



Nucléaire : dix questions pour comprendre la révolution promise par les petits réacteurs

Les petits réacteurs nucléaires modulaires pourraient être de très bons candidats au remplacement des centrales à charbon et au gaz, indispensable pour tenir les objectifs de la transition énergétique. Dans ce vaste marché mondial, qui pourrait éclore dès 2030, la France entend tirer son épingle du jeu grâce à son projet Nuward, face au Canada, aux Etats-Unis, au Royaume-Uni et à la Chine, dont les travaux sont pourtant plus avancés. Si son savoir-faire technologique peut faire la différence, les défis économiques restent, eux, énormes.

Les industriels du nucléaire en sont certains. A l'horizon 2030, un nouveau marché va éclore puis décoller à travers le monde : celui des SMR, pour small modular reactors, ou petits réacteurs modulaires en français. Ces nouveaux réacteurs de petite dimension, en rupture totale avec la philosophie nucléaire des précédentes années où la course à la taille primait, sont présentés par leurs artisans comme un élément clé de la décarbonation du système énergétique mondial.

La France espère s'imposer dans cette compétition (72 projets identifiés dans le monde) grâce à son projet Nuward (abréviation de Nuclear Forward, soit « en avant le nucléaire ! » en français), spécifiquement pensé pour remplacer les centrales à charbon.

Mais cette révolution promise ne pourra avoir lieu que si les SMR démontrent leur compétitivité vis-à-vis des réacteurs de grande puissance, grâce à des volumes de ventes conséquents, et par rapport aux énergies fossiles. Une équation économique loin d'être gagnée et qui repose, non seulement, sur des efforts d'harmonisation à l'échelle internationale, mais aussi sur un prix du CO2 significatif. Explications en dix questions.

1 - Qu'est ce qu'un petit réacteur nucléaire modulaire ?

Ce qui les caractérise, c'est d'abord leur taille. Ce sont des réacteurs de petite taille dont la puissance est inférieure à 600 mégawatts électriques (MWe). « La plupart affiche une puissance située entre 50 et 200 MWe par unité », précise Jean-Michel Ruggieri, responsable du programme SMR au CEA. A titre d'exemple, Nuward, le projet de SMR tricolore, permet d'obtenir 170 MWe. « C'est environ un neuvième de la puissance d'un EPR », indique Renaud Crassous, directeur du projet SMR chez EDF. Grosso modo, il faudrait donc dix SMR de type Nuward pour atteindre la puissance d'un EPR.

« C'est une philosophie de conception en rupture avec ce qui se fait habituellement dans le nucléaire, où l'on cherche à atteindre des puissances toujours plus grandes par unité pour augmenter la rentabilité », pointe Jean-Michel Ruggieri. »

Mais en contrepartie de cette petite taille, les SMR sont plus simples. Ils s'appuient notamment sur des systèmes de sûreté passive, qui reposent sur des phénomènes naturels, (Nuward doit, par exemple, être capable de se refroidir sans intervention humaine pendant plusieurs jours) et

non sur des systèmes coûteux et complexes dont sont dotés les grands réacteurs.

Cette petite puissance donne donc la possibilité de simplifier son design et de le fabriquer par modules, en séries, dans des usines. Comme des legos, ces modules doivent ensuite être directement assemblés sur le site. Un moyen de diminuer sensiblement les délais de construction par rapport aux réacteurs nucléaires classiques, contraints par des obligations de réalisation sur site. Les temps visés oscillent ainsi entre 3 et 4 ans. Grâce à cette approche modulaire et standardisée, les industriels visent des effets de série et d'apprentissage permettant de diminuer les coûts de fabrication. Le coût de construction d'un SMR pourrait ainsi s'élever à 1 milliard d'euros.

2 - Quelle est la technologie utilisée ?

Plusieurs technologies peuvent être employées. Le projet français Nuward s'appuie, par exemple, sur un réacteur à eau pressurisé, la même technologie que les réacteurs français en service et que l'EPR.

« C'est un cousin des réacteurs qui sont aujourd'hui en exploitation en France et majoritairement dans le monde. Il

utilise le même type de combustible. Cela signifie que tout un pan de son fonctionnement et de sa maintenance est un domaine sur lequel nous sommes déjà très expérimentés », détaille Renaud Crassous. »

Mais d'autres projets de petits réacteurs modulaires s'appuient sur des technologies très différentes, comme des systèmes à haute température, à neutrons rapides et à sels fondus. On dénombre également six projets de micro-réacteurs, dont la puissance est inférieure à 10 MWe, principalement dédiés à des applications militaires ou à des infrastructures très reculées.

