

La dimension stratégique du nucléaire civil

Par Marc-Antoine EYL-MAZZEGA

Institut français des relations internationales (IFRI)

Alors que les acteurs français du nucléaire civil procèdent à un diagnostic complet de la filière pour pallier les déboires et établir les conditions d'une relance des constructions de réacteurs, la dimension stratégique du nucléaire civil doit impérativement être prise en compte. La guerre technologique globale et la bipolarisation du monde entre les États-Unis et la Chine qui se déploient désormais imposent à la France et à l'Union européenne (UE) d'avoir une stratégie de maîtrise des chaînes de valeur de toutes les technologies bas carbone. Le nucléaire civil en est une composante essentielle. Le risque est que demain, la Chine et la Russie, et dans une moindre mesure les États-Unis, ne dominent les marchés des exportations et « verrouillent » certains pays. La France et l'UE peuvent aussi perdre leur capacité de peser dans la gouvernance mondiale du secteur, et sur la non-prolifération du nucléaire, au moment où de nombreux pays émergents souhaitent se doter de cette technologie, qui par ailleurs se transforme avec l'émergence des petits réacteurs modulaires.

Les quatre cent cinquante réacteurs nucléaires en service dans le monde assurent 10 % de la production d'électricité et sont un atout immense sans lequel la situation climatique serait encore plus grave. Dans le classement des émissions de CO₂ en cycle de vie complet des sources de production d'électricité, le nucléaire partage le meilleur score avec l'hydroélectricité, suivie du solaire, de l'éolien, puis du gaz et, enfin, du charbon. « Notre maison brûle... », avait clamé le président Chirac en 2002, elle se consume aujourd'hui : il faut donc accélérer massivement le déploiement des technologies bas carbone et les substituer aux autres, et renforcer l'efficacité énergétique. Le GIEC souligne ainsi le rôle essentiel du nucléaire (et du stockage de CO₂) pour parvenir à limiter l'accroissement des températures et la dégradation de la biodiversité.

Crise du nucléaire en Occident

Or, en Occident, la construction de nouveaux réacteurs est en recul (on ne recense que cinq chantiers dans l'UE, deux en Corée du Sud, deux aux États-Unis (qui connaissant des difficultés et retards) et deux au Japon) et le parc de réacteurs y est vieillissant. L'enjeu principal en Europe et aux États-Unis est, d'un côté, la faisabilité de la prolongation de la durée de vie de certaines centrales, opération économiquement rentable, et, de l'autre, le démantèlement des réacteurs qui seront mis à l'arrêt. L'UE avance vers l'adoption d'un objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050, ce qui implique la décarbonation complète du secteur électrique et une électrification croissante des usages : le nucléaire y représentait 25 % de la production d'électricité en 2018. En Allemagne,

l'Energiewende 1.0 du chancelier Schröder avait pour objectif non pas la décarbonation mais la sortie du nucléaire ; sa version mise à jour par Merkel en 2011 ne visait qu'à une accélération du processus : le coût du déploiement des énergies renouvelables (EnR) est considérable et le niveau d'émission du secteur électrique n'a que très peu baissé. En Belgique, l'on envisage de fermer les sept réacteurs en service en 2025 pour sauter dans l'inconnu, avec le choix entre dépendre des importations des voisins ou construire des centrales à gaz qui verrouilleront les émissions à long terme. Dans les scénarios de décarbonation de l'UE vers 2050, il faudra au moins garder un socle de 15 % de nucléaire, ce qui implique de nouvelles constructions.

Les États-Unis, qui détiennent le premier parc installé au monde, font face à l'érosion de leur socle nucléaire du fait de la super compétitivité d'un gaz abondant et bon marché et des énergies renouvelables. Le Japon se relève péniblement de la catastrophe de Fukushima Daiichi, mais il ne parviendra pas à remettre en route tous les réacteurs dont le pays a besoin.

