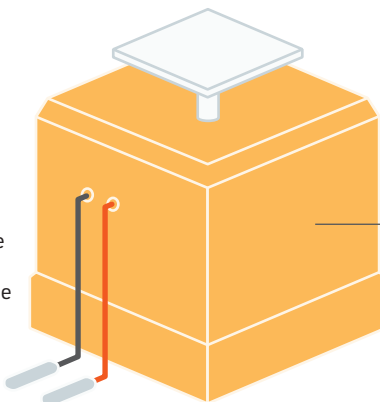
Maria Alice Morato Ribeiro, chercheuse au Centre d'ingénierie nucléaire de l'IPEN et coordinatrice du projet, explique comment se déroule l'ensemble de l'exécution. Dans les entrailles d'une batterie nucléaire, l'énergie naît d'un

## LA BATTERIE NUCLÉAIRE BRÉSILIENNE



### 200 ans

c'est le potentiel de fournir de l'énergie sans avoir besoin de recharges



### AMÉRICIUM-241

Métal radioactif, dont la chaleur de désintégration naturelle est exploitée dans les TEGs

### TEGS

Des tranches énératrices d'énergie thermoélectrique. Elles captent la chaleur de l'américium en décomposition pour produire de l'électricité

Source: ABDAN



## AVEC UNE DEMI-VIE DE 432,6 ANS, L'AMÉRICIUM NOUS PERMET D'ESTIMER UNE DURABILITÉ ALLANT JUSQU'À 200 ANS POUR CES BATTERIES.



La chercheuse Maria Alice Morato Ribeiro du CEENG, coordinatrice du projet de développement d'une batterie nucléaire

processus fascinant. La chaleur générée par la désintégration naturelle d'un radio-isotope est le moteur de cette innovation énergétique. L'énergie thermique est ensuite canalisée à travers de petites puces génératrices d'énergie thermoélectrique (TEG), donnant vie au potentiel électrique de la batterie.

Malgré ce potentiel, des défis techniques persistent, notamment en ce qui concerne la fiabilité des plaquettes thermoélectriques, qui devraient fonctionner pendant une période équivalente. Selon Maria Alice, cette première batterie a été développée principalement pour valider le concept. L'étape suivante est la construction d'une version améliorée, avec une puissance portée à 100 mW.

Il convient de noter qu'il s'agit d'une réalisation pluridisciplinaire de l'INPE-CNEN. Le projet a été développé par le Centre d'ingénierie nucléaire (CEENG) et la batterie a été assemblée par des chercheurs du Centre de technologie des rayonnements (CETER), en utilisant des pastilles d'américium-241 qui se trouvaient au Service de gestion des déchets radioactifs (SEGRR) comme combustible.

### LA RÉVOLUTION BETAVOLT : LES BATTERIES NUCLÉAIRES MINIATURES

Pendant ce temps, la start-up chinoise Betavolt a franchi une étape importante en développant une petite batterie nucléaire de la taille d'une pièce de monnaie. Cette innovation, baptisée BV100, promet une autonomie de 50 ans sans avoir besoin de recharge. Avec une puissance de 100 microwatts et des dimensions compactes de 15 x 15 x 5 millimètres cubes, cette batterie représente une véritable révolution dans la miniaturisation de l'énergie nucléaire.

L'entreprise basée à Pékin est en train d'entrer dans l'histoire. Imaginez 63 isotopes nucléaires emballés dans un module plus petit qu'une pièce de monnaie, c'est une véritable prouesse technologique !

Mais comment est-ce possible ? La fonctionnalité de cette batterie est basée sur la conversion de l'énergie libérée lors de la décomposition des isotopes en électricité. Ce procédé, qui remonte au XX<sup>e</sup> siècle, a été affiné et optimi-

sé par Betavolt, ce qui a permis d'obtenir une batterie efficace et puissante.

Selon l'entreprise, la réalisation ne se limite pas seulement à la miniaturisation, mais implique également la modularisation et l'efficacité dans la production de batteries à énergie atomique. En d'autres termes, Betavolt a non seulement comprimé l'énergie nucléaire, mais l'a également rendue applicable à une variété d'utilisations pratiques.

Selon Zhang Wei, président et chef de la direction de Betavolt, la société prévoit de lancer une batterie de 1 watt d'ici 2025. Cette initiative promet d'ouvrir la porte à une variété d'applications innovantes. Wei envisage un avenir dans lequel, si la réglementation le permet, les batteries nucléaires pourraient alimenter indéfiniment les téléphones portables. En outre, il suggère de transformer les drones à vol court en vols continus, grâce au potentiel des batteries atomiques. L'entreprise considère également que ces batteries sont sans danger pour les dispositifs médicaux à l'intérieur du corps humain, tels que les stimulateurs cardiaques et les implants cochléaires, sans rayonnement externe.

Ces progrès indiquent un changement significatif dans le paysage de l'alimentation portable, avec de profondes implications dans divers domaines, de la technologie grand public aux utilisations industrielles.

### L'AVENIR DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ENTRE NOS MAINS

Les innovations présentées dans ce domaine ont le potentiel de transformer une variété d'industries, de l'utilisation des engins spatiaux aux dispositifs de surveillance à distance. À l'heure actuelle, les batteries nucléaires sont déjà utilisées dans les phares insulaires éloignés, les satellites et les rovers spatiaux, tels que Curiosity et Perseverance de la NASA.

Avec le développement continu de cette technologie, l'énergie nucléaire devient une option de plus en plus viable et durable pour répondre à la demande croissante d'énergie, offrant une alternative fiable et durable pour l'avenir. ■

# LES INNOVATIONS EN MÉDECINE NUCLÉAIRE : RENCONTREZ LES ALLIÉS DE LA LUTTE CONTRE LA MALADIE D'ALZHEIMER ET LE CANCER DE LA PROSTATE

**TENEZ-VOUS AU COURANT DE CE QUI SE PASSE À L'AVANT-GARDE DE CETTE SPÉCIALITÉ**

La médecine nucléaire a excellé dans le diagnostic et le traitement de diverses maladies qui affligent l'humanité depuis des années, apportant des avantages aux patients et aux professionnels de la santé. Il y a des pays qui sont assez avancés dans ce domaine et dans la démocratisation de l'accès aux innovations pour une grande partie de la population.

Au Brésil, le scénario évolue à un rythme qui peut encore être lent pour ceux qui souffrent d'une maladie, mais il avance avec la force et la détermination de ceux qui se consacrent à l'étude et à la recherche, en veillant à ce que nous suivions de près tout ce qui se passe dans le monde. L'objectif est ambitieux, mais la volonté d'améliorer le pronostic et la qualité de vie de plus de 200 millions d'habitants est un facteur qui motive et invite à la génération de partenariats et d'entreprises.

