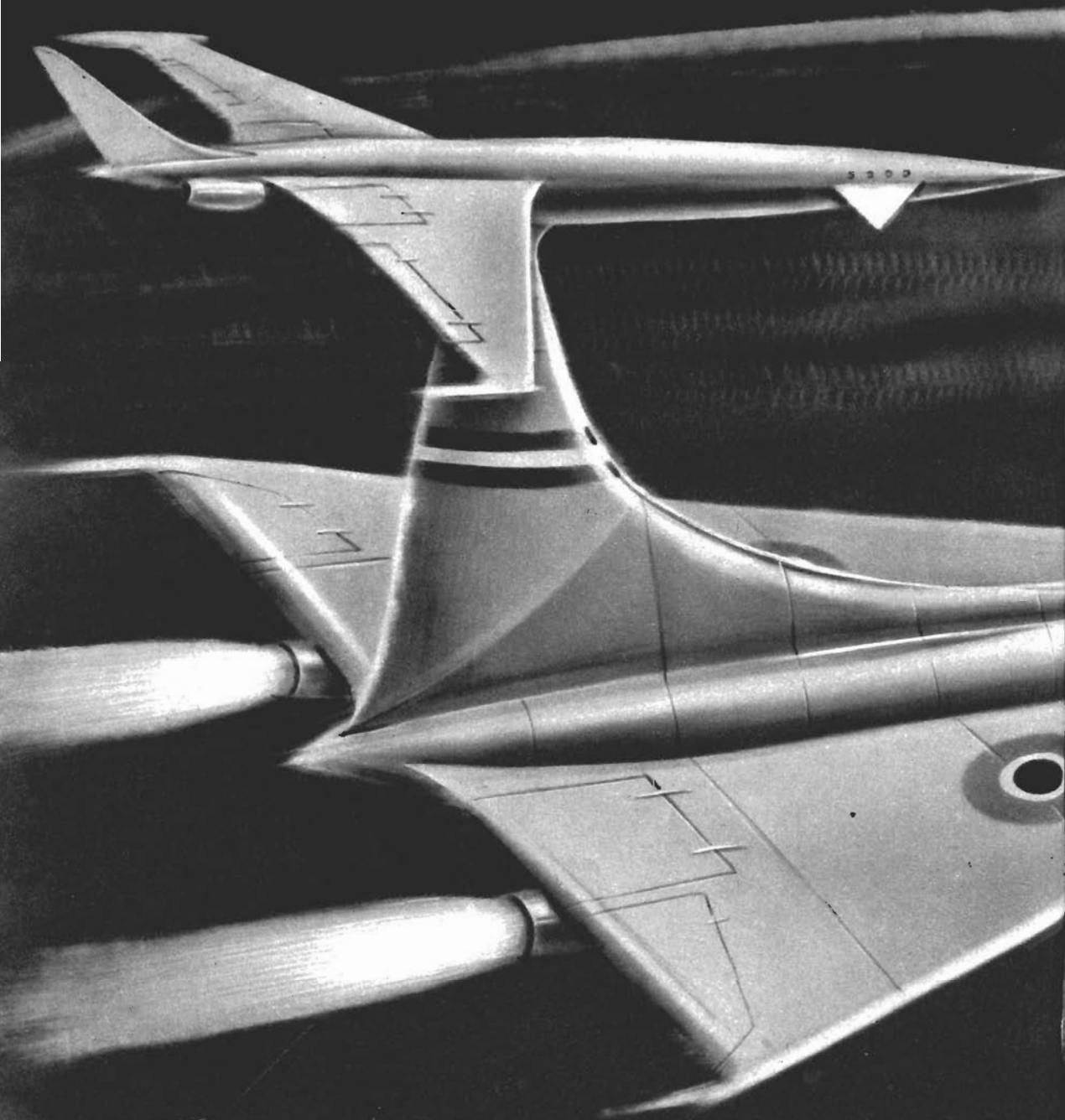


L'AVION



G. Fournier

ATOMIQUE



Dernier mot de l'aéronautique avant l'anti-gravitation, ce « monstre » à double cellule (la petite pour l'équipage, la grosse pour les réacteurs) volera... après-demain. L'avion atomique en cours d'étude est militaire; « Science et Vie » a réalisé, ci-dessus, un projet pacifique pour hautes altitudes.



