

# Conférence générale

**GC(65)/INF/11**

20 août 2021

**Distribution générale**

Français

Original: anglais

---

## **Soixante-cinquième session ordinaire**

Point 15 de l'ordre du jour provisoire  
(GC(65)/1 et Add.1)

# Communication du Président du Groupe international pour la sûreté nucléaire (INSAG) en date du 8 juillet 2021

Le 8 juillet 2021, le Directeur général a reçu une lettre du Président de l'INSAG, Richard Meserve, dans laquelle celui-ci livre son point de vue sur les problèmes actuels et nouveaux en matière de sûreté. Cette lettre est reproduite ci-après pour l'information de la Conférence générale.



INSTITUTION CARNEGIE POUR LA SCIENCE

Richard A. Meserve  
Président émérite  
rmeserve@carnegiescience.edu

Le 8 juillet 2021

Monsieur le Directeur général,

Je vous écris en ma qualité de Président du Groupe international pour la sûreté nucléaire (INSAG). Aux termes de son mandat, l'INSAG doit formuler, à l'intention de l'AIEA et d'autres organismes, des recommandations et des avis sur les problèmes actuels et nouveaux en matière de sûreté. Au cours de ma présidence, j'ai pris pour habitude de m'acquitter de cette obligation en rédigeant une lettre annuelle qui vient s'ajouter aux divers rapports établis par l'INSAG. La présente communication est la lettre établie pour cette année. Mes lettres précédentes sont disponibles sur le site web de l'INSAG à l'adresse <http://goto.iaea.org/insag>.

Cette lettre portera essentiellement sur le vif intérêt que suscitent les modèles innovants de réacteurs avancés et sur les mesures que doivent prendre les États Membres qui envisagent d'y recourir. L'énergie d'origine nucléaire constitue un outil important dans l'arsenal permettant de faire face au changement climatique et les réacteurs avancés peuvent présenter des avantages par rapport aux centrales nucléaires en service, en permettant une production d'énergie décarbonée à l'échelle nécessaire pour pouvoir relever le défi que représente le changement climatique. L'AIEA s'emploie avec détermination à s'attaquer aux questions en rapport avec le possible passage à l'utilisation de réacteurs avancés. La présente lettre vise à exhorter les États Membres à redoubler d'efforts pour se doter des moyens nécessaires pour faire face aux difficultés que posent ces réacteurs.

De nombreux pays s'engagent à s'efforcer de réduire de façon drastique leurs émissions de carbone d'ici 2050 ou avant cette date pour faire face à la menace que constitue le changement climatique. Cela nécessitera une véritable révolution en matière de production d'énergie et la transition doit débiter de nombreuses années avant la date limite. Étant donné que les centrales nucléaires constituent des investissements à long terme dont la planification, la construction et la mise en réseau nécessitent de nombreuses années, c'est dès maintenant qu'il faut préparer le changement mondial qui doit s'opérer.

Environ 440 réacteurs nucléaires sont actuellement exploités dans le monde et fournissent environ 10 % de l'approvisionnement en électricité et environ 30 % de la production d'énergie décarbonée. Il s'agit essentiellement de réacteurs à eau ordinaire (REO), qui utilisent de l'eau ordinaire comme modérateur et caloporteur. S'il ne fait aucun doute que l'on continuera à s'appuyer sur les REO en service et sur de nouveaux réacteurs de ce type au cours des années à venir, il y a eu un regain d'intérêt pour les modèles innovants de réacteurs avancés. Certains de ces réacteurs utilisent divers caloporteurs (gaz, métal liquide ou sels fondus), divers modérateurs et, dans de nombreux cas, leurs fonctions de sûreté essentielles sont assurées par des moyens simplifiés, passifs ou autrement innovants. Certains de ces réacteurs utilisent un spectre de neutrons rapides (les REO utilisent un spectre de neutrons thermiques). Certains utilisent des combustibles enrichis à un degré plus élevé et d'une composition chimique et d'une forme physique différentes des combustibles utilisés dans les REO. Certains fonctionneraient à des températures plus élevées, ce qui permettrait d'améliorer le rendement thermodynamique et d'élargir le champ des applications liées à la chaleur industrielle. Contrairement à ce qui se passe avec certains REO en service pour lesquels le dispositif de sécurité a été ajouté à la centrale, dans le cas des centrales envisagées, les

Rafael Mariano Grossi, Directeur général  
AIEA

fonctions de sécurité peuvent être intégrées à la conception même des centrales envisagées, ce qui permet d'améliorer la sécurité.

