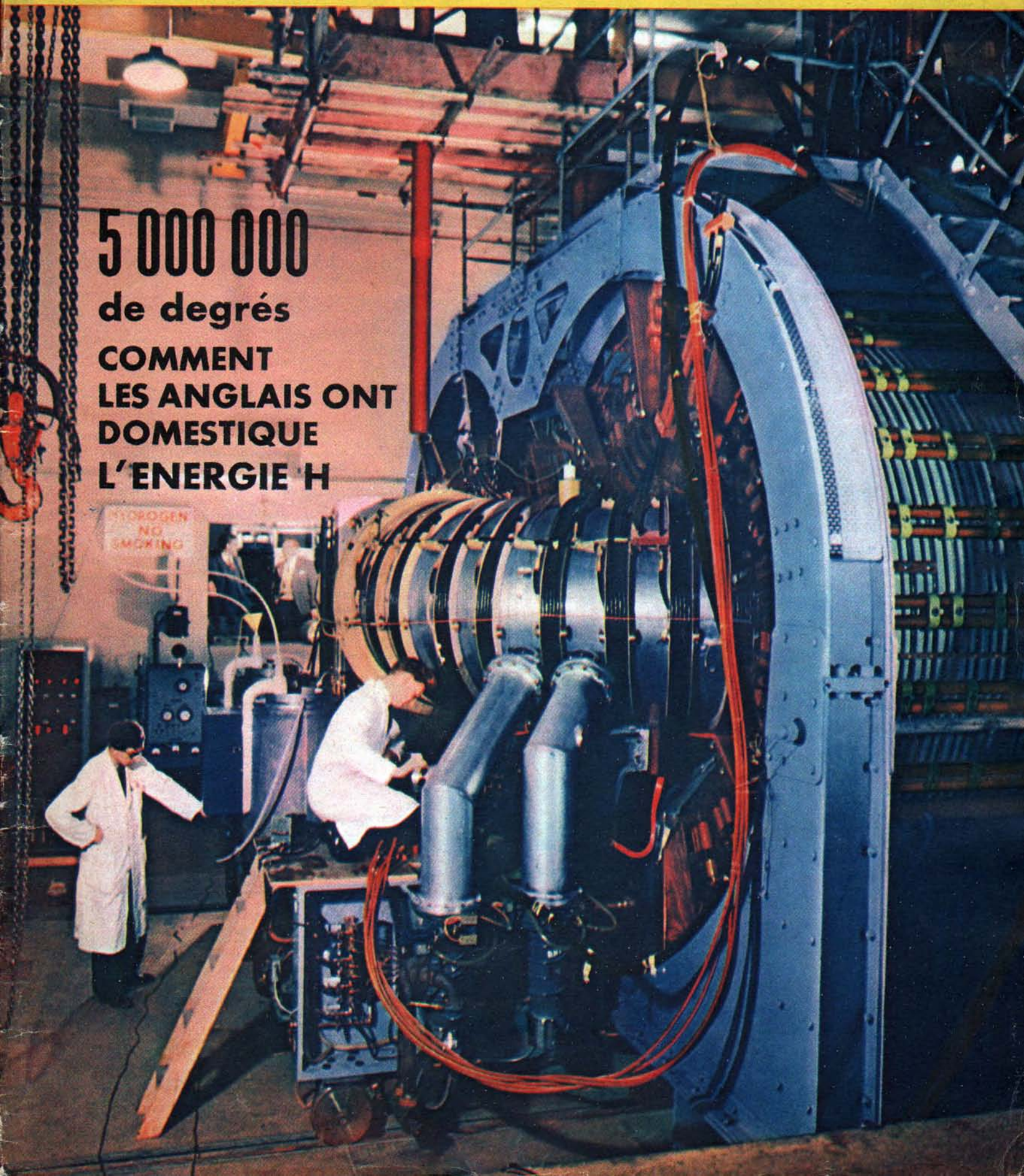
N° 133 • MARS 1958 • REVUE MENSUELLE

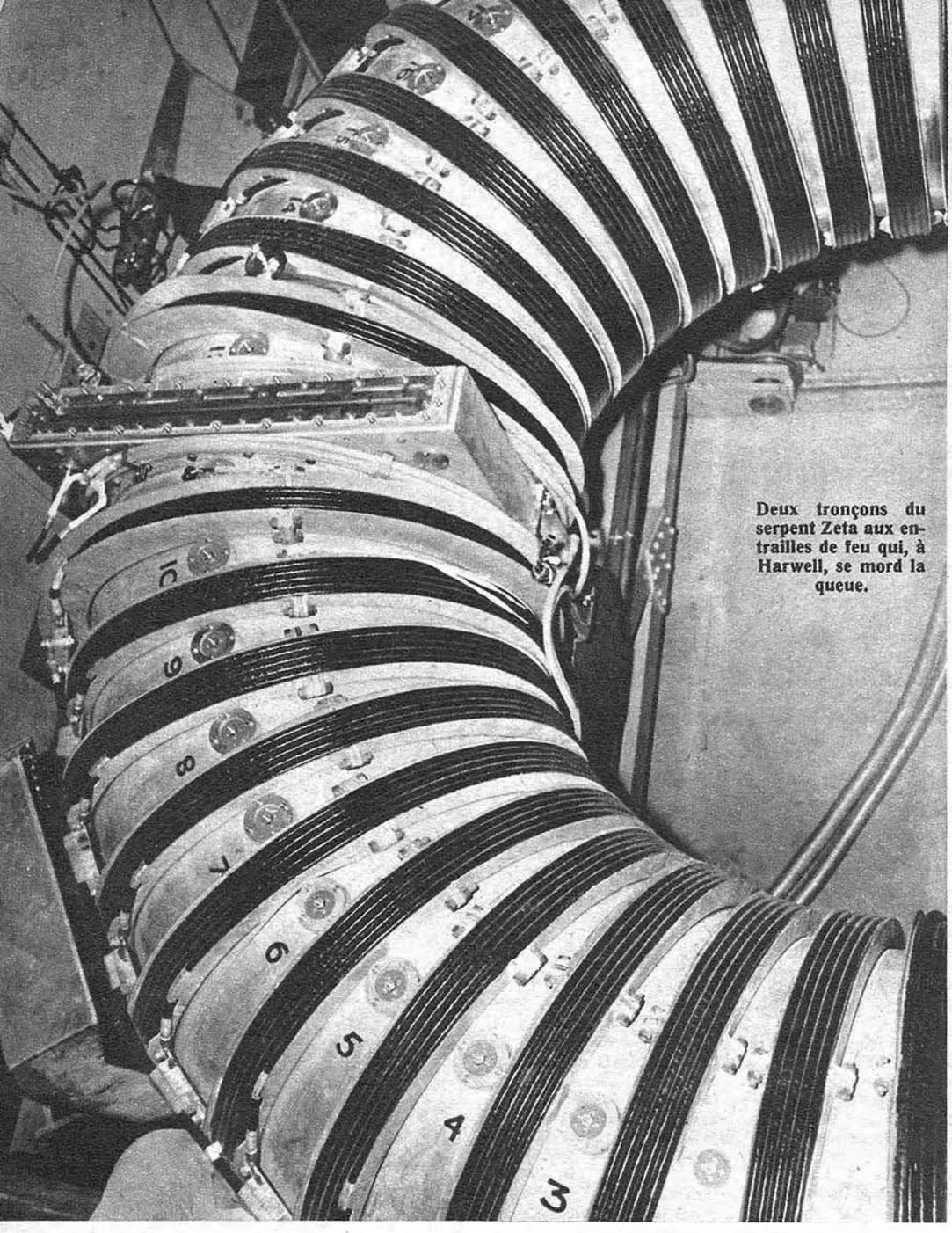
SCIENCES et Avenir

PRIX: FRANCE: 120 FR. • BELGIQUE: 20 FR. BEL.