Dans cet article, nous traiterons spécifiquement de la façon dont la médecine nucléaire peut changer la réalité des patients atteints de la maladie d'Alzheimer (MA) et du cancer de la prostate (PCa).

## **MALADIE D'ALZHEIMER : DÉTECTION PRÉCOCE, TRAITEMENT EFFICACE**

La maladie d'Alzheimer (MA) est une préoccupation croissante dans le monde entier, affectant des millions de personnes, en particulier les personnes âgées. Selon l'Organisation mondiale de la santé, on estime actuellement à 35,6 millions le nombre de personnes at-

teintes de la maladie, et ce nombre devrait doubler en 2030 et tripler en 2050. Au Brésil, environ 1,2 million de personnes vivent avec la maladie d'Alzheimer. Il est important de souligner que l'augmentation de l'espérance de vie augmente l'incidence de la maladie, ce qui a un impact socio-économique sur le monde.

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative progressive et incurable, qui se manifeste par la détérioration des fonctions cognitives, ainsi que par l'émergence de changements neuropsychiatriques et comportementaux, entraînant l'altération des activités de la vie quotidienne (AVQ). Avec la progression de l'atteinte cérébrale par la maladie, le patient progresse de la perte de la mémoire récente à la non-reconnaissance des personnes proches de lui, ainsi qu'à l'incapacité d'effectuer des soins personnels, atteignant un état d'immobilité, une perte complète d'autonomie et, enfin, la mort, qui survient invariablement dans les 7 à 10

---

**LA MÉDECINE NUCLÉAIRE TRANSFORME LA FAÇON DONT NOUS DIAGNOSTIQUONS ET TRAITONS DIVERSES PLUSIEURS MALADIES.**

---

ans suivant le diagnostic.

Le diagnostic de la maladie d'Alzheimer était autrefois post-mortem, mais les progrès de la médecine nucléaire ont permis la détection précoce des protéines cérébrales associées à la maladie de la vie, grâce à la tomographie par émission de positons (TEP) avec des marqueurs  $\beta$ -amyloïdes.

« Ce test non invasif a le potentiel d'identifier la présence de protéines dans les premiers stades de la maladie, avant même que les symptômes cliniques ne se manifestent. Au Brésil, le marqueur amyloïde au fluorure 18 (18F), comme le Florbetaben (FBB), s'impose comme un outil prometteur, bien que sa disponibilité soit encore limitée. Cette innovation permet non seulement de confirmer le diagnostic de la maladie d'Alzheimer, mais aussi d'ouvrir la voie à des traitements à des stades plus précoces », explique Flávia Dornelas Kurkowski, médecin nucléaire à l'Institut du cerveau de Rio Grande do Sul (InsCer).

La médecine nucléaire dispose d'autres tests bien établis dans le diagnostic de la maladie d'Alzheimer, tels que la scintigraphie de perfusion cérébrale et la TEP/TDM au 18F-FDG. Le premier utilise le traceur 99Tc-ECD, qui est capable d'évaluer la perfusion cérébrale. Le second utilise le fluorodésoxyglucose (18F-FDG), un analogue du glucose qui permet d'observer le métabolisme cérébral. Dans la maladie d'Alzheimer, le flux sanguin et le métabolisme cérébral sont affectés et peuvent être détectés par TEP.

Les examens de médecine nucléaire sont des outils extrêmement pertinents dans la maladie d'Alzheimer, capables d'aider au diagnostic, donc à la prise en charge clinique, offrant une meilleure qualité de vie à ces patients. L'inclusion de la TEP avec un marqueur  $\beta$ -amyloïde permet actuellement de confirmer le diagnostic de la maladie d'Alzheimer et son identification à un stade précoce et sera certainement un outil fondamental dans le traitement, ouvrant la voie à l'utilisation de thérapies lorsque les symptômes cliniques sont encore absents. Ce sont de grandes avancées apportées par la spécialité médicale de la médecine nucléaire.

## LE CANCER DE LA PROSTATE : PRÉCISION DU DIAGNOSTIC, ESPOIR DANS LE TRAITEMENT

Le cancer de la prostate (PCa) est l'un des principaux problèmes de santé publique dans le monde, se classant au deuxième rang de la mortalité masculine au Brésil - derrière le cancer du poumon - et au sixième rang mondial, selon les données de l'INCA (Institut National du Cancer) et de l'OMS (Organisation mondiale de la santé). On estime que, pour l'exercice biennal 2023-2025, environ 72 000 nouveaux cas seront diagnostiqués dans le pays.

Le cancer de la prostate (PCa) est une maladie caracté-

risée par la croissance anormale et incontrôlée de cellules de la prostate, la glande sexuelle masculine responsable de la production d'une partie du liquide séminal. Cette croissance anormale peut entraîner la formation d'une tumeur, qui peut se propager à d'autres parties du corps, telles que les os, les ganglions lymphatiques et d'autres organes. L'âge est un facteur de risque important, étant la maladie la plus fréquente chez les hommes de plus de 50 ans, surtout après l'âge de 60 ans.

Le cancer de la prostate présente des défis pour les médecins en matière de diagnostic et de traitement. La phase initiale est asymptomatique, ce qui rend difficile la détection précoce. Le diagnostic de PCa peut être posé par différents tests, tels que le toucher rectal, la mesure du PSA (antigène spécifique de la prostate), l'échographie abdominale et transrectale, la biopsie, la tomodensitométrie, l'imagerie par résonance magnétique du bassin et les tests de médecine nucléaire. Le test de l'APS peut donner des résultats faussement négatifs ou entraîner des biopsies inutiles. La biopsie est invasive et peut entraîner des complications. La résistance au traitement et les métastases sont des obstacles supplémentaires. La recherche vise à améliorer le diagnostic, à réduire les effets secondaires et à développer de nouveaux traitements plus efficaces.

La médecine nucléaire a joué un rôle crucial dans ce scénario, en offrant des technologies avancées pour le diagnostic et le traitement, explique Josino Garcia, directeur général de Medical. Principalement avec l'utilisation de la technologie TEP/TDM (Tomographie par émission de positons associée à la tomodensitométrie) et, plus récemment, de la TEP/IRM (Tomographie par émission de positons associée à l'imagerie par résonance magnétique). Cette technologie permet de visualiser les cellules tumorales avec une grande précision, ce qui permet un diagnostic plus précis et plus précoce de la maladie, en plus d'aider à la stadification et à l'évaluation de la réponse au traitement.

En outre, de nouveaux produits radiopharmaceutiques, tels que le Xofigo (Ra-223) et le 177Lu-PSMA, ont été approuvés pour un usage thérapeutique, offrant de l'espoir aux patients atteints de tumeurs résistantes. Malgré les défis, tels que la production à l'échelle industrielle du radio-isotope 225Ac, la recherche continue de progresser, avec des études cliniques prometteuses en cours. La médecine nucléaire est à l'avant-garde de la lutte contre la PCa, offrant des solutions de plus en plus précises et efficaces.

