

ITER :

une expérience à 15
milliards d'euros

Le réacteur à fusion :
dangereux

Lithium plus eau = explosion !

10 juillet 2011 : Demain, 11 juillet 2011, dépôt, à 15 heures, d'une pétition lancée à l'initiative de l'association Mediane et du collectif Stop Iter.

Lieu : Hôtel de Ville, place Jules Santini, 13115 Saint Paul lez Durance

Pour qu'un projet comme celui d'ITER puisse être lancé, il lui faut l'aval d'une commission constituée aux fins de sanctionner une Enquête Publique. Les éléments d'une telle enquête sont alors déposés dans les différentes mairies des municipalités concernées, afin que ces documents puissent être consultés par les citoyens. Il s'agit d'un ensemble de dossiers représentant des milliers de pages, mais dont les citoyens peuvent, sur place, obtenir des copies sur CD. Actuellement, leur fenêtre d'accessibilité va du 5 juin au 20 juillet 2011 (...)/

Première précision : ces documents sont accessibles à tout citoyen français qui souhaiterait en prendre connaissance et tout citoyen français peut inscrire un avis, favorable ou défavorable, concernant ce projet, sur un cahier tenu par les commissaires chargés de l'enquête.

[L'annonce concernant cette enquête publique](#)

Je me suis rendu à la mairie de Saint Paul lez Durance et ai pu consulter des dossiers et en obtenir une copie. J'ai consigné sur le cahier mon opinion de scientifique et d'ingénieur, défavorable, concernant les différents aspects de ce projet. Il s'agit d'un projet :

- Lancé avant des études préliminaires, indispensables, aient été menées, dans de nombreux domaines (résistance d'une première paroi en béryllium à un flux de neutrons de 14 MeV, contrôle de la pollution du plasma pas des ions lourds, en particulier du tungstène tapissant le "divertor". Garanties de non dangerosité de la mise en oeuvre d'une couverture tritigène au lithium, etc). Etudes qui auraient dû être effectuées sur la machine anglaise JET.

- Je le qualifierais d'aventurisme scientifique et technique, de jouet à 15 milliards d'euros, réclamés par des ingénieurs et chercheurs, non pour résoudre les problèmes des besoins en énergie de la planète, mais pour se distraire pendant un nombre illimité de décennies.

La dangerosité du projet est toujours lisible sur le site du CEA, à l'adresse :

<http://www-fusion-magnetique.cea.fr/cea/next/couvertures/blk.htm>

J'ai fait télécharger ce document sur l'ordinateur de la mairie et faitagrafer celui-ci dans le cahier de l'enquête, à titre pièce à conviction. Un système WCLL (water cooled lithium lead : système comportant un mélange liquide lithium plomb, refroidi par de l'eau pressurisée) est de la plus extrême dangerosité, étant donné que le mélange lithium plomb est immédiatement explosif, s'il se trouve par accident mis au contact de l'eau, un système qui voisine par ailleurs avec le fragile aimant supraconducteur.

Ceci n'est *qu'un des exemples* de la légèreté avec laquelle ce projet a été conduit, dans le style :

- Donnez-nous quinze milliards d'euros (pour commencer), et carte blanche, pour que nous puissions nous amuser entre amis, sans rendre de comptes à qui que ce soit.

Sur la base des renseignements techniques que j'avais fait figurer sur la présente page internet, des associations, et des particuliers, ont commencé à réagir (650 à ce jour). Vous pouvez le faire également, en cosignant la pétition rédigée par l'association

Médiane et en l'adressant à la mairie de Saint Paul lez Durance, où votre envoi sera aussitôt joint au dossier.

[Lettre d'appui au collectif STOP ITER](#)

[Les arguments du collectif ITER](#)

[La demande de prolongation de l'enquête publique](#)

à adresser à Hôtel de Ville, place Jules Santini, 13115 Saint Paul lez Durance

J'ai personnellement demandé à être confronté, en présence des membres de la commission d'Enquête, devant les responsables scientifiques du projet ITER et non des émissaires de "leur service de communication, chargé de ... répondre aux questions". Des citoyens ont demandé à être présent lors de cette confrontation, et vous êtes tout à fait en droit de vous joindre à eux, comme cela serait également votre droit de citoyens français d'être présents le 11 juillet à 15 heures, à la mairie de Saint Paul lez Durance, lors de la remise d'une pétition à laquelle vous pourrez vous associer.

Les élus français de l'Assemblée seraient bien incapables de s'exprimer sur ce projet ITER, autrement qu'en se faisant l'écho du bourrage de crâne intensif dont ils ont été l'objet, émanant du service de propagande ("une soleil en éprouvette, une énergie illimitée, etc...). Même chose pour les parlementaires délégués par le parlement européen en mai 2011, pour se prononcer sur le caractère licite d'une extension du budget de 5 à 15 milliards d'euros.

Je suis assez pessimiste quand à l'issue de nos démarches, tant la passivité des Français est grande. Elle se joint à l'inconscience des élus des municipalités riveraines, aveuglées par la perspective d'une manne providentielle, totalement inconscientes du risque que cette installation font courir aux populations avoisinantes.

Au Japon, des citoyens japonais achètent systématiquement des légumes contaminés "pour soutenir les économies locales, sinistrées". Des "échanges de terres sont prévus entre régions contaminées et régions non contaminées. Les normes de contamination sont relevées. Les produits contaminés sont dilués dans des produits sains, pour que le mélange puisse satisfaire aux "normes"

Combien faudra-t-il de Fukushima pour que les populations comprennent qu'il faut développer **massivement** de nombreux systèmes fondés sur des énergies renouvelables (solaire thermique, éolien, hydrolien, géothermique, etc, joints à des modes de transport de ces énergies sur de longues distances par courant continue haute tension (70.000 mégawatts pour à ce jour, dans le monde, l'objet de tels transports d'énergie électrique, sur des distances atteignant des milliers de kilomètres).

Comment faire pour rencontrer Eva Joly, ou Nicolas Hulot, ou d'autres personnages à fort impact médiatique, afin de les éclairer sur l'existence, de telles solution, parfaitement et immédiatement opérationnelles ?



[Lien vers le résumé final de cette page](#)

Le 16 mai 2011 une délégation du parlement européen est descendue à l'hôtel du Roy René, à Aix en Provence, où elle a entendu diverses présentations faites par les responsables du projet ITER. J'ai pu remettre à la parlementaire Michèle Rivasi, juste avant cette rencontre, 40 exemplaires d'un mémoire que j'avais imprimé chez moi, dont la moitié en couleur, représentant une version abrégée du texte qui va suivre. Elle les a distribué à ce parlementaires.

Devant l'hôtel environ 200 manifestants anti-nucléaires s'étaient rassemblés. C'est peu, étant donné les enjeux, et *j'étais le seul scientifique*, ou même le seul ingénieur ou technicien. Les manifestants étaient "des anti-nucléaires de base".

Il est vrai que des gens comme moi se réveillent après la piqûre de rappel représentée par Fukushima. Mais cette prise de conscience, chez moi, du caractère mortifère du nucléaire, est définitive. Je ne m'étais simplement jamais penché sur la question. Antérieurement, des militants de la première heure ont essuyé les coups de matraque des "forces de l'ordre", les jets de grenades lacrimogène, voire les jets de grenades défensives qui ont entraîné la mort du militant Michalon, manifestant contre l'impantation du surgénérateur à Creys-Malville, le 31 juillet 1977, qui a pris une de ces grenade en pleine poitrine, où elle a explosé.



Encore aujourd'hui, il y a ceux qui viennent s'enchaîner aux rails sur lesquels vont passer les convois amenant les déchets radioactifs au "[centre de retraitement de la Hague](#)" (en fait un centre d'extraction du plutonium, avec lequel est fabriqué le combustible nucléaire made in France MOX, qui équipe 20 réacteurs en France, le réacteur numéro 3 de Fukushima, et que la France vend à l'étranger). Ceux-là sont délogés avec brutalité, blessés, alors qu'il se battent que nous et nos enfants restions en santé, échappions aux agissements lucraifs des nucléopathes.

Il faut que la caravane mortifère passe, à tout prix

J'avoue que je ressentais de la honte à réagir aussi tardivement, et un malaise certain à ne voir aucun de mes collègues scientifiques, ou ingénieurs, se joindre à cette légitime protestation. Le prise de conscience de la dangerosité folle du nucléaire est en train de se faire, stimulée par la catastrophe de Fukushima, et cela en dépit du black out auquel on assiste dans les grands médias, actionnée par les barons de l'atome.

Mais avant qu'il en soit ainsi, ceux qui manifestaient contre le nucléaire étaient perçus comme des marginaux, des rêveurs, alors qu'ils avaient simplement une vision beaucoup plus claire et plus précoce que nous de la situation.

Comme on le verra plus loin, les choses sont bien pires qu'on ne pourrait le penser.

Jusqu'à présent, les arguments avancés contre l'implantation d'ITER étaient surtout de nature environnementale, voire paysagiers. Je viens de regarder une vidéo grotesque, choquante, prise lors de la présentation du site, où la guide indique que l'on a soigneusement déménagé des chauves souris, dérangées dans leur habitat naturel, pour les inciter à nicher ailleurs. On a également pris soin d'espèces florales protégées

Quelle foutaise, quand vous allez découvrir ce qui va suivre.

On connaît les critiques concernant la radiotoxicité du tritium, substance radioactive qui possède une demi-vie de 12,3 années. Oui, le problème est bien réel. Le tritium est un isotope de l'hydrogène, dont le noyau contient un proton et deux neutrons, le tout étant accompagné, comme pour l'hydrogène léger, ordinaire (noyau constitué par un unique proton), comme pour l'isotope deutérium (noyau constitué par un proton et un neutron) par un unique électron. Cet électron constitue ce qu'on appelle le « cortège électronique de l'atome considéré ». C'est ce cortège qui détermine les propriétés chimiques de la substance considéré.

Ainsi, du point de vue de la chimie, l'hydrogène léger et ses deux isotopes, le deutérium et le tritium ont exactement les mêmes propriétés chimiques.

Quand de l'hydrogène « lourd » se compose avec de l'oxygène, on obtient ce qu'on appelle de *l'eau lourde*. Toutes les combinaisons sont possibles, dont celles où la molécule d'eau pourra contenir un ou deux atomes de tritium.

Cette eau tritiée sera donc radioactive.

Les opposants au programme ITER argueront que comme le tritium, c'est de l'hydrogène, il est donc excessivement difficile de le confiner avec sûreté (il n'y a pas de risque zéro, diront-ils). Les molécules d'hydrogène lourd, comme les molécules d'hydrogène léger, étant minuscules, ont tendance à se jouer des obstacles constitués par des vannes ou des joints. Pire encore, l'hydrogène passe à travers des parois solides ! Le tritium est un champion de l'évasion, passe au travers des joints et de la majorité des polymères.

