

A circular porthole view of Earth from space. The Earth is the central focus, showing blue oceans and white clouds. Several satellite dishes are visible in the foreground, with thin lines representing communication cables extending across the dark space. A small, cylindrical probe or satellite is also visible on the right side of the Earth. The porthole is framed by a reddish-brown, textured border.

LE PROBLÈME DU VOYAGE DANS L'ESPACE

LE MOTEUR DES FUSÉES

HERMANN NOORDUNG

LE PROBLÈME DU VOYAGE DANS L'ESPACE

LE MOTEUR DES FUSÉES

Titre original

DAS PROBLEM DER BEFAHRUNG DES WELTRAUMS

DER RAKETEN-MOTOR

von

HERMANN NOORDUNG

Publication originale de 1929 (domaine public)

© Traduction française 2024 : Thierry Sbrugnera Allgeyer
Mulhouse-Dornach
France

« Un auteur d'un enthousiasme prononcé dans son ouvrage qui relate les connaissances scientifiques, les hypothèses et les possibles (e. a.) relatifs aux défis techniques conséquents que représente la réalisation de voyages habités dans l'espace extra-atmosphérique il y a de cela une centaine d'années. »

Le traducteur.

Table des matières

	Pages
Introduction.....	10
La force de gravité.....	12
La limite pratique du champ gravitationnel de la Terre.....	16
L'orbite libre.....	19
Manœuvrer dans les champs de gravité de l'espace extra-atmosphérique.....	21
L'armure protectrice de l'atmosphère terrestre.....	22
Les plus hautes altitudes atteintes jusqu'à présent.....	23
Le coup de canon dans l'espace extra-atmosphérique.....	25
Le recul.....	26
Le véhicule à recul.....	30
La fusée.....	31
Personnes ayant œuvrées sur les problèmes du voyage spatial.....	33
Vitesse de déplacement et rendement des véhicules-fusées.....	34
L'Ascension.....	44
Informations générales sur la structure de la fusée spatiale.....	54
Les propositions à ce jour.....	65
Commentaires sur les propositions de conceptions précédentes.....	81
Le retour sur Terre.....	84
La manœuvre d'atterrissage d'Hohmann.....	88
Atterrissage en mouvements circulaires forcés.....	92
Atterrissage en ellipses de freinage.....	95
La manœuvre d'atterrissage d'Oberth.....	98
Les résultats obtenus jusqu'à présent.....	98
Encore deux questions importantes.....	99
La fusée spatiale en lancement incliné.....	100
La fusée spatiale comme avion.....	105
Une station dans le vide spatial.....	114
La nature de la gravité et son influençabilité.....	119
Les effets de l'apesanteur sur l'organisme humain.....	125
Le comportement physique des corps en l'absence de gravité.....	128
Sans air.....	141
Dans le vide spatial règne un silence éternel.....	143

L'éclat du Soleil dans l'obscurité la nuit.....	143
Une vue illimitée.....	144
Sans chaleur.....	145
La conception de la station spatiale.....	150
La centrale solaire.....	153
L'apport de lumière.....	155
L'apport d'air et de chaleur.....	157
L'approvisionnement en eau.....	159
Les communications longue distance.....	159
Moyen d'orientation de la station spatiale.....	160
Partition de la station spatiale en 3 objets.....	163
La roue d'habitation.....	165
L'observatoire et la salle des machines.....	175
Assurer les communications longue distance et la sécurité.....	179
Partition de la station spatiale en 2 objets.....	180
La combinaison spatiale.....	181
Le voyage vers la station spatiale.....	184
Expériences physiques spéciales.....	188
Des télescopes aux dimensions énormes.....	189
Observation et exploration de la surface terrestre.....	190
L'exploration du monde des étoiles.....	191
Un immense miroir flottant.....	193
Le plus redoutable moyen de combat.....	195
Vers les corps célestes étrangers.....	197
La technique de déplacement.....	200
Le lancement depuis la surface de la Terre.....	204
La station spatiale comme base pour les transports longue distance dans l'espace.....	205
L'accessibilité des astres voisins.....	207
Les mondes lointains.....	210
Sera-t-il possible un jour d'atteindre les étoiles ?.....	215
L'évolution probable de la navigation spatiale.....	220
Le mot de la fin.....	224

Introduction

De tout temps l'homme a vu dans le fait d'être lié à la Terre, dans l'incapacité de pouvoir se libérer de l'attachement mystérieux de la gravité, une expression de sa faiblesse terrestre et vision insuffisante. Ce n'est donc pas sans raison que le concept du transcendantal a toujours été associé à l'idée de l'apesanteur, la force « de s'élever librement dans le ciel ». Et aussi aujourd'hui encore la majorité des personnes affirment pour ainsi dire comme un dogme, qu'il est pour des créatures terrestres bien impensable de pouvoir un jour quitter la Terre. Cet avis est-il vraiment légitime aussi ?

Souvenons-nous simplement : il y a seulement quelques décennies auparavant était également répandu comme une croyance marquée et indélébile, qu'il est présomptueux d'espérer, que nous ne pourrions jamais traverser les airs comme les oiseaux. Et aujourd'hui ! Face cela et à d'autres brillantes preuves de l'efficacité des capacités de réalisations de la science et de la technique, l'humanité ne devrait-elle pas aussi oser résoudre maintenant le dernier problème de transport qu'il nous reste encore à solutionner : le problème du voyage dans l'espace ? Et en conséquence : du « rêve technique », qui jusqu'à présent a généré seulement de la matière pour des romans fantaisistes, il est apparu ces dernières années une « question technique », faisant l'objet d'études approfondies par le travail sérieux de savants et d'ingénieurs avec tout les outils de connaissances mathématiques, physiques, techniques et qui - se révèle résoluble.

La force de gravité

L'obstacle le plus déterminant au voyage spatial qui reste en cause, est la force d'attraction de la Terre, le poids que nous ressentons constamment. Donc un véhicule, qui doit naviguer dans l'espace, ne doit pas seulement pouvoir se déplacer. Il doit avant tout et en premier s'éloigner de la Terre, il doit s'élever et pouvoir s'emporter lui-même et sa charge utile contre la force gravité à des milliers, oui à des centaines de milliers de kilomètres d'altitude !

Comme la gravité est une force de masse, nous devons aussi dans un premiers temps encore élucider les autres forces de masse existantes dans la nature et obtenir brièvement plus de précision sur les causes de ces forces, à savoir les deux propriétés mécaniques fondamentales de la masse ; car tout le problème du voyage spatial repose sur ces questions.

L'une de ces propriétés consiste en ce que toutes les masses s'attirent mutuellement (lois de la gravité). La conséquence de ce phénomène est, que chaque masse exerce sur chaque autre masse une « force d'attraction de masse ». La force d'attraction, que les corps célestes exercent sur les autres masses en raison de leur masse globale est appelée force de gravité. La « force de gravité » exercée par la Terre est la cause du fait que tous les objets présents sur la Terre sont pesants, c'est-à-dire qu'ils ont donc plus ou moins de « poids » selon le fait qu'ils possèdent eux-mêmes une plus grande ou plus petite masse. Car la force d'attraction entre les masses (la force de gravité) est d'autant plus importante, que la masse des corps, entre lesquels elle agit est importante. Cependant sa force diminue avec l'augmentation de la distance (et ce avec le carré de cette dernière) mais sans que sa portée effective ait une limite prononcée (fig. 1). Donc, théoriquement, elle ne devient nulle qu'à une distance infinie. Bien sûr, tout comme la Terre ainsi que le Soleil et la Lune, chaque corps céle-

ste en général exerce aussi sa propre force gravitationnelle en fonction de l'importance de sa masse.

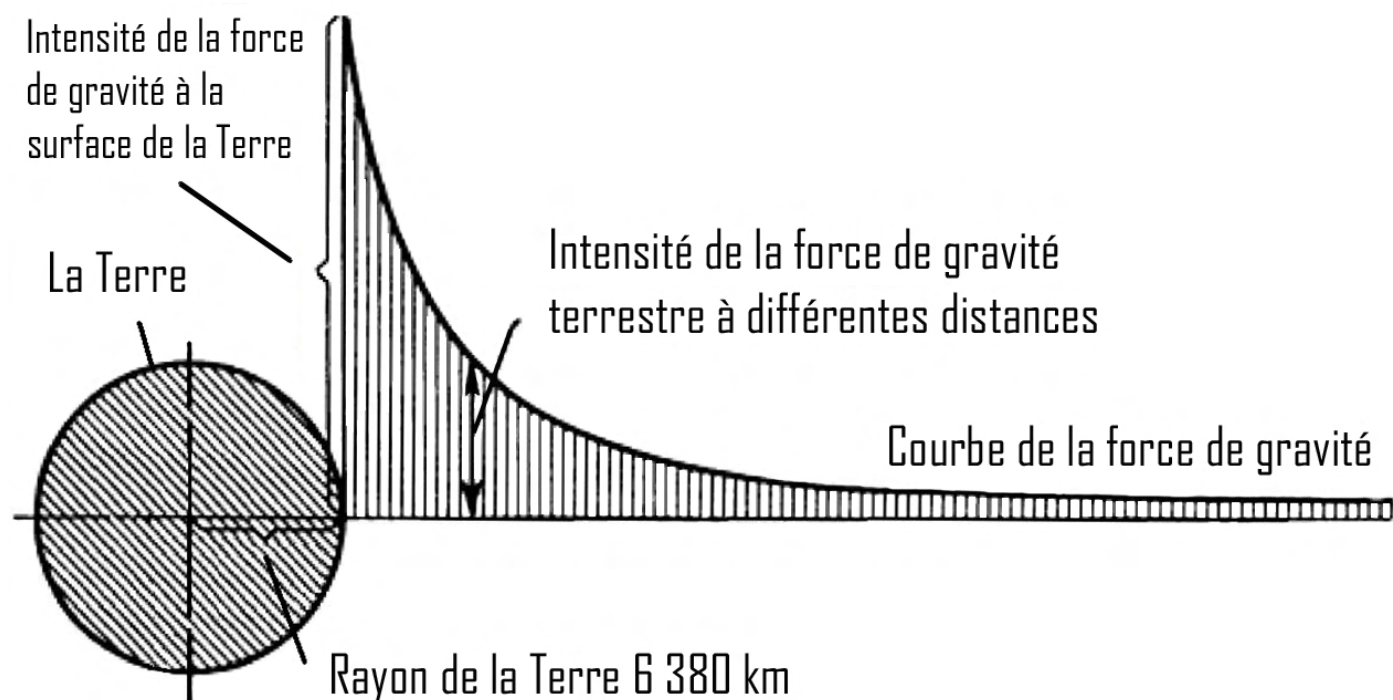


Fig. 1. Le cours de la force d'attraction de masse (la force de gravité) de la Terre. La force d'attraction quadratiquement décroissante avec l'augmentation de la distance est représentée par la distance de la courbe de gravité à l'axe horizontal.

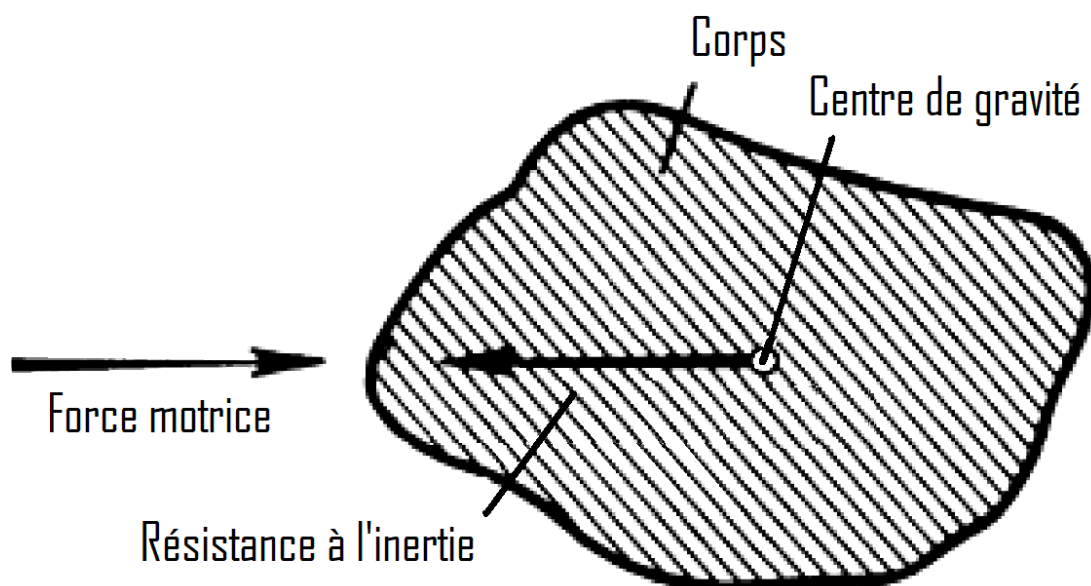


Fig. 2.

La deuxième propriété fondamentale de la masse est que chaque masse s'efforce toujours de rester dans l'état de mouvement dans lequel elle se

trouve (loi d'inertie). Par conséquent, toute masse dont on souhaite accélérer, décélérer ou changer la direction de son mouvement résistera à cet effort en développant des forces d'inertie de masse antagonistes (fig. 2). Elles sont généralement appelées résistances inertielles ou, dans des cas particuliers, force centrifuge. Cette dernière, survient donc, lorsqu'une masse est obligée de se déplacer selon une trajectoire courbe. Il est bien connu que la force centrifuge est toujours dirigée perpendiculairement vers l'extérieur à partir de la courbe de déplacement (fig. 3). Toutes ces forces : la gravité, la résistance inertielle et la force centrifuge sont des forces de masse.

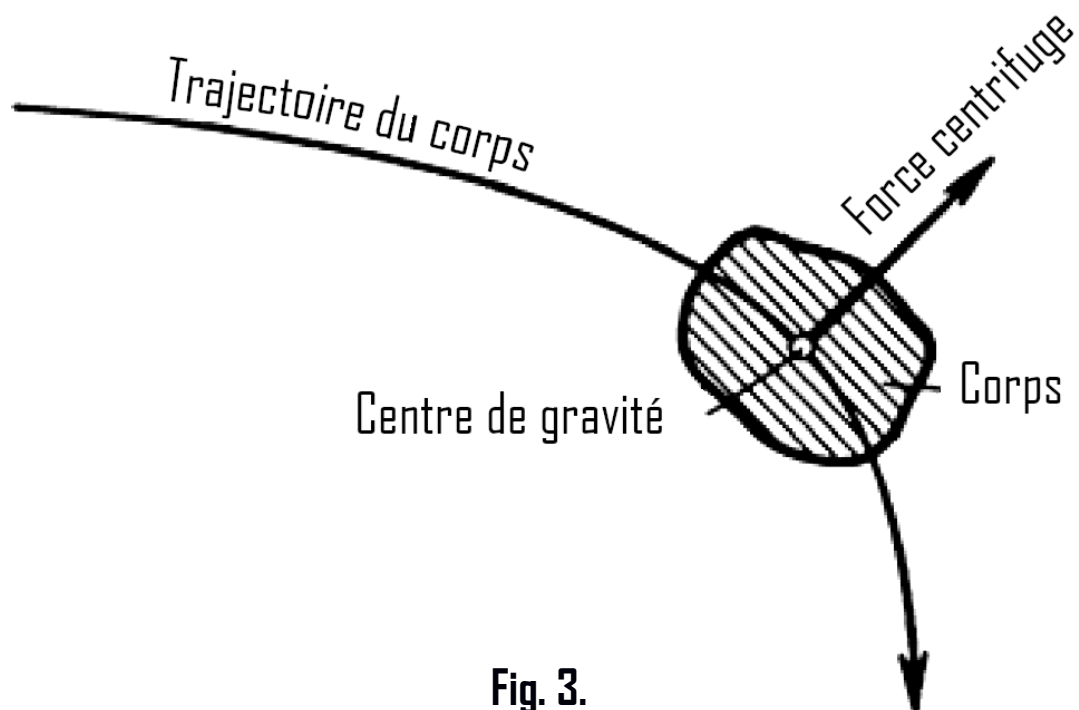


Fig. 3.

Comme mentionné précédemment, l'effet de la gravité terrestre, en diminuant, s'étend à l'infini. En conséquence, nous ne pouvons jamais complètement quitter la zone d'attraction (le champ gravitationnel) de la Terre, ni atteindre la limite réelle du champ de gravité de la Terre. Mais il est possible de calculer quelle quantité de travail serait théoriquement nécessaire pour surmonter tout le champ gravitationnel de la Terre. Pour ce faire, une énergie de pas moins de 6 380 tonnes métriques devrait être dépensée pour chaque kilogramme de charge. De plus, il est possible de

déterminer la vitesse à laquelle un corps devrait être projeté hors de la Terre pour qu'il n'y revienne plus. Elle est de 11 180 mètres par seconde. C'est la même vitesse avec laquelle un corps impacterait la surface de la Terre s'il tombait librement d'une distance infinie. Afin de conférer cette vitesse à la masse d'un kilogramme, le même travail de 6 380 tonnes métriques est nécessaire qui, selon les déclarations antérieures, devrait être dépensé pour surmonter le champ gravitationnel de la Terre entière par kilogramme de charge.

Mais même si la zone d'attraction de la Terre ne pouvait jamais être réellement quittée, il y aurait toujours des possibilités de soustraire un corps aux effets gravitationnels de la Terre, notamment en le soumettant aux effets d'autres forces d'inertie, qui contrecarrent la gravité terrestre. Ainsi, d'après nos considérations antérieures sur les propriétés fondamentales de la masse, seules agissent : soit les forces d'attraction de masse des astres voisins, soit les forces d'inertie de masse générées dans le corps concerné.

La limite pratique du champ gravitationnel de la Terre

Nous voulons d'abord traiter de la première option. Puisque comme la Terre, tout autre corps céleste a aussi un champ gravitationnel, qui, toujours décroissant en force, s'étend à une distance infinie, nous sommes donc - au moins théoriquement - en réalité toujours sous les effets gravitationnels simultanés de tous les corps célestes. De cela, cependant, nous ne pouvons percevoir que l'effet gravitationnel de la Terre et, en partie, celui de notre Lune. Du fait que dans la zone de la surface terrestre, dans laquelle se déroule notre vie, la force de gravité est si énorme que l'effet gravitationnel, qu'y exercent les autres corps célestes, disparaît pratiquement.

Mais si nous nous éloignons de la Terre, c'est différent. Son attraction gravitationnelle diminue alors continuellement, tandis que celles des astres voisins augmentent constamment. Puisque ces dernières s'opposent à la gravité terrestre, il doit y avoir un point dans chaque direction à partir de la Terre où ces forces d'attraction s'équilibrent en termes de force. En deçà de ce lieu l'effet gravitationnel de la Terre commence alors à prédominer, et de l'autre côté, celui de l'astre voisin. Cela peut être appelé la limite pratique du champ gravitationnel de la Terre, un terme qui cependant ne doit pas être interprété au sens strict, compte tenu de la grande différence et du changement constant de position des astres voisins par rapport à la Terre.

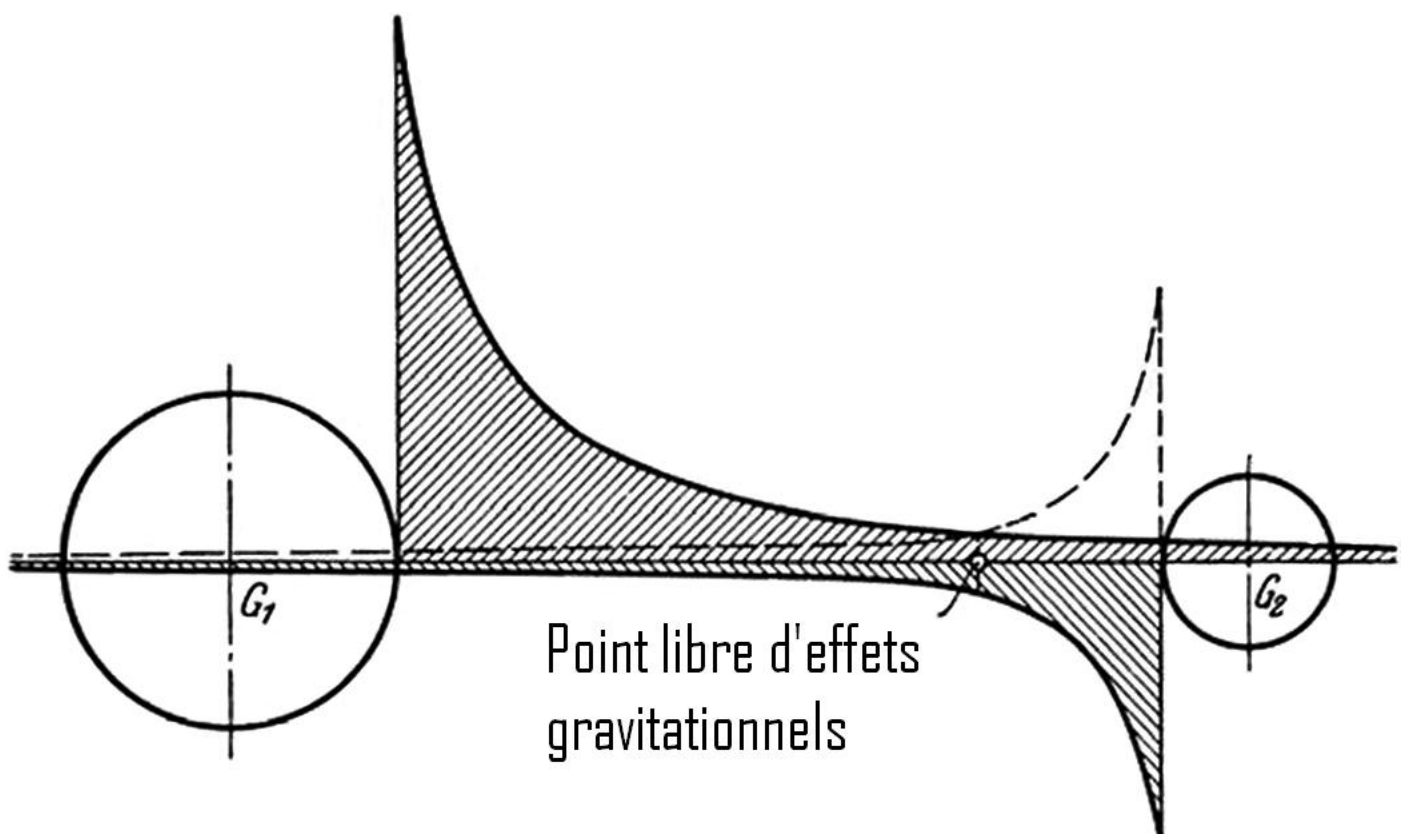


Fig. 4. Le cours des champs gravitationnels de deux astres voisins G_1 et G_2 , est présenté comme sur la fig.1 sauf que la courbe gravitationnelle du plus petit corps céleste G_2 a été dessinée vers le bas car son attraction gravitationnelle s'oppose à celle de l'astre le plus massif G_1 . Le point libre d'effets gravitationnels se trouve là où les deux champs de gravité sont opposés et égaux et donc s'annulent.

En certains points de la limite pratique de gravité (généralement ceux qui se trouvent sur la ligne droite reliant la Terre et un astre voisin), les forces gravitationnelles s'annulent, de sorte qu'un état d'apesanteur complet y règne. Un tel point dans l'espace est appelé « point libre d'effets gravitationnels » (fig. 4).

Cependant, on s'y retrouverait dans un état d'apesanteur dangereux, purement instable. Parce qu'au moindre écart d'un côté ou de l'autre on risquerait de retomber soit sur la Terre, soit sur l'astre voisin.

