

L'électricité nucléaire dans la transition énergétique et au-delà



Dominique MINIÈRE (P78)

Directeur délégué
Direction Production Ingénierie à EDF

Introduction

La production d'électricité d'origine nucléaire est un thème régulièrement débattu, questionné, avec ses partisans et ses opposants. Ce n'est pas anormal, car il n'est pas uniquement technique ou économique, mais aussi sociétal, comme l'accident de Fukushima l'a rappelé. Le sujet de son développement, de sa réduction, voire de son arrêt, doit être posé dans l'ensemble de ses dimensions.

La dimension «énergétique»

L'électricité est un produit énergétique dont la consommation doit être prise en compte au même titre que le charbon, le pétrole ou le gaz, ou les énergies renouvelables. Ces formes d'énergie ne se transportent pas dans les mêmes conditions, sont partiellement substituables entre elles et peuvent en partie aussi être remplacées par des économies d'énergie. Il faut donc raisonner sur l'ensemble des produits énergétiques et considérer tous les impacts des différentes énergies, sinon tout débat est biaisé. L'État ne s'y est pas trompé en lançant un débat sur la Transition Énergétique et non sur la Transition Électrique, qui n'aurait pas de sens.

Dominique MINIÈRE (P78)

Entré à EDF en 1982 à la Production Nucléaire, il a exercé des responsabilités dans le démarrage et la maintenance d'une centrale nucléaire.

Il a participé de 1993 à 1997 au démarrage de la centrale de Daya Bay (Chine) en tant que conseiller maintenance et transfert de compétences.

De retour en France, il a occupé divers postes en centrale nucléaire avant d'en prendre la direction.

Directeur Adjoint de la division Production Nucléaire (supervision des 19 sites de production français) de 2002 à 2010 en charge des questions techniques et de développement à l'international.

Il a pris la direction de la Division Production Nucléaire en 2010 avant d'être nommé Directeur délégué de la Direction Production Ingénierie en mars 2013.

Le «produit» Électricité

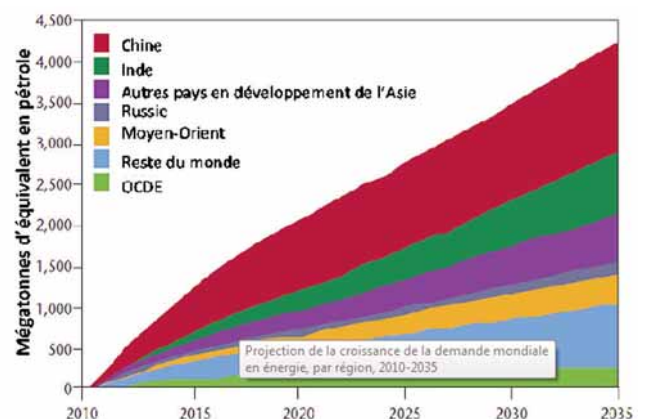
L'électricité est un produit particulier, plus «raffiné» que les autres formes d'énergie, ajustable avec précision et très utilisé dans les secteurs de pointe : c'est la forme d'énergie pouvant le plus facilement se substituer aux autres et elle constitue le vecteur (entre production et consommation) des énergies renouvelables diffuses. En outre, la consommation d'électricité n'émet pas de produits nocifs. Elle est donc appelée à se développer, notamment dans le domaine des transports. Mais pour l'instant, l'électricité ne se stocke pas ou peu de manière rentable et ne se transporte pas sur de très longues distances. Elle est ainsi très différente de beaucoup d'autres produits, et notamment des matières premières énergétiques comme le charbon, le pétrole ou le gaz, car il faut en permanence, au niveau de chaque grande zone, équilibrer la consommation par une production égale.

La dimension nationale ou mondiale

Si certains enjeux en matière d'énergie sont nationaux, voire locaux, d'autres sont mondiaux : il en est ainsi de l'émission des gaz à effet de serre ou de l'accès aux ressources. Par exemple, on a observé récemment que le développement de la production de gaz en Amérique avait eu comme conséquence inattendue de faire augmenter les émissions de gaz à effet de serre en Europe, du fait de la baisse du prix mondial du charbon, résultant de la moindre consommation de charbon aux USA. Quand on parle d'énergie, on ne peut faire l'économie de projections mondiales.

Les lignes de force

Les principales lignes de force en matière énergétique sont aujourd'hui les suivantes :



Projection de la croissance de la demande mondiale en énergie, par région, 2010-2035.

Source : Agence internationale de l'énergie. Perspective mondiale en matière d'énergie, 2011.

Le développement du besoin en énergie dans le monde.

