

Atouts potentiels des nouveaux concepts de réacteurs nucléaires pour un développement durable

Frank Carré

CEA - Directeur scientifique de la Direction de l'énergie nucléaire (2009-2019)
puis de la Direction des énergies (2020-2021)

Résumé

D'abord développée depuis les années 1960 pour renforcer la sécurité énergétique, l'énergie nucléaire est aujourd'hui reconnue internationalement comme l'un des leviers stratégiques de la lutte contre le changement climatique, au même titre que les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et les technologies de flexibilité. En témoigne l'estimation par l'AIE du besoin de porter à ~800 GWe la puissance installée dans le monde pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Cependant, cette perspective dépend de progrès nécessaires sur les délais et les coûts de construction du nouveau nucléaire, sur l'harmonisation au plan international des exigences de sûreté, et sur la mise en œuvre de solutions durables pour la gestion des combustibles usés et la maîtrise des risques de prolifération.

A ces visées pour les grands réacteurs de puissance (> 1000 MWe) s'ajoutent aujourd'hui les perspectives ouvertes par les petits réacteurs modulaires en matière de production multi-vecteurs (électricité, chaleur, eau potable, hydrogène, composés de synthèse pour les transports et l'industrie chimique...). Même si leurs conditions de déploiement restent à préciser et si la compétitivité économique de leur production énergétique reste à démontrer, ces petits réacteurs devraient pouvoir étendre, en les diversifiant, les contributions du nucléaire à la neutralité carbone.

Pour inscrire les apports de l'énergie nucléaire dans le long terme, il reste essentiel de poursuivre dans un cadre international les recherches sur les réacteurs à neutrons rapides, capables de valoriser complètement le potentiel énergétique de l'uranium et de minimiser les quantités de déchets à stocker en site géologique, en ouvrant le champ des technologies envisageables au-delà de la filière des réacteurs au sodium qui est aujourd'hui la plus aboutie.

D'autres types de réacteurs dépassant par certains aspects les performances des réacteurs à eau pourront étendre les contributions de l'énergie nucléaire à la neutralité carbone. Les réacteurs à haute température (> 600°C) en particulier pourront compléter les apports du nucléaire à la décarbonation de l'industrie, à la production d'hydrogène et de carburants de synthèse durables, en plus de pouvoir produire une électricité décarbonée avec un haut rendement de conversion (et donc un moindre rejet de chaleur).

Enfin, déjà bien connues pour leurs apports au domaine médical (imagerie, radiothérapie, stérilisation...), les sciences et techniques nucléaires réservent bien d'autres contributions directes ou indirectes au soutien d'un développement durable, qu'il s'agisse de diagnostic environnemental, de conservation des aliments, de production d'eau potable, de techniques de recyclage ou de traitement de pollutions...

Potential assets of new nuclear reactor designs for sustainable development

Frank Carré (Former Scientific Director of the CEA's energy department)

Summary

First developed in the 1960s to strengthen energy security, nuclear energy is now internationally recognized as one of the strategic levers in the fight against climate change, along with renewable energies, energy efficiency and flexibility technologies. This is evidenced by the IEA's estimate of the need to increase installed capacity worldwide to ~800 GWe to achieve carbon neutrality by 2050. However, this perspective depends on necessary progress on the time and cost of building new nuclear power, on the international harmonization of safety requirements, and on the implementation of sustainable solutions for spent fuel management and proliferation risk control.

In addition to these goals for large power reactors (> 1000 MWe), there are now prospects for small modular reactors for multi-purpose production (electricity, heat, drinking water, hydrogen, synthetic compounds for the transport and chemical industries, etc.). Even if the conditions for their deployment remain to be defined and the economic competitiveness of their energy production remains to be demonstrated, these small reactors should be able to extend, by diversifying them, the contributions of nuclear power to carbon neutrality.

In order to ensure the long-term contribution of nuclear energy, it remains essential to continue research on fast neutron reactors within an international framework, capable of fully exploiting the energy potential of uranium and minimizing the quantities of waste to be stored in geological sites, by opening up the field of conceivable technologies beyond sodium reactors, which are currently the most successful.

Other types of reactors that go beyond the performance of water reactors in some respects could extend the contributions of nuclear energy to carbon neutrality. In particular, high-temperature reactors (> 600°C) could complement the contributions of nuclear energy to the decarbonization of industry, to the production of hydrogen and sustainable synthetic fuels, in addition to being able to produce decarbonized electricity with a high conversion efficiency (and therefore less heat rejection).

Finally, already well known for their contributions to the medical field (imaging, radiotherapy, sterilization...), nuclear sciences and techniques have many other direct or indirect contributions to make in support of sustainable development, whether in environmental diagnostics, food preservation, drinking water production, recycling techniques or pollution treatment...
