

SCIENCES ^{et} *l'avenir*

N° 135 • MAI 1958 • REVUE MENSUELLE

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

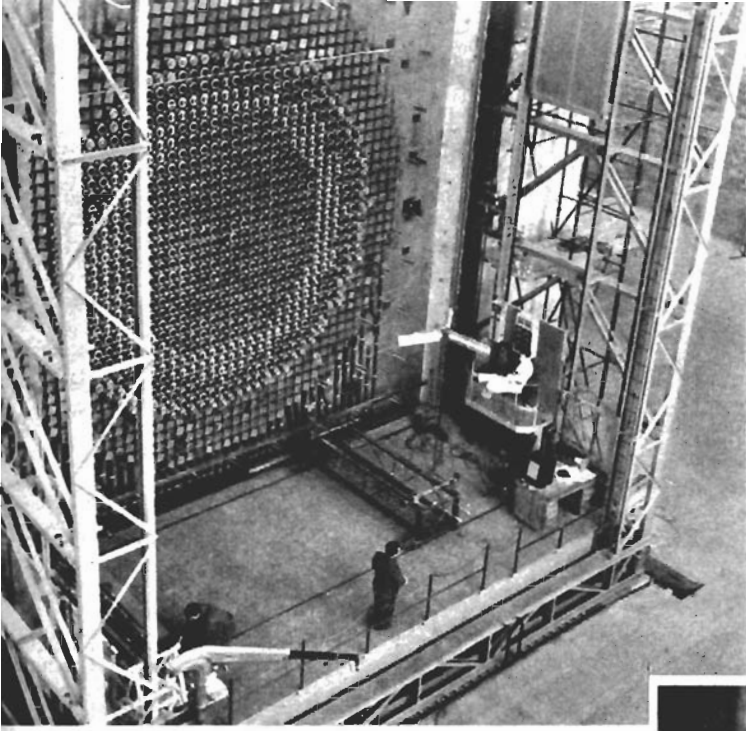
Y-A-T-IL EN FRANCE UN SCANDALE DU PLUTONIUM ?

L'ANTIGRAVITATION N'EST PLUS UN MYTHE

LE VOYAGE AUTOUR DE LA LUNE
POUR CES PROCHAINS MOIS

Y-A-T-IL EN FRANCE UN SCANDALE DU PLUTONIUM ?
L'ANTIGRAVITATION N'EST PLUS UN MYTHE
LE VOYAGE AUTOUR DE LA LUNE POUR CES PROCHAINS MOIS

LE DRAME DU PLUTONIUM



Quand en 1945, la France organisa la structure de son énergie atomique, il était évident pour les techniciens que l'uranium naturel, ne renfermant qu'une très faible proportion de matière fissile, était un combustible nucléaire insuffisant.

Deux voies s'ouvraient alors pour fonder l'avenir : celle de l'Uranium 235 ou celle du Plutonium.

L'Amérique avait pu jouer les deux cartes à la fois. Quoique disposant de moyens plus modestes, l'Angleterre sut ne se fermer aucune des deux portes. La France — ministres et dirigeants du C. E. A. le proclamèrent — avait, après mûre réflexion, « choisi la voie du plutonium ». Délibérément, nous laissons de côté la solution de l'uranium 235.

D'où les programmes qui devaient finalement aboutir à Marcoule dont le rôle essentiel est de fabriquer du plutonium à partir d'uranium naturel.

Or, voici qu'aujourd'hui, l'on vient nous dire qu'il faut construire une usine européenne de séparation isotopique, c'est-à-dire extraire à grands frais l'uranium 235 de l'uranium naturel.

Que devons-nous comprendre ?... Est-ce la faillite de Marcoule ?... La France a-t-elle fait fausse route et s'emploie-t-elle maintenant à faire machine arrière ?...

LE voyage triomphal du « mille-pattes atomique » à travers la France a marqué sans doute le point culminant de l'enthousiasme juvénile des Français devant les réalisations nucléaires de notre pays. La mise en place de cet échangeur de température débitant de la vapeur dans notre première turbine mue à l'énergie atomique, a bien été suivie quelques mois plus tard par la mise en route de la « centrale de Marcoule ». Mais, déjà, lorsque la presse fut conviée à une visite, les mieux informés des journalistes commencèrent à comprendre que quelque chose ne tournait pas rond.

La vérité, qui ne filtra que lentement, était que le comportement de la pile G1 laissait plus qu'à désirer. Tout d'abord, les barreaux d'uranium cédaient très mal la chaleur qui se dégageait en leur sein. Alors que la température centrale de ces barreaux n'aurait dû dépasser que de 100 degrés celle du gaz circulant autour d'eux pour évacuer la chaleur formée par le fonctionnement de la pile, on observa en de nombreux points des écarts de plus de 400 degrés ! Et, comme un ennui n'arrive jamais seul, on s'aperçut en même temps que ces mêmes barreaux et leur gainage résistaient beaucoup moins bien qu'on ne l'avait pensé à l'action « corrosive » des neutrons.

La conséquence de ce double état de choses, c'est qu'il fut impossible de faire « monter » la pile à la cadence de marche prévue. On dut se contenter de la faire fonctionner en quelque sorte au ralenti. Malgré cela, un certain jour de novembre 1956, un barreau d'uranium chauffa trop fort, il se coïncida dans son alvéole, et son gainage de magné-



Ces deux clichés sont parus dans notre numéro de février 1956 avec la légende : « En 1958, Marcoule produira 100 kilos de plutonium. » Les événements n'ont pas donné raison à l'optimisme des techniciens dont nous nous étions fait l'écho. Les barreaux d'uranium de G1, dont on voit ici les alvéoles, ont été le siège de toute une série d'incidents qui ont entravé le fonctionnement normal de la pile. Les 300 barreaux extraits en novembre dernier ne contiennent qu'un très faible pourcentage de plutonium et sont à peu près inutilisables.

sium se déchira. Par crainte que la radio-activité ne se répande, il fallut immédiatement arrêter G1 ; et plusieurs mois furent nécessaires pour « décontaminer » l'alvéole du barreau accidenté ainsi que ses voisins.

On profita de cet arrêt pour retirer un certain nombre de barreaux d'uranium du centre de la pile afin de mesurer la quantité de plutonium qui avait pu être formé malgré un fonctionnement au ralenti. C'est alors que des faits catastrophiques furent découverts. Les techniciens s'aperçurent que le gainage de magnésium de ces barreaux se refusait à se détacher comme prévu de l'uranium et, en tentant, malgré tout, de « peler » un de

ces barreaux dans l'atelier de dégainage mécanique, on mit hors d'usage cet atelier... Celui-ci, entièrement télécommandé par suite de l'intense radio-activité des barreaux qu'il doit traiter, est aujourd'hui hors d'usage, complètement contaminé par une intense radio-activité.

