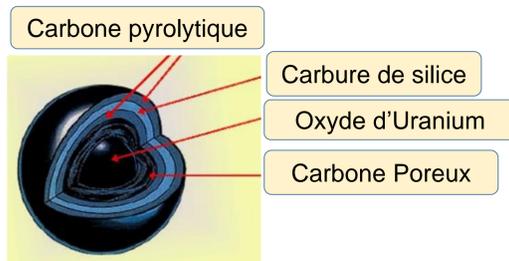


I – Introduction

La production de chaleur destinée à l'industrie repose principalement sur l'utilisation d'énergies fossiles. Cependant, face à la crise énergétique et climatique actuelle, les industriels sont à la recherche de sources de chaleur décarbonées et rentables. Les réacteurs à haute température (HTR) pourraient être une solution viable. Ils produisent une grande quantité de chaleur à haute température, et cette technologie est en cours de développement (micro-réacteur nucléaire de la startup Jimmy Energy, ou le HTR-PM en Chine). Mais ces réacteurs sont-ils réellement sûrs et viables à long terme?.

Particularité des HTR et fonctions de sûreté

Les réacteurs à haute température (HTR) fonctionnent à des températures élevées (600 à 900 degrés) en utilisant un massif de graphite enfermé dans une enceinte résistante à la pression. L'hélium est utilisé comme gaz caloporteur. L'énergie produite est utilisée pour produire de l'électricité ou pour alimenter un processus thermochimique. Le gaz refroidi est ensuite compressé et renvoyé vers le réacteur pour être réutilisé.



Le point commun de tous les concepts RHT est la particule combustible. C'est une petite sphère multicouche, de quelques millimètres de diamètre, appelé « Triso ».

Figure 1: Schéma d'une bille de combustible HTR « Triso » (Framatome)

Les dimensions et la puissance des HTR peuvent varier en fonction des projets:

HTR-PM (Chine) : deux réacteurs de 100 Mwe

Réacteur Jimmy energy: micro-réacteur de 10 MWth

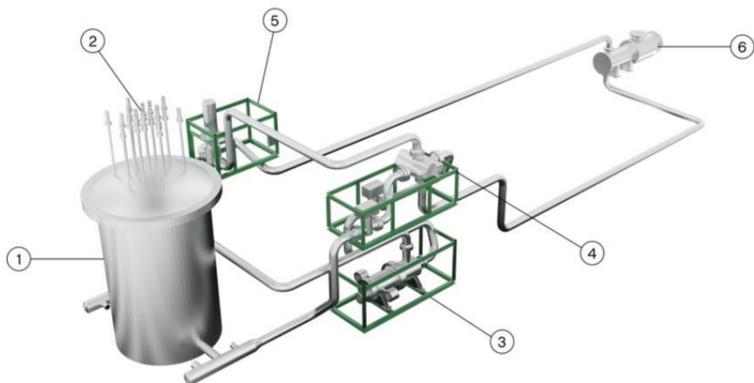


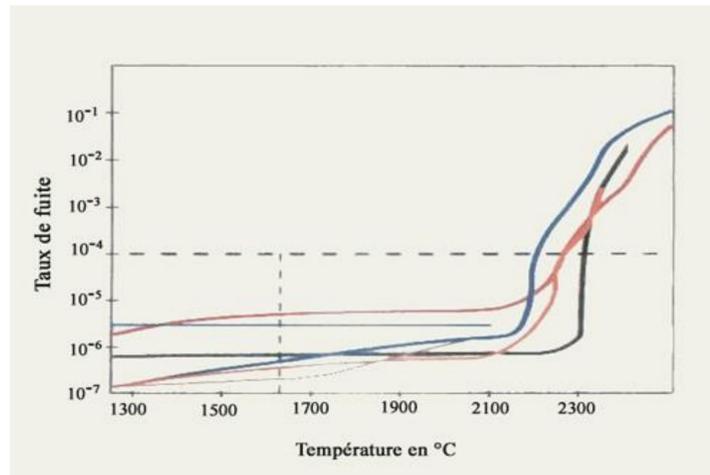
Figure 2: fonctionnement du générateur HTR de Jimmy Energy (Jimmy Energy)