À l'horizon 2050, la production d'électricité dans le monde devrait doubler, passant de 21 000 TWh à environ 36 000 TWh d'ici à 2025, puis à plus de 40 000 TWh d'ici à 2050, hausse tirée essentiellement par les pays hors OCDE qui représentent plus de 80% de l'augmentation mondiale prévue d'ici à 2035.

Les incertitudes dues aux constantes de temps longues dans le domaine énergétique (environ dix ans pour la conception-construction et plusieurs décennies de vie totale) face aux risques d'approvisionnement, de forte variation des prix ou de ruptures technologiques.

Le souci justifié d'éviter les pertes inutiles et donc la «maîtrise de l'énergie» et de la consommation.

Le souci de développer les énergies les plus dé-carbonées possibles.

L'enjeu de l'accès aux ressources dans un contexte de développement fort des besoins.

L'appétence pour les énergies renouvelables, qui entraîne une obligation de compenser par des moyens de production «classiques», en raison du faible productible (durée de fonctionnement limitée) de ces énergies.

La création d'emplois dans la construction et la maintenance des équipements de production d'énergie. La France y a une place historique, mais les marchés d'équipement sont de plus en plus des marchés mondiaux très concurrentiels.

L'électricité d'origine nucléaire aura toute sa place demain car elle est au croisement de toutes ces lignes de force :

- Dans un monde avec des besoins en forte croissance, toutes les ressources seront mobilisées.
- Une fois construite et l'investissement réalisé, une centrale nucléaire est économiquement rentable à utiliser car les coûts d'exploitation et de combustible sont nettement plus faibles que ceux des centrales utilisant d'autres sources d'énergie «primaire».
- L'électricité peut jouer un rôle important en matière de maîtrise de la consommation, via le chauffage électrique, particulièrement réglable, ou le développement des pompes à chaleur.
- L'électricité d'origine nucléaire est dé-carbonée ; c'est d'ailleurs la seule dans ce cas parmi les énergies dérivées du sous-sol.
- L'uranium est assez répandu dans le monde, notamment dans des pays stables politiquement. Par ailleurs, la part de l'uranium naturel compte peu dans le prix du kWh d'origine nucléaire, moins de 5%, contrairement au pétrole ou au gaz.
- Par leurs capacités de réglage, les centrales nucléaires peuvent accompagner, jusqu'à un certain point, le développement des énergies renouvelables.

Quelle énergie nucléaire et à quel prix ?

L'électricité d'origine nucléaire, pour ce qui relève du nucléaire de fission, est une activité à maturité. Après plusieurs

dizaines d'années d'expérience, ceci présente notamment l'avantage de pouvoir définir assez précisément les principales caractéristiques attendues des équipements de production d'énergie nucléaire : des centrales sûres produisant une électricité économiquement intéressante pour les clients.

Concernant les centrales existantes (dites de génération 2), la sûreté nucléaire, ensemble des dispositions prises à tous les stades de la conception, de la construction et de l'exploitation pour protéger en toutes circonstances l'homme et son environnement naturel contre la dispersion de produits réactifs, a progressivement évolué en termes d'attentes concrètes du public. D'une protection de la santé (effet des rayonnements ionisants), gérable par le déplacement des populations en cas d'accident très grave, l'attente a migré vers la non-acceptation de toute contamination à long terme des territoires.



Centrale nucléaire de Gravelines Crédit Photo EDF

Les centrales nucléaires, construites pour être exploitées durant des décennies, ne peuvent donc rester figées dans leur design : si les attentes du public évoluent, il y a aussi nécessité de prendre en compte le retour d'expérience des incidents dans le monde, l'amélioration des connaissances (on n'a plus les mêmes moyens de modélisation et de calcul qu'il y a 30 ans) mais aussi l'évolution de l'environnement externe, naturel (pas de tempêtes tropicales en France jusqu'en 1999) et industriel. Il est donc indispensable d'améliorer régulièrement le design des centrales, au moins tous les dix ans, à l'occasion des grandes visites annuelles. Pour ce faire, le meilleur schéma est de disposer d'un exploitant responsable, capable de maîtriser de telles évolutions, sans se «reposer» uniquement sur les constructeurs initiaux (chaudière ou génie civil) car l'opérateur est seul responsable, comme Fukushima l'a montré. Une autorité de contrôle indépendante, solide et compétente est aussi indispensable. C'est la force de la France de disposer de ces différents ingrédients, pour elle-même bien sûr, mais aussi pour le développement et la promotion d'un nucléaire sûr, partout dans le monde.