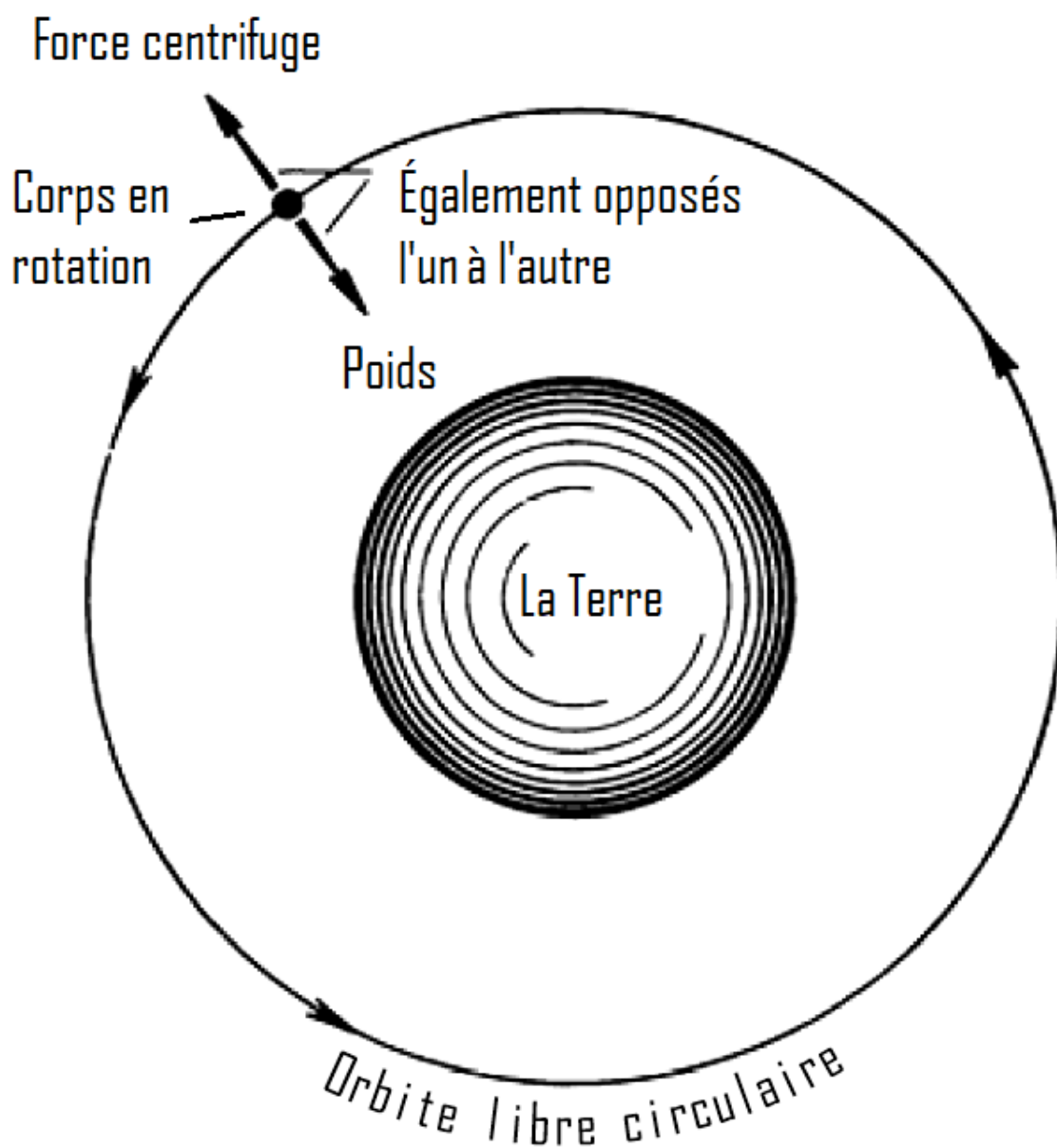
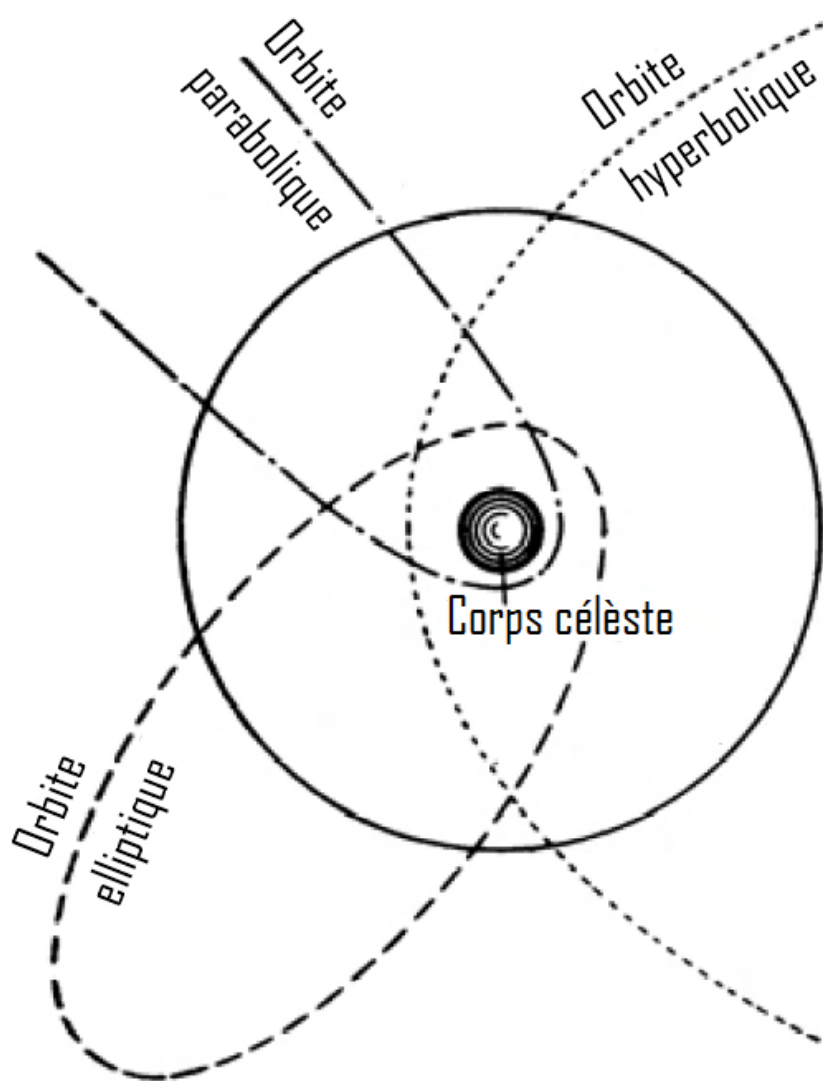


Fig. 5. Orbite libre circulaire d'un corps autour de la Terre. Le poids de celui-ci est compensé par la force centrifuge générée. Il est donc dans un état stable de lévitation libre par rapport à la Terre.

L'orbite libre

Afin d'atteindre un état d'apesanteur sûr et stable, nous devrions échapper à la force de gravité de la deuxième manière, à savoir en utilisant des forces d'inertie. Ceci est réalisé lorsque le corps céleste attirant, par exemple la Terre, est contourné à une vitesse correspondante dans une orbite libre (mouvement gravitationnel). La force centrifuge résultante, qui



est toujours dirigée vers l'extérieur, équilibre alors à elle seule la force de gravité, si le mouvement est circulaire (fig. 5), ou simultanément avec d'autres forces d'inertie se produisant ici, si l'orbite a une forme différente (ellipse, hyperbole ou parabole, fig. 6).

Tous les mouvements lunaires et planétaires se produisent de la même manière. Par exemple, comme notre Lune est constamment en orbite autour de la Terre à une vitesse moyenne d'environ 1 000 mètres par seconde, elle ne tombe pas dessus, bien qu'elle soit dans sa zone d'attraction, mais flotte librement au-dessus d'elle. Et

Fig.6. Différentes orbites libres autour d'un corps céleste. Selon les lois du mouvement gravitationnel, un point focal de l'orbite (le centre dans le cas d'un cercle) doit toujours coïncider avec le centre de masse (centre de gravité) du corps céleste en orbite.

la seule raison pour laquelle la Terre ne s'écrase pas dans la mer en fusion du Soleil est qu'elle en fait constamment le tour à une vitesse moyenne d'environ 30 000 mètres par seconde. En raison de la force centrifuge ainsi générée, l'effet gravitationnel du Soleil sur la Terre est annulé et donc nous ne ressentons rien de sa présence. Nous sommes « en apesanteur » par rapport au Soleil dans un « état stable de lévitation », et d'un point de vue pratique « exempté de ses effets gravitationnels ».

Plus cette rotation a lieu à une petite distance du corps céleste attirant, plus l'effet de la force d'attraction est fort. Et plus grande doit être aussi la force centrifuge antagoniste et par conséquent la vitesse de rotation (car la force centrifuge augmente avec le carré de la vitesse de rotation). Par exemple, alors qu'à la distance Lune-Terre une vitesse orbitale d'environ

1 000 mètres par seconde seulement est suffisante, celle-ci devrait atteindre environ 8 000 mètres par seconde pour un corps orbitant librement la Terre à proximité de sa surface (fig. 7). Pour donner à un corps cette vitesse, c'est-à-dire pour l'amener ainsi dans un état de lévitation stable par rapport à la Terre et ainsi le libérer de la gravité terrestre, une charge de travail d'environ 3 200 tonnes métriques par kilogramme de son poids est nécessaire.

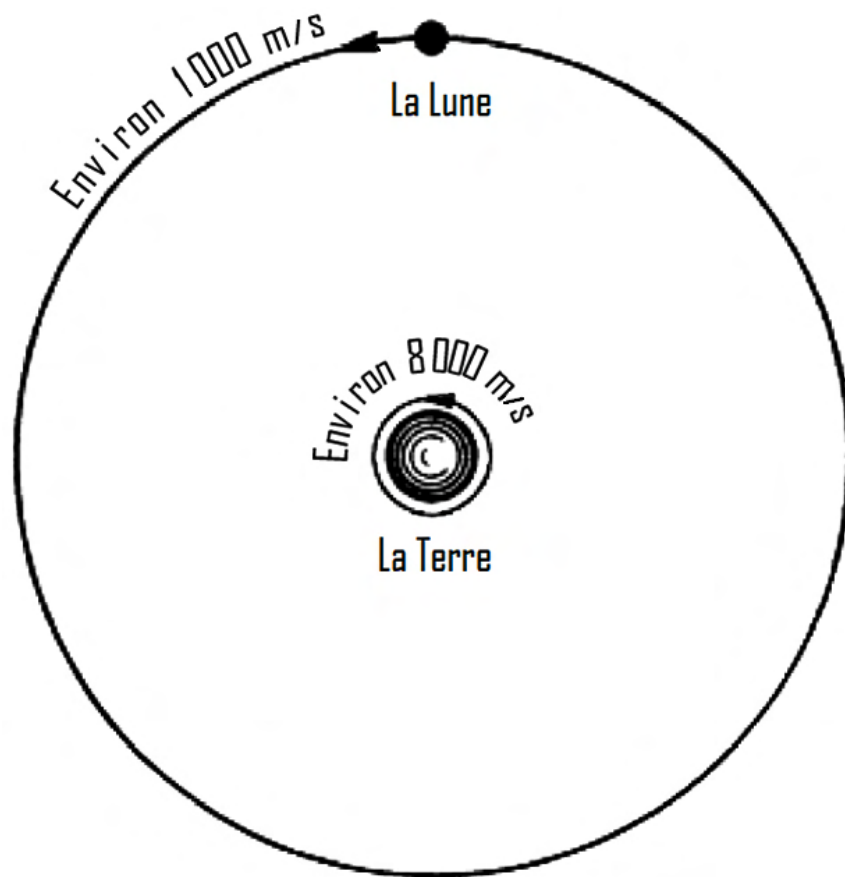


Fig. 7. La vitesse orbitale est d'autant plus grande que le mouvement orbital libre est proche de son centre d'attraction.

Manœuvrer dans les champs de gravité de l'espace extra-atmosphérique

Il existe donc deux moyens fondamentaux d'échapper aux effets gravitationnels de la Terre ou d'un autre corps céleste : atteindre la limite pratique de gravité ou passer à une orbite libre. L'usage qui en sera fait dépendra de l'objectif souhaité.

Ainsi ce serait, par exemple lors d'un voyage longue distance dans l'espace extra-atmosphérique, dépendant généralement de manœuvres de telle sorte que les corps célestes dans la zone d'attraction (champ de gravité) où se déroule le voyage soient en orbite libre (c'est-à-dire non motorisé par une force artificielle, mais uniquement en élan) si vous n'avez pas l'intention d'atterrir dessus. Un voyage plus long consisterait donc en des parties de telles orbites (trajectoires orbitales), où la transition du champ gravitationnel d'un corps céleste à celui d'un voisin devrait généralement être produite par des forces artificielles.

Si l'on veut rester longtemps à une altitude souhaitée au-dessus d'un corps céleste (par exemple la Terre), on le contourne constamment en orbite libre, éventuellement circulaire, à une vitesse correspondante, et on reste donc en état de lévitation stable au-dessus de lui.

En s'élevant de la Terre ou d'un autre corps céleste, il faudra finalement tendre vers, soit la limite pratique de gravité et donc le « détachement complet » (en renonçant à un état stable de lévitation) soit le passage à une orbite libre et donc à « l'état stable de lévitation » (sous renoncement au détachement complet) ou enfin, on n'entendra pas du tout soustraire définitivement l'engin aux effets de la gravité lors de l'ascension, mais de se contenter de l'amener à une certaine hauteur et, après l'avoir atteinte, le laisser retourner immédiatement sur Terre (lancé normal).

En réalité, bien sûr, ces différents cas ne peuvent pas toujours être strictement séparés les uns des autres, mais sont souvent appliqués de manière complémentaire. Cependant, l'ascension devra toujours être effectuée par la puissance artificielle d'un moteur et nécessitera une importante dépense d'énergie, qui dans le cas du corps ascendant devant également être soustrait aux effets de la gravité, à une énorme valeur qui est d'environ 3 200 à 6 400 mètres tonnes par kilogramme de la charge à soulever depuis la Terre. Ou, ce qui revient au même, l'octroi de l'énorme vitesse déjà cosmique d'environ 8 000 à 11 200 mètres par seconde. Environ 12 fois la vitesse d'un projectile d'artillerie !

L'armure protectrice de l'atmosphère terrestre

À l'exception de la gravité, l'atmosphère que possèdent certains corps célestes, mais surtout celle de la Terre bien sûr, joue également un rôle extrêmement important lors des voyages spatiaux. Alors qu'elle est très précieuse pour l'atterrissage, elle constitue au contraire un obstacle assez important durant l'ascension.

La hauteur de toute l'atmosphère de la Terre est estimée à plusieurs centaines (peut-être 400) kilomètres sur la base d'observations de chutes de météores et d'aurores boréales (fig. 8). Mais ce n'est que dans ses couches les plus profondes,

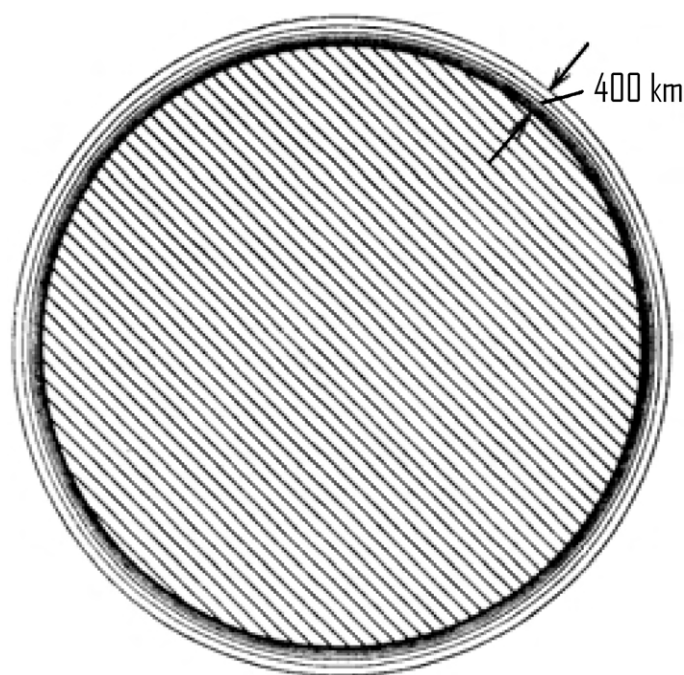


Fig. 8. L'image montre l'atmosphère (en supposant qu'elle ait environ 400 km d'épaisseur), à l'échelle par rapport au globe terrestre.

jusqu'à quelques kilomètres d'altitude au-dessus de la surface terrestre, pour ainsi dire seulement au « fond de la mer atmosphérique », qu'il y a cette densité d'air nécessaire à l'existence de la vie terrestre. Parce que la densité diminue très rapidement avec l'augmentation de l'altitude. Elle est par exemple, à une altitude de 5 km, déjà de moitié moins dense qu'au-dessus du niveau de la mer, et à 15 km elle n'est que de 1/6 (fig. 9).

Cette circonstance est d'une importance cruciale pour le voyage spatial en question, et lui profite grandement. Car comme on le sait, l'air offre une résistance à tout corps en mouvement. Cependant, cette dernière augmente très rapidement avec l'augmentation de la vitesse de déplacement et varie en proportion quadratique. Les vitesses extraordinaires qui sont pertinentes pour les voyages spatiaux, atteignent déjà des valeurs si élevées dans les couches d'air denses proches de la Terre que le travail, qui est nécessaire lors de l'ascension pour surmonter le champ gravitationnel, est encore considérablement augmenté. Lors de la construction du véhicule cela doit être également pris en compte dans une large mesure. Heureusement, cependant, comme la densité de l'air diminue rapidement avec l'altitude, sa résistance diminue également très rapidement et peut donc être maintenue dans des limites tolérables. Néanmoins, l'atmosphère représente un obstacle important pour le voyage dans l'espace lors de l'ascension. Elle forme, pour ainsi dire, une armure qui entoure entièrement la Terre. Nous apprendrons plus tard son importance pour le retour sur Terre.

Les plus hautes altitudes atteintes jusqu'à présent

Les tentatives pour atteindre les plus hautes altitudes n'ont pas manqué. Jusqu'à présent, des personnes ont pu atteindre jusqu'à 11 800 mètres en avion, 12 000 mètres en montgolfière et 8 600 mètres en alpinisme (sur le

mont Everest, fig. 9). Les ballons sondes sont allés encore plus loin. Ce sont des ballons en caoutchouc sans pilote qui sont censés transporter des appareils de mesure très légers aussi haut que possible. Au fur et à mesure que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude, le ballon se dilate de plus en plus à mesure qu'il s'élève jusqu'à ce qu'il éclate finalement. Les appareils de mesure descendent alors lentement sur un parachute, enregistrant automatiquement la pression, la température et l'humidité de l'air. Ces ballons-sondes peuvent être amenés jusqu'à une altitude d'environ 35 kilomètres. Par ailleurs, les projectiles du célèbre canon allemand à longue distance ont atteint une hauteur d'environ 40 kilomètres. Mais qu'est-ce que tout cela comparé aux hauteurs gigantesques qu'il faut gravir pour atteindre le vide spatial ou de lointains corps célestes !

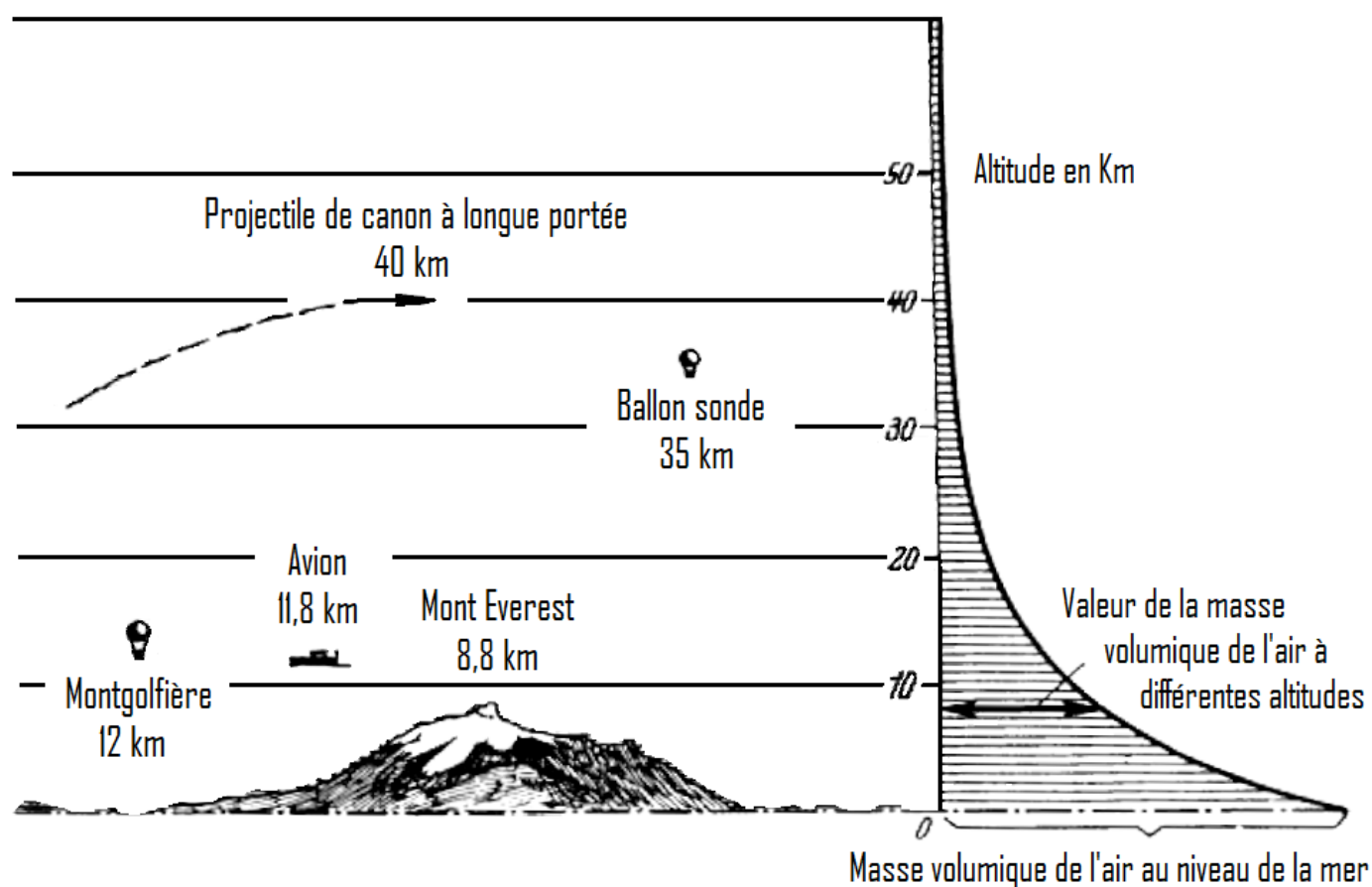


Fig. 9. Avec l'augmentation de l'altitude, la densité de l'air diminue très rapidement, comme on peut le voir sur la courbe tracée à droite.

Le coup de canon dans l'espace extra-atmosphérique

Il semblait évident, alors que l'on cherchait un moyen d'échapper à l'attraction terrestre, de penser à tirer avec un canon géant d'une puissance correspondante. Dans ce processus, il faudrait donner au projectile l'énorme énergie dont il a besoin pour vaincre la gravité et traverser l'atmosphère dans son intégralité en tant que force vive, c'est-à-dire sous forme de vitesse. Cependant, cela nécessite que le projectile ait déjà atteint une vitesse de pas moins de 12 000 mètres par seconde environ lorsqu'il quitte le sol, si on prend également en compte, en plus du travail de levage, celui de vaincre la résistance de l'air.

Même si la technologie d'aujourd'hui nous permettrait de créer un tel canon géant et d'oser le lancer dans l'espace (en réalité nous n'avons pas encore de combustible suffisamment puissant pour cela, comme le Prof. H. Lorenz l'a prouvé à Danzig) - Le résultat de cette entreprise ne compenserait pas les énormes fonds qui lui seraient nécessaires. Au mieux, un tel « ultra-artilleur » pourrait se vanter d'être le premier à réussir à projeter un objet hors de la Terre, ou peut-être à bombarder la Lune. Il ne serait presque jamais possible de faire plus, car tout ce que vous donneriez à voyager à ce « lance-vaisseau », en termes de fret, d'appareils de mesures ou même de passagers, se serait transformé en bouillie dans la première seconde du voyage. Parce que probablement seul l'acier le plus massif pourrait résister à l'énorme pression d'inertie qui s'exercerait sur toutes les parties du projectile pendant le temps de lancement au cours duquel il doit être accéléré de la position de repos à la vitesse de 12 000 mètres par seconde dans une période de seulement quelques secondes (fig. 10). Sans parler de la grande chaleur qui résulterait des frottements dans le tube du canon et surtout dans l'air à traverser.

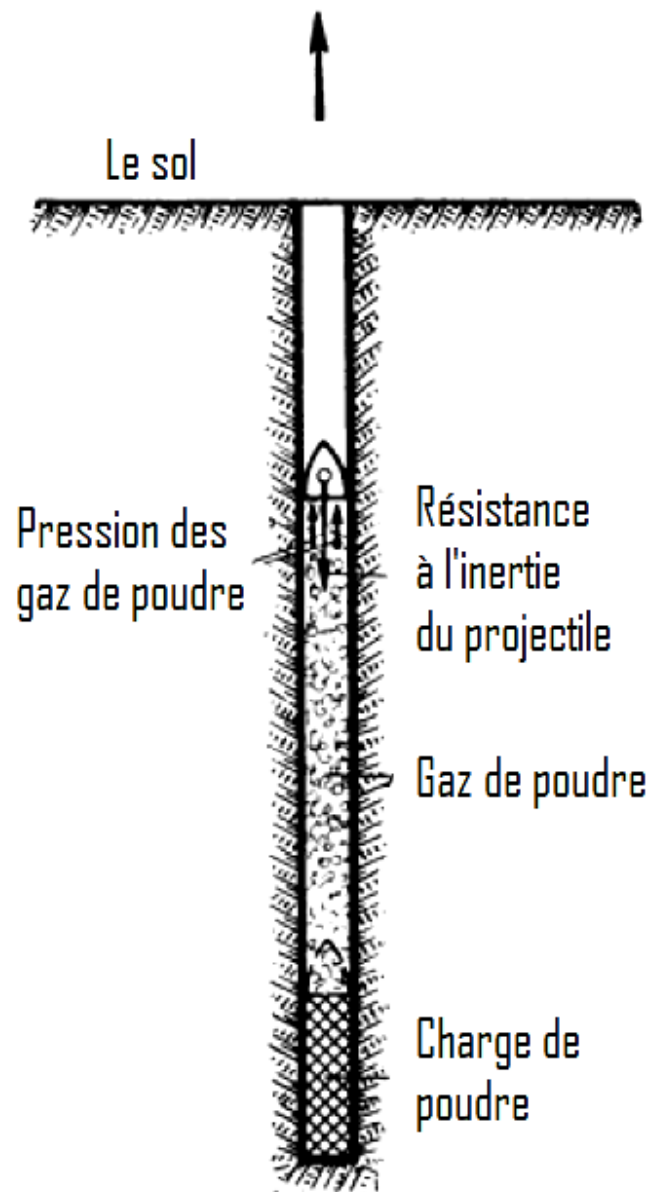


Fig. 10. Le canon géant de Jules Verne pour bombarder la Lune. Le projectile est creux et destiné au transport de personnes. Le tuyau est enfoncé dans le sol comme un puits.