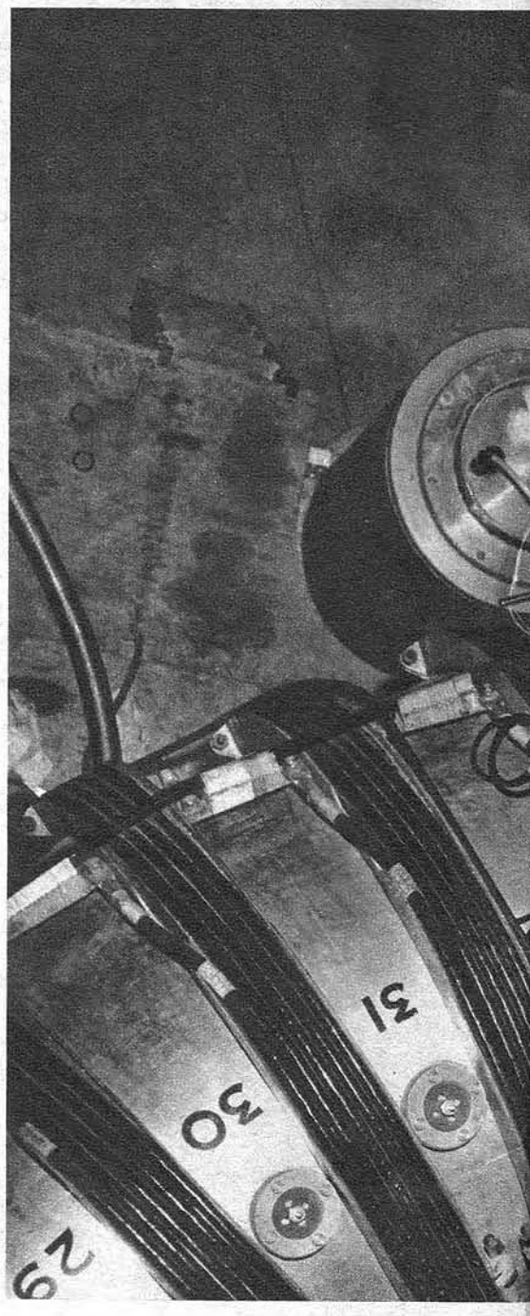


5 000 000 de degrés

COMMENT LES ANGLAIS ONT DOMESTIQUE L'ENERGIE H



Deux tronçons du serpent Zeta aux entrailles de feu qui, à Harwell, se mord la queue.



Oui, cinq millions de degrés dans

Mais combien en faudra-t-il pour maîtriser

A l'avance, nous avons parlé ici de cette marche vers la maîtrise de l'énergie H qui vient de retenir longuement l'attention de la grande presse, lorsque les Anglo-Saxons ont révélé leurs progrès dans cette direction.

Vers quelle révolution tendent les travaux actuels sur les décharges dans du deutérium qui sont menés fiévreusement dans plusieurs laboratoires du monde : obtenir des torrents d'énergie à partir d'hydrogène lourd, lequel est à notre discrétion dans les océans.

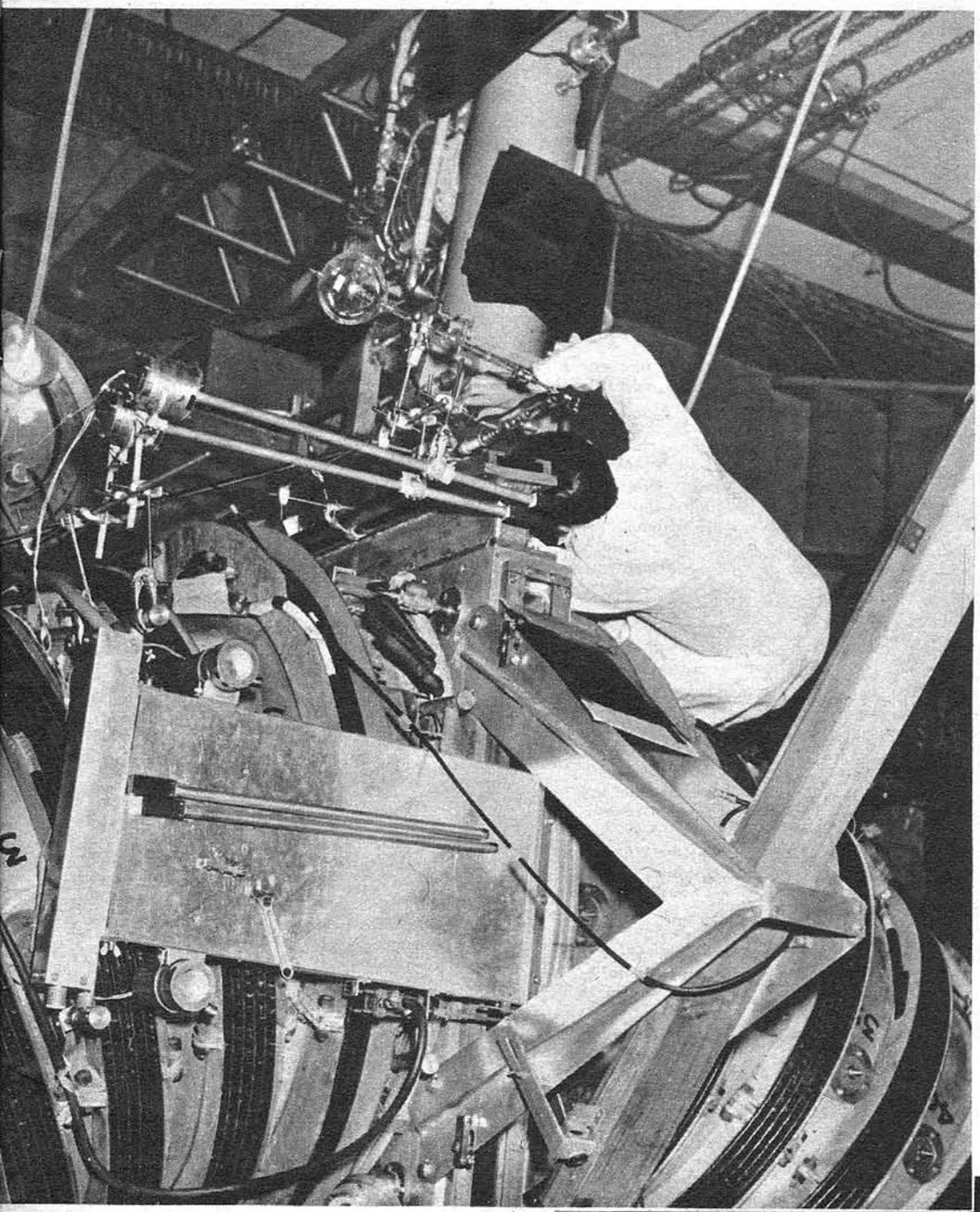
L'humanité sait brûler, avec le charbon et le pétrole, de l'énergie « fossile », des réserves accumulées par le soleil au cours des âges géologiques, un trésor qui s'épuisera bien plus tôt qu'on ne le voudrait. Certes, avec l'uranium et le thorium, nous quittons le domaine de l'énergie jadis fossilisée ; mais, il s'agit encore d'une réserve qui n'est pas inépuisable. (« Un ballon d'oxygène de quelques siècles » a-t-on dit à la Conférence Atomique de Genève).

