

Thorium : le combustible nucléaire de l'avenir ?

23 août 2013, 02:00

Pascal Pollet

Le thorium, serait-il une meilleure alternative aux technologies nucléaires classiques à base d'uranium? Issu de l'extraction minière des terres rares, ce sous-produit faiblement radioactif présente un certain nombre d'avantages sur l'uranium, encore faut-il relever quelques défis avant de pouvoir envisager son exploitation commerciale.

Arrivé comme un pavé dans la mare, le documentaire américain 'Pandora's Promise' diffusé récemment part de l'hypothèse que si l'on prend en compte la problématique du changement climatique et de la demande en énergie qui ne cesse de progresser au niveau mondial, l'énergie nucléaire pourrait être finalement et malgré tout la solution adéquate. Certes, le vent, le soleil et l'eau sont des sources inépuisables d'énergie durable, mais la capacité de production actuelle est loin de pouvoir répondre au besoin en énergie à l'échelle mondiale.

L'un des problèmes avec les installations nucléaires actuelles, c'est qu'elles fonctionnent à base d'uranium et de plutonium. Il s'agit d'une technologie relativement bon marché, qui n'est toutefois pas sans danger. Le thorium pourrait être une solution alternative. Dans un réacteur au thorium, le principe est également la fission nucléaire, mais appliquée au thorium et non à l'uranium. L'exploitation de cette matière comme source d'énergie dans les centrales nucléaires reste pour l'instant dans une phase expérimentale.

Élément radioactif abondant

Le thorium est un métal ductile gris-blanc de la famille des actinides radioactifs. Cette matière est présente en faible concentration dans la plupart des roches et résulte de l'extraction minière des terres rares. La quantité de thorium dans l'écorce terrestre est comparable au plomb, c'est-à-dire trois à quatre fois plus abondante que les réserves en uranium.

Si la radioactivité du thorium est beaucoup plus faible que celle de l'uranium, une même quantité de thorium permet de produire davantage d'énergie. Pour la fission de l'uranium, la matière doit d'abord être traitée et seule une partie de la matière sera désintégrée. Dans le cas du thorium, pas besoin d'un traitement préalable à la mise en œuvre, et désintégration totale de la matière servant de combustible. Contrairement à l'uranium, l'atome de thorium ne fissionne pas de lui-même. La réaction nucléaire doit être entretenue par projection de neutrons. Le thorium-naturel 232 se transforme en thorium-instable 233, qui se désintègre en proactinium-233, qui pour sa part se désintègre en uranium-233, donnant ainsi la matière finalement utilisable dans un nouveau cycle de réaction. L'énergie dégagée pendant ce cycle est utilisée pour réchauffer de l'eau et produire la vapeur qui actionnera une turbine.

Sans doute également, les centrales au thorium pourraient être relativement plus compactes. A l'inverse des centrales à l'uranium, le process de fission ne doit pas faire l'objet d'un contrôle en continu : la réaction nucléaire s'arrête d'elle-même et le thorium se fige. Dans ce type de centrales, il semble exclu qu'un incident technique puisse conduire à la fusion toujours redoutée du coeur du réacteur nucléaire. D'autre part, certains réacteurs au thorium, par exemple, les réacteurs à sels en phase liquide, fonctionnent à la pression atmosphérique. Le refroidissement du process n'est pas réalisé avec de l'eau, mais avec des sels fondus, ce qui permet des températures de travail plus élevées à une pression beaucoup plus basse. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'installer des coûteux réservoirs à haute pression, avec leurs dispositifs de sécurité, car le process est nettement moins risqué.

De même que la fission de l'uranium, la fission du thorium génère des éléments radioactifs. Toutefois, à hauteur de seulement 3 % par rapport aux centrales à l'uranium, en raison du fait que dans une centrale au thorium presque toute la matière fissile est utilisable. A noter également que les matières radioactives provenant de la fission de l'uranium doivent être stockées à l'abri pendant quelque 100.000 ans, contre environ 300 ans pour les résidus des centrales au thorium. Et contrairement au réacteur à l'uranium, la mise en oeuvre du thorium ne génère pas de plutonium, qui sert sinon à fabriquer des armes nucléaires. Dans un réacteur au thorium, on peut même ajouter du plutonium, qui sera absorbé et neutralisé. En résumé, un réacteur au thorium génère beaucoup moins de déchets radioactifs qu'un réacteur nucléaire classique et peut servir en plus au retraitement des déchets de plutonium.