« En résumé, les innovations en médecine nucléaire transforment la façon dont nous diagnostiquons et traitons le cancer de la prostate. Le développement de nouveaux produits radiopharmaceutiques et de techniques théranostiques est un domaine prometteur qui offre de l'espoir aux patients », conclut Josino. ■



# COMPÉTENCES-CLÉS POUR L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE DANS L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE

**LES PROFESSIONNELS DOIVENT AVOIR DES COMPÉTENCES TECHNIQUES, MAIS AUSSI DES COMPÉTENCES EN GESTION, DE LA MOTIVATION ET DE L'ENGAGEMENT DANS DES PROJETS PERTINENTS**

L'industrie nucléaire joue un rôle crucial dans divers domaines, de la production d'électricité aux applications en médecine et en agriculture. Cependant, elle est confrontée à des défis complexes dans un environnement marqué par la volatilité, l'incertitude, la complexité et l'ambiguïté. L'innovation est fondamentale pour sa pertinence et sa pérennité, mais de nombreux obstacles entravent son développement, tels que la longue durée de maturation des projets et le manque d'intégration entre le monde académique et les entreprises.

Les chercheurs catégorisent l'environnement dans lequel nous vivons aujourd'hui avec la nomenclature VUCA (pour Volatilité, Incertitude, Complexité et Ambiguïté). Détaillons un peu plus : les changements sont plus dynamiques, l'incertitude sur le scénario et l'avenir n'a jamais été aussi présente et l'analyse pour la prise de décision est présentée sous de multiples perspectives. D'une manière générale, il est nécessaire d'identifier les priorités, et l'innovation est un élément nécessaire de ce processus.

Selon la Dr Patricia Wieland (membre du conseil d'administration d'ABDAN et d'Amazul et directrice de la World Nuclear University de 2014 à 2020), il est nécessaire d'innover pour rester utile, pertinent, économiquement viable et en conformité avec les objectifs de développement durable. L'innovation ne s'arrête pas à la publication d'un article scientifique dans une revue. Pour elle, il est nécessaire d'identifier à l'avance les idées et les projets innovants qui sont pertinents pour l'industrie et qui méritent de recevoir des incitations pour leur mise en œuvre opérationnelle. Quel que soit le portefeuille d'innovations et leurs choix, la base principale est

celle des ressources humaines, qu'il s'agisse des collaborateurs, des managers ou des décideurs.

Pour la Dr Eliene Silva (spécialiste scientifique de l'équipe d'ingénierie de Framatome), l'innovation est un élément fondamental de l'industrie nucléaire, compte tenu des exigences particulières de ce secteur, si spécifique et qui nécessite d'être présent et actif. Il y a beaucoup à développer en termes de chaîne de production du secteur au Brésil.

## DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES POUR L'INNOVATION

L'innovation doit donc être envisagée tout au long de la chaîne, dans la partie physique et humaine, depuis les projets, les idées, les analyses, la recherche, jusqu'à l'exécution proprement dite et les étapes suivantes. Il n'y a pas moyen de penser le nucléaire sans considérer l'innovation comme un élément essentiel.

Et comment est-il possible de favoriser une posture d'innovation ? Ci-dessous, nous partageons les suggestions des Drs Patrícia et Eliene sur le sujet :

---

**QUEL QUE SOIT LE PORTEFEUILLE  
D'INNOVATIONS ET LEURS CHOIX,  
LA BASE PRINCIPALE EST CELLE  
DES RESSOURCES HUMAINES, QU'IL  
S'AGISSE DES COLLABORATEURS,  
DES MANAGERS OU DES DÉCIDEURS.**

---

**Gestion efficace :** Des gestionnaires compétents sont essentiels pour diriger des équipes dynamiques, promouvoir l'apprentissage continu et stimuler l'innovation. Ils doivent créer un environnement propice à l'expression de nouvelles idées et au développement de solutions efficaces, en évitant la démotivation et la stagnation. Selon Patricia Wieland, la formation des managers à l'innovation est un enjeu critique et urgent : les managers doivent avoir la capacité d'animer des groupes dynamiques et diversifiés et de s'encourager, ainsi que leurs collaborateurs, à apprendre et à partager leurs connaissances en continu, en gardant une vision globale des objectifs à atteindre.

Le professionnel renforce le fait que les managers qui aident leurs employés à développer leur carrière grandissent et se préparent également à occuper des postes plus élevés, parfois dans des secteurs différents. Bien que l'avancement professionnel puisse être difficile, ceux qui ont déjà fait ce parcours peuvent être prêts à servir de « coach exécutif ». Cela accélérera le processus d'apprentissage en hiérarchisant les questions les plus importantes, en présentant le réseau, en fournissant des informations et en répondant aux préoccupations.

« En développant les compétences spécifiques nécessaires pour répondre à l'augmentation prévue de la production d'électricité à partir de la production nucléaire, par exemple, nous devons cibler les gestionnaires d'aujourd'hui et les dirigeants de demain. Nous devons penser à l'héritage dont nous avons nous-mêmes hérité et aussi à ce que nous laissons à la prochaine génération. Ce qui me vient à l'esprit ici, c'est la communication. Nous devons cesser de nous attendre à ce que les dirigeants de l'avenir fassent mieux que ce que nous pouvons faire aujourd'hui. Nous devons tout mettre en œuvre pour améliorer la planète que nous transmettons à la prochaine génération », dit-elle.

**Motivation individuelle :** La reconnaissance, la confiance en soi et un environnement sain sont essentiels pour stimuler l'application des compétences techniques et la créativité chez les professionnels. La motivation individuelle est le moteur du progrès et de l'innovation.

**Programmes de mentorat :** Il peut s'agir de n'importe quelle étape du visa professionnel, qu'il s'agisse de jeunes diplômés récents ou de cadres d'autres segments qui entrent dans le domaine nucléaire en tant que directeurs, conseillers et présidents. Le programme de mentorat doit mettre l'accent sur l'évolution continue et une culture de l'innovation. Les mentors sont des experts nucléaires chevronnés qui consacrent une partie de leur temps à soutenir et à motiver d'autres professionnels grâce à leurs connaissances historiques et aux tendances nucléaires mondiales.

