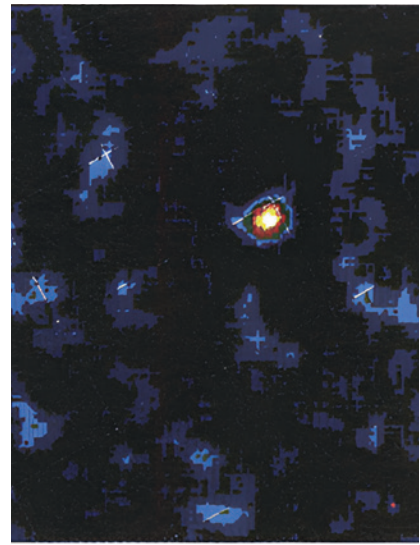
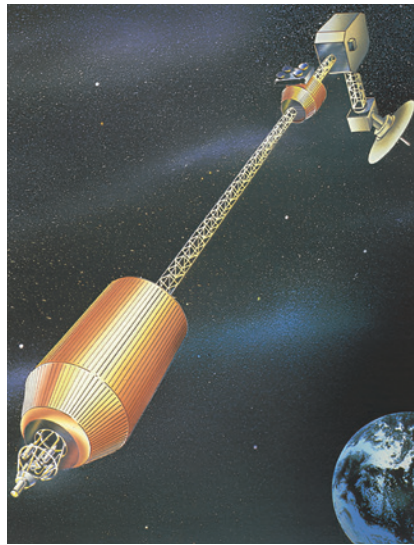




Une revue au-delà des seules frontières énergétiques

Si la RGN traite en priorité des sujets liés à la production nucléaire d'électricité et de chaleur, les sciences nucléaires jouent également un rôle dans la conquête spatiale, la lutte contre le cancer ou encore la conservation des denrées alimentaires et des œuvres d'art. Retour sur 50 années d'applications transverses racontées dans la RGN.

Par François Terminet, Sfen

Le nucléaire maritime

Associé au nucléaire, le terme « maritime » fait généralement penser au transport des matières et déchets nucléaires par bateau. C'était notamment la mission de Transnucléaire (l'ancien nom de la filiale Orano TN), détaillée dans un numéro de la RGN de 1999¹, qui présentait les adaptations des bateaux engagées par l'entreprise pour se conformer aux exigences strictes du Code INF (Code international pour la sécurité du transport du combustible nucléaire irradié, du plutonium et des déchets hautement radioactifs emballés à bord des navires).

Mais c'est bien l'idée de propulser des navires grâce à l'énergie nucléaire qui a surtout été mise en œuvre à plusieurs reprises dans l'histoire : en particulier aux États-Unis dans les années 1950 avec le NS Savannah ou en URSS dans les années 1980 avec le Sevmorput. La technologie reprend de la vigueur seulement à la fin des années 2010 avec l'émergence des technologies de SMR et une clarification de la réglementation. C'est toutefois assez tardivement que la RGN explore ce domaine, avec plusieurs articles

de 2019 à 2023^{2,3,4}, où l'on commence à observer un réel intérêt de l'ensemble des pays pour la propulsion nucléaire afin de décarboner et dépolluer le plus grand vecteur du commerce mondial. Les auteurs y décrivent la naissance de certains concepts comme le navire de ravitaillement « Thor » par le constructeur naval norvégien Ulstein ou bien l'exercice fastidieux autour de la réglementation des FNPP (les centrales nucléaires flottantes).

La conquête spatiale

L'atome a aussi la tête dans les étoiles. Plusieurs projets de propulsion nucléaire ou l'emploi de SMR/AMR sur les sols lunaires et martiens alimentent régulièrement l'actualité du secteur. Durant la décennie 1986-1996, qui marque un tournant pour l'Europe alors qu'elle rejoint les acteurs principaux dans le spatial, la RGN décrit, pour la première fois en 1987, les travaux du CEA et du CNES⁵ sur le projet ERATO, pionnier des générateurs électronucléaires spatiaux. Vingt ans plus tard, la RGN remet l'ouvrage sur le métier, en 2015⁶, en 2018⁷ et en 2022⁸ et dans un dossier complet en



De gauche à droite :
L'Akademik Lomonosov, actuellement en service dans l'Arctique oriental, est le réacteur nucléaire flottant russe. Il s'agit d'une barge flottante de 144 mètres de long sur 30 de large, équipée de deux réacteurs à eau légère KLT-40S de 35 MWe. Depuis sa mise en service complète en mai 2020, elle alimente la ville d'environ 4 000 habitants et les industries minières de la région en chaleur et en électricité, en remplacement de la centrale nucléaire de Bilibino et de la centrale

au charbon de Chaunskaya.

Remorqueur interorbital à propulsion électrique alimenté par un générateur électronucléaire de 200 kWe (ERATO).

Carte de l'émission gamma des régions centrales de la Galaxie.

Laboratoire Maurice Tubiana à Bessines.

Le chaland gallo-romain Arles-Rhône 3 traité et restauré par ARC-Nucléart.