« **M**ONSIEUR le Président, je viens de rentrer d'U.R.S.S. Les Russes sont décidés à faire voler un avion atomique d'ici un an. Je vous demande d'accorder le « go » au projet américain « Fly early » d'avion atomique ».

« Monsieur le sénateur, je m'oppose à la construction d'un avion atomique pour de seules raisons de prestige. Une telle réalisation détournerait un matériel précieux et des énergies compétentes de projets plus urgents. »

Telle est la teneur d'un retentissant échange de lettres qui continue d'agiter militaires, savants, industriels et simples particuliers américains. Les deux interlocuteurs sont le président Eisenhower et le sénateur Melvin Price, président de la Commission du Congrès pour l'Énergie Atomique. On le devine : toute allusion à l'avion atomique dans les milieux aéronautiques américains suscite des bouffées de mauvaise humeur. Les deux réponses qu'on entend grommeler le plus souvent sont « Ike est fatigué » et « les Russes vont nous refaire le coup du spoutnik ».

Le cas du projet « Fly early » résume éloquentement la crise de la science américaine et le dilemme qui la suscite : prudence ou prestige ? C'est un bel exemple ; le projet d'avion atomique est certainement le plus

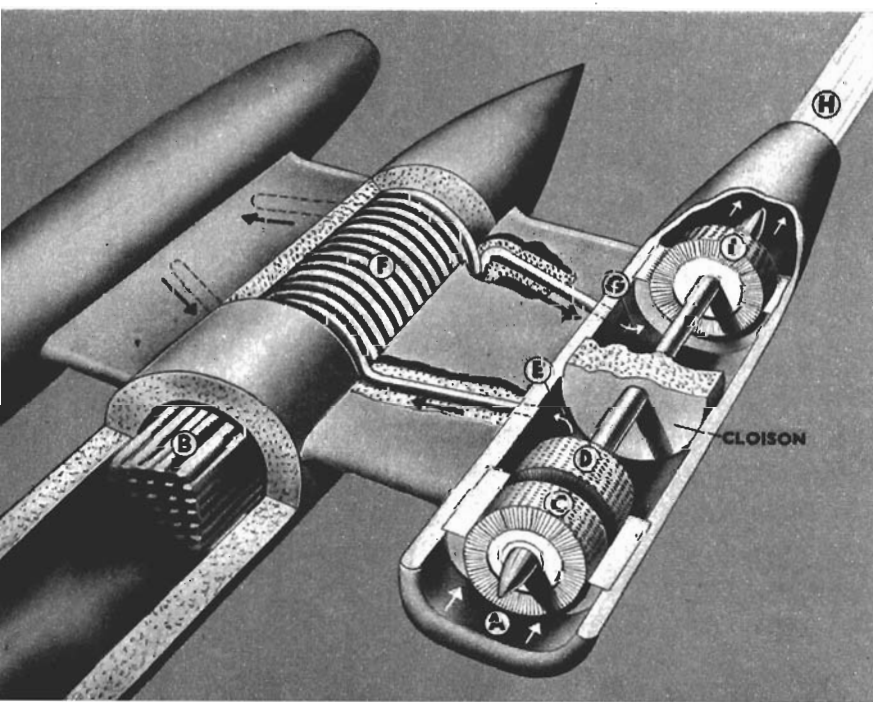
ardu que l'aéronautique ait jamais affronté.

C'est en Octobre dernier que le sénateur Price annonçait que les Russes feraient décoller un avion atomique avant la fin de 1958 ; le délai prévu touche à son terme. La course au prestige ne semble pas avoir inspiré les ingénieurs de Taschkent plus que ceux de Harwell, en Grande-Bretagne, d'Oakridge, aux États-Unis, ou de Saclay, en France.