Etat des choses

Le potentiel des réacteurs au thorium est connu depuis longtemps. Mais pourquoi n'existe-t-il pas de réacteurs au thorium en phase d'exploitation commerciale ? La réponse est simple : pendant la Guerre froide, les pouvoirs publics ont opté délibérément pour les réacteurs à l'uranium, parce que ce type de réacteur génère un sous-produit très intéressant pour la production des armes nucléaires, le plutonium.

A l'heure actuelle, les pouvoirs publics et les chercheurs sont souvent encore hésitants lorsqu'il s'agit de se prononcer en faveur d'investissements portant sur des nouvelles installations nucléaires comme sources d'énergie. Néanmoins, on constate l'émergence d'un mouvement d'opinion allant dans le sens de l'énergie nucléaire considérée comme une ressource plus fiable et plus efficiente.

Technologie

Il existe plusieurs types de réacteurs au thorium. Avec pour chacun différentes options : l'une des filières technologiques se propose d'exploiter à fond les avantages du thorium en construisant des réacteurs spécifiques fonctionnant avec du thorium sous forme liquide. Un exemple est le réacteur à sels fondus, avec un principe de conception radicalement différent par rapport aux actuels réacteurs à combustible solide. Par contre, d'autres intervenants estiment qu'il serait préférable d'exploiter le potentiel du thorium le plus rapidement possible, dans les réacteurs existants. Une idée récente est d'utiliser le thorium avec du plutonium, d'où résulterait un mélange qui devrait permettre un fonctionnement quasi permanent des réacteurs dans un cycle de combustible réutilisable. Pour cette méthode, il faudrait apporter des modifications aux réacteurs actuellement en service.

L'une des conditions de base pour le fonctionnement d'un réacteur au thorium est de produire et entretenir la réaction de fission nucléaire. L'uranium-233 généré à la fin du cycle du combustible ne produit pas suffisamment de neutrons, et la réaction s'arrête d'elle-même. C'est un avantage en terme de sécurité, mais pour l'exploitation de la matière, cela signifie qu'il faut ajouter une étape. Il semble que le réacteur nucléaire piloté par accélérateur, en anglais ADS (Accelerator Driven System) devrait permettre de résoudre le problème. Ce réacteur est conçu de manière à projeter des protons sur du plomb, ce qui libère des neutrons qui entrent en collision avec le thorium, déclenchant la réaction de fission nucléaire souhaitée.

Projets en cours au niveau mondial

Entre temps, un certain nombre de pays ont exploité ou réalisé des expériences avec des réacteurs au thorium.

Avec le réacteur Kakrapar-1, une centrale nucléaire expérimentale mais opérationnelle, l'Inde peut revendiquer actuellement le titre de pionnier dans la recherche sur ce type de réacteurs. Pour sa part, la Chine réalise en ce moment des recherches sur ce type de centrale. Les réacteurs au thorium font également l'objet de travaux en Indonésie et au Chili. Le réacteur indonésien devrait être branché sur le réseau d'électricité ou bien alimenter une centrale de dessalage de l'eau. Le réacteur au Chili devrait servir au dessalement de l'eau. Les deux réacteurs seraient prévus pour fonctionner avec du thorium à l'état solide et générer entre 10 MW et 100 MW.

En Norvège, des essais avec du thorium sont en cours pour remplacer l'uranium dans un réacteur existant. Il s'agit en l'occurrence d'une combinaison de thorium et plutonium (thorium-MOX). Aux Etats-Unis également un courant d'opinion se prononce en faveur de la réalisation d'essais pour l'utilisation de réacteurs à base de thorium (liquide).

Conclusion

Les réacteurs au thorium peuvent être une alternative en remplacement des classiques réacteurs à l'uranium. Les réacteurs de ce type seraient intrinsèquement plus sûrs que les réacteurs à l'uranium, ils génèrent beaucoup moins de déchets radioactifs et les réserves en thorium sont suffisantes pour 1000 années de consommation en énergie.

Toutefois, les réacteurs au thorium ne sont pas une solution durable. Ils produisent des déchets radioactifs et le thorium n'est pas une ressource infinie. A terme, les réacteurs au thorium peuvent néanmoins contribuer à limiter les émissions de CO2 et peuvent sans doute se révéler utiles comme solution pendant la période de transition vers des sources d'énergie réellement durables.

Sources

- <http://www.smartplanet.com>
- <http://www.thorium.tv>
- <http://energyfromthorium.com>

Auteurs



Pascal Pollet