A part le record de température de 5 millions de degrés, les résultats publiés à la fin de janvier par l'Angleterre et l'Amérique n'ont rien révélé aux physiciens — ni même à nos lecteurs qui avaient lu avec soin nos articles. Ils ont eu cependant une grande importance pour l'opinion publique : celle-ci a pris conscience de l'importance de ces travaux et des fantastiques perspectives ouvertes par eux. De plus, ils ont confirmé que les phénomènes dont on cherche à se rendre maître sont vraiment de très grande importance : les atomistes ne se lanceraient pas dans cette voie en Angleterre, en Russie, aux États-Unis, en France, en Allemagne s'ils ne pensaient pas qu'elle peut être féconde.

Il ne s'agit plus d'une affaire secondaire, d'une expérimentation d'avant-garde à laquelle se livrent quelques physiciens, mais d'une affaire considérable à laquelle s'est attelé le monde scientifique avec les moyens considérables dont il dispose aujourd'hui dans certains pays.

DES réactions d'atomes légers telles que celles qui sont aujourd'hui à l'ordre du jour ont été obtenues, dès 1932, par ce même Cockcroft que l'on retrouve à la tête des équipes d'Harwell. En collaboration avec le physicien Walton, il accélérait des noyaux d'hydrogène qu'il envoyait sur une cible de lithium et obtenait de l'hélium. Pour communiquer à ses projectiles une vitesse suffisante pour que dans la violence des chocs les barrières de potentiel entourant les noyaux puissent être franchies, Cockcroft avait imaginé le premier des accélérateurs de particules. Cet accélérateur fonctionnait sous une tension de quelques centaines de milliers de volts.

Mais cette méthode ne pouvait donner que de très rares coups au but. Pour en avoir une idée, pensons que le noyau atomique n'est, dans l'univers d'un atome, qu'une orange au centre d'un cercle de plusieurs kilomètres de diamètre.



Cet autre moyen, c'est une très haute température ou, ce qui est dire exactement la même chose sous une autre forme, une grande agitation de tous les atomes d'un gaz. Si donc nous agitons fortement, dans quelque shaker géant, les atomes des deux corps que nous voulons « fusionner », nous pourrons obtenir des fusions si la vitesse des noyaux est assez grande, c'est-à-dire la température assez haute.

En effet, la probabilité de chocs sera alors bien plus grande et, surtout, si un noyau du corps A carambole un noyau du corps B sans le pénétrer, il rebondira et pourra donc rencontrer ensuite un noyau B dans de meilleures conditions.

En bref, la fusion des atomes d'un gaz a des chances d'être obtenue à une échelle satisfaisante si l'on porte ce gaz à haute température.

La loi dite de Gamov-Teller qui date de 1937, permet de préciser les vitesses d'agitation, donc les températures, qui sont nécessaires pour la fusion d'atomes donnés. Elle montre que les fusions les plus faciles, ou plutôt les moins difficiles, sont les suivantes :

$$\underbrace{(\text{proton} + \text{neutron})}_{\text{deutérium}} + \underbrace{(\text{proton} + 2\,\text{neutrons})}_{\text{tritium}} = \underbrace{(2\,\text{protons} + 2\,\text{neutrons})}_{\leftarrow \text{hélium 4}} + 1\,\text{neutron}$$

$$\underbrace{(\text{proton} + \text{neutron})}_{\text{deutérium}} + \underbrace{(\text{proton} + \text{neutron})}_{\leftarrow \text{deutérium}} = \underbrace{(2\,\text{protons} + 1\,\text{neutron})}_{\leftarrow \text{hélium 3}} + 1\,\text{neutron}$$

Tout semble donc possible : nous chaufferons des isotopes d'hydrogène, et il se produira des fusions nucléaires, des réactions très énergétiques. Oui, mais voilà, les températures qu'il faut atteindre sont sans commune mesure avec les records enregistrés jusqu'à ces toutes dernières années par les laboratoires spécialisés dans les « hautes températures ». C'est au cours de ces toutes dernières années que l'on était passé en effet de l'échelle des quelques dizaines de milliers de degrés à celle de la centaine de milliers. Et maintenant, il faut viser aux dizaines de millions, voire aux centaines de millions de degrés !

Pourquoi ?... Nous avons vu que, dans l'expérience de Cockcroft et Walton, l'énergie des noyaux d'hydrogène accélérés était de l'ordre de 100.000 électron-volt. A quelle température faut-il monter pour qu'il y ait, au sein du gaz, un nombre appréciable d'atomes d'hydrogène

C'est ici, dans cette enceinte d'aluminium, que l'homme fabrique des embryons d'étoiles.