En outre, les modèles proposés tirent mieux parti des progrès en ce qui concerne la conception, les matières, l'informatique et le contrôle-commande numérique moderne que les centrales en service.

Si les centrales nucléaires à REO de fabrication récente qui sont actuellement en service affichent en général une puissance unitaire de l'ordre de 1 GWe, les réacteurs avancés sont proposés dans des tailles variables. Nombre de modèles ont une puissance de sortie comprise entre 50 MWe et environ 300 MWe – il s'agit de ce qu'on appelle des « petits réacteurs modulaires » (PRM) – et une centrale nucléaire complète pourrait contenir plusieurs modules de ce type fonctionnant avec une salle de commande commune. Certains fournisseurs s'intéressent également aux « microréacteurs » – des modèles de réacteurs affichant une puissance comprise entre 1 et 20 MWe – qui pourraient fournir une électricité fiable dans des zones reculées ou en cas de situation d'urgence.

Les fournisseurs qui promeuvent les réacteurs avancés font valoir que ces derniers présentent divers avantages. Ils espèrent que les nouveaux modèles permettront de réduire le coût de la puissance électrique par kWh et, par conséquent, de rendre le nucléaire plus compétitif par rapport aux autres sources d'énergie. En effet, si l'énergie d'origine nucléaire doit jouer un plus grand rôle dans la lutte contre le changement climatique, l'amélioration des facteurs économiques devrait être un facteur essentiel à cet égard. On estime que la baisse des coûts pourra être obtenue grâce à la fabrication industrielle en série (qui permettra de réduire au minimum la construction sur site, qui est coûteuse), à la construction modulaire et à la standardisation, aux progrès des techniques de construction et à la simplification des modèles. En outre, étant donné que nombre des solutions proposées affichent une puissance de sortie beaucoup moins importante, le coût total de l'investissement peut être plus facile à gérer pour certains propriétaires. À cela s'ajoute le fait que la taille réduite peut s'avérer particulièrement intéressante pour les pays dotés de petits réseaux régionaux. (En règle générale, il convient de respecter le principe selon lequel aucune centrale nucléaire ne doit représenter plus de 10 % environ de la capacité d'un réseau, afin que la centrale puisse être arrêtée pour être réapprovisionnée en combustible ou pour des raisons de sûreté sans que cela ne compromette gravement la disponibilité de l'énergie).

Nombre de pays qui envisagent de passer à une production d'électricité décarbonée comptent s'appuyer en premier lieu sur les énergies renouvelables, secondées par l'énergie d'origine nucléaire, l'entreposage et éventuellement les sources d'origine fossile avec capture et stockage du carbone. Les réacteurs avancés peuvent s'avérer intéressants dans ce nouveau contexte, en particulier s'ils permettent un coût unitaire du kWh compétitif. Certains des modèles avancés permettent une plus grande capacité de suivi de charge, ce qui aide à faire face au caractère intermittent de la production axée sur l'énergie renouvelable. En outre, lorsque l'énergie provenant de sources renouvelables est largement disponible, la centrale nucléaire pourrait être utilisée dans le cadre de la production d'hydrogène (qui serait utilisé comme combustible synthétique ou comme moyen de stockage d'énergie), du dessalement de l'eau de mer, du chauffage urbain ou des applications industrielles. Le fait que certains réacteurs avancés fonctionnent à des températures plus élevées pourrait ouvrir des perspectives plus larges quant à l'exploitation de cette versatilité.

L'AIEA mène de nombreuses activités pour traiter les nombreuses questions que soulèvera l'utilisation des réacteurs avancés, mais il faut que l'ensemble de la communauté nucléaire (responsables de la réglementation, exploitants, fournisseurs, prestataires, fournisseurs de matériel, organismes d'appui technique, organisme de normalisation et architectes-ingénieurs) se mobilise pour relever ce défi. En effet, étant donné que les réacteurs de faible ou moyenne puissance peuvent intéresser en particulier les pays primo-accédants, ces derniers risquent de devoir faire face à des difficultés spécifiques liées au fait qu'ils seront peut-être parmi la première vague de pays à appliquer ces technologies des réacteurs avancés.