3 - Combien y a-t-il de projets de SMR dans le monde ?

De nombreux acteurs sont dans les starting-block. Fin 2020, l'agence internationale de l'énergie atomique (IAEA) (lien : <https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-for-the-future-new-iaea-publication-highlights-status-of-smr-development>) dénombrait 72 projets en développement ou en construction à travers 18 pays. Ils sont développés par de nombreux acteurs, allant des entreprises publiques, notamment en Chine et en Russie, à une multitude de start-up nord-américaines. Aujourd'hui aucun n'est encore en service, hormis la barge russe de Rosatom, opérationnelle depuis 2020.

Aux Etats-Unis, la filière est largement subventionnée par le gouvernement et parmi le foisonnement de projets, le plus avancé est celui porté par NuScale Power, dont le prototype devrait entrer en service en 2029. L'entreprise américaine a décroché en août dernier une autorisation validant le design et sa technologie. Elle a déjà signé un contrat pour construire une centrale composée de douze SMR et d'une puissance totale de 720 MWe. La Chine développe

deux modèles pour des usages maritimes et terrestres tandis que la Corée du Sud travaille sur le modèle SMART.

Au Royaume-Uni, Rolls-Royce veut devenir l'un des pionniers de cette filière et a dévoilé mi-mai le nouveau design de son projet, dont la fin de construction est prévue pour le début de la décennie 2030.

4 - Où en est le projet tricolore Nuward ?

Le projet Nuward, développé par EDF, TechnicAtome, Naval Group et le CEA, est actuellement en phase de design industriel. Cette étape consiste à choisir les grandes options techniques et d'architecture et à prédimensionner les grands équipements. Le consortium se donne jusqu'à la fin 2022 pour déposer auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) un dossier d'option de sûreté. A l'issue de séances de questions-réponses, l'ASN rendra son avis sur les choix de sûreté. EDF et ses partenaires se fixent ensuite jusqu'à 2026 pour valider les différentes étapes de design et débiter la phase de construction. Objectif : être prêt pour une mise sur le marché dans la décennie 2030. Un calendrier ambitieux, mais réaliste, estime EDF.

5 - Des réacteurs Nuward verront-ils le jour en France ?

Le réacteur Nuward n'a pas été pensé pour le marché domestique. « La France n'a pas besoin de décarboner son système électrique et notre réseau est déjà adapté à supporter de grosses puissances nucléaires », explique Jean-Michel Ruggieri. Nuward est donc principalement destiné à l'export. Toutefois, EDF vient d'initier un dialogue avec l'Etat français pour construire un tout premier démonstrateur dans l'Hexagone sur un site nucléaire préexistant. « Aujourd'hui,

c'est le scénario central, c'est celui qui nous donnerait le plus de chances de succès à l'international. Avoir, en France, une première centrale de 340 MWe [composée de deux SMR Nuward, ndlr] constituerait un élément de robustesse industrielle », ajoute Renaud Crassous.

6 - La France a-t-elle une chance de remporter cette compétition mondiale ?

« Les acteurs français sont plutôt en retard dans le domaine des SMR : le seul concept proposé, à eau pressurisé, ne devrait pas voir le jour avant 2030, au risque d'arriver une fois la concurrence bien établie », écrivait, en 2019, l'Institut français des relations internationales (Ifri) dans un rapport consacré aux petits réacteurs modulaires dans le monde. »

Christian Jeanneau, senior vice-président des activités nucléaires chez Assystem, ne partage pas les mêmes craintes :

« La France a toute ses chances dans cette bataille pour une raison principale : c'est une technologie que l'on maîtrise depuis les années 60. Il y a toute une phase de maîtrise technologique que l'on a et que les autres pays n'ont pas. La France est peut-être entrée plus tard dans la course, mais elle aura toutes ses chances au moment où la compétition commerciale va débiter », assure-t-il. »

7 - Quel est le marché visé ?

Les SMR sont principalement destinés à remplacer les centrales à charbon dans l'optique de décarboner le système électrique. « Encore deux tiers de l'électricité dans le monde est produite par des moyens fossiles », rappelle Renaud Crassous.