Quant à la pile G1 elle-même, remise en état dans le courant de janvier 1957, elle n'a guère amélioré son comportement. Les gaz, au lieu de sortir de la pile à quelque 300° comme prévu, ne dépassèrent presque jamais 160°, si bien que, à la sortie de l'échangeur de température, la vapeur ne jaillissait qu'à 110 ou 120° !

Le malheureux ingénieur de l'E.D.F. délégué pour faire fonctionner la turbine s'arracha les cheveux pour essayer de faire tourner ce malheureux engin qui n'en pouvait mais. Pratiquement jamais un seul kilowatt ne fut débité sur le réseau.

CE QU'IL EN COUTE DE COURIR DEUX LIÈVRES A LA FOIS

Une question se pose: par suite de quelles erreurs dans la conception générale de notre politique atomique, a-t-on pu arriver à de tels échecs?

La réponse est malheureusement assez simple: en présumant trop de nos forces et

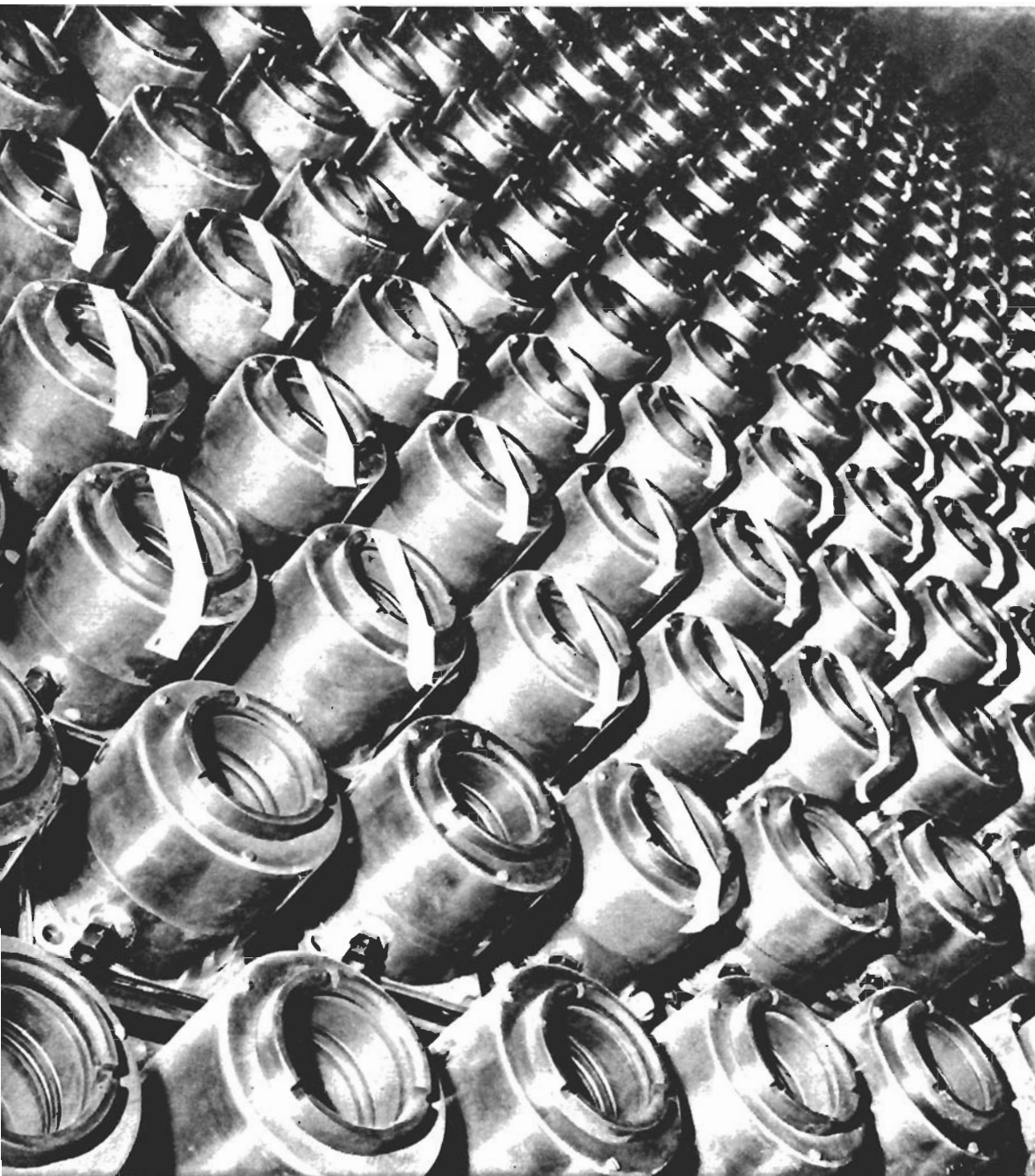
de pureté « nucléaire » et d'uranium métallique, mise en service de ZOE, pile expérimentale à eau lourde. Cette étape décisive avait été parcourue en trois ans et la seconde était en bonne voie; construction de P2, seconde pile expérimentale à uranium naturel, obtention, dès 1950, de 40 milligrammes de plutonium sous forme de sels, étude d'un procédé d'extraction industrielle de ces mêmes sels. La production quantitative du métal était alors prévue par la mise en chantier immédiate de deux grandes piles à graphite, coûtant ensemble une quinzaine de milliards et d'une puissance thermique de 300 000 kws, exclusivement orientées vers la production de plutonium.

de détérioration de barreaux par la température étant naturellement exclu. Et, à la fin de chaque année, la production de plutonium aurait été de 60 à 80 kilos.

Mais ce plan ne fut jamais appliqué. Diverses personnalités firent, en effet, remarquer que cette production massive de plutonium démarrerait avant que notre industrie atomique soit en mesure de l'absorber pour la réalisation de piles enrichies et de moteurs atomiques. Dès lors, il devenait évident que ce serait les militaires qui se porteraient acquéreurs de ce plutonium, et qu'on ne pourrait le leur refuser. La France pourrait alors s'avancer dans la voie de l'armement atomique.