Quand il s'agit d'hydrogène léger, ou même de deutérium, le danger est inexistant, au plan biologique. S'agissant du tritium, c'est une autre histoire. La molécule d'hydrogène a la propriété de pouvoir se lier à une foule d'autres atomes, pour donner un nombre considérable de molécules, appartenant à la chimie « minérale » ou à la biochimie.

Ce faisant, ce tritium pourra s'intégrer dans des chaînes alimentaires et même dans l'ADN humain.

Les partisans d'ITER pourront rétorquer qu'un langage ou une fuite de tritium, correspondant au fonctionnement de la machine d'essai, ou de ses descendantes, ne se traduirait que par une pollution insignifiante, «ne présentant pas de danger au point de vue de la santé publique».

Nous avons pris l'habitude d'entendre cela dans la bouche de tous les nucléocrates, depuis des décennies.

Autre argument, mis en avant par les défenseurs du projet ITER : il existe, dans le corps humain, des « cycles de l'eau ». Si de l'eau tritiée était absorbée, le corps humain la remettrait dans la nature relativement rapidement. Sa « période biologique » (de un mois à un an) est inférieure à sa « période radiologique » (Wikipedia).

http://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium#Fixation_biologique_du_tritium

http://fr.wikipedia.org/wiki/Tritium#Cin.C3.A9tique_dans_l.27organisme

Les choses seraient différentes si des atomes de tritium se trouvaient liés par exemple à des molécules d'ADN. On touche là aux conséquences liées à de très faibles pollutions, exerçant leurs effets sur de longues durées, et frappant surtout les femmes enceintes et les enfants.

Là encore, les partisans du projet ITER hausseront les épaules, en disant que les quantités de tritium mises en jeu resteront très faibles, et que même une retenue d'eau douce, potable, voisine, recevait de l'eau tritiée, cela serait avec un taux de dilution si faible que ... etc...

Ce n'est donc peut être pas sur ce terrain qu'il faut rechercher des critiques efficaces.

Il y a, bien sûr, le coût du projet, qui explose et son triplement ne constitue qu'un pâle début, comme on le verra pas la suite, joint aux aléas du calendrier, avec cette question lancinante :

- De l'énergie électrique, quand ?

Les aspects technico-scientifiques que nous allons évoquer dans ce qui va suivre rendent ces prévisions impossibles, à la fois dans le temps et dans les coûts, et tout simplement en terme *de faisabilité et de rentabilité*.

Commençons tout d'abord par rechercher l'origine du projet ITER.

On lit que ce projet résulterait d'une discussion entre Gorbatchev et Reagan, à Genève, en 1985, en sortie de Guerre Froide.



Le Président américain Ronald Reagan et Mikhaïl Gorbatchev, Secrétaire général du Parti communiste de l'Union soviétique, décident de lancer un programme international visant à développer l'énergie de fusion à des fins pacifiques et ce « pour le plus grand bénéfice de l'humanité ». Genève, 1985.

Reagan et Gorbatchev à Genève, en 1985

Pour l'humanité, la détention de stocks hallucinants d'engins nucléaires et de missiles donnait à l'atome une image totalement négative, à peine atténuée par la connotation positive issue du nucléaire civil. On sait en effet qu'un réacteur civil peut être converti en réacteur plutinogène et ainsi fabriquer l'explosif-type des bombes à fission : le plutonium.

- Ajoutons les problèmes inextricables liés au stockage des déchets et au démantèlement des centrales nucléaires, vis à vis duquel on n'avait pas l'amorce d'un début de solution.
- Ajoutons l'incontournable phénomène de dissémination de l'arme nucléaire.

Ajoutons au passage qu'un an après cette rencontre c'était Tchernobyl

Le besoin s'est donc fait sentir de trouver un « atome pacifique », qui ne puisse pas donner d'arme nouvelle, dont le déchet soit constitué par un gaz inoffensif : l'hélium, qui ne puisse donner lieu à une dissémination de "matériaux sensibles".

Tout de suite, on pensa à des générateurs à fusions deutérium-tritium, *immédiatement parés de toutes les vertus.*

Une énergie « inépuisable », disait-on. Et d'évoquer les quantités phénoménales de deutérium et de tritium (ou de lithium, à partir duquel on peut fabriquer le tritium) contenues dans l'eau des océans (voir plus loin).

L'énergie issue de la fusion est donc au départ un mythe, très fort, celui de « l'atome bienfaisant », sans danger, pacifique et de « l'énergie illimitée ».

Ajoutons une image parlant à l'imaginaire humain, celle du « soleil en éprouvette ».

L'homme a toujours relié les grands phénomènes de la nature à des constructions mythologiques. L'eau qui tombe du ciel permet d'obtenir de bonnes récoltes. Chez les précolombiens, on implorait le ciel de dispenser ce liquide vital : la pluie. Mais l'eau, c'est aussi celle des inondations, celle qui détruit, qui tue.

Il en est de même pour le Soleil. Chez les Anciens Egyptiens les dieux n'étaient très souvent que la déclinaison de la déité centrale, solaire. Râ était le soleil bienfaisant, qui assure de bonnes récoltes, tandis que Seth était son frère, le terrible dieu soleil du désert aride, celui qui dessèche les récoltes et fait périr de soif le voyageur égaré.

Il existe un mythe de l'atome. Lorsque Oppenheimer, qui savait lire le sanscrit, vit pour la première fois se déchaîner sous ses yeux le feu nucléaire il récita instinctivement un poème indien de la Bhagava Gita (verset 33, chapitre 11), qui se terminait par :

Je suis la mort , la destructrice de tous les mondes

http://en.wikipedia.org/wiki/Bhagavad_Gita

L'atome commença donc à se mêler à l'histoire, à prendre place dans l'imaginaire des hommes, sous la forme de l'expression d'un dieu terrible, comparable à la foudre de Jupiter, au marteau de Thor, avec des relents bibliques d'Apocalypse, de fin du monde.

Puis vint le temps d'atome pacifique, dispensateur de confort, de mieux vivre. Un atome qui chauffe les demeures, alimente les moteurs des TGV qui nous transportent si confortablement et si vite.

Mais les drames de Tchernobyl et de Fukushima s'imposent comme des rappels à l'ordre brutaux, violents. Alors l'atome devient une sorte de peste blanche, invisible, inodore, lentement mortifère.

- Ils ne mourraient pas tous, mais tous étaient frappés.....

Même quand le fonctionnement des centrales semble s'effectuer sans heurt, on constate des incidences, au plan santé, sur ceux qui y travaillent. Une étude de l'INSERM montre qu'on trouve deux fois plus de cancers chez ceux qui oeuvrent à l'entretien des centrales, même quand leurs dosimètres accusent des doses inférieures aux normes fixées (arbitrairement) par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

[Lien audio](#)

Voilà l'atome civil, en dépit du lobbying puissant mené par les nucléocrates, qui prend une allure inquiétante.

Alors, pourquoi ne pas se tourner vers « ce soleil en éprouvette », cet atome redevenu *bienfaisant, sans risque*. En effet, si un avion de ligne s'écrase sur un tokamak, ou d'un terroriste le met à mal avec un explosif, la belle affaire ! Quelles seraient les conséquences ? Un peu de deutérium, de tritium, de lithium et d'hélium partiraient dans la nature, sans plus, dit-on, et le lendemain, on n'y penserait plus.

Avec la fusion, on voit émerger le mythe d'un « atome sans risque ni déchets ».

Sur ce second plan, ça n'est que partiellement vrai. La fusion deutérium-tritium est productrice de neutrons. Ceux-ci contamineront toutes les structures des réacteurs, qui deviendront radioactives par « activation », du fait des transmutations que créeront dans tous les matériaux ce flux de neutrons. Ainsi, le démantèlement d'un réacteur à fusion serait tout aussi complexe, problématique et coûteux que celui d'un réacteur à fission.

Les partisans du programme ITER objecteront qu'il ne s'agirait alors que de déchets dont les demi-vies *ne se chiffrent qu'en siècles*, alors que la fission génère des radionucléides mortifères *pendant des centaines de milliers d'années*.

Ce préambule étant fait, il faut tenter de sortir du mythe, oublier les belles phrases, comme celles « du soleil en éprouvette » et de « l'énergie illimitée », redescendre un peu sur Terre et examiner la chose en terme de *faisabilité*.

Pour ce faire, je vais devoir employer un discours de physicien. Dans la mesure du possible je m'efforcerai que ce discours reste accessible.

La fusion reste une tour d'ivoire, protégée par la complexité extrême des phénomènes qui lui sont attachés, et cela permet au nucléocrate de couper court à toute question en répondant « c'est très compliqué ». Alors il déploiera devant leur interlocuteur, éventuellement politique, le nuage d'encre de cette complexité, qui lui permettra d'esquiver les questions, tel le poulpe lâchant son nuage d'encre.

Entrons donc dans le vif de *ces questions scientifiques et techniques*, en dépassant le classique bla-bla pour bétien.

Le projet ITER s'appuie sur deux ensembles de résultats. Il y a d'une part le résultat anglais, celui du JET (Joint European Torus), [obtenu au laboratoire de Culham en octobre 1991](#), où pendant une seconde l'injection en force de différentes formes d'énergie a permis l'entretien de réactions de fusion, avec un coefficient

$$Q = 0,7$$

Que signifie ce coefficient Q ? C'est le rapport entre l'énergie brute, dégagée par la fusion, et celle qu'on injecte sous forme de micro-ondes, d'injection de « neutres », etc...

Un réacteur à fusion produit une énergie dont le flux est proportionnel au volume de sa chaudière nucléaire, donc au cube de sa dimension caractéristique (prenons par exemple le diamètre du tore de plasma).

Les pertes d'énergies s'effectuent à la paroi, donc sont proportionnelles à la surface de la chambre, qui varie comme le carré de la dimension caractéristique.

Le corollaire est que le coefficient Q suit la loi d'évolution :

$$Q \text{ varie comme le rapport } \frac{\text{volume producteur d'énergie}}{\text{surface de déperdition d'énergie}} = \frac{L^3}{L^2} = L$$

Si le JET se cantonnait à cette valeur $Q = 0,65$ c'est que la machine était de trop petite taille. ITER, deux fois plus grand, doit permettre de monter à un coefficient deux fois plus élevé, soit :

$$Q = 1,4$$

Dans les plaquettes d'ITER on lit que ses concepteurs espèrent obtenir un facteur supérieur à 5, avec un temps de fonctionnement de 400 à 1000 secondes.

