

Innovier pour disposer en permanence d'une énergie à faible émission de carbone :

la puissance des systèmes énergétiques hybrides

Par Emma Midgley

Pour réduire les émissions du secteur énergétique, il est essentiel de faire usage de toutes les sources d'énergie à faible émission de carbone. Si les systèmes d'énergie renouvelable intermittente voient leur part croître dans les réseaux électriques pour assurer un approvisionnement continu en énergies à faible émission de carbone, les centrales nucléaires, elles, sont mises à contribution pour combler les lacunes de l'énergie solaire et éolienne dans les systèmes énergétiques hybrides.

L'énergie d'origine nucléaire est une énergie acheminable, capable de s'adapter à l'évolution de la demande et de produire 24 heures sur 24 et en toute fiabilité d'énormes quantités d'électricité bas carbone. Cette stabilité est la raison pour laquelle elle est généralement utilisée comme charge de base, car elle fonctionne en continu et ne connaît que peu, voire pas du tout, de variations de production. Couplée aux énergies renouvelables, l'énergie d'origine nucléaire contribue également à la stabilité des réseaux électriques en venant en renfort de la production intermittente des sources renouvelables. Par exemple, certaines centrales nucléaires aux États-Unis d'Amérique ajustent régulièrement leur capacité d'environ 10 à 15 % pour tenir compte des variations habituelles de la demande d'électricité et de l'apport intermittent des sources renouvelables.

« Les systèmes énergétiques hybrides alliant le nucléaire aux énergies renouvelables offrent une synergie puissante, en combinant la fiabilité et la charge de base de l'énergie d'origine nucléaire avec des sources d'énergie renouvelable intermittente. Cette approche intégrée est la clé pour assurer à l'avenir un système énergétique résilient et à faible émission

de carbone, capable de satisfaire une demande croissante tout en atténuant le changement climatique », explique Tatjana Jevremovic, cheffe d'équipe à l'AIEA pour le développement de la technologie des réacteurs à eau.

Pour décarboner chaque heure de consommation d'énergie, il faudra mobiliser l'ensemble des technologies qui n'émettent pas de carbone. Toutes les synergies potentielles entre ces ressources énergétiques ne sont pas encore pleinement mises à profit, et les experts étudient les avantages stratégiques de l'intégration directe de ces systèmes parallèles. Les systèmes énergétiques hybrides cherchent à coupler le nucléaire et les énergies renouvelables en tirant parti de leurs avantages respectifs. L'objectif est d'alimenter le réseau en électricité de façon fiable et durable, tout en offrant une énergie à faible émission de carbone aux différents secteurs consommateurs d'énergie.

Systèmes couplés

Les systèmes hybrides peuvent intégrer leurs différentes sources d'énergie de deux façons distinctes. La première repose sur des systèmes à couplage lâche, qui combinent les productions de diverses sources d'énergie pour améliorer les performances et la fiabilité globales du système. La seconde, qui n'a pas encore été mise en œuvre pour le bouquet énergétique nucléaire/énergies renouvelables, passe par un système plus intégré à couplage étroit. Ce type de système exploite les forces uniques de chaque composant pour optimiser la production d'énergie et les avantages pour l'environnement.



« Une transition vers des systèmes énergétiques plus intégrés permettrait de satisfaire en permanence la demande du réseau, que la production d'électricité soit d'origine nucléaire, éolienne, hydraulique, solaire, géothermique ou provienne de la biomasse. Dans l'idéal, ces systèmes devraient également intégrer des solutions de stockage d'énergie pour que l'on puisse gérer efficacement les fluctuations de la demande nette d'électricité », précise M^{me} Jevremovic. « En outre, si l'on tient compte des taxes sur le carbone lorsque l'on évalue la pertinence économique des systèmes énergétiques hybrides, les coûts d'exploitation du nucléaire et des énergies renouvelables pourraient être encore plus bas que ceux associés aux énergies fossiles conventionnelles. »

À l'avenir, les systèmes énergétiques hybrides à couplage étroit seront conçus pour maximiser les synergies et optimiser la production d'énergie en tenant compte des conditions en temps réel. Par exemple, les sources d'énergie renouvelable pourraient être mieux intégrées aux centrales nucléaires afin de fournir un supplément d'électricité pendant les pics de demande, ce qui compenserait le fait qu'on ne peut pas modifier rapidement la production d'énergie d'origine nucléaire. Autre exemple : si l'énergie d'origine nucléaire était intégrée aux systèmes hydroélectriques, l'énergie excédentaire produite par les réacteurs nucléaires pendant les heures creuses pourrait être utilisée pour pomper de l'eau dans des réservoirs surélevés, qui pourrait ensuite être utilisée pour actionner des turbines hydroélectriques pendant les périodes de forte demande.

Les systèmes énergétiques hybrides pourraient également être utilisés pour gérer et coordonner la production d'électricité dans des zones isolées ou non raccordées au réseau afin d'assurer l'approvisionnement en électricité d'infrastructures essentielles, telles que des hôpitaux ou des centres de transport. Le Laboratoire national de l'Idaho a récemment présenté un système autonome appelé « Microgrid in a Box » (Microréseau en boîte). L'idée ici serait d'associer un petit réacteur modulaire à l'énergie hydraulique, solaire ou éolienne pour fournir de l'électricité en cas de panne ou de perturbation généralisée du réseau électrique.

Rôle de l'AIEA

L'AIEA a récemment lancé un projet de recherche coordonnée sur l'évaluation technique et l'optimisation des systèmes énergétiques hybrides nucléaire/énergies renouvelables. L'objectif est d'améliorer les méthodes d'analyse du rôle que ces systèmes pourraient jouer dans les systèmes énergétiques actuels et futurs, de recenser les possibilités d'action, d'encourager la coopération internationale et de partager les connaissances sur le sujet afin d'aider les pays à atteindre leur objectif de zéro émission nette. Parmi les pays qui participent à ce projet figure le Pakistan. « Compte tenu des besoins énergétiques du Pakistan et des défis environnementaux mondiaux, la stratégie d'intégration du nucléaire et des énergies renouvelables s'impose », indique Haseeb ur Rehman, ingénieur principal et professeur assistant à l'Institut pakistanais d'ingénierie et de sciences appliquées (PIEAS). « Le soleil et le vent abondent, et l'énergie nucléaire apporte une base stable. Cette combinaison énergétique permet de réduire les émissions tout en renforçant la sécurité énergétique. »

L'AIEA a créé la Plateforme pour les simulateurs en ligne de tâches partielles dans les centrales nucléaires (HOPS) en coopération avec son centre collaborateur au PIEAS. La plateforme HOPS comprend deux simulateurs basés sur un système énergétique hybride nucléaire/éolien et un système énergétique hybride nucléaire/solaire. Ces simulateurs en ligne permettent aux utilisateurs de s'entraîner dans les conditions de fonctionnement des systèmes et sous systèmes des centrales nucléaires. Les professionnels du nucléaire du monde entier peuvent y accéder gratuitement, sur demande, et avoir également accès aux documents connexes.

Les systèmes énergétiques intégrés sont capables de satisfaire en permanence la demande du réseau, que la production d'électricité provienne du nucléaire ou de sources renouvelables.

(Image : AIEA)