Pour des raisons politiques, le sage plan de piles à basse température fut ainsi torpillé. On lui en substitua un autre, apparemment très séduisant:

Puisque l'on n'avait pas besoin rapidement de plutonium, pourquoi ne pas chercher à réaliser des piles fonctionnant à plus haute température, qui permettraient de récupérer, dans la centrale, une partie de l'énergie nucléaire produite, au lieu de la gaspiller à chauffer l'eau d'un fleuve? Certes, la construction de ces piles



← Le mauvais comportement métallurgique des barres d'uranium de G1 a empêché de pousser cette pile à la température prévue.

Les échangeurs de température qui sous le nom de « mille-pattes atomiques » avaient effectué un voyage triomphal à travers la France ont bien été dressés dans les charpentes de Marcoule. Mais celui qui échet en lot à G1 est aujourd'hui en chômage; jamais les gaz sortant de cette pile n'ont atteint une température assez élevée pour que le malheureux échangeur puisse fournir à la turbine une vapeur de pression suffisante. →

était renvoyée à une échéance plus lointaine. Mais cela n'avait guère d'importance, puisque, de toute façon, il était « préférable » de ne pas disposer trop tôt de plutonium.

Le nouveau plan prévoyait donc la réalisation de piles « chaudes » liées à des centrales; la production de plutonium n'était plus l'essentiel dans ce programme, qui visait également de premières expériences de production d'énergie.

Ainsi naquit le projet de Marcoule qui prétendait courir deux lièvres à la fois.

On s'aperçut assez vite que l'on avait quelque peu sous-estimé les difficultés et que, par crainte de disposer trop vite de plutonium, on risquait fort de n'en disposer qu'avec un sérieux retard. Alors, on mit les bouchées doubles, et on grilla les étapes. C'est ici que les imprudences commencèrent par insuffisance d'expérimentations intermédiaires.

Réfléchissons-y bien. Toutes les données pour la construction de la pile au graphite G1 qui devait travailler à quelque 400°, furent extrapolées à partir du fonctionnement

en nous fixant des objectifs trop ambitieux qui nous ont conduits à toute une série d'imprudences. Mais voyons la question de plus près, et pour cela, examinons les choses de façon, chronologique.

Le plan quinquennal établi par l'ordonnance du 18 octobre 1945 créant le Commissariat de la rue de Varenne, avait fixé des objectifs simples et strictement orientés vers la seule production de plutonium. Au terme du programme expirant en janvier 1951, le C.E.A. avait remarquablement maîtrisé les techniques de base: production industrielle de graphite

Ces piles, à l'image de celles qui avaient été construites par les Américains le long du fleuve Columbia, n'auraient nullement servi à la production d'énergie. Établies, par exemple, sur les bords du Rhône, elles auraient été refroidies abondamment par l'eau du fleuve qui aurait emporté toutes les calories dégagées. En aucun point, leur température intérieure n'aurait dépassé 80°.

Il aurait peut-être été irritant de voir se perdre au fil de l'eau des quantités aussi importantes de calories, mais l'on était assuré d'un fonctionnement sans aléas, tout risque

de la pile, à l'eau lourde, dont la température maximum voisinait forcément 100°. Et l'on passait d'une pile contenant 4 tonnes d'uranium à une pile devant en renfermer 120.

L'etcnnant aurait été que l'on réussisse une telle gageure

Mais revenons aux événements récents. En novembre dernier, dix mois après la remise en route de G1 après son accident, on parvint à extraire de la pile dans les pires conditions 300 barreaux d'uranium. Ceux-ci, laissés en place depuis deux ans, furent remplacés par des barreaux neufs. Comme l'usine de dégainage était, nous l'avons dit, hors d'usage, des spécimens de ces barreaux furent envoyés en Angleterre où les atomistes britanniques à qui la France avait rendu d'importants services (fourniture de graphite et de thorium) acceptaient de les « traiter ».

Un premier rapport est déjà arrivé à Paris, et il est plus que sombre. D'une part la teneur en plutonium est très faible, d'autre part, du fait d'une irradiation trop prolongée des barreaux et d'un fonctionnement irrégulier de la pile, ce métal fissile est profondément souillé d'un de ses isotopes très nuisible, le Plutonium 240, gros absorbeur de neutrons dont la présence rend le métal à peu près inutilisable.

La France devra donc attendre la mise en route et le fonctionnement durant une année de G2 et G3 pour disposer en quantité appréciable d'un plutonium de qualité.

UN MÉTAL DIABOLIQUE

Pendant que tous ces avatars nous surveillaient, ne croyons pas que, dans le reste du monde, les techniciens de l'énergie atomique n'aient pas eu, eux aussi, un certain nombre de surprises désagréables.

Américains, Russes et Anglais, qui disposent, eux, de plutonium, se sont aperçus à leurs dépens que ce métal était véritablement diabolique. En 1945, par exemple, les Américains construisirent à Los Alamos un réacteur surnommé « Clementine », comportant en son centre une petite masse de plutonium pur. Ce réacteur devait fournir une puissance théorique de 10 kilowatts. Hélas ! les plus éminents spécialistes s'échinèrent pendant sept ans à en tirer quelque chose !

Le comportement du plutonium dans cette pile semblait absolument aberrant. Les sautes d'humeur du réacteur étaient dangereusement imprévisibles. Son activité variait avec la température d'une manière abracadabrante : commençant par diminuer pour une certaine montée du thermomètre, puis se mettant presque aussitôt à s'emballer pour se calmer à nouveau quelques dizaines de degrés plus haut...

Excédé des incessants remaniements qui devaient être apportés à cette pile fantasque et ruineuse, la Commission américaine de l'Énergie atomique finit par ordonner en 1953 le démontage de Clementine : elle ne voulait plus en entendre parler...

En général, dans l'esprit du public, uranium 235 et plutonium 239 sont deux métaux fissiles à peu près équivalents. Ne réalise-t-on pas des bombes atomiques soit avec l'un soit avec l'autre ? La bombe d'Hiroshima était à l'U 235 et celle de Nagasaki au Pu 239. N'a-t-on pas parlé de l'un et l'autre corps pour l'enrichissement des piles, afin d'accroître leur activité ?

Ce problème de l'enrichissement domine toute la future industrie de l'énergie atomique. En effet, avec l'uranium naturel qui ne contient que 0,7 % de matière fissile, le fonctionnement des piles n'est pas assez intense pour produire de l'énergie dans les conditions favorables, donc rentables (1). Il faut accroître la proportion de matière fissile dans le réseau de la pile. Et l'opinion est répandue, même chez les gens assez avertis, que deux possibilités s'offrent alors : soit enrichissement à l'U 235, soit enrichissement au plutonium.

