

« Les contributions des techniques nucléaires à la transition française et européenne »

Discours d'ouverture de la 5^{ème} journée de l'I-tésé
Christophe Béhar, Directeur de l'Energie Nucléaire du CEA

Salutations

Le contexte économique mondial, et en particulier européen a fortement évolué durant l'année écoulée, avec des conséquences majeures pour nos économies. L'exigence de mise en débat de nos choix énergétique s'en est encore accrue. Dans cette perspective, je souhaite contribuer à cette journée de l'I-tésé dans deux domaines principaux : celui de la technique, qui est notre cœur de métier, mais aussi celui de l'évaluation des systèmes associant nucléaire et énergies nouvelles.

En effet, la transition énergétique peut conduire à une mutation de l'ensemble du système énergétique et met en œuvre des interactions fortes avec la société. Le nucléaire en est une des composantes. Il convient de comprendre et même de penser la contribution de cette forme d'énergie de façon large, et j'y reviendrai.

Pour rester dans un premier temps au plan de la technique : pour les toutes prochaines décennies, nous constatons un lien fort entre le rôle du nucléaire et au moins trois dimensions technologiques: l'accroissement de la durée de fonctionnement des réacteurs, l'accroissement de la sûreté du parc (actuel et futur), exigence encore accrue après l'accident de Fukushima, et enfin la nécessaire conception de systèmes innovants associant le nucléaire et les énergies nouvelles au sein d'un même parc, ou dans des sites dédiés comme ceux de la future production de biocarburants de seconde génération.

Un arrêt complet et rapide du parc nucléaire n'est pas à l'ordre du jour et ces trois dimensions sont au centre des décisions en termes d'évaluation de la part du nucléaire dans le MIX énergétique :

1. *Première dimension : L'accroissement de la durée d'exploitation des réacteurs* : celle-ci revêt un intérêt économique et donc stratégique de grande ampleur. Tant les calculs du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP), que ceux de l'I-tésé montrent en effet

qu'une décision d'arrêt « anticipé » d'un réacteur ferait perdre immédiatement une valeur économique comprise entre 1 et 3 milliards d'euros pour ce seul réacteur. Les décisions du gouvernement en tiendront probablement compte. Les études menées par la DEN dans ce domaine, notamment en ce qui concerne le vieillissement des matériaux, ont pour objectif de contribuer à cette décision. A titre d'exemple, des expertises poussées sur des éprouvettes issues du programme de surveillance du vieillissement des réacteurs ont permis d'étayer scientifiquement les dossiers actuels d'extension de durée de leur fonctionnement.

2. *Seconde dimension: la sûreté.* Son amélioration continue, tant pour les réacteurs actuels que futurs, est une des règles du nucléaire, en particulier en France. L'accident de Fukushima a confirmé la pertinence d'une telle démarche et a encore renforcé les programmes en la matière. La DEN œuvre dans cette voie (calculs d'accidents graves, effets des séismes...) et consacre une part non négligeable de ses budgets aux études de sûreté.
3. *Troisième dimension : les complémentarités et synergies avec les EnR.* Les possibilités sont larges et il nous faut en tirer parti au mieux dans les prochaines années. Il ne s'agit pas seulement de bénéficier des capacités d'un parc nucléaire à accueillir sans contraintes excessives des quantités croissantes d'énergie éolienne ou solaire. Il s'agit aussi, grâce au nucléaire, de permettre l'essor de nouvelles technologies. Ainsi, le nucléaire permet avec probablement peu d'ajustements de mobiliser des fonctions nouvelles : participation à la gestion de l'intermittence des EnR, suivi de charge renforcé, développement possible de la cogénération. En générant massivement une électricité décarbonée, il permet aussi aux équipements photovoltaïques produits en France, de bénéficier d'un cycle de vie à très faible contenu en carbone. Nous le verrons cet après-midi. Enfin, le nucléaire de demain développera de nouvelles aptitudes capables de transformer en profondeur le mix énergétique et d'intégrer les EnR à grande échelle. Je souhaite notamment préciser deux fonctionnalités allant dans ce sens:
 - i. D'une part, le nucléaire du futur contribuera probablement à la fabrication d'hydrogène, nouveau vecteur de stockage de l'énergie, qui sera un des moyens principaux pour faire face à l'intermittence des EnR (les autres moyens étant essentiellement les actuelles stations de transfert (ou STEPs) ou les futures cavités sous pression (ou CAES), mais les sites

de ces deux moyens de stockage sont et resteront en nombre très limités).

- ii. D'autre part, l'hydrogène ainsi produit sera aussi utilisé pour des applications nouvelles, telles la production de biocarburants de 2ème génération (que nous préparons dans le cadre du projet Syndièse) et le recyclage du CO₂. Dans ce cas, cet hydrogène d'origine nucléaire permettra de mieux valoriser la biomasse nationale.