Le recul

Cette méthode n'est donc en pratique pas utilisable. L'énergie dont le vaisseau spatial a besoin pour vaincre la gravité, la résistance de l'air et pour se déplacer dans le vide spatial doit être fournie d'une manière différente, par exemple par le propergol qui est emporté par le véhicule pendant le voyage. Il doit également y avoir une motorisation qui permette de modifier ou même d'arrêter la force de locomotion pendant le trajet, de

changer le sens de déplacement, et cela lentement sans mettre en danger les passagers et le fret, pour atteindre ces vitesses élevées, déjà cosmiques, qui sont nécessaires pour voyager dans l'espace.

Mais comment faire tout cela ? Comment la locomotion est-elle sensée être rendue possible, puisque dans le vide spatial ne sont disponibles ni l'air ni d'autres corps sur lesquels le véhicule lui-même pourrait s'appuyer, pour ainsi dire le repousser, afin de provoquer son mouvement ultérieur selon l'une des méthodes utilisées jusqu'à présent ? (mouvements des pieds chez les animaux et les humains, battements d'ailes chez les oiseaux, roues motrices dans les véhicules à moteur roulants, hélices de navires, hélices aériennes, etc.).

Le moyen de réaliser cela est un phénomène physique bien connu. Quiconque a déjà tiré un puissant coup de feu a certainement distinctement ressenti, souvent peut-être même d'une manière plutôt désagréable, le dit « recul ». Il s'agit d'une poussée puissante contre la direction de tir que le fusil donne au tireur lorsqu'il fait feu. Elle est causée par le fait que les gaz de poudre poussent le projectile vers l'avant avec la même force que sur le fusil, et cherchent ainsi à le faire reculer (fig. 11).

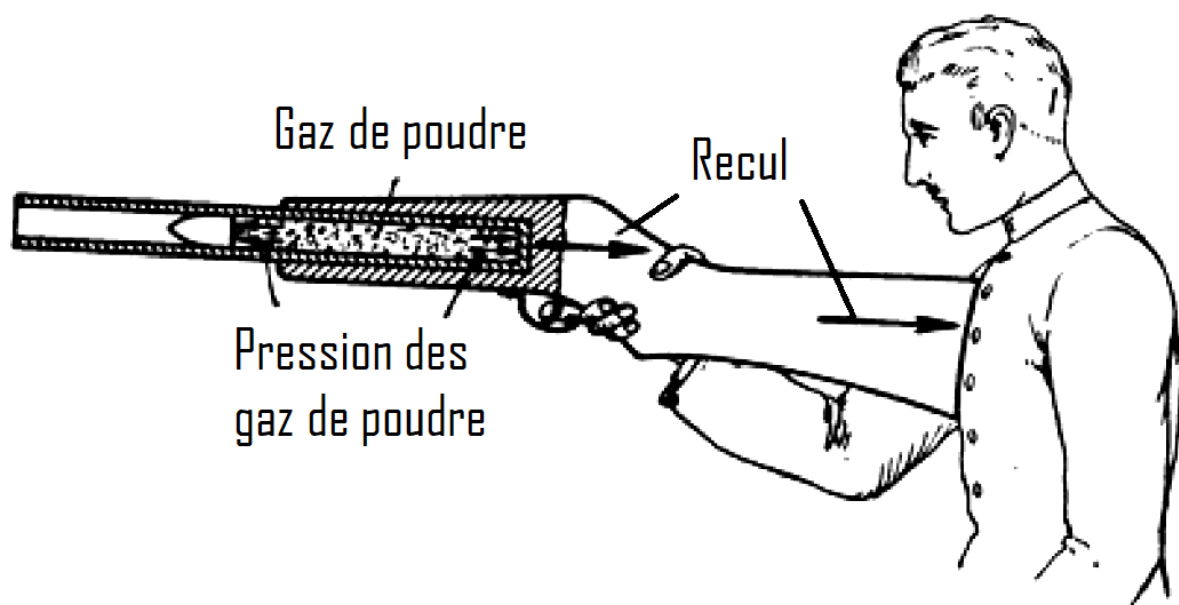


Fig. 11. Le « recul » (la réaction) d'un fusil lors d'un coup de feu.

Mais vous pouvez aussi observer le processus de recul dans la vie de tous les jours, bien que généralement pas d'une manière aussi parfaite : par exemple, lorsqu'un objet mobile est repoussé avec la main loin de soi (fig. 12) :

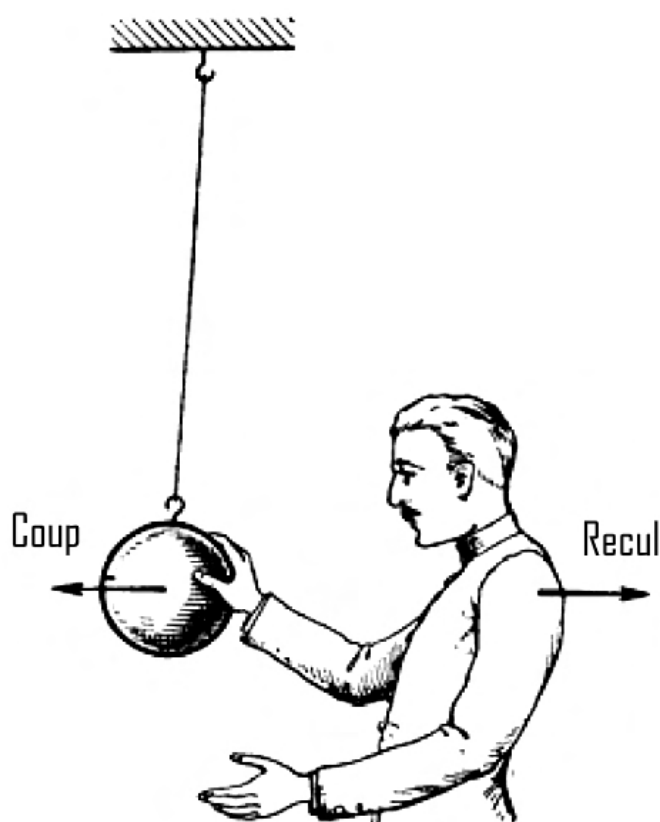


Fig. 12. Même si l'on pousse rapidement un objet facilement déplaçable et volumineux (par exemple une boule de fer suspendue librement) loin de soi à la main, l'on obtient soi-même un « recul » notable.

car nous recevons exactement la même poussée que nous donnons à l'objet dans la direction opposée, et en effet ce « recul » est d'autant plus fort, et par conséquent l'on rebondira d'autant plus, que plus on aura poussé fort. Mais alors la « vitesse de répulsion » que le corps en question atteint lorsqu'il est repoussé est aussi plus grande. D'autre part, avec une seule et même force il sera possible de donner à l'objet qui a été repoussé une plus grande vitesse du fait que son poids est petit, c'est-à-dire, plus la masse est petite, plus la vitesse à laquelle l'objet est poussé est grande. Et de la même manière plus vous êtes léger (et donc moins vous êtes lourd), plus vous reculerez.

La loi physique qui recouvre ce phénomène est appelée « loi de la conservation du centre de gravité ». Elle stipule que le centre de gravité commun d'un système de corps reste toujours au repos s'ils ne sont déplacés que par des forces internes, c'est-à-dire des forces agissant uniquement entre ces corps.

Dans notre premier exemple, la pression des gaz de la poudre est la force interne qui agit entre les deux corps : la balle et le fusil. Alors que sous son influence, le très petit projectile acquiert une vitesse de plusieurs centaines de mètres par seconde, la vitesse atteinte par le fusil beaucoup plus lourd dans la direction opposée est si faible, que le recul (la réaction) causé par cela peut être absorbé par le tireur avec l'épaule. Si l'on devait omettre ce dernier et permettre au fusil de reculer librement (fig. 13), alors le centre de gravité commun du projectile et du fusil resterait en fait au repos (où il se trouvait avant que le coup ne soit tiré), et le fusil se déplacerait maintenant vers l'arrière.

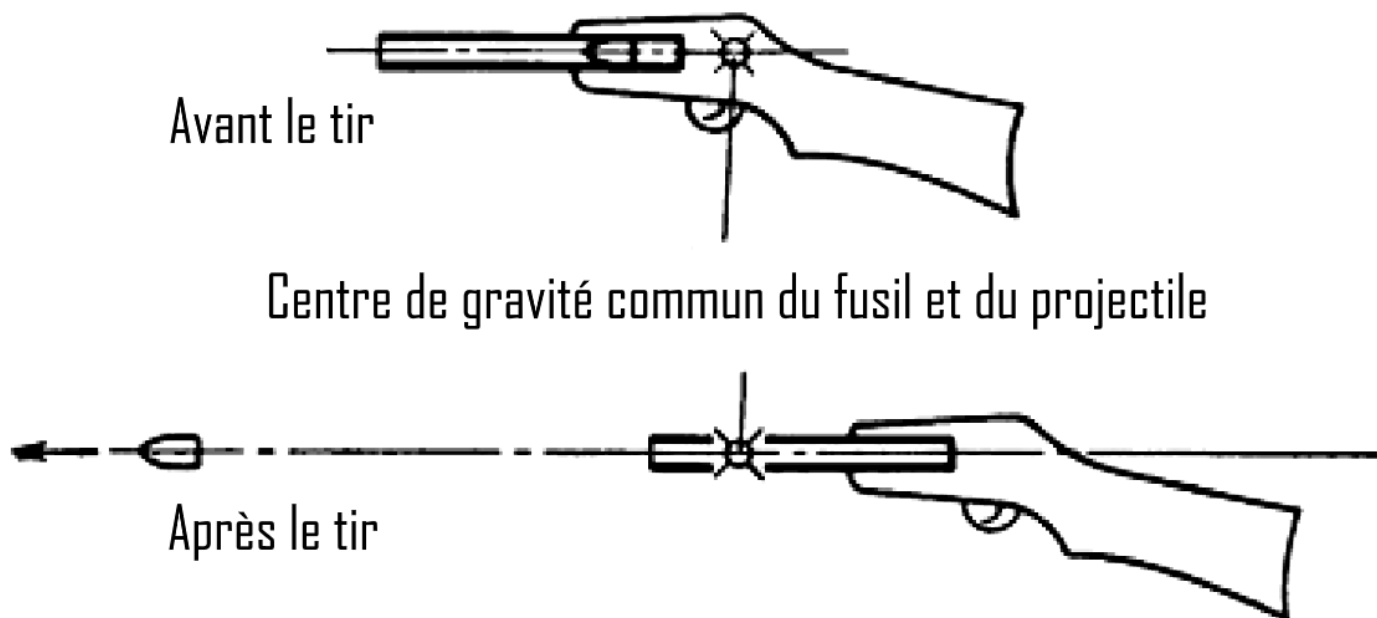


Fig. 13. Si le « recul » du fusil n'est pas absorbé, ce dernier se déplace alors vers l'arrière (après le tir), de sorte que le centre de gravité commun du fusil et du projectile reste au repos.

Le véhicule à recul

Si nous attachions le fusil à un chariot léger (fig. 14) et que nous faisons feu, il se mettrait lui-même en mouvement de par la force du recul. Si l'on continuait à tirer en succession rapide, comme une mitrailleuse, le chariot accélérerait et pourrait aussi monter des pentes, etc. Ce serait un véhicule à propulsion par recul, mais cependant pas le plus parfait. La locomotion

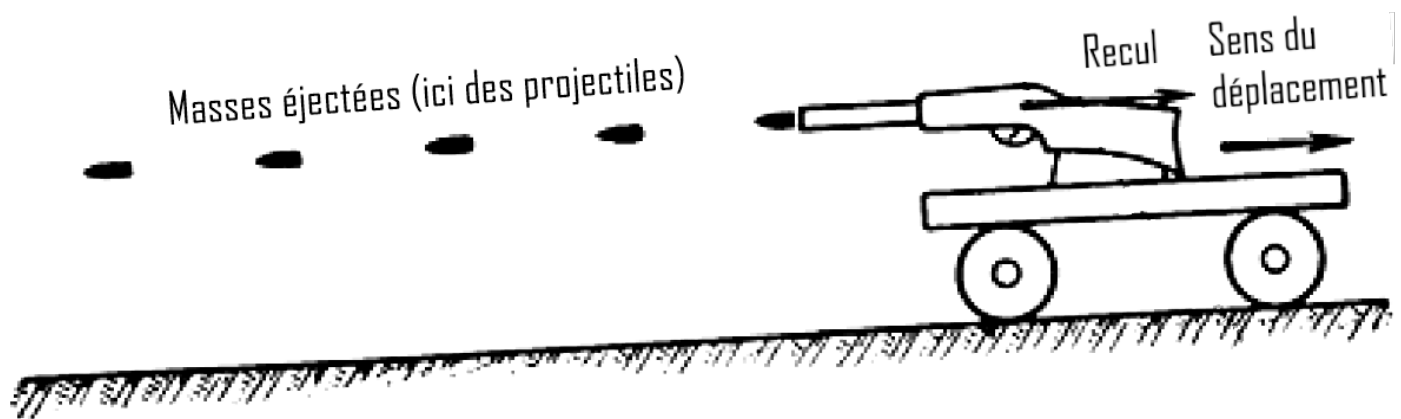


Fig. 14. Un véhicule primitif avec un moteur à recul (à réaction) : le chariot est propulsé par les « reculs » qui sont produits par le tir continu d'un fusil.

d'un tel véhicule est effectuée par le fait qu'il éjecte des parties de sa propre masse (dans l'exemple précédent : des projectiles) loin de lui-même dans la direction opposée à la direction du mouvement et, ce faisant, se repousse ainsi de ces parties de la masse éjectées.

Il est donc clair que ce type de propulsion sera aussi utile lorsque le véhicule se trouve dans son environnement du vide spatial, sans air ou quoi que ce soit d'autre sur lequel une répulsion serait possible. Oui, c'est seulement à ce moment là que le moteur pourra développer sa plus grande efficacité car toute résistance extérieure est éliminée.

Dans la conception technique d'un tel véhicule, il faut bien veiller à ce que, d'une part, le moins de masses possibles soient éjectées pour pro-

duire une force de propulsion spécifique, et, d'autre part, que leurs éjections se déroulent de la manière la plus simple et la plus fiable possible.

Pour remplir la première exigence, il faut avant tout que la vitesse d'éjection soit la plus grande possible. C'est d'après ce qui a déjà été dit, même sans preuve mathématique, juste par réflexion, facile à comprendre que plus je veux éloigner un corps de moi rapidement, plus je dois appuyer dessus avec force, mais plus grande sera la contre-force, qui par conséquent agit en retour sur moi, c'est-à-dire le recul (la réaction) qui a été produit par la répulsion de cette même masse.

En outre, il est nécessaire que des parties de masse sensiblement plus grandes ne soient pas rejetées en sections de temps plus longues, mais que des masses aussi petites que possibles soient rejetées en séquence ininterrompue. La raison pour laquelle il est également utile de maintenir cela provient d'études arithmétiques, qui cependant ne seront pas encore présentées ici. Mais comme on peut le comprendre dès à présent, cela doit être également requis dans l'intérêt de la sécurité de fonctionnement, sinon la propulsion serait saccadée ce qui serait dommageable au véhicule et à son contenu. Seule une force motrice qui agit aussi constamment que possible est utilisable dans la pratique.

La fusée

Ces conditions peuvent être remplies au mieux si le rejet des masses est provoqué en brûlant d'abord des substances appropriées transportées dans le véhicule, puis en laissant les gaz de combustion résultants « s'éjecter » vers l'arrière. Les plus petites particules de masse (les molécules des gaz de combustion) sont ainsi rejetées et lors de la combustion, l'énergie libérée convertie en pression de gaz fournit la « force interne » nécessaire à cela.

La fameuse fusée de feu d'artifice (fig. 15) représente un véhicule de ce type sous la forme la plus simple. Son but est d'emporter un dit « ensemble artistique » : ce sont toutes sortes de feux d'artifices qui, une fois arrivés au sommet de leur ascension, sont allumés, soit pour ravir l'œil par un magnifique spectacle de feux d'artifices, soit (par exemple en usage militaire) à des fins d'éclairage et de signalisation.

La locomotion (élévation) d'une telle fusée pyrotechnique est réalisée par une charge de poudre qu'elle emporte : appelée « propergol ». Qui va s'enflammer pour permettre le lancement de la fusée et se consumer alors progressivement lors de l'ascension. Les gaz de combustion résultants s'échappent vers l'arrière (vers le bas) et ainsi - en vertu de leur effet de réaction - produisent une force de propulsion constante vers l'avant (vers le haut), de la même manière que cela a déjà été décrit auparavant.

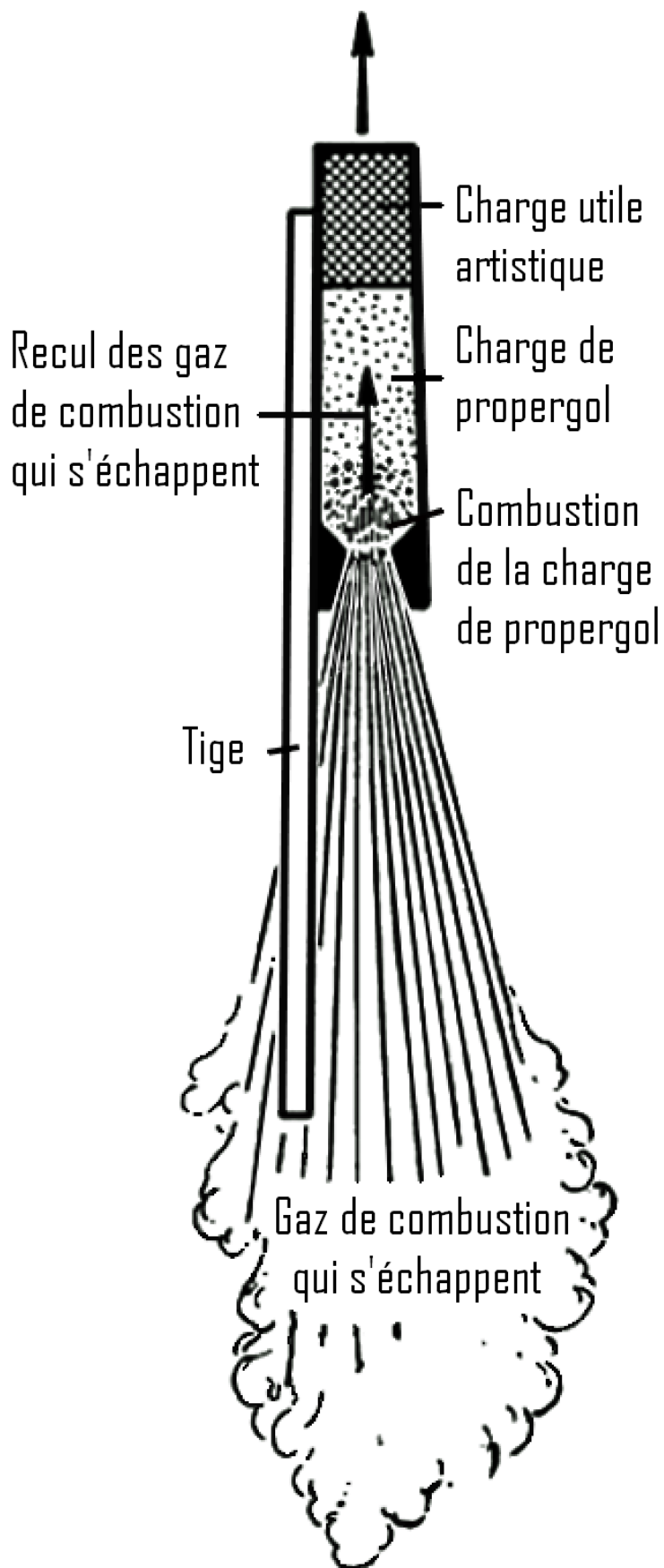


Fig. 15. Fusée d'artifice en coupe longitudinale. La tige qui y est attachée sert à empêcher la fusée de se renverser.

Cependant une fusée destinée à servir de véhicule extra-atmosphérique devra être très différente d'une simple fusée de feu d'artifice.

Personnes ayant œuvrées sur les problèmes du voyage spatial

L'idée que le principe du recul convient à la propulsion d'engins spatiaux n'est pas nouvelle. Déjà vers l'an 1660, bien que dans une présentation très fantastique, le Français Cyrano de Bergerac l'évoque dans ses romans de voyages spatiaux sur des véhicules soulevés par des fusées. Peu de temps après, le célèbre érudit Anglais Isaac Newton soulignait déjà, sous une forme scientifique, la possibilité de pouvoir se déplacer dans le vide à l'aide du phénomène de réaction. En 1841, l'Anglais Charles Goulightly a déposé une demande de brevet pour une machine fusée volante. Vers 1890, l'Allemand Hermann Ganswindt et quelques années plus tard le Russe Ziolkowsky ont annoncé pour la première fois au public des propositions similaires. De même, le célèbre écrivain Français Jules Verne a mentionné dans l'un de ses récits, même si ce n'est que brièvement, l'utilisation de fusées à des fins de locomotion. L'idée du vaisseau spatial propulsé par l'effet des fusées émerge déjà très clairement dans un roman du physicien Allemand Kurt Laßwitz.

Mais ce n'est que récemment que des démarches scientifiques sérieuses ont été entreprises dans ce sens, et en fait de plusieurs côtés à la fois : En 1919 un article sur ce sujet a été publié par le professeur Américain Dr. Robert H. Goddard. En 1923 suivit celui du professeur Saxon de Transylvanie Hermann Oberth. L'année 1924 a apporté un récit généralement compréhensible de l'écrivain Munichois Max Valier et en 1925 une étude de l'ingénieur d'Essen le Dr. Walter Hohman. En 1926, le chimiste Viennois Dr. Franz Edler von Hoefft. En 1925 et 1927, de nouveaux écrits du professeur Russe Ziolkowsky parurent.

Un certain nombre de romans, qui traitent du problème des voyages spatiaux à partir des résultats des travaux scientifiques les plus récents susmentionnés, ont également paru ces dernières années, parmi lesquels, ceux d'Otto Willi Gail doivent être particulièrement soulignés.

Avant de passer à une discussion sur les différentes propositions qui ont été faites jusqu'à présent, il faut d'abord dire quelques mots sur les bases de la propulsion et de la conception des véhicules spatiaux fusées.

Vitesse de déplacement et rendement des véhicules-fusées

Il est très important et propre au véhicule à réaction que la vitesse de déplacement ne soit pas choisie arbitrairement, mais soit généralement déjà donnée par la nature particulière de son moteur. Comme un tel véhicule se déplace en repoussant une partie de sa propre masse, ce processus doit être mis en place de telle sorte qu'après l'éjection, toutes les masses aient le plus possible cédé toute leur énergie au véhicule ; car ce qu'elles emportent avec elles est irrémédiablement perdu. Cette énergie forme, entre autres, l'énergie cinétique, qui, comme on le sait, est inhérente à tout corps en mouvement. Si rien de tout cela ne doit rester dans les masses éjectées, alors après que l'éjection a eu lieu, elles doivent être au repos par rapport à leur environnement (plus exactement : par rapport à leur état de mouvement avant le départ). Cependant, pour y parvenir, la vitesse de déplacement doit être du même ordre de grandeur que la vitesse d'éjection ; car alors la vitesse que les masses avaient avant d'être éjectées (c'est-à-dire toujours en tant que partie du véhicule) est annulée par la vitesse qui leur a été donnée lorsqu'elles ont été éjectées dans la direction opposée (fig. 16). En raison de l'éjection, elles atteignent un état de repos relatif et tombent verticalement sur le sol sous la forme de corps en chute libre.

Dans ces conditions, aucune énergie n'est perdue pendant le processus de réaction (de recul), il fonctionne alors avec une efficacité (mécanique) de 100 % (fig. 16). Si, en revanche, la vitesse de déplacement était inférieure ou supérieure à la vitesse d'éjection, alors ce « rendement de la réaction » serait également inférieure en conséquence (fig. 17). Il est complètement nul dès que le véhicule s'arrête avec le moteur en marche.

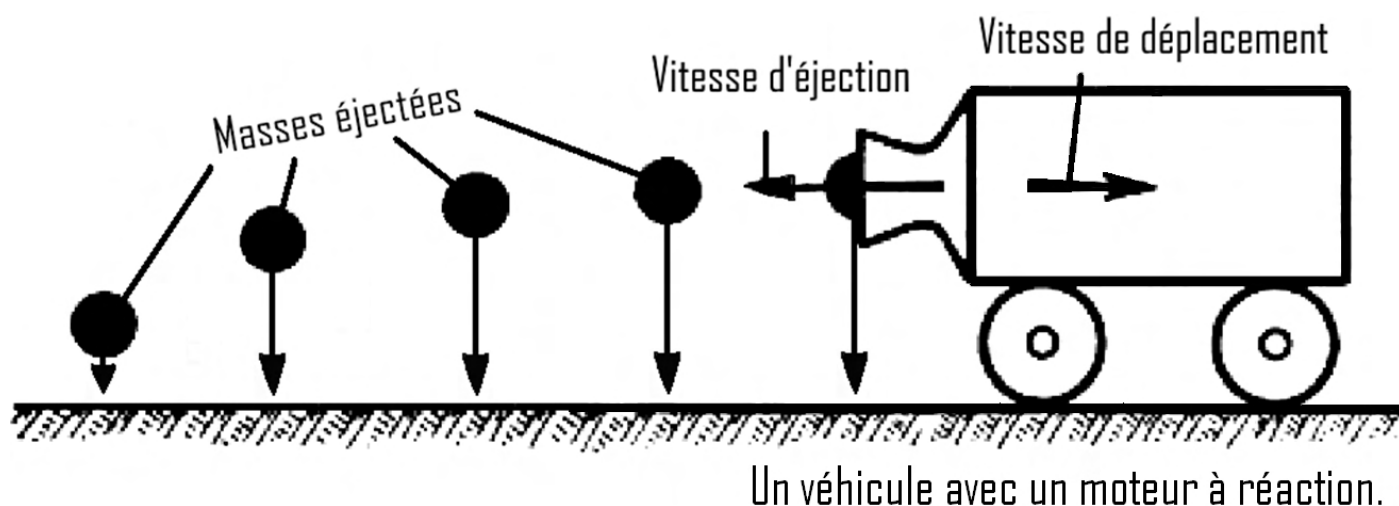


Fig. 16. La vitesse de déplacement est égale à la vitesse d'éjection. De ce fait, après l'éjection, la vitesse des masses éjectées est nulle, ce qui se voit sur la figure car elles tombent verticalement.