## **AVEC UNE APPROCHE AXÉE SUR LE DÉVELOPPEMENT HUMAIN ET LA PROMOTION DE L'INNOVATION, NOUS POUVONS RELEVER LES DÉFIS DU SECTEUR NUCLÉAIRE ET CONSTRUIRE UN AVENIR DURABLE ET PROSPÈRE.**

**Participation à des projets pertinents :** La participation à des événements techniques, à des ateliers centraux et à des réseaux de collaboration multidisciplinaires favorise le partage des connaissances et la résolution de défis technologiques. Les concours technologiques et les programmes de mentorat sont également des outils puissants pour développer les compétences et stimuler l'innovation. À titre d'exemple, nous citons les Olympiades nucléaires brésiliennes (ONB), organisées par ABDAN et inaugurées en 2023, qui en plus de contribuer à la formation des futurs leaders du secteur nucléaire au Brésil, ouvrent également la voie à un réseau d'échange de connaissances entre étudiants et professeurs d'universités et de centres de recherche, avec des experts de l'industrie nucléaire et des régulateurs. Apporter la vision stratégique nécessaire au contexte spécifique de chaque projet.

**Possibilités de stage et d'emploi :** Les stages dans les dernières périodes de formation sont cruciaux pour l'absorption des talents par l'industrie nucléaire. Le manque d'opportunités dans le secteur privé peut entraîner la perte de professionnels qualifiés, ce qui entrave le développement de l'industrie.

**Culture organisationnelle de l'innovation :** La mise en place d'unités dédiées à l'innovation et l'encouragement à l'émergence de start-ups et d'accélérateurs de start-up sont des mesures importantes pour favoriser une culture de l'innovation et assurer la continuité des initiatives innovantes.

En somme, les compétences de base des jeunes diplômés de l'industrie nucléaire comprennent non seulement des compétences techniques, mais aussi des compétences en gestion, en motivation et en engagement dans des projets pertinents. Avec une approche axée sur le développement humain et la promotion de l'innovation, nous pouvons relever les défis du secteur nucléaire et construire un avenir durable et prospère. ■

# PRM : DÉFIS ET OPPORTUNITÉS DANS LA TRANSFORMATION DU SECTEUR NUCLÉAIRE

## TIRER LES LEÇONS DES DÉFIS DU PROJET NUSCALE

Le secteur nucléaire est confronté à une révolution avec l'essor des petits réacteurs modulaires (PRM), une innovation qui promet de façonner l'avenir de l'industrie, selon les experts du secteur. Dans cet article, nous explorerons, avec l'aide de Carlos Leipner, membre du conseil d'administration de l'Association brésilienne pour le développement des activités nucléaires (ABDAN), les défis et les opportunités liés à cette avancée technologique.

« Les PRM représentent un changement de paradigme dans la production d'énergie nucléaire. Offrant une plus grande sécurité, des coûts réduits, un financement plus facile et une meilleure compatibilité avec les réseaux électriques nationaux plus petits, cette nouvelle génération de réacteurs vise à réduire les risques liés aux projets, à améliorer l'acceptation sociale et à attirer les investissements privés. Il s'agit là d'un réel potentiel pour une « renaissance nucléaire » tant attendue », déclare Leipner.

## APPRENDRE À PARTIR DES ERREURS DU PASSÉ

Cependant, pour bien comprendre ce paysage en évolution, il est essentiel d'examiner les événements récents qui façonnent l'avenir des PRM. « L'annulation du projet NuScale aux États-Unis et les progrès des BWRX300 de GE au Canada et aux États-Unis sont des indicateurs de la complexité de la situation », dit-il. Carlos Leipner souligne également que, pour assurer le succès, il est crucial d'apprendre des erreurs du passé.

La promesse de faibles coûts est mise en avant comme une question cruciale. Leipner met en garde contre le danger des promesses excessives, rappelant les premiers jours de l'électricité nucléaire, lorsque l'on pensait qu'elle était « trop bon marché pour être mesurée ». Les économies d'échelle qui ont stimulé la croissance des grandes centrales nucléaires dans le passé doivent maintenant être évaluées à travers le prisme des PRM, où plus de 80 projets sont en cours de développement. La question qui se pose est la suivante : existe-t-il un marché suffisamment important pour alimenter la production industrielle à la chaîne ?

## LE DÉFI RÉGLEMENTAIRE

La gestion efficace du temps est un autre défi relevé par Leipner. « Les longs délais nécessaires à la mise en œuvre des centrales nucléaires, souvent liés à des réglementations chronophages, doivent être surmontés. L'élaboration d'une réglementation tenant compte des risques et adaptée aux projets de PRM est cruciale, et l'harmonisation de cette réglementation à l'échelle mondiale peut s'inspirer du modèle de la Federal Aviation Administration des États-Unis.

## GESTION DES DÉCHETS

Leipner souligne également la nécessité d'une approche proactive de la gestion des déchets nucléaires. « Il est essentiel d'anticiper les problèmes liés à l'élimination sûre du combustible usé et/ou des déchets radioactifs de haute activité dès les premières phases de conception. Cette approche de précaution peut atténuer les objections à l'expansion de l'énergie nucléaire, compte tenu du « problème des déchets non résolus ».

## SCÉNARIO MONDIAL ET DÉFIS ASSOCIÉS AUX PROJETS PIONNIERS

Dans le contexte mondial, l'énergie nucléaire est une option importante à mettre en œuvre dans un système énergétique mondial décarboné. Cependant, des nouvelles récentes, telles que l'extinction susmentionnée du Carbon Free Power Project (CFPP) de NuScale, suscitent des inquiétudes. « Cette annulation représente un revers important pour l'entreprise, mais elle ne reflète pas nécessairement les perspectives du marché plus large des PRM et des réacteurs avancés aux États-Unis ou dans le monde », commente M. Leipner.

Les projets pionniers, tels que le CFPP, sont confrontés à des risques et à des dépenses inhérents, quelle que soit la technologie. Dans le cas du CFPP, les risques du projet s'étendaient au-delà de la technologie elle-même. Lancé en 2015, avant même que NuScale ne soumette sa demande de certification de conception standard à la Nuclear Regula-

## AVANTAGES ET SIMPLIFICATIONS DES PRM



### COÛTS

Conception simplifiée

Standartisation

Modularization



### DÉFIS

Logistiques

Régulation

Opinion Publique



### FINANCIERS

Des délais d'exécution plus rapides

Évolutivité

Réduction des dépenses d'investissement



### POSSIBILITÉS

Décarbonisation

Accessible aux régions éloignées

Complément aux énergies renouvelables intermittentes

Source: ABDAN

tory Commission (NRC), le calendrier du projet reflétait le besoin de l'entreprise d'un client d'inspirer confiance aux investisseurs.

Cependant, le choix de l'Utah Associated Municipal Power Systems (UAMPS) comme premier client a aggravé les défis de NuScale. L'UAMPS, un collectif d'entreprises municipales situé à proximité d'un site disponible à Idaho National Labs, avait peu d'expérience dans le domaine de la technologie nucléaire. L'entreprise ne pouvait pas prendre de risques de coûts pour le compte de ses clients et opérait sur un marché où le gaz naturel était bon marché et où le déploiement de l'énergie éolienne était en pleine croissance. Par conséquent, le projet n'était pas positionné pour un succès commercial dès le départ, le nombre d'abonnements n'atteignant pas les niveaux nécessaires pour soutenir la conception originale de 12 réacteurs VOYAGR de NuScale.

