

## [Texte]

the conditions necessary to make this happen: it has to be a very high temperature for this to happen—the two atoms fuse together and you get the reaction product of helium going off in one direction and a neutron in the other; and this little diagram at the bottom is again just to indicate that the products of the reaction over here weigh slightly less than the atoms put into the reaction. So again, using the Einstein equation, a difference in mass gives us the energy from the process.

Now, the deuterium-tritium reaction is the simplest reaction that we know of at the moment and is the one that is most likely to occur first. Controlled nuclear fusion has not yet happened: unfortunately, uncontrolled nuclear fusion has.

In a moment, I will try and give you a time scale of when we expect controlled fusion to occur; but I should point out that, of the two members of the reaction, the deuterium and the tritium atoms, the deuterium is present in all water in the form of its oxide, which is called heavy water, to approximately one part in 7,000. So there is virtually a limitless supply of deuterium available naturally in the oceans and any form of water.

Tritium does not occur in nature: it has to be produced by suitable reaction; and in this case of fusion, it would be created from lithium. By bombarding lithium with a neutron, you can produce tritium, and this can be done within the fusion reactor.

There are a number of other possible advanced fuel cycles but some of them probably will not be practical until well into the next century. Some of these advanced fuel cycles hold out the possibility for fusion reactors without any radioactivity at all; but the DT reaction, which is the one that the world is concentrating on now, does have radioactive products.

• 1710

Now, as to the conditions necessary to achieve fusion, one has to achieve, one has to satisfy the relationship that is called the Lawson criterion after the name of the gentleman who first propounded it and that is shown in this bottom line here. It is essentially saying that the product of the density of the deuterium and tritium multiplied by the confinement time, that is the time that it is kept together, has got to equal a magic number which is about  $5 \times 10^{13}$ . To achieve practical controlled fusion, we have to achieve a certain density—and that was first achieved in 1953—we have to achieve a certain temperature which is in the order of 50 million degrees centigrade—and that was first accomplished in 1962 and again, very dramatically last year—and the confinement time has to satisfy this relationship.

Now the goal of all the world's research programs on controlled fusion at the moment is to achieve these three things simultaneously.

**Mr. Gurbin:** What is it the density of? The density of what?

**Dr. Redhead:** It is the density of the deuterium and tritium in the reaction.

**Mr. Gurbin:** Thank you.

## [Traduction]

nécessaires à cette opération—comme une température très élevée, les deux atomes fusionnent et la réaction produit l'envolée de l'hélium et d'un neutron dans des directions différentes. Le petit graphique que vous voyez au bas de la page vous indique que les produits de la réaction de ce côté-ci pèsent un peu moins que les atomes de la réaction. Pour reprendre l'équation d'Einstein, la différence de masse nous donne l'énergie découlant de l'opération.

La réaction deuterium-tritium est la plus simple que nous connaissions actuellement et celle qui est susceptible de survenir en premier. Malheureusement, on n'a pas encore été en mesure de contrôler la fusion nucléaire.

Dans un instant, je vous dirai dans combien d'années environ nous pensons pouvoir contrôler la fusion. Je vous signale que des deux membres de la réaction, c'est-à-dire des atomes de deuterium et de tritium, le deuterium se retrouve dans toutes les eaux sous forme d'oxyde, que l'on appelle eau lourde, dans une proportion approximative d'une partie sur 7,000. Il y a donc quasiment une réserve illimitée de deuterium sous forme naturelle dans les océans et dans tous les cours d'eau.

Le tritium n'existe pas à l'état naturel et doit être produit par réaction. Dans le cas de la fusion, on peut le créer à partir de lithium qui serait bombardé avec un neutron et cela peut se faire dans le réacteur à fusion.

Il existe plusieurs autres cycles avancés et possibles de combustion mais dont certains ne pourront être mis sur pied avant la fin du siècle. Certains d'entre eux permettraient d'utiliser les réacteurs à fusion sans dégagement de radioactivité. Par contre, la réaction deuterium-tritium qui retient l'attention des savants à travers le monde actuellement produit un dégagement de radioactivité.

Pour réunir les conditions nécessaires à la fusion, il faut se conformer à la relation appelée critère Lawson, du nom de son inventeur et que vous retrouvez en-bas de la page. Cela revient à dire que le produit de la densité du deutérium et du tritium multiplié par le temps de confinement, c'est-à-dire le temps qu'ils sont maintenus ensemble, doit correspondre à un chiffre magique qui est d'environ  $5 \times 10^{13}$ . Pour arriver, en pratique, à contrôler la fusion, il faut obtenir une certaine densité—on y est arrivé pour la première fois en 1953—et une certaine température qui est de l'ordre de 50 millions de degrés Celsius—les premières expériences réussies remontent à 1962, on se rappelle aussi les incidents dramatiques de l'année dernière. Le temps de confinement doit correspondre à ce rapport.

Tous les programmes de recherches en matière de fusion contrôlée entrepris à travers le monde actuellement visent à réaliser simultanément ces 3 opérations.

**M. Gurbin:** De quelle densité parlez-vous? De quoi exactement?

**M. Redhead:** De la densité du deutérium et du tritium dans la réaction.

**M. Gurbin:** Merci.