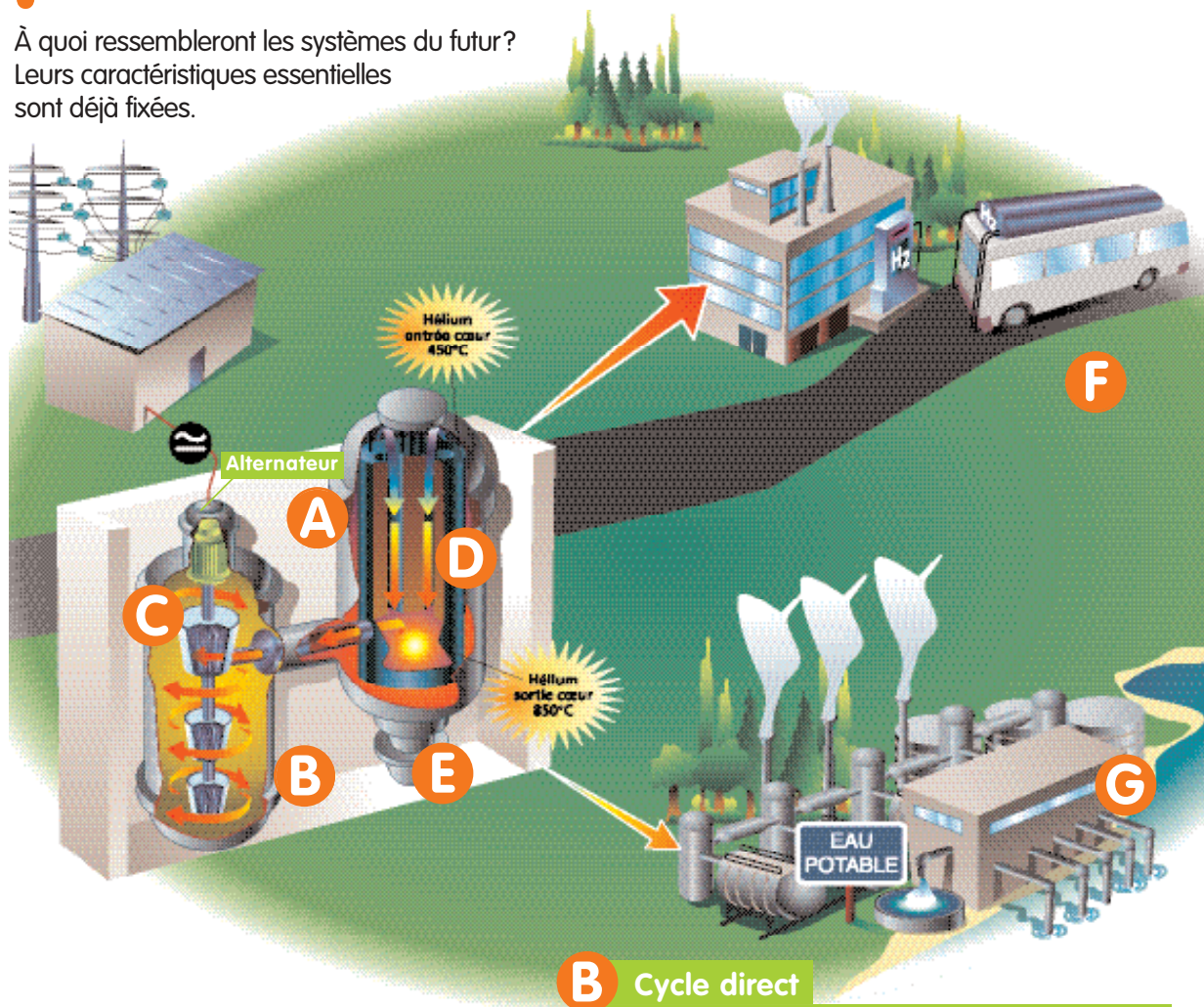


Des idées pour demain

À quoi ressembleront les systèmes du futur ?
Leurs caractéristiques essentielles
sont déjà fixées.



A Centrales modulaires

Certaines centrales du futur pourraient être de conception modulaire, c'est-à-dire constituées de réacteurs de petite ou moyenne puissance (typiquement 300 MWe). Plus simples dans leur conception, fabriquées en grande partie en usine, déployées en plus grande série, elles pourraient être compétitives face aux réacteurs de l'ordre du GWe. Et devraient être adaptées à des pays dont le réseau électrique est encore peu développé.

