

Monique et Raymond Sené¹

La fusion : rêve de physicien, bluff de technocrate

Pour ces physiciens, les questions environnementales posées par ITER ne sont pas négligeables, puisque la radioactivité générée et l'usure des matériaux produiront autant de déchets que dans le cas de la fusion. La configuration proposée est un outil de recherche qui ne permettra pas de produire de l'électricité mais qui engloutit les crédits au détriment d'autres voies.

1 Physiciens nucléaires (CNRS retraités) Groupement de scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire

Quel est le phénomène physique de la fusion?

<p>Pour faciliter la compréhension de ce phénomène, un peu de technique est nécessaire.</p> <p>La fusion, à l'inverse de la fission qui consiste à casser des « gros noyaux » (uranium, plutonium), est l'opération où deux atomes légers se rapprochent suffisamment en donnant un plus gros (la somme des masses des produits finaux de la réaction étant plus faible</p>	<p>que la somme des masses des produits initiaux, la différence est convertie en énergie).</p> <p>Depuis longtemps les physiciens nucléaires savent faire « à l'unité » ces réactions (deutérium + tritium ou deutérium + deutérium).</p> <p>Mais pour que cette opération de rapprochement présente un quelconque intérêt, il faut qu'elle satisfasse des conditions très</p>	<p>particulières: il faut réunir un très grand nombre d'atomes (la densité), les faire se cogner l'un contre l'autre avec la plus grande vitesse possible (la température) et ce, pendant le plus long temps possible (le temps de confinement). Avec ces trois paramètres a été défini un critère, le critère de Lawson, qui doit indiquer à partir de quand le système est censé fonctionner.</p>
---	--	---

Cosmopolitiques : le programme de fusion est-il plus acceptable que la fission dans son principe ?

Dans leur principe physique, les diverses sources d'énergie sont toutes acceptables. Ce qui l'est plus ou moins ce sont leurs implications socio-économiques et environnementales (Faire pédaler les millions de chômeurs pour actionner des générateurs électriques permettrait d'envoyer sur le réseau électrique une puissance de plusieurs giga watts, donc l'équivalent de plusieurs tranches nucléaires ! Mais est-ce socialement acceptable ou tout simplement envisageable ?)

Ces analyses sont le plus souvent escamotées. Or elles conditionnent l'acceptation des populations. Il est, de plus, absolument indispensable de cesser de faire croire que l'on résoudra les problèmes en marchant, que le génie humain saura se sortir de situations inextricables. Il faut essayer de faire un bilan global et ne pas se limiter à l'aspect « avantages immédiats ».

Il est aussi bon de réfléchir sur le fait prôné par trop de personnes que toutes les découvertes ne peuvent que faire progresser l'humanité. Des exemples récents (sida, contamination du sang, hormones de croissances...) nous montrent que ce n'est pas toujours le cas.

La fission nucléaire, que l'on connaît dans notre parc de centrales nucléaires, est en soi une source d'énergie séduisante, mais ce sont ses problèmes de sûreté et de déchets ainsi que ses applications militaires qui la rendent dangereuse.

- *sur le plan social*: en raison des cibles de premier ordre que les installations constituent pour le terrorisme (réacteurs, usines de retraitements, diverses installations du cycle du combustible), la société est obligée de mettre en œuvre un système sécuritaire qui est une entrave évidente aux libertés fondamentales. Les risques d'accidents et leurs conséquences potentielles obligent également les autorités publiques à un encadrement des populations qui, lui aussi, est une atteinte à leurs libertés fondamentales.

- *sur le plan sanitaire et environnemental*: l'accident de Tchernobyl a montré que les risques sanitaires sont de très longue durée et ne sont plus confinés aux limites nationales. Par ailleurs, les incidences environnementales concernent de façon durable des étendues considérables avec des effets sanitaires encore mal définis et *in fine* non compris. Mais, même en fonctionnement normal, les rejets radioactifs, chimiques et thermiques des sites perturbent l'écosystème. L'effet de rejets faibles mais chroniques est toujours à l'étude et leurs conséquences sur la santé semblent, en particulier chez les enfants, plus importantes que prévues (retards mentaux, attaques glandulaires et cardiaques).

