

L'innovation dans la technologie nucléaire

E. Bertel *

Le nucléaire doit sa réussite à l'innovation. Son avenir en dépendra également. Des systèmes d'innovation efficaces seront nécessaires pour poursuivre l'exploitation et la maintenance des systèmes nucléaires actuels dans des conditions sûres et rentables et parvenir aux objectifs des projets destinés à concevoir et mettre en œuvre les systèmes avancés du futur. D'où l'intérêt d'analyser les systèmes d'innovation pour en dégager les caractéristiques et améliorer leurs performances dans le secteur nucléaire.

De nombreuses études ont été consacrées, notamment dans les pays membres de l'OCDE, aux processus d'innovation nationaux et internationaux tant les pouvoirs publics sont conscients de l'intérêt de s'appuyer sur le retour d'expérience pour renforcer leurs systèmes d'innovation.

Malgré cela, jusqu'à aujourd'hui ni l'innovation dans le secteur de l'énergie nucléaire en général, ni ses spécificités n'ont fait l'objet d'analyses approfondies. La nouvelle étude publiée au début de 2007 par l'AEN sous le titre *Innovation dans la technologie nucléaire* passe en revue et analyse les systèmes d'innovation nucléaire à partir des rapports communiqués par les différents pays membres et les études de cas.

Champ de l'étude et approche adoptée

L'étude consiste à analyser les performances des systèmes d'innovation dans le secteur nucléaire à partir des descriptions fournies dans les rapports nationaux et des études de cas. L'innovation y est définie comme le processus qui s'étend de la phase

de recherche jusqu'à la diffusion à grande échelle d'un produit, en passant par les phases de démonstration et de déploiement initial. Le résultat de l'innovation est un produit nouveau ou sensiblement amélioré ou un procédé introduit avec succès sur le marché et apportant un bénéfice social et/ou économique.

Le retour d'expérience que l'on a pu tirer de 11 rapports nationaux et 23 études de cas a été dépouillé de manière systématique en fonction de dix éléments, ou indicateurs, particulièrement adaptés à la mesure des performances des systèmes d'innovation. Ces éléments sont les suivants :

- demandes du marché pour des produits innovateurs ;
- ressources humaines disponibles pour les programmes d'innovation ;
- ressources financières susceptibles d'être affectées à des programmes d'innovation ;
- intrants physiques, tels que matériaux, services et équipements, consacrés à l'innovation ;
- accès des innovateurs à la science, aux technologies et aux meilleures pratiques commerciales ;
- aptitude et propension à innover de l'entité qui entreprend un programme d'innovation ;
- présence d'institutions et de mécanismes de soutien adaptés à l'innovation ;
- réseaux, collaborations et groupes à la disposition des innovateurs ;
- aptitude des mécanismes du marché à diffuser largement des produits de l'innovation ;
- environnement de l'entreprise au moment du déploiement des produits de l'innovation.

L'évaluation des contributions respectives de chaque élément à la réussite ou à l'échec des processus d'innovation évalués permet d'identifier les meilleures pratiques et de comprendre les raisons pour lesquelles certains mécanismes ont échoué.

Programmes d'innovation nucléaire

Les programmes de recherche et développement dans le domaine de l'énergie nucléaire recouvrent non seulement la conception de nouveaux systèmes et filières, mais aussi l'amélioration des centrales nucléaires et installations du cycle du combustible existantes. L'effort d'innovation peut porter sur ces deux domaines.



* Mme Evelyne Bertel (evelyne.bertel@oecd.org) travaille dans la Division du développement nucléaire de l'AEN.

En général, les programmes de R-D destinés à perfectionner des technologies et installations existantes sont entrepris sous la houlette de l'industrie. L'innovation, dans ce type de programmes, doit servir, par exemple, à améliorer le comportement des matériaux dans les milieux hostiles, le rendement des procédés, ou à adapter des moyens de modélisation.

Les programmes d'innovation dont l'objectif est de mettre au point des réacteurs et cycles du combustible évolutifs, c'est-à-dire présentant des améliorations progressives par rapport aux systèmes nucléaires existants, peuvent être entrepris en collaboration par l'industrie et des établissements ou laboratoires publics. L'innovation, dans ce cas, relève principalement de l'adaptation technologique, mais elle peut aussi exiger d'entreprendre des recherches fondamentales afin d'identifier diverses solutions techniques permettant notamment d'obtenir de meilleurs résultats économiques ou de mieux exploiter les ressources.