Quelques détails sur cette expérience menée sur le JET. Ce tokamak n'est pas équipé d'un aimant supraconducteur. Le champ magnétique est créé par un solénoïde à enroulements de cuivre. L'intensité qui les parcourt se chiffre en méga-ampères, et le dégagement de chaleur par effet Joule interdit de prolonger l'expérience.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Joint_European_Torus

http://claud.e.mt.inrs.ca/VQE/sources/fusion_futur.html

Les systèmes de chauffage d'ITER (micro-ondes, injection de neutres) sont des extrapolations de ceux mis en œuvre dans le JET.

Donc ITER " fonctionnera ".

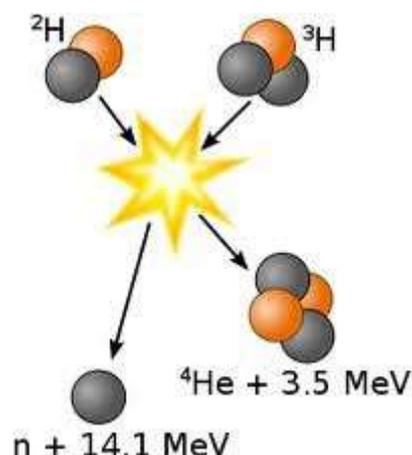
Personne n'en doute. La fusion deutérium-tritium sera obtenue, avec un coefficient Q supérieur à l'unité, et pendant un temps beaucoup plus long, rendu possible par l'usage d'un aimant supraconducteur.

Mais est-ce tout ?

La machine, comme nous allons le montrer, est incomplète.

En l'état, elle ne peut même pas faire figure de prototype, axé sur une validation. Tout simplement parce qu'il manque un, et même des éléments essentiels, si on inclut ceux dont le fonctionnement n'a jamais été testé.

Le réacteur sera chargé avec un mélange 50/50 composé de deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium. La réaction de fusion épuise ce mélange, produisant un noyau d'hélium, doté de deux charges positives, emportant une énergie de 3,5 MeV et un neutron, doté d'une énergie de 14,1 MeV.



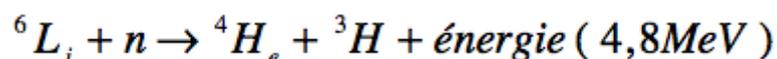
Fusion deutérium tritium

Une image qui a été assénée au public pendant des décennies, alors qu'elle ne représente que la moitié de l'histoire !

Le champ magnétique de confinement s'oppose à l'évasion de ce noyau d'hélium, tant que faire se peut. En échangeant de l'énergie avec les ions deutérium et tritium, celui-ci contribuera à maintenir la température du plasma, qui tend à se refroidir en continu par rayonnement. Mais ce champ est sans effet sur le neutron qui n'étant pas électriquement chargé ira inmanquablement frapper la paroi. Capturé par ses matériaux, il créera de la radioactivité dans ses éléments, par « activation », transmutations diverses.

Feu le prix Nobel Gilles de Gennes doutait que l'on puisse protéger le délicat matériau de l'aimant supraconducteur du bombardement des neutrons de fusion. Les éléments supraconducteurs sont fragiles. Les dégâts provoqués par les neutrons peuvent, en provoquant des transmutations, faire disparaître localement la supraconduction, mettre le très coûteux aimant hors service, voire provoquer sa destruction.

Confrontés à cela, les responsables d'ITER répondent que derrière la première paroi (« the first wall ») et l'aimant s'interpose une enveloppe de lithium, ou plutôt d'un composé à base de lithium qui, du reste, en absorbant les neutrons, régénère le tritium, à travers la réaction exo-énergétique :



<http://www-fusion-magnetique.cea.fr/gb/cea/next/couvertures/blk.htm#ch1>

Voir aussi :

http://books.google.fr/books?id=eK3ks5zUiScC&pg=PA294&lpg=PA294&dq=alliages++lithium+plomb&source=bl&ots=iF4xpNYTrt&sig=Oip0rtjFigNUWbN42FScsiPtM4E&hl=fr&ei=FPnUTZfiI8qCOtD6hOQL&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDEQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false

On remarquera au passage que cette réaction est une réaction de fission, stimulée, de fission d'un atome de Lithium sept, qui se trouve dans un état instable et se scinde en deux atome, possédant respectivement 4 (hélium) et 3 (tritium) nucléons.

Cette *couverture tritigène* est l'état liquide, formant un mélange de Lithium et de Plomb. Le plomb a pour fonction de ralentir les neutrons et, frappé par un neutron, peut en émettre deux. Cette masse liquide à 500°C est refroidie par de l'eau pressurisée. Il est hors de question que ce mélange de métaux à l'état liquide soit mis en contact avec cette eau. Le lithium fond à 180°C et se vaporise à 1342°C.

Le lithium ne brûle pas dans l'air, à la température ordinaire, comme le fait son cousin alcalin, le sodium. Mais pour peu que la température soit suffisante, brûle comme son autre cousin : le magnésium, et cette combustion est violemment exothermique.

<http://www.plexiglass.fr/materiaux/metaux/lithium.html>

Extraits :

Le lithium est le seul métal alcalin qui peut être manipulé à l'air sans danger, alors que les autres s'oxydent avec, le plus souvent, inflammation. À l'air sec, le lithium se recouvre lentement d'une pellicule d'oxyde et de nitrure.

À l'air humide, l'attaque, catalysée par la vapeur d'eau, est beaucoup plus rapide.

Le métal ne s'enflamme dans l'oxygène sec *qu'au-dessus de 200 °C* en donnant l'oxyde Li_2O et non le peroxyde, propriété qui le différencie nettement de ses homologues supérieurs et le rapproche des alcalino-terreux.

La combustion du lithium est très exothermique et s'accompagne de l'émission d'une intense lumière blanche comme le magnésium.



Lithium brûlant dans l'air, mis en présence d'eau : explosion immédiate

<http://www.youtube.com/watch?v=ojGaAGDVsCc>

Feu de lithium dans l'eau :

<http://www.youtube.com/watch?v=hSly84IRqj0&feature=related>

Lithium plus eau :

<http://www.youtube.com/watch?v=oxhW7TtXIAM&feature=related>

Mis en présence d'eau, à 500°C, il décompose celle-ci, et lui prend son oxygène en libérant de ... l'hydrogène. Vous retrouvez une réaction semblable à celle des gaines de zirconium entourant les pastilles combustibles, dans les réacteurs de Fukushima, et en règle générale dans tous les réacteurs refroidis avec de l'eau, quand la température s'élève au point que cette eau passe à l'état de vapeur.

L'hydrogène dégagé par la réaction du lithium avec l'eau chargée de le refroidir dégage de l'hydrogène qui, en se combinant avec l'air, peut provoquer une explosion, comme celles que vous avez vu à Fukushima. Le lithium est un corps *extrêmement réactif*, qui peut se combiner avec l'oxygène, l'hydrogène (, en donnant de l'hydrure de lithium, l'explosif-type des bombes à hydrogène). Il peut même se combiner avec ... l'azote, à température ordinaire, en donnant des nitrures de lithium. Toutes ces

réactions sont exothermiques, susceptibles de connaître un emballement dommageable.

Et cela, personne ne vous en a soufflé mot

Personne n'a évoqué ce qui se passerait si, dans un réacteur "à fusion" le lithium se mettait à brûler, ou à se combiner à l'eau qui est censée le refroidir. Ces couvertures tritigènes n'ont pas été testées. Comme le faisait remarquer Michèle Rivasi lors de cette rencontre, il serait préférable de tester le comportement de ces couvertures tritigènes sur d'autres machines, comme le JET, ou les machines allemandes (l'ASDEX, au Max Planck Institute), ou japonaises, avant de se lancer dans un projet

- *dispendieux*

- *dangereux*

- *problématique*

Autour de ces cellules tritigènes, dont vous allez découvrir l'image ci-après (source : site du CEA) vous avez deux choses :

- Directement au contact, la première paroi, en béryllium. C'est un métal qui fond à 1380°C. Son comportement dans un tokamak n'a pas non plus été testé. Le béryllium est hautement toxique, provoque une maladie qui s'appelle la béryllose, affection pulmonaire incurable. Il est en outre cancérigène.

Source :

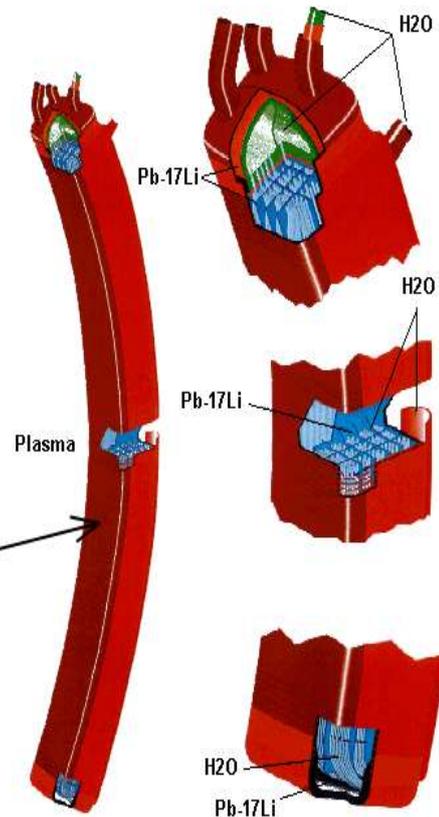
http://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9ryllium#Contamination_du_corps_humain

Elément d'une couverture tritigène régénération du tritium à partir du lithium

Le concept WCLL (water cooled Lithium-plomb) a été développé en coordination avec le CEA, le fluide caloporteur étant un mélange de lithium et de plomb, fondus

tenue problématique sous
bombardement par des neutrons
" seule l'expérience dira si "

"first wall"
(premier mur, en contact avec le plasma)



Elément d'une couverture tritigène (une autre "expérience inédite")

D'aucuns pourrait objecter que le lithium se trouve, dans ces éléments, sous la forme d'un alliage, peut être alors moins inflammable, à cause de la composante plomb. La température d'ébullition du lithium est de 1342°C et celle du plomb de 1749°C. En cas d'excursion en température, le lithium se vaporise le premier et se sépare du plomb, en formant des bulles, beaucoup moins denses.

De l'autre côté vous trouverez l'aimant supraconducteur, refroidi à l'hélium liquide, à 3° absolu. A la moindre élévation de température, cette supraconductivité cesse. La partie de l'aimant qui perd cette propriété de supraconductivité, devient résistive, siège d'un effet Joule violent, qui propage de proche en proche cette destruction de la supraconductivité, en vaporisant le réfrigérant, l'hélium liquide.

Quand ces conducteurs sont en état de *supraconductivité*, il n'y a pas d'effet Joule, pas de dégagement de chaleur. Le système cryogénique qui les gère n'est là que pour empêcher que les calories issues du milieu ambiant ne viennent réchauffer ces éléments, qui baigne dans de l'hélium à l'état liquide.