Cela peut être compris mathématiquement de manière simple, ce que nous voulons aussi faire ici compte tenu de l'importance cruciale que revêt la question du rendement pour le véhicule-fusée. Si l'on applique l'expression générale du rendement : « rapport de l'énergie gagnée à l'énergie dépensée » au cas présent ¹ (voir formule, bas de page suivante), on arrive à $\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$ comme formule d'expression du rendement de la réaction η_r en fonction du rapport respectif entre la vitesse de déplacement v et la vitesse d'éjection c .

Dans le **Tableau 1** (page 37), le rendement de la réaction η_r est calculé pour les différentes valeurs du rapport v/c à l'aide de la formule ci-dessus. Donc si, par exemple, le rapport $v/c=0,1$ (c'est-à-dire $v=0,1 c$, ce

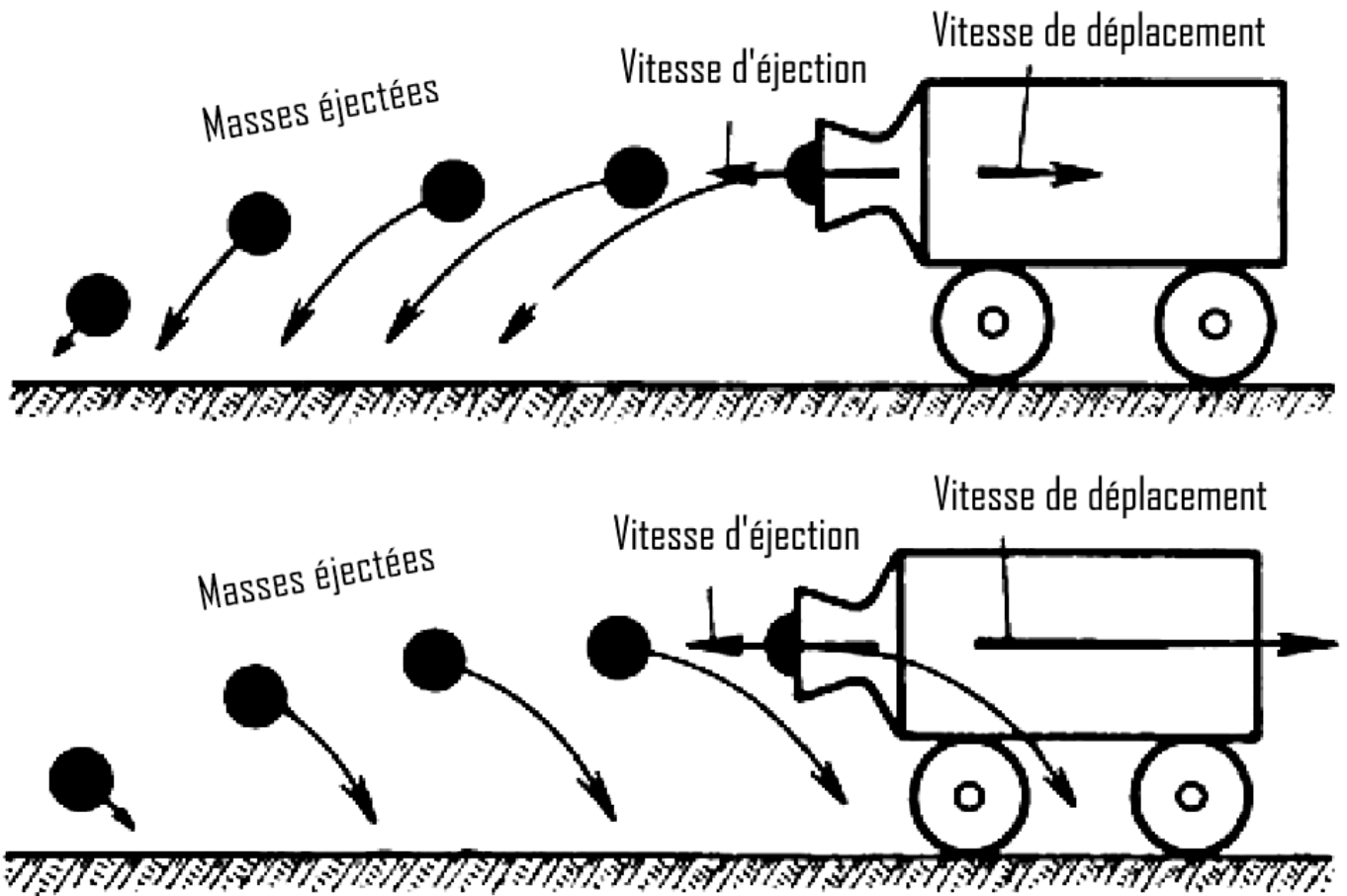


Fig. 17. La vitesse de déplacement est inférieure (photo du haut) ou supérieure (photo du bas) à la vitesse d'éjection. Les masses éjectées ont donc encore une partie de leur vitesse d'éjection (image du haut) ou de leur vitesse de déplacement (image du bas) après que l'éjection a eu lieu, ce que l'on peut observer sur les figures du fait qu'elles tombent au sol avec un angle.

$$\eta_r = \frac{\text{énergie gagnée}}{\text{énergie dépensée}} = \frac{\text{énergie dépensée} - \text{énergie perdue}}{\text{énergie dépensée}}$$

L'énergie dépensée = $\frac{mc^2}{2}$, l'énergie perdue = $\frac{m(c-v)^2}{2}$, où m représente la masse éjectée considérée et $(c-v)$ sa vitesse de déplacement restante après l'éjection (c'est-à-dire, comme indiqué précédemment, l'énergie cinétique perdue pour le véhicule).

$$\text{Il en résulte : } \eta_r = \frac{\frac{mc^2}{2} - \frac{m(c-v)^2}{2}}{\frac{mc^2}{2}} = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$$

qui fait que la vitesse de déplacement n'est que de 1/10 de la vitesse d'éjection), alors le rendement de la réaction ne serait que de 19 %. A $v/c=0,5$ (c'est-à-dire si la vitesse de déplacement est égale à la moitié de la vitesse d'éjection), l'efficacité serait déjà de 75 %, et à $v/c=1$ (la vitesse

Tableau 1.		
Rapport entre vitesse de déplacement v et vitesse d'éjection c v/c	Rendement de la réaction η_r	
	$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$	η_r en pourcentages arrondis
0	0	0
0,01	0,0199	2
0,05	0,0975	10
0,1	0,19	19
0,2	0,36	36
0,5	0,75	75
0,8	0,96	96
1	1	100
1,2	0,96	96
1,5	0,75	75
1,8	0,36	36
2	0	0
2,5	-1,25	-125
3	-3	-300
4	-8	-800
5	-15	-1500

de déplacement et la vitesse d'éjection sont égales) - en accord avec notre raisonnement précédent atteint 100 %. Lorsque le rapport v/c devient supérieur à 1 (donc la vitesse de déplacement dépasse la vitesse d'éjection), alors le rendement de la réaction diminue à nouveau, et il repasse finalement par zéro à $v/c=2$ puis (c'est-à-dire aux vitesses de déplacement supérieures au double de la vitesse d'éjection) devient même négatif.

Ce dernier semble à première vue paradoxal, puisque le véhicule gagne en vitesse de déplacement et donc apparemment aussi en énergie cinétique grâce à la réaction ! Cependant, puisque la perte d'énergie, qui résulte de la séparation de la masse éjectée qui est maintenant très fortement chargée en énergie cinétique en raison de la vitesse de déplacement élevée, l'emporte désormais sur le gain d'énergie obtenu par l'éjection, le résultat de l'ensemble du processus se traduit malgré l'augmentation de vitesse qu'il en résulte, par une perte d'énergie pour le véhicule qui s'exprime mathématiquement par le signe négatif du rendement. Cependant, ces chiffres de rendements, qui se traduisent pour des valeurs importantes du rapport v/c , n'ont en réalité qu'une valeur plus ou moins théorique.

Cependant, le tableau montre très clairement et distinctement combien il est avantageux et donc important que la vitesse de déplacement soit la plus proche possible de celle de la vitesse d'éjection pour obtenir un bon rendement de la réaction, bien que certaines différences (même jusqu'à $v=0,5 c$ ou $v=1,5 c$) ne sont toujours pas si importantes car les fluctuations d'efficacité sont assez faibles près de son maximum. On peut donc dire que la vitesse de déplacement optimale d'un véhicule-fusée est comprise entre 0,5 et 1,5 fois sa vitesse d'éjection.

Si maintenant comme c'est le cas ici, le véhicule à réaction est un véhicule-fusée et que l'éjection des masses a donc lieu par combustion du propergol transporté avec une évacuation appropriée, alors au sens de

l'exigence qui vient d'être reconnue : la vitesse de déplacement doit être autant que possible de la même grandeur que la vitesse d'éjection (fig. 18). Cependant, cela signifie à nouveau que la vitesse de déplacement dépend dans une certaine mesure du type de propergol utilisé dans chaque cas, puisque chacun a une vitesse d'éjection maximale réalisable différente.

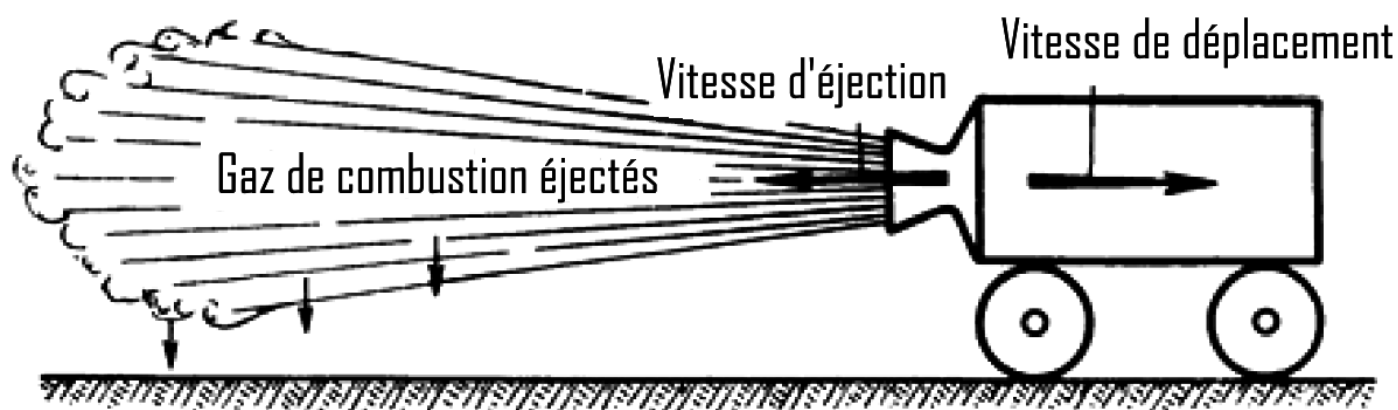


Fig. 18. Avec un véhicule-fusée, la vitesse de déplacement doit être aussi égale que possible à la vitesse d'éjection.

Cette exigence fondamentale de la technologie des fusées est désormais décisive pour l'utilisation éventuelle des véhicules-fusées. Car, selon les déclarations précédentes, la vitesse d'éjection devrait être aussi grande que possible. En fait, les vitesses d'éjection en question atteignent des milliers de mètres par seconde, et la vitesse de déplacement doit donc également atteindre une valeur énorme correspondante, ce qui est impossible pour tous les véhicules connus jusqu'à présent, si le rendement doit avoir un niveau encore utilisable pour une application pratique.

Cela apparaît clairement dans le **Tableau 2** (voir page 41), dans lequel sont déterminés pour les différentes vitesses de déplacement importantes (énumérées dans la colonne principale 1) les rendements correspondants à différentes vitesses d'éjection.

Déjà à partir de la colonne principale 2 du tableau 2, qui montre à elle seule le rendement de la réaction, on peut voir à quel point la propulsion de la fusée est peu efficace aux vitesses atteignables par nos véhicules actuels (de quelques centaines de kilomètres à l'heure au plus).

Mais cela est beaucoup plus évident lorsque, comme le présente la colonne principale 3 du tableau 2, le rendement global est pris en compte. Ceci est réalisé en considérant les pertes qui sont intrinsèquement liées à la génération de la vitesse d'éjection (par combustion et en laissant s'éjecter le propergol brûlé) et qui ont pour résultat que vous n'atteignez pratiquement toujours qu'une vitesse d'éjection inférieure à la celle qui est théoriquement au mieux réalisable pour le propergol en question. L'évaluation relative, comme cela sera expliqué plus en détails plus loin*, peut probablement être portée jusqu'à environ 60 %. Pour le benzène, par exemple, une évaluation de 62 % se traduirait par une vitesse d'éjection de 3 500 mètres par seconde et une évaluation de 20 % avec 2 000 mètres par seconde, deux cas pour lesquels la colonne principale 3 du tableau 2 indique le rendement global (qui, dans le sens de ce qui a été dit, est maintenant seulement de 62 à 20 % des valeurs correspondantes de la colonne principale 2 du tableau 2).

Comme on peut le voir sur ces chiffres, le rendement global - même pour des vitesses de déplacement de plusieurs centaines de kilomètres par heure - est encore si faible que, en dehors de certaines applications particulières pour lesquelles la question du rendement n'est pas pertinente, l'application pratique généralisée de la propulsion par fusée à l'un de nos moyens de transport terrestres habituels ne peut presque jamais être envisagée.

* Le « rendement interne » du moteur-fusée, voir page 66.

Tableau 2

1		2							3	
Vitesses de déplacement v en :		Rendement de la réaction $\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$							Rendement global de la propulsion du véhicule $\eta = \eta_r \eta_i$ pour le benzène et l'oxygène liquide utilisés comme propergol	
km/h	m/s	1000	2000	2500	3000	3500	4000	5000	2000	3500
40	11	2,2	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0,4
100	28	4,6	2,8	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	0,6	1
200	56	11	5,5	4,5	3,8	3,2	2,8	2,2	1,1	2
300	83	16	8	6,5	5,5	4,7	4	3,4	1,6	3
500	140	26	13	11	9	8	7	5,5	2,7	5
700	200	36	19	15	13	11	10	8	4	7
1000	300	51	28	23	19	16	14	12	6	10
1800	500	75	44	36	31	27	23	19	9	17
3000	1000	100	75	64	56	50	44	36	15	31
5400	1500	75	94	84	75	67	60	51	19	42
7200	2000	0	100	96	89	81	75	64	20	50
9000	2500	-125	94	100	97	92	86	75	19	57
10800	3000	-300	75	96	100	98	94	84	15	61
12600	3500	-525	44	84	97	100	99	91	9	62
14400	4000	-800	0	64	89	98	100	96	0	61
18000	5000	-1500	-125	0	56	81	94	100	-25	50
21600	6000		-300	-96	0	50	75	96	-61	31
25200	7000		-520	-220	-77	0	44	70	-111	0
28800	8000		-800	-380	-175	-64	0	64	-160	-40
36000	10000		-1500	-800	-440	-250	-125	0	-300	-160
45000	12500			-1500	-900	-560	-350	-125		-350

Mais les choses deviennent très différentes lorsque l'on considère des vitesses de déplacement très élevées. Même à des vitesses supersoniques, qui ne sont pas si élevées, le rendement est comparativement bien meilleur. A des vitesses de déplacement encore plus élevées, déjà cosmiques, qui s'élèvent à des milliers de mètres par seconde (c'est-à-dire jusqu'à des dizaines de milliers de kilomètres par heure), il atteint même des valeurs extrêmement favorables, comme le montre le tableau 2.

Il faut donc considérer comme une coïncidence de circonstances particulièrement favorables que, notamment pour les engins spatiaux pour lesquels la réaction est le seul mode de propulsion adapté, ces vitesses de déplacement élevées sont non seulement possibles (pas de résistance au déplacement dans le vide spatial !), mais représentent même une nécessité absolue. Sinon, comment ces énormes distances dans l'espace extra-atmosphérique pourraient-elles être couvertes en des temps de trajet humainement possibles ? Cependant, il n'y a aucun danger que des vitesses excessives puissent être nocives pour la santé ; car nous ne sommes pas immédiatement conscients d'une vitesse en tant que telle, aussi énorme soit-elle. Après tout en tant que « passagers de notre Terre », nous nous déplaçons constamment dans l'espace à une vitesse de 30 000 mètres par seconde dans une course sans fin autour du Soleil, sans même ressentir quoi que ce soit. Cependant, la situation est différente avec les « accélérations » qui se produisent avec des changements forcés de vitesse, comme nous le verrons plus tard.

Le **Tableau 3** (page suivante) est ici fourni afin de pouvoir comparer plus facilement entre elles les différentes vitesses de déplacements envisagés ici - ce qui est par ailleurs rendu quelque peu difficile par la différence de notation usuelle (kilomètres par heure pour les véhicules actuels, mètres ou kilomètres par seconde pour les voyages spatiaux).

Tableau 3

Kilomètre par heure km/h	Mètre par seconde m/s	Kilomètre par seconde km/s
5	1,39	0,00139
10	2,78	0,00278
30	8,34	0,00834
50	13,9	0,0139
70	19,5	0,0195
90	25,0	0,0250
100	27,8	0,0278
150	41,7	0,0417
200	55,6	0,0556
300	83,4	0,0834
360	100	0,1
500	139	0,139
700	195	0,195
720	200	0,2
1000	278	0,278
1080	300	0,3
1190	330	0,33
1800	500	0,5
2000	556	0,556
2520	700	0,7
3000	834	0,834
3600	1000	1
5400	1500	1,5
7200	2000	2
9000	2500	2,5
10800	3000	3
12600	3500	3,5
14400	4000	4
18000	5000	5
21600	6000	6
25200	7000	7
28800	8000	8
36000	10000	10
40300	11180	11,18
45000	12500	12,5
54000	15000	15
72000	20000	20

L'Ascension

Des parties les plus essentielles dont se compose un voyage spatial : c'est à dire l'ascension, le trajet longue distance dans l'espace extra-atmosphérique et le retour sur Terre (l'atterrissage), nous ne voulons pour l'instant nous occuper que de la partie la plus importante : l'ascension, car celle-ci impose les plus grandes exigences aux performances de la propulsion et est donc également d'une importance décisive pour la structure de l'ensemble du véhicule.

Pour la mise en œuvre de l'ascension, il existe 2 possibilités de base dans le sens de ce qui a déjà été indiqué au début sur le mode de mouvement dans les champs gravitationnels de l'espace extra-atmosphérique* : « l'ascension raide » et la « l'ascension à plat ».

Lors de l'ascension raide, le véhicule s'élève dans une direction la plus verticale possible. Tout d'abord, la vitesse d'ascension augmente constamment à partir de zéro grâce à la force de propulsion du moteur à réaction (fig. 19) jusqu'à ce qu'une vitesse d'ascension si élevée soit atteinte - nous l'appellerons « vitesse d'ascension maximale » - que la propulsion peut maintenant être arrêtée et que la poursuite de l'ascension jusqu'à la hauteur souhaitée ne peut s'effectuer que comme un « lancement vers le haut » sous l'effet de la force d'inertie entre-temps emmagasinée dans le véhicule.

En montée à plat, en revanche, le véhicule ne s'élève pas verticalement, mais dans une direction oblique (inclinée), et il ne s'agit pas tant de prendre de la hauteur que plus précisément de gagner de la vitesse horizontale et de l'augmenter jusqu'à atteindre celle requise pour le mouvement orbital libre et donc « l'état stable d'apesanteur » (fig. 5 et 20). Nous traiterons plus en détail de ce type d'ascension plus tard.

* Voir page 21.

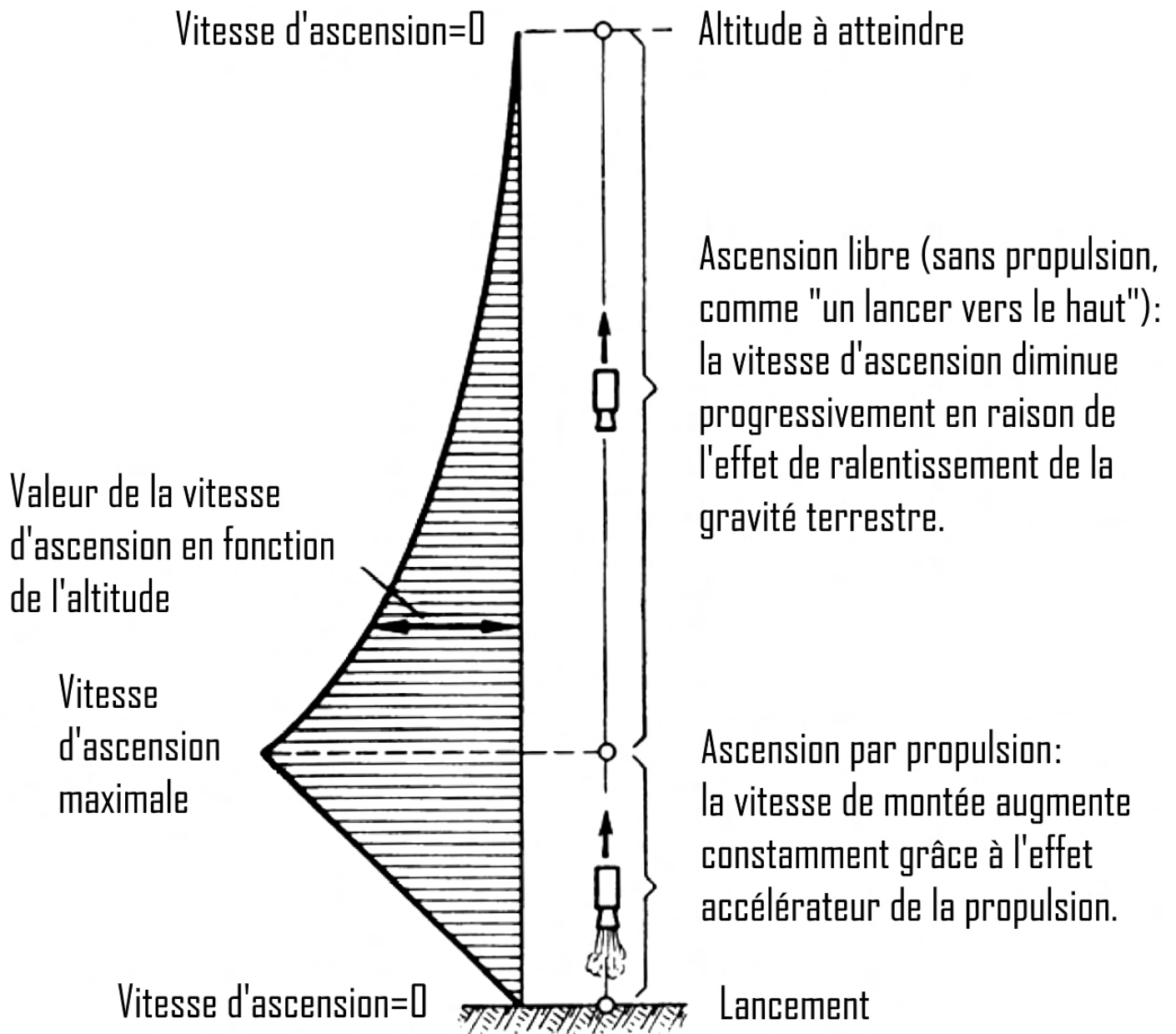


Fig. 19. Ascension verticale - « la montée raide » - d'une fusée spatiale.

Mais nous voulons d'abord encore examiner d'autres choses, y compris la question : Qu'en est-il des variations du rendement lors de l'ascension ; car quelle que soit la manière dont l'ascension peut avoir lieu, la vitesse finale requise ne peut être atteinte que progressivement, de sorte que la vitesse de déplacement (d'ascension) de la fusée spatiale sera initialement inférieure puis (selon le niveau de la vitesse finale) supérieure à la vitesse d'éjection. Donc le rendement du système de propulsion doit aussi changer continuellement durant l'ascension dynamique, car, d'après nos constatations antérieures, il dépend de l'amplitude respective des vitesses de

déplacement et d'éjection (voir tableau 1, page 37). En conséquence, il ne sera initialement que faible et augmentera progressivement avec l'augmentation de la vitesse d'ascension, et finalement (si la vitesse finale à atteindre est d'autant plus élevée) dépassera son maximum puis décroîtra à nouveau.

Afin de pouvoir se faire une idée de l'ampleur du rendement dans ces circonstances, il faut tenir compte du « rendement moyen de la réaction » η_{rm} (voir formule en bas de page suivante) survenant pendant la propulsion. Comme on le voit aisément, celui-ci dépendra d'une part de la vitesse d'éjection c , que l'on veut supposer constante pendant toute la durée de la propulsion, et d'autre part de la vitesse finale v' finalement atteinte au bout de la période de propulsion.