Pourquoi faire, un avion atomique ? Simplement pour adapter à l'aéronautique une nouvelle source d'énergie ? Non. L'avion atomique pourra croiser plusieurs jours sans toucher sa base, et à une altitude inaccessible aux radars. Telle est la raison principale ; une raison militaire, bien entendu, car seul un budget militaire peut subvenir aux recherches du projet « Fly Early ».

Comme les couvertures-radar de défense s'effectuent à l'aide d'ondes ultracourtes (bande X en général, d'une longueur d'onde d'environ 3 cm et d'une fréquence de 10 000 mégahertz), pour que les antennes destinées à les localiser n'atteignent pas des dimensions invraisemblables, et comme ces ondes ont une propagation rectiligne, les portées de détection sont limitées par la courbure de la Terre ; un avion volant très bas resterait indétectable jusqu'au voisinage immédiat de son objectif.

Avion « facile » : jet radioactif



Le moteur atomique d'avion, en raison des dangers que pose son utilisation pratique, n'est pas encore réalisé. On en connaît cependant le fonctionnement. Voici le projet « facile ». L'air s'engage dans le moteur par l'entrée A. Il est aussitôt comprimé par les turbines basse et haute pression C et D. Puis, suivant la flèche E, il est dirigé dans l'échangeur atomique F où il est porté à de très hautes températures. Suivant la flèche G il revient ensuite dans le moteur. Il actionne la turbine I et se détend en H à la sortie du réacteur. Dans ce projet l'air formant le jet est radioactif. L'avion doit donc se maintenir à très haute altitude.

Pour les avions à réacteurs classiques, la consommation de carburant dans des vols à basses altitudes serait énorme, leur vitesse étant limitée par leur poids et surtout par le mur de la chaleur, beaucoup plus « proche » à 1 000 qu'à 20 000 m. Compromis généralement admis des stratégies actuelles : le bombardier volerait à haute altitude pendant une partie de sa mission et plongerait à basse altitude lorsqu'il arriverait à portée des radars adverses. Mais où commence cette portée ? Les techniciens ne peuvent le préciser.

La formidable extension du rayon d'action de l'avion atomique permettrait non seulement de duper les radars, mais aussi de se passer des bases distantes. Seule limite idéale : la résistance nerveuse de l'équipage, soumis aux mêmes tensions que celui d'un sous-marin en action.

Ce rêve ambitieux est étroitement lié au succès d'une délicate et prodigieuse entreprise technique : créer un moteur atomique assez léger pour pouvoir se plier aux exigences aéronautiques, et capable de fonctionner sans exposer l'équipage à des radiations. En somme, marier l'aéronautique et l'atomistique. Marier deux dragons.

C'est par émission de gaz chaud (en l'occurrence, de l'air), tout comme les avions clas-

siques à réacteurs, que se propulserait l'avion atomique. La source de chaleur ne serait plus la combustion du pétrole, mais la réaction de fission.

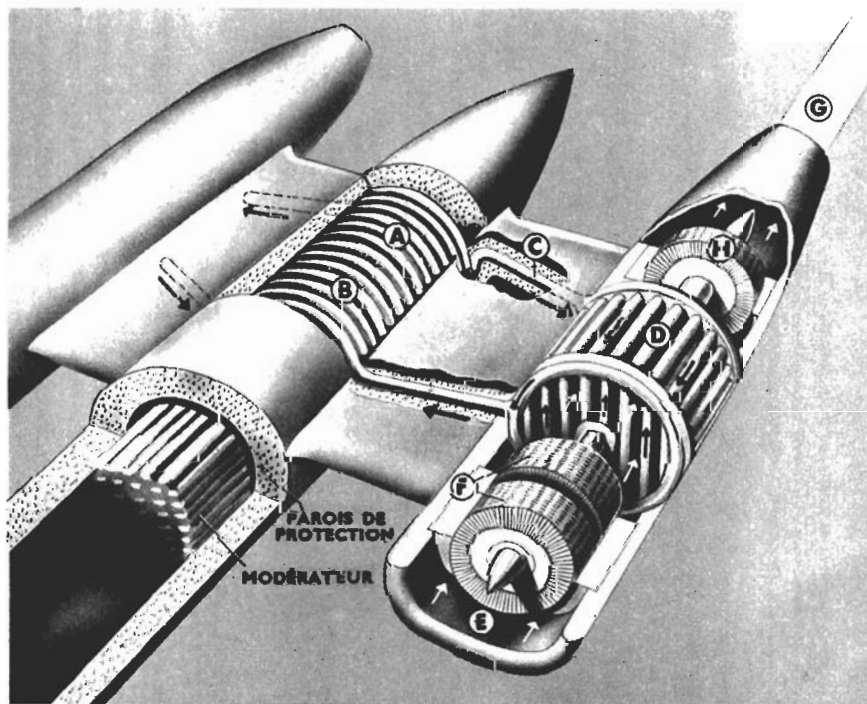
Dans une pile thermique terrestre ordinaire, cette réaction s'opère avec une masse d'uranium faible — c'est en général de l'uranium naturel dans lequel l'isotope fissile U 235 n'existe que dans la proportion de 0,7 %. Le cœur de la pile y occupe un volume important, étant donné que l'élément modérateur chargé de ralentir les chocs des neutrons est logé entre les gaines d'alliage léger qui contiennent les barres d'uranium. Une pile thermique de ce genre pèse plusieurs centaines de tonnes.