Au-delà des années 2030 à 2040, d'autres challenges techniques sont déjà nettement perceptibles : il s'agit en particulier de la mise au point de nouveaux types de réacteurs, de 4ème génération. Ceux-ci s'inscrivent dans une transition plus longue que celle qui est débattue actuellement, mais qui, à contrario, se comprend dans une logique temporelle identique à celle du réchauffement climatique : celle du demi-siècle ou du siècle.

Il y a trois raisons au développement de tels réacteurs :

1. La première est qu'ils permettent une excellente utilisation de la ressource en uranium (y compris l'uranium appauvri séparé lors de l'enrichissement nécessaire au combustible des centrales actuelles) et ont la capacité de multirecycler le plutonium, ce qui constitue un atout majeur pour l'indépendance énergétique,
2. La deuxième est qu'ils contribuent à la gestion des déchets radioactifs à vie longue et à leur diminution grâce à la transmutation des actinides mineurs,
3. Et la troisième est leur résistance à la prolifération car ils suppriment la nécessité d'enrichir l'uranium et consomment eux-mêmes le plutonium qu'ils produisent.

Vis-à-vis du premier point, l'I-tésé vous présentera ses résultats récents, qui montrent que les ressources en uranium pourraient être à un terme plus court moins abondantes que prévu.

Face à ces enjeux, la Direction de l'Énergie Nucléaire du CEA est le seul centre de recherche au monde, parmi les grands pays industrialisés, qui développe un programme ambitieux dans ce domaine, avec des pays comme la Russie, la Chine et l'Inde. La politique française en la matière s'inscrit dans la durée et la constance. Et il est indispensable que ceci continue à être le cas. Récemment des signaux se sont faits jours d'un certain retour de l'intérêt des USA pour ces réacteurs avancés : ainsi deux laboratoires américains de grande réputation, l'INL et l'ANL ont-ils décidé de collaborer au projet du CEA Astrid, de

démonstrateur de réacteurs de 4^{ème} génération, en menant, à notre demande, des calculs sur la sûreté du cœur.

Si maintenant nous élargissons notre champ de vision bien au-delà de la technique, je vous propose de nous tourner vers les critères qui ont été définis par les instances en charge de l'évaluation des scénarios du débat national en cours, dont Thierry Wahl vient de nous résumer l'état actuel. Pour la plupart, ils s'appliquent à une filière énergétique, ou à une combinaison de filières. Sur cette base, je les regroupe ci-après en 7 groupes de critères (et non plus 12) et j'examine comment le nucléaire y répond:

- i. *Compétitivité, coûts et prix de l'énergie, investissements nécessaires* : le nucléaire est très compétitif, et la Cour des Comptes nous a montré que les incertitudes qui portent encore sur le démantèlement ou le stockage des déchets de haute activité ne changent rien à cet état de fait. Utilisons cet atout fort pour contribuer à la construction d'un parc accueillant des énergies nouvelles (nucléaire nouveau et EnR) plus chères, en « réglant » avec précision leur vitesse de développement. Pour le futur, l'enjeu économique du nucléaire est double : construire des nouveaux réacteurs européens avec un coût de production dans la zone des 60 à 70 euros/kWh et consolider, voire inventer, des modalités qui permettent de financer ces équipements à fort investissement initial.
- ii. *Emploi, filières professionnelles, activités* : le nucléaire est porteur d'emploi (110 000 recrutements dans le nucléaire français d'ici 2020, qui dit mieux !), et reste une filière fortement exportatrice...
- iii. *Sécurité d'approvisionnement, indépendance énergétique* : ce critère ne doit surtout pas être négligé. Rappelons-nous les difficultés d'approvisionnement en Europe induites par les interruptions de livraison du gaz russe transitant par l'Ukraine il y a quelques années. Le nucléaire montre d'excellentes performances en la matière (moins d'un milliard d'euros d'importation d'uranium par an et des stocks tampons susceptibles d'amortir de fortes fluctuations).
- iv. *Gestion et économie des ressources, biodiversité et impact environnemental et climatique* : le bilan du nucléaire actuel, avec moins de 10 grammes de CO₂/kWh est proche de l'hydraulique, au meilleur niveau. Partant de cette performance, il permet d'améliorer celles des EnR. Ainsi - je l'ai explicité - une électricité sans carbone est utilisée pour construire les équipements tels que

les panneaux solaires et les éoliennes. Par ailleurs, un parc nucléaire qui « amortit » les fluctuations de puissance des EnR est bien plus favorable qu'un parc gaz, ou pire, un parc charbon. De surcroît, à long terme, la quatrième génération des réacteurs nucléaires dispose de caractéristiques remarquables en termes de gestion des ressources.