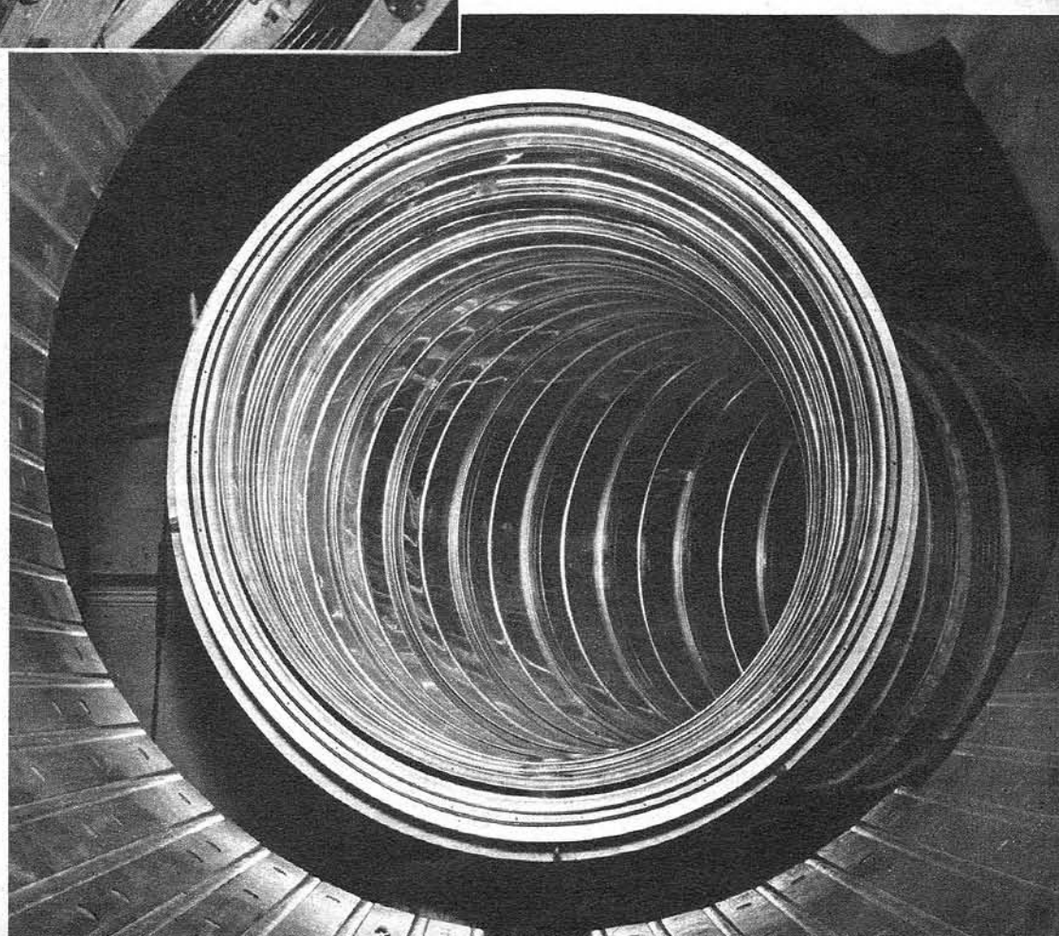
le tube ZETA

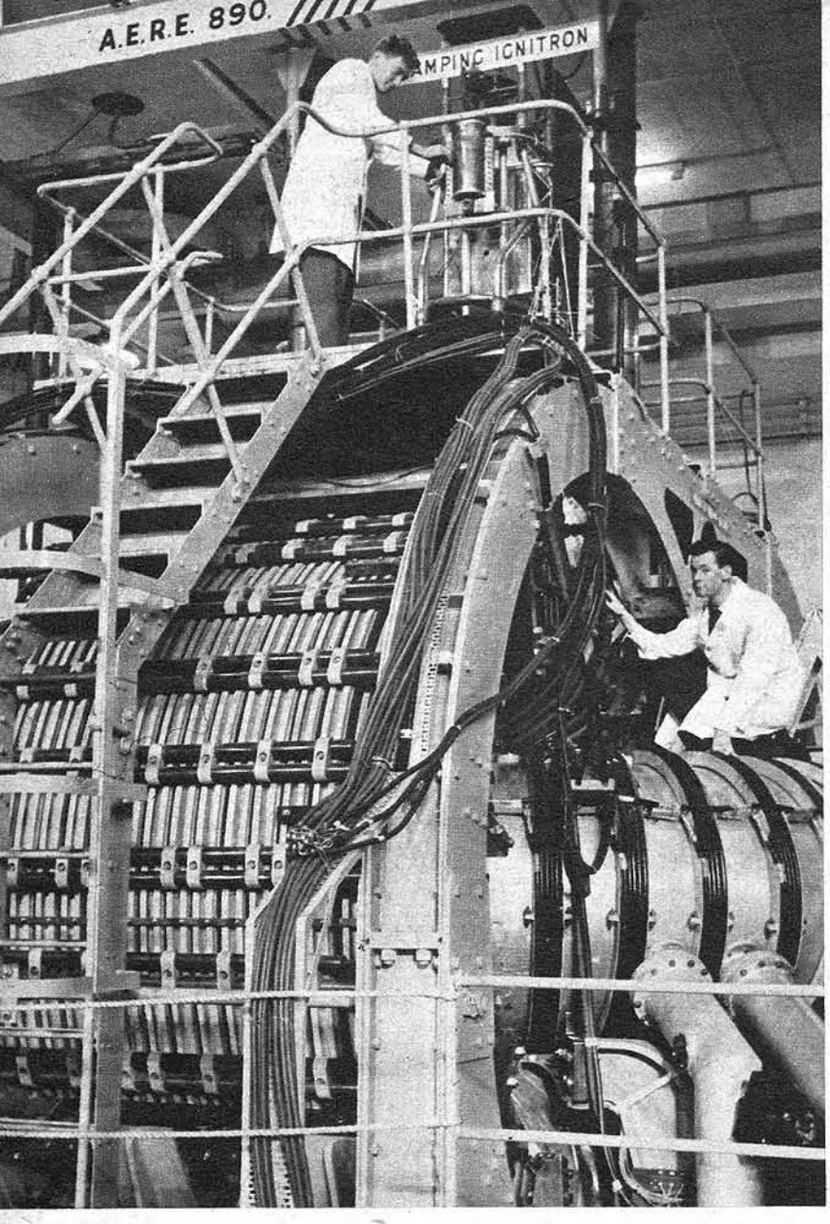
l'énergie H ?

Rutherford lui-même a dit que vouloir atteindre ainsi un noyau est une aussi hasardeuse entreprise que, dans une cathédrale, de vouloir tirer un moustique en tirant *au hasard* des coups de carabine.

Il faut même penser que le coup au but ne suffit pas : le coup doit arriver de plein fouet, exactement comme les obus ne peuvent percer la cuirasse d'un char de combat que s'ils la touchent sous un certain angle. Ainsi ce n'est pas à un moustique qu'il faudrait penser mais à une coccinelle à la carapace extraordinairement dure qui ferait rebondir la plupart des balles qu'elle recevrait.

La méthode du bombardement d'une cible par des noyaux accélérés, même avec les énormes accélérateurs modernes, ne peut donc donner des transmutations qu'à une échelle infime. Et, dans le cas qui nous occupe, les fusions ne peuvent être obtenues par de tels moyens à une échelle industrielle. Il faut trouver autre chose.





animés d'une vitesse d'agitation qui soit du même ordre ?...

Lorsqu'on accélère des noyaux d'hydrogène par une différence de potentiel d'un électron-volt, le gain de vitesse, donc d'énergie, qui leur est conféré est le même qu'il aurait acquis si leur température avait été élevée de 11.500° !

Alors, les 100.000 électron-volt réalisés dès 1932 par Cockcroft et Walton correspondent à... plus d'un milliard de degrés.

Ainsi la physique se trouve devant un dilemme quand elle cherche à communiquer aux particules les vitesses qui leur permettront de fusionner :

— ou bien lancer en ligne droite par des moyens électriques un petit nombre de noyaux.

— ou bien accroître la vitesse d'agitation d'un grand nombre de noyaux.

Dans le premier cas, on obtient sans difficulté des vitesses bien plus que suffisantes mais le nombre des particules accélérées reste dérisoire.

Dans le second cas, tout à l'inverse, on met en jeu des noyaux en nombre bien plus que suffisant mais les vitesses auxquelles, par cette voie, arrivent les physiciens, restaient, jusqu'à récemment, dérisoires.

IL FAUT TOUJOURS UNE ALLUMETTE

A quelle température faudra-t-il exactement monter pour obtenir la plus« facile» des fusions ? Nous avons montré dans notre numéro d'octobre que cette question n'a guère de sens.

Revenons à nos chocs contre la carapace du char de combat ou de la coccinelle. Avec des projectiles animés d'une certaine vitesse, il sera possible d'obtenir leur pénétration mais seulement s'ils viennent frapper de plein fouet ; très rares seront donc les chocs qui donneront des fusions. A une plus grande vitesse, les projectiles pourront briser la citadelle même s'ils arrivent sous des angles moins favorables. Et, à de bien plus grandes vitesses, tous les chocs pourront donner des fusions. Autrement dit, *la probabilité de fusion augmente avec la température.*

La question qui domine toute l'affaire d'une production industrielle d'énergie de fusion, c'est d'*arriver à une température telle que le nombre de fusions probables donne plus d'énergie que l'on en a mis pour obtenir des fusions.*

A ce moment-là, en effet, ces fusions fourniront beaucoup d'énergie, ce qui animera les noyaux du gaz d'une plus grande vitesse, ce qui déterminera de plus faciles fusions, et ainsi de suite. Nous aurons déclenché un processus « en chaîne », l'homologue de celui qui permet la manifestation à grande échelle de l'énergie de fission dans l'uranium ou le plutonium.