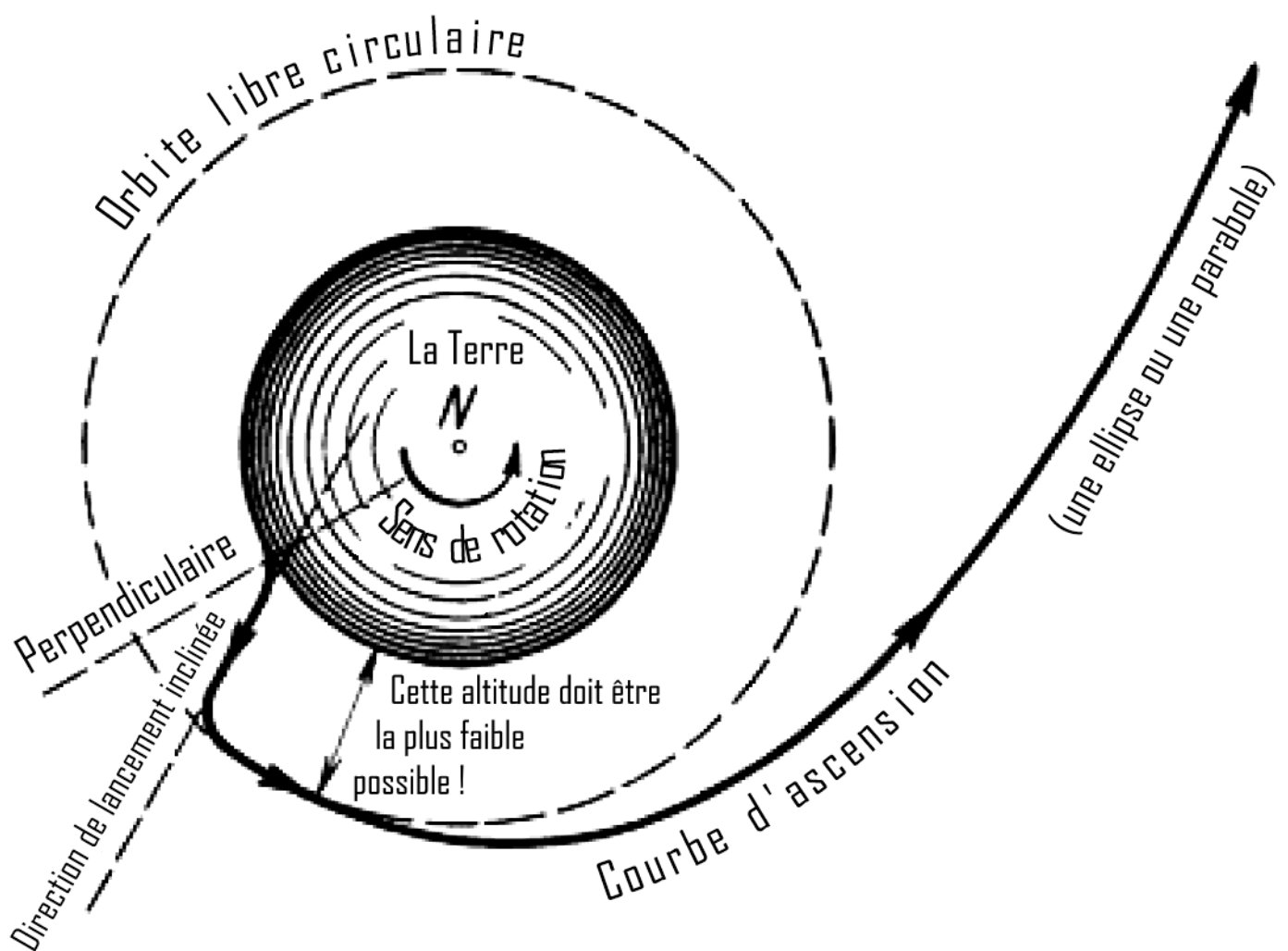


Fig. 20. La « montée à plat » d'une fusée spatiale. L'énergie nécessaire à l'ascension est la plus faible ici.

La formule $\eta_{rm} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^{\frac{v'}{c}} - 1}$ * avec laquelle le **Tableau 4** a été établi fournit des informations à ce sujet. Celui-ci montre le rendement moyen de la réaction en fonction du rapport de la vitesse finale v' atteinte à la fin de la période de propulsion avec la vitesse d'éjection c existante pendant la période de propulsion, donc de v'/c . D'après cela, par exemple - avec une vitesse d'éjection de $c=3\ 000$ mètres par seconde - pour une période de propulsion au bout de laquelle la vitesse finale $v=3\ 000$ mètres par seconde est atteinte (c'est-à-dire pour $v'/c=1$), le rendement moyen de la réaction serait de 58 %, pour la vitesse finale $v=12\ 000$ mètres par seconde (soit $v'/c=4$) il serait de 30 % etc. Dans notre exemple, pour une période de poussée ayant une vitesse finale de $v'=4\ 770$ mètres par seconde, c'est-à-dire pour $v'/c=1,59$, il peut même atteindre 65 %.

En tout cas, on voit que même pendant l'ascension, malgré les fluctuations qui se produisent dans le rapport des vitesses de déplacement et d'éjection v/c , le rendement n'est toujours pas défavorable en général.

Mais en plus du problème d'efficacité, qui est intéressant dans tous les cas, il y a une deuxième question d'une importance capitale, surtout pour l'ascension. Dès que le lancement a eu lieu et que le véhicule s'est levé de

* Le rendement moyen de la réaction $\eta_{rm} =$

$$\frac{\text{énergie gagnée}}{\text{énergie dépensée}} = \frac{\text{énergie cinétique de la masse finale } M \text{ à la vitesse finale } v'}{\text{énergie cinétique de la masse éjectée } (M_0 - M) \text{ à la vitesse d'éjection } c}$$

Donc : $\eta_{rm} = \frac{\frac{Mv'^2}{2}}{\frac{(M_0 - M)c^2}{2}}$. Il en résulte avec $M_0 = Me^{\frac{v'}{c}}$ (voir page 59) :

$$\eta_{rm} = \frac{Mv'^2}{\left(Me^{\frac{v'}{c}} - M\right)c^2} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^{\frac{v'}{c}} - 1}$$

Tableau 4.

Rapport entre la vitesse finale v' et la vitesse d'éjection c :	Rendement moyen de la réaction η_{rm} pendant la période d'accélération	
	v'/c	$\eta_{rm} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^c - 1}$
0	0	0
0,2	0,18	18
0,6	0,44	44
1	0,58	58
1,2	0,62	62
1,4	0,64	64
1,59	0,65	65
1,8	0,64	64
2	0,63	63
2,2	0,61	61
2,6	0,54	54
3	0,47	47
4	0,30	30
5	0,17	17
6	0,09	9
7	0,04	4

son support (d'une base solide ou en suspension, d'une surface aquatique, d'un ballon de lancement, etc.), il n'est plus porté que par la motorisation

(fig. 21), mais qui - selon la nature de la force de réaction - est associée à une charge de travail continue, c'est-à-dire à une consommation de propergol. En conséquence, la quantité de propergol réellement nécessaire pour le travail de levage en soi est augmentée d'une quantité supplémentaire non négligeable. Cette condition dure jusqu'à ce que, selon que l'ascension soit raide ou à plat, la vitesse de montée maximale requise ou la vitesse de déplacement horizontale nécessaire soit atteinte. Plus tôt cela peut être fait, plus courte est aussi la période de temps pendant laquelle le véhicule doit être soutenu par la poussée, mais plus faible sera la consommation de propergol qui y est associée. On voit donc que lorsque l'on ascensionne il faut essayer d'atteindre une vitesse élevée le plus rapidement possible.

Cependant, il y a bientôt une

limite à cela pour les vaisseaux spatiaux censés être adaptés au transport de personnes. Car l'accélération associée se traduit toujours par la libération de forces d'inertie lors d'une augmentation de vitesse forcée (comme ici par le propulseur), et n'est pas provoquée uniquement par la libre interaction des forces d'inertie. Celles-ci se traduisent lors de la

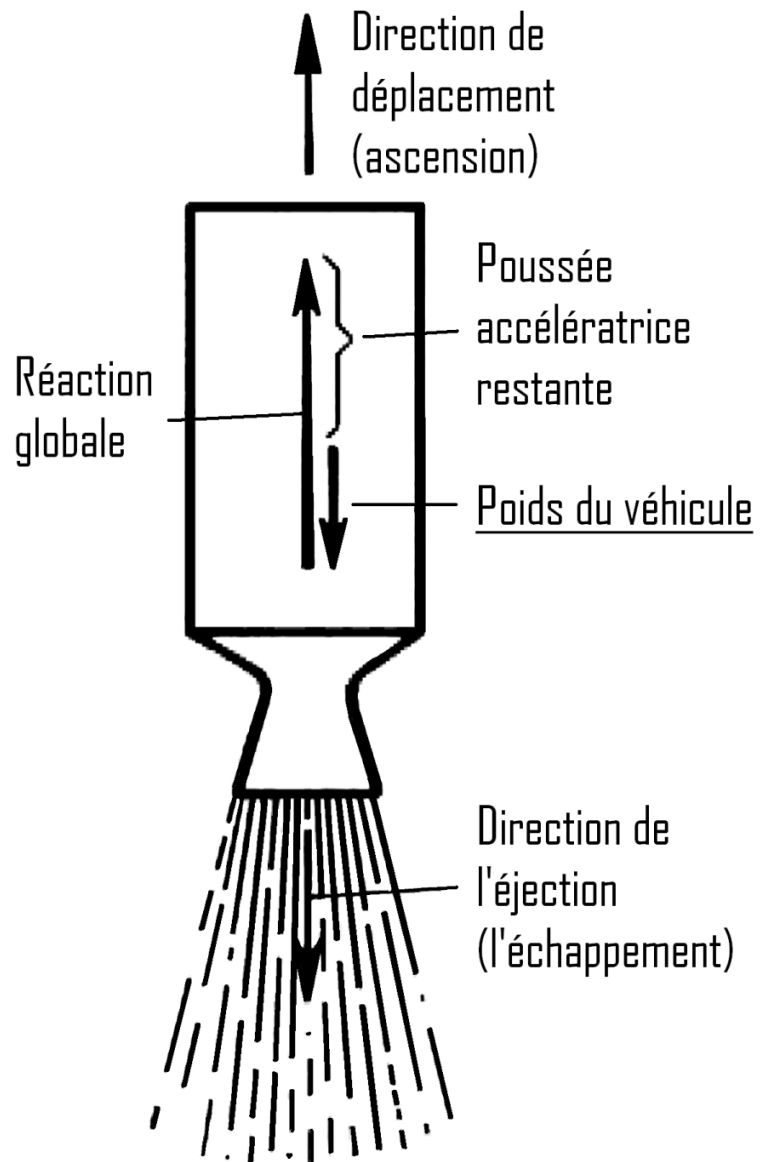


Fig. 21. Tant que le véhicule doit être soutenu (porté) par la propulsion pendant la montée, la force motrice de celle-ci est réduite par le poids du véhicule.

montée du véhicule comme une augmentation du poids (fig. 22) et ne doivent pas dépasser un certain niveau afin que les personnes à bord ne subissent aucun préjudice pour leur santé. A travers des études comparatives menées par Hohmann comme par Oberth ainsi que les expériences acquises jusqu'à présent dans le domaine de l'aviation (par exemple avec des vols à vis) ils suggèrent qu'une accélération réelle de l'ascension jusqu'à 30 m/s^2 peut encore être autorisée pour une ascension verticale. Dans ce cas, le véhicule et son contenu seraient sous l'influence d'une force de gravité quatre fois supérieure à celle de la gravité terrestre normale pendant la durée de la propulsion. Ne sous-estimez pas ce que cela signifie ! Parce que cela ne signifie rien de moins que les pieds devraient supporter près de quatre fois le poids corporel habituel. Par conséquent, cette période d'ascension, qui ne dure que quelques minutes, ne peut être passée par les personnes à bord qu'en position couchée, pour laquelle Oberth prévoit des hamacs.

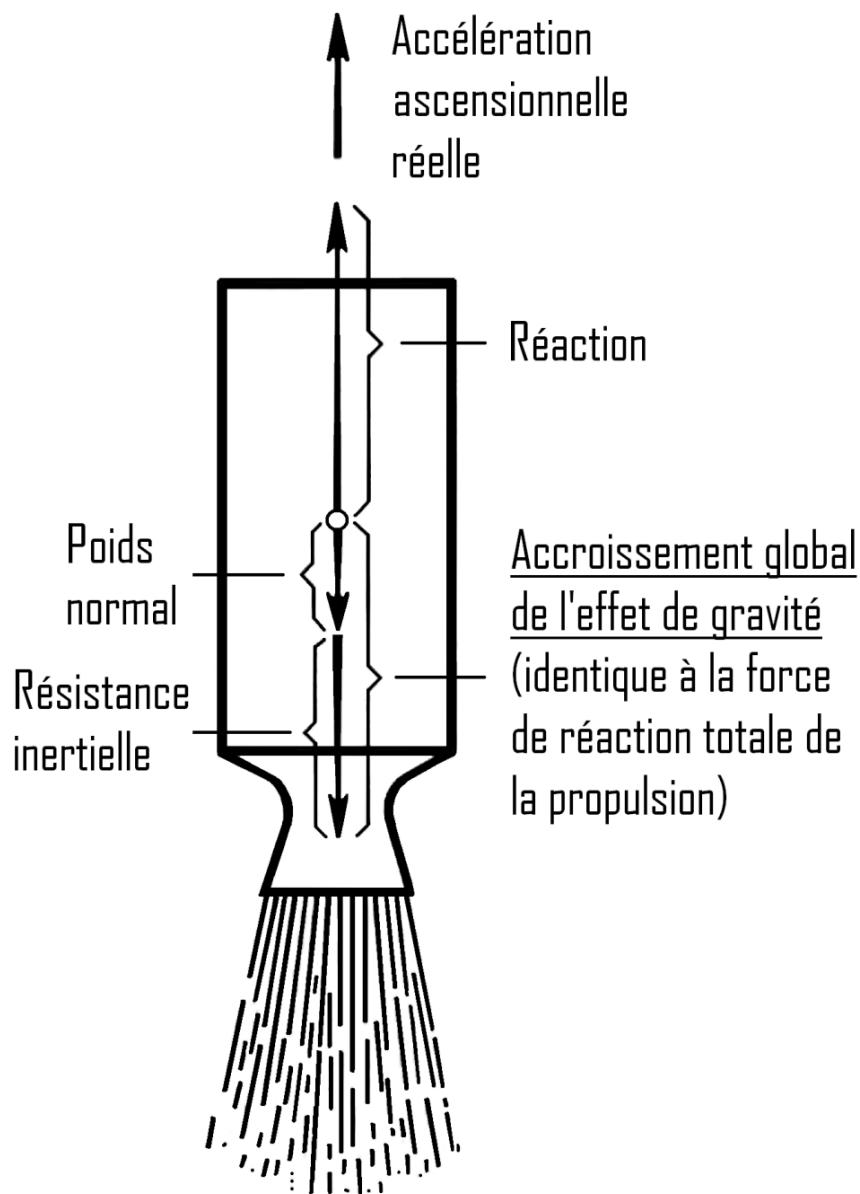


Fig. 22. En raison de l'accélération résultante (augmentation de la vitesse) du véhicule pendant la propulsion, des forces d'inertie sont générées dans le véhicule, qui se manifestent par une augmentation du poids du véhicule.

devraient supporter près de quatre fois le poids corporel habituel. Par conséquent, cette période d'ascension, qui ne dure que quelques minutes, ne peut être passée par les personnes à bord qu'en position couchée, pour laquelle Oberth prévoit des hamacs.

En ce qui concerne cette limitation de l'amplitude de l'accélération, cette vitesse maximale d'ascension verticale qui serait nécessaire pour le détachement complet de la Terre ne peut être atteinte avec des engins spatiaux habités par des humains qu'à une hauteur d'environ 1 600 km. Elle est alors d'environ 10 000 mètres par seconde et est atteinte après un peu plus de 5 minutes. C'est la durée pendant laquelle le moteur doit fonctionner. Pendant ce temps, le véhicule est alors, selon ce qui précède, soutenu par la propulsion (porté) et doit par ailleurs encore surmonter la résistance de l'atmosphère terrestre. Cependant, les deux circonstances entraînent une augmentation de la quantité de travail nécessaire, de sorte que la quantité totale de travail requise pour l'ascension jusqu'au détachement complet de la Terre devient finalement tout aussi grande que s'il fallait donner au véhicule dans son ensemble une vitesse maximale idéale d'environ 13 000 mètres par seconde. Ceci (et non pas la vitesse d'ascension maximale réelle de 10 000 mètres par seconde) est maintenant décisif pour la quantité de propergol nécessaire.

C'est plus économique si l'ascension ne se fait pas à la verticale mais est inclinée en suivant une courbe ; en particulier, si l'on tente également d'être le plus près de la surface de la Terre que possible par rapport à la résistance de l'air pour réaliser le mouvement orbital libre autour de la Terre (peut-être à environ 60-100 km au-dessus du niveau de la mer), et ce n'est qu'alors seulement - à savoir en augmentant encore la vitesse orbitale - qu'il est possible de tendre vers la vitesse maximale nécessaire pour atteindre l'altitude souhaitée ou pour un détachement complet de la Terre (« ascension à plat », fig. 20).

La direction de montée inclinée à l'avantage que la force de gravité terrestre ne contrecarre pas pleinement la force de propulsion (fig. 23), ce qui fait qu'avec la même accélération idéale (la même poussée) - qui, selon des déclarations antérieures est limitée en ce qui concerne les avantages

pour la santé - il en résulte une plus grande accélération réelle. Mais, cela a comme conséquences, que la vitesse maximale requise pour l'ascension est atteinte plus tôt.

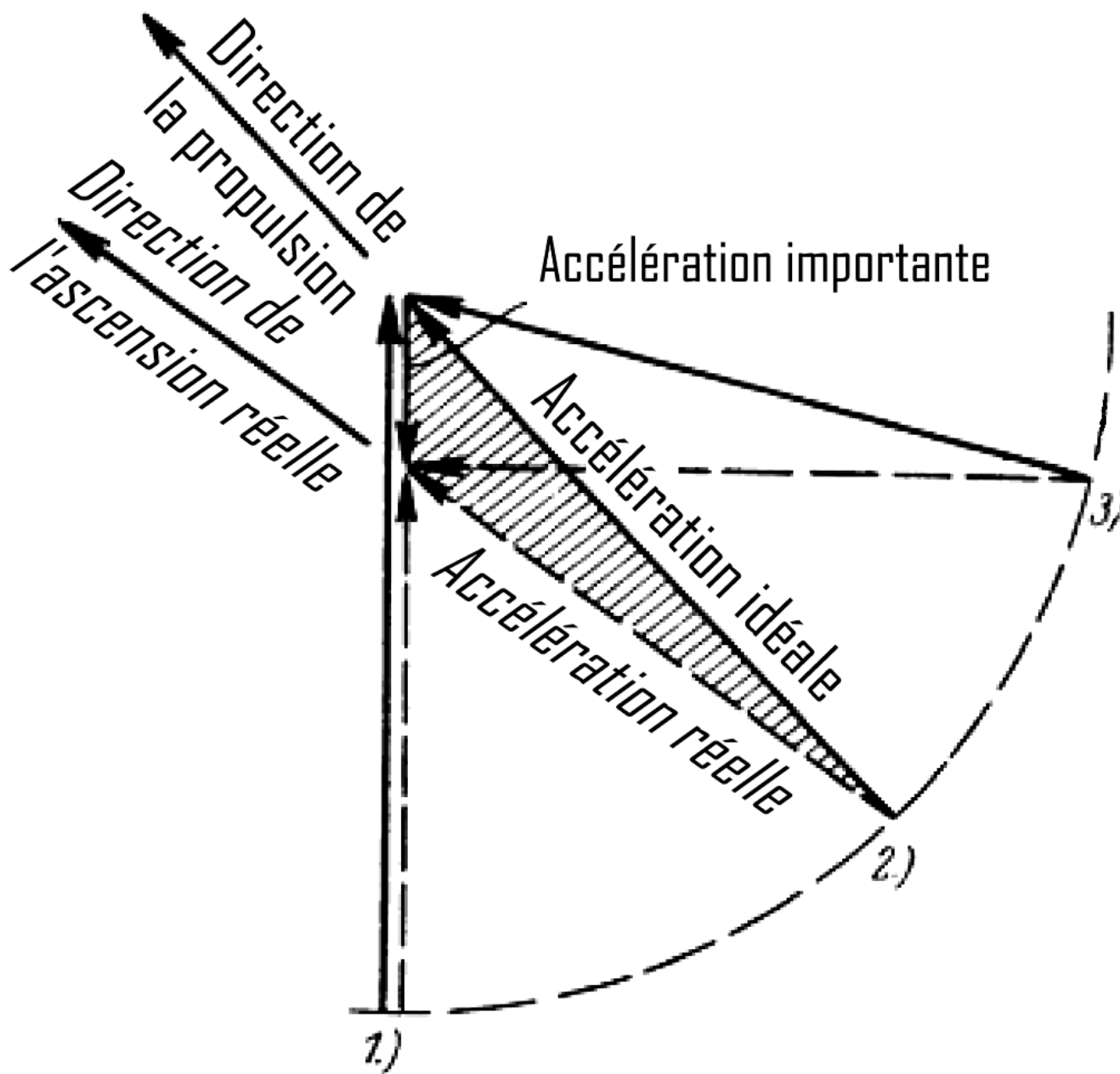


Fig. 23. Polygone d'accélération pour :

1. Ascension verticale
2. Ascension inclinée
3. Ascension à plat

Vous pouvez clairement voir que, malgré le fait que l'accélération idéale (la puissance du moteur) reste la même, l'accélération réelle de 1. à 3. continue d'augmenter. (Le polygone d'accélération pour 2. est mis en évidence par des hachures).

Cependant, la transition la plus rapide possible vers un mouvement orbital libre engendre que le véhicule lui-même s'échappe de la gravité terrestre plus rapidement que d'habitude (en raison de l'effet précoce résultant de la force centrifuge).

Les deux circonstances contribuent maintenant à raccourcir la période de temps pendant laquelle le véhicule doit être porté par le moteur et ainsi à économiser la dépense d'énergie. De ce fait, lors de l'utilisation de cette manœuvre d'ascension, la vitesse maximale idéale à donner au véhicule en vue d'un détachement complet de la Terre selon Oberth, n'est que d'environ 12 000 mètres par seconde. En supposant une vitesse maximale idéale d'environ 12 500 mètres par seconde, l'auteur estime que cela devrait se rapprocher le plus de ce qui peut réellement être réalisé actuellement dans la pratique.

Cependant, quelle que soit le type d'ascension, elle nécessite toujours des accélérations très importantes, de sorte que le véhicule atteindra déjà la vitesse d'une balle de fusil à quelques kilomètres de hauteur. Mais cette circonstance a pour conséquence - étant donné la forte densité des couches d'air basses les plus proches de la Terre - que la résistance de l'air dans la toute première partie de l'ascension atteint des valeurs défavorablement élevées, ce qui s'applique en particulier aux fusées spatiales sans pilote ; car comme il n'y a pas de considérations de santé pour ces derniers, des accélérations d'ascension beaucoup plus importantes peuvent être utilisées avec elles qu'avec des véhicules habités.

Afin de contrer cet inconvénient, le lancement sera donc effectué d'un point le plus haut possible sur la surface terrestre, par exemple d'un ballon de lancement ou d'un autre aéronef ou d'une haute montagne correspondante. Dans le cas de très gros vaisseaux spatiaux, en raison de leur poids, seule cette dernière option pourrait être envisagée, si dans ce cas le lancement ne s'effectue pas à une hauteur normale.

Informations générales sur la structure de la fusée spatiale

Conformément à la variété des finalités et des objectifs qui entrent en considération pour les voyages spatiaux, les exigences imposées au véhicule seront également des plus variées dans chaque cas de voyage. Il s'avérera donc beaucoup plus nécessaire dans les vaisseaux spatiaux que dans les moyens de transport connus jusqu'à présent d'adapter la structure du véhicule à la spécificité de la situation de déplacement respective. Néanmoins, les installations essentielles ainsi que les aspects critiques pour la structure seront communs à tous les vaisseaux spatiaux.

La forme extérieure d'un vaisseau spatial devra être similaire à celle d'une balle de fusil. Parce qu'aux vitesses élevées qu'il atteint encore dans l'atmosphère terrestre (vitesse balistique selon les explications précédentes !), la forme d'une balle de fusil est la mieux adaptée pour surmonter la résistance de l'air.

Le type de propergol utilisé est fondamental pour la structure interne d'un véhicule-fusée. Ce qui suit doit être exigé de celui-ci :

1. Qu'il peut être utilisé pour atteindre une vitesse d'éjection des gaz la plus élevée possible, car nous avons déjà reconnu auparavant la nécessité d'une vitesse d'éjection la plus élevée possible des masses rejetées.
2. Qu'il ait la plus grande densité possible (densité spécifique élevée) afin que le plus petit réservoir possible suffise à contenir la quantité de poids nécessaire. Car alors, d'une part, le poids du réservoir est réduit, et d'autre part, les pertes dues à la résistance de l'air sont également moindres.
3. Que sa combustion puisse s'effectuer sans danger de manière à générer une force propulsive constante.
4. Que sa manipulation cause le moins de difficultés possible.

Le plus facile serait d'utiliser une sorte de poudre à canon ou un matériel similaire, c'est-à-dire un propergol solide, similaire à ceux des fusées de feux d'artifices. La structure du véhicule pourrait alors être relativement simple, similaire à celle de la fusée pyrotechnique connue de tous. Il serait certes possible de cette manière de créer des appareils qui seraient utiles pour diverses tâches spéciales, mais ouvriraient surtout la voie à la technologie de guerre, sur laquelle nous reviendrons dans la suite.

Cependant, pour les besoins des voyages extra-atmosphériques, surtout si l'on veut également rendre possible le transport des personnes, l'utilisation de propergols liquides devrait offrir des perspectives de développement bien plus importantes, même si cela implique des difficultés techniques considérables, comme il sera expliqué plus loin.

Les parties les plus importantes d'un vaisseau spatial à propergol liquide sont : le système de propulsion, les réservoirs d'ergols, la cabine de pilotage et le dispositif d'atterrissage.

