

Le marché des RNR-Na

par Gilles Mathonnière,
I-tésé

Les efforts de R&D engagés actuellement sur les RNR-Na ont pour objectif d'en faire un produit sûr qui utilise au mieux les ressources naturelles. Si à terme, les avantages qu'il procure et notamment l'économie de ressources, le rendra compétitif par rapport aux réacteurs à eau, ce n'est pas le cas aujourd'hui, compte tenu des surcoûts d'investissement occasionnés entre autres par les besoins liés à la sûreté de cette filière. Compte tenu de ce contexte particulier, il est intéressant d'examiner comment le marché des RNR-Na pourra se mettre en place.

Introduction

Aujourd'hui, le marché des réacteurs nucléaires est très largement dominé par les réacteurs à eau (REP et REB), même si quelques RNR-Na sont en construction dans le monde.

En ce qui concerne le parc actuel, le peu d'intérêt marqué par les électriciens pour les RNR-Na s'explique essentiellement par le fait que le kWh produit aujourd'hui par ces réacteurs est plus cher que celui produit par les REL. La cause principale est le coût d'investissement élevé du RNR-Na, notamment pour le lot mécanique nucléaire : de par sa conception et notamment la présence de sodium, un RNR-Na présente des caractéristiques qui rendent ce lot plus onéreux que celui d'un REL.

Cependant cet avantage des REL sur le coût du kWh produit n'est pas définitif : ils consomment de l'ordre de 180t d'uranium naturel par GWe et par an, alors que celle des RNR-Na est nulle (ils ne consomment qu'un peu d'uranium appauvri). Il adviendra un moment où, suite à la raréfaction de cette ressource, le prix de l'uranium naturel sera suffisamment élevé pour que le RNR-Na devienne plus compétitif que les REL⁽¹⁾.

Pour qu'un RNR-Na s'impose sur le marché, il faudra non seulement qu'il soit moins cher, mais encore qu'il dispose d'une sûreté reconnue par les autorités de sûreté et acceptable par l'opinion publique. Il répondra donc clairement aux exigences d'un réacteur de 4^{ème} génération. Aujourd'hui, aucun des RNR-Na en construction n'est un réacteur de 4^{ème} génération et il faudra du temps pour donner de la maturité technique et technologique à cette filière. C'est pourquoi, on estime que ce ne sera pas avant 2030 et plus probablement 2040 que cette filière des RNR-Na de 4^{ème} génération pourra être proposée par les constructeurs, après une étape correspondant à un prototype de démonstration industrielle mis en service dans la décennie 2020.

Il est probable qu'au début de leur déploiement, les RNR-Na ne seront pas encore compétitifs sur le plan

économique. L'atteinte de la compétitivité économique interviendra plus tard et marquera une rupture dans le développement du marché de ces réacteurs.

Quelle date pour compétitivité économique des RNR-Na ?

Etablir une date précise est très difficile compte tenu des très fortes incertitudes sur les quantités de ressources en uranium naturel et sur la vitesse de développement dans le monde du parc nucléaire REL (et la consommation d'uranium naturel associée).

Ces incertitudes sur les ressources en Uranium naturel et le développement de l'énergie nucléaire au niveau mondial sont telles que la compétitivité des RNR-Na peut aussi bien intervenir en 2040 que quelques décennies plus tard, même si le créneau le plus probable semble être la 2^{ème} moitié de ce siècle.

De plus, même si le marché de l'uranium est mondial, et que le coût de cette ressource est le même pour tous les pays, la date de compétitivité des RNR-Na ne sera pas strictement la même partout : il existe des effets locaux, comme le coût de la main d'œuvre, les impôts et les taxes. Parmi les points variant d'un état à l'autre, figure la politique de traitement des combustibles usés des REL : pour les pays qui pratiquent déjà le traitement, le plutonium qui en est issu est "payé" par le coût du kWh des REL, par contre, pour les pays qui devraient se doter d'installations de ce type pour disposer du plutonium nécessaire au démarrage de RNR-Na, il est logique de penser que ce coût d'obtention du plutonium s'imputera sur le coût du kWh RNR-Na retardant la date de compétitivité de ces réacteurs pour ces pays.

Par ailleurs, atteindre la compétitivité économique ne veut pas dire pour autant que le parc va migrer très rapidement des REL vers les RNR-Na : car deux autres contraintes entrent alors en jeu ; d'abord la disponibilité du plutonium (qui n'est pas une contrainte forte pour la

France), et ensuite la possibilité de remplacement de réacteurs arrivant en fin de vie ce qui est le cas de la France et des pays avec un parc nucléaire stable ou décroissant, dans ce cas la pyramide des âges des réacteurs joue un grand rôle. Pour la France, cela peut prendre entre 30 et 70 ans, suivant que la compétitivité économique se produit à un moment où beaucoup de remplacements de REL sont à faire ou pas.