Il faut noter d'ailleurs que le feu — lequel a donné et donne encore la plus grande partie de l'énergie du monde — représente lui aussi un processus «en chaîne» à partir de l'amorçage d'un « point chaud» : la chaleur sur ce point détermine la combustion de quelques atomes ; cette combustion produit de la chaleur; la température de la matière voisine s'élève ; d'autres combustions s'y produisent donc, et le feu se développe. (1)

Ainsi, le processus de réactions en chaîne apparaît-il comme général dans la production d'énergie : la fusion nucléaire, une fois amorcée, donnera de la chaleur qui lui permettra de se développer.

Mais comment amorcer les premières fusions ? On sait que, dans la bombe H, (certainement dans les premières, peut-être encore aussi dans les plus récentes) ce rôle d'allumette est tenu par une bombe A. Pour l'industrie, l'amorce serait.... un peu trop brutale.

Diverses solutions avaient été proposées. Mais ce sont les physiciens russes qui ont ouvert la voie où tout le monde s'est aujourd'hui engagé : des décharges électriques d'une grande intensité dans un tube contenant du deutérium. Ivan Kourtchatov révéla ces expériences lors de la visite à Londres de M. M.« K» et« B», en avril 1956, et il précisa qu'une température d'un million de degrés avait été atteinte.

Très vite, l'Amérique et l'Angleterre firent savoir qu'elles étaient lancées dans des expériences semblables. Et depuis, des nouvelles, toujours fragmentaires, souvent contradictoires, nous sont venues de l'un ou l'autre de ces pays. Mais, à la fin de janvier, ce furent des deux côtés de l'Atlantique les révélations communes que l'on sait. Nous parlerons, ici, plutôt des réalisations anglaises, car, d'une part, elles sont certainement plus avancées que les réalisations américaines, d'autre part, nous pouvons les évoquer plus concrètement puisque nous les avons vues à Harwell.

(1) *Voir* « Sciences et Avenir», *N° 117, novembre 1956 : Qu'est-ce que la flamme ?*

POURQUOI UN TUBE ANNULAIRE?

Zero-Energic-Thermonuclear-Assembly, cela donne ZETA.

Un tube d'aluminium d'une section de 1 mètre, qui se mord la queue, plus exactement donc un anneau, plus précisément encore, pour employer le terme géométrique, un tore, dont la circonférence est de 6,50 m Mais le tore est à peine visible sous des bobinages électriques, un gros électro-aimant et divers appareillages, le tout formant une machine d'apparence nullement spectaculaire de quelques 6 mètres de haut. Voilà ce qui est ZETA.

C'est dans le tore qu'il va se passer quelque chose : un cordon de tissu stellaire va s'y allumer. Tissu stellaire ? L'expression semble bien exagérée, bien journalistique à tout le moins. Elle est pourtant de Kourtchatov lui-même.

D'abord, il faut que le tore soit plein de deutérium. Plein, c'est une façon de parler, car c'est plutôt le « vide» qui y règne : la pression n'est que de 38 millièmes de millimètre de mercure, soit le vingt-millième de la pression atmosphérique. La densité des atomes y est cependant encore — chiffre qui surprendra le profane — de 2.700.000 milliards d'atomes au centimètre cube.

Dans cette atmosphère, il faut ensuite produire une très intense décharge électrique. Kourtchatov avait travaillé, lui, avec un tube rectiligne, muni d'électrodes, et les divers expérimentateurs après lui — ou parallèlement à lui — avaient fait de même. Un chiffre énorme avait été révélé par les Russes : dans certaines de leurs expériences, ils avaient lancé deux millions d'ampères à travers le tube. Comme s'ils avaient branché sur leur dispositif expérimental dix centrales aussi grandes que la plus grande centrale russe !

Ce sont les Anglais qui, les premiers, ont eu l'idée d'un tube annulaire. En tous cas, c'est Cockcroft qui, au cours d'une conférence qu'il fit au Congrès Mondial des Radio-Isotopes organisé par l'UNESCO en septembre dernier à Paris, révéla ce nouveau type d'expériences.

L'intérêt de cette forme annulaire, c'est que le tube ne comporte plus d'électrodes, électrodes qui se détériorent sous la décharge et qu'il faut donc remplacer très souvent. *Le courant est alors induit dans le tube par la variation brutale d'un champ magnétique.*

Tout le monde connaît l'expérience de physique élémentaire qui consiste à approcher vivement un aimant d'une boucle de fil de cuivre; un ampèremètre monté sur le fil détecte la production d'un bref courant électrique. Ce courant a été induit par la variation du champ magnétique qui a cru lorsque notre main a approché l'aimant.

L'expérience de Harwell, c'est la même. (A l'échelle près !) L'énorme variation du champ magnétique est créée par l'envoi d'un courant de formidable ampérage dans un gros électro-aimant qui enserre le tube.

Mais on ne voit pas bien comment un courant va pouvoir être induit dans le tube. Ici, en effet, il n'y a plus parallélisme avec l'expérience de physique élémentaire où le fil de cuivre était bon conducteur. Un vide relativement poussé d'hydrogène est généralement considéré comme un excellent isolant. Qu'à celà ne tienne ! Nous rendrons le deutérium bon conducteur, excellent même, en le chauffant assez pour l'ioniser. Ce chauffage sera obtenu par haute-fréquence au moyen d'un bobinage auxiliaire qui s'enroule autour de l'anneau.

DE FORMIDABLES PUISSANCES EN UN ÉCLAIR

Nous avons donc un anneau de gaz conducteur et un électro-aimant pour y induire un courant. C'est la variation du champ magnétique qui va importer. Il nous faut donc lancer dans l'électro-aimant très rapidement une très considérable intensité. Cette violente impulsion électrique ne peut être demandée au réseau pour des raisons évidentes ; on recourt à des condensateurs, à d'énormes condensateurs. Ceux de ZETA emmagasinent une énergie de 500.000 joules. La technique est, en somme, la même que celle des premiers flashs électroniques pour la photo mais les flashs d'amateurs ne mettent en jeu que 50 à 100 joules.