- 1- Le réacteur
- 2- Les barres de commande
- 3- Circulateur primaire
- 4- Echangeur : transmet la chaleur du circuit primaire au circuit secondaire
- 5- Circulateur secondaire : le circulateur permet de transporter la chaleur de l'échangeur au circuit industriel
- 6- Echangeur industriel : le client industriel puise la chaleur nécessaire à partir de cet échangeur dont il choisit le caloporteur de sortie

Différence entre les réacteurs classiques et les HTR

	Réacteurs REP	Réacteurs HTR
Géométrie du cœur	Carré	Prismatique
Modérateur	Eau	Graphite
Enrichissement du combustible	5,00%	19,75%
Température du cœur	325	600
Fluide du circuit primaire	Eau	Hélium
Fluide du circuit secondaire	Eau	CO2
Température du circuit secondaire	285	550

Fonctions de sûreté



Les billes Triso gardent un confinement des produits de fission à plus de 99% et cela même en cas d'accident.

Figure 3: Courbe de la résistance des billes HTR à la température (Framatome / General electrics)

Sûreté passive intrinsèque : comme le réacteur est construit petit, la température peut toujours être maintenue en dessous d'un seuil critique (1600°C) en situation accidentelle (même dans un cas aussi grave que celui de la perte du refroidissement du cœur), sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir un système de refroidissement de secours. Ceci est assuré par le seul effet de la conduction et du rayonnement thermique (loi de Stefan-Boltzman). La sûreté du réacteur est dite « passive » car elle est assurée naturellement par les lois de la Physique, sans le secours de dispositifs spéciaux avec apport extérieur d'énergie.

$$\varphi = \sigma \cdot T^4$$

Loi de Stefan-Boltzmann, tel que:

φ : Flux radiatif émis par le corps

σ : Constante de Stefan-Boltzman, T: Température du corps

Il est clair que la température joue un rôle important dans le flux radiatif, comme le montre la puissance 4 de la température dans cette équation. Lorsqu'un corps est très chaud, comme c'est le cas lors d'un accident majeur, le cœur peut devenir trop chaud et émettre une radiation excessive, ce qui entraînera un refroidissement trop rapide.

V – Conclusion

Les réacteurs à haute température (HTR) présentent des avantages en termes de sûreté et de température, en plus de leur dimension moyenne. Cela les rend aptes à être installés près de centres industriels qui consomment de grandes quantités d'énergie thermique et électrique. Cela permettrait de remplacer les énergies fossiles, réduisant ainsi les émissions de CO2 liées au secteur industriel. En d'autres termes, les HTR sont des alternatives énergétiques prometteuses pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et améliorer l'efficacité énergétique dans l'industrie.

Bibliographie

- (1) L.D. Mears et A.J. Goodjohn, 1989. Evolution du réacteur à haute température refroidi par gaz https://www.iaea.org/sites/default/files/31304793639_fr.pdf
- (2) Juergen Kupitz et John B. Dee, Où en est le réacteur à haute température refroidi par un gaz? https://www.iaea.org/sites/default/files/26404780510_fr.pdf
- (3) Cours en ligne et simulateur de thermodynamique appliquée. Direction de l'Enseignement – Mines Paris – PSL, s. d. <https://diren.mines-paristech.fr/Sites/Thopt/fr/co/cycles-nucléaires-haute.htm>
- (4) Le réacteur à haute température. UARGA - Le site de retraités et d'anciens du nucléaire, s. d. https://www.uarga.org/nucleaire/reacteur_haute_temp.php

- (5) Jimmy, <https://www.jimmy-energy.eu/notre-technologie>

- (6) D. Bastien - 2004 - Réacteurs à Haute Température.Pdf. <https://www.techniques-ingenieur-fr.federation.unimes.fr:8443/res/pdf/encyclopedia/42456210-bn3190.pdf>

- (7) Ogawa, M. Proposals of New Basic Concepts on Safety and Radioactive Waste and of New High Temperature Gas-Cooled Reactor Based on These Basic Concepts. *Nucl. Eng. Des.* 2016, 308, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2016.08.028>.

- (8) Nakano, M.; Takada, E.; Tsuji, N.; Tokuhara, K.; Ohashi, K.; Okamoto, F.; Tazawa, Y.; Tachibana, Y. Core Design and Safety Analyses of 600MWt, 950°C High Temperature Gas-Cooled Reactor. *Nucl. Eng. Des.* 2014, 271, 560–563. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2013.12.032>.