Si quelque part cette supraconductivité est brisée, l'élément concerné devient résistif, dégage de la chaleur. Un accident s'est produit au CERN, en 2008. Il y a eu perte de supraconductivité au niveau d'une soudure. Le courant qui parcourt les aimants est de 9000 ampères. Il s'est produit un arc électrique qui a vaporisé l'hélium liquide environnant. L'explosion a déplacé des aimants de 40 tonnes de plusieurs mètres (...).

Sur un réacteur à fusion, doté de son indispensable couverture tritigène, une catastrophe est alors possible, avec :

- Combustion violente du lithium contenu dans la couverture tritigène (celui-ci brûle comme du magnésium. Il faudra en faire une démonstration sur un plateau de télévision).

- Mis en présence d'eau : explosion.

- La chaleur dégagée, perturbe l'aimant supraconducteur voisin, qui se volatilise.

- Cet incendie du lithium emporte des vapeurs de plomb (toxique : saturnisme) ainsi que le tritium (radioactif) qui avait été synthétisé dans la couverture tritigène.

- La "première paroi" (un à deux millimètre de béryllium) est aussi volatilisée et va se mêler aux polluants toxiques.

- Ajoutons la dispersion des quelques kilos de tritium représentant la charge du réacteur.

La totale....

Rassurez-vous, une telle explosion du réacteur ferait immédiatement cesser toute réaction de fusion en son sein. C'est déjà ça. C'est ce qu'on vous répète depuis des décennies, en vous vantant la sécurité de ces réacteurs nucléaires du siècle prochain.

Mais, au plan de la chimie c'est ... Seveso.

Lors de ces assises sur ITER, Michèle Rivasi a créé une gêne manifeste quand elle a demandé "qui payerait en cas de pépin, de catastrophe ? Qui serait tenu pour responsable ? ". La réponse a été un silence gêné, signifiant :

- Mais enfin, de quoi nous parlez-vous ? Quelle catastrophe ? Toutes les précautions auront été prises, bien sûr !

Cette présence de lithium, indispensable pour constituer cette couverture tritigène rend le réacteur foncièrement dangereux.

Cette dangerosité incontournable a été soigneusement cachée au public, devant lequel on a déployé le rideau de fumée de la "réaction de base de la fusion" celle du mélange deutérium-tritium.

Comprenons-nous bien. Un "réacteur à fusion" fonctionne, non avec une unique réaction, mais deux deux.

Détaillons-les :

$^2\text{Deutérium} + ^3\text{Tritium}$ donne $^4\text{Helium}$ plus $^1\text{neutron}$, *plus de l'énergie.*

(la réaction la plus médiatisée de l'histoire du nucléaire)

Les neutrons représentent à eux seuls 80 % de l'énergie émise : 14 MeV, (Mega électrons-volts)

L'hélium représente 20 % de cette énergie. On compte sur cette énergie, transmissible dans le plasma par collisions pour entretenir la température de 100-150 millions de degrés dans le réacteur.

Les neutrons, exempts de charge électrique, traversent la "barrière magnétique" et vont frapper la "première paroi", en béryllium. Soit il la traversent dans encombre, sans interagir, soit ils interagissent et sont impliqué dans une réaction :

$^9\text{Béryllium} + \text{neutron}$ donne $2\ ^4\text{Helium}$ plus $2\ ^1\text{neutron}$

La seconde réaction, *si ne qua non* pour un réacteur à fusion, est celle qui régénère le tritium :

$^1\text{neutron} + ^6\text{Lithium}$ donne $^4\text{Helium}$ plus $^3\text{Tritium}$, *plus de l'énergie.*

On peut regrouper ces deux réactions de base :

$^2\text{Deutérium} + ^3\text{Tritium}$ donne $^4\text{Helium}$ plus $^1\text{neutron}$, *plus de l'énergie (fusion).*

$^1\text{neutron} + ^6\text{Lithium}$ donne $^4\text{Helium}$ plus $^3\text{Tritium}$, *plus de l'énergie (fission stimulée)*

en une seule :

$^2\text{Deutérium} + ^6\text{Lithium}$ donne $2\ ^4\text{Helium}$,
plus de l'énergie

Ainsi " un réacteur à fusion ", qui a un lien de parenté avec les surgénérateurs, consomme, non un mélange de Deutérium et de Tritium mais du Deutérium et du Lithium, ces deux substances étant effectivement abondantes dans l'eau de mer.

D'où cette idée "d'énergie illimitée".

Tout cela est bel et bien. Encore faut-il savoir faire fonctionner la réaction de régénération du tritium, dangereuse à l'extrême et non expérimentée. Elle sera seulement " testée sur ITER ".

Il a fallu un intense travail de désinformation, d'anesthésie médiatique, courant sur des décennies, pour que la population locale, si on excepte quelques "excités écolos" voie avec une telle passivité de projet dangereux s'installer dans la région. Maryse Joissains, maire d'Aix, a pour sa part réaffirmé son soutien indéfectible à ITER.

La couverture tritigène devrait être constituée d'un nombre N d'éléments comme celui décrit sur la figure ci-dessus. Dans l'expérience ITER on ne mettra que quelques éléments de ce type. Sans doute même un seul, les autres étant remplacés par une coque faisant office de barrière vis à vis des neutrons. Du simple plomb, probablement.

Le déploiement de cette couverture tritigène, tout autour de la chambre, ça sera pour DEMO, le jouet suivant.

De quelque côté que l'on se tourne, s'agissant du projet ITER, on tombe sur des problèmes très complexes, assortis de solutions, non-testées, qui ne le sont pas moins. Et qui dit complexité dit durée de mise au point et explosion des coûts.

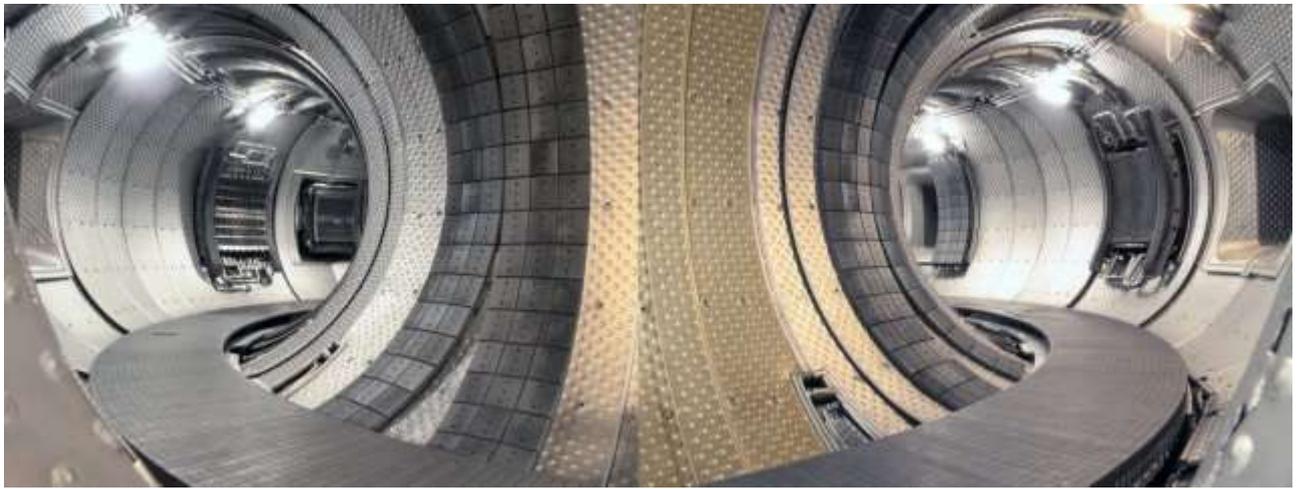
Au niveau de la complexité il y a autant de distance entre ITER et un réacteur nucléaire à fission qu'entre un turboréacteur et une bouilloire.

Aux concepteurs d'ITER on pourra poser la question :

- Le comportement de l'ensemble « première paroi », flanquée de sa couverture tritigène, associée à un système d'évacuation des calories donnera-t-il satisfaction ? Ne s'agit-il pas là d'une « expérience inédite » ?

Un autre problème lié au fonctionnement d'ITER se réfère à l'ablation de sa première paroi, sous l'effet de l'impact des ions hydrogène. Là, les idées directrices se fondent sur les résultats obtenus en France sur l'appareil Tore Supra, un tokamak français installé à Cadarache, doté d'un aimant supraconducteur développant 4 teslas. Les températures obtenues n'ont pas atteint les valeurs permettant d'obtenir la fusion. Sauf erreur (je serais preneur de précisions) celles-ci étaient de quelques millions de degrés. Mais le temps de fonctionnement a atteint une durée record de 6 minutes.

Il a ainsi été possible d'étudier le comportement de parois, très proches ou au contact avec un plasma chaud. La chambre a alors été tapissée de tuiles de carbone (CFC), assez semblables à celles de la Navette Spatiale. C'est à dire d'un mélange de carbone et de fibres de carbone. Le carbone conduit bien la chaleur, et présente une bonne tenue en température. Les chercheurs ont donc étudié la captation de calories, par conduction, à travers une paroi nommé « limiteur ». C'est cette espèce de chemin circulaire qu'on aperçoit en bas de la chambre torique.



La chambre de Tore Supra. En bas, son limiteur

Les parois de la chambre ont été testées avec des flux de chaleur de 1 Megawatt par mètres carré, ce flux montant à 10 Mega watt par mètre carré au niveau du limiteur, dont la température de surface atteint 1200-1500°. Ce limiteur est un échangeur, derrière lequel circule de l'eau à 220°, sous 40 bars, ce montage permettant de tester la possibilité de récupérer les calories dans un tokamak.

Une précision au passage, que je me suis faite confirmer récemment. On a annoncé à son de trompe "que la fusion Deutérium-Tritium, celle du "couple magique", avait été opérée sur le JET. En fait, et c'est un sans doute très peu connu, la plupart des expériences de fusion ont été opérées avec du deutérium, celle-ci demandant une température un peu supérieure, 150 millions de degrés.