Ce poids en rend, évidemment, l'utilisation aéronautique impossible. On recourt donc — théoriquement — à des piles où la proportion d'isotope fissile est beaucoup plus importante, (voire à l'isotope pur), à moins qu'on se serve de plutonium. On fait alors appel à des neutrons plus rapides pour dissocier ce « carburant ». Et, pour diminuer à la fois le volume et le poids du cœur de la pile, on supprime — toujours expérimentalement — le modérateur.

Petite et légère, cette pile aéronautique serait capable d'une énorme production de

Avion « propre » : jet non radioactif

Dans ce projet, le danger du jet radioactif est éliminé. Un métal liquide — le sodium — s'échauffe en A au contact du foyer nucléaire B. Porté à haute température, le métal s'engage dans le canal C pour atteindre l'échangeur de température D. L'air engagé par l'entrée E et compressé par les turbines basse et haute pression F se réchauffe au contact du métal en passant par l'échangeur H. Il actionne la turbine H et se détend en G à la sortie du réacteur. Ce procédé a l'avantage de fournir un jet non radioactif. Les problèmes de sécurité ne sont pas tous résolus, notamment celui de la protection de l'équipage.



chaleur. Sa dimension serait uniquement déterminée par la surface d'échange à donner pour que tout le « carburant » ne se vaporise pas dès le début de la réaction.

On entend par surface d'échange la surface sur laquelle s'opère l'échange thermique avec le fluide véhiculant les calories. L'U 235 se présente donc sous forme de fils ou de bandes, afin de l'augmenter le plus possible. Il n'est cependant pas possible de dépasser certaines limites d'amincissement, étant donné que ces fils ou bandes, déjà fragiles au départ, tendent à se désagréger en cours de fission.

Pour refroidir la masse critique, on emploie alors et tout aussi expérimentalement des métaux liquides à températures basses, sodium ou bismuth, ou de l'hélium sous pression.

La pile ainsi réalisée au banc d'essais mesure de 60 à 90 cm d'arête cubique, pour les puissances calorifiques à fournir, qui sont de 30 à 60 mégawatts pour un gros avion subsonique d'une centaine de tonnes, et de 100 à 250 mégawatts pour un bombardier supersonique capable de voler à Mach 2,5 et à 18 000 m d'altitude.

Tout cela pour de l'air chaud . . .

Cette adaptation d'un moteur atomique aux exigences aéronautiques est, telle que nous en avons tracé le schéma, idéale. La transposition technique se heurte cependant à un certain nombre de « petits détails » qui ne paraissent pas près de trouver leur solution définitive.

Le premier de ces « détails », c'est le prix de l'uranium 235. La séparation de l'uranium 238, qui forme les 99,3 % de l'uranium naturel, et de l'uranium 235 ou matériau fissible, est une opération dont le prix de revient reste actuellement très élevé. On a donc envisagé de réduire la quantité de carburant consommé par fission en se servant des neutrons émis par la pile pour transmuter un corps abondant et moins coûteux, tel que l'uranium 238 ou le thorium 232 en un matériau fissible. Ce qui est possible au prix d'une augmentation de volume de la pile, mais dans des proportions raisonnables.