L'impulsion qui est lancée dans les bobinages

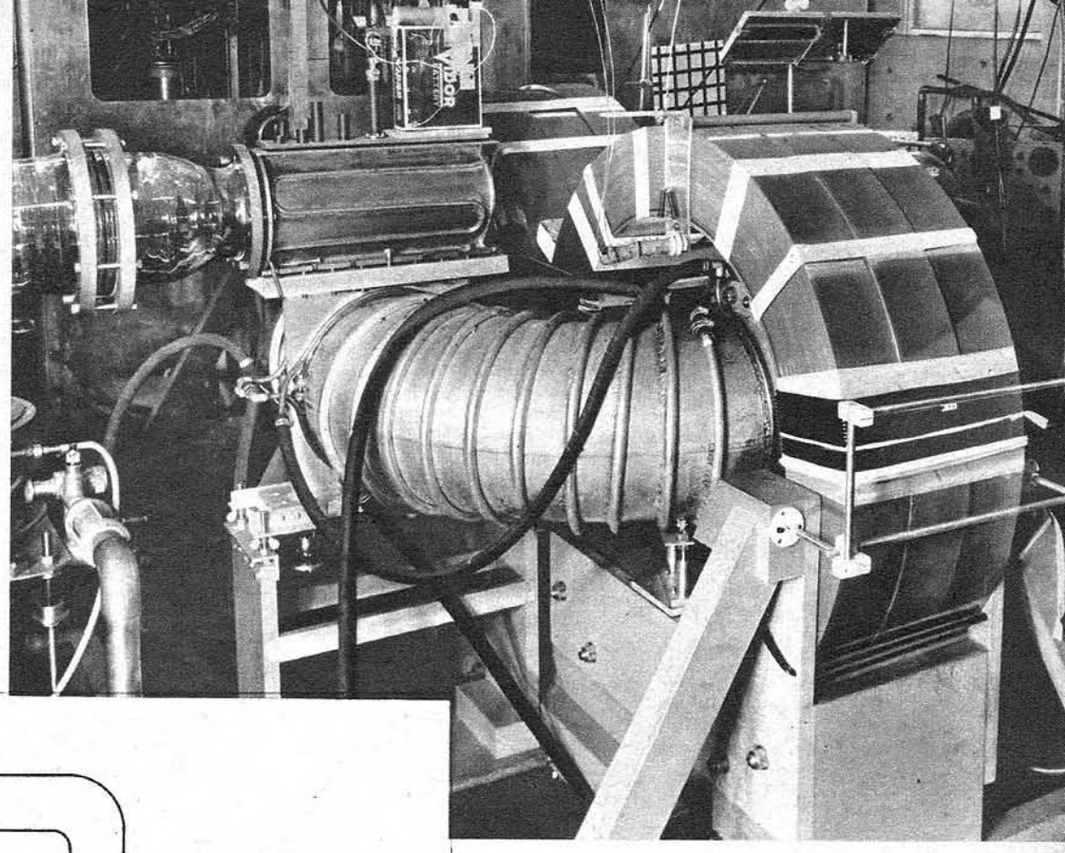
de l'électro-aimant n'a pas atteint à Harwell les intensités évoquées par les Russes. 200.000 ampères au plus, ont dit les Anglais. Ce qui prouve que le rendement du système s'est accru par rapport aux premières expériences de Kourtchatov : on a obtenu de bien plus hautes températures avec moins de courant.

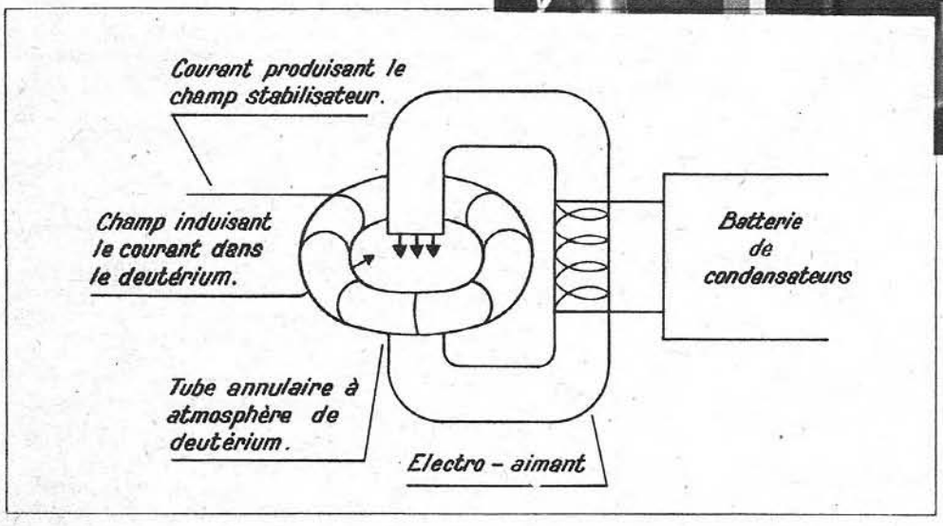
Voici donc que les condensateurs se déchargent avec leur claquement caractéristique, lançant un courant dans les bobinages. Sous la variation du champ magnétique qui apparaît, l'intérieur du tube s'illumine, ce qu'on peut observer — ou photographier — par deux étroites lucarnes de verre. Le courant induit circule dans le deutérium durant 2 à 5 *millièmes* de seconde, nous a dit à Harwell Cockcroft commentant le trop laconique communiqué.

La température maximum n'est atteinte que pendant 2 à 5 *millionièmes* de seconde, soit le millième du temps durant lequel circule le courant induit.

Quelle température ? Les cinq millions de degrés ont été dépassés. Tel est le fait essentiel, tel est même la seule révélation de cette conférence de presse à l'échelle mondiale.

On se demande comment peuvent être mesurées de telles températures. Plusieurs méthodes sont possibles. L'une est basée sur la conductibilité électrique du deutérium ; plus il est passé de courant induit dans le tube pour un certain champ magnétique établi en un certain temps, plus la conductibilité du deutérium était grande, et plus sa température, donc, était haute.





Mais les physiciens de Harwell ont inauguré une autre méthode. Ils ont introduit des impuretés d'azote et d'oxygène dans l'atmosphère du tube. Alors que, aux températures atteintes, les atomes de deutérium sont tous privés de leur unique électron, les atomes d'oxygène et d'azote ne les ont pas, eux, encore tous perdus, dans cette gamme de température ; leur « déshabillage » (traduction du « stripping » anglais passé dans le langage technique) est fonction de la température ; or il se lit sur les raies spectrales émises par les atomes. L'observation du spectre lumineux de l'oxygène et de l'azote renseigne finalement sur la température atteinte.

COMMENT TRIER L'IVRAIE DU BON GRAIN?

Mais on ne cherche pas la température pour elle-même; ce que l'on veut, c'est qu'elle détermine des fusions.

Or, nous le savons, la fusion de deux atomes de deutérium en un atome d'hélium 3 libère un neutron. Si l'on constate donc que des neutrons sont émis, c'est qu'il y aura eu des fusions, autant de fusions que de neutrons. Du moins, tel est le principe.

Dans la pratique, les physiciens de Harwell ont recueilli des neutrons, beaucoup de neutrons, un million à chaque décharge. Et cela pendant les 2 à 5 millionnièmes de seconde durant lesquels la température atteint son maximum. Et ce nombre correspond très bien à ce que le calcul permettait d'attendre. L'affaire semble donc entendue.

Aussi est-ce avec un certain étonnement que le public a vu de quel scepticisme prudent s'entourent les physiciens anglais : ils insistent sur la très grande probabilité de réactions thermo-nucléaires, mais soulignent qu'on ne peut avoir de certitude.