Parmi ces difficultés, on peut notamment citer les suivantes :

Sûreté. Tous les modèles avancés présentent théoriquement de grands avantages en matière de sûreté par rapport aux modèles en service. De nombreux modèles ont des cœurs contenant moins de radionucléides (et par conséquent un moindre terme source en cas d'accident) et, pour certains, il est envisagé d'utiliser des combustibles avancés qui peuvent supporter des températures beaucoup plus élevées avant défaillance que celles supportées par les combustibles actuellement utilisés dans les REO. D'autres modèles fonctionnent à une pression proche de la pression atmosphérique, en évitant les hautes pressions qui caractérisent le fonctionnement des REO et qui peuvent entraîner la projection de débris et de radionucléides en cas d'accident ; par conséquent, la nécessité de disposer de tuyauteries solides, de cuves sous pression et de structures de confinement est moindre. Nombre de modèles de réacteurs avancés reposent sur des systèmes passifs, c'est à dire des systèmes qui utilisent la gravité, la convection naturelle ou les gradients de pression pour atteindre les objectifs de sûreté, au lieu de pompes, de valves automatiques et d'alimentation en courant alternatif. Selon les prévisions, les réacteurs avancés seront moins tributaires de mesures opérationnelles et d'interventions humaines pour assurer la sûreté que ne le sont les réacteurs en service, ce qui permettra d'assouplir une stratégie réglementaire axée sur la superposition de mesures de sûreté visant à compenser les défaillances humaines. S'ils s'avèrent efficaces, ces divers changements pourraient être synonymes de grands avantages en matière de sûreté et permettre de simplifier le réacteur de façon à en réduire le coût. Il sera cependant nécessaire de procéder à des analyses approfondies confirmées par des données de test et des codes validés et par des outils de simulation pour établir que ces systèmes sont effectifs dans les diverses circonstances dans lesquelles on s'appuiera sur eux.

Les réacteurs avancés peuvent également créer des difficultés nouvelles en matière de sûreté. Par exemple, pour les modèles dans lesquels de multiples modules sont nécessaires pour atteindre la puissance totale requise, il faudra étudier attentivement la possibilité d'interactions entre les modules pendant les transitoires et accidents. Pour les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium, il faudra prêter attention aux effets des réactions chimiques entre le sodium et l'eau et entre le sodium et l'air. Dans le cas des réacteurs à sels fondus, il faudra prêter une grande attention aux problèmes de corrosion et à la possibilité que le sel fondu gèle dans la tuyauterie. En effet, les modèles innovants peuvent être dotés de modes de défaillance et de séquences accidentelles d'un nouveau genre et, par conséquent, difficiles à identifier. Les responsables de la réglementation doivent s'attendre à ce que l'analyse des argumentaires de sûreté des réacteurs avancés posent des difficultés de taille et prévoir d'adapter leurs exigences réglementaires, qui sont pour le moment axées sur les REO, à ces technologies différentes. Il importera dans le même temps de maintenir une défense en profondeur adéquate et d'assurer un équilibre entre la prévention et l'atténuation des accidents.

Sécurité. Comme susmentionné, la plupart des réacteurs en service n'ont pas été conçus avec les questions de sécurité comme préoccupation première, mais la sécurité a été renforcée de manière significative en cours d'exploitation à mesure que la menace terroriste s'est faite plus importante. Il est possible et nécessaire d'intégrer des considérations de sécurité à la conception d'une nouvelle centrale. Dans de nombreux modèles modernes, la localisation du cœur est souterraine, ce qui renforce la capacité à résister aux sabotages, comme par exemple dans le cadre d'une attaque aérienne. Les systèmes de sûreté passive, la taille réduite des cœurs, l'utilisation de combustibles résistants aux accidents et le recours plus systématique à l'automatisation (ce qui permet de limiter les risques liés aux menaces d'origine interne) sont autant d'éléments prometteurs qui garantissent une sécurité renforcée. De même, la prise en compte des considérations de sécurité dans la disposition des éléments de la centrale peut réduire la vulnérabilité de zones vitales. Ce qu'il faut retenir, c'est que la sûreté et la sécurité doivent être considérées ensemble lors de l'évaluation d'un nouveau modèle afin de s'assurer que ces deux objectifs sont dûment pris en compte. L'importance du renforcement de la coordination entre sûreté et sécurité sera soulignée dans un rapport à paraître établi conjointement par l'INSAG et AdSec (le Groupe

consultatif sur la sécurité nucléaire). *Voir également* INSAG, « The Interface Between Safety and Security at Nuclear Power Plants » (2010) (INSAG-24).