« Dans les pays qui ont du nucléaire et qui ne souhaitent pas en sortir et les

pays qui souhaitent y accéder, on recense plus de 3.000 centrales à charbon. Il y a donc un besoin énorme d'offrir un moyen de substitution à ces centrales. Le nucléaire ne va pas prendre toute cette place, mais les SMR constituent clairement une des réponses pour accomplir cet objectif. Le SMR a un rôle à jouer », estime-t-il. »

Un certain nombre de pays industrialisés constituent ce futur marché. La Pologne, la République Tchèque ou encore l'Estonie et la Roumanie ont engagé des investigations sur les petits réacteurs nucléaires. Ailleurs dans le monde, le Canada présente une feuille de route avancée sur les SMR et les Etats-Unis et l'Australie manifestent aussi un grand intérêt. Les SMR présentent également une opportunité pour plusieurs pays en développement, comme l'Inde, l'Egypte ou encore le Ghana.

« Pour les nouveaux entrants, les SMR constituent un moyen d'accéder au nucléaire sans avoir à gérer de trop grosses puissances qui pourraient perturber leurs réseaux », note Jean-Michel Ruggieri. »

8 - Les SMR peuvent-ils être compétitifs ?

« La baisse des coûts des SMR sera clairement conditionnée à des volumes de production importants pour permettre d'engranger des économies d'échelle », pointe l'Ifri. Mais ces volumes de production conséquents ne pourront être atteints qu'à deux conditions : une standardisation des pièces plus poussée et une harmonisation de la réglementation à l'échelle internationale.

« Une harmonisation à l'échelle internationale constituerait un vrai axe de facilitation », confirme Christian Jeanneau. « Le nucléaire s'est construit sur un nombre restreint de pays qui ont développé cette technologie pour leur

marché domestique. Chacun a donc conçu sa réglementation propre. Il n'existe pas aujourd'hui de réglementation internationale comme dans l'aéronautique car il n'y avait pas, jusqu'à présent, de marché mondial. Si vous obtenez une licence en France, elle ne sera pas valable aux Etats-Unis, en Chine ou en Inde », développe-t-il. »

Or le marché du SMR est un marché, par définition, mondial. Et, sans harmonisation, les industriels ne pourront pas bénéficier pleinement de l'effet de levier pour entrer dans des effets de séries comme dans l'aviation.

Problème : pour certains experts, l'espoir de voir apparaître un vaste marché mondial est très mince. C'est le cas du chercheur M.V Ramana de l'université de Colombie-Britannique à Vancouver, dont les travaux sont relayés par le journal Reporterre. (lien : <https://reporterre.net/Le-petit-reacteur-atomique-SMR-fait-rever-les-nuclearistes>) Selon ses calculs, le même modèle de SMR devra être fabriqué par milliers pour que le coût de l'électricité produite soit équivalent à celui des réacteurs de grandes puissances. Or, plusieurs projets majeurs en Russie, en Chine et en Corée du Sud ne sont pas parvenus à trouver des clients, rapporte-t-il. Il cite également le cas de NuScale aux Etats-Unis, qui a rencontré des difficultés. Ce qui a poussé plusieurs groupes d'électricité à se désengager du projet au vu des coûts plus élevés que ceux initialement annoncés.

« La promesse des SMR c'est de présenter un coût d'investissement moitié moins cher par mégawattheure que les réacteurs de grande puissance, grâce à une construction modulaire qui diminue les temps de chantiers et donc le coût de financement. Mais pour le projet NuScale, par exemple, on s'approche finalement du même coût d'investissement que pour les réacteurs de

grande puissance », reconnaît Christian Jeanneau. »

9 - Quel est l'impact du prix du carbone ?

Le rôle des SMR dans le système énergétique mondial « dépendra aussi de leur compétitivité face aux énergies fossiles, comme pour le nucléaire actuel », note Charles Merlin de l'Ifri. « L'instauration de taxes carbone favorisera évidemment l'ensemble de la filière », poursuit-il.

« Si nous arrivons à obtenir un climat d'investissement favorable à la décarbonation et un climat favorable à l'octroi d'autorisations harmonisées dans plusieurs pays, alors nous pourrions entrer dans des effets de série », reconnaît Renaud Crassous. »

10 - Quid de la taxonomie européenne ?

L'intégration, ou non, du nucléaire dans la taxonomie européenne, sera aussi décisive pour le décollage de ce nouveau marché, comme pour l'ensemble de l'industrie nucléaire. EDF et la France font actuellement le forcing pour que l'atome civil soit inclus dans ce référentiel d'investissements verts, qui doit conditionner l'accès aux financements, et au coût du financement, pour de nombreuses années. Or l'électricité produite par les SMR dépendra fortement de ces coûts.

« Si l'électricité produite est trop chère, les SMR ne rencontreront pas le marché. L'électricité doit être disponible, décarbonée et abordable », rappelle Christian Jeanneau. »■