• *La fin du cycle du combustible* conduit à déléguer aux générations futures la problématique des déchets radioactifs (provenant du combustible dès aujourd'hui, provenant du démantèlement demain).

La fusion, si elle arrivait à fonctionner telle que pensée actuellement, conduirait à des installations de très forte puissance. Ce premier caractère est rédhibitoire pour une utilisation dans les pays du tiers monde qui, de plus, seraient soumis à une néo-colonisation technologique. Par ailleurs, les problèmes de contamination en fonctionnement normal et de déchets radioactifs à gérer sur de très longues périodes (portions de l'installation contaminées et activées remplacées régulièrement) seraient très voisins de ceux des installations utilisant la fission nucléaire.

Cependant, il convient aussi d'admettre que l'utilisation des énergies fossiles a aussi des effets environnementaux graves (effet de serre par le CO₂) et que les réserves sont limitées dans le temps.

Cosmopolitiques : quels sont les problèmes spécifiquement environnementaux que peut soulever un réacteur comme ITER ?

Pour que la fusion présente un intérêt sur le plan énergétique, il faut satisfaire à au moins deux conditions :

- que le processus produise plus d'énergie qu'il n'en consomme !
- que le prix de revient de l'énergie produite soit « raisonnable » !

Qu'appelle-t-on énergie produite ? L'énergie libérée par réaction multipliée par le nombre de réactions ou l'énergie envoyée sur la ligne électrique, déduction faite de la consommation de la machine, sans oublier la cafetière électrique de l'ingénieur de sûreté-radioprotection d'astreinte ?

Dans le soleil, dans les étoiles, ce qui assure le confinement du plasma, ce sont les forces de gravitation. Dans notre « petite » installation « terrestre », le confinement va être assuré par de très puissants champs magnétiques. Le paradoxe est que plus la température du plasma est élevée, c'est-à-dire plus les divers constituants vont vite, plus ils perdent d'énergie par rayonnement en tournant dans le tore.

À ce niveau apparaissent deux petits « détails » permettant de faire comprendre les principaux mensonges concernant la fusion : elle utiliserait un combustible quasi illimité qui se trouve dans l'eau de mer et elle serait propre au point de vue radioactif :

- Le premier, et non le moindre, est qu'il faut non seulement du deutérium, l'isotope de masse 2 de l'hydrogène mais aussi du tritium, l'isotope de masse 3, radioactif. S'il est possible d'extraire le deutérium de l'eau de mer (à quel coût énergétique ? (*)), par contre le tritium, isotope

radioactif de l'hydrogène de courte période (12,26 ans) se trouve en très faible quantité dans la nature, d'où la nécessité d'en fabriquer, en grandes quantités en faisant réagir les neutrons avec le fluide caloporteur, du lithium en l'occurrence. Puis il faudra l'extraire, le stocker avant de l'injecter dans l'enceinte en fonction des besoins.

Pour un réacteur de 1 000 MW, 15 à 20 kg de tritium seront nécessaires pour 2 000 à 3 000 heures de fonctionnement (20 kg de tritium représentent une activité de 200 millions de curies soit 7,4.10¹⁸ Bq (des milliards de milliards de Bq). L'installation va donc être contaminée par le tritium, car ce radioélément, tout comme l'hydrogène dont il a les mêmes propriétés physico-chimiques, diffuse facilement à travers les métaux et n'est pas du tout inoffensif pour la santé contrairement aux discours traditionnels.

- Le second est que les neutrons doivent traverser la structure de la chambre de combustion si on veut espérer récupérer de l'énergie. Ces neutrons vont activer les matériaux, créant de très importantes quantités de radioéléments de période plus ou moins longue. Sur le plan de la radioactivité, ces réacteurs, si un jour ils fonctionnent, n'auront rien à envier aux réacteurs à fission.