En conséquence, NuScale a réduit la taille du projet à un ensemble de six réacteurs pour compenser le coût et a tenté de compenser l'augmentation du coût marginal en augmentant la capacité de 50 MWe à 77 MWe par réacteur. Cependant, cet ajustement était insuffisant pour cette conception particulière.

Les complexités de conception de VOYAGR, bien qu'innovantes, nécessitent d'importants travaux de génie civil sur site. Notamment, la construction d'une grande piscine, dans laquelle les réacteurs étaient immergés, a entraîné un coût fixe considérable, quel que soit le nombre de modules. Ce manque de modularité a rendu la conception plus coûteuse et moins adaptable que les autres solutions de rechange aux PRM, ce qui a contribué à ses défis commerciaux. La conception de VOYAGR est également une centrale nucléaire relativement grande et complexe, capable de générer jusqu'à 924 MWe avec des modules de

77 MWe. D'autres promoteurs de PRM cherchent à concevoir des modèles plus modulaires et plus petits, qui pourraient être mieux positionnés pour les marchés concurrentiels de l'énergie.

## FAIRE PROGRESSER L'INDUSTRIE DES PRM

« Malgré ces défis et l'incapacité du projet à se dérouler comme prévu initialement, l'initiative CFPP a joué un rôle crucial dans l'avancement de la technologie de NuScale et a remporté des victoires ayant des répercussions sur l'ensemble de l'industrie pour les réacteurs avancés et les PRM. Bien que cela ait été coûteux et ait pris beaucoup de temps, au cours de l'obtention de la première certification de conception d'un PRM, NuScale a également veillé à ce que les zones de planification d'urgence (ZFE) soient limitées et que les exigences en matière de sécurité des salles de contrôle soient réduites. L'entreprise a supporté le coût de ces réalisations pour l'ensemble de l'industrie », reconnaît-il.

Le processus d'obtention des permis a également donné lieu à de nombreuses leçons apprises pour les promoteurs et la NRC, telles que l'état de préparation de la conception, la nécessité d'une prise de décision éclairée par les risques, la réforme du Comité consultatif sur les garanties des réacteurs (CCRA), etc. Enfin, elle a permis à NuScale de sécuriser des projets mieux positionnés pour réussir, comme ceux avec Nuclearelectrica en Roumanie (une société de services publics nucléaires expérimentée bien positionnée pour développer des SMR sur un marché qui a besoin de la technologie nucléaire occidentale pour assurer la sécurité énergétique et la décarbonation) et Standard Power, un développeur de centres de données dont le modèle financier nécessite une énergie à grande échelle. Sans carbone, 24h/24 et 7j/7.



Dans ce contexte, la fin du PPFC devrait servir de signal aux gouvernements, aux intervenants de l'industrie et au secteur nucléaire dans son ensemble pour qu'ils reconsidèrent la stratégie de déploiement des FOAK pour les PRM. L'approche traditionnelle consistant à concéder une licence pour une conception et à procéder à la construction est trop lente et trop coûteuse pour le marché dynamique d'aujourd'hui.

## LEÇONS APPRISSES

« Les perspectives du CFPP auraient pu être différentes, par exemple, si les gouvernements avaient mis à disposition des sites de réacteurs où les entreprises auraient pu déployer, par le biais d'un processus considérablement simplifié, des prototypes/démonstrateurs pour des essais et une exploitation axés sur la réglementation et l'autorisation, avec un marché public ou une assurance fournie à un promoteur et à un propriétaire de projet qui couvriraient les coûts au-delà d'un certain seuil. De cette façon, ils auraient évité d'essayer de transformer un réacteur de démonstration en un modèle commercial. Bien sûr, il ne s'agit pas de donner un chèque en blanc à un fournisseur de réacteurs ; Les fournisseurs devraient être incités par des paiements basés sur des objectifs (par exemple, lorsqu'ils atteignent l'achèvement complet de la conception ou la réalisation d'étapes réglementaires réussies) », note Carlos Leipner.

Pour transformer la trajectoire du déploiement de FOAK SMR, plusieurs changements sont impératifs. Il s'agit notamment de traiter les conceptions de prototypes comme des démonstrations plutôt que comme des entreprises commerciales à part entière, ce qui implique de fixer des attentes réalistes, en particulier pour les projets à un stade très précoce comme le CFPP.

Il existe aujourd'hui plus de 50 PRM dans le monde. Il est tout simplement irréaliste de croire que tout le monde réussira, ou que chaque projet entrepris par un promoteur (surtout avant le début de la construction) ira de l'avant. Il faut s'attendre à des échecs dans une société de libre marché et ils ont été notables dans le secteur des technologies climatiques. Cela ne signifie pas que les États-Unis abandonneront des plans ambitieux pour la mise en œuvre de l'énergie solaire, de l'éolien offshore ou des véhicules électriques. Cela signifie simplement que le marché s'ajustera et, parmi certaines pertes, des gagnants émergeront.

« On s'attend à la même chose dans le domaine de l'énergie nucléaire avancée. Il ne suffit pas de définir des attentes, vous avez besoin des bonnes incitations et d'un soutien pour les démonstrations FOAK (par exemple, une assurance en cas de dépassement de coûts), ainsi que de reconnaître que les entreprises de services publics à but lucratif ne sont peut-être pas des clients idéaux pour ce

modèle. Les industries lourdes et les centres de données, l'intelligence artificielle et les services publics ayant des objectifs stratégiques et une forte demande d'énergie fiable et zéro émission peuvent être mieux adaptés pour assumer de tels risques technologiques et de mise en œuvre.

Les gouvernements devraient également s'efforcer d'encourager les arriérés importants et de favoriser les partenariats intersectoriels pour soutenir l'expansion du segment nucléaire, en s'inspirant de modèles réussis tels que le programme Regional Clean Hydrogen Hubs du département de l'Énergie des États-Unis pour le marché de l'hydrogène. Le recadrage des analyses de rentabilisation du nucléaire, l'accent mis sur l'achèvement de la conception, la promotion de nouvelles conceptions de PRM plus modulaires et moins complexes et la simplification du processus de réglementation nucléaire sont des étapes essentielles vers un avenir plus prospère et plus durable pour les technologies nucléaires de pointe.