L'autre condition est, à l'évidence, de disposer d'un parc compétitif. Dans le coût du kWh nucléaire, la part liée à l'investissement initial est prépondérante et s'amortit année après



Salle des machines de la centrale de Gravelines - Crédit Photo : Michaël Zumstein

année. Vers trente ans de vie, il y a cependant nécessité de procéder à de nouvelles dépenses d'investissement importantes, afin de couvrir la rénovation ou le remplacement de gros composants qui s'usent. Notre parc a aujourd'hui 27 ans en moyenne et cette période s'ouvre progressivement. C'est également dans cette période qu'il nous faut procéder aux investissements pour prendre en compte le retour d'expérience d'accidents tels que Fukushima. Pour un parc démarré à 80% entre 1980 et 1990, la période d'investissements importants est celle des années 2011-2025 : l'ordre de grandeur est de 55 Mds Euros. Un tel investissement prend tout son sens s'il peut permettre, dans le même temps, d'amener le parc existant à une durée de fonctionnement de 50 à 60 ans. Le coût résultant du MWh nucléaire est de l'ordre de 54 € 2010/MWh (source : rapport de la Cour des Comptes), nettement plus intéressant que celui des autres moyens de production. Les coûts de développement du nucléaire neuf, du charbon, du gaz sont aux alentours de 70 à 100 €/MWh, les tarifs d'achat actuels des énergies renouvelables sont entre 85 et 350 €/MWh. Par ailleurs, un tel investissement est une vraie opportunité de redévelopper l'emploi industriel en France dans la filière nucléaire, de redynamiser un tissu industriel solide et robuste, nécessaire pour le parc en exploitation, mais aussi pour les nouvelles centrales à construire, en France ou dans le monde. L'impact pour la filière nucléaire a été estimé : il est évalué à plus de 50 000 emplois dans les années qui viennent.

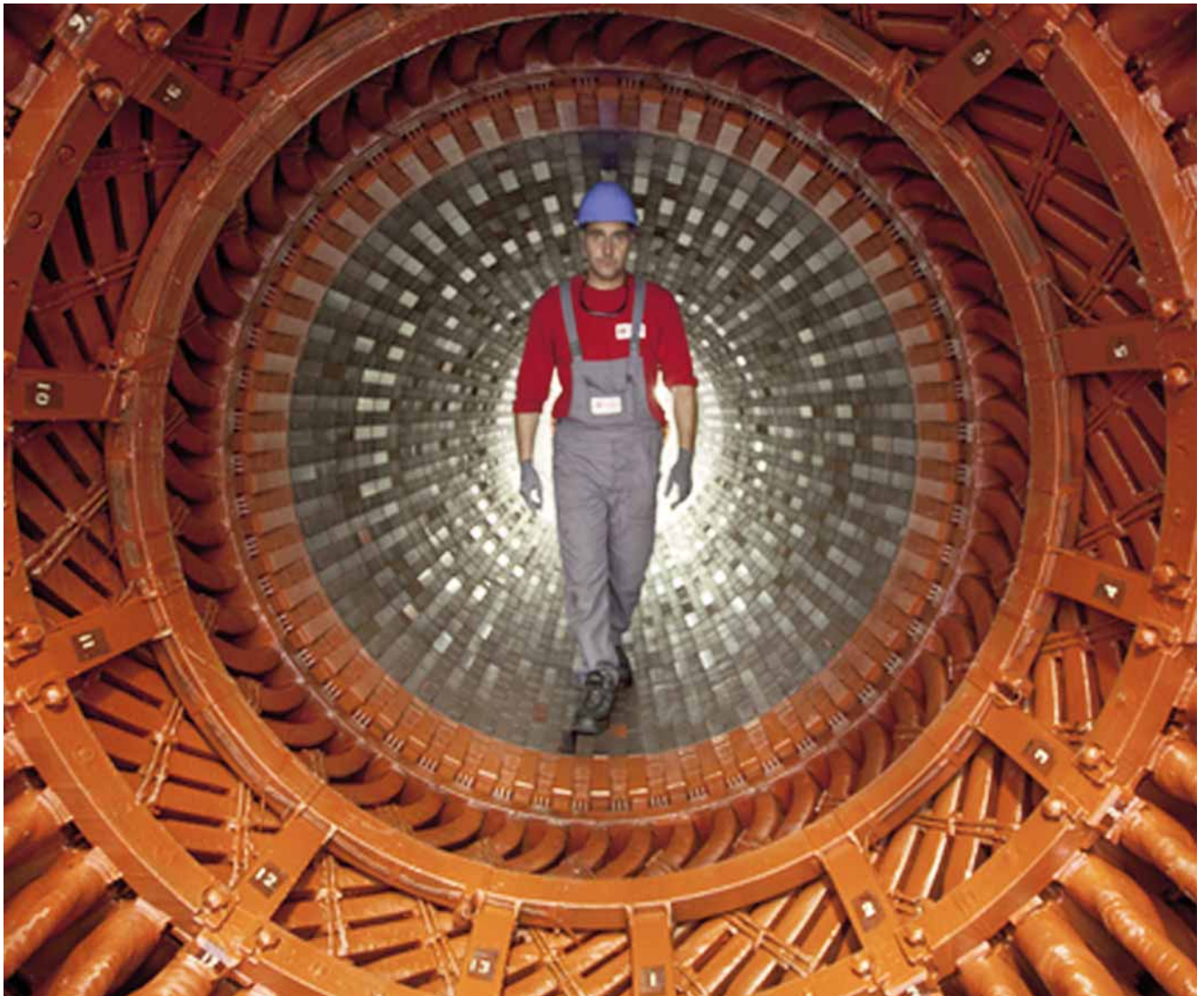
Concernant les centrales futures en France, il s'agira de réacteurs dits de génération 3. Le premier en cours de construction est l'EPR de Flamanville 3. Il sera intrinsèquement plus sûr que les réacteurs de génération 2 : à titre d'exemple, un seul des six diesels présents sur le site permet de maîtriser une situation d'accident grave. Il est d'une construction très complexe par son niveau de sûreté, avec des exigences de