Et c'est ici qu'on aboutit au principe de la pile à combustible liquide. Au lieu de considérer séparément, comme pour une pile hétérogène, le cœur producteur de chaleur et l'agent refroidisseur, on peut envisager de combiner les deux. Il suffit pour cela d'utiliser un fluide capable de dissoudre l'uranium et

d'absorber sa chaleur. La chaleur prenant naissance au sein même de ce fluide, on se sera débarrassé du problème du transfert de la chaleur. Le fluide qui paraît actuellement le plus commode pour ce double usage est le bismuth, qui fond à 271° et dissout l'uranium. Deuxième « détail » : comme l'uranium se dissout plus facilement dans le bismuth au fur et à mesure que la température de celui-ci augmente, les grains d'uranium se dissoudront à chaud ; au moment du refroidissement dans l'échangeur du turboréacteur, cet uranium en suspension risque de se solidifier et de boucher toutes les canalisations !

Un choix peu commode

Troisième « détail » : afin d'obtenir une température suffisante pour que le cycle thermique du turboréacteur ait un rendement convenable, il faut que le bismuth atteigne une température de 750 à 800°. Or, à cette température, le bismuth attaque violemment le fer. Il faudra donc étudier des aciers au chrome spéciaux, et accorder une attention particulière au problème de la pompe faisant circuler le bismuth dans le tube de refroidissement. (Ce pourrait être une pompe du type électromagnétique sans pièces mobiles).

Le choix d'un métal refroidisseur n'est pas commode : cet élément, en effet, doit posséder un coefficient de transfert de chaleur suffisant et une pression de vapeur assez faible pour réduire le poids de la tuyauterie ; il doit être peu corrosif et bien dissoudre l'uranium et capter peu ou prou les neutrons. Ce dernier point est très gênant : presque tous les métaux soumis au flux des neutrons finissent par devenir radioactifs. Il faudra donc doter le circuit refroidisseur d'un écran, ou bien établir un deuxième circuit avec un échangeur supplémentaire . . .

Pour ce choix, le sodium, qui fond à 98°, et dont la technologie commence à être bien connue, retient l'attention, mais il dégage une forte radioactivité gamma ; le bismuth, lui, dégage une radioactivité alpha et se transforme en polonium, dont les émanations sont très dangereuses ! Quatrième « détail », qu'on espère éliminer en utilisant des sels fluorés, du lithium 7, des mélanges eutectiques sodium-potassium ou plomb-bismuth, autres solutions intéressantes mais qui n'ont pas encore abouti. Les Russes, dit-on, enfin, sous

la direction de l'ingénieur Tupolev, étudient l'utilisation de l'hélium sous forte pression, mais cette solution entraîne une révision du plan du cœur de la pile ; ce serait une pile hétérogène complexe à uranium enrichi enrobé dans un support de céramique, de graphite ou de glucinium.

Si l'avion atomique était destiné à opérer à de hautes altitudes, où l'air est raréfié, il devrait emporter, en même temps que le carburant, le gaz à éjecter. Dans ce cas, il serait — relativement — peu important que ce fluide fût radioactif, les produits d'éjection n'étant lâchés qu'à de grandes distances de la Terre.

Il ne s'agirait d'ailleurs plus là d'avion à proprement parler, mais bien de fusée.

