

15^e ANNÉE - N° 719 - 28 Mars 1935

20 PAGES

LE NUMÉRO : 75 Centimes

LES AILES

JOURNAL HEBDOMADAIRE DE LA LOCOMOTION AERIEENNE

Rédacteur en Chef : Georges HOUARD.

Rédaction, Administration : 77, Boulevard Malesherbes, Paris (8^e)
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

VII. - Comment pourrons-nous quitter la terre?

L'ascension verticale d'une fusée et son déplacement dans le vide

M. Ary J. Sternfeld nous avait précédemment montré qu'il existe une vitesse horizontale de libération pour laquelle la force centrifuge produite par le déplacement autour de la terre est égale à l'accélération de la pesanteur. Mais, en raison de la résistance de l'air, il n'est pas intéressant d'acquiescer cette vitesse au niveau du sol; il vaut mieux monter verticalement à huit kilomètres environ, et là, atteindre l'allure horizontale de libération dans un air raréfié.

Le genre de fusée le plus simple, se prêtant le mieux aux voyages cosmiques, est celui de fusée à accélération réactionnelle constante. Dans ce cas, à une vitesse d'éjection des gaz uniforme, le débit doit être constamment proportionnel à la masse instantanée de la fusée. La durée de combustion est, ainsi, théoriquement infinie.

Dans un champ de gravitation, l'accélération de la vitesse de la fusée augmente avec l'altitude, puisque l'intensité de la pesanteur diminue avec l'éloignement du centre astral.

Le calcul montre que la fusée du type mentionné atteint la vitesse parabolique le plus haut à une altitude égale au rayon planétaire le plus bas, à la surface même, selon la grandeur de l'accélération réactionnelle comprise entre zéro et l'infini. Dans le premier cas, la vitesse parabolique égale la vitesse circulaire à la surface de l'astre.

Le débit de la fusée, pour une certaine accélération réactionnelle, reste évidemment le même dans un champ gravitant que dans l'espace libre. Le temps de fonctionnement permet donc d'établir le coefficient de chargement, (c'est-à-dire le rapport de la masse initiale à la masse finale) indispensable pour acquiescer une vitesse voulue dans un champ gravitant.

D'autant que la fusée aura une accélération réactionnelle plus grande, d'autant plus vite arrivera-t-elle à sa vitesse désirée et, par suite, elle aura moins de temps à lutter contre la force d'attraction, dépendant ainsi moins de combustible.

Nous avons établi, dans le tableau I, les différentes valeurs pour une fusée ascendante de la surface terrestre.

pression dans la chambre de combustion nécessaire pour un bon rapport de détente des gaz.

La courte durée de l'ascension réduit au minimum l'influence des vents, ce qui est important, surtout pour les appareils gouvernés automatiquement.

L'ascension d'un cosmonef de la surface terrestre

La série des débits servant à vaincre la résistance de l'air dans le cas d'une fusée montant verticalement (Tableau II), permet d'établir de combien il faut augmenter

le coefficient de chargement lors de l'ascension et établir sa limite inférieure.

La fusée a, pendant sa montée, à lutter contre la force gravifique et la résistance de l'air.

En ce qui concerne la diminution du coefficient de chargement, ces deux agents demandent des conditions justement opposées :

Ascension rapprochée aussi près que possible...

de l'horizontale ou même, pour des endroits situés très haut, dirigée autant que possible vers le bas : Pour la même accélération réactionnelle, l'accélération de la

TABLEAU II

ACCÉLÉRATION RÉACTIONNELLE EN M.-SEC.	15	40	50	100
Débit spécifique total en kg. masse-m2.....	3,7	12,2	13,5	18,1

le coefficient de chargement, calculé sans tenir compte de l'influence freinante de l'atmosphère, pour que le mobile acquiesce la vitesse voulue après sa sortie de celle-ci.

En particulier, afin de trouver, par exemple, le coefficient de chargement global correspondant à la vitesse parabolique dans une ascension verticale de la surface terrestre, il suffit de juxtaposer les résultats des tableaux I et II. Les coefficients de chargement calculés pour le vide ne devront ainsi subir qu'un très léger accroissement à cause de la résistance de l'air et représenteront les valeurs limites maxima nécessaires pour obtenir les vitesses paraboliques envisagées.

Nous allons, par la suite, résumer les moyens contribuant à diminuer le coeffi-

vitesse du cosmonef est, dans ce cas, la plus grande. En outre, la force centrifuge diminue généralement l'effet nuisible de l'accélération gravitationnelle.

de la verticale. Les couches de l'atmosphère présentant encore quelque résistance sont vite traversées, puisque la longueur du parcours dans ce milieu est sensiblement diminuée.

Accélération réactionnelle...

aussi grande que possible afin de réduire l'influence néfaste de l'accélération du champ gravitant de la terre.

aussi petite que possible afin de diminuer la quantité du mélange combustible nécessaire pour vaincre la résistance de l'air.

Parmi les différents compromis possibles entre les exigences de la résistance de l'air et celle de la gravitation, il existe une solution optimum, particulière pour chaque cosmonef : Non seulement la trajectoire à suivre, mais aussi la loi de la vitesse en fonction du temps, varient avec le changement des caractéristiques du cosmonef (forme, masse, etc.).

D'après cette solution, le cosmonef doit s'élaner dans la direction verticale et incurver, ensuite, de plus en plus sa trajectoire. Après la traversée de l'atmosphère, il est évidemment déjà libre de se soumettre aux conditions imposées par la pesanteur seule, en vue de réduire au minimum

la quantité de mouvement à imprimer au cosmonef.