2020⁹, où sont largement décrits les avancées permises par l'utilisation du plutonium 238 et de l'américium 241 pour les générateurs thermoélectriques à radioisotope (RTG), nécessaires à l'alimentation en électricité des vaisseaux spatiaux ou encore les concepts de propulsions nucléothermique et nucléaire électrique.

Apprivoiser les lois de l'Univers

Plonger dans les lointains les plus reculés de l'Univers et ainsi comprendre sa naissance. Le nucléaire joue sa partition dans cette quête, ainsi que la RGN l'avait racontée en détaillant les premières images en rayons gamma du cœur de la Voie lactée récoltées par le télescope SIGMA (Système d'imagerie gamma à masque aléatoire) au début des années 1990¹⁰. L'une des découvertes majeures de SIGMA fut « la localisation dans les régions centrales de la Galaxie d'un astre qui fut le site d'un bref mais intense phénomène d'annihilation entre positons et électrons ».

Plus tard, une autre installation nucléaire a permis d'en apprendre plus sur les champs magnétiques terrestres et interstellaires¹¹. C'est en effet l'ancien réacteur à neutrons rapides Superphénix, installé à Creys-Malville, qui a aidé des chercheurs du Laboratoire des écoulements géographiques et industriels (LEGI) et du CNRS à valider les théories de la magnétohydrodynamique (MHD). Contenant de grandes quantités de métal liquide (circuits sodium), Superphénix reproduisait ainsi à très petite échelle les mouvements du magma en fusion riche en fer présent notamment au centre de la Terre, qui entretiennent le champ magnétique.

Au service de la santé

Depuis quelques années, la recherche médicale contre le cancer s'intensifie. C'est ainsi qu'Orano Med développe des traitements d'alphathérapies ciblées en oncologie. Cette activité remonte en fait à 2009 et s'appelait alors « Areva Med ». En 2016, la RGN s'entretenait avec Julien Dodet, PDG d'Orano Med¹², qui évoquait entre autres les premiers essais cliniques effectués entre 2012 et 2014 destinés à montrer que l'injection d'une molécule marquée au plomb 212 (l'élément utilisé dans le traitement développé pour l'alphathérapie) ne présentait pas de toxicité chez l'homme. En 2022, la RGN s'était aussi plongée longuement sur l'impact biologique des rayonnements ionisants¹³, en particulier sur l'ADN, les organes et l'organisme, avec leurs conséquences sur la radioprotection des populations.

L'utilisation des rayonnements ionisants en agroalimentaire et dans l'art

L'agroalimentaire a recours aux technologies nucléaires, avec l'irradiation de certaines denrées alimentaires pour les assainir et garantir leur conservation. En 1986, la RGN a rendu compte des deux types de rayonnements utilisés, à savoir gamma et X, avec leurs effets physiques et chimiques sur les aliments¹⁴.

Sur le même principe, cette technique est employée pour la conservation de certaines pièces du patrimoine. Il s'agit de l'occurrence d'assainir les œuvres et les objets qui ont été contaminés par des organismes, des végétaux ou des champignons. Dès 1978, la RGN rendait compte du traitement aux rayonnements gamma effectué par le CEA et ARC-Nucléart (anciennement Nucléart),

sur la momie de Ramsès II¹⁵. Après 12 heures et 40 minutes d'irradiation, l'opération fut une réussite. Plus tard, la RGN est revenue sur les activités de l'atelier de restauration et laboratoire de recherche ARC-Nucléart, dans un article¹⁶ détaillant les techniques utilisées, étape par étape, pour la conservation d'embarcations gallo-romaines et de vestiges du Titanic. ●

Références des archives :

1. « L'expérience de transnucléaire dans le transport maritime », RGN n°3, 1999.
2. « Le nucléaire, une technologie au service du maritime ? », RGN n°6, 2019.
3. « Le transport maritime mis au défi de la décarbonation », RGN n°3, 2022.
4. « Centrales flottantes : quel statut et quelles règles ? », RGN n°4, 2023.
5. « Études de générateurs électronucléaires spatiaux en France », RGN n°3, 1987.
6. « De l'énergie nucléaire pour les vaisseaux spatiaux européens », RGN n°4, 2015.
7. « Missions spatiales européennes : produire de l'énergie à partir des déchets nucléaires », RGN n°4, 2018.
8. « Nucléaire spatial : un atout pour les futurs explorateurs », RGN n°3, 2022.
9. « Passeport pour les étoiles », RGN n°1, 2020.
10. « Les premières images en rayons gamma du cœur de la Galaxie avec le télescope spatial SIGMA », RGN n°1, 1992.
11. « Creys-Malville a servi aussi à l'étude des champs magnétiques », RGN n°5, 2001.
12. « AREVA Med : cibler le cancer grâce au plomb 212 », RGN n°5, 2016.
13. « Les effets biologiques des rayonnements ionisants », RGN n°6, 2022.
14. « Effets physiques et chimiques des rayonnements ionisants, applications à la conservation des denrées alimentaires », RGN n°4, 1986.
15. « Traitement par rayonnements gamma, de la momie de Ramsès II : image avec momie et chercheur », RGN n°1, 1978.
16. « ARC-Nucléart : le nucléaire au chevet du patrimoine », RGN n°3, 2024.