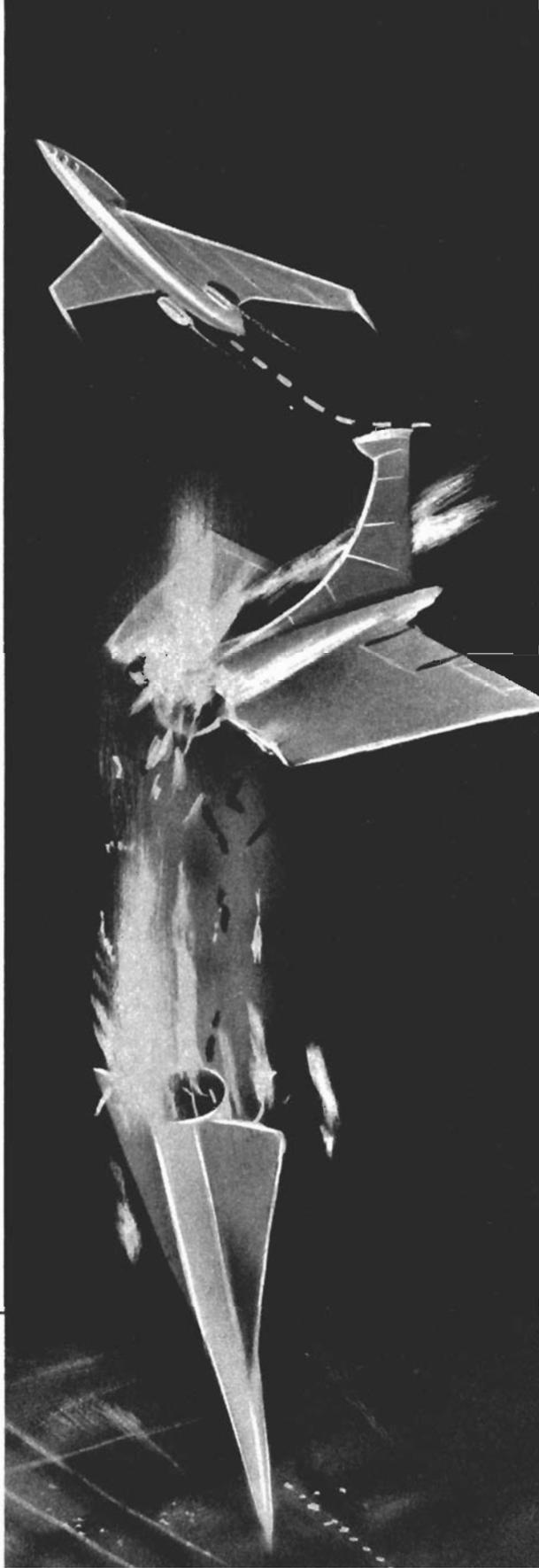
Or, les plans qu'étudient actuellement les ingénieurs américains sont ceux d'un avion terrestre destiné à circuler dans les basses couches de l'atmosphère. Le turboréacteur atomique dont ils ont établi le principe élimine à peu près le problème de l'intoxication atomique de l'équipage, si l'on suppose que les écrans de plomb imprégnés de bore 10, en étude à la Pile piscine de Harwell, soient véritablement efficaces (encore faut-il rappeler que la solution qui consiste à n'isoler que l'équipage de l'avion, quitte à exposer tout le reste de l'appareil aux radiations, comporte de très sérieux aléas). Mais le plus gros problème, le cinquième « détail », est celui de « scattering ».

Un simple écran ne protégeant qu'une petite zone de l'espace (où se trouve l'équipage) n'arrête pas les radiations gamma secondaires qui se forment dans l'air et les nuages irradiés par le rayonnement primaire.

Ces objections suffiraient : la solution de l'écran limité à l'équipage, qui semble, ainsi que les autres « détails », donner raison au président Eisenhower, entraîne des conséquences mécaniques très fâcheuses : les transmutations provoquées par les neutrons dégradent les caractéristiques physiques des métaux en disloquant leurs réseaux cristallins ;

SUITE PAGE 96

Si l'avion atomique se trouvait en perdition, l'équipage serait sauvé: la nacelle de pilotage, qui est un avion autonome..., se détacherait automatiquement et pourrait regagner aisément l'aérodrome le plus proche.



tous les semi-conducteurs « rendent l'âme » sur le champ, le verre devient opaque et fragile, les fluides organiques dégèrent ; toutes les grandes compagnies pétrolières ont abouti aux mêmes conclusions après des essais en laboratoire : les graisses radioactivées se solidifient... ou coulent comme de l'eau ! Inconvénient dont on saisit l'importance pour la lubrification des moteurs. Les silicones, ou huiles de silice, seraient encore plus vulnérables. Enfin les liquides des commandes hydrauliques dégagent des bulles, le néoprène devient cassant et les métaux qui ne sont pas d'une absolue pureté engendrent des isotopes dangereux...