Les réactions qui se produisent dans un réacteur utilisant du deutérium comme combustible de fusion

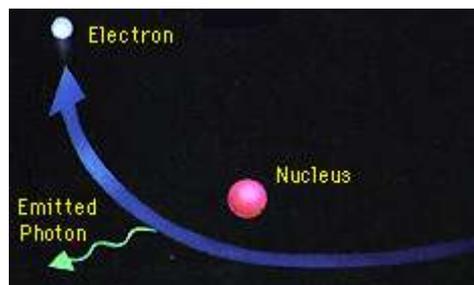
Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucl%C3%A9aire

- deutérium + deutérium → (hélium 3 + 0,82 MeV) + (neutron + 2,45 MeV)
- deutérium + deutérium → (tritium + 1,01 MeV) + (proton + 3,03 MeV)
- deutérium + tritium → (hélium 4 + 3,52 MeV) + (neutron + 14,06 MeV)
- deutérium + hélium 3 → (hélium 4 + 3,67 MeV) + (proton + 14,67 MeV)

Les Anglais ont fait quelques essais avec du deutérium-tritium, pour valider le concept. Mais, selon ma source, l'essentiel des essais auraient été menés avec du deutérium, peut être pour des questions de simple coût du produit.

Les pertes radiatives.

Le plasma perd de l'énergie par rayonnement, l'espèce rayonnante étant « le gaz d'électrons ». Il y a d'abord le rayonnement synchrotron, qui traduit la perte d'énergie de ces particules électriquement chargées, orbitant dans le champ magnétique de la machine. La seconde source de perte est le « rayonnement de freinage », ou bremsstrahlung. Quand un électron passe à proximité d'un ion, cela dévie sa trajectoire. Il se trouve ralenti et émet ce type de rayonnement, dont l'intensité croît comme le carré de la charge électrique Z de l'ion.



Rayonnement de freinage ([bremsstrahlung](#))

Le carbone était donc intéressant du fait :

- De sa bonne tenue en température (ces « tuiles » sont très semblables à celles de la navette spatiale)
- De sa bonne conductivité thermique
- Du petit nombre de charges électriques portées par les ions carbone (quatre).

Donc, dans ce mécanisme de perte par rayonnement de freinage un ion carbone (arraché à la paroi et venant polluer le plasma) donne une perte 16 fois plus importante que lors de rencontres entre un électron et un ion hydrogène, porteur d'une seule charge.

Mais le carbone subit un phénomène d'abrasion et se comporte comme une véritable pompe à hydrogène, qu'il absorbe, en donnant au passage naissance à des hydrocarbures. Si ceux-ci se mêlent à des atomes de

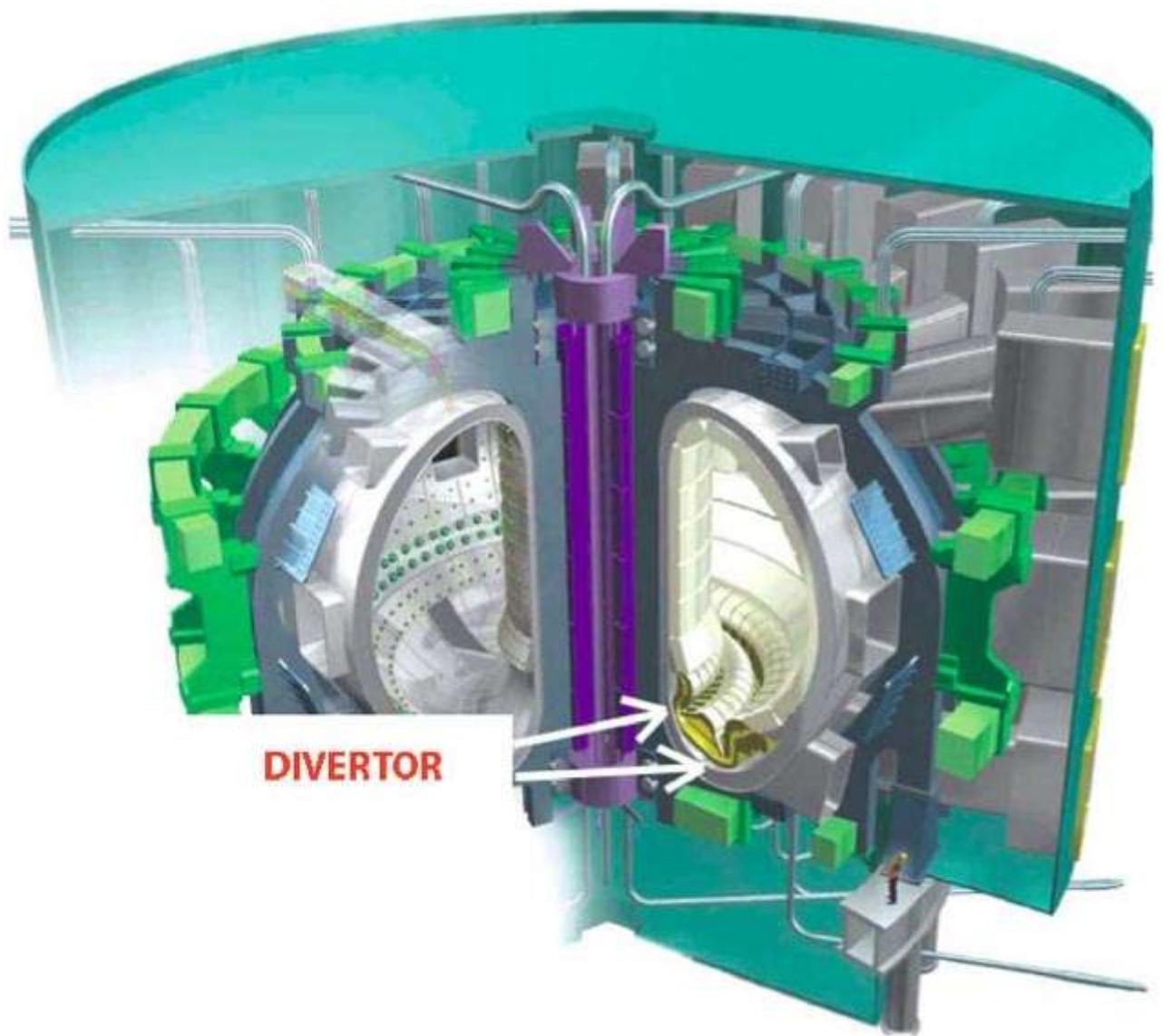
tritium cela traduit une pollution du carbone qui devient alors radioactif (la période du tritium est de 12 ans).

Donc, exit le carbone, si ce n'est (on verra plus loin) comme absorbeur de déchets.

Pour ITER, dont la paroi interne représente 1000 mètres carrés, le choix est fait. 700 mètres carrés seront tapissés de béryllium, le plus léger des métaux, dont la température de fusion est de 1280 °C. On escompte que celui-ci pourra tenir le choc thermique grâce à une circulation subpariétale emportant les calories (eau pressurisée). Vis à vis de la pollution du plasma par arrachement d'ions, celui-ci portera 6 charges électriques, donc entraînera des pertes par rayonnement 36 fois supérieures à celle qui accompagnent une rencontre électron-atome d'hydrogène.

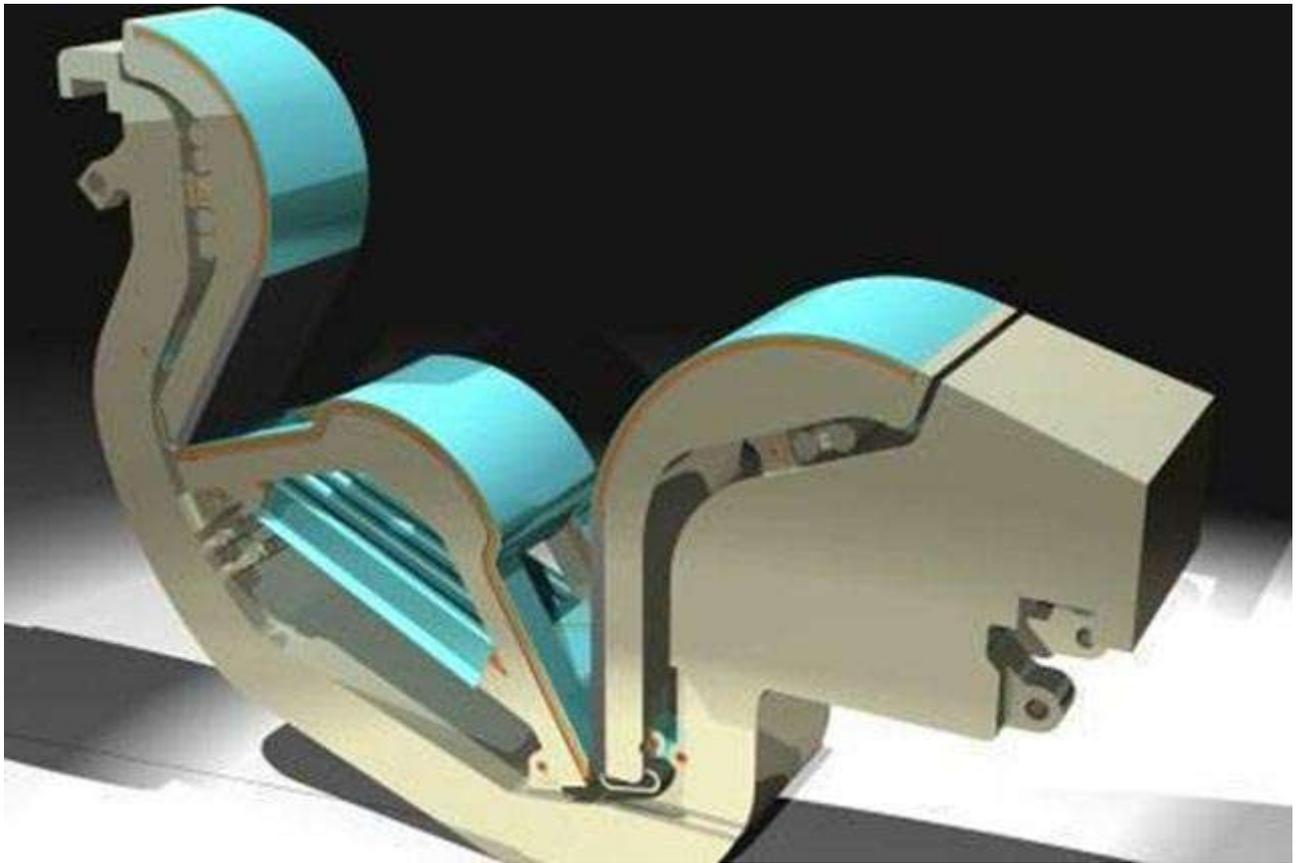
La fusion produit de toute façon de l'hélium. Un réacteur tel qu'ITER ne pourrait fonctionner avec 10 % d'hélium, qui constitue la « cendre » de la réaction. Il faut donc de toute façon l'éliminer en continu.