Les programmes de R-D consacrés à la conception et la mise au point de filières entièrement nouvelles de réacteurs ou de filières innovantes sont le plus souvent entrepris dans des cadres multinationaux sous la direction d'organismes publics. C'est ainsi que plusieurs pays ont lancé récemment des programmes nationaux et internationaux destinés à définir les objectifs et la feuille de route du développement de technologies nucléaires novatrices. Le Forum international Génération IV (GIF) et le Projet international sur les réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO) en sont des exemples.

L'innovation joue un rôle capital dans les programmes aux objectifs très ambitieux qui exigent la mise au point de concepts et systèmes entièrement nouveaux. À titre d'exemple, on aura besoin de solutions innovantes pour mieux exploiter les ressources naturelles et limiter les flux de déchets, éviter toute répercussion hors site d'un accident, même grave, améliorer les marges concurrentielles des systèmes nucléaires, pénétrer sur les marchés autres que ceux de l'électricité, limiter les risques de prolifération des armes nucléaires et renforcer la protection physique des installations nucléaires.

Spécificités de l'innovation dans le secteur nucléaire

Les spécificités du secteur de l'énergie nucléaire ont marqué de leur empreinte les schémas de développement de l'énergie nucléaire et les systèmes d'innovation qu'ont adoptés les différents pays pour mener les travaux de R-D dans ce domaine. On peut regrouper en quatre grandes catégories les caractéristiques de l'énergie nucléaire : forte dépendance vis-à-vis des connaissances scientifiques et du savoir-faire technologique, marché avec un faible nombre de transactions représentant des montants élevés, risque financier élevé mais de faibles coûts de production marginaux

et besoin d'un cadre juridique et réglementaire stable avec un contexte politique prévisible.

Bien que variant avec les schémas de développement nucléaire (qui peuvent être autonomes, reposer sur des transferts et adaptations technologiques ou dépendre de l'étranger), les systèmes d'innovation adoptés par les différents pays ont tous, dans une certaine mesure, bénéficié de l'aide de l'État et de la coopération internationale, du moins dans les premiers temps.

Les principaux moteurs de l'innovation que l'on a pu relever dans les rapports nationaux et études de cas peuvent être résumés de la manière qui suit :

- le marché, c'est-à-dire la recherche de la compétitivité et la volonté d'augmenter ses parts de marché ;
- l'évolution des politiques, et notamment l'adaptation à des objectifs d'ensemble tels que la protection de l'environnement ou la recherche de l'adhésion sociale ;
- la technique, dont la mise au point de matériaux plus avancés, de nouveaux outils informatiques ou d'équipements plus perfectionnés, l'amélioration du rendement ou de l'efficacité des techniques de gestion.

Les principaux acteurs de l'innovation nucléaire sont les instances gouvernementales, les établissements ou laboratoires publics menant des programmes de recherche et les fournisseurs de matériaux, d'équipements et de services. Les utilisateurs finals des produits, au premier rang desquels les entreprises d'électricité, peuvent également jouer un rôle important.

Les instances gouvernementales sont impliquées directement dans l'innovation nucléaire par le biais de ses décisions de lancer des programmes nationaux de R-D ou de soutenir la recherche fondamentale. Elles le sont aussi indirectement lorsqu'elles définissent les priorités des politiques énergétiques nationales ou établissent les infrastructures et régimes réglementaires. Dans le domaine de l'énergie nucléaire, les autorités de sûreté et les organismes chargés de la radioprotection et de la gestion des déchets radioactifs par exemple, ont une influence capitale car ils définissent le cadre de l'innovation.

Pour la mise en œuvre des programmes d'innovation, la responsabilité repose essentiellement sur ceux qui mènent des travaux de R-D. Dans le cas d'une technologie parvenue à maturité comme l'énergie nucléaire, les centres de recherche recouvrent un éventail d'établissements publics et privés qui vont du laboratoire universitaire jusqu'à la filiale d'une entreprise industrielle. La coopération et la coordination entre les divers acteurs est l'une des clés de l'efficacité, mais aussi de la réussite finale des processus d'innovation.

Les fournisseurs qui vont de la petite entreprise locale spécialisée dans des produits ou technologies particulières à des grandes entreprises multinationales,

jouent un rôle primordial dans le processus d'innovation parce qu'elles proposent des solutions innovantes pour résoudre des problèmes spécifiques et qu'elles sont une passerelle entre la R-D effectuée et la réalité du marché. Pour ces fournisseurs, les contraintes de la concurrence sur le marché et les droits de la propriété industrielle sont des facteurs importants qui risquent de restreindre les coopérations entre les différents acteurs dans le cadre d'un programme d'innovation.