Garanties. Un grand nombre des réacteurs avancés sont conçus pour utiliser du combustible contenant jusqu'à 20 % d'uranium 235, soit un niveau d'enrichissement considérablement plus important que le niveau habituellement pratiqué actuellement (5 %). Ce changement concernant l'enrichissement va de pair avec des exigences plus importantes en matière de sécurité et de garanties. L'un des éléments les plus importants est que pour plusieurs des modèles de réacteurs avancés, il faut procéder à un retraitement du combustible usé, ce dernier devant être dans une forme chimique stable pour être stocké et mis au rebut ou pour être recyclé par l'intermédiaire du réacteur. Toute transformation de ce type nécessitera une surveillance des garanties pour veiller à ce que des éléments susceptibles de servir d'armes ne soient pas détournés. Encore une fois, il convient de considérer les garanties comme un aspect de la conception au même titre que la sûreté et la sécurité.

Combustible. Dans le cas de nombreux réacteurs avancés, il est prévu d'utiliser des combustibles sous des formes innovantes ou même, pour ce qui est de certains réacteurs à sels fondus, du combustible dissous dans le fluide caloporteur de sels fondus. Tous les combustibles doivent faire preuve d'une certaine tolérance aux accidents tout en respectant diverses normes de performance, comme la rétention des produits de fission et la compatibilité entre le matériau de gainage et le caloporteur. En outre, il est envisagé pour certains réacteurs avancés d'utiliser du combustible retraité voire des cycles du combustible au thorium. Les données relatives à la performance des nouveaux combustibles peuvent s'avérer limitées et il faut que ces données appuient l'argumentaire de sûreté.

Plans d'urgence/choix du site. Les centrales à REO en service sont souvent situées dans des zones reculées pour protéger le public de toute exposition aux radionucléides en cas d'accident. Les fournisseurs de certains réacteurs avancés sont convaincus que leurs modèles peuvent prétendre à un assouplissement de ces critères en matière de localisation. Ils affirment que leurs modèles sont suffisamment sûrs ou que les conséquences d'un accident seraient suffisamment circonscrites pour justifier une modification de la stratégie actuelle en termes de choix du site. De fait, cet assouplissement est absolument nécessaire pour permettre certaines des utilisations proposées pour les réacteurs. Par exemple, certains fournisseurs prévoient que leurs modèles serviront à fournir de la chaleur industrielle à haute température dans le cadre d'applications industrielles, ce qui nécessite que le réacteur soit à proximité de l'installation qui utilise la chaleur industrielle (il peut s'agir d'une usine chimique par exemple). Il faut pouvoir démontrer qu'un incident ou accident survenant dans l'installation adjacente ne compromet pas la sûreté du réacteur. Certains fournisseurs de réacteurs de faible ou moyenne puissance envisagent également que leurs modèles puissent être installés en lieu et place de centrales à combustibles fossiles de même taille, ce qui leur permettrait de bénéficier des installations de transmission existantes et de l'eau de refroidissement disponible à proximité. Nombre de ces centrales à combustibles fossiles se trouvent à proximité de zones urbaines ou au milieu de celles-ci. Il conviendra d'étudier avec attention et de façon précoce les questions liées au choix du site et aux interventions d'urgence, en tenant compte des caractéristiques de sûreté revendiquées par les réacteurs de sûreté afin de définir l'éventail des débouchés économiques que créeront ces réacteurs.

Commerce international. De nombreux fournisseurs espèrent manifestement vendre leurs produits à l'international. En effet, étant donné les rendements escomptés de la production en série, il est probable que leur stratégie commerciale repose pour beaucoup sur un gros volume de ventes à l'étranger. On s'attend notamment à ce que les réacteurs de faible ou moyenne puissance intéressent tout particulièrement les pays en développement, car leur coût total devrait être plus abordable que celui d'un REO traditionnel et leur puissance électrique devrait être plus adaptée aux réseaux de petite taille, à quoi il faut ajouter les annonces promettant des avantages en matière de sûreté, une construction plus rapide et de moindres coûts d'exploitation. Il existe toutefois un risque que des adaptations ou des modifications soient nécessaires pour respecter les critères régissant l'octroi d'autorisation dans chaque

pays où une centrale est vendue. Évidemment, cela pourrait faire grimper le coût et réduire les perspectives de déploiement à l'échelle internationale.

Bien que l'AIEA et l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) déploient des efforts importants pour harmoniser les critères régissant l'octroi d'autorisation, il sera essentiel de continuer à étudier cette question pour réaliser le potentiel des réacteurs avancés. Il serait bon, en outre, que le pays fournisseur et le pays acquéreur établissent d'étroites relations sur le plan technique et sur le plan réglementaire. Voir INSAG, « Licensing the First Nuclear Power Plant » (2012) (INSAG-26).