A supposer qu'on résolve le problème du décollage — l'écran limité interdisant de faire fonctionner la pile dès le départ — à supposer que les problèmes énumérés plus haut et leurs nombreuses petites séquelles soient éliminés, à supposer que l'entretien au sol puisse se faire, au prix de minutieuses précautions — atterrissage dans des zones isolées, combinaisons isolantes pour le personnel de terre, largage des piles dans des bassins avant l'atterrissage... à supposer enfin que l'avion atomique parvienne à prendre l'air : qu'advierait-il en cas d'accident ?

Si la pile est en service depuis longtemps, elle sera bourrée d'isotopes radioactifs très virulents. L'interruption brutale du refroidissement provoquerait, une vaporisation de toute la pile et le déversement instantané d'une pluie mortelle de neutrons sur d'immenses surfaces. Le déplacement des écrans, inévitable, mettrait pendant plusieurs instants l'équipage en grand danger.

Une seule vraie solution : la fusion

On comprend l'extrême réserve d'Eisenhower devant un projet certes fantastique et riche de prestige, mais dont les spécialistes les plus enthousiastes mesurent eux-mêmes très bien les dangers.

Il n'est qu'une seule vraie solution à ces problèmes : c'est la fusion. Dans sa présentation de « Zeta », la pile à fusion de Harwell, « Science et Vie » a exposé les caractéristiques de ce procédé, dont le principal avantage est la réduction des déchets radioactifs, et, dans le domaine aéronautique, de la radioactivation du matériel et de l'équipage.

Or, à son stade actuel, la fusion exige, quel que soit son type, une température de départ de plusieurs millions de degrés, impossible à obtenir actuellement au stade aéronautique. De plus, ni les Américains, qui poursuivent actuellement des recherches sur les quatre types de fusion possibles, ni les Anglais, qui annoncèrent prématurément les triomphes de Zeta, ni les Russes, qui ne ménagent pas leurs efforts et ni les Allemands, enfin, qui se sont récemment lancés dans les recherches sur la fusion avec des capitaux et des effectifs considérables, n'ont encore atteint, fut-ce au stade terrestre, des résultats concluants ; qu'on juge du stade aéronautique...

Il serait pourtant hâtif d'accuser les Américains de jeter le manche après la cognée : le président de la Lockheed Aircraft Cy., Robert E. Gross, a déclaré au début de cette année que sa compagnie, avec le secours du gouvernement, entreprenait à Dawsonville, en Georgie, la construction d'installations d'essais et d'un laboratoire couvrant une superficie de 40 km². Ce qui n'est déjà pas si mal. L'ensemble serait utilisable au début de 1959. Les gouvernements britannique et français s'intéressent également beaucoup à la question, quoiqu'avec des moyens plus faibles. En Grande-Bretagne, c'est surtout De Havilland qui a étudié le problème ; en France, c'est la S.N.E.C.M.A. et le Commissariat à l'Énergie Atomique qui ont élaboré en commun un projet de réacteur à neutrons rapides. Ce projet a beaucoup intéressé les Américains et nous a valu l'offre d'une certaine quantité d'uranium enrichi de leur part pour réaliser à Saclay un prototype de cette pile. Le ministère de l'Air suit le projet avec intérêt.

M. A.-A. Lombard, ingénieur en chef de Rolls-Royce, annonçait récemment : « Demain, l'avion atomique verra le jour. » L'évidence l'indique : s'il voyait le jour demain, ce serait un avion à pile de fission, un avion militaire. Encore n'en serait-il, pour de longues années, qu'au niveau expérimental. L'aviation civile n'en demande pas tant... C'est un avion à énergie de fusion qui a le plus de chances de quitter la cohorte des monstres de laboratoires pour un ciel enfin « propre ». Non pas demain, mais après-demain.

De notre correspondant à New York, **A. OKUN**
Conseiller technique : **J.-P. RABATÉ**