Dans le même temps, en Chine et en Russie, l'industrie nucléaire est un secteur stratégique en expansion. Des pays émergents très émetteurs comme l'Inde, la Turquie, les Émirats Arabes Unis, l'Égypte, le Bangladesh, l'Iran, le Pakistan, et dans une moindre mesure, la Jordanie et la Biélorussie, ont des projets plus ou moins avancés de construction de centrales nucléaires. D'autres pays souhaitent installer ou étendre cette technologie : notamment l'Afrique du Sud, l'Arabie Saoudite, l'Algérie, le Kenya, le Nigeria, le Brésil, l'Argentine, l'Ukraine, l'Ouzbékistan

et le Kazakhstan. Au Vietnam ou en Afrique du Sud, les abandons ou les reports d'acquisition de cette technologie se soldent par une dépendance maintenue ou accrue au charbon.

Pendant que les Russes et Chinois triomphent en investissant et en soutenant massivement leur industrie, l'industrie française accumule les déboires, ratés et dérapages que nul ne peut accepter. De là à avoir le nucléaire honteux ou désastreux, il n'y a qu'un pas que beaucoup ont déjà franchi. Une expression qu'il nous faut entendre.

Les problèmes s'affichent à la une des journaux : mauvaise maîtrise des chantiers et retards qui s'enchaînent (Olkiluoto : + 11 ans, Flamanville 3 : + 11 ans à ce stade, et premiers signes inquiétants pour le chantier des deux réacteurs de Hinkley Point C, où le budget a été revu à la hausse de 10 % et la première livraison reculée de quinze mois, à ce stade), explosion des coûts (Flamanville-3 : +9 milliards d'euros), insuffisante maîtrise de la qualité des équipements et de leur installation (défauts de soudure dans vingt-trois générateurs de vapeur ou de fonte des cuves). Le savoir-faire s'érode. Il faut voir la réalité en face : ces difficultés se multiplient et s'accumulent dangereusement. C'est une spirale infernale qui menace. Tous les acteurs, y compris l'État et EDF, assument et reconnaissent désormais une situation devenue inacceptable.

Il faut saluer l'existence d'une autorité de sûreté indépendante dont les exigences se renforcent et le fait que désormais tous les acteurs cherchent à apporter des réponses à ces dysfonctionnements. Car ce que nous risquons en cas d'inaction, c'est d'aboutir à une situation qui continuerait d'empirer et qui déborderait pour mettre à mal notre souveraineté technologique et énergétique, notre compétitivité et notre sécurité d'approvisionnement.

Pourtant, nous avons eu pendant quatre décennies le nucléaire heureux : un programme construit de manière remarquable, dans les temps, tranche par tranche, à bas coût, de façon efficace, un parc bien opéré et globalement bien entretenu, avec une très forte implication de l'État à tous les niveaux et le développement d'une filière championne du monde grâce à son savoir-faire et qui a su développer et conserver sa maîtrise du cycle du combustible. C'est ainsi qu'EDF exploite encore soixante-treize réacteurs nucléaires dans le monde, un exploit qui s'appuie sur un savoir-faire inégalé.

Dans ce contexte, rappeler que, sans le nucléaire, le niveau des émissions de la France serait largement plus élevé, est cependant devenu quasiment inaudible ! Le fait que le nucléaire, concomitamment à l'hydroélectricité, ait été le pilier du développement économique et social de la France des Trente Glorieuses, avec le succès indéniable que l'on connaît et des prix pour les consommateurs parmi les plus bas dans l'UE, n'est en rien anecdotique. Faut-il rappeler que sans le parc nucléaire français, nous devrions aujourd'hui mener un vaste et coûteux programme de diversification du mix électrique, tant pour l'industrie que pour les particuliers ? Il ne faut pas éluder le fait que l'État n'en aurait pas eu les moyens, la dette ayant été creusée pour faire face à d'autres dépenses. Comment la

France aurait-elle pu devenir la gardienne de l'application de l'Accord de Paris et viser de façon réaliste l'atteinte de la neutralité carbone sans son nucléaire ? Le cas de l'Allemagne est un bon contre-exemple. Enfin, il faut se réjouir de la révolution des énergies renouvelables et de leur potentiel immense qu'il faut encore développer, mais la gestion de leur intermittence et de leur stockage, de leur acceptabilité, des réseaux, de leurs coûts, et la maîtrise des chaînes de valeur sont des défis d'une telle ampleur, que leur déploiement se heurtera inévitablement à certaines limites.

Une crise profonde qui dépasse le nucléaire

L'observation clinique des causes profondes de cette situation révèle un problème beaucoup plus vaste que la seule industrie du nucléaire. Au Japon, c'est une crise de gouvernance et de sûreté. Aux États-Unis, c'est une crise économique.