De plus, chaque année une portion de l'enceinte, circuits magnétiques compris devra être changée en raison l'usure très rapide (plusieurs centimètres par an) de sa paroi intérieure et constituera un volume important de déchets de très haute activité, de durée de vie plus ou moins longue. En résumé, ce type de réacteur, présenté par ses promoteurs comme écologique (!), sans déchets radioactifs (pas de « cendres » contenant des produits de fission) va produire une nuisance radioactive au moins égale, si ce n'est plus importante, que les réacteurs actuels.

Pour le moment les machines (JET, TORE SUPRA et même ITER) ne sont pas des réacteurs et l'on n'a jamais employé de tritium dans ces appareils de recherche sauf dans le JET, au dernier moment juste avant de l'arrêter définitivement. La raison en est la radioactivité. Il est en effet impossible de changer les paramètres et de faire des recherches avec un appareil où du tritium aurait été injecté. Sa radioactivité et l'activation des matériaux de structure par les neutrons produits interdisent les accès pour manipulations et ce sont des robots qui feraient la maintenance.

ITER comme ses prédécesseurs *ne sera qu'un outil de recherche, pas un réacteur destiné à fournir de l'électricité*. Les grandes idées de prototype DEMO devant déboucher sur une commercialisation future relèvent plutôt de la science fiction, tant les incertitudes en termes de physique, de technologie, de tenue des matériaux, etc., sont considérables.

La fusion va continuer pour de très longues années à être uniquement un sujet de recherche et ne pourra être comptée parmi les sources d'énergies disponibles au niveau industriel. Il est illusoire de la faire intervenir au court et moyen terme à une quelconque contribution à la maîtrise des problèmes climatiques de notre planète.

Cosmopolitiques : Un grand équipement du type ITER est-il indispensable pour ce développement ? Certains préconisent plutôt des avancées fractionnées sur chacun des problèmes qui se posent avant même de lancer l'équipement.

Aujourd'hui, les responsables du projet au Commissariat à l'énergie atomique assurent que la plupart des briques technologiques ont été validées sur diverses petites machines, estimant que les risques technologiques se limitent à l'intégration de toutes ces briques. Leur enthousiasme aurait dû être modéré par la lecture d'un rapport présenté devant l'Académie des sciences fin 2001 par leur ancien haut commissaire Robert Dautray ¹. Il explique que la fission a pu se développer grâce à « la linéarité des phénomènes » car « tous les problèmes scientifiques et techniques sont découplés par la linéarité et peuvent être étudiés à part et simultanément dans des installations modestes ». Par contre « la fusion thermonucléaire, au contraire, est un phénomène fondamentalement non-linéaire, et ceci vis-à-vis de toutes les fonctions physiques en jeu... Il faut donc explorer les uns après les autres tous les niveaux de puissance, y découvrir de nouveaux phénomènes... »

Des phénomènes donnant des effets négligeables à un niveau de puissance passent inaperçus à ce niveau mais conduisent à des perturbations majeures à un niveau de puissance supérieur. La résolution de ces problèmes n'augure en aucun cas que de nouveaux phénomènes imprévisibles vont bloquer le fonctionnement au niveau suivant, nécessitant pour leur résolution des années d'efforts de recherche. C'est la raison qui oblige à construire le réacteur (de recherche pour le moment) en taille 1 : on ne pourra jamais extrapoler d'une puissance à l'autre.

Mais ces avancées ne sont pas suffisantes en elles-mêmes. Il faudrait aussi arriver à un stade où la machine produirait (sur le réseau électrique) plus d'énergie qu'elle en consomme. Or pour le moment

1 « L'énergie nucléaire civile dans le cadre temporel des changements climatiques », rapport à l'Académie des sciences (Annexe 1), Robert Dautray, décembre 2001.

toutes les réalisations ne sont que des machines destinées à faire de la recherche. Même le projet ITER a la même finalité de recherche et, avec un bel optimisme, la définition d'une installation industrielle prototype électrogène n'est pas envisagée avant 2050. Quant à la ligne

à haute tension qui figure sur les jolis petits dessins des dossiers de présentation officiels, elle est destinée non à évacuer l'électricité qui serait produite, mais à alimenter l'installation !

Cosmopolitiques : Y a-t-il d'autres pistes de recherche sur ces nouvelles sources d'énergie qui vous paraissent sous-estimées autour de la matière (en dehors des économies d'énergie ou des énergies renouvelables « classiques », discutées ailleurs dans ce numéro) ?