Bien que toutes ces étapes soient nécessaires pour améliorer les chances de succès de l'énergie nucléaire, une dernière remarque doit être faite en ce qui concerne les comparaisons de coûts entre les technologies. Bien que le « coût actualisé de l'énergie » (LCOE) projeté pour le VOYAGR ait augmenté au fil du temps pour atteindre 89 \$/MWH, il est maintenant largement admis que le LCOE n'est pas l'évaluation appropriée d'une unité d'électricité, car il ne tient pas compte de sa valeur pour le système. Cette valeur doit tenir compte des caractéristiques technologiques qui vont au-delà du coût actualisé, telles que la capacité de répartition 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an, et son impact sur l'ensemble du système (p. ex., transmission évitée, contribution de réserve, etc.). Les études sur la décarbonisation des réseaux électriques continuent d'appuyer de manière écrasante la conclusion selon laquelle les ressources de répartition propres, telles que l'énergie nucléaire, réduisent le coût total de la décarbonisation. Cela ne veut pas dire que les prix de FOAK comme ceux de VOYAGR sont souhaitables, mais même ces coûts élevés doivent être mis en perspective compte tenu de la valeur pour le réseau.

Dans ce contexte, alors que NuScale peut être considérée comme une nouvelle victime d'un paysage énergétique difficile, les leçons tirées de la fin du CFPP mettent en évidence les défis plus larges au sein de l'écosystème nucléaire traditionnel. Cela suscite une réflexion critique sur la manière dont les conceptions innovantes peuvent prospérer dans ce cadre. L'expérience du PPFC, plutôt que de mettre en évidence une faille dans le concept de PRM, offre l'occasion de remodeler les stratégies, de redéfinir les partenariats et de revitaliser la trajectoire des technologies nucléaires de pointe dans un paysage énergétique en évolution. ■

# UN LIVRE RACONTE DES HISTOIRES INÉDITES DE FEMMES DANS LE NUCLÉAIRE

**LE PREMIER VOLUME SERA PUBLIÉ PAR LEADER À RIO ET SÃO PAULO EN MARS, MOIS DE LA FEMME**

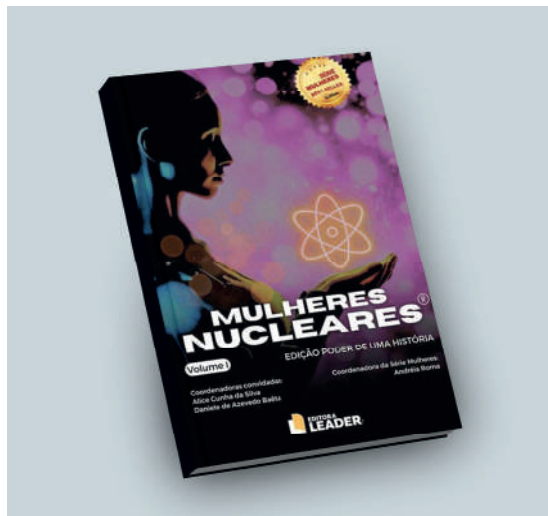
Dans le mois le plus féminin de l'année, il y aura le lancement du livre « Nuclear Women - Volume 1 - », par Editora Leader. Les séances d'autographes auront lieu à São Paulo, le 20 mars, à la Livraria Cultura Paulista, et à Rio de Janeiro, le 22 mars, à la Livraria Travessa Leblon. Les pages du livre racontent les histoires de résilience, d'expertise et de génie des femmes qui façonnent l'avenir de l'énergie nucléaire.

Selon la directrice générale d'Editora Leader, Andréia Roma, le livre apparaît comme un ouvrage pionnier, dédié à l'éloge du rôle fondamental des femmes dans le domaine nucléaire. « Sous l'idéalisation du label d'édition Women's Series, ce projet se démarque en offrant une vision unique et essentielle de l'intersection des femmes avec le domaine nucléaire significatif. Chaque page de ce livre témoigne de l'engagement d'Editora Leader à élargir la portée de la voix des femmes, couvrant désormais également le domaine nucléaire », a-t-elle déclaré.

Les coordinateurs invités Alice Cunha da Silva et Daniele de Azevedo Baêta, responsables de la conservation et de la sélection des femmes invitées, ont participé à la présentation du livre et se sont entretenus en exclusivité avec notre journaliste. Ils soulignent que la diversité est largement explorée dans le livre. « Ce sont des histoires de femmes qui travaillent sur différents fronts dans le secteur nucléaire, de celles qui débutent à celles qui ont accumulé des années d'expérience. Dans chaque chapitre, une femme raconte son parcours professionnel, mais il y a aussi le côté personnel, les obstacles, les dépassements, qui donnent de la visibilité au rôle que les femmes ont construit dans ce secteur », explique Alice.

Daniela ajoute que le livre sera une source d'inspiration pour que d'autres femmes ne se sentent pas seules dans un secteur aussi masculin. « Nous espérons être des géants pour d'autres personnes, en ouvrant la voie. Nous croyons que les difficultés d'aujourd'hui seront surmontées et permettront aux générations futures d'accomplir beaucoup plus que ce que nous avons fait.

Les femmes, en tant que représentantes et leaders dans ce domaine crucial, partagent leurs histoires, leurs apprentissages, leurs réalisations et leurs précieux conseils tout



au long du travail. « Non seulement ce livre célèbre le présent, mais il sert également de guide inspirant pour les femmes qui façonnent l'avenir de ce domaine en pleine croissance. En mettant en lumière ces récits authentiques, « Nuclear Women » s'impose comme une contribution significative à la promotion de la diversité et de l'égalité des sexes. Une lecture essentielle pour tous ceux qui cherchent de l'inspiration et des aperçus précieux dans l'univers fascinant de l'énergie nucléaire du point de vue unique et puissant des femmes », déclare Andréia Roma.

Une mosaïque de couleurs qui s'entremêlent, formant un fond dynamique qui met au centre une femme qui tient dans ses mains le symbole de la zone nucléaire, un design qui non seulement symbolise le champ d'action, mais reflète également la grandeur, le dévouement et l'engagement de chacune des femmes de cette zone.

Le livre est co-écrit par Adelia Sahyun, Ana Beatriz Julião, Ana Celia Freitas Sobreira, Ana Cristina Lourenço da Silva, Andreia Pontelo, Angélica Kiepper, Beatriz Leme, Bruna Oliveira do Nascimento, Clédola Cássia O. Tello, Cristiana Altino de Almeida, Divanizia N. Souza, Inayá Lima, Juliana Pacheco Duarte, Karla Kwiatkowski Lepetitgaland, Kátia Costa, Mércia Assis, Rejane de S. H. Spiegelberg Planer. ■

# LA GESTION DES CONNAISSANCES EST LE CARBURANT DE L'INNOVATION

**LES DEUX SONT DES PILIERS FONDAMENTAUX POUR LE SUCCÈS D'UNE ORGANISATION INNOVANTE ET SONT PLUS INTERCONNECTÉS QU'IL N'Y PARAÎT À PREMIÈRE VUE**

Dans un monde hautement concurrentiel, les organisations en sont venues à considérer la gestion des connaissances comme un moyen de se démarquer et d'ajouter de la valeur à leurs produits et services. La gestion des connaissances a été appliquée pour optimiser les processus et rationaliser les activités. Dans le même temps, l'innovation est recherchée pour atteindre le succès et la différenciation. Comment l'innovation et la gestion des connaissances sont-elles étroitement liées ?