- v. *Impacts santé, accident, risques, sûreté* : l'impact consolidé du nucléaire sur la santé est l'un des plus faibles de toutes les filières énergétiques. Nous travaillons cette question, notamment sous l'angle de la limitation des probabilités d'accidents et de leurs conséquences tant pour les réacteurs existants que ceux de la troisième et de la quatrième génération. Ainsi, nous portons un soin tout particulier aux performances de sûreté des réacteurs du futur, sans oublier de dialoguer, dès la conception de ces réacteurs, avec des exploitants. Enfin, nous contribuons directement à améliorer la santé de nos populations via la production d'isotopes médicaux.
- vi. *Résilience, robustesse, adaptabilité, réversibilité, flexibilité* : le choix d'une part significative de nucléaire dans le mix est un facteur de stabilité contre les fluctuations nombreuses de prix, de règles de marché, de disponibilité de ressources... En France, nous parlons de « socle nucléaire ». Il faut aussi ne pas oublier que la part du nucléaire dans le mix est un paramètre significatif des décisions à prendre, mais qu'elle est loin d'être le seul. Ainsi, les systèmes nucléaires offrent des bouquets de solutions pour gérer des questions différentes : déchets, consommation d'uranium et à terme flexibilité de la production, nouveaux usages du nucléaire... Une stratégie énergétique ne repose donc pas seulement sur une puissance nucléaire « objectif », mais elle doit contenir des indications en termes de composition du parc nucléaire pour remplir les fonctions souhaitées.
- vii. *Acceptabilité, cohésion, justice sociale, gouvernance des systèmes locaux* : le nucléaire est bien accepté en France. Il permet d'obtenir des prix très bas de l'électricité et est donc un atout essentiel dans la lutte contre la pauvreté et la précarité énergétique. Au plan des territoires, le rôle de notre activité est extrêmement fort dans nombre d'entre eux : Nord - Pas de Calais, Basse Normandie, Bourgogne, Vallée du Rhône et demain dans les territoires, que nous connaissons bien, de la Meuse et de la Haute Marne... Depuis

des dizaines d'années, le nucléaire s'est fortement et profondément enraciné d'abord en apportant emploi, qualification et dynamisme technologique, mais aussi dans une démarche de dialogue permanent, notamment au travers des Commissions Locales d'Information (Cli).

Ainsi, si l'on cherche à analyser le potentiel de l'énergie nucléaire pour réussir la transition énergétique française, les perspectives m'apparaissent-elles très encourageantes quel que soit l'horizon considéré :

- a. A court terme, le nucléaire assure une production d'énergie bon marché qui constitue le socle sur lequel les énergies nouvelles se développent, en bénéficiant d'une synergie technique avec le nucléaire, et d'une synergie économique, via la possibilité de mettre en place des tarifs d'achats favorables à ces énergies nouvelles, sans, pour autant, déboucher sur un prix du kWh insupportable. Par ailleurs, les effets économiques sur l'emploi seront majeurs avec les importants travaux de jouvence à mener sur le parc actuel.
- b. A moyen terme, le nucléaire de 3^{ème} génération est un excellent choix, tant au regard de la mobilisation de ce que les meilleures technologies actuelles permettent, notamment via une sûreté en progrès constant, que vis-à-vis d'un coût qui reste acceptable. Il ne faut surtout pas oublier que le leadership mondial de la France dans l'industrie nucléaire passe par des produits de haute technologie adossés à un programme national annoncé et fiable, même s'il n'est plus question de rééditer les rythmes très élevés des années 80. D'ici une vingtaine d'années, ces réacteurs de 3^{ème} génération seront complémentaires du solaire, des biocarburants, du recyclage du CO2... C'est sur ces opportunités qu'il faut fonder nos mix futurs.
- c. A plus long terme, c'est-à-dire vers les années 2050 qui sont l'horizon ultime que visent les travaux de préparation de nos décisions sur la transition, nous arrivons dans la période où les réacteurs à neutrons rapides pourraient se développer très significativement.

In fine, le nucléaire dispose d'atouts majeurs dans la construction des mix énergétiques de demain. Le nucléaire n'est d'ailleurs pas un bloc compact à prendre ou à laisser. Il est constitué d'un jeu large de technologies

diversifiées, alliant des capacités nombreuses et innovantes de gestion du cycle à des générations nouvelles de réacteurs.

Le nucléaire dans cette transition énergétique trouvera d'abord sa place au sein du système électrique qui ne peut compter plus de 30 ou 40% (nous travaillons à préciser ces niveaux) de production intermittente sans surcoûts trop importants.

Ainsi, en France, le nucléaire est-il une des chances pour la mise en place plus importante des EnR.

Pour préciser comment en tirer parti au mieux, j'ai demandé à l'I-tésé non seulement d'être le lieu de référence de nos réflexions sur la place du nucléaire dans le mix énergétique et électrique, mais aussi de décrire les trajectoires possibles en référence à des critères où la technologie est prise en compte à sa juste place.

Cette journée m'apparaît constituer une illustration forte des travaux de l'Institut dans cette direction.