En France, c'est une crise de l'État : une crise de l'État stratège, qui s'est retrouvé depuis deux décennies acculé à la gestion du court terme, où le plan a largement disparu (seule la Commission européenne et le ministère des Armées semblent encore avoir des réflexions de long terme). Crise de la stratégie industrielle et de la maîtrise technologique en général, qui est le lot d'autres pays européens d'ailleurs : nous savons de moins en moins mener à bien des chantiers complexes. Le contraste est saisissant : les aéroports de Pékin ou Istanbul sont construits en un temps record, quand celui de Berlin est un véritable chaos ; les EPR en Chine sont livrés à temps grâce aux équipementiers et à la maîtrise d'ouvrage chinois ; l'industrie spatiale européenne est ébranlée par la nouvelle donne technologique américaine ; quand l'Allemagne développe son industrie solaire, la Chine la cannibalise grâce à son échelle démultipliée, ses *clusters* industriels et ses soutiens étatiques ; quand nous réfléchissons aux usages pertinents de l'hydrogène et lançons quelques projets pilotes, des villes chinoises passent déjà commande de milliers de bus à hydrogène ; quand l'électrification du transport est en plein essor, nos constructeurs automobiles passent commande aux *giga*factories asiatiques qui, au mieux, viendront installer quelques usines dans l'UE, tout en gardant la maîtrise industrielle et technologique. Cette crise n'est heureusement pas généralisée, et l'aviation ou les chantiers navals civils ou militaires offrent, pour l'instant du moins, quelques contre-exemples. La guerre technologique globale et la bipolarisation du monde entre les États-Unis et la Chine qui se déploient désormais nous imposent, pour survivre, d'avoir une stratégie à l'échelle de la France et de l'UE de maîtrise des chaînes de valeur de toutes les technologies bas carbone.

Crise ensuite parce que nous avons, depuis les années 1990, cessé de construire des réacteurs en France, et ce jusqu'en 2007 année du lancement du projet de Flamanville 3. De fait, nous avons arrêté de développer cette industrie : les savoir-faire se perdent, les personnels sont démotivés et le secteur nucléaire a souffert et souffre encore de son entre-soi, ce qui est également le cas, dans



Présentation à la presse d'un Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) au China Institute of Atomic Energy (CIAE) de la China National Nuclear Corporation, Pékin, avril 2019.

« La Chine a non seulement acheté et installé la totalité des technologies de réacteurs existantes au monde, mais elle a su s'en servir pour apprendre, investir et en tirer le meilleur. »

d'autres domaines, d'une haute fonction publique assise sur ses certitudes et réussites passées. Par effet de domino, cela a aussi nourri la crise de gouvernance des entreprises d'État, où l'État – et leurs dirigeants – n'ont pas identifié à temps les fausses routes. Peut-on blâmer dans ce contexte les citoyens qui nourrissent des craintes, notamment sur la gestion des déchets ?

Crise de la recherche et du développement : le virage pour adapter les programmes, notamment le prototype de réacteur à neutrons rapides Astrid, à de nouvelles contraintes budgétaires et technologiques et tenter notamment de nouer de nouvelles coopérations stratégiques (déjà existantes avec le Japon), a-t-il été pris à temps ? Résultat : près d'un milliard d'euros engloutis dans Astrid, un projet désormais mis à l'arrêt pour le plus grand plaisir des acteurs russes et chinois.

Crise aussi liée aux autorités de sûreté des États européens qui ne coopèrent pas assez pour faire converger leurs pratiques et standards et réduire ainsi les coûts des projets. C'est aussi le problème de la technologie ultra-sûre de l'EPR, qui est victime de sa complexité et du divorce Siemens-Framatome, une technologie qui en outre ne peut pas être standardisée, puisque chaque EPR construit est spécifique à chacun des pays clients.

C'est aussi une conséquence de l'impasse dans laquelle est le marché européen de l'électricité : dans un cadre

libéralisé et en dépit de la hausse inexorable du prix du carbone, il n'y aura plus d'investissements dans de nouvelles capacités de production conventionnelles, renouvelables ou nucléaires sans garanties multiformes de l'État. Le contrat garanti à 92 livres par MWh pendant trente-cinq ans proposé par l'État britannique pour Hinkley Point C est le dernier du genre : il n'a pu être signé par EDF que parce que c'est une entreprise d'État et que les conditions accordées étaient plus qu'avantageuses.