B Cycle direct

Dans les REP, le fluide caloporteur n'est pas directement employé pour produire de l'électricité : l'eau circulant dans le cœur du réacteur transmet sa chaleur à de l'eau passant dans un second circuit. C'est la vapeur de ce deuxième cycle qui est utilisée pour faire tourner la turbine et l'alternateur produisant de l'électricité. Dans les systèmes du futur envisagés, il n'y aura pas de circuit intermédiaire : le caloporteur, un gaz, fera tourner la turbine directement. Les avantages d'un tel système ? Sa simplicité, sa compacité et une augmentation de 2 à 3% du rendement de conversion de la chaleur en électricité (voir pp. 22 à 24).

C Turbine et tribomètre

Dans un réacteur à caloporteur gaz (RCG), la turbine doit faire tourner un alternateur, mais aussi entraîner les compresseurs qui permettent la circulation forcée de l'hélium. Ses conditions de fonctionnement rendent toutefois sa conception difficile. L'immersion dans l'hélium très chaud peut, en effet, entraîner la perte de la couche d'oxyde qui protège et lubrifie certains matériaux. Du coup, le fonctionnement des mécanismes peut être entravé : il y a « grippage ».

L'analyse de ce type de phénomènes relève du champ de la tribologie, une discipline consacrée aux frottements entre matériaux. Le CEA a construit à Cadarache un banc d'essais de tribologie (le tribomètre hélium). Opérationnel depuis le début de l'année, ce dispositif expérimental permet notamment de qualifier les matériaux (céramique, association céramique-métal, revêtement, etc.) les mieux adaptés aux atmosphères d'hélium à haute température.

D L'hélium, un caloporteur adapté

Le caloporteur a un rôle essentiel dans les centrales : il extrait la chaleur du cœur du réacteur où a lieu la réaction nucléaire pour la transporter vers le système qui actionnera la turbine produisant de l'électricité. Si différents fluides peuvent être utilisés, c'est sur l'hélium que le CEA centre ses recherches pour le futur. Ce gaz chimiquement inerte permet d'extraire la chaleur à 850°C contrairement à l'eau employée dans les centrales françaises actuelles guère utilisable au-delà de 320°C et, au mieux, à 550°C lorsqu'elle est à l'état supercritique. De plus, il est parfaitement compatible avec les neutrons rapides.

E Vers des températures plus efficaces

Les centrales nucléaires sont des grosses usines qui convertissent la chaleur en mouvement puis en électricité. Or, selon les lois de la thermodynamique, plus la température à laquelle s'effectuent ces transformations est élevée, plus ces dernières sont efficaces. Les réacteurs du futur devraient donc fonctionner à haute température : 850°C contre 300°C aujourd'hui. Leur rendement devrait ainsi gagner 50% par rapport aux REP (réacteurs à eau pressurisée) équipant le parc français ! Un passage à 1000°C permettrait de gagner encore et de produire efficacement de l'hydrogène.

F Production d'hydrogène

Propre et ne dégageant pas de gaz à effet de serre lors de sa combustion, l'hydrogène, le principal carburant des piles à combustible, est promis à un bel avenir. La chaleur des centrales du futur pourrait ainsi alimenter sa production par électrolyse haute température ou craquage thermochimique de l'eau. Cette dernière technique, et plus précisément le cycle iode/soufre, fait l'objet d'un effort de recherche international. Déjà engagé avec l'institut japonais JAERI, le CEA a ajouté fin 2002 un volet de recherche dans ce domaine à la collaboration avec le DOE*. Cette dernière devrait aboutir d'ici trois ans à la construction d'une boucle de démonstration capable de produire une dizaine de litres d'hydrogène par heure.

* Department of Energy. Action réalisée dans le cadre de l'I-NERI (International Nuclear Energy Research Initiative).

En plus de l'électricité

Le cycle d'une centrale nucléaire n'est pas efficace à 100%. Une fraction de l'énergie issue de la combustion de l'uranium se dissipe sous forme de chaleur inutilisée. Pour la même fourniture d'électricité, ce rejet de chaleur peut être réduit de moitié en passant de 300°C, la température des REP, à 850°C voire 1000°C. En couplant le fonctionnement d'un réacteur à d'autres activités, la chaleur pourrait être ainsi valorisée directement soit à haute température dans des procédés industriels, soit à basse température pour le dessalement de l'eau de mer par exemple.

G Dessaler l'eau de mer

Indispensable à la vie, l'eau potable s'annonce comme l'une des grandes ressources menacées de pénurie. Les chercheurs réfléchissent donc aux moyens d'associer la production d'électricité à des systèmes de dessalement de l'eau de mer : distillation ou osmose inverse. Or, selon des estimations en cours, la cogénération d'électricité et d'eau dessalée avec le nucléaire s'avérerait plus rentable que l'utilisation des énergies fossiles*. Associée à un réacteur de 600 MW thermiques, la distillation permettrait d'obtenir jusqu'à 43 000 m³ d'eau par jour. Cela, sans impact sur la production d'électricité et à un coût marginal.

* Études Eurodesal.