Selon le Manuel d'Oslo de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'innovation doit être considérée comme un processus de mise en œuvre d'un nouveau produit, d'un nouveau processus ou d'un nouveau modèle organisationnel dans les affaires, les entreprises ou les relations d'affaires. L'innovation peut être classée comme incrémentale (lorsque des améliorations sont proposées au produit), semi-radical (certaines modifications du produit sont mises en œuvre mais les normes de base existantes sont maintenues) et radical (le produit est abandonné au profit d'un tout nouveau). Mais pour innover, vous devez savoir comment ce produit ou service est fabriqué et comment il est arrivé à l'état de l'art. De nombreuses organisations ne parviennent pas à innover parce que les actions sont mises en œuvre sans maîtriser pleinement les concepts de base pour les développer, c'est-à-dire qu'il y a un manque de connaissances (ou si elles existent, elles sont dispersées et n'ont pas été correctement cartographiées).

La connaissance est d'une grande importance pour les organisations car elle fournit des subventions à l'innovation, qui est actuellement essentielle pour être compétitive. Pour le consultant Valter Pieracciani, la gestion des connaissances et l'innovation sont liées. Lors du 5e Knowledge Journey, organisé par AMAZUL en 2023, Pieracciani affirme que la gestion des connaissances est « la sœur jumelle de l'innovation, les deux grandissent ensemble et

dépendent l'une de l'autre ».

La méthodologie de gestion des connaissances d'AMAZUL a été approuvée en tant que produit de défense stratégique en 2021 et est le résultat d'un grand travail qui a commencé à partir du projet pilote développé en 2017 à l'unité pilote de production d'hexafluorure d'uranium (USEXA), située dans le complexe industriel nucléaire d'Aramar (CINA), à Iperó (SP). Depuis, la méthodologie de gestion des connaissances d'AMAZUL a été mise en œuvre dans plusieurs organisations militaires (OM) liées aux activités nucléaires et également dans le secteur privé, avec le cas d'INBRA en 2020.

L'une des forces de la méthodologie de gestion des connaissances d'AMAZUL c'est de l'innovation parmi ses principales composantes. Elle stimule et améliore la génération d'idées, facilite l'échange de connaissances avec d'autres collaborateurs, fournit des conseils stratégiques pour les projets avec des connaissances spécialisées, produit des ressources de connaissances tout au long du cycle d'innovation et intègre les leçons apprises au fil du temps, entre autres points. Les employés sont encouragés à partager leurs connaissances avec leurs collègues et à aider au développement de nouveaux produits, en recherchant des solutions innovantes aux problèmes actuels, contribuant ainsi à l'avancement des programmes stratégiques auxquels AMAZUL participe activement : le programme nucléaire de la marine (PNM), le programme de développement des sous-marins (PROSUB) et le programme nucléaire brésilien (PNB).

L'innovation et la gestion des connaissances vont de pair. Nous pouvons dire que la gestion des connaissances elle-même peut être considérée comme une innovation puisqu'elle a introduit de nouveaux outils pour capturer et diffuser les connaissances des employés dans les entreprises, rendant leurs processus internes plus efficaces et l'information plus accessible à tous. ■

# LES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES DE ROSATOM

## TRANSFORMER LE PRÉSENT ET FAÇONNER L'AVENIR

La transformation numérique s'étend de plus en plus de secteurs industriels et, en particulier, est activement appliquée dans le secteur nucléaire. La clé du succès de l'expansion numérique de Rosatom réside dans le potentiel scientifique et technique accumulé depuis près de 80 ans.

Les entreprises du secteur nucléaire en Russie ont toujours travaillé dans des conditions de défis technologiques sans précédent, ainsi que dans des conditions de qualité et de sécurité au travail. Déjà lors de la mise en œuvre du « projet nucléaire » soviétique, une énorme quantité de calculs mathématiques était nécessaire. Plus tard, la question de son automatisation s'est posée. C'est ainsi que les compétences informatiques nécessaires ont été progressivement développées.

### TRAJECTOIRE DE TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

La Société d'État de l'énergie atomique ROSATOM accorde une grande attention à la numérisation, au lancement de logiciels, au développement de l'infrastructure informatique nécessaire et à la mise en œuvre d'autres solutions innovantes dans le travail de ses entreprises.

Nous avons maintenant une tâche ambitieuse devant nous : atteindre le leadership multi-technologique sur le marché mondial des solutions numériques d'ici 2030. En 2022, les revenus numériques de la société d'État ont dépassé les 300 millions de dollars, soit une croissance de plus de sept fois par rapport à 2021. Dans le même temps, les bénéfices de la mise en œuvre de projets numériques ont augmenté et son portefeuille s'est élargi.

L'interdiction des essais nucléaires sur le terrain, soutenue par la Fédération de Russie, a stimulé le développement de la modélisation informatique et la création de logiciels propriétaires. À l'Institut panrusse de recherche scientifique de physique expérimentale du Centre nucléaire fédéral russe (RFNC-VNIIEF) situé dans la ville de Sarov, dans la région de Nijni Novgorod, la production en série de supercalculateurs compacts – à la fois superpuissants et de petite classe – a été organisée. Ils ont été utilisés pour résoudre des problèmes dans des secteurs industriels de haute technologie dans les entreprises d'énergie nucléaire, Roscosmos, le bureau d'études Sukhoi et d'autres grandes entreprises. En collaboration avec RFNC-VNIIEF,

une autre entreprise du secteur, VNIITF E.I. Zababakhin (ville de Snezhinsk, région de Tcheliabinsk) a réussi à atteindre des positions de leader dans la création de solutions nationales de calcul intensif. Ainsi, au cours des 30 dernières années, des développements dans le domaine des technologies de l'information ont été créés et améliorés, et ils deviennent aujourd'hui la base des solutions et des produits numériques de Rosatom.

### INNOVER DANS LA PRODUCTION : LA STRATÉGIE DIGITALE UNIFIÉE DE ROSATOM

Une approche plus large et plus structurée des tâches de numérisation a commencé après l'approbation de la stratégie numérique unifiée de Rosatom en 2018. Il envisage la numérisation des processus internes, le développement des technologies numériques et le lancement de produits numériques sur le marché, la participation à la numérisation de la Russie et le développement des compétences et de la culture numériques.