Enfin, crise parce que nous n'avons pas assez tenu compte de la dimension stratégique du nucléaire civil et de ses développements chez nos concurrents et rivaux. Des décisions critiques devront être prises en France sur l'avenir de notre secteur. Il faut certes procéder à un diagnostic clinique poussé de notre industrie, mais aussi tenir compte des enjeux géopolitiques et géoéconomiques internationaux qui y sont liés.

Des risques stratégiques de décrochage et de marginalisation

Force est de constater que les pays autoritaires ont un secteur nucléaire qui se développe tous azimuts : construction de centrales sur leur territoire et à l'étranger ; développement de réacteurs et technologies de génération IV, notamment les réacteurs à sel fondu ou à neutrons rapides, qui referment le cycle du combustible

et permettent de réduire au minimum les déchets ultimes et la dépendance à l'uranium ; et programmes de développement de technologies miniaturisées – les petits et mini-réacteurs modulaires ; enfin, conquête agressive et stratégique de marchés à l'export s'appuyant sur des technologies éprouvées, efficaces et compétitives, sur la mobilisation de tous les moyens de l'État, des financements multiples, la formation des personnels, la reprise des déchets, etc.

Rosatom met en service des réacteurs en Russie, développe et déploie des petits réacteurs modulaires et engrange de nombreux contrats à l'export grâce à son système *build, own, operate* et de financement intégré, ce qui n'est permis ni par l'OCDE ni par l'UE. Rosatom est ainsi la seule entreprise russe à pouvoir exercer un *leadership* technologique au niveau mondial et à jouer dans le même temps un rôle majeur au plan militaire.

La Chine a non seulement acheté et installé la totalité des technologies de réacteurs existantes au monde, mais elle a aussi su s'en servir pour apprendre, investir et en tirer le meilleur : elle est en train de développer son propre réacteur de génération 3 (sous deux versions), lequel est largement inspiré d'une technologie Westinghouse. Non seulement elle l'a « chinisé », mais elle s'est également donné les moyens d'y apporter de nombreuses améliorations en termes de sûreté (de refroidissement, notamment) ou encore d'efficacité, notamment avec l'utilisation de l'intelligence artificielle. La Chine poursuit activement et méthodiquement ses efforts en matière de recherche et d'innovation, notamment sur tout ce qui se rapporte à ces technologies, tout en étant leader mondial dans le déploiement du solaire et de l'éolien terrestre.

Le risque est que la Russie et la Chine disposent demain d'un duopole de l'exportation de ces technologies sensibles dans les pays émergents, voire dans l'UE. Le risque est celui d'un verrouillage pendant un demi-siècle des pays émergents clients par ces puissances : ces contrats s'accompagneront de corruption, de ventes d'armes, de fournitures de conseillers en tout genre et d'une influence forte sur ces États.

La crise du nucléaire en Occident n'est pas une fatalité. Aux États-Unis, la faillite de Westinghouse a été digérée et le rebond s'organise : le secteur privé s'est emparé de la recherche et du développement (de façon emblématique par le biais de Bill Gates et Jeff Besos, notamment dans le développement des réacteurs à neutrons rapides), avec le soutien d'abondants fonds fédéraux *via* le Département of Energy et les National Laboratories mobilisés pour développer notamment des petits réacteurs modulaires, voire des micro-réacteurs. Les États-Unis se remobilisent également pour placer leur offre de grands réacteurs à l'étranger, comme en Arabie Saoudite ou en Pologne.

Dans les pays développés, le risque est que les technologies des petits réacteurs, que les acteurs américains, britanniques et canadiens développent main dans la main, s'imposent et deviennent la nouvelle norme. Les implications vont au-delà du secteur énergétique : l'industrie spatiale a été fortement impactée par SpaceX, les petits

réacteurs nucléaires peuvent contribuer à amplifier les bouleversements intervenus. Ces imbrications économiques et technologiques, civiles et militaires, sont encore trop sous-estimées, elles sont pourtant bien réelles et doivent être pleinement prises en compte si l'on veut réfléchir sur le temps long. En outre, à l'heure où l'architecture de sécurité collective héritée de la Guerre froide s'effondre, il paraît impossible d'inscrire dans la durée la stratégie nucléaire militaire de la France (armes et propulsion) sans un secteur du nucléaire civil dynamique.