Le marché mondial des RNR-Na avant leur compétitivité économique

Il est clair que les motivations des premiers acquéreurs de réacteurs RNR-Na seront plus stratégiques qu'économiques. De ce fait, les acteurs déterminants pour cette première phase seront davantage les Etats que les compagnies électriques. Parmi les critères qui permettront l'émergence de ce premier marché (avec des poids différents selon les pays) on peut citer :

- la sûreté,
- l'indépendance énergétique du pays,
- la sécurité énergétique de l'approvisionnement,
- une assurance vis-à-vis des tensions sur le marché de l'uranium naturel,
- un positionnement dans une industrie de haute technologie,
- la gestion du plutonium,
- la gestion des déchets,
- des considérations liées à la non-prolifération.

Compte tenu de ces différents avantages stratégiques présentés par les RNR-Na, certains Etats prendront la décision d'en construire. Ces décisions devront s'accompagner d'une mise en place de financements gouvernementaux appropriés permettant de contrebalancer le surcoût des RNR-Na, avant que des électriciens en concurrence sur le marché, ne soient amenés à ce choix sur la base des seuls critères économiques.

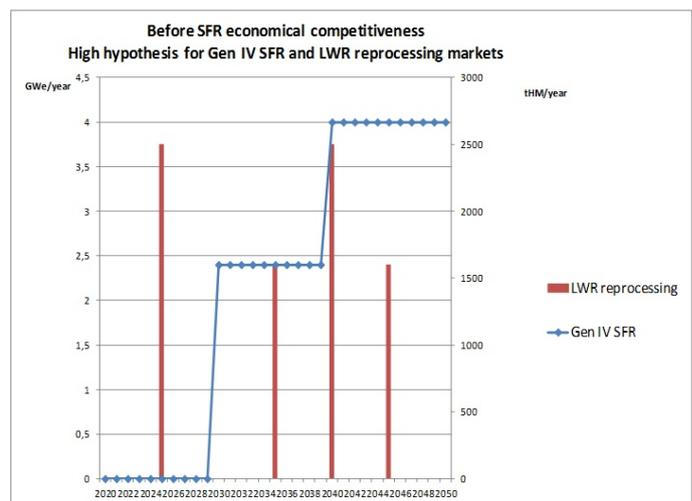
Les pays qui apparaissent les plus à même de financer le démarrage d'un programme "pré-commercial" RNR-Na, et donc de créer et développer un marché pour ces réacteurs sont la Chine, la Russie, et l'Inde : ces pays possèdent une industrie nucléaire solide, une expérience plus ou moins importante dans le domaine des RNR-Na, et surtout une volonté politique forte, à même de permettre la construction de RNR-Na avant que leur coût du kWh ne soit compétitif.

Parmi les autres pays, seuls quelques uns pourront entreprendre la construction de RNR-Na avant leur compétitivité économique, mais à plus petite échelle, leur objectif principal étant de garder ouverte cette technologie pour la cohérence de la politique nucléaire, de participer à la définition de ses standards et de ne pas être pris au dépourvu en cas de tensions sur le marché de l'uranium.

C'est le cas de la France qui prévoit de construire un premier RNR-Na industriel vers 2040, qui pourrait être suivi de quelques unités avec un rythme restant à définir pour assurer la mise en place d'un tissu industriel en attendant la compétitivité économique.

Parmi les autres pays susceptibles de construire un RNR-Na avant 2050, on peut penser au Japon, qui doit cependant gérer la situation post-Fukushima et redéfinir sa politique nucléaire, la Corée du Sud dans le cadre de son développement nucléaire, mais qui devra auparavant se doter de capacités de traitement des combustibles REL et maîtriser les difficultés techniques et politiques qui y sont liées, le Royaume-Uni dans le cadre de sa gestion du plutonium. Enfin, les USA : même s'ils se sont éloignés de la fermeture du cycle depuis plusieurs dizaines d'années, et si aujourd'hui, le gaz de schiste ne permet pas à l'énergie nucléaire de se développer, des évolutions restent possibles dans ce pays très important et capable de considérations stratégiques, surtout si l'énergie nucléaire est relancée au niveau mondial. Il dispose en effet de quantités de plutonium considérables dans ses combustibles usés qui pourraient lui permettre de lancer un programme de RNR-Na de grande ampleur.

La figure suivante illustre ce que pourrait être le marché mondial des RNR-Na à l'horizon 2050 en supposant qu'à cette date les RNR-Na ne sont pas encore compétitifs par rapport aux REL. Elle correspond également à une situation où les Etats sont plutôt volontaristes ce qui permet de déterminer un maximum de RNR-Na pouvant être construits tout en tenant compte des contraintes de disponibilité du plutonium.