C'était aussi la fonction du limiteur, mais les ingénieurs ont été amenés à imaginer une autre géométrie qui a conduit à la conception d'un divertor. Celui-ci correspond aux deux rigoles qu'on voit courir à la base de la chambre torique :



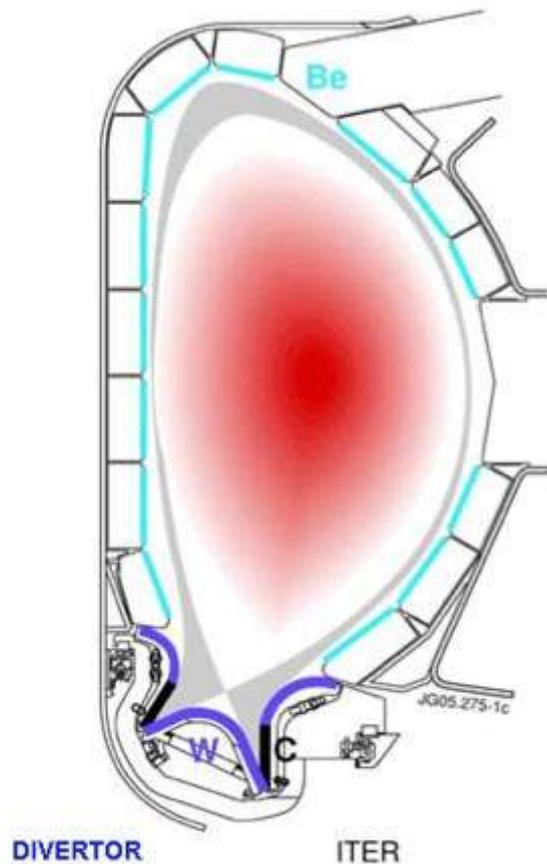
Le système de dépollution d'ITER ("divertors")

Le divertor est composé de modules, de segments qui pourront être manipulés et remplacés. Voici l'un d'eux.



Module du divertor

Les parties vertes correspondent à un placage en tungstène. Ce métal, qui constitue les filaments des lampes à incandescence, a une température de fusion de 3000°C , la plus élevée pour tous les métaux. Sa forme s'explique si on lui adjoint une géométrie magnétique particulière, qui permet de capter et d'emprisonner des ions :



En bleu clair, le béryllium. En bleu foncé, le tungstène. En noir, le carbone.

On distingue une géométrie magnétique en queue de poisson. Les rainures qui se situent au fond de ces deux rigoles sont destinées à constituer l'orifice, la lèvre permettant le pompage du plasma, puis sa réinjection dans la chambre, après élimination de la « cendre », de l'hélium, et des ions indésirables (cause de refroidissement radiatif) : carbone, béryllium et tungstène.

Le tungstène est le polluant le plus dommageable sous cet angle. En effet l'atome porte 74 électrons. Les spécialistes m'ont dit que les ions tungstène pourraient, mêlés au plasma de fusion, être porteurs de 50 à 60 charges électriques. De ce fait, la rencontre d'un électron avec un de ces ions entraîne une perte par rayonnement de freinage 3600 fois plus intense que lors d'une rencontre avec un ion hydrogène.

On parle ici de pertes radiatives par rayonnement de freinage, bremsstrahlung. Mais il en existe d'autres qui sont beaucoup plus importantes, associées à des transitions "libre-lié".

Quand les électrons rencontreront des ions Deutérium, ou Tritium, ou Hélium, ou Béryllium, les noyaux auront perdu tous leurs électrons. Ça ne sera pas le cas du tungstène, dans les conditions de fonctionnement. Quinze à vingt-cinq électrons (sur 74) resteront liés au noyau. La rencontre avec un électron libre provoquera alors une excitation de cette enveloppe électronique résiduelle, suivie immédiatement d'une désexcitation radiative, avec émission d'un photon. Nouvelle perte, très importante celle-là.

La pollution par les ions tungstène pourrait donc entraîner une baisse de régime allant jusqu'à l'extinction.

Après consultation d'un spécialiste, j'ai appris que le pompage des ions lourds serait effectué au fond des rainures séparant deux éléments du divertor, à travers des orifices centimétriques.

Le JET était initialement équipé d'un *limiteur*, semblable à celui de Tore Supra. Les Anglais ont modifié leur montage de manière à tapisser la chambre de tungstène et d'aménager un divertor à sa base. Comme le faisait remarquer Michèle Rivasi le 16 mai dernier à Aix, cela aurait été peut être judicieux s'attendre le résultat d'essais anglais, avant de se lancer dans le hold up ITER.

Même remarque concernant la paroi en béryllium.

Le système du divertor a-t-il été testé quelque part ?

Pourra-t-il garantir la pureté du plasma de fusion ?

Réponse des spécialistes :

- Seule l'expérience apportera la réponse.

Conclusion :

Quand on s'aventure dans la machine ITER on découvre une complexité qui donne le vertige. Cet engin est cent fois plus compliqué qu'un réacteur nucléaire à fission. Il charrie des dizaines de problèmes, avec des solutions dont certaines n'ont simplement pas encore été testées. L'efficacité du divertor et la capacité d'encaisse d'une paroi en béryllium restent du domaine du spéculatif. Or le succès de cette formule de dépollution en continu du plasma est une condition *si ne qua non* pour pouvoir poursuivre le développement.

Sous cet angle ITER est une passionnante expérience, une brassée de sujets de thèses et d'études sophistiquées. Mais c'est aussi

Une expérience à 15 milliards d'euros (pour le moment)

Le moindre problème additionnel entraînera une nouvelle explosion du budget. Nos parlementaires doivent en être conscients et ne pas se laisser étourdir par les grandes formules habituelles, destinées à les anesthésier, à les enfumer :

- *Le soleil en éprouvette*
- *L'énergie illimitée*

Quand j'ai posé à un chercheur impliqué dans le projet la question :

- *Quand, et à quel prix pourra-t-on espérer voir cette machine se transformer en générateur d'électricité ?*

Sa réponse a été :

- ***Il ne faudra pas être à quelques dizaines de milliards d'euros près, ni à quelques décennies près.***

Le menu est sur la table. Trop cher, trop lent, trop problématique.

Au plan des besoins en énergie, quelles sont alors les solutions ?

Le nucléaire, via la fission :

- *Dangereux*
- *Domageable pour l'environnement, la santé.*
- *Aucune solution pour la gestion des déchets.*

La fusion, via ITER :

- *Trop cher*
- *Trop problématique*
- *Trop lent*

Je serai présent [au colloque DZP](#) (dense Z-pinches) de Biarritz, entre le 6 et le 9 juin prochain.



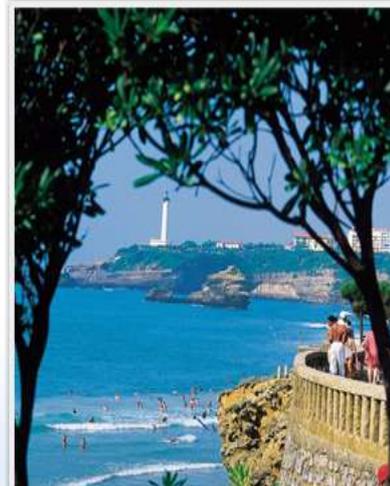
Welcome to the 8th international conference on Dense Z-pinchés in Biarritz

Conference attendees who need an official invitation in order to obtain a visa letters of invitation are asked to send an email to dzp2011@terresbasques.com and herve.calamy@cea.fr

Agenda of the conference and Technical Program are now available

Further information on the submission of abstracts, registration and accommodation can be found using the menu on the top of this home page. Web site of the conference will continuously be updated up to the conference. We are looking forward to seeing you in Biarritz next June.

Hervé CALAMY
Conference Chairman
CEA Gramat



<http://www.dzp-2011.com/>

DZP2011 is the principal conference for specialists working in the field of dense Z-pinch research and closely related topics. Previous held in Laguna Beach (1989), London (1993), Vancouver (1997), Albuquerque (2002), Oxford (2005) and Alexandria (2008) have attracted more than 100 delegates from up to 20 countries.

The topics to be covered by DZP2011 include all aspects of dense Z-pinch research, including fundamental Z-pinch physics and the broad range of applications of Z-pinchés to such areas as inertial confinement fusion, laboratory plasma astrophysics, soft x-ray lasers and fundamental high energy density physics. Related dense plasma configurations such as X-pinchés, plasma foci and high current capillary discharges are among the topics of interest.

Le lundi 6 juin 2011 à 8 h 30 mon ami Malcom Haines « fera l'ouverture » en présentant son analyse des résultats obtenus sur les Z-machines depuis 2005, et persistera dans sa conclusion « à Sandia, [plus de deux milliards](#)

[de degrés](#) ont été obtenus dès 2005 ». Son intervention, dans ce colloque international consacré aux Z-machines, est essentielle.