Pour vendre à l'étranger et convaincre des États de s'allier pour des décennies avec un fournisseur de technologies de souveraineté, il faut disposer d'une industrie et d'une vision industrielle étatique qui soient crédibles. Or, le nucléaire a toute sa place dans ce XXI^e siècle : c'est ainsi que nombreux seront les États à réaliser cet investissement stratégique, et ce pour plusieurs raisons, souvent cumulatives : les entreprises d'État n'ont pas pour objectif une rentabilité économique maximale ou de court terme, elles peuvent en outre emprunter auprès de l'État ; besoins accrus des concentrations urbaines et industrielles en matière d'approvisionnement continu en électricité non polluante et en matière de dessalement de l'eau de mer ; effectuer une montée en gamme technologique et industrielle ; diversifier le mix électrique ; se positionner sur le domaine du nucléaire militaire...

Enfin, la politique de non-prolifération et la gouvernance mondiale du secteur impliquent d'avoir une stratégie étatique et une industrie actives et dynamiques. C'est la condition pour conserver une réelle influence sur des sujets cruciaux qui vont être progressivement bouleversés : dans un monde où de nombreux pays émergents souhaitent se doter de cette technologie, la gouvernance de la non-prolifération, déjà mise à mal par les cas de l'Inde, du Pakistan, de la Corée du Nord ou d'Israël, devra évoluer. Il faudrait faire en sorte que certains États à risque ne puissent pas se doter de telles technologies. Pour cela, il faudra s'employer à faire évoluer les règles et la gouvernance internationale de la sûreté du nucléaire civil. Et sans cesse veiller à ce que la sécurité des infrastructures et la non-prolifération soient garanties. Pour le dire autrement, l'Allemagne ou l'Autriche pourront-elles vraiment peser sur ces débats ? Une chose est sûre : la France sera la seule à pouvoir le faire, en particulier dans et pour l'UE, et elle devra travailler étroitement avec le Royaume-Uni.

Bien entendu, la filière n'a pas d'autre choix que de se remettre en cause pour arriver à baisser ses coûts, condition de sa survie. Les travaux en cours au sein d'EDF autour du projet EPR 2 et le rapport Falz y contribueront. Mais l'État ne peut faire l'impasse sur la dimension stratégique du nucléaire civil et doit en tirer les conséquences dans les positions qu'il défend vis-à-vis de ses partenaires européens et à Bruxelles. Il conviendrait notamment de :

- développer une vision claire et cohérente de l'avenir de notre système énergétique et électrique dans le cadre européen pour explorer les coûts et avantages des différents systèmes de technologies bas carbone, avec pour

critères : la maîtrise de la chaîne de valeur, l'emploi, la compétitivité et la sécurité des approvisionnements ;

- s'assurer que, dans la réglementation européenne, le nucléaire bénéficie des mêmes chances et opportunités de contribuer à un système électrique décarboné que les autres technologies bas carbone. Et qu'il puisse bénéficier de financements européens pour amplifier la recherche et le développement portant sur les technologies avancées ou de petits réacteurs, notamment *via* le programme Horizon Europe/InvestEU ;
- impulser une stratégie de coopération internationale renouvelée et de partenariats public-privé dans le domaine de la fermeture du cycle et du traitement des déchets dont le MOX, ainsi que dans le développement

de nouvelles technologies comme les petits réacteurs modulaires ou les micro-réacteurs, avec pour objectifs de baisser les coûts, garantir la sûreté, renforcer l'efficacité des processus et atteindre des résultats crédibles. Ces partenariats peuvent aussi concerner les activités de *design*, de construction et d'exploitation de centrales. Il conviendrait aussi de renforcer les efforts visant, notamment, à la convergence des standards de sûreté des différents régulateurs européens ;

- élaborer une offre de solutions énergétiques compétitives et sûres pour permettre aux pays émergents d'assurer leur approvisionnement en électricité et y favoriser l'essor de mégapoles durables.