Le système de propulsion est le moteur du vaisseau spatial. La réaction doit y être générée et l'énergie stockée dans les ergols doit être convertie en travail de propulsion. Pour cela, il faut cependant avant tout amener les ergols dans un espace clos pour pouvoir les y brûler et les laisser s'échapper vers l'arrière (éjection).

Pour y parvenir, il existe maintenant deux moyens basiques :

1, La pression de combustion reste constante dans la chambre de combustion. Par conséquent pour injecter les ergols dans la chambre de combustion il faut les y forcer en surmontant cette pression. Nous voulons appeler les moteurs qui travaillent de cette manière des « moteurs-fusées à pression constante ».

2, La combustion se déroule de telle manière que la chambre de combustion est continuellement rechargée en ergols en succession rapide, ces

derniers explosent alors encore et encore (déflagration) et peuvent s'éjecter complètement à chaque fois. Dans ce cas, les ergols peuvent être introduits sans surpression. Nous voulons appeler de tels moteurs des « moteurs-fusées à déflagration (ou explosion) ».

Les principaux composants du moteur-fusée à pression constante sont : la chambre de combustion, également appelée « four », et la « tuyère » qui lui est reliée (fig. 24), lesquelles pièces peuvent être fournies en différent nombres selon les besoins.

Le fonctionnement est le suivant : le propergol (carburant et comburant) est comprimé dans la chambre de combustion dans des conditions appropriées au moyen de la surpression correspondante et y est brûlé. Durant la combustion, son énergie chimiquement liée est convertie en chaleur et - en fonction de l'augmentation de température associée - également en contrainte de compression des gaz de combustion qui sont enfermés dans la chambre de combustion. Sous l'effet de cette pression, les gaz de combustion s'écoulent maintenant par la tuyère et acquièrent ainsi cette vitesse que nous avons appelée auparavant « vitesse d'éjection ». Cependant, l'accélération des molécules de gaz associée à ce gain de vitesse entraîne l'apparition de contre-forces d'inertie de masse (contre-pression, similaire à lorsqu'un objet est repoussé !)*, dont la somme se traduit maintenant par cette force de « réaction » (fig. 24), qui devrait propulser le véhicule de la même manière que celle déjà évoquée dans l'introduction**. C'est ainsi que le travail de propulsion est obtenu à partir de l'énergie chimiquement liée dans les ergols par la chaleur, la pression, l'accélération et la réaction (le recul).

* Voir pages 27 à 29, fig. 12.

** Voir page 30.

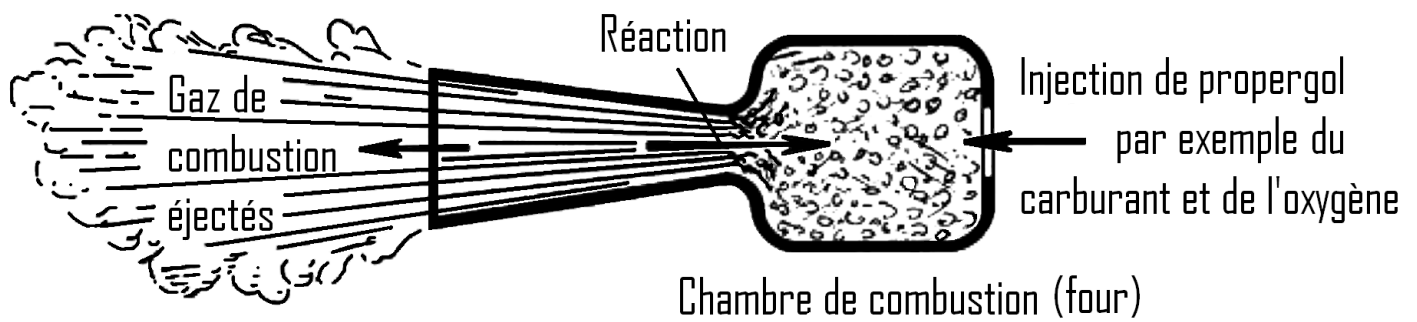


Fig. 24. La chambre de combustion ou « four » et la « tuyère », sont les principaux composants du moteur-fusée à pression constante.

Pour que ce processus soit maintenu constamment, il faut s'assurer que les ergols affluent dans la chambre de combustion. Cependant, comme déjà mentionné, cela nécessite que les ergols aient une certaine surpression par rapport à la chambre de combustion. Si cette dernière doit déjà être présente dans les réservoirs, alors ceux-ci devraient également avoir une épaisseur de paroi correspondante, ce qui, pourrait causer des difficultés dans le cas de réservoirs plus grands. Dans le cas contraire, des pompes doivent être installées à nouveau, qui vont permettre de pressuriser convenablement les ergols.

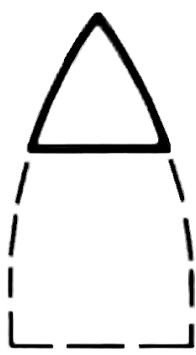
Des dispositifs appropriés tels que des injecteurs, des évaporateurs et similaires sont aussi nécessaires pour que les ergols liquides transportés puissent également être convertis dans un état convenant à la combustion. Enfin, il faut également prévoir un refroidissement suffisant de la chambre de combustion et de la tuyère, une régulation, etc.

L'ensemble du dispositif a une certaine ressemblance avec une turbine à gaz à pression constante. Et là aussi, il reste la question complexe d'un matériau adapté pouvant résister aux températures élevées et du moyen de refroidissement appropriée pour la chambre de combustion et la tuyère. En revanche, la question du compresseur, qui y est si critique, ne s'applique pas.

De même, le moteur-fusée à déflagration présente de nombreuses similitudes avec le type de turbine associé : la turbine à gaz à déflagration (explosion). Aussi, l'avantage de pouvoir amener les ergols plus facilement doit être obtenu au détriment d'une efficacité thermique plus faible et d'une structure plus compliquée.

Seul le développement futur du moteur-fusée pourra montrer quel type de construction il faut privilégier. Cela peut aussi dépendre en partie de l'utilisation particulière qui en est faite.

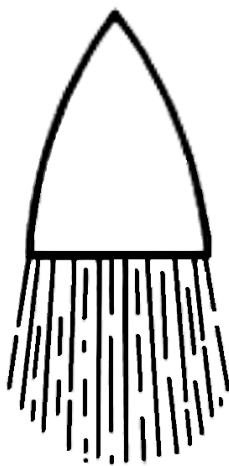
Une fois la propulsion terminée :
La fusée a atteint la vitesse
de déplacement souhaitée.



« Masse finale »
restante de la fusée.

} Masse consommée
pour la propulsion.

Durant la propulsion :
la fusée est accélérée.



La masse de la fusée,
(à savoir le combustible)
est continuellement éjectée.

Prête au lancement :
la fusée est encore au repos.



« Masse initiale »
de la fusée.

Fig. 25.

Mais il ne suffirait pas aussi seulement d'avoir un moteur qui soit efficace dans le vide complet de l'espace. Nous devons encore être capables d'emporter dans l'espace extra-atmosphérique les quantités d'énergie nécessaires sous forme de propergol, et nous sommes donc confrontés à la question cruciale : la construction des réservoirs pour les ergols.

Quelle est la quantité réelle de propergol à emporter ? On sait que le véhicule-fusée est propulsé par l'éjection continue de parties de sa propre masse (dans notre cas le propergol à l'état gazéifié) vers l'arrière. Après que le moteur ait fonctionné pendant un certain temps, la masse initiale du véhicule (c'est-à-dire sa masse totale prête à décoller) sera été réduite à une certaine masse finale de part la quantité de propergol qui a été consommée (éjectée) durant cette période de temps (fig. 25). Cette dernière représente donc la totalité de la charge pouvant être transportée avec la quantité de propergol consommée et est formé de la charge utile, du véhicule lui-même et du propergol restant.

La question est maintenant (fig. 26) : Quelle doit être la masse initiale M_0 si la vitesse d'éjection c reste la même et qu'une certaine masse finale M doit être amenée à la vitesse de déplacement v ?

L'équation des fusées donne la réponse : $M_0 = 2,72 \frac{v}{c} M$.

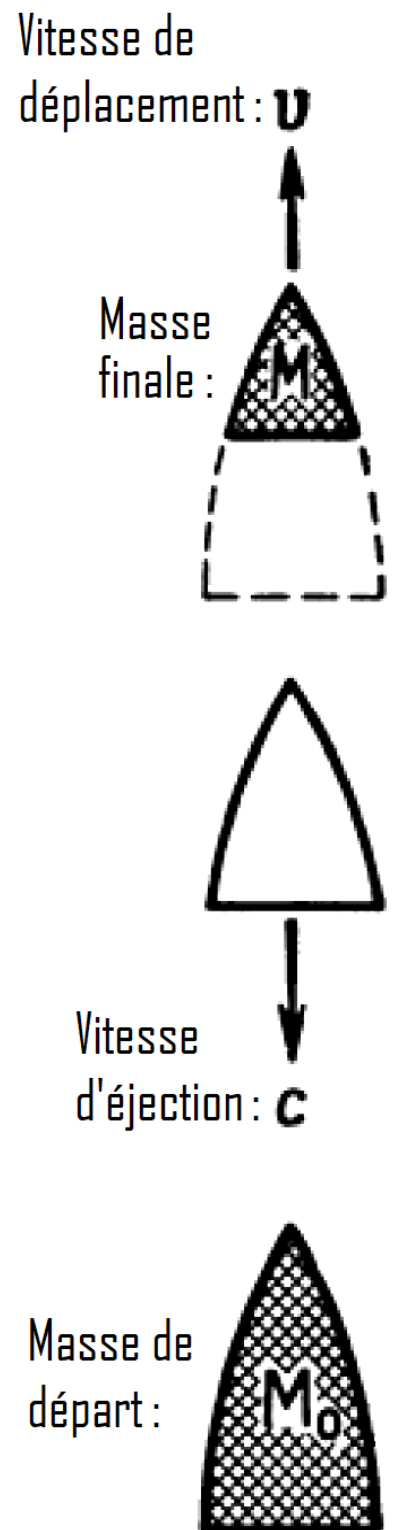


Fig. 26.

Selon cela, la masse initiale M_0 d'une fusée spatiale, qui devrait être capable d'atteindre la vitesse d'ascension maximale idéale déjà mentionnée* de 12 500 mètres par seconde, qui est approximativement nécessaire pour obtenir un détachement complet de la Terre, est calculée comme suit :

$M_0=520 M$, pour $c=2\ 000$ mètres par seconde,

$M_0= 64 M$, pour $c=3\ 000$ mètres par seconde,

$M_0= 23 M$, pour $c=4\ 000$ mètres par seconde,

$M_0= 12 M$, pour $c=5\ 000$ mètres par seconde.

Donc, cela dit : dans le cas où la vitesse d'éjection c est par exemple de 3 000 mètres par seconde, le véhicule doit être 64 fois plus lourd au début du trajet, c'est-à-dire avec le propergol nécessaires à l'ascension, que après sa consommation. En conséquence, les réservoirs doivent avoir une capacité telle qu'ils puissent contenir une quantité de propergol qui pèse 63 fois plus que la fusée spatiale vide y compris la charge à transporter, soit en d'autres termes : une quantité de propergol qui représente 98,5 % du poids total du véhicule prêt à être lancé.

Cependant, une quantité de propergol de 22 fois le poids serait suffisante si la vitesse d'éjection atteint 4 000 mètres par seconde et seulement 11 fois si la vitesse d'éjection pouvait être augmentée à 5 000 mètres par seconde. Le propergol représenterait alors 96 ou 92 % du poids total du véhicule au décollage.

On peut clairement voir à partir de ces chiffres l'importance extraordinaire, qui a déjà été si souvent soulignée, de la vitesse d'éjection (d'échappement) la plus élevée possible (cette vitesse est l'expression de la valeur énergétique pratique du propergol utilisé !).

* Voir page 53.

Cependant, seules les fusées spatiales qui doivent être capables d'atteindre la vitesse d'ascension maximale requise pour un détachement complet de la Terre doivent avoir une capacité de propergol aussi grande que celle calculée ci-dessus. En revanche, dans divers types d'applications (expliquées plus loin), pour lesquels des vitesses maximales plus faibles suffisent, le « rapport de masse » (rapport de la masse initiale à la masse finale de la fusée : M_0/M) est beaucoup plus favorable.

Dans ces derniers cas, il n'y aurait aucune difficulté fondamentale à respecter structurellement les exigences relatives à la capacité en propergol du véhicule ou du réservoir. Par exemple, une fusée spatiale qui doit atteindre la vitesse finale $v=4\ 200$ mètres par seconde avec une vitesse d'éjection de $c=3\ 000$ mètres par seconde, devrait avoir un rapport de masse $M_0/M=4$, comme on peut le voir à partir des équations de la fusée. C'est à dire qu'il devrait être capable de contenir une quantité de propergol représentant 75 % de sa masse totale au décollage, ce qui est structurellement réalisable sans aucun doute.

Mais de telles fusées spatiales, qui peuvent transporter les quantités de propergol nécessaires à un détachement complet de la Terre (qui, selon des rapports antérieurs, représentent 98,5 % de la masse au décollage à une vitesse d'éjection $c=3\ 000$ mètres par seconde), ne seraient probablement pas réalisable en pratique. Mais heureusement, il existe une astuce qui permet de contourner cette difficulté de construction de manière très simple : le principe dit des étages, que Goddard et Oberth ont indépendamment reconnu comme un principe fondamental de la technologie des fusées.

Suite à cela, on renonce à atteindre la vitesse finale souhaitée avec une seule fusée spatiale ; cette dernière est plutôt subdivisée en plusieurs unités (étages), dont chacune constitue toujours la charge de l'unité supérieure suivante. Si par exemple il s'agit d'une fusée spatiale à trois

étages, alors celle-ci se compose de trois sous-fusées : la partie 3 de la fusée est la plus petite et transporte la charge utile réelle. Elle forme (avec celle-ci) la charge de la partie 2 de la fusée et cette dernière, à nouveau (avec la partie 3 de la fusée et sa charge utile) forme la charge de la partie 1 de la fusée. Pendant l'ascension, la partie 1 de la fusée fonctionne en premier. Dès qu'elle est épuisée son corps vide est désaccouplé et la partie 2 de la fusée commence à fonctionner. Elle est également utilisée, et également larguée et la partie 3 de la fusée fonctionne maintenant jusqu'à ce que la vitesse finale souhaitée soit atteinte. Seule cette dernière arrive à destination avec la charge utile.

Étant donné que les vitesses finales des trois sous-fusées s'additionnent au cours de ce processus, chacune d'elles ne doit pouvoir produire que $1/3$ de la vitesse finale totale requise.

Avec une fusée spatiale à 3 étages, qui doit atteindre la vitesse d'ascension maximale de 12 500 mètres par seconde nécessaire au détachement complet de la Terre, chaque sous-fusée n'aurait qu'une vitesse finale d'environ 4 200 mètres par seconde à atteindre. Cependant, comme nous l'avons déjà établi plus tôt, par exemple avec une vitesse d'éjection $c=3\ 000$ mètres par seconde, la capacité de propergol techniquement réalisable de 75 % (rapport de masse $M_0/M=4$) est suffisante pour cela. Mais si les fusées partielles individuelles peuvent être produites, alors il ne peut y avoir aucun doute sur la possibilité de construire la fusée complète composée de celles-ci.

Par mesure de sécurité, examinons les valeurs absolues des masses ou des poids des fusées résultant de l'exemple ci-dessus. Supposons qu'une charge utile de 10 tonnes soit détachée de la Terre ; les sous-fusées individuelles peuvent être construites de manière à ce que leur poids à vide soit aussi important que la charge qu'elles doivent transporter. Ce qui donne les poids en tonnes des sous-fusées suivants :

Étage de fusée	Charge	Poids à vide	Poids final M	Poids initial M_0
3	10	10	$10 + 10 = 20$ ¹	$4 \times 20 = 80$ ²
2+3	80	80	$80 + 80 = 160$	$4 \times 160 = 640$
1+2+3	640	640	$640 + 640 = 1\ 280$	$4 \times 1\ 280 = \mathbf{5\ 120}$

¹ Le poids final M est égal au poids à vide plus la charge lorsque la fusée - comme ici - fonctionne jusqu'à épuisement complet de son propergol.

² Le poids initial M_0 est ici égal à 4 fois le poids final M, puisque comme nous l'avons vu précédemment dans notre exemple, le rapport de masses (poids) $M_0/M=4$ est attribué à chaque fusée partielle.

Le poids initial de la fusée spatiale entière, composée de 3 étages, serait donc de 5 120 tonnes, chiffre qui ne peut impressionner une technologie capable de créer, entre autres par exemple, des paquebots de 50 000 tonnes.

De cette façon - en utilisant le principe des étages - il serait en fait possible, du moins en théorie, d'atteindre n'importe quelle vitesse finale. En pratique, bien sûr, il y aura certaines limites, notamment en ce qui concerne les valeurs absolues des poids initiaux. Néanmoins, il existe une preuve irréfutable, qu'avec le principe des étages il serait fondamentalement possible de créer des fusées spatiales capables de se détacher de l'attraction de la Terre même avec les moyens disponibles aujourd'hui.

Cela ne veut pas dire que le principe de l'étage sous la forme expliquée représente déjà la solution idéale pour la construction de la fusée spatiale ; car elle entraîne une augmentation du poids mort et donc du propergol nécessaire au transport. Mais cela n'a plus d'importance maintenant. Pour l'instant, il s'agit simplement de montrer « que c'est tout de même possible ». Cependant, tout type de fusée spatiale, quelle qu'elle soit, devra sans aucun doute adopter le concept exprimé dans le principe des étages :

Pendant la période de propulsion - afin d'économiser du propergol - toute partie du véhicule qui est devenue superflue est immédiatement découplée (larguée) pour ne pas trimballer des poids morts inutiles tout en devant continuer d'accélérer avec le reste ; à condition, bien sûr, qu'il s'agisse de fusées spatiales censées atteindre des vitesses terminales plus élevées.

Nous ne voulons pas non plus nous cacher qu'il y aura certainement encore des difficultés à répondre aux exigences - malgré le principe d'étages - encore assez importantes pour la capacité du réservoir de propergol d'une fusée spatiale en termes de techniques de construction. Pour cela, il sera parfois nécessaire d'utiliser des méthodes de construction fondamentalement différentes de ce qui était habituel jusqu'à présent ; car toutes les parties du véhicule, en particulier les réservoirs, doivent être rendus aussi légers que possible. Néanmoins, ces derniers doivent avoir une résistance et une rigidité suffisante pour pouvoir résister à la fois à la pression massique et à la pression atmosphérique lors de l'ascension, sachant qu'aux températures extrêmement basses auxquelles ils sont le plus souvent exposés, de nombreux métaux habituels sont déjà cassants et donc perdent de leur résistance.

De plus, un vaisseau spatial doit avoir un compartiment de vol (poste de pilotage) pour loger les pilotes, les passagers, les fournitures et autres accessoires nécessaires à la vie, ainsi que pour emmener la cargaison, les appareils d'observation scientifique, etc. Celui-ci doit être étanche à l'air et avoir les dispositions appropriées pour l'apport artificiel en air respirable et pour maintenir une température tolérable. Il contient également tous les équipements nécessaires au contrôle du véhicule, tels que les poignées de commande du dispositif de propulsion, les appareils de mesure du temps, de l'accélération, de la vitesse, du cap (altitude), de la localisation, les dispositifs de maintien du sens de déplacement souhaité et autres. Ainsi

que des combinaisons spatiales (voir plus loin), des hamacs, etc. doivent être disponibles.

Enfin, l'équipement d'un vaisseau spatial comprend toujours les aides très importantes pour l'atterrissage, comme les parachutes, les ailes et bien plus encore.

Les propositions à ce jour

Voici les différentes propositions faites jusqu'à présent comme solution pratique aux problèmes du voyage dans l'espace :

Le professeur Goddard utilise de la poudre sans fumée, c'est-à-dire un corps solide, comme propergol pour ses fusées spatiales. Il ne décrit aucun appareil précis, mais se contente de suggérer en termes généraux que la poudre, conditionnée en cartouches, soit introduite automatiquement dans la chambre de combustion, à la manière d'une mitrailleuse. L'ensemble de la fusée doit être composé de sous-fusées individuelles, qui sont larguées les unes après les autres lors de l'ascension dès qu'elles sont épuisées, à l'exception de celle dans laquelle se trouve la charge utile, et qui seule atteint la destination. Pour l'instant, il a l'intention de laisser s'élever des engins sans pilote à une altitude de quelques 100 km. Plus tard, il veut également essayer d'envoyer une fusée sans pilote, équipée seulement de quelques kilogrammes de poudre fluorescente, sur la Lune. Lors de son impact sur elle, la fusée devrait s'éclairer, ce qui pourrait être vu avec nos grands télescopes et indiquerait ainsi le succès de l'expérience. Selon des informations, la marine américaine s'intéresse particulièrement à l'appareil de Goddard.

Les résultats des tests pratiques préliminaires effectués par Goddard et publiés jusqu'à présent sont très précieux. La célèbre Smithsonian Institution de Washington lui a généreusement fourni les moyens de les réaliser :

il a pu utiliser certains types de tuyères avec une forme et une conception appropriées et atteindre des vitesses d'éjection allant jusqu'à 2 434 mètres par seconde à partir de poudre sans fumée. Ce faisant, il a réussi à utiliser 64,5 % de l'énergie liée chimiquement dans la poudre, c'est-à-dire à la convertir en énergie cinétique des gaz de combustion éjectés. Ce résultat concorde presque exactement avec l'expérience balistique, selon laquelle environ 2/3 du contenu énergétique de la poudre peuvent être utilisés, tandis que le reste est perdu dans la chaleur transportée par les gaz éjectés. Avec d'autres améliorations techniques, l'efficacité de la chambre de combustion et de la tuyère peut être légèrement augmentée, jusqu'à environ 70 %.

Ainsi, après avoir pris en compte les pertes supplémentaires causées par les divers dispositifs auxiliaires (tels que les pompes et autres) et d'autres circonstances, l'on peut s'attendre à un « rendement interne » global d'environ 60 % pour l'ensemble du dispositif de propulsion - c'est-à-dire du moteur-fusée. Un résultat très favorable si l'on considère que le rendement de nos moteurs thermiques, même les plus connus, dépasse à peine 38 %.

Cependant, le rendement interne qui vient d'être considéré doit être distingué de celui dont nous avons déjà traité précédemment : le rendement de la réaction*, qui est également appelé « rendement externe » du moteur-fusée et en même temps doit être pris en compte afin d'obtenir le rendement global du véhicule (qui est le produit du rendement interne et du rendement externe). Dans la colonne principale 3 du tableau 2, page 41, les mêmes valeurs pour le benzène comme ergol ont déjà été données à titre d'exemple.



* Voir page 35.

Contrairement à Goddard, le professeur Oberth propose l'utilisation de propergol liquide, principalement de l'hydrogène liquide et aussi de l'alcool, tous deux avec les quantités d'oxygène liquide nécessaires à leur combustion.

Le mélange d'hydrogène et d'oxygène - appelé gaz détonant - a la teneur énergétique la plus élevée de toutes les substances connues par rapport au poids (3 780 calories par kilogramme, contre environ 1 240 pour la meilleure poudre sans fumée). En conséquence, il en résulte également de loin la vitesse d'éjection la plus élevée. Oberth s'attend à pouvoir atteindre environ 3 800 à 4 200 mètres par seconde. S'il était possible d'évaluer l'énergie chimiquement liée dans le gaz détonant jusqu'à la limite théoriquement la plus élevée possible, sa vitesse d'éjection pourrait même être portée à plus de 5 000 mètres par seconde. Le gaz de combustion résultant est de la vapeur d'eau.

Malheureusement, l'avantage de cette capacité énergétique importante et de la vitesse d'éjection élevée qui en résulte, grâce à laquelle le gaz détonant devrait théoriquement apparaître comme étant de loin le propergol le plus adapté aux fusées spatiales, est contrebalancé par la difficulté à l'emporter et à l'utiliser pratiquement, comme un inconvénient majeur ; car pour des raisons d'encombrement le stockage de l'hydrogène et de l'oxygène n'est possible qu'à l'état liquéfié dans la fusée. Or, la température de l'oxygène liquide est de -183° et celle de l'hydrogène liquide n'est que de -253° Celsius ! Il est clair que cette circonstance doit compliquer beaucoup la manipulation, en dehors des exigences inhabituelles qui sont ainsi imposées au matériau des réservoirs. De plus, la densité moyenne (poids spécifique) du gaz détonant est très faible, même à l'état liquéfié, de sorte que des récipients relativement grands sont nécessaires pour contenir un certain poids de celui-ci.

Dans le cas de l'alcool, l'autre ergol suggéré par Oberth, certaines de ces circonstances désavantageuses ne s'appliquent pas, mais elles ne peuvent être entièrement évitées. Dans ce cas également, l'oxygène nécessaire à la combustion doit être conduit sous forme liquide. Selon Oberth, la vitesse d'éjection de l'alcool est d'environ 1 530 à 1 700 m/s, ce qui est nettement inférieur à celui de l'hydrogène. En revanche, il a une plus grande densité.

En raison de ces propriétés, Oberth utilise de l'alcool avec de l'oxygène liquide comme propergol pour la première partie de l'ascension. Car pendant ce temps la résistance des couches d'air denses proches de la Terre doit être surmontée, pour laquelle Oberth considère une densité sectionnelle importante (c'est-à-dire la partie de la masse totale d'un projectile correspondant à 1 cm² de la section transversale de résistance à l'air de ce dernier) comme étant avantageuse pour les fusées et recommande pour cela, entre autres : « d'augmenter le rapport de masse au détriment de la vitesse d'éjection* ». Cependant, cet objectif est atteint si l'alcool et l'oxygène sont utilisés comme propergol.