Bien qu'elles soient les ultimes destinataires de l'innovation nucléaire, les entreprises d'électricité ne soutiennent pas nécessairement l'innovation. Sur les marchés libéralisés notamment, elles ont tendance à préférer des systèmes qui ont fait leurs preuves et offrent des garanties de fonctionnement. Elles ont néanmoins contribué à certains programmes d'innovation, sur la gestion de la durée de vie des installations, entre autres. Des initiatives telles que la publication des spécifications des électriciens peuvent guider les innovateurs dans leurs recherches en les informant sur les caractéristiques que les entreprises exigent des produits finals.

Causes de la réussite ou de l'échec des processus d'innovation

Bien que le développement et le déploiement de l'énergie nucléaire puissent être, dans l'ensemble, considérés comme l'issue réussie d'un processus d'innovation, certaines approches de l'innovation dans ce même secteur ont, elles, connu des sorts plus mitigés. La variabilité des performances des programmes d'innovation s'explique par de nombreuses causes communes à diverses technologies, mais certaines causes sont spécifiques au nucléaire.

Les caractéristiques économiques du produit résultant du processus d'innovation sont un élément capital de la réussite. Un produit qui ne serait pas concurrentiel par rapport aux autres produits déjà sur le marché est voué à l'échec au stade du déploiement. Dans le cas de la technologie nucléaire, cet échec pourrait résulter soit du procédé lui-même, soit du contexte et notamment de la faiblesse des prix des combustibles fossiles.

La réussite du déploiement d'un produit innovant nécessite au préalable que ce produit réponde à la demande du marché. D'où l'importance d'effectuer en amont une analyse des besoins du marché et de la concurrence éventuelle de façon à évaluer les chances de voir le produit adopté par les utilisateurs.

La gestion de projet joue un rôle primordial à toutes les étapes du programme d'innovation dans la mesure où elle permet de vérifier que les objectifs et la portée du projet sont bien définis et maîtrisés, que le budget et le calendrier sont respectés et que la sélection en aval des options est bien effectuée au moment opportun.

D'importants changements du contexte politique et économique global peuvent compromettre forte-

ment la réussite des programmes d'innovation, en particulier dans le secteur de l'énergie nucléaire où les délais nécessaires à la conception et au développement de nouveaux produits ou processus dépassent normalement une dizaine d'années.

Conclusions

Il est vital d'innover pour pouvoir exploiter efficacement et en toute sécurité les centrales nucléaires et les installations du cycle du combustible en service aujourd'hui, mais aussi pour développer et déployer les prochaines générations de systèmes nucléaires. La majorité des pays intéressés par l'option nucléaire mènent des programmes de R-D dans ce domaine et ont mis en place des systèmes d'innovation dynamiques pour concevoir et déployer un jour des réacteurs et cycles du combustible innovants.

Le regain d'intérêt des décideurs pour l'option nucléaire qu'ils perçoivent comme un moyen de parer aux problèmes de la sécurité d'approvisionnement et du changement climatique crée un climat favorable au lancement de programmes d'innovation. S'ils s'appuient sur l'expérience passée, ces programmes peuvent réussir à concevoir, mettre au point et déployer des systèmes nucléaires conformes aux objectifs du développement durable.

Les enseignements tirés des programmes d'innovation antérieurs peuvent être exploités pour améliorer l'efficacité des futurs programmes. L'analyse du retour d'expérience met en effet en lumière les causes de défaillance ainsi que les meilleures pratiques. Si les circonstances nationales et locales jouent, il n'en reste pas moins que les principaux facteurs de la réussite d'un projet innovant sont les mêmes partout.

La coopération et la coordination des divers acteurs sont capitales pour la réussite de l'innovation. Toutes les parties intéressées, et notamment les établissements de recherche, les acteurs industriels, les autorités de contrôle et la société civile peuvent y contribuer. Toutefois l'État a un rôle d'initiateur primordial, notamment pour les projets de longue haleine aux objectifs très ambitieux.

Parce qu'ils décident de la politique énergétique nationale et établissent ainsi le contexte d'un éventuel déploiement des produits et processus innovants, les gouvernements ont un rôle capital à jouer. En outre, ils sont les seuls à pouvoir créer des conditions juridiques et réglementaires stables propices au lancement et à la réussite des programmes d'innovation.

Les organisations internationales comme l'AEN peuvent contribuer à améliorer l'efficacité des politiques et des programmes d'innovation nationaux par les échanges d'information, la collaboration multilatérale et les entreprises communes qu'elles favorisent et l'assistance technique qu'elles offrent pour la gestion des programmes d'innovation. Le Secrétariat technique que l'AEN assure dans le cadre de programmes multinationaux tels que le GIF est un exemple concret de sa contribution à l'innovation nucléaire. ■