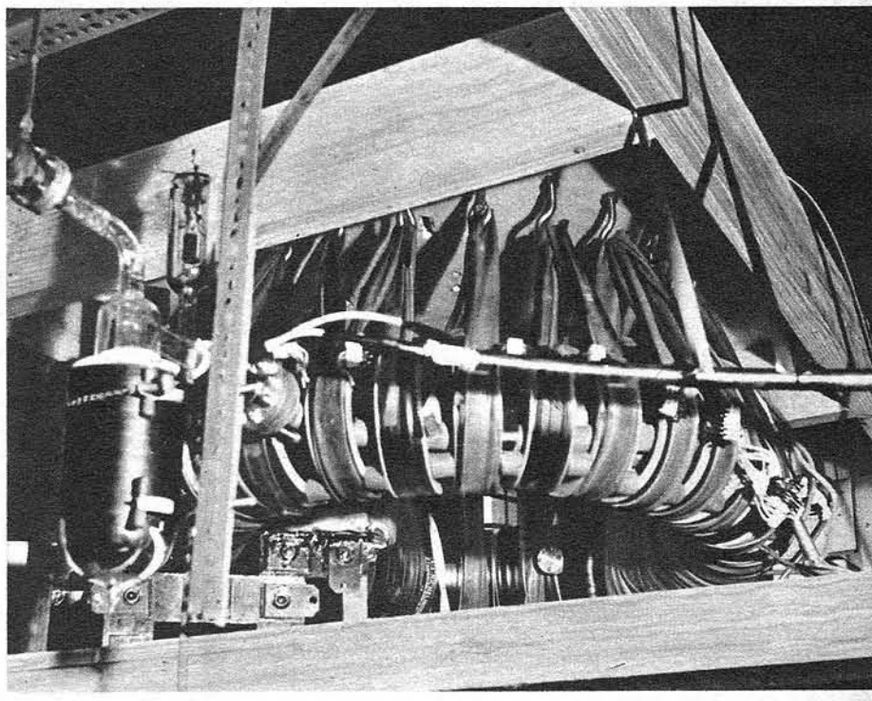
Que faut-il comprendre exactement ?

Tout d'abord, on doit remarquer que certains phénomènes parasites — connus ou encore inconnus — peuvent être responsables de cette production de neutrons. Un certain nombre d'atomes de deutérium pourraient par exemple se scinder en hydrogène et neutron.

Cette première objection n'est, toutefois, pas la principale, et le problème est, en fait, beaucoup plus subtil. Les physiciens admettent bien que des réactions de fusion de deutérium ont bien lieu au cours des expériences, mais ils se demandent s'il s'agit bien de réactions thermo-nucléaires.

Expliquons-nous. Dans le tube ZETA, les noyaux de deutérium, chargés positivement, sont violemment mis en mouvement par la variation du champ magnétique ils sont accélérés, en quelque sorte, comme dans un cyclotron. (1) (Cela est si vrai que l'on songe sérieusement à l'heure actuelle à réaliser une accélération de particules basée sur ce principe : le plasmatron.)

Les plus rapides de ces projectiles accélérés par ZETA, atteignent ainsi des énergies suffisantes pour provoquer des transmutations



Sur la page de gauche, la machine Zeta aux dimensions déjà imposantes, et ci-dessus, un tube, également torique, qui, construit en 1956 par les physiciens britanniques, en était l'ébauche. Ci-contre le tube Équateur avec lequel les atomistes français ont obtenu un million de degrés à Fontenay.

(1) En fait, le principe d'accélération, ici, se rapprocherait plutôt de celui du bétatron.

nucléaires et, entre autres, des réactions de fusion. Mais ces réactions par des particules accélérées n'ont, nous l'avons vu, rien de nouveau, puisqu'elles sont connues depuis 1932.

Pour que les expériences réalisées avec ZETA soient un succès réel, il faut que, à côté de ces fusions réalisées sans doute en grand nombre par les noyaux de deutérium accélérés, il s'en soient produit d'autres qui soient dues aux chocs des noyaux de deutérium venant se heurter du fait de l'agitation thermique. Alors seulement, on pourrait parler de fusions « thermo-nucléaires » ; sans cela, il faut simplement parler de fusion. Le fait d'avoir réalisé sans le vouloir une nouvelle accélération de particules, plonge les physiciens dans le plus cruel embarras: comment distinguer au milieu des fusions classiques celles qui seraient dues à l'agitation thermique ?

Les physiciens cherchent partout une méthode qui puisse prouver que les hautes températures déjà obtenues ici et là, déterminent bien réellement par elles-mêmes des fusions, Il n'empêche que tous sont intimement persuadés avoir déjà atteint leur but.

LA « MAGNETIC BOTTLE » DE TELLER

Nous avons laissé de côté jusqu'ici un phénomène qui, pour important qu'il soit, n'est cependant pas essentiel : le « pincement » de la flamme électrique à l'intérieur du tube : cette flamme s'écarte spontanément des parois pour se concentrer en un cordon axial. Ce phénomène est providentiel : il éloigne les zones à très haute température des parois et donne donc la solution d'un problème qui, la veille, semblait insoluble : disposer d'une enceinte pour enfermer des millions de degrés.

C'est seulement au moment des révélations de Kourtchatov que l'on a entendu pour la première fois, dans la bouche des physiciens anglo-saxons, l'expression de « pinch effect ». A vrai dire — ce fut un des points précis de notre enquête à Harwell —, cet effet de pincement avait été prévu dès 1952 par deux physiciens anglais travaillant à l'Imperial College de Londres, Cousins et Ware. Le grand atomiste Edward Teller avait montré en 1955 qu'un gaz à très haute température pouvait être maintenu par un champ dans une véritable « bouteille magnétique ».

Pourquoi la « flamme », au lieu de remplir tout le tube, se concentre-t-elle en cordon ?... Pour l'expliquer, il faut remonter à une très vieille expérience de Faraday : deux fils électriques parallèles et proches l'un de l'autre, se rapprochent lorsqu'ils sont parcourus par un courant très intense de même sens : le champ magnétique que chacun induit les attire mutuellement.

De la même façon, les courants élémentaires qui s'établissent dans le deutérium, tendent à se rapprocher. D'où le pincement constaté.

Kourtchatov avait signalé que, après une phase où se produisait le pincement, la flamme se dilatait bientôt et qu'elle pouvait faire sauter le tube. Aussi, les autres expérimentateurs ont-ils cherché à mieux maintenir la flamme en un étroit cordon : au champ créé par le flux électrique lui-même, ils ont ajouté un champ créé par des spires enroulées autour du tube et parcourues par un courant auxiliaire.

Ce sont ces enroulements de câbles autour de ZETA qui interdisent de voir le tube lui-même.

Ainsi, le champ magnétique annulaire qui enserre le tube, ajoute-t-il son effet au champ magnétique qui apparaît naturellement et qui est la cause du « pinch effect ». Alors, le cordon de feu, la « mèche de tissu stellaire » est stabilisée.

Stabilisé, c'est le terme employé par les physiciens. Est-ce à dire qu'ils ont obtenu une flamme de longue durée ? Nullement. Nous l'avons vu : les très hautes températures n'ont jamais pu être maintenues que pendant quelques millionièmes de seconde. Mais, maintenant, le filament à 5 millions de degrés n'oscille plus et reste sagement dans l'axe du tube.

