

15<sup>e</sup> Année - N° 712. - 7 Février 1935

LE NUMERO : 75 Centimes

# LES AILES

JOURNAL HEBDOMADAIRE DE LA LOCOMOTION AERIENNE

Rédacteur en Chef : Georges HOUARD.

Redaction, Administration : 77, Boulevard Malesherbes, Paris (8<sup>e</sup>)  
Téléphone : Laborde 83-26 et 27 — Chèques Postaux : PARIS 443-49

Abonnements d'un an : France : 25 fr.  
Union Postale : 45 fr. — Autres pays : 60 fr.

LES PROBLEMES TECHNIQUES DE LA COSMONAUTIQUE

# V.-L'appareil propulseur d'un cosmonef

Comment construire les réservoirs, les chambres de combustion et les tuyères d'un appareil destiné à la navigation interplanétaire

Nos lecteurs se souviennent de la première série d'articles de M. J. Ary J. Sternfeld, parus en juillet et août derniers dans notre journal. Le lauréat du Prix International d'Astronautique s'était proposé de situer théoriquement le problème et de définir les meilleures solutions pour le résoudre. Aujourd'hui, nous inaugurons une nouvelle série d'études du même auteur; cette fois, les travaux de M. Ary J. Sternfeld sont orientés vers des buts que nous nous permettons de qualifier de « pratiques », puisqu'il s'agit des principes et des détails de construction d'un cosmonef.

**A**VANT de commencer le premier article consacré aux problèmes techniques que pose la construction d'un cosmonef, rappelons les précédentes études publiées sur cette question par ce journal :

I. Les solutions négatives au problème du déplacement dans le vide. N° 683, 19 juillet 1934;

II. Une solution positive : la fusée. N° 684, 26 juillet 1934;

III. Les applications de la fusée. N° 685, 2 août 1934;

IV. Les voyages cosmiques. N° 686, 9 août 1934.

Les nouveaux articles consacrés à la réalisation d'un cosmonef, aussi bien interplanétaire que pour la communication terrestre ultra-rapide, montrent que la cosmonautique entre dans une période de construction, les problèmes théoriques étant déjà plus ou moins résolus.

## Les réservoirs

Le rapport de la masse du réservoir à celle de son contenu soumis à une certaine pression est indépendant des dimensions du récipient. Il varie suivant la forme de celui-ci et atteint sa valeur minimum dans le cas d'une sphère creuse (fig. 1). Il est évident qu'il importe de le diminuer autant que possible.

Ce rapport est tellement grand pour les gaz, en leur état normal, que, si l'on voulait se servir de ceux-ci pour le moteur à réaction, on ne saurait jamais songer à une application sérieuse de la fusée. Il est vrai qu'en comprimant les gaz on peut diminuer considérablement leur volume, ce qui réduirait la résistance opposée par l'air. Mais alors ledit rapport diminuerait même, vu que, pour les grandes pressions, les effets de flexion des parois viennent s'ajouter aux effets de traction. La supériorité des combustibles liquides par rapport aux gaz est donc indiscutable au point de vue de la réduction du poids mort des réservoirs.

Les récipients contenant les provisions combustibles constituent la majeure partie du volume du cosmonef. Ce sont donc eux qui déterminent principalement la forme du véhicule.

Une partie plus ou moins grande du cosmonef est toujours soumise à l'effet de compression, étant donnée la force d'inertie des molécules se trouvant devant le centre de poussée du propulseur et la résistance de l'air se manifestant sur la proue. Si la longueur de cette partie du véhicule dépasse sensiblement ses dimensions perpendiculaires on est même menacé par le flambage. Afin d'écartier ce danger, il faut rendre la construction rigide par une charpente convenable, ou bien laisser les réservoirs sous une certaine surpression par rapport au milieu ambiant. Toutefois, celle-ci doit être incomparablement inférieure à la pression dans la chambre de combustion.

Les deux solutions exigent un renforcement des réservoirs, donc une dépense supplémentaire de matière première. Ce n'est que lorsqu'on se trouvera devant le problème concret de réalisation d'une construction donnée qu'on saura dire lequel de ces systèmes est préférable.

La résistance des métaux diminue généralement aux températures extrêmes. La diminution de l'élasticité des matériaux avec la baisse de température constitue un inconvénient encore plus grave. Ainsi, un choc pourrait-il facilement casser un réservoir en fer contenant des gaz liquides. Il se pose donc la question du choix d'un matériau approprié. Le plomb et le cuivre électrolytiques semblent bien convenir aux très basses températures; les qualités mécaniques du plomb s'accroissent même encore dans ces conditions.