Une première remarque importante à faire est que le marché des RNR-Na devra être précédé, puis accompagné par le développement d'usines de traitement REL indispensables pour rendre le plutonium présent dans les combustibles usés REL disponible pour la fabrication d'assemblages MOX pour les RNR-Na. Dans l'exemple de la figure, il faut construire de nouvelles capacités de traitement d'environ 8000 t/an d'ici à 2050

(soit environ 5 fois les capacités d'UP2-800 et UP3 à la Hague), et les premières soit 2500t/an seraient à construire dès 2025. Dans ces conditions, il devient possible de construire environ 2 GWe/an entre 2030 et 2040, puis 4GWe/an entre 2040 et 2050, soit en moyenne 3 GWe par an pendant 20 ans soit 60 GWe/an. Dans cette hypothèse haute (mais sans envisager une compétitivité économique avant 2050 qui augmenterait ce résultat), on peut estimer qu'il y aurait environ 40 RNR-Na (de 1500 MWe) construits dans le monde à l'horizon 2050.

Compte tenu du nombre limité de pays qui construiront des RNR-Na dans cette première phase, du coût élevé de construction des prototypes et des premiers réacteurs industriels, de l'investissement nécessaire dans le cycle (des RNR-Na, mais aussi du traitement des combustibles REL pour en récupérer le plutonium), il est très probable qu'un nombre limité de standards (2 ou 3) de RNR-Na de 4^{ème} génération s'imposeront durant cette phase. Cette remarque est également vraie pour les unités de traitement (du combustible REL)-fabrication du combustible (RNR-Na).

Le marché mondial des RNR-Na après leur compétitivité économique

Dans un second temps, à un horizon difficile à déterminer de la deuxième moitié du 21^{ème} siècle, lorsque les RNR-Na seront jugés compétitifs économiquement, compte tenu des anticipations sur les marchés, la demande s'accroîtra rapidement, et on peut penser que 10 à 15 réacteurs rapides pourraient être construits par an dans le monde, selon les hypothèses enveloppes sur les parcs nucléaires.

La principale contrainte est alors la disponibilité du plutonium. Le chiffre ci-dessus suppose une bonne anticipation des besoins de traitement (on n'est pas limité par les capacités de ces installations) et une bonne coopération entre les Etats. Ceci pourrait correspondre à la mise en place de plateformes régionales comme l'envisage l'AIEA.

Conclusions

Pour maintenir et accroître la production électronucléaire mondiale, dans un souci de pleine durabilité, le recours à des RNR-Na est nécessaire avant la fin du siècle. Au niveau mondial, le besoin se portera principalement sur des RNR-Na surgénérateurs. La raréfaction des ressources en Uranium naturel devrait rendre cette filière compétitive au cours de la deuxième moitié du siècle, malgré le surcoût d'investissement lié principalement au sodium du RNR-Na.

Il est très important de noter que le déploiement des RNR-Na ne sera possible qu'après qu'un marché du traitement se soit développé. De ce point de vue, la mise en place de plate-formes régionales de traitement sous l'égide de l'AIEA pourrait constituer une solution efficace.

Cette solution permettrait aussi de recycler, pour l'utilité de tous, le plutonium des combustibles des réacteurs à eau des pays nouvellement accédants au nucléaire, dans les réacteurs RNR-Na des pays qui maîtrisent historiquement ces technologies.

Même avec des surgénérateurs et une bonne gestion du plutonium, répondre à la totalité de la demande d'énergie nucléaire pourrait être difficile dans la deuxième moitié du siècle. Les deux types de réacteurs, à eau et RNR-Na, coexisteront longtemps.

Compte tenu de l'importance des investissements à réaliser et des incertitudes sur leurs dates et leurs volumes, les marchés des RNR-Na et du traitement seront probablement concentrés entre les deux ou trois consortiums qui auront réussi à faire émerger des standards de RNR-Na avant la compétitivité économique.

De grandes incertitudes existent sur la connaissance des ressources exploitables d'uranium naturel et du développement du parc mondial REL. Ces deux paramètres doivent être suivis avec précision. Le développement de la technologie des RNR-Na est la meilleure assurance contre les risques induits par cette incertitude.

La situation de la France est très différente de la situation mondiale : n'ayant pas à faire face à un accroissement important de la demande et disposant de quantités de plutonium importantes dans ses combustibles REL usés, elle n'aura pas de grosses difficultés à mobiliser le plutonium nécessaire aux RNR-Na et pourra utiliser des réacteurs iso-générateurs. La France reste cependant tributaire de ce qui se passera au niveau mondial, notamment au travers du coût de l'uranium. La date de la compétitivité des RNR-Na en France pouvant s'étaler sur une longue période, la stratégie d'évolution du parc nucléaire français doit tenir compte de cette incertitude et être suffisamment flexible pour s'adapter à de nouvelles conjonctures.

⁽¹⁾ Il est important de noter qu'il ne s'agit pas d'un coût instantané de l'uranium naturel, mais de son évolution sur 60 ans (la durée de vie d'un REL) actualisée pour déterminer le coût du kWh produit par un REL et permettre à un électricien de savoir s'il a intérêt à construire un REL ou un RNR-Na sachant que cette unité devra être exploitée 60 ans (durée de vie envisagée aussi bien pour les REL que les RNR-Na).