« L'ATOME EST UN ÉVIER SANS FOND... »

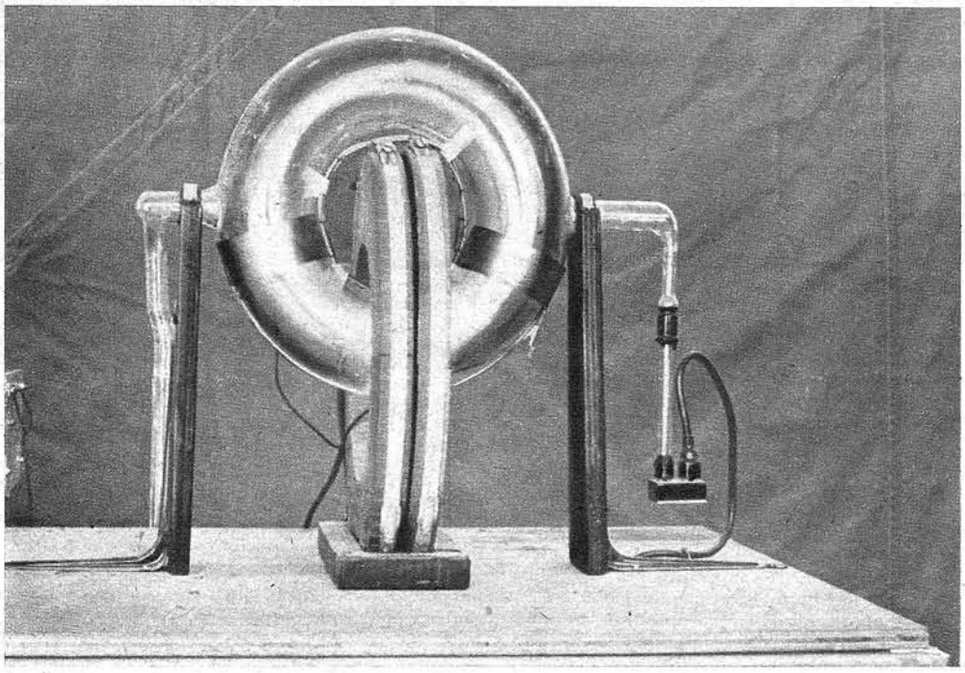
Pour intéressant que soient ces résultats, nous sommes loin cependant d'une application pratique immédiate.

« Pour l'instant, a dit Cockcroft, on ne retrouve que le millionnième du millionnième de l'énergie que nous avons mise dans notre machine ».

C'est le moment de nous souvenir d'une parole que prononça voici une vingtaine d'années le grand Rutherford, le créateur de l'atomistique qui ne croyait pas à l'énergie atomique : « L'atome est un évier sans fond. Il avalera toute l'énergie que vous y verserez ». La fission de l'uranium a donné tort à Rutherford : dans certaines conditions, la libération d'énergie nucléaire peut s'auto-développer. Il faut trouver un processus parallèle pour la fusion et, pour cela, nous le savons, il faut atteindre un certain seuil d'amorçage.

Comment atteindre ce seuil ? Dans l'état actuel des travaux, il semble qu'on pourrait parvenir à un amorçage au delà duquel les réactions thermo-nucléaires s'entretiendraient d'elles-mêmes, soit en réalisant dans un super-ZETA une centaine de million de degrés avec la très brève durée actuelle, soit peut-être également en se contentant des cinq millions de degrés atteints, mais en maintenant cette température non plus pendant quelques millièmes de seconde, mais pendant quelques secondes. (1)

Un tube de démonstration en verre avec lequel, à Harwell, a été montrée à la presse la fameuse « mèche de tissu stellaire » qui défraie les conversations de laboratoire depuis deux ans.



La première de ces solutions, semble à la fois la plus sûre et la plus facile à mettre en œuvre. C'est, selon toute probabilité, celle sur laquelle les physiciens d'Harwell sont déjà engagés. Au delà de ZETA, d'autres appareils bien plus puissants, verront le jour, on le sait déjà, dans un avenir point trop éloigné. Leur mise au point en effet est plus une affaire d'ingénieurs, d'électriciens, plus que d'atomistes. Or, l'Angleterre est fort bien placée avec Sir John Cockcroft qui, de formation, est un ingénieur. S'il est entré, jadis, au laboratoire de Rutherford, c'est pour s'occuper des appareillages, spécialement des appareillages électriques. S'il a réussi sa fameuse expérience de 1932, c'est qu'il a imaginé un nouvel accélérateur. Or ZETA, c'est encore un appareil électrique.

Et la France ?....

Eh bien ! elle est en bonne place dans la course. Si l'an passé, nous avions pu révéler ce que nous savions, on aurait vu qu'elle avait obtenu la stabilisation au moins en même temps que les Anglais.

Une équipe de Saclay, composée de P. Hubert, J. Charon et P. Breton, travaille ces questions depuis 1953. Lors des révélations de Kourtchatov, elle était en train de préparer une expérience similaire qui fut réalisée dès août 1956 au laboratoire d'essais de l'E. D. F. à Fontenay-aux-Roses, où elle disposait de considérables installations électriques et de courants d'une grande puissance. C'est là qu'elle a poursuivi ses expériences.

Aujourd'hui, forte de dix membres, elle attend que soient achevés, sur les terrains contigus du centre atomique de Châtillon, les bâtiments qui doivent abriter ses futures machines.

Pour l'instant, elle travaille dans le grand hall du laboratoire de l'E. D. F. à des expériences sur un tube analogue à ZETA, mais de plus petites dimensions — 2,50 m de circonférence — le tube « EQUATEUR ». Les décharges de ses condensateurs fournissent 50.000 joules. Ils déversent pendant 50 millionnièmes de seconde, une puissance équivalente à celle de trois Génissiat. Le million de degrés a été dépassé et des flux de neutrons sont régulièrement recueillis.

Pour achever cette évocation des possibilités françaises, il ne faut pas oublier que notre pays est fort bien placé en ce qui concerne la matière première de l'industrie qui naîtra peut-être bientôt : l'hydrogène lourd.

A Toulouse, l'Office de l'Azote et la Société de l'Air Liquide, alliés pour la circonstance, se préparent à démarrer un appareillage complexe pour obtenir du deutérium. La première de ces sociétés dispose pour fabriquer de l'ammoniaque de l'hydrogène, d'autre part, l'Air Liquide est spécialisé dans la liquéfaction des gaz. Par distillation fractionnée de l'hydrogène liquide, on compte donc séparer D de H. Mais l'affaire est délicate, car, d'une part, il faut descendre à 20° du zéro absolu, d'autre part, les températures d'ébullition de l'hydrogène et du deutérium ne sont distantes que de 1,8 ° !

Par ailleurs, l'hydrogène du gaz de Lacq, recèle quatre fois plus de deutérium que l'hydrogène ordinaire. D'où la possibilité de l'extraire à bon compte. Le CEA a déjà construit deux unités pilotes en plein vent, à Lacq, basées sur des principes différents. Leurs essais ne sont pas encore achevés.

Et la Russie ?... Un très récent interview de Kourtchatov par la *Pravda* a montré qu'elle ne ferait de révélations qu'à la seconde Conférence Mondiale de l'Atome, qui doit se tenir à Genève en août.

Gageons que, dans bien des pays, on doit travailler d'arrache-pied pour gagner, cet été, la bataille des révélations sur la plus grande des découvertes que, actuellement puisse faire l'humanité.

Pierre DE LATIL

(1) *Une comparaison imagée permet de rendre compte de l'état actuel du problème. Vous disposez d'allumettes et l'on vous demande de mettre le feu à une grosse bûche ; la flamme de l'allumette appliquée à la bûche noircit celle-ci et fait bien brûler quelques atomes de carbone, mais la quantité d'énergie libérée par cette combustion est dérisoire par rapport à celle qu'a dépensée notre allumette, et le phénomène cesse dès que l'allumette a fini de brûler. Pour mettre réellement le feu à la bûche, il faudrait soit disposer d'une allumette beaucoup plus chaude, soit laisser celle-ci en contact avec la bûche beaucoup plus longtemps.*