Déchets. Les fournisseurs de nombreux réacteurs avancés annoncent que leurs modèles fonctionneront dans le cadre d'un cycle du combustible long et produiront moins de combustible usé que les REO en service. Toutefois, comme il a été mentionné dans une lettre annuelle récente, les progrès en matière de mise au rebut du combustible usé ont été extraordinairement lents et la plupart des pays dotés d'installations nucléaires ne disposent pas de dispositif d'évacuation. Voir INSAG Annual Letter of Assessment, 2019 (Lettre annuelle d'évaluation de l'INSAG, 2019). Le problème de l'évacuation ne fera que s'exacerber compte tenu de l'augmentation du nombre de réacteurs ainsi que du nombre de lieux où ils se trouvent. L'incapacité à s'attaquer à ce problème a pour effet de réduire les perspectives d'utilisation de l'électronucléaire au moment où celle-ci est des plus nécessaires, car les personnes que ce type d'énergie inquiète peuvent avec raison faire valoir la question des déchets comme argument justifiant le rejet de l'électronucléaire. Il faudra bien s'attaquer un jour ou l'autre à l'accumulation de combustible usé (et de déchets de haute activité) et rien ne justifie de remettre cela à plus tard.

Matériaux. Certains réacteurs avancés peuvent poser des problèmes en ce qui concerne les matériaux utilisés compte tenu de l'emploi de substances chimiques agressives, de températures élevées ou du bombardement des structures avec des neutrons rapides. C'est l'occasion de recourir à de nouveaux matériaux, comme de nouvelles gaines, de nouveaux alliages ou autres, pour surmonter ces difficultés. Les nouveaux matériaux doivent cependant être testés pour s'assurer de leur performance. Il faut agir vite pour recueillir les données de test nécessaires à l'utilisation de ces matériaux.

Contrôle-commande numérique. De nombreux modèles de réacteurs avancés font largement appel à l'automatisation pour améliorer la sûreté en recourant à des technologies qui diminuent la nécessité d'interventions des exploitants et les possibilités d'erreurs humaines et qui permettent de réduire les effectifs humains requis dans la salle de commande. Il faut s'attaquer aux questions réglementaires permettant de s'assurer de la fiabilité de ces systèmes, ainsi qu'aux questions techniques concernant les nouveaux caloporteurs, les nouveaux combustibles et les nouveaux systèmes de sûreté. En outre, dans un contexte où on se repose de plus en plus sur les systèmes numériques et l'intelligence artificielle, des événements récents ont de nouveau souligné l'importance de renforcer la cybersécurité.

Adhésion du public. Dans de nombreux pays, le public est réticent à l'idée d'accepter d'être tributaire de l'énergie d'origine nucléaire, car cette technologie suscite des craintes. Il convient de reconnaître cette réalité et de la regarder en face si l'on veut tirer pleinement parti de l'électronucléaire. Il incombe à l'industrie nucléaire de traiter des questions de sûreté nucléaire de façon ouverte et compréhensible, de répondre aux questions légitimes et de résoudre les difficultés. Pour gagner la confiance du public, il faudra prendre acte de façon honnête et transparente des difficultés associées à l'électronucléaire et en évaluer les coûts et les avantages de façon équilibrée.

En résumé, de nombreuses difficultés de taille doivent être surmontées pour que les réacteurs avancés puissent jouer un rôle important dans la lutte contre le changement climatique. L'AIEA fait sa part à cet égard. Compte tenu du fait que les modèles de réacteurs avancés innovants reposent sur des technologies variées, l'AIEA travaille à l'établissement d'un cadre technologiquement neutre en termes de sûreté, de sécurité et de garanties pour faciliter l'élaboration de normes de sûreté harmonisées. Mais comme il en est fait état dans la présente lettre, tous les membres de la communauté nucléaire ont fort à faire et tout

retard dans la prise en compte des problèmes qui se posent ne fera que réduire les possibilités pour la technologie nucléaire de contribuer rapidement à la lutte contre la menace que constitue le changement climatique.

L'INSAG continuera à suivre les nombreuses activités liées aux perspectives des réacteurs avancés et compte dispenser ponctuellement ses conseils, selon que de besoin. Dans l'intervalle, n'hésitez pas à me contacter si l'INSAG peut vous prêter son concours sur cette question ou sur d'autres.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur général, l'assurance de ma haute considération.

[Signé]

Richard A. Meserve

c.c. : La Directrice générale adjointe, Lydie Evrard  
Membres de l'INSAG