L'un des principaux objectifs du travail dans le développement du portefeuille numérique de la société d'État est aujourd'hui de développer et de déployer des solutions numériques complexes, avec la fourniture de services numériques, ainsi que de promouvoir une approche centrée sur le client pour la formation du portefeuille numérique, visant à résoudre les tâches commerciales des clients et à répondre aux tendances du marché.

L'un des leaders de la transformation numérique de Rosatom est l'usine mécanique de Chepetsk, qui fait partie de la division Combustible de Rosatom TVEL et est spécialisée dans la production de métaux et d'alliages pour l'industrie nucléaire. C'est la seule usine de ce type en Russie et l'un des leaders mondiaux dans la création de produits en zirconium et de leurs alliages.

Étant donné que la majeure partie de la production de l'usine mécanique de Chepetsk est destinée aux productions de haute technologie de l'industrie nucléaire, il a été décidé de mettre en œuvre des technologies numériques dans les processus de la centrale.

À cette fin, l'entreprise a commencé en 2018 à mettre en œuvre un système de gestion de la production (MES), qui lui permet d'augmenter la vitesse et la précision de la planification de la production et fournit des informations



objectives pour une prise de décision de gestion en temps opportun.

L'entreprise a également mis en place un système de gestion de laboratoire (LIMS), qui lui permet de stocker et de traiter les données de laboratoire de manière centralisée, ce qui accélère considérablement le flux d'informations entre les divisions, en automatisant l'obtention des résultats et leur transfert à des spécialistes pour un traitement ultérieur.

Une autre technologie appliquée est le système de gestion de la maintenance et de la réparation des équipements (TORO), qui permet de planifier et d'exécuter la maintenance des équipements selon les besoins, sans attendre les pannes et les arrêts d'urgence. Cela permet d'éviter les temps d'arrêt inutiles des équipements et, par conséquent, d'augmenter l'intensité de l'utilisation des équipements et du travail du personnel.

## ATOMMIND : L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE CHEZ ROSATOM

La solution numérique AtomMind est le fleuron de l'usine mécanique de Tchepetsk pour la gestion de la qualité et de l'état de ses équipements. Cet outil d'analyse prédictive a été mis en place en tenant compte de l'échelle de production de cette usine, où plus de deux millions de paramètres doivent être collectés et analysés mensuellement pour assurer la qualité, contrôler la discipline technologique et améliorer les techniques de production.

AtomMind collecte des données fiables sur les processus et l'état des équipements en temps réel et analyse les données collectées à l'aide des algorithmes d'intelligence artificielle. Sur la base des résultats de cette analyse, le système fournit des suggestions pour les paramètres optimisés et les modes de fonctionnement optimaux de l'équipement, contribuant ainsi à réduire le taux de défaillance en production.

AtomMind s'intègre à tous les systèmes d'information pertinents de l'usine mécanique de Chepetsk, y compris l'ERP (Enterprise Resource Planning), le MES (Manufacturing Execution System), le LIMS (Laboratory Information Management System), ainsi qu'aux systèmes de contrôle de la qualité et aux capteurs et contrôleurs d'équipement.

« Pour l'entreprise, l'intelligence artificielle n'est plus un avenir lointain et est devenue une réalité présente, un instrument concret qui lui permet d'augmenter l'efficacité des processus jour après jour. Chez Rosatom, il a trouvé des applications dans plusieurs domaines : il existe un grand nombre de domaines liés à l'analyse vidéo, à la surveillance des équipements, à l'analyse prédictive et à l'analyse de texte non structuré. Le projet phare de Rosatom Nuclear Fuel Company (TVEL) est la plate-forme technologique de production AtomMind, conçue pour l'analyse prédictive

dans tout processus industriel et pour la gestion de la qualité de la production. Une avancée majeure dans le développement de l'intelligence artificielle industrielle pour nous sera le moment où AtomMind sera approvisionné en produits classiques : avec des carburants et des équipements. Ainsi, nous serons en mesure d'améliorer sa conception et d'être encore plus centré sur le client, en utilisant les commentaires reçus de l'équipement en temps réel. En outre, nous aurons la possibilité d'influencer la qualité des produits fabriqués grâce à l'analyse prédictive et d'augmenter considérablement la vitesse de mise sur le marché des produits », a commenté Evgueny Garanin, directeur de la numérisation de TVEL.

Le système AtomMind se distingue par sa capacité à s'intégrer de manière flexible dans l'infrastructure numérique existante de toute entreprise, ce qui lui permet d'être rapidement mis en œuvre dans différents segments de l'industrie. Cette flexibilité garantit une adaptation efficace aux besoins spécifiques de chaque organisation, en optimisant les processus et en générant des résultats expressifs. Par exemple, grâce à la mise en œuvre du système AtomMind à l'usine mécanique de Chepetsky, l'entreprise a réussi à réduire de 30 % les coûts de maintenance et à réduire le taux de produits défectueux de 0,5 %.

Dans le cas de l'usine mécanique de Chepetsky, la mise en œuvre du système MES (Manufacturing Execution System) en conjonction avec AtomMind a généré des résultats exceptionnels. Le taux de « livraison à temps » du laminier a été augmenté de 26 % à 100 %, tandis que le volume de production en cours dans le flux de l'atelier a été réduit de 30 %.

## PERSPECTIVES DE DIGITALISATION DU SECTEUR NUCLÉAIRE

La stratégie numérique unifiée de Rosatom est un projet pionnier sur la scène nationale, représentant la première initiative de transformation numérique à l'échelle de l'industrie en Russie. Cette vision stratégique ambitieuse vise à décupler les coûts informatiques de l'entreprise d'État, tout en assurant une qualité irréprochable des services numériques et l'éradication complète des tâches routinières du secteur.

Rosatom se distingue sur le marché national en tant que fournisseur important de solutions informatiques pour les entreprises leaders dans les secteurs de l'industrie, de l'énergie, du pétrole et du gaz, agissant en tant qu'acteur clé dans le développement stratégique de l'économie russe. Actuellement, le portefeuille de la société d'État compte plus de 60 produits numériques, et ce nombre a tendance à croître continuellement, en suivant les tendances mondiales et en répondant aux demandes spécifiques du marché. ■



# ISOTOPES POUR UNE VIE MEILLEURE

**65 ANS** d'expertise dans le domaine des approvisionnements en produits isotopiques

Les produits **ROSATOM** permettent de traiter et de diagnostiquer environ **2,5 MILLIONS** de patients par an

Large gamme d'isotopes **POUR LA MÉDECINE NUCLEAIRE**, l'industrie, la science



Tel.: + 7 (495) 981 96 16  
[www.isotop.ru/en/](http://www.isotop.ru/en/)

# NOUS SOMMES L'ABDAN

*Depuis 36 nous* promovons

**LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR NUCLÉAIRE**