Il n'y a aucune autre source d'énergie qui soit arrivée à un stade expérimental pouvant déboucher sur une réalisation. Par contre, investir autant de moyens financiers et intellectuels sur la fusion empêche l'émergence d'autres voies.

La fusion séduit, mais, depuis cinquante ans, la progression n'est pas à la hauteur des crédits investis ni des moyens humains mobilisés.

- L'utilisation de la réaction de fission a donné lieu, depuis l'après-guerre, à une multitude de projets, à une débauche d'idées. Seules les deux voies sous-tendues par le secteur militaire ont été amenées au niveau industriel: la filière Graphite-Gaz (UNGG en France, MAGNOX en Grande-Bretagne) ou Graphite-Eau (RBMK en URSS) pour la production de Plutonium militaire et la filière «Eau Légère» pour la motorisation navale. D'autres filières existent ou sont en phase de recherche et développement finale: les réacteurs à «Eau Lourde» (CANDU) en opération depuis plusieurs décennies et les réacteurs à haute température. Sans oublier la filière des réacteurs à neutrons rapides, particulièrement dangereuse et dont Super-Phenix fut le fleuron français. C'est, me semble-t-il, le domaine des réacteurs à haute température qui a le plus de chance de se développer à terme en raison de ses critères de sûreté, son meilleur rendement énergétique, conduisant à une diminution des quantités de produits de fission pour la même production d'électricité.

- Pour la fusion, la voie suivie actuellement (la réaction deutérium-tritium – la moins difficile !) conduit inexorablement à produire de la chaleur à une température largement supérieure à celle du soleil pour faire fonctionner la machine à vapeur de Denis Papin ! Étant donné que son aboutissement n'est ni pour demain ni pour après-demain, il serait judicieux de faire fonctionner les matières grises pour s'affranchir du rendement de Carnot et se lancer sur la voie des autres réactions possibles: réactions avec des produits finaux chargés pouvant donner directement accès à l'électricité.

En tout état de cause, toutes les sommes mobilisées et immobilisées dans ces secteurs de recherche ne permettent pas le développement des

sources d'énergie renouvelables auxquels il faudra bien avoir recours sérieusement un jour prochain.

Cosmopolitiques: Comment pensez vous que peut se constituer un public autour de ces questions de physique appliquée et quelles sont les conditions à remplir pour que le public puisse participer à un débat politique sur un tel choix ?

Les conditions minimales pour un débat sont, bien sûr, l'accès à la documentation et des présentations pluralistes aussi bien sur la technique pure que sur toutes les autres questions connexes. Ces conditions supposent aussi que l'on mette sur pied un débat c'est-à-dire que l'on puisse poser des questions et obtenir des réponses. Ce débat ne doit pas se transformer en une vaste opération de propagande mais en un dialogue constructif entre toutes les parties.

Actuellement, les seules opérations d'information du public sur ces questions sont organisées et réalisées par les groupes de pression pro-nucléaire. Nous avons l'exemple du débat sur l'énergie organisé en 2003 par les pouvoirs publics, sous la présidence de M^{me} N. Fontaine. Ce fut un faux débat. Le Conseil supérieur de sûreté et d'information nucléaire (difficilement classable comme « écolo ») avait réalisé un petit ouvrage faisant le point sur les questions en débat dans le domaine nucléaire. Cet ouvrage avait été envoyé aux présidents des conseils généraux avec la proposition de faire venir un ou plusieurs membres du conseil pour animer une séance d'information contradictoire. Ce fut une fin de non recevoir quasi générale. Grosso modo, les réponses signifiaient: surtout pas de remous, il ne faut pas réveiller l'eau qui dort.

Il y a aussi la Commission nationale de débat public. Ses membres se mobilisent pour essayer de lancer un débat public sur des sujets comme ITER, EPR. Mais à quoi cela sert-il puisque les choix gouvernementaux sont déjà faits et ce n'est pas un passage devant le Parlement qui changera grand chose à ces choix imposés aux politiques par les groupes de pression industriels.