Afin d'éviter l'éclatement des réservoirs pendant leur remplissage avec des gaz liquides, il faut préalablement refroidir progressivement le récipient, par exemple avec des vapeurs des mêmes gaz.

Les parois en contact avec les combustibles doivent être en métal inattaquable par eux ou, au moins, recouverts d'une couche résistante aux actions chimiques.

Le principe du vase de Dewar (fig. 2) peut être appliqué aux réservoirs si l'on veut éviter une évaporation trop violente des liquides, causée par la chaleur empruntée à l'air ambiant.

La répartition des réserves combustibles dans les récipients sera toute autre pendant la période du voyage, où tout effet de pesanteur sera supprimé. Il faut donc ou bien construire l'appareil propulseur de façon qu'il puisse fonctionner indépendamment de l'action de l'accélération, ou bien disposer d'un démarreur spécial.

## Les chambres de combustion

Le combustible et le comburant doivent être mélangés aussi intimement et aussi rapidement que possible. Cela peut s'effectuer, préalablement, dans une enceinte spéciale, ou bien seulement dans la chambre de combustion elle-même. L'allumage peut se faire par un fil électrique incandescent, une bougie électrique ou un catalyseur approprié.

Le combustible et l'oxygène sont introduits dans la chambre de combustion soit par la surpression existant dans les réservoirs, soit par des pompes spéciales. Pour des raisons de construction, la combustion a lieu à volume constant.

La combustion peut être intermittente ou continue.

La combustion discontinue peut, théoriquement, s'effectuer sans application de pompes : le mélange combustible est introduit dans la chambre de combustion au moment où la pression y est minimum, sous la légère surpression régnant dans les réservoirs. Les ouvertures d'entrée sont ensuite fermées; la combustion et l'évacuation complète des gaz s'effectuent alors et le cycle se répète. Le travail d'injection du combustible est ainsi minime.

Si la fréquence des explosions, pouvant se produire alternativement dans quelques appareils, est très grande, la différence de l'intensité de l'accélération réactionnelle ne se fera pas sentir.

En général, la combustion intermittente est cependant impraticable à cause de la lenteur du remplissage de la chambre de combustion et d'un rendement thermodynamique inférieur à celui pouvant être obtenu à pression constante. On sait d'ailleurs qu'un corps résiste à un effort

ment du propulseur. Le réglage de la pression ne présente aucune difficulté. En vue du refroidissement, on peut, en outre, provoquer une circulation forcée du liquide de refroidissement. Cela permettra au métal de résister à la chaleur intérieure, et la partie d'énergie calorifique perdue ici sera récupérée ensuite.

Quant à la résistance des parties très chaudes du propulseur à la température et aux tensions, il faut prendre en considération que ces effets n'agissent que pendant un intervalle de temps très court, c'est-à-dire pendant quelques minutes à peine.