La fusée spatiale d'Oberth a généralement la forme extérieure d'un projectile S allemand et est composée de sous-fusées individuelles, qui fonctionnent soit avec de l'hydrogène et de l'oxygène (fusée à hydrogène), soit avec de l'alcool et de l'oxygène (fusée à alcool).

Oberth a également décrit plus en détail deux exemples de réalisation de son vaisseau spatial. L'un d'eux est un modèle plus petit, sans pilote mais

* Toutefois, nous ne pouvons accepter cette suggestion, comme il convient de le souligner particulièrement dans le cas présent. Il est également peu probable qu'elle soit tenable, car elle est basée sur l'idée que le terme « densité sectionnelle » usuel en balistique peut également être appliqué ici. À notre avis, cependant, cette dernière n'est pas admissible d'emblée. Parce que la fusée propulsée est soumise à des conditions mécaniques sensiblement différentes de celles d'un projectile se déplaçant dans l'élan.

équipé des instruments d'enregistrement appropriés et destiné à être utilisé pour explorer les couches supérieures et les plus hautes de l'air. L'autre est un grand vaisseau spatial destiné au transport humain.

Le plus petit modèle (fig. 27) consiste en une fusée à hydrogène insérée dans la partie avant d'une fusée à alcool beaucoup plus grande. Sous le réservoir de la fusée à hydrogène se trouve un volume séparé pour recevoir les instruments d'enregistrement. Des ailerons réglables sont disposés à l'extrémité de la fusée à alcool, qui sont destinés à stabiliser et contrôler le véhicule. L'ensemble de l'appareil a une longueur de cinq mètres, mesure 56 cm de diamètre et pèse 544 kg lorsqu'il est prêt à être lancé.

De plus, une fusée dite « auxiliaire » (fig. 28) est prévue, de 2 mètres de haut, 1 mètre de diamètre et d'un poids de 220 kg au moment du lancement.

Le départ s'effectue à une altitude de 5 500 mètres, depuis des dirigeables (fig. 29). Tout d'abord, la fusée

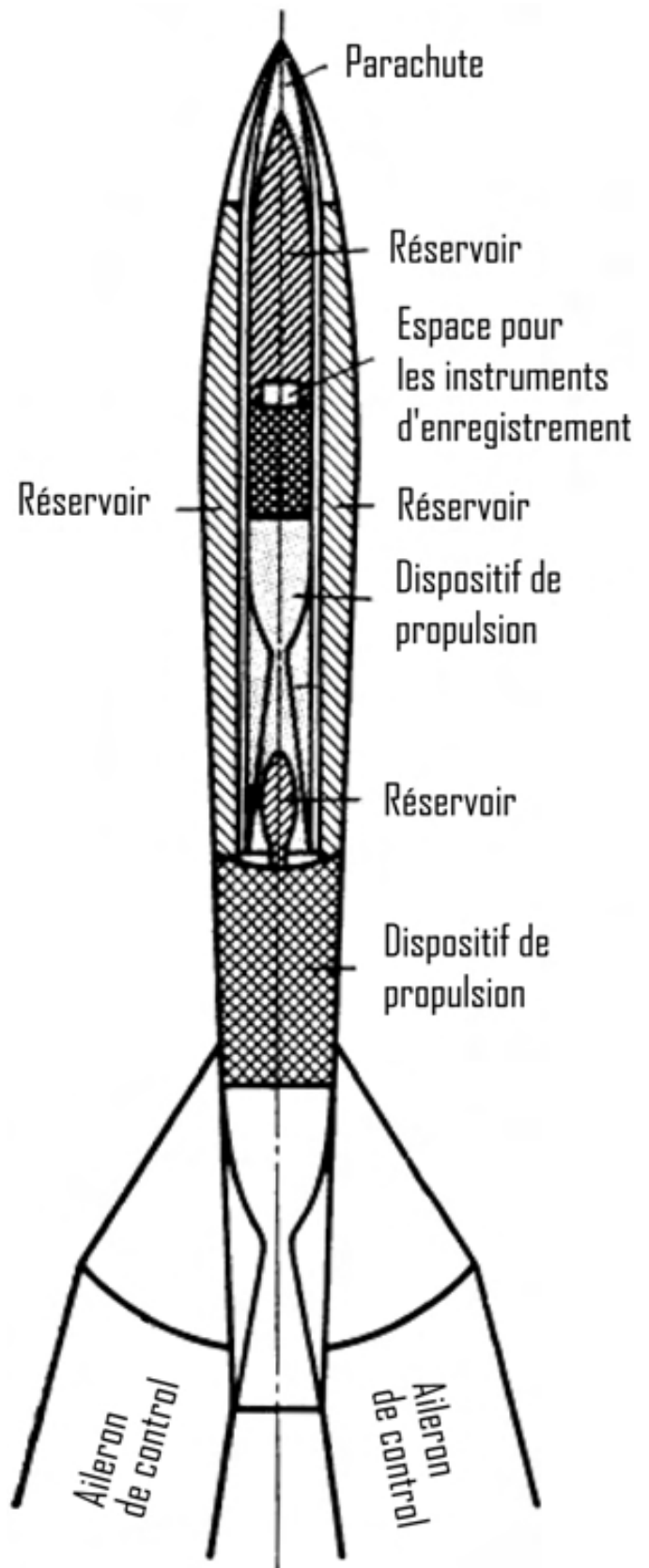


Fig. 27. Coupe longitudinale de la fusée principale du petit modèle de fusée d'Oberth, illustrée schématiquement. La fusée à hydrogène est insérée dans la partie avant de la fusée à alcool.

principale est soulevée à une hauteur de 7 700 mètres au moyen de la fusée auxiliaire, qui ensuite est larguée, et est ainsi amenée à une vitesse initiale de 500 mètres par seconde (fig. 30). Maintenant, elle entre elle-même en action : d'abord la fusée à alcool et, après son utilisation et son découplage, la fusée à hydrogène. 56 secondes après le départ, une vitesse maximale d'ascension de 5 140 mètres par seconde a déjà été atteinte, ce qui est suffisant pour permettre à la seule fusée à hydrogène restante, désormais sans propulsion, d'atteindre une altitude finale d'environ 2 000 km en ascension libre. Le

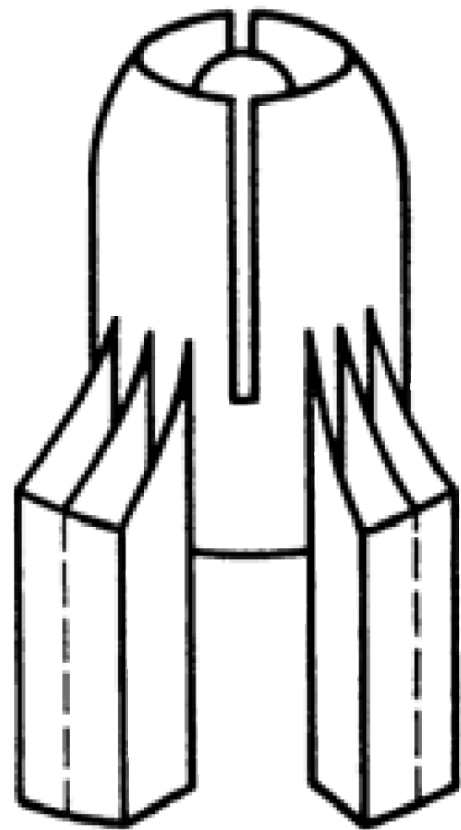


Fig. 28. La fusée auxiliaire du petit modèle de fusée d'Oberth.

retour sur Terre s'effectue au moyen d'un parachute à déploiement automatique, qui est logé dans la pointe de la fusée à hydrogène.

Dans le deuxième modèle, la grande fusée spatiale destinée au transport humain (fig. 31.), toute la partie avant du véhicule est constituée d'une

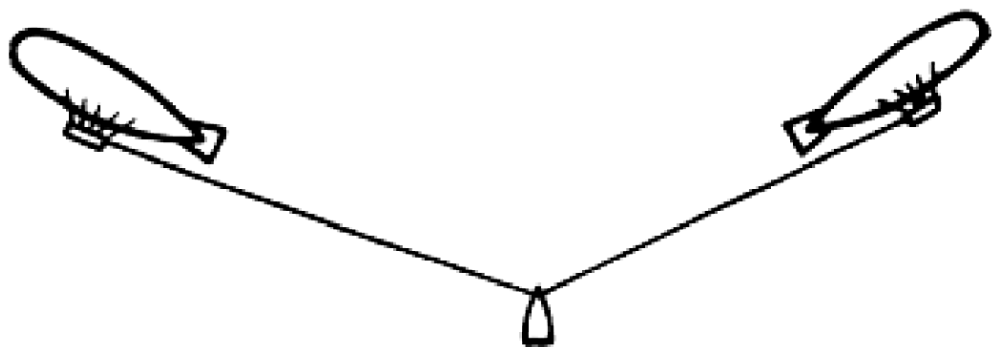


Fig. 29. Lancement de la fusée depuis des ballons dirigeables selon Oberth.

fusée à hydrogène, qui est placée au-dessus d'une fusée à alcool disposée à l'arrière. La cabine de pilotage, destinée aux passagers, au fret, etc., équipée de toutes les aides au contrôle, est située dans la partie avant de la fusée à hydrogène. Le parachute est logé au-dessus. Le véhicule est

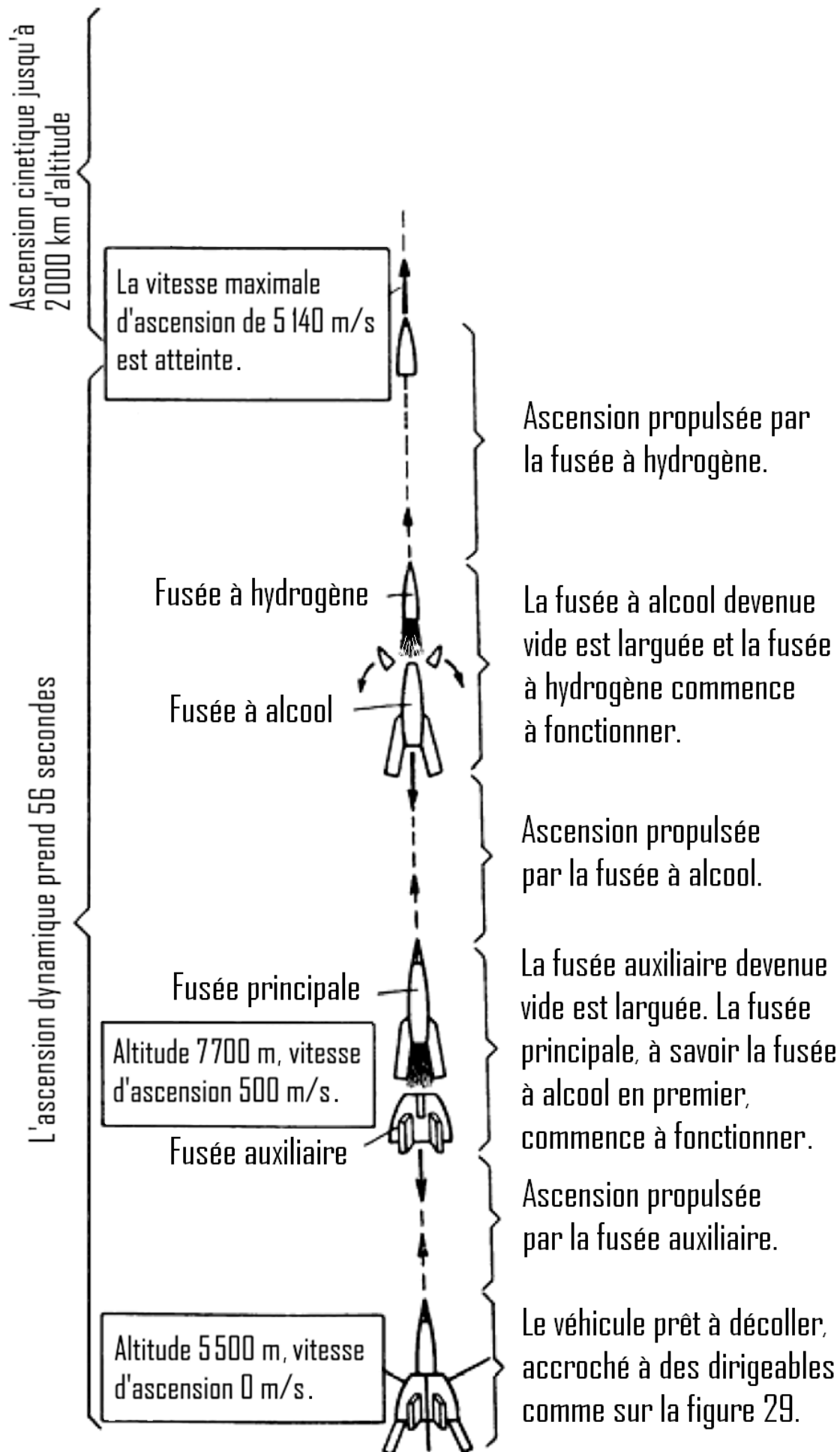


Fig. 30. L'ascension du petit modèle de fusée (sans pilote) d'Oberth.

fermé à l'avant par une coiffe métallique adaptée ayant la forme extérieure d'un projectile, qui est ensuite larguée en même temps que la fusée à alcool comme lest superflu (fig. 32). Car à ce moment elle a déjà quittée l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de résistance de l'air à vaincre. La stabilisation et le contrôle ne se font pas par des ailettes, mais par de petites tuyères appropriées extérieures.

Dans ce modèle, le départ se fait depuis la mer. Là encore, la fusée à alcool fonctionne en premier et amène le véhicule à une vitesse d'ascension de 3 000 à 4 000 mètres par seconde, après quoi elle est désamarrée, laissée derrière (fig. 32) et la fusée à hydrogène commence à fonctionner, donnant au véhicule la vitesse d'ascension maximale nécessaire, ou si besoin, pour lui donner une vitesse de rotation horizontale. Selon Oberth, un tel vaisseau spatial adapté au transport d'un observateur pèserait 300 tonnes lorsqu'il serait prêt à être lancé.

Dans les deux modèles, chacune des sous-fusées est indépendante et possède donc son propre dispositif de propulsion ainsi que son propre réservoir. Ces derniers sont conçus avec des parois très fines pour gagner du poids et, comme les dirigeables non rigides, maintiennent une

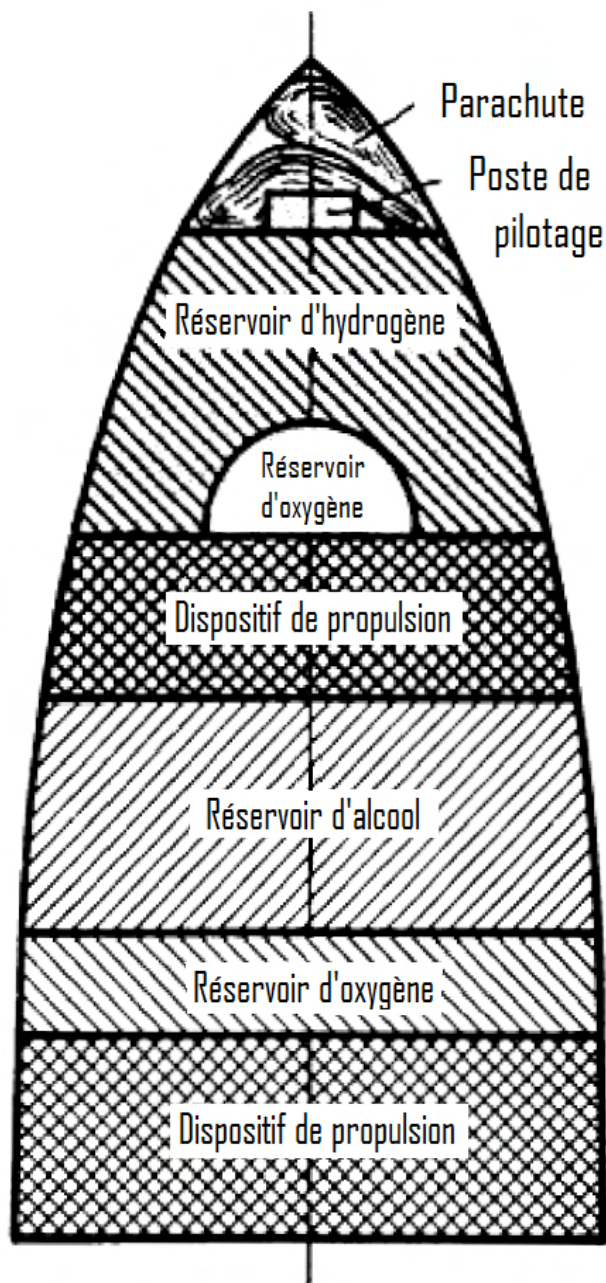


Fig. 31. Coupe longitudinale schématique d'une grande fusée de Oberth pour le transport humain. La fusée à hydrogène est placée au-dessus de la fusée à alcool.

rigidité nécessaire similaire par plein remplissage, c'est-à-dire par l'existence d'une surpression interne correspondante. Celle-ci est maintenue lorsque le contenu est éliminé en réévaporant le liquide restant. Le matériau de construction des réservoirs d'oxygène est le cuivre, celui des réservoirs d'hydrogène du plomb, c'est-à-dire des métaux mous, afin d'éviter le risque de fragilisation déjà mentionné et causé par les températures extrêmement basses.

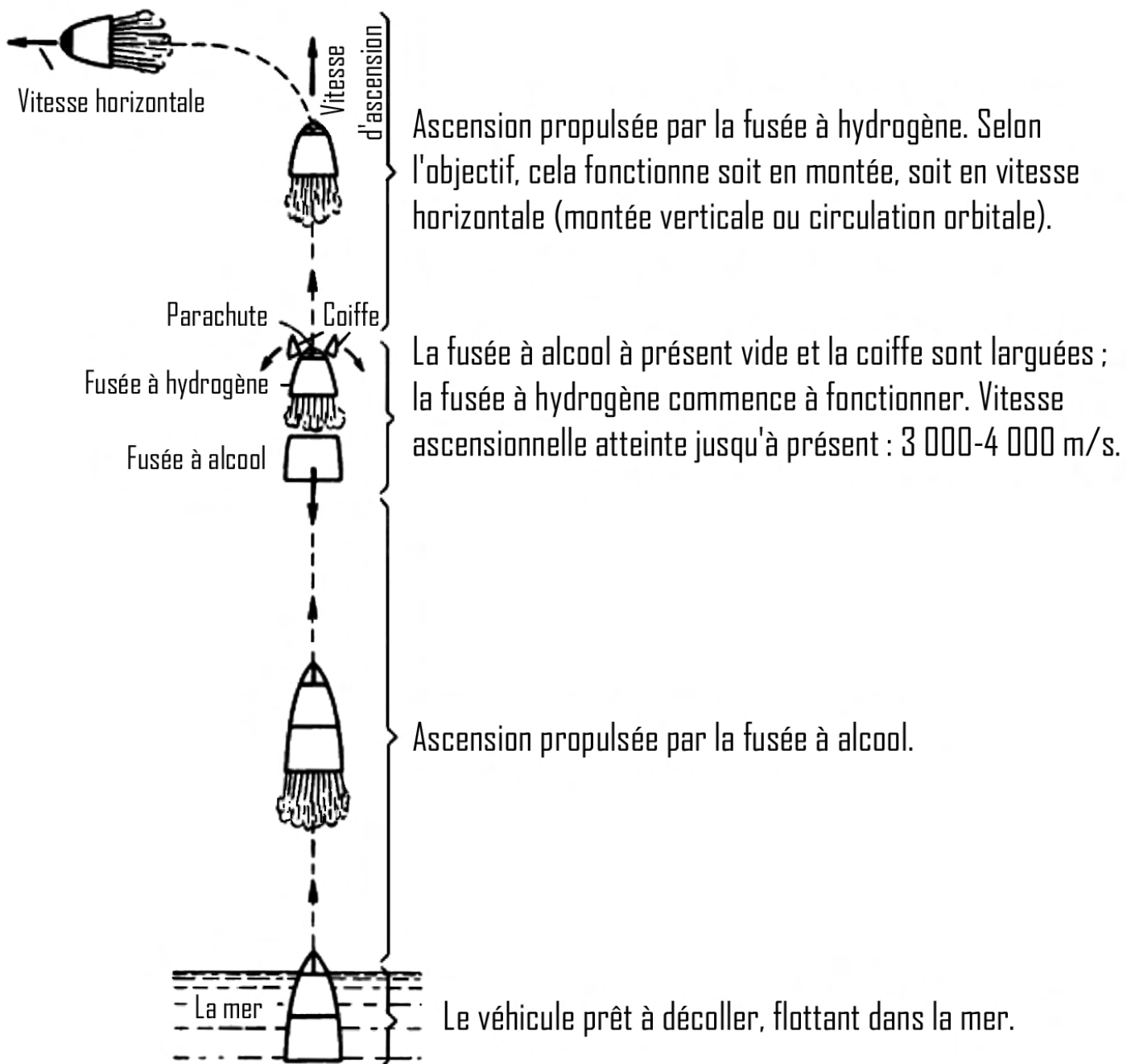


Fig. 32. L'ascension du plus grand modèle de fusée (habité) d'Oberth.

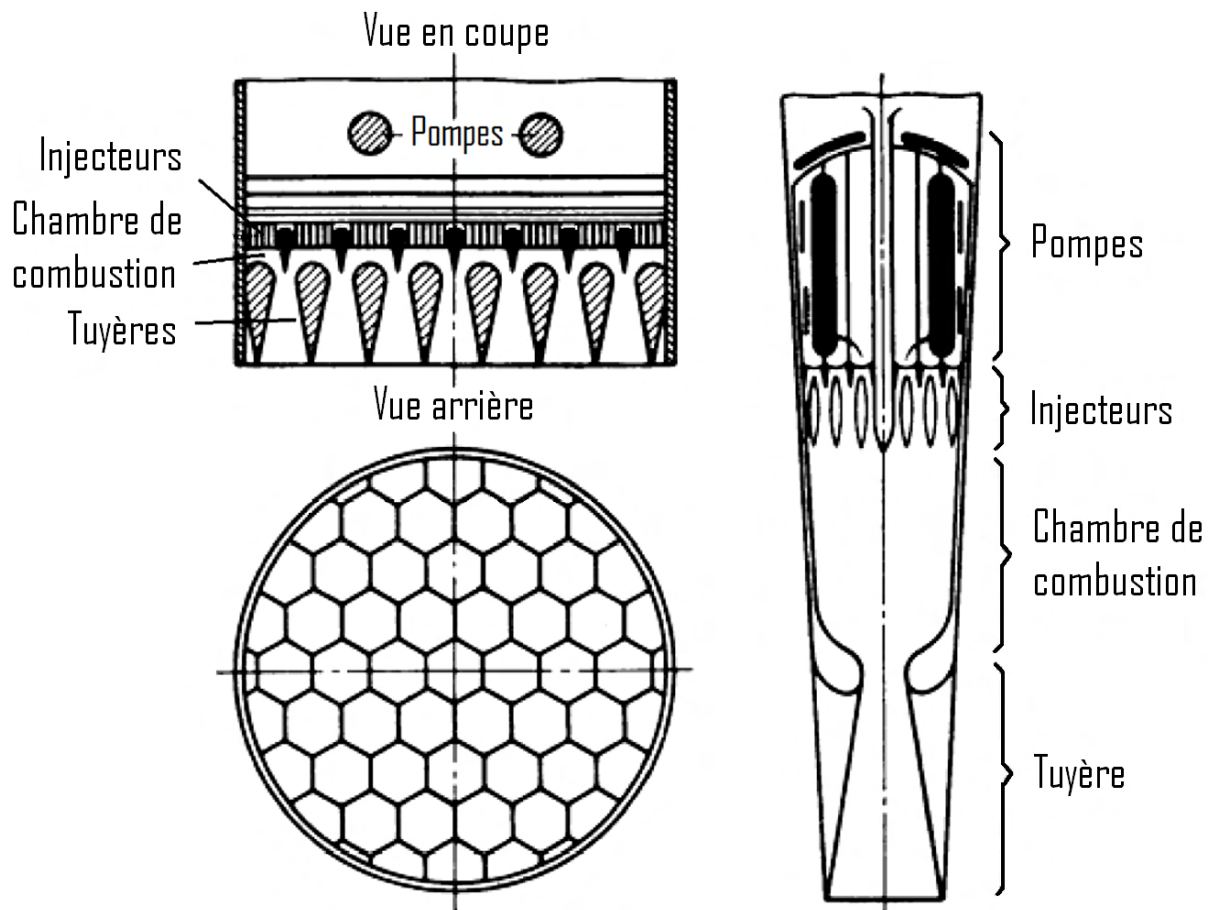


Fig. 33. Le système de propulsion de la fusée d'Oberth :

A gauche : Le grand modèle. Une chambre de combustion commune conduit à de nombreuses tuyères réparties comme un nid d'abeilles.

A droite : Le petit modèle. La chambre de combustion se termine par une seule tuyère.

Dans la partie arrière de chaque fusée se trouve le dispositif de propulsion (fig. 33). Il se compose essentiellement de la chambre de combustion et d'une ou plusieurs tuyères d'éjection en tôle mince qui y sont reliées, ainsi que les diverses pièces nécessaires à cela : tels que des injecteurs etc. Afin d'amener les matières combustibles à la surpression nécessaire à l'introduction dans la chambre de combustion, Oberth utilise des pompes particulières qu'il a conçues. Peu de temps avant la combustion, l'oxygène est donc gazéifié, chauffé à 700° et puis insufflé dans la chambre de combustion, tandis que le carburant lui-même est injecté pulvérisé dans le flux d'oxygène chaud. Des dispositions sont prises pour un refroidissement adéquat de la chambre de combustion, des tuyères, etc.