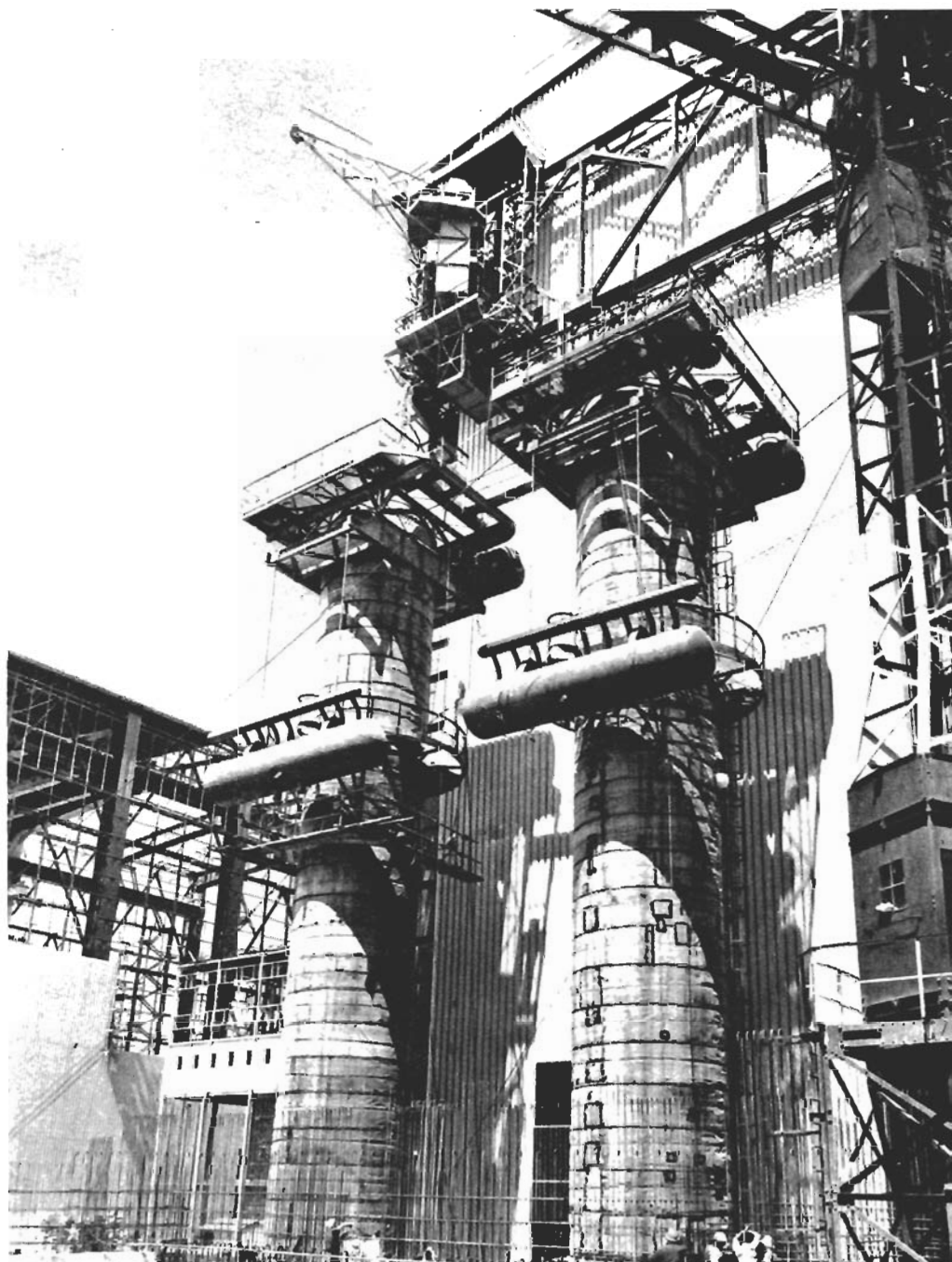
(1) Si la France a construit à Marcoule des piles à uranium naturel, c'est que, démarant dans l'industrie nucléaire, il lui manquait la matière fissile pour enrichir les piles.

La vérité est, de fait, bien différente. L'uranium 235 n'a peut-être pas un comportement métallurgique tout à fait simple, mais c'est un modèle de simplicité et de sagesse à côté du plutonium, qui est véritablement diabolique. La dilatation de celui-ci peut être qualifiée d'anarchique ; elle est compliquée par les changements de structure qui apparaissent brusquement dans son réseau cristallin à certaines températures et qui entraînent en quelques degrés un gonflement brutal du plutonium. Jusqu'à 125°, le métal est monoclinique ; il devient orthorhombique à 235°, cubique à 325°, puis tétragonal, avant de redevenir cubique vers 450°. Cette dernière transformation se fait avec une contrac-

mis en place, on s'aperçut, avec stupeur, que le mécanisme était grippé ! L'ajustage très délicat du plutonium qui devait s'emboîter pour former la masse critique, ne coulissait plus ! Le spécialiste de ce métal, aussitôt alerté, rassura tout le monde ; on lui avait commandé une bombe devant exploser à 5 heures du matin et, déclara-t-il, une telle bombe ne pouvait pas fonctionner à 5 heures du soir ! « Des que la nuit aurait rafraîchi la température, tout rentrerait dans l'ordre. Le plutonium se contracterait, et les pièces retrouveraient les cotes prévues. »

Il avait raison : à l'aube, l'engin explosa parfaitement...

À côté de ses caprices métallurgiques, le



tion importante, si bien que l'on voit, chose étrange, le plutonium diminuer ici de volume avec l'augmentation de la température...

AUX U.S.A., DES TONNES DE PLUTONIUM EN CHOMAGE FORCÉ !

Les caprices du plutonium rendent son emploi toujours aléatoire ; dès l'aube de l'ère atomique, ses facettes sont devenues célèbres, et l'une même est historique. Lors de la première de toutes les explosions nucléaires, l'explosion expérimentale de d'Alamagordo, la bombe était chargée au plutonium. A la fin de la chaude journée où le dispositif fut

plutonium fait également preuve d'un comportement assez aberrant sous les flux de neutrons, si bien que les explosions de deux bombes au plutonium identiques n'ont souvent pas du tout la même puissance. Ceci est extrêmement grave pour des engins tactiques, destinés à exploser très peu en arrière de la ligne de combat, et qui, trop puissants, pourraient étendre leurs ravages aux lignes « arrières ».