l'Autorité de Sûreté bien plus importantes que celles relatives aux réacteurs construits dans les années 80. C'est un prototype en France : faute de construction neuve pendant plus de 15 ans de la part d'EDF et de ses fournisseurs, il est réalisé dans un tissu industriel en cours de renaissance, ce qui explique que son coût et ses délais de construction ne sont pas représentatifs des futurs réacteurs EPR. À titre d'exemple, les EPR chinois de Taishan bénéficient actuellement du retour d'expérience des deux réacteurs en construction à Flamanville et en Finlande, ainsi que de la solidité du tissu industriel de la Chine, qui n'a pas arrêté de construire de nouveaux réacteurs depuis les années 90. On a là l'esquisse de ce qui pourrait être la construction d'un EPR industrialisé avec un délai et des coûts plus resserrés.

Un réacteur de la puissance de l'EPR (plus de 1600 MW) ne peut s'insérer dans le réseau d'un pays de taille limitée : en cas d'effacement, l'ensemble du réseau risquerait d'être fortement affecté. Il est donc nécessaire de disposer à l'export de réacteurs de génération 3 d'environ 1 000 MW, économiquement rentables et capables de s'insérer dans les réseaux de moyenne puissance. C'est le sens des travaux menés actuellement par différents acteurs dans le monde, dont bien sûr EDF et AREVA. Fin 2007, AREVA, en association avec Mitsubishi, a créé une co-entreprise de droit français, détenue à parts égales, pour concevoir le réacteur ATMEA 1 en se fondant sur les meilleures technologies disponibles au sein des deux groupes et sur des techniques de construction modulaire.

Le retour d'expérience et l'action internationale

Forte de l'exploitation des 58 réacteurs français et de la construction des premiers réacteurs EPR, EDF bénéficie d'un retour d'expérience incomparable. Il est complété par celui



Stator de l'alternateur du BUGEY - Crédit photo: Bruno Conty

provenant de sa coopération poussée (d'abord en tant que conseil et plus récemment en tant que co-investisseur) avec le constructeur – exploitant chinois CGNPC qui a démarré ou construit récemment de nombreuses centrales. On peut ajouter que les grandes exigences auxquelles doit répondre le nucléaire en France, et ses performances enviables jusqu'à présent, donnent à la filière française une image de leader mondial.

Sur la scène internationale, les perspectives restent très encourageantes pour le nucléaire, notamment dans les pays en développement gros consommateurs d'énergie comme la Chine ou l'Inde, mais aussi dans des pays plus proches comme l'Angleterre ou la Turquie. De nombreux projets sont prévus avec des discussions à un stade avancé avec les principaux fournisseurs mondiaux en concurrence : américain, japonais, coréen, russe, et... français. Un facteur décisif pour pouvoir offrir un prix modéré est d'obtenir un effet série par la construction d'un grand nombre de réacteurs identiques dans leurs grands constituants. Ainsi EDF et son partenaire

AREVA, forts de l'implantation des deux groupes depuis 30 ans en Chine, ont pris ensemble acte du programme prépondérant de construction de réacteurs nucléaires dans ce pays et ils ont décidé de s'organiser, avec leur partenaire chinois historique, en vue du développement d'un nouveau modèle de réacteur, qui intègre le retour d'expérience de l'exploitation et les enseignements tirés de l'accident de Fukushima.

Conclusion

Dans une demande toujours croissante d'énergie et avec un mix énergétique qui ira en se diversifiant dans l'avenir, l'électricité nucléaire conserve de beaux jours devant elle dans les prochaines décennies, en particulier parce qu'elle fournit une visibilité sur des prix futurs de kWh raisonnables. Ces perspectives devraient permettre de perpétuer, avec les partenaires d'EDF que sont AREVA, l'ANDRA, le CEA et avec ses autres fournisseurs, une filière industrielle française d'excellence. ■