		Monday				Tuesday			
Morning	Oral session 1 : Z-pinch 1	8h30-9h00	IP.1	Experimental data and regimes at stagnation of a Z-pinch	Dr Haines Malcolm	8h30-9h00	IP.5	Measurements of wire array Z-pinch plasma parameters using optical Thomson scattering	Dr Lebedev Sergey
		9h00-9h20	O1.1	New exact MHD solutions describing the stagnating Z-pinch plasma	Dr Velkovich Alexander	9h00-9h20	O5.1	Experiment investigation of cylindrical tungsten wire-array Z-pinch implosion on the 1 MA "Yang" Accelerator	Mr Xianbin Huang
		9h20-9h40	O1.2	Radiative properties of a cylindrically imploding tungsten plasma in wire array z-pinch	Dr Basko Mikhail	9h20-9h40	O5.2	Ablation and Implosion Dynamics Of Coiled Wire Arrays	Dr Hall Gareth
		9h40-10h00	O1.3	3-Dimensional modeling of large diameter wire array high intensity K-shell radiation sources imploded on the Z generator*	Chris Jennings	9h40-10h00	O5.3	A time-resolved spectroscopic diagnostic for imploding wire array	Dr kalinin Yury
	10h00-10h30 : Coffee Break				10h00-10h30 : Coffee Break				
	Oral session 2 : MLJF 1	10h30-11h00	IP.2	High-Gain Magnetized Liner Inertial Fusion	Dr Stutz Stephen	10h30-11h00	IP.6	Two-Dimensional Radiation MHD Model Assessment of Designs for Initial Argon Gas Distributions to be Imploded on the Z Machine*	Dr Thornhill Joseph
		11h00-11h20	O2.1	The Gross Stability of a Liner-On-Plasma System Near the Stagnation Point	Dr Ryutov Dmitri	11h00-11h20	O6.1	Results of Heterodyne Interferometric System for Real Time Trigger of a Gas-Puff Z-Pinch*	Mr David Phipps David
		11h20-11h40	O2.2	Anisotropy and feedthrough in Magneto-Rayleigh-Taylor instabilities	Dr Lau Y. Y.	11h20-11h40	O6.2	Results of Small Single Shell Gas-puff Z-pinch on YANG Accelerator	Mr Xiaodong Ren
		11h40-12h00	O2.3	Magneto-Rayleigh-Taylor Experiments on a MA-Linear Transformer Driver*	Dr Gilgenbach Ronald	11h40-12h00	O6.3	Investigation of liners based on multichannel vacuum arcs	Dr Russkikh Alexander
	12h00-13h30 Lunch				12h00-13h30 Lunch				
Oral session 3 : Z-pinch 2	13h30-14h00	IP.3	Study of Wire-Array Z-Pinches with UV Laser Diagnostics and Absorption Spectroscopy	Dr Ivanov Vladimir	13h30-14h00	IP.7	Measurements of magneto-Rayleigh-Taylor instability growth during the implosion of initially solid metal liners*	Dr Searns Daniel	
	14h00-14h20	O3.1	End-On Laser Probing of the Ablation Phase of Wire Array Z-Pinch Implosions on the Z generator*	Mr George Swadlow George	14h00-14h20	O7.1	3D modelling of the magneto Rayleigh-Taylor instability in imploding liner Z-pinch	Dr Chittenden Jeremy	
Oral session 5 : Z-pinch 4	8h30-9h00	IP.5	Measurements of wire array Z-pinch plasma parameters using optical Thomson scattering	Dr Lebedev Sergey	8h30-9h00	IP.5	Measurements of wire array Z-pinch plasma parameters using optical Thomson scattering	Dr Lebedev Sergey	
	9h00-9h20	O5.1	Experiment investigation of cylindrical tungsten wire-array Z-pinch implosion on the 1 MA "Yang" Accelerator	Mr Xianbin Huang	9h00-9h20	O5.1	Experiment investigation of cylindrical tungsten wire-array Z-pinch implosion on the 1 MA "Yang" Accelerator	Mr Xianbin Huang	
Oral session 6 : Gas Puff	11h00-11h20	O6.1	Results of Heterodyne Interferometric System for Real Time Trigger of a Gas-Puff Z-Pinch*	Mr David Phipps David	11h00-11h20	O6.1	Results of Heterodyne Interferometric System for Real Time Trigger of a Gas-Puff Z-Pinch*	Mr David Phipps David	
	11h20-11h40	O6.2	Results of Small Single Shell Gas-puff Z-pinch on YANG Accelerator	Mr Xiaodong Ren	11h20-11h40	O6.2	Results of Small Single Shell Gas-puff Z-pinch on YANG Accelerator	Mr Xiaodong Ren	
Oral session 7 : MLJF 2	13h30-14h00	IP.7	Measurements of magneto-Rayleigh-Taylor instability growth during the implosion of initially solid metal liners*	Dr Searns Daniel	13h30-14h00	IP.7	Measurements of magneto-Rayleigh-Taylor instability growth during the implosion of initially solid metal liners*	Dr Searns Daniel	
	14h00-14h20	O7.1	3D modelling of the magneto Rayleigh-Taylor instability in imploding liner Z-pinch	Dr Chittenden Jeremy	14h00-14h20	O7.1	3D modelling of the magneto Rayleigh-Taylor instability in imploding liner Z-pinch	Dr Chittenden Jeremy	

Extrait du programme du colloque de Biarritz, sur les Z-machines (6-9 juin 2011)

(un journaliste français viendra-t-il couvrir lui-même la manifestation, ou se contentera-t-il des dires du CEA et autres lieux ?)

L'explication du phénomène tient dans ces mots : « résistivité turbulente ».

Je viendrai appuyer l'exposé de Malcom.



**Malcom Haines,
pionnier de la physique des plasmas et de la MHD**

Dans les années précédentes j'ai pu entendre les Américains dirent que de telles températures n'avaient jamais été obtenues, que les conclusions qu'il avait publiées en 2006 dans la revue prestigieuse *Physical Review Letters*, en 2006, sous la forme d'un article intitulé "[Over two billions degrees](#)", étaient erronées. Mais jamais ses contradicteurs, en cinq années, n'ont publié une ligne pour appuyer leurs dires, ou fourni d'explications qui tiennent la route.

Je pense que les Américains *désinforment*, et visent la conceptions de *bombes à fusion pure* (où la fusion est initiée par compression MHD et non par une bombe A, l'énergie primaire étant délivrée par un explosif conventionnel, selon la bonne vieille méthode russe). Des bombes miniaturisables et "vertes" (fusion Bore Hydrogène)

J'ai dit que Haines serait présent, mais nous n'en avons pas la certitude. Il a en effet en ce moment des soucis de santé qui pourraient l'empêcher de se rendre au colloque.

Si Haines n'est pas présent, personne ne pourra contrer, comme lui seul pourrait le faire, avec tout le poids de sa crédibilité scientifique les mensonges éhontés, odieux, des Américains.

Sera également présent [Eric Lerner](#), qui travaille sur une manip [Focus](#) et milite fortement en faveur d'une filière de fusion non polluante Bore Hydrogène, très faiblement neutronigène, réaction qui démarre à un milliard de degrés.



Eric Lerner, champion de la fusion aneutronique

Comme je l'ai déjà dit dans mon site depuis 5 ans, je pense qu'un jour émergeront des générateurs d'électricité fondés sur cette fusion non neutronigène (que j'avais déjà évoquée dans ma bande dessinée *Energétiquement vôtre*, gratuitement téléchargeable sur le site de *Savoir sans Frontières*), fonctionnant comme des « deux-temps », avec une excursion de température en fin de compression MHD.

http://www.savoir-sans-frontieres.com/JPP/telechargeables/Francais/energetiquement_votre.htm

Comme les moteurs « à explosion ». Il y a un bon siècle que ceux-ci ont remplacé les machines à vapeur.

ITER n'est rien d'autre que ... la machine à vapeur du III^e millénaire, hyper-compliquée.

Si le nucléaire doit un jour retrouver un nouveau souffle, cela se fera avec des générateur à fusion impulsioneille.

On verra alors apparaître une fusion *sans déchets d'aucune sorte, ni sous forme de produits de fusion, ni sous forme de structures rendues radioactives par bombardement de neutrons.*

Persister dans la fission, en accumulant les déchets hautement radiotoxiques (100.000 tonnes rien qu'en France), en stockant des déchets ayant une durée de vie se chiffrant en centaines de milliers d'années est une absurdité, vis à vis du progrès scientifique à venir.

C'est nier le pouvoir de progrès des sciences.

La percée de Sandia montre qu'une voie est possible. Mais, comme d'habitude, ça sera :

- Les bombes d'abord, l'énergie ensuite

Rien ne dit que l'exploration de cette filière de la fusion pure Bore Hydrogène pourrait donner naissance à des générateurs d'électricité rapidement.

Mais ces machines coûtent 500 fois moins cher qu'ITER.

Reprenons l'examen des solutions :

La fission : dangereuse, hyper polluante, dommageable pour la santé

La filière de la fusion via ITER : problématique, incertaine, trop chère

La filière de la fusion aneutronique : horizon non défini mais faible coût.
Donc démarrer des recherches au niveau fondamental.

Le gaz de schiste : pollution des nappes phréatiques

Revenir au gaz, au pétrole : poids sur les importations, ressources limitées, pollution (y compris par des marées noires), émission de gaz à effet de serre.

Restent les énergie renouvelables, immenses, variées, avec un bas niveau technologique requis.

Si tous les pays du monde acceptaient d'investir *massivement* dans ces formules (bien au delà de simples installations domestiques), en consacrant à ces effort l'argent mis dans le nucléaire et dans le développement d'armes, tous les problèmes se trouveraient rapidement résolus !

Mais une telle démarche soulève beaucoup d'oppositions acharnées, pour différentes raisons.

- Les efforts, les investissement pharaoniques consentis dans le nucléaire deviendraient obsolètes. Empressons-nous d'ajouter que si de tels investissement ont été consentis, et continuent de l'être, c'est avant tout dans l'optique d'applications militaires (fonctionnera axé sur la génération de plutonium).

- Le bas niveau technologique requis par le développement d'énergies renouvelables (dans les déserts, les régions géothermiquement actives, les océans, etc) placerait au même niveau les pays technologiquement en

pointe et ceux considérés jusqu'ici comme incapables de rattraper le train de la technologie moderne.

- Cette démarche représente une politique « anti Nouvel Ordre Mondial, anti-mondialisation et même anti-capitaliste ».

L'opinion du Président Nicolas Sarkoky, lors de la visite à Tokyo, le 31 mars 2011



[Deux minutes de vidéo](#)

- La France a choisi le nucléaire

Quelle France ? Celle de ses représentants élus, manipulés par nos nucléocrates, par les polytechniciens du corps des mines, par les militaires ? Par les barons de l'atome ?

Les Français " n'ont pas choisi le nucléaire ".

L'opinion du prix Nobel Japonais Masatoshi Koshiha à propos d'ITER

Un résumé de l'argumentation présentée dans cette page.

ITER est un projet qui a été ultra-médiatisé depuis longtemps. Médiatisé et schématisé à l'extrême, en tentant de résumer ce projet à des images accrocheuses comme "le soleil en éprouvette", "de l'énergie illimitée", etc. Mais la science ne se joue pas à coup d'images fantasmagoriques et de clips vidéos, assortis de belles images de synthèse.

L'idée d'extraire de l'énergie par la fusion de deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium est fondée sur *deux réactions*, et non sur une seule. Le deutérium abonde dans la nature. Il n'est pas radioactif. Le tritium n'existe pas en quantités appréciables à l'état naturel. Doté d'une durée de vie de 12,3 années, il est radioactif et donc biotoxique.

Pour démarrer, un réacteur à fusion devrait être chargé d'un mélange D-T à 50/50. Puis différents moyens de chauffage porteraient ce mélange à une température dépassant cent millions de degrés, pour que les réactions de fusion, donnant un noyau d'hélium et un neutron de forte énergie, puissent démarrer. Un système de confinement magnétique, maintes fois décrit, est là pour palier éviter l'évasion de ce plasma.

En 1991 cette fusion D-T a pu être obtenue dans le tokamak anglais JET, à Culham, Angleterre, pendant une courte seconde. Durant ce temps de fonctionnement, la fusion a produit une énergie brute équivalant à 70 % de l'énergie qui avait été injectée. On appelle ceci le coefficient Q.

Grosso modo, l'énergie dégagée croît comme le volume du plasma, alors que les pertes évoluent comme sa surface. Très schématiquement on peut donc dire que si on prend une machine deux fois plus grande (ce qui correspond au rapport d'ITER vis à vis du JET) ce rapport Q sera doublé. Il paraît très probable que ce but sera atteint, qu'un coefficient $Q > 1$ sera obtenu, mais ceci laisse un vaste arrière plan de problèmes non résolus.

