

Chronique énergétique #4

13 décembre 2006

L'énergie des étoiles

(2^{ème} partie des sources non-renouvelables)

Dans l'article précédent, nous avons discuté des sources fossiles d'énergie que sont le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Cette semaine, nous démystifions les sources non-renouvelables d'énergie qui sont d'origine «minérale». Ces sources comprennent la fission atomique de l'uranium, minéral existant en quantité très limitée sur la terre, et la fusion nucléaire que beaucoup intègrent dans les sources renouvelables, mais qu'il est préférable de classer plus justement comme une source non-renouvelable (nous verrons pourquoi ici). Explorons maintenant comment le mariage ou le divorce d'atomes nés dans les étoiles est en mesure de produire de l'énergie, ici sur terre.

La fission nucléaire : le divorce des atomes

L'uranium dont on se sert pour la production de l'énergie nucléaire s'est formé il y a des milliards d'années dans les étoiles. À l'état naturel ce minéral est composé d'uranium 235 (chiffre indiquant le poids atomique), d'uranium 234 et d'uranium 238. Dans la nature l'uranium 235 et l'uranium 238 sont instables, ils se désintègrent extrêmement lentement en uranium 234 plus stable. Quand ils se désintègrent, l'uranium 235 et 238 émettent naturellement de la radioactivité sous différentes formes ainsi que de la chaleur. La chaleur de désintégration des éléments instables présents dans la terre représentent d'ailleurs 87% de la chaleur interne de la terre. Cette chaleur peut être récupérée par la géothermie dont nous en reparlerons dans une prochaine chronique. Pour l'utiliser à nos fins, il faut enrichir le minéral naturel d'uranium à une concentration d'uranium 235 suffisante, laquelle permet le déroulement une réaction en chaîne. D'une part si la concentration est trop faible, la réaction en chaîne ne peut se produire. D'autre part une concentration trop forte est encore plus coûteuse et donc moins rentable pour la production contrôlée d'énergie (Une plus forte concentration s'avère nécessaire à la fabrication de la bombe atomique). L'enrichissement n'est toutefois pas nécessaire dans les centrales canadiennes de type CANDU (CANAdian Deuterium Uranium).

La production contrôlée d'énergie à partir d'uranium est un procédé très complexe. Elle nécessite une parfaite maîtrise de la technologie nucléaire. Il faut d'abord démarrer une réaction en chaîne en bombardant les noyaux d'uranium 235 par des neutrons. Ceux-ci doivent être suffisamment rapides pour faire «éclater» les noyaux d'uranium, mais s'ils sont trop rapides, les neutrons rebondissent sur les noyaux. Dans le cas des centrales nucléaires de type CANDU, l'eau lourde¹ est utilisée comme modérateur pour ralentir les neutrons à la vitesse requise. La fission des atomes d'uranium produit des radiations sous diverses formes qui se transforment en chaleur dans la centrale nucléaire. De même, elle produit des neutrons libres qui iront bombarder, une fois ralenti par l'eau lourde, les autres atomes d'uranium ce qui démarrera la réaction en chaîne. La chaleur générée par la fission transforme de l'eau en vapeur pour actionner des turbines et des alternateurs

¹ C'est de l'eau composée de deutérium, un isotope de l'hydrogène, en lieu et place de l'hydrogène : D2O plutôt que H2O.

comme dans une centrale thermique conventionnelle. La densité énergétique de l'uranium est extrêmement élevée : plus de 2 millions de fois supérieure au pétrole. Cependant, on ne sait quoi faire pour l'instant des déchets radioactifs générés par la fission nucléaire, leurs émissions radioactives pouvant perdurer pendant plusieurs milliers d'années.

L'énergie produite lors de la fission nucléaire provient de la conversion d'une très faible partie de la matière en énergie. La matière qui nous entoure est en fait un condensé d'énergie qui se résume en l'équation bien connue : $E=mc^2$ (l'énergie contenue dans la matière est égale à la masse de la matière multipliée par le carré de la vitesse de la lumière). En simplifiant de façon grossière, on pourrait donner l'image que la fission en deux d'une masse de 250 donne des déchets non pas de 125 chacun mais de 124, ce qui laisse une différence de 2 entre la masse avant et la masse après la réaction. Cette différence est égale à l'énergie émise lors de la réaction.

La fusion nucléaire : le mariage des atomes

La fusion nucléaire, à l'opposé de la fission qui divise les atomes, consiste à unir deux atomes d'hydrogène (et/ou ses isotopes) ensemble comme le fait continuellement le soleil (et non il ne brûle pas!). Cette union transforme elle aussi une partie de la matière en énergie. Comme dans l'exemple précédent la différence entre les masses avant et après la réaction de fusion est positive et explique le dégagement d'énergie.

Dans l'état actuel de nos connaissances, la technologie de la fusion contrôlée est indissociable de la fission nucléaire. Pour réaliser une fusion nucléaire, nous avons besoin d'un résidu hautement radioactif issu de la fission nucléaire que l'on appelle le tritium. Comme le tritium est un déchet provenant des centrales à fission nucléaire où l'on utilise l'uranium, dont on sait que les réserves sur terre sont en quantité très limitée, il faut considérer, pour l'instant du moins, la fusion nucléaire comme une source non-renouvelable d'énergie. Cependant, dans l'avenir, une centrale à fusion nucléaire pourrait aussi utiliser le lithium comme source de tritium, mais ce métal est lui aussi une ressources non-renouvelable en quantité limitée. De plus, ce métal est actuellement utilisé comme matériau ce qui peut amener à des conflits d'usage.

La fusion nucléaire nécessite des températures extrêmement élevées de plusieurs millions de degrés Celcius, températures à laquelle la matière devient plasma. (Rappelons que le plasma peut être considéré comme le quatrième état de la matière après les états solide, liquide et gazeux.) La difficulté majeure avec le plasma est son confinement. Actuellement, le confinement magnétique qui est utilisé nécessite d'énorme quantité d'énergie. En plus, le maintien de réactions de fusion nucléaire ne dure actuellement que quelques centaines de secondes alors que pour une centrale commerciale la réaction devra être permanente. Le projet international ITER (International Thermonuclear Experimental reactor) dont la construction devrait débuter en 2007 et les opérations en 2015. Il sera construit à Cadarache, dans la région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA), en France. Ce réacteur expérimental pourra probablement permettre de mieux comprendre comment générer et contrôler la réaction.

Les experts n'envisagent pas la mise en opération de réacteurs nucléaires commerciaux qui auraient un bilan énergétique net positif avant 50 ans (ce qu'ils disaient d'ailleurs en

1960...). Il est donc probable que cette source d'énergie dites de l'avenir qu'est la fusion nucléaire ne demeure qu'une source d'énergie d'avenir. Ainsi, il ne faudra peut-être pas compter sur cette source pour remplacer les sources actuelles d'énergie, en tout cas pas avant 50 ans.

La suite après la fêtes alors que nous discuterons des réserves et des perspectives de production des sources non- renouvelables d'énergie.

Joyeuses fêtes!

Au plaisir de se revoir...

Patrick Déry, B.Sc., M.Sc, (physique)
Analyste/consultant, spécialiste en énergétique
2972, sentier du Petit-Patelin
La Baie, Qc
G7B 3P6
(418) 544-9113
patrickdery@greb.ca