Comme ce sont naturellement les engins tactiques qui, en nombre, représentent, et de loin, la demande la plus forte de la part de



C'est par milliers de tonnes que l'uranium naturel transformé en hexafluorure est traité depuis des années par ces géantes installations de séparation isotopique d'Oak Ridge. Ces installations doublent en quelque sorte les non moins géantes installations plutoniques d'outre-Atlantique. Leur richesse a permis aux U.S.A. de jouer les deux cartes.

l'Armée, l'emploi militaire du plutonium demeure assez limité.

Ce qui est grave, c'est que le plutonium trouve encore moins d'usage du côté des besoins civils. Les mésaventures de Clementine sont là pour montrer les mécomptes que l'on pourrait attendre de l'emploi, au cœur d'une pile de plutonium pur. Et nous allons voir que les alliages du plutonium avec de l'uranium ne sont guère plus sages.

C'est, pour l'instant, dans les réacteurs-piscines où le combustible nucléaire est dissous sous forme de sel dans de l'eau lourde que le plutonium a trouvé sa seule véritable application. Ci-dessous, l'installation expérimentale exposée à Genève par les U.S.A. lors de la conférence d'il y a deux ans.

Metallurgiquement parlant, le plutonium « pourrit » littéralement l'uranium. Comme ce dernier ne le suit pas dans les caprices de sa dilatation, la présence de plutonium provoque au sein de l'alliage des tensions qui désagrègent complètement les pièces.

Nous avons vu que à Marcoule, les barreaux d'uranium naturel, soumis à des variations de température, réservaient déjà un certain nombre de mécomptes. Eh bien! ces diffi-

cultes seraient multipliés par cent avec des alliages de plutonium!

Aucun physicien n'imagine un instant de réaliser en alliage uranium-plutonium, une pile « enrichie »; elle serait hors de service avant une heure de fonctionnement (1)!

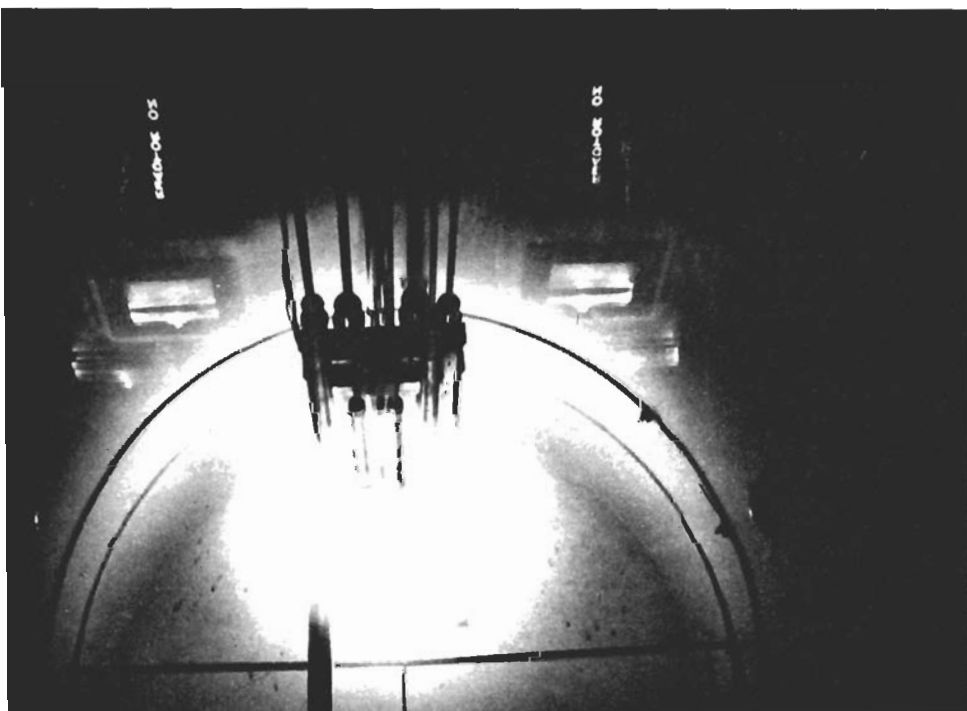
Actuellement, les Américains se voient bel et bien avec des milliards de dollars de plutonium inutilisable sur les bras! Dans une déclaration faite au début de l'année dernière, W. Libby n'a pas caché les graves soucis qu'entraîne ce problème.

LE PLUS TERRIFIANT DES POISONS

Toutefois, d'importants travaux de métallurgie sont aujourd'hui en cours pour dompter le plutonium. La première direction de recherche est la réalisation d'alliages sans micro-cristaux. Le plutonium est alors dissous de façon homogène dans toute la masse de l'alliage; on n'a donc plus à craindre de ces différences de dilatation entre les micro-cristaux, qui désagrègent la structure du métal. (Il existe une solubilité du plutonium dans le thorium, le zirconium, le fer, le nickel et le cobalt; mais ces métaux ne sont pas également valables sur le plan nucléaire.)

Dans une autre direction, on voudrait obliger le plutonium à conserver, quelle que soit la température, sa forme micro-cristalline la moins fantasque, la forme cubique (phase delta). Pour cela, il faudrait le bloquer avec un métal cristallisant dans le même système qui donnerait avec lui des cristaux mixtes.

Tout cela, peut-on penser, ne représente en définitive que des recherches assez simples



(1) On a bien évidemment déjà utilisé le plutonium dans des réacteurs du type « piscine » sous la forme de sels (sulfate en général) dissous dans de l'eau lourde ou de l'eau ordinaire. Mais, outre des difficultés graves de corrosion, ces réacteurs, de puissance forcément limitée, gardent un caractère expérimental. La France possède à l'heure actuelle un petit réacteur de ce type - Proserpine - réalisé avec du plutonium que nous ont avancé les Anglais.

du point de vue métallurgique; les laboratoires spécialisés ne devraient avoir que peu de difficultés à les mener à bien. Oui, mais le plutonium doit être travaillé avec des précautions extraordinaires par suite de son affolante toxicité.

Ce métal est, à la fois, un poison chimique et un poison radioactif. Tous les éléments lourds sont plus ou moins toxiques, mais le plutonium est certainement celui pour lequel la tolérance de l'organisme est la plus faible. Le plutonium s'oxyde à l'air avec rapidité et se désagrège en une poudre impalpable, laquelle se répand dans l'atmosphère comme un véritable gaz. Il peut être alors absorbé par les voies respiratoires. Environ 20 % de la poussière est retenue par les poumons, et assimilée. Les sels de plutonium se fixent alors dans la moelle, où ils déterminent des leucémies foudroyantes. La dose admissible pour toute la durée de la vie est fixée à 0,8 milliardième de gramme, ce qui représente le poids d'une seule de ces particules de poussière que l'on voit danser dans un rayon de soleil!