La loi optimum de la traversée de l'atmosphère n'est, cependant, pas intéressante pour les raisons suivantes :

1° L'accélération du cosmonef croît selon cette loi très vite et dépasse de beaucoup les limites supportables par l'homme. Les accélérations résultantes pourraient être, à la rigueur, acceptées pour des cosmonefs guidés automatiquement (fusée postale, par exemple), mais cela créerait de nouvelles complications importantes;

2° Elle est compliquée et difficile à suivre;

3° Les différences entre le coefficient de chargement à l'ascension verticale et celui à l'ascension optimum ne sont que du même ordre de grandeur avec celles pouvant résulter de l'écart entre la vitesse d'éjection réelle et présumée.

La fusée-trompe peut, d'ailleurs, introduire des changements énormes et abaisser les coefficients de chargement d'un pourcentage absolument incomparable à celui qu'il est possible de gagner en remplaçant le passage vertical de l'atmosphère par le passage optimum. Elle peut même rendre intéressant l'acquisition d'une vitesse parabolique dans l'air atmosphérique.

Nous pensons que, pour un cosmonef propulsé par fusée pure, le mode d'ascension exposé ci-dessous s'impose par ses avantages de simplicité et par un coefficient de chargement très rapproché du minimum réalisable pour l'accélération réactionnelle limitée par la résistance physique de l'homme :

On monte verticalement et dès que la vitesse par rapport à la Terre arrive à une grandeur suffisante pour pouvoir atteindre une vitesse circulaire (8 km. environ) avant de retomber sur terre, on dirige la poussée du propulseur horizontalement; alors, on la maintient perpendiculaire à la verticale de l'endroit. L'influence néfaste du champ de gravitation terrestre est ainsi éliminée. La différence qui subsistera néanmoins entre le coefficient de chargement global nécessaire lors d'une telle ascension et celui correspondant dans l'espace libre, ne sera due qu'au tronçon vertical du départ.

Pour une accélération réactionnelle de 40 m./sec. et une vitesse d'éjection des gaz de 4.000 m./sec., les formules nous disent que le coefficient de chargement considéré lors de l'ascension de la Terre sera supérieur de 8,46 % seulement à celui correspondant dans l'espace libre, si la vitesse de la fusée montant verticalement est de 1 km./sec. au moment du changement de la direction de poussée. Les pertes de combustibles résultant de l'action du champ d'attraction terrestre sont donc minimes.

Quand à la résistance de l'air, elle ne causera pas dans le cas exposé de dépenses de combustible plus grandes que lors de l'ascension verticale continue, comme le montre un calcul sommaire.

Ary J. STERNFELD.

TABLEAU I

ACCÉLÉRATION RÉACTIONNELLE	15	40	50	100
Altitude à laquelle la vitesse parabolique est atteinte	4.174	1.565	1.252	626
Vitesse parabolique à l'altitude considérée (mètres-seconde)	8.695	10.025	10.229	11.069
Temps nécessaire pour atteindre la vitesse parabolique (secondes).....	1.036	316	248	117
Coefficient de chargement.....	500,7	157,0	142,6	107,8
Pour une vitesse d'éjection de.....	48,7	23,6	22,2	18,6

L'influence de l'atmosphère

Pour nous rendre compte de l'influence de l'air, lors de l'ascension, nous admettons que le cosmonef se meut dans l'atmosphère selon la même loi que dans le vide, et nous évaluons le débit supplémentaire de la fusée par unité de section du maître-couple indispensable pour vaincre la résistance de l'air. Celle-ci est proportionnelle : à la section du maître-couple, au coefficient aérodynamique du corps (différent dans chaque cas et variable avec la vitesse), à la masse spécifique de l'air et au carré de la vitesse.

Afin de présenter la moindre résistance à l'air, le cosmonef doit donc avoir une forme bien pénétrante avec un maître-couple aussi petit que possible, même aux dépens de sa longueur. On a adopté pour la proue du cosmonef, la forme ogivale de hauteur quintuple au diamètre. Il en résulte un certain coefficient aérodynamique pour les différentes vitesses entrant en jeu.

Des formules permettent d'établir à quelle altitude la fusée atteint une certaine vitesse pour une accélération réactionnelle donnée et, par suite, la masse spécifique de l'atmosphère à cet endroit. A l'aide de ces données, nous pouvons calculer la résistance de l'air à toute altitude et pour toute accélération réactionnelle. On arrive à ce résultat que la résistance de l'air aux fusées montant verticalement, augmente au début, passe par un maximum et diminue ensuite malgré l'accroissement de la vitesse, car l'atmosphère se raréfie très vite avec l'altitude.

Même une fusée inhabitée ne doit pas subir une accélération trop forte car une grande vitesse s'acquiesce dans les couches inférieures de l'atmosphère, entraînant un accroissement considérable de la résistance de l'air.

Finalement, prenant en considération que le produit du débit de la fusée par sa vitesse d'éjection doit représenter une force contrebalançant la résistance de l'air, nous arrivons aux débits totaux reproduits dans le tableau II, et qui nous intéressent pour la traversée de l'atmosphère; on remarque que les valeurs sont minimes par rapport aux masses des cosmonefs rapportées au mètre carré du maître-couple.

Pour éviter la résistance de l'air dans les basses couches de l'atmosphère, relativement denses, il est intéressant de partir d'un endroit élevé et, même dans certains cas, de faire monter la fusée à une certaine altitude à l'aide des engins de l'aéronautique. L'ascension s'effectuant d'un point situé très au-dessus du niveau de la mer est encore intéressante à cause de la moindre