Par ailleurs, ce qui est visé dans ITER est un temps de fonctionnement plus long (400 à 1000 secondes) qui ne peut être assuré qu'en créant le champ magnétique à l'aide d'un système supraconducteur, baignant dans de l'hélium liquide, refroidi à moins 270°C. Dans cette optique le projet s'est appuyé sur les travaux réalisés par les Français, à Caradache, sur un tokamak équipé d'un aimant supraconducteur, développant 4 teslas, d'une taille plus modeste, mais qui a pu permettre de créer ce champ magnétique pendant 6 minutes, la température à laquelle le plasma était portée restant inférieure à la température de démarrage des réactions de fusion.

Les travaux réalisés sur Tore Supra, ainsi que sur d'autres machines ont donné quelques indications sur les interactions plasma-paroi, sans conduire à une formule valable. On a recouvert la surface interne du tore par des tuiles de carbone. Mais celles-ci se sont comportées comme des "pompes à hydrogène", absorbant en particulier le tritium, radioactif. Ce choix n'a donc pas été retenu.

Le projet ITER est donc censé démarrer sans qu'on ait testé le comportement de la "première paroi", au contact du plasma de fusion. Dans cette chambre de 1000 mètres carrés, 700 doivent être recouverts d'un métal léger, le béryllium. Celui-ci est notoirement toxique (maladie professionnelle : la béryllose) et cancérigène. Il fond à 1280°C, bout à 2400. Les 300 mètres carrés restant devraient être tapissés de tungstène, plus résistant en température (3000°C), mais présentant d'autres inconvénients

Le problème le plus important a été occulté. Un générateur à fusion ne saurait fonctionner avec un apport extérieur de tritium. Il n'y aura pas "d'usine à tritium" à la clé, extérieure au réacteur. Ce tritium devra être synthétisé dans une couverture de lithium, immédiatement au contact de la première paroi. Cette synthèse donne du tritium et de l'hélium, en absorbant au passage les neutrons émis par la fusion, qui franchissent sans encombre la barrière magnétique. La substance tritigène est (uniquement) le lithium, un métal à bas point de fusion : 180°C, ébullition à 1300°C). La réaction est donc :

neutron plus lithium donne **hélium plus tritium** plus énergie (la réaction est exothermique)

Ce qui fait que le fonctionnement global d'un réacteur à fusion, est

Deutérium plus lithium donne deux **hélium** plus **de l'énergie**.

On voit que ceci est censé assurer au passage une indispensable protection du fragile aimant supraconducteur, qui se situe immédiatement après cette couverture tritigène (dont feu le prix Nobel de Gennes signalait la fragilité, tandis que Masatoshi Koshiba, autre prix Nobel, Japonais, s'inquiétait de l'impact de neutrons dotés d'une forte énergie : 14 Mev (contre seulement 2 Mev pour les neutrons émis lors de la fission).

Le lithium peut se trouver à l'état liquide, mélangé à du plomb. Le refroidissement serait alors assuré par de l'eau pressurisée. Dans la seconde formule le lithium serait intégré dans une céramique, auquel cas le réfrigérant, et fluide caloporteur serait de l'hélium.

Il n'est pas prévu, dans la manip ITER, de tester l'ensemble. C'est à dire que la machine sera *incomplète*. Seuls de timides essais de comportement d'éléments tritigènes seront envisagés, alors qu'avant de

lancer ce projet, ces essais auraient du en toute logique être effectués sur le JET. En fait, dans *l'expérience* ITER, le fragile aimant supraconducteur sera simplement protégé du bombardement neutronique par une couche protectrice, par exemple en plomb, qui fera au passage office de puits de chaleur.

Ca n'est que dans DEMO, la machine suivante, que la production d'énergie par fusion serait associée à une régénération du tritium par l'indispensable couverture tritigène. Il ne semble pas raisonnable d'engager un projet aussi coûteux et lourd sans que ces éléments tritigènes aient fait l'objet de tests préalables, positifs. ITER comporte trop d'aléas, trop de problèmes non résolus. Au passage, le lithium est extrêmement réactif, brûle dans l'air et explose au contact de l'eau. Il se compose avec de nombreux corps, l'oxygène, l'eau et même .. l'azote, et ses composés sont toxiques.

La liste des problèmes non résolus, pour ce projet ITER, est longue. Personne ne peut préjuger du comportement de la première paroi en béryllium. En dépit de décennies de travaux, les plasmas de fusion restent foncièrement instables. L'image qu'on en donne, vis à vis de leur confinement magnétique, est de les comparer à une chambre à air mal gonflée qu'on tenterait d'emprisonner avec des bandes elles-mêmes élastiques. Au hasard de ces manifestations d'instabilités, ce plasma entre en contact avec la paroi et l'abrase.

Un réacteur à fusion est une chaudière, qui produit "de la cendre", en l'occurrence de l'hélium, qu'il faudra extraire en continu. Pas plus de 10 % d'hélium, sinon extinction. Le réacteur à fusion comprend donc un système d'extraction et de réinjection appelé *divertor*, situé à la base de la chambre, comportant deux rainures, bien visibles. Là, le plasma sera en contact avec la paroi et le tungstène devra être utilisé. Il y aura inmanquablement arrachement d'atomes, à la fois de béryllium et de tungstène, qui viendront *polluer* le plasma. Le divertor, outre qu'il est là pour extraire la "cendre-hélium" et réinjecter du combustible frais, du mélange D-T, devra dépolluer le plasma en continu. La pollution par le tungstène est très problématique, car ces atomes sont alors la source d'un refroidissement radiatif intense, pouvant entraîner l'arrêt des réactions de fusion.

Tout ceci n'a pas été testé, et cela fait beaucoup d'expériences inédites à la fois, pour une machine à 15 milliards d'euros.

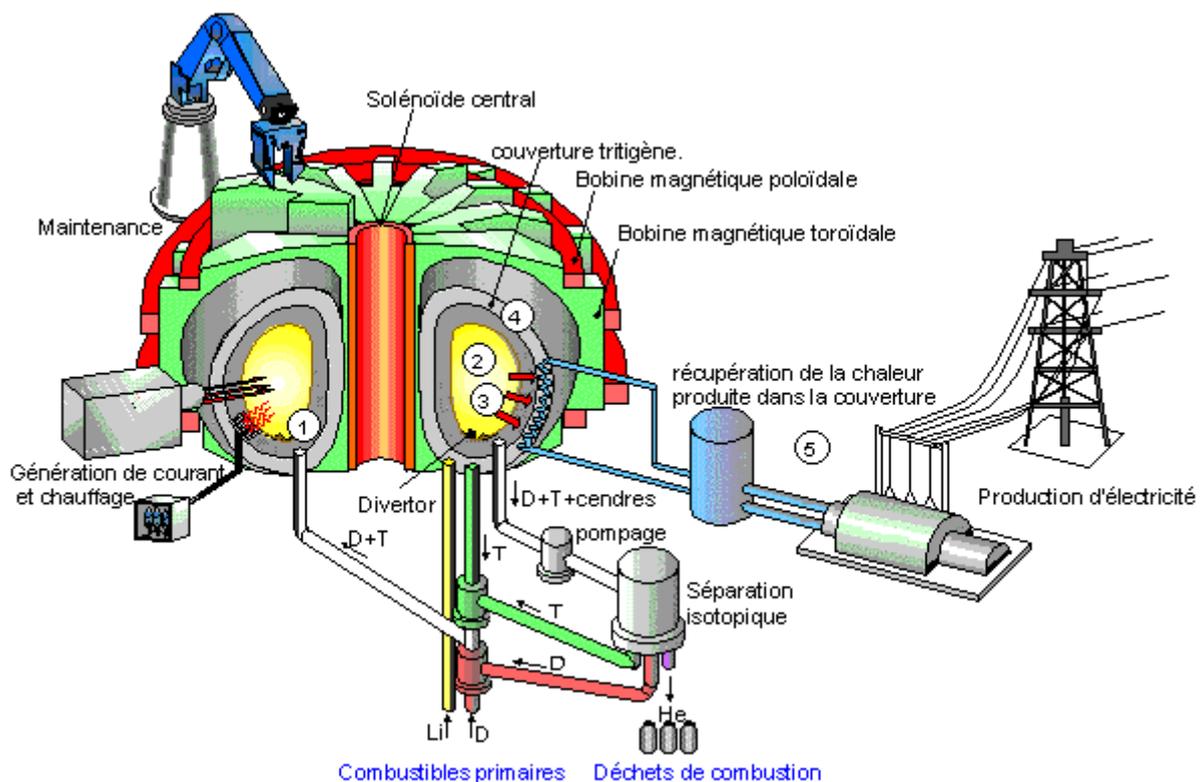
Au niveau de DEMO, la machine, deviendra en outre foncièrement dangereuse, du fait de la présence du lithium et du plomb. L'extraction des calories, déjà testée sur Tore-Supra, passe par des canalisations à eau pressurisée. Une cohabitation problématique et dangereuse.

On a coutume de dire qu'un générateur à fusion ne présente pas le risque des générateurs à fission, étant donné qu'au moindre dysfonctionnement, les réactions de fusions cessent immédiatement.

Certes. Mais le danger réside dans les "périphériques". Si le lithium est mis en contact avec l'air, il brûle. S'il est au contact d'eau, il explose, ceci entraînant aussitôt la dislocation de la première paroi en béryllium, toxique, cancérigène. Si la formule du mélange lithium-plomb est retenue il y aura émission de plomb, également biotoxique. Emission du tritium, radioactif, contenu dans la chambre et de celui produit dans une couverture tritigène disloquée. Tout dysfonctionnement du réacteur complet deviendrait immédiatement ingérable. Si le lithium brûle, on ne sait pas l'éteindre. L'hélium liquide voisin serait alors vaporisé. L'énorme énergie contenue dans l'aimant sera alors dégagée par effet Joule, via des forces considérables.

On a délibérément laissé le public et les décideurs dans l'ignorance de ces aspects que les concepteurs du projet ne sauraient nier, ressortant l'éternel argument "il n'y a pas de risque zéro".

Conclusion : Il s'agit d'un projet ruineux, problématique et à terme extrêmement dangereux au plan de la simple santé publique.



Le schéma officiel du générateur à fusion, complet

- (1) : Injection du mélange deutérium-tritium, par le divertor
- (2) Le plasma, en jaune
- (3) Le flux de neutrons à 14 MeV frappant la couverture

génératrice de tritium (4), qui sert aussi de système de captation de la chaleur, laquelle est dirigée vers un ensemble échangeur-turbine-alternateur (5)

[Le pdf de ce document](#)

[Schéma d'une pétition, à l'usage d'associations et de groupements de citoyens \(pdf\)](#)

[Nouveautés](#)

[Guide \(Index\)](#)

[Page d'Accueil](#)