Par suite de l'ensemble de ces difficultés, l'étude de la métallurgie du plutonium ne progresse que lentement, très lentement. Aussi, son emploi pratique dans l'enrichissement des piles ne doit-il pas être escompté avant un délai qui peut être encore assez important.

RUSH SUR L'U235

Les Anglais ont acheté un peu partout dans le monde, en particulier à la France, des quantités assez importantes de thorium⁽¹⁾. Avec ce métal, on peut construire des piles qui produisent un isotope fissile de l'uranium, U 233, de la même façon que les piles à uranium produisant du plutonium.

L'uranium 233 venant du thorium 232 permettra certainement d'établir un cycle complet fort précieux parce qu'il produira plus de

(1) A la différence de l'uranium naturel qui renferme 0,7 % d'U 235, le thorium ne contient pas d'isotope naturellement fissile. Pour construire une pile au thorium, il faut commencer par mettre à ce corps une certaine quantité d'U 235 et, donc, disposer déjà d'une usine de séparation isotopique. C'est la raison pour laquelle la France ne peut pour le moment utiliser son thorium de Madagascar et en a à vendre une certaine quantité.

matières fissibles qu'il en sera consommé. Mais l'uranium 233 est lui-même marqué par des anomalies qui l'apparentent au plutonium.

C'est donc l'U 235 qui représente l'élément enrichisseur par excellence. Et l'on comprend que la France ait traité avec les États-Unis pour la fourniture de plus de 10 milliards de francs d'U 235 (2,4 tonnes), afin d'assurer l'exécution du nouveau programme du C.E.A. Celui-ci consacre l'abandon provisoire du plutonium comme élément d'enrichissement primaire et prévoit la construction de plus de 14 réacteurs d'études fonctionnant avec des combustibles fortement enrichis en uranium 235 d'origine américaine.

Ce marché comporte toutefois un sérieux inconvénient technique. Tous les résultats obtenus par nos organismes de recherche, qu'il s'agisse du C.E.A. ou de nos universités, seront nécessairement connus des Américains. Le traité de coopération signé entre la France et les États-Unis soumet de plus au contrôle de la Commission américaine l'usage des éléments fissibles vendus, ainsi que leur « descendance ». Cela veut dire que les combustibles formés par l'irradiation de ce 235 tomberont sous contrôle américain.

Par ailleurs, n'oublions pas que l'atome, qui se présente aujourd'hui comme un domaine de recherches coûteuses, est appelé demain à devenir une industrie primordiale. Si nous voulons alors exporter dans le monde des centrales atomiques ou des éléments de centrale comme nous exportons aujourd'hui des locomotives et des chaudières de centrales thermiques, il nous faut un minimum d'indépendance.

En effet, le jour où nous nous trouverons en concurrence avec les industriels américains pour la conquête de certains marchés nucléaires, comment ces industriels supporteront-ils que cette concurrence soit exercée à l'aide d'U 235 fourni à leurs concurrents par le gouvernement des U.S.A. ? La continuité de notre alimentation en combustible nucléaire concentré, et d'ailleurs celle de toute l'Europe, doit être assurée dans n'importe quelles circonstances.

Le Commissariat à l'Énergie Atomique insiste fortement auprès des atomistes euro-

péens pour la création en France d'une usine de séparation isotopique qui travaillerait pour l'ensemble de l'Euratom.

Face à son projet, que nous allons exposer dans un instant, les Allemands et les Hollandais ont également des réalisations en vue. La République Fédérale caresse le rêve de construire d'ici deux ans au centre atomique de Duren, une usine ou plutôt un atelier pilote qui opérerait la séparation isotopique par centrifugation et qui aurait une capacité de 5 tonnes-an d'uranium enrichi.

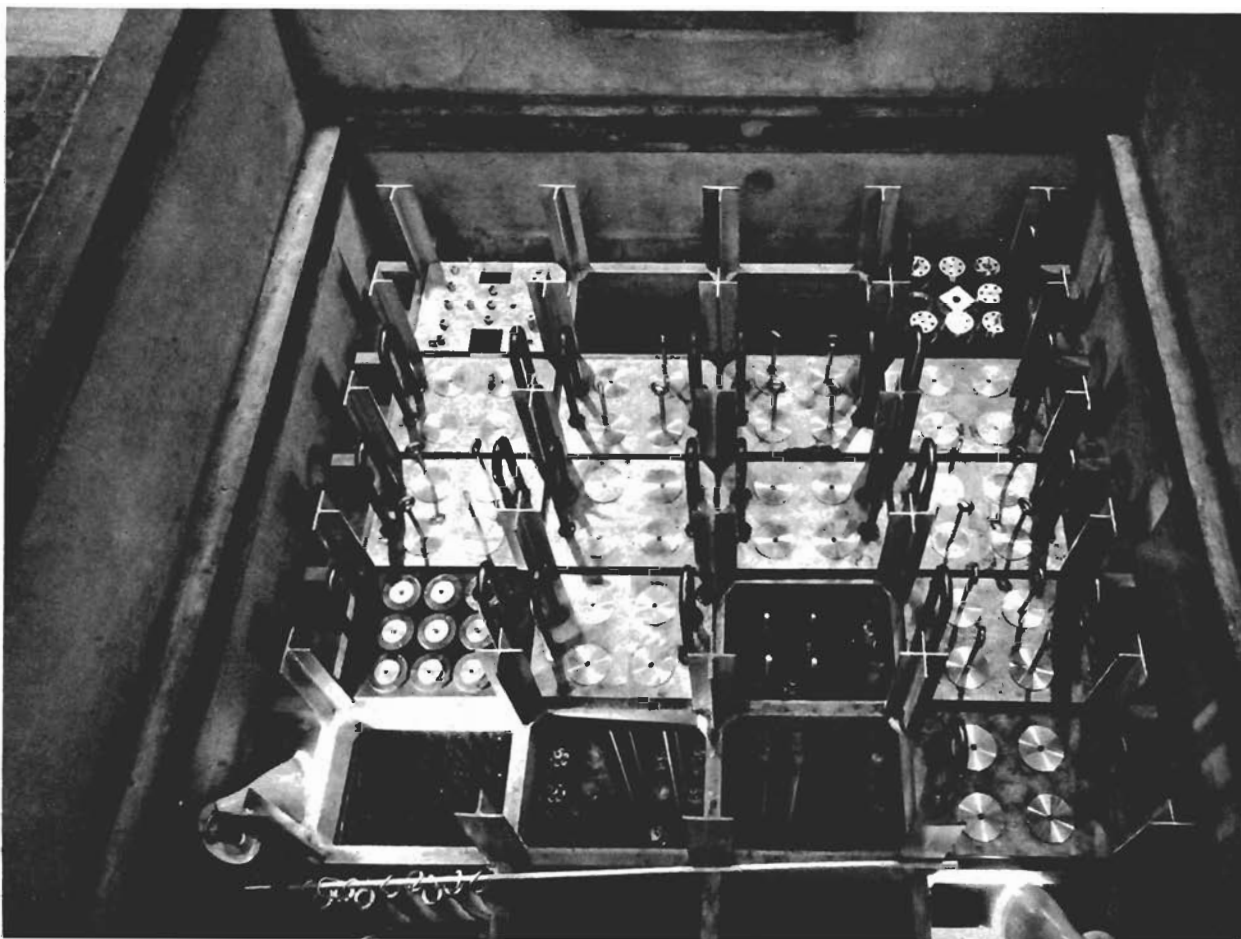
Par ailleurs, le procédé hollandais Becker est basé sur le fait que, dans un courant gazeux très rapide, les atomes les plus légers du gaz ont tendance à s'accumuler sur les bords du courant, les particules lourdes se concentrant au centre. On fait passer à une vitesse supersonique, l'hexafluorure d'uranium à travers les buses étroites et l'on collecte la partie extérieure du jet gazeux.