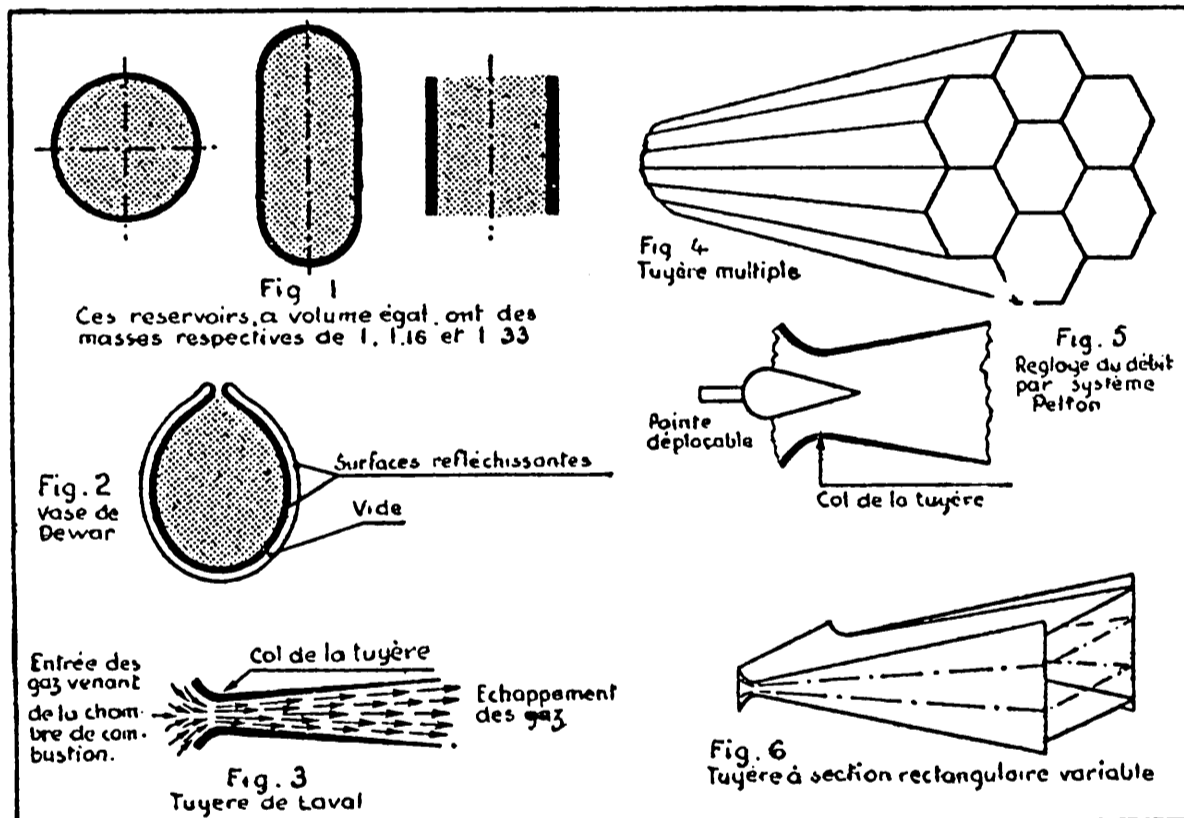
## Les tuyères

On peut employer une seule tuyère (fig. 3) ou bien toute une batterie (fig. 4). L'augmentation du nombre de tuyères contribue à la réduction de l'encombrement du propulseur, les éléments de la batterie pouvant être placés côte à côte.

Pour un ensemble de tuyères similaires dont la somme des sections aux cols est constante, le débit reste invariable. La surface totale des tuyères est alors indépendante de leur nombre.

L'épaisseur dépend non seulement de la matière dont la tuyère est faite et de la pression exercée sur elle par les gaz s'écoulant, mais aussi de la température locale de la paroi.

Le réglage du débit lors du fonctionnement du propulseur paraît bien compliqué. Déjà le changement de la section au col par des pointes déplaçables (système Pelton, fig. 5) présente des difficultés à cause de la température élevée à cet endroit. En tout cas, une tuyère à section rectangulaire présente plus de facilité au changement



continu bien plus grand qu'il ne peut subir lors d'une action alternative.

La combustion continue exige une installation spéciale pour l'introduction du combustible et du comburant dans la chambre de combustion, si l'on veut éviter un alourdissement des réservoirs, accompagnant le procédé par surpression. Pour les gaz, on peut se servir, dans ce but, d'un compresseur actionné par un moteur spécial, ou de l'énergie de détente des gaz ou, enfin, procéder par évaporation violente des liquides dans des récipients spéciaux (système Humphrey-Oberth). La chaleur nécessaire serait empruntée aux parois de la chambre et, le cas échéant, récupérée.

Il est également possible d'injecter les combustibles à l'état liquide dans la chambre de combustion. Les jets doivent être répartis d'une manière convenable pour que la combustion des gouttelettes s'achève complètement et que la couche la plus froide des gaz longe les parois afin de les protéger contre la détérioration par la chaleur. En outre, il faut prendre en considération qu'à cause des courants des gaz en combustion la répartition des pressions est variable d'un point à l'autre. Il serait donc bon d'aménager les tuyaux d'adduction des combustibles aux endroits de pression minimum, pour amoindrir le travail lié à l'injection. Il peut même arriver que cette pression soit inférieure à celle régnant dans les réservoirs.

La chambre de combustion et la partie supérieure de la tuyère doivent être maintenues à une température et une pression qui ne soient pas trop élevées pour que leurs parois gardent toutes les qualités mécaniques exigées pour le bon fonctionne-

de son profil que celle à section circulaire (fig. 6).

Dans le cas de tuyère multiple le réglage de la force de poussée peut se faire par le système de « tout ou rien ». A mesure que la masse diminue, on mettrait hors de service un certain nombre de tuyères, en conservant toujours le centre de poussée, par l'arrêt simultané du fonctionnement d'un couple de fusées symétriques.

L'énergie calorifique résultant du frottement des gaz contre les parois, ainsi que la majeure partie de celle qui en rayonne peuvent être récupérées par les combustibles liquides entourant la tuyère.

Dans le cas où les résidus de la combustion seraient partiellement solides, il faudrait prendre des précautions pour qu'ils ne puissent pas se déposer sur les parois de la chambre de combustion et celles de la tuyère.

Ary J. STERNFELD.