Quel que soit l'intérêt de ces méthodes nouvelles de séparation isotopique, il ne faut pas se dissimuler que leur mise au point sera longue et délicate. La France, elle, a préféré se lancer dans la voie classique de la diffusion gazeuse à travers des parois poreuses grâce à laquelle les Américains et les Anglais, sans parler des Russes, préparent depuis des années de l'uranium enrichi par milliers de tonnes.

Les Anglo-Saxons ont jalousement gardé le secret sur les détails de leur technique. Seul un chapitre d'une douzaine de pages très sommaires du célèbre rapport Smith, paru juste après la guerre, traite cette question. C'est donc presque de zéro que nos ingénieurs ont dû repartir.

À Saclay, les effectifs consacrés à la séparation isotopique ont été faibles tout d'abord. Au début de 1954, ce département ne comprenait que trois ingénieurs venus du Service des Poudres et qui ne disposaient que d'un budget de quelques millions. Cette petite équipe s'étoffa à la fin de 1955, à la suite d'une attribution d'un crédit de 330 millions, et l'effectif se trouva porté à 35 personnes environ. À la même époque, un certain nombre d'études furent confiées à des sociétés privées. L'effectif du service de la diffusion gazeuse est aujourd'hui au C.E.A. de 150 per-

Le réacteur Aquilon de Saclay. Ce réacteur ultra-démontable permet d'expérimenter toutes sortes de combinaisons. C'est très probablement en son sein que seront introduits les premiers kilos de combustible enrichi à l'U235 que nous livreront les U.S.A. aux termes des accords récents.



sonnes dont 60 ingénieurs, auquel il convient d'ajouter 140 chercheurs (dont 40 ingénieurs) que les sociétés privées chargées des études annexes ont affectés à ces recherches.

LA FRANCE NE DOIT PAS LAISSER PASSER SA CHANCE

Le principe de la diffusion gazeuse est aussi simple que sa réalisation est délicate. On travaille sur le seul composé d'uranium qui sort gazeux à une assez faible température: l'hexafluorure d'uranium, que l'on emploie à 60°. Cette substance passe à travers toute une succession de parois poreuses et, comme les molécules plus légères à base d'U 235 passent un peu plus vite, il y a donc léger enrichissement en ce corps après chaque passage. Malheureusement, l'hexafluorure est très toxique et corrosif; les canalisations où il circule et, surtout, les pompes destinées à le mettre en mouvement, posent des problèmes technologiques extrêmement ardu. D'autre part pour que la diffusion gazeuse à travers des parois poreuses conduise à un enrichissement appréciable, il est nécessaire que les pores de ces parois répondent à des conditions très rigoureuses. Idéalement, chaque trou devrait avoir un diamètre à peine supérieur à la dimension des molécules d'hexafluorure... En pratique, on réalise des trous aussi fins que possible, avec une longueur égale à 30 fois leur diamètre environ.

La réalisation de telles parois poreuses est, on s'en doute, strictement délicate, surtout quand on pense que leur épaisseur ne doit pas dépasser 1/10 de millimètre et qu'elles doivent résister à la terrible corrosion de l'hexafluorure. Le C.E.A. a étudié pour ces parois trois produits, l'alumine frittée, le nickel (également fritté) et une matière plastique fluorée, le fameux téflon.

Nous avons jusqu'ici parlé de «paroi» poreuse; en fait, dans la future usine française, la diffusion gazeuse ne se fera pas entre des

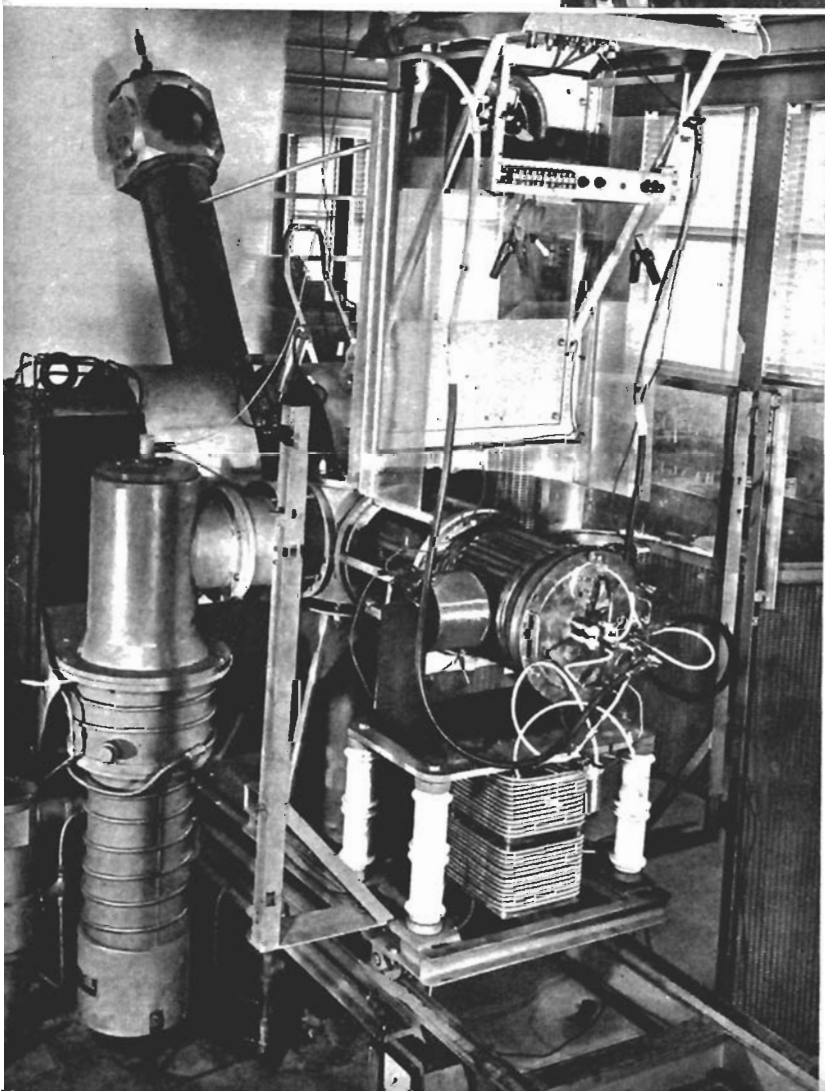
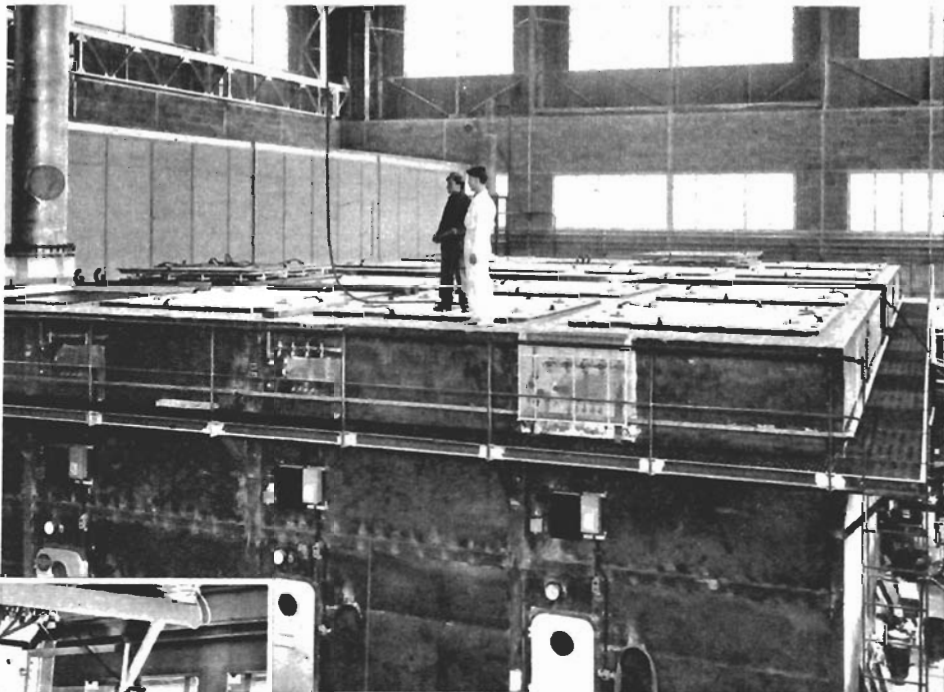
faces de parois, mais à travers les parois d'un tube. L'hexafluorure est injecté sous une pression d'un cinquième d'atmosphère au centre du tube, et le mélange enrichi est recueilli à l'extérieur. Nos techniciens sont arrivés au résultat remarquable d'un débit horaire de 15 kilos de gaz par mètre carré de surface de diffusion. Dans l'immédiat, l'atelier où à Saclay sont actuellement préparés ces tubes de couleur blanche (l'alumine frittée semble avoir la faveur) on a tout à fait l'impression de se trouver dans une usine de macaronis!

Pour l'immédiat, l'équipe des techniciens de Saclay travaille à la réalisation, plus exactement à l'achèvement, d'une chaîne expérimentale qui comportera quelques cellules de diffusion. Il ne s'agit pas encore d'une unité-pilote, d'une usine miniature donnant une

certaine production, mais simplement un dispositif expérimental permettant d'essayer le bon fonctionnement des tubes de diffusion, des pompes, des vannes, etc.

Les projets prévoient ensuite la réalisation d'une usine capable de produire environ 200 tonnes par an d'uranium à 1,5 % d'U 235, c'est-à-dire contenant le double de matière fissible que l'uranium naturel. Cet enrichissement est suffisant pour la réalisation de piles produisant de l'énergie dans les conditions économiques.

Si l'on veut obtenir un enrichissement plus poussé et disposer d'uranium à 10 ou 20 % d'U 235 pour équiper des réacteurs comme ceux du Nautilus américain, il faudrait alors un ensemble beaucoup plus important contenant 1 500 à 2 000 cellules successives de diffusion.



← ↑
Voici, à Saclay, les installations d'étude pour la future usine de séparation isotopique. Ci-contre, une pompe d'alimentation destinée à mettre en mouvement l'hexafluorure qui doit traverser les parois poreuses des tubes de diffusion. Ci-dessus, les premières cellules expérimentales qui vont permettre aux techniciens de faire les mises au point nécessaires avant de passer à une unité-pilote proprement dite.

Le projet primitif, d'ambition volontairement limitée, est à l'échelle de nos moyens, même si nos partenaires européens décidaient de ne pas s'y associer. Son coût voisine 60 milliards, alors que l'ensemble des piles prévu à Marcoule et de l'usine de traitement de l'uranium doit dépasser 80 milliards pour une production de plutonium de 150 kilos par an environ. Or, même en supposant résolus les problèmes posés par l'enrichissement d'une pile au plutonium, ces 150 kilos de Pu n'auraient permis d'enrichir que quelque 20 tonnes d'uranium naturel en portant son taux de matière fissible de 7 à 15 g au kilo.

Tant par son prix que par l'ordre de grandeur des possibilités qu'elle nous ouvre, l'usine de séparation isotopique prévue par le C.E.A. constitue une réalisation à la fois raisonnable et indispensable. Il convient maintenant de ne pas dévier du but ni en manquant de hardiesse et en renonçant à construire cette usine, ni en présument à nouveau de nos forces et en nous lançant dans un projet trop grandiose.

Nous avons manqué le rendez-vous du plutonium; la chance a voulu que, par suite des caprices de ce métal, les nations qui en possédaient ne puissent tirer grand avantage de cette richesse. Ne recommençons pas à compromettre nos possibilités en manœuvrant à nouveau de façon incohérente dans la voie de l'uranium 235.

Jean GOUJON