Il faut remarquer à quel point l'espace destiné à la charge utile est petit par rapport à l'ensemble du véhicule, qui se compose en réalité principalement de réservoirs. Mais, cela devient compréhensible si l'on considère que les quantités de propergol nécessaires à l'ascension, calculées précédemment à l'aide de l'équation des fusées*, représentent environ 20 à 80 fois la charge totale (poids du véhicule, propergol résiduel et charge utile) !

Cependant, la raison de cette énorme demande de propergol n'est pas due à une utilisation insuffisante de ceux-ci, peut-être en raison d'une imperfection du principe de réaction utilisé pour la propulsion, comme on le croit souvent à tort. Cela est du, comme nous l'avons déjà établi précédemment¹, en raison du fait que, la vitesse de déplacement n'augmente que progressivement durant la phase propulsion et n'est donc pas aussi élevée (c'est-à-dire initialement plus petite, plus tard plus grande) que la vitesse d'éjection (d'échappement), de l'énergie est perdue (fig. 17). Néanmoins, si, par exemple, le véhicule doit être accéléré à la vitesse idéalement nécessaire de 12 500 mètres par seconde pour un détachement complet de la Terre, le rendement moyen de la réaction² à une vitesse d'éjection constante de 3 000 mètres par seconde serait de 27 % et avec une vitesse de 4 000 mètres par seconde atteindrait 45 %. Oui, selon nos considérations précédentes, dans le meilleur des cas, c'est-à-dire à savoir pour une période de propulsion au cours de laquelle la vitesse finale communiquée au véhicule est de 1,59 fois la vitesse d'éjection, elle atteindrait même la valeur de 65 %³.

Étant donné que le rendement interne du système de propulsion peut être estimé à environ 60 % sur la base des expériences citées auparavant faites par Goddard et des expériences balistiques**, il s'ensuit que lors de

¹ Voir pages 45 à 48. ² En utilisant la formule page 47. ³ Voir tableau 4, page 48.

* Voir pages 59 et 61. ** Voir page 66.

l'ascension l'on peut s'attendre à un rendement global moyen du véhicule d'environ 16 à 27 % (au mieux même jusqu'à 39 %). Ce qui n'est probablement pas pire qu'avec nos véhicules automobiles actuels ! Seule l'immense quantité de travail nécessaire pour surmonter des hauteurs aussi énormes implique l'utilisation de telles quantités de propergol.

Ainsi, par exemple, si une route menait de la Terre à l'espace jusqu'à la limite pratique de la gravité et si une voiture à moteur devait la grimper, il faudrait alors lui donner, y compris l'oxygène nécessaire à la combustion, approximativement la même quantité de combustible que ce qui serait nécessaire pour un vaisseau spatial avec la même charge, à la même altitude et propergol équivalent.

Il est toujours intéressant de savoir comment Oberth évalue la question des coûts. Selon lui, le plus petit modèle décrit auparavant, y compris les tests préliminaires, coûterait entre 10 et 20 000 marks. Le coût de construction d'un vaisseau spatial capable de transporter un observateur serait supérieur à 1 million de marks. Dans des conditions favorables, il serait capable d'effectuer environ 100 voyages. Avec un vaisseau spatial plus gros, qui transporte 2 tonnes de fret en plus du pilote et des accessoires, une ascension vers l'état stable d'apesanteur (mise en orbite) nécessiterait environ 50 à 60 000 marks.



L'étude publiée par le Dr. Ing. Hohmann sur le problème du voyage spatial ne traite pas en détail de la construction de la fusée spatiale elle-même, mais traite en détail de toutes les questions fondamentales du voyage spatial et fait également des suggestions très précieuses à cet égard. Dans la mesure où ils concernent le processus d'atterrissage et le voyage extra-atmosphérique longue distance, ils seront traités ultérieurement.

Ce qui nous intéresse à ce stade, c'est le calcul d'un engin spatial pour le transport de deux personnes, y compris l'équipement et les fournitures nécessaires. Hohmann conçoit la structure du véhicule dans les grandes lignes comme suit : Le véhicule lui-même ne devrait se composer que de la cabine de pilotage. Dans ce dernier tout y est logé - sauf le propergol, qui serait un matériau solide de type explosif, disposé en-dessous de la cabine de pilotage, sous la forme d'une tour effilée vers le haut de telle manière à ce que la cabine de pilotage en forme le sommet (fig. 34). En brûlant progressivement cette tour de propergol, une propulsion semblable à celle d'une fusée de feu d'artifice devrait alors être générée. La condition préalable à cela est que les

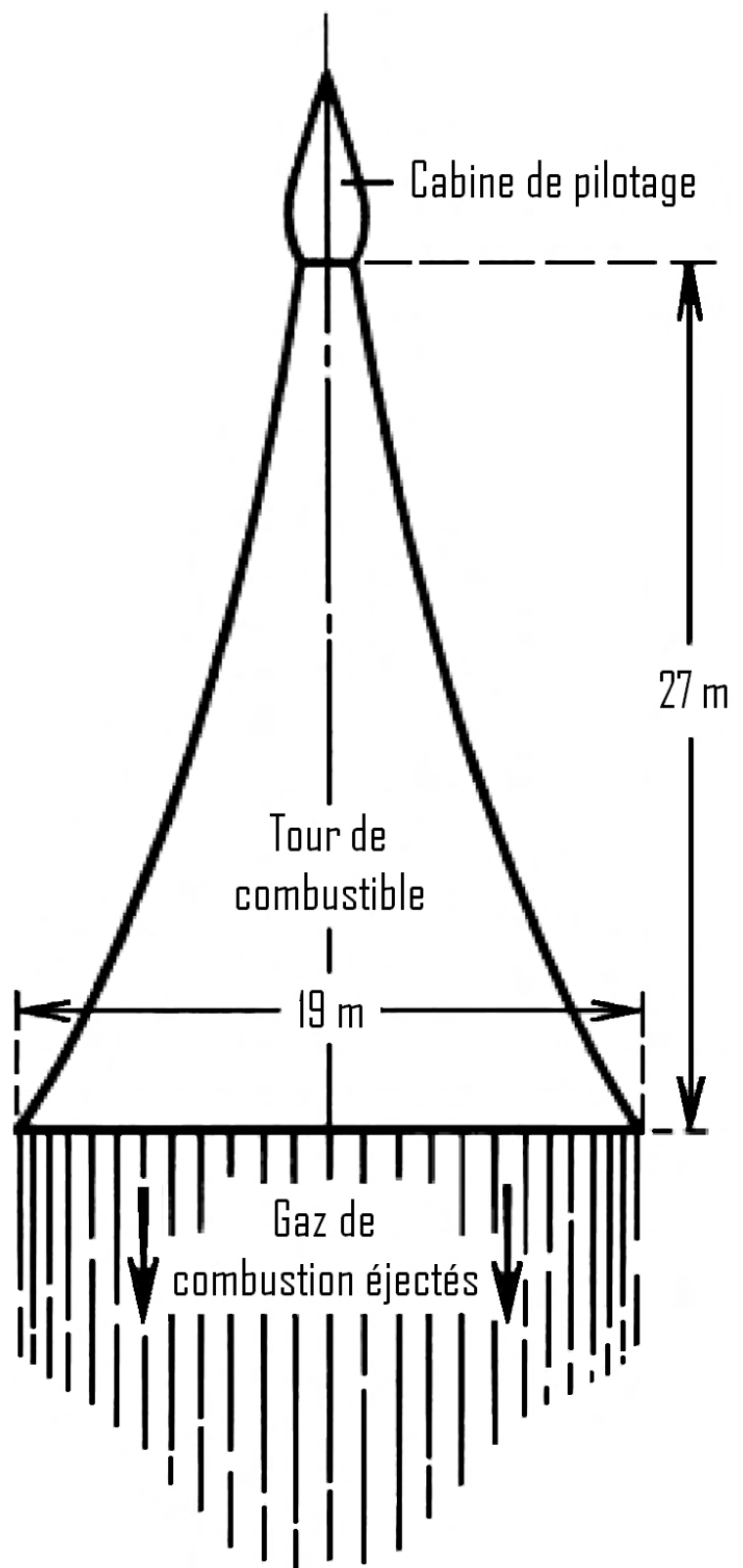


Fig. 34. La fusée spatiale selon Hohmann.

techniciens en explosifs trou-vent un matériau qui, d'une part possède une résistance suffisante pour pouvoir se maintenir dans la forme souhaitée et, d'autre part possède également l'énergie de combustion nécessaire à la création d'une vitesse d'éjection élevée en conséquence.

En supposant que cette dernière soit de 2 000 mètres par seconde, un tel engin spatial pèserait selon Hohmann, un total d'environ 2 800 tonnes prêt à être lancé s'il devait pouvoir atteindre une hauteur d'ascension de 800 000 km (soit deux fois la distance Terre-Lune). Cela correspond à peu près au poids d'un petit paquebot. Un tel voyage aller-retour prendrait 30 jours et demi.



Les publications les plus récentes avec lesquelles le Dr. v. Hoeffft c'est récemment avancé sont très remarquables.

Son idée originale était de propulser des vaisseaux spatiaux à l'aide de l'éther de l'espace. A cet effet, un flux unilatéral d'éther doit être conduit à travers le véhicule au moyen d'une influence électrique. Selon l'hypothèse de Hoeffft, l'effet de réaction de l'éther fournirait alors la force motrice du véhicule, ce qui suppose cependant que l'éther ait aussi une masse. Cependant, Hoeffft considère que cette dernière comme valide si l'opinion défendue par Nernst et d'autres chercheurs, selon laquelle l'éther de l'Univers devrait contenir une énergie interne très importante (énergie du point zéro de l'éther), est en fait correcte, au motif que selon la loi d'Einstein, énergie signifie aussi masse.

Cependant, compte tenu de l'improbabilité de pouvoir réaliser cette idée dans un avenir prévisible, v. Hoeffft rejoint maintenant les efforts d'Oberth. Selon ses rapports, ses derniers travaux dans ce domaine l'ont amené à des projets matures qui n'attendent qu'un financement.

Il a l'intention d'amener dans un premier temps une fusée sans pilote capable d'enregistrement à une altitude d'environ 100 km dans le but d'explorer les couches supérieures de l'atmosphère. Elle est d'un étage, propulsée à l'alcool et à l'oxygène liquide, et dirigée au moyen d'un gyro-

scope à la manière des torpilles. La hauteur de la fusée est de 1,2 mètre, le diamètre 20 cm, le poids initial (au lancement), 30 kg, le poids final 8 kg, dont 7 kg de poids à vide et 1 kg de charge utile. Cette dernière est formée d'un météorographe, qui est logé dans le nez de la fusée et s'en détache automatiquement dès que l'altitude voulue est atteinte, à l'instar de ce qui se passe avec les ballons d'enregistrement ; il descend ensuite lentement sur Terre seul sur un parachute auto-déployant, enregistrant la pression, la température et l'humidité de l'air. L'ascension doit se faire à une altitude de 10 000 mètres à partir d'un ballon en caoutchouc sans pilote (ballon pilote) afin d'éviter que la fusée ne pénètre dans les couches d'air denses inférieures.

Ensuite, v. Hoeffft prévoit de concevoir une fusée plus grande avec un poids initial de 3 000 kg et un poids final de 450 kg, dont environ 370 kg de poids à vide et 80 kg de charge utile. Utilisée à l'instar d'un projectile, elle est destinée à couvrir de longues étendues de la surface terrestre (environ 1 500 km) selon une trajectoire balistique (ellipses de Kepler) en un court laps de temps et de servir soit à transporter du courrier ou analogue, soit être équipé d'un appareil photo fonctionnant automatiquement pour enregistrer les zones survolées (celles encore inexplorées par exemple). L'atterrissage est conçu de manière à ce que la charge utile, similaire à la fusée d'enregistrement décrite précédemment, soit automatiquement détachée de la pointe avant qu'elle ne redescende, et ensuite descende seule avec un parachute.

Cette fusée monobloc devrait également pouvoir être transformée en fusée à deux étages et ainsi être rendue capable d'atteindre la Lune. Pour cela elle sera équipée d'une de ces deuxièmes fusées tout aussi lourdes à l'emplacement de la charge utile précédente d'environ 80 kg, laquelle porte désormais la charge utile, réelle néanmoins beaucoup plus petite, d'environ 5 à 10 kg. Étant donné que les vitesses finales des deux sous-fusées

s'additionnent avec une telle fusée double lors de l'ascension avec propulsion selon le principe des étages expliqué précédemment*, une vitesse d'ascension maximale suffisamment grande serait atteinte pour amener la charge utile composée d'une charge de poudre éclairante vers la Lune. Lorsqu'elle atteint la cible, cette charge devrait alors s'enflammer et, en s'allumant, indiquer le succès de l'expérience, similairement à ce que Goddard avait prévu.

Cette fusée et la fusée postale susmentionnée sont lancées d'une altitude de 6 000 mètres à partir d'un ballon pilote, d'une fusée auxiliaire ou d'un sommet de montagne.

Contrairement aux fusées sans pilote décrites jusqu'à présent, les gros engins spatiaux destinés aux transports de personnes, que Hoeffft pense alors créer à l'avenir, ne devraient en principe décoller directement que depuis une surface d'eau appropriée, à la manière d'un hydravion, et lors de la descente, amerrir à l'identique. Afin de leur permettre de le faire, il convient de leur donner une forme externe très spéciale (par exemple, semblable à celle d'un cerf-volant).

Le modèle d'un tel engin spatial initialement envisagé aurait une masse au décollage de 30 t et une masse finale de 3 t. Son but est, d'une part, d'être utilisé de manière similaire à la fusée postale, mais avec des personnes à transporter, dans une trajectoire balistique (ellipses de Kepler) pour franchir de grandes étendues de la surface terrestre dans les plus brefs délais : et d'autre part, il devrait également servir plus tard d'étage supérieur de grands vaisseaux spatiaux à plusieurs étages destinés à atteindre des corps célestes étrangers. Leurs masses au décollage seraient alors assez importantes d'environ 100 t, même jusqu'à 12 000 t pour le plus gros type.

* Voir pages 61 à 64.

Commentaires sur les propositions de conceptions précédentes

A ces différentes propositions, il convient également d'ajouter : D'aussi loin qu'on puisse le voir à ce jour, le futur proche appartiendra selon toute vraisemblance à la fusée spatiale à propergol liquide. Cependant, il ne sera possible d'arriver à des projets finaux prêts à la construction que lorsque les conditions techniques préalables nécessaires auront été créées, grâce à des solutions pratiques (obtenues par les tests) aux questions fondamentales pour leur construction :

1. La manière dont les ergols sont transportés.
2. La manière dont ils sont introduits dans la chambre de combustion.
3. Les précautions à prendre pour éviter que la chambre de combustion et la tuyère ne soient détruites par la chaleur de la combustion.

Pour cette raison, il a été délibérément évité d'apporter des propositions de construction ici. Cependant, nous considérons sans aucun doute qu'il est souhaitable et nécessaire à l'heure actuelle, du moins dans la mesure où cela est possible avec les expériences disponibles à ce jour, de clarifier les bases de la structure du véhicule, et cela inclut avant tout la question des ergols. Ainsi, selon ce qui a été suggéré précédemment : hydrogène et oxygène d'une part et alcool et oxygène d'autre part.

De l'avis de l'auteur, les composés d'hydrocarbures purs (avec l'oxygène nécessaire à la combustion) sont probablement meilleurs comme ergols pour les fusées spatiales que ces deux derniers. Cela se voit en exprimant le contenu énergétique en volume plutôt qu'en poids, ce que l'auteur considère comme le plus avantageux pour pouvoir évaluer de manière simple la valeur d'un ergol de fusée ; car ce n'est pas seulement une question de poids de propergol nécessaire pour une performance spécifique, mais il est encore plus important de savoir aussi quel volume doit être

transporté pour le stockage de celui-ci et donc pour la construction du véhicule. À ce dernier égard, cependant, le contenu énergétique lié au volume (unités de chaleur par litre) du propergol fournit les informations les plus claires.

La même chose et d'autant plus importante : plus le poids spécifique ainsi que le pouvoir calorifique inférieur de l'ergol en question est élevé et moins il nécessite d'oxygène pour sa combustion. En général, les composés riches en carbone s'avèrent supérieurs aux composés riches en hydrogène, bien que le pouvoir calorifique par kilogramme de ces derniers soit plus élevé. Le benzène par exemple semblerait alors très approprié. Le carbone pur serait le mieux. Cependant, comme ce dernier ne se présente pas sous forme liquide, il faut essayer de mélanger mécaniquement un hydrocarbure liquide avec la plus haute teneur énergétique possible par litre (c'est-à-dire peut-être du benzène, de l'heptane, etc.) avec du carbone finement divisé aussi pur que possible (tels que de la suie, du charbon le plus fin possible ou similaire). La teneur en énergie par litre pourrait être encore augmentée et ainsi un propulseur de fusée d'une qualité particulièrement élevée pourrait être obtenu, peut-être le meilleur possible selon nos connaissances actuelles des substances.

Bien entendu, la condition de validité des considérations ci-dessus est bien sûr que tous les matériaux opératoires soient utilisés avec le même degré d'efficacité.

Dans ces conditions, par exemple, une fusée spatiale censée atteindre la vitesse finale de 4 000 mètres par seconde si elle est propulsée à benzène et à l'oxygène liquide serait environ moitié plus petite et aurait une surface de réservoir $1/3$ plus petite que lorsqu'elle est alimentée par de l'hydrogène et de l'oxygène (fig. 35).

La fusée à benzène serait donc non seulement plus réalisable techniquement, mais aussi moins chère que la tout aussi puissante fusée à hydrogène. Même si le poids de la quantité requise de propergol est un peu plus élevé dans le premier cas et donc nécessite une plus grande force de propulsion et par conséquent également un propulseur plus puissant, c'est-à-dire plus lourd. D'autre part, les réservoirs d'ergols de la fusée à benzène sont plus petits et peuvent également être constitués de n'importe quel métal léger, du moins dans la mesure où ils sont utilisés pour le benzène, car le benzène est normalement liquide, tandis que pour l'hydrogène liquéfié, compte tenu de sa température anormalement basse (-253° Celsius) selon Oberth, comme déjà mentionné, devrait être composé de plomb ! Indépendamment des nombreuses autres difficultés de manipulation et d'utilisation de l'hydrogène liquide causées par cette basse température, qui sont toutes absentes dans le cas du benzène.

Cependant, cette supériorité des hydrocarbures liquides recule de plus en plus à des vitesses finales plus élevées par rapport à l'hydrogène pur. Néanmoins, même si elle devait atteindre une vitesse de 12 500 mètres par seconde (idéalement nécessaire pour un détachement complet de la Terre), une fusée à benzène serait encore $1/3$ plus petite qu'une fusée à hydrogène (fig. 36). Ce n'est qu'à la vitesse finale de 22 000 mètres par seconde que le volume de propergol dans la fusée à benzène serait aussi

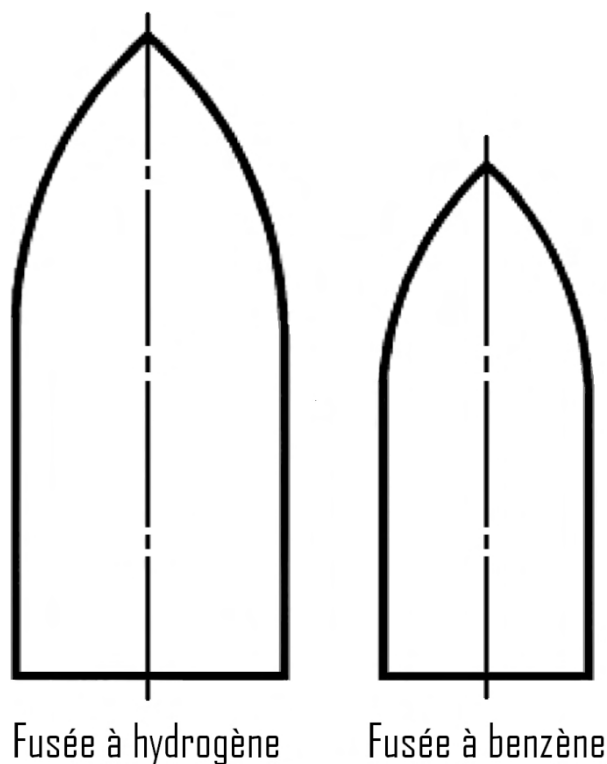


Fig. 35. Rapport de taille entre une fusée à hydrogène et une fusée à benzène de performances égales, si chacune doit pouvoir atteindre une vitesse de 4 000 mètres par seconde.

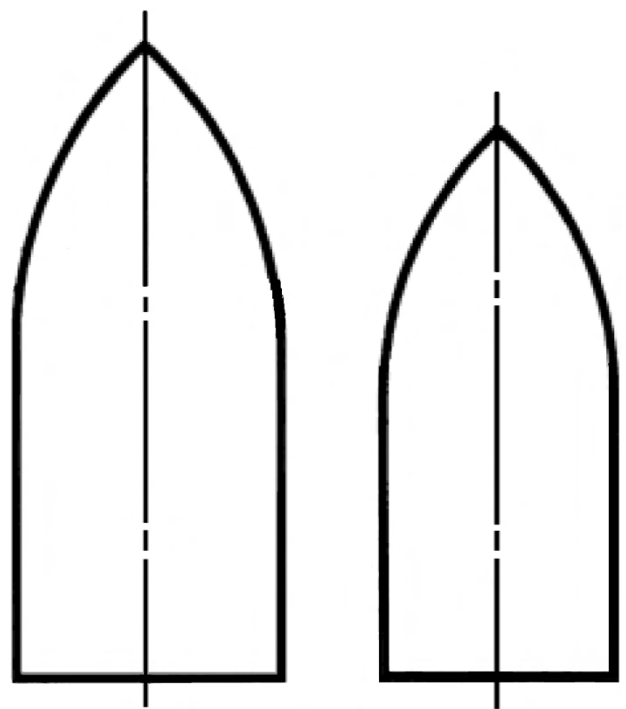
important que celui dans la fusée à hydrogène.

En plus de ces avantages énergétiques et divers des autres hydrocarbures liquides, ils sont en fait beaucoup moins chers que l'hydrogène liquide pur.

Le retour sur Terre

Il apparaît d'après ce qui a été dit jusqu'ici, qu'il existe des obstacles à l'ascension dans l'espace, qui bien que importants, ne sont pas insurmontables. Mais avant d'aborder d'autres considérations, qui peuvent maintenant être établies à partir de ce résultat, nous nous intéressons principalement à la question de savoir si et comment il serait possible de revenir sur Terre après une ascension réussie et de pouvoir y atterrir sans dommage. Car même le voyageur de l'espace le plus audacieux peut être horrifié de voir la Terre comme une sphère lointaine devant lui en pensant qu'il arrive sur elle à pas moins d'environ douze fois la vitesse d'un projectile d'artillerie dès qu'il s'abandonne à sa gravité et se dirige vers elle, ou pour le dire plus correctement : s'écrase sur elle.

Un freinage opportun doit donc être assuré. Cependant, le problème difficile que cette exigence implique apparaît lorsque l'on se rend compte que chaque kilogramme du vaisseau spatial lorsqu'il arrive sur Terre à une force d'inertie qui est presque équivalente à celle d'un train express entier qui se déplace à 70 km par heure ! Car, comme déjà mentionné au début,



Fusée à hydrogène

Fusée à benzène

Fig. 36. Rapport de taille entre une fusée à hydrogène et une fusée à benzène de performances égales, si chacune devait pouvoir atteindre la vitesse de 12 500 mètres par seconde (détachement total de la Terre !).

un corps tombe toujours sur la Terre à une vitesse d'environ 11 000 mètres par seconde dès qu'il est attiré vers elle depuis l'espace par sa gravité. Il a donc ici une force d'inertie d'environ 6 000 mètres-tonnes (59 Mégajoules) par kilogramme de son poids. Cette énorme quantité d'énergie doit maintenant être entièrement retirée du véhicule lors du freinage.

Seules deux possibilités entrent en considération pour réaliser cela : soit effectuer un contre-travail au moyen du moteur à réaction (similaire, par exemple, à la « machine arrière » lors de l'arrêt d'un navire), soit procéder à un freinage par résistance en utilisant l'atmosphère terrestre.

Lors de l'atterrissage de la première manière, le moteur devrait à nouveau agir, cette fois contre le sens de déplacement (fig. 37). Dans ce cas, le véhicule serait privé de son énergie cinétique de chute en l'annulant en effectuant un travail de même amplitude mais en sens inverse. Cependant, cela nécessite que la même énergie et donc la même quantité de propergol soit utilisée pour le freinage que pour l'ascension. Du fait que la vitesse initiale pour l'ascension (vitesse maximal d'ascension) et la vitesse finale pour le retour (vitesse de retombée) étant de même grandeur, les forces d'inerties qui doivent être communiquées au véhicule dans le premier cas et lui être retirées dans le second ne diffèrent que peu les unes des autres.

Cependant, tout ce propergol nécessaire au freinage doit d'abord être soulevé à l'altitude finale, ce qui signifie (et c'est le facteur décisif) une énorme augmentation de la charge à monter. Il en résulte cependant que la quantité totale de propergol nécessaire à l'ascension est maintenant si importante que ce type de freinage apparaît extrêmement peu économique, en fait, compte tenu des performances des propergols disponibles à ce jour, il semble même totalement irréalisable. Mais même une utilisation partielle de la réaction pour le freinage doit être évitée dans la mesure du possible pour les mêmes raisons.

De plus, le freinage par réaction dans la couche atmosphérique, du moins tant que la vitesse de déplacement est encore d'une ampleur cosmique - ne devrait probablement guère être réalisable. Parce que les gaz d'échappement, que le véhicule éjecte devant lui, seraient plus retardés par la résistance de l'air que le véhicule (plus lourd) lui-même, et il devrait donc se déplacer dans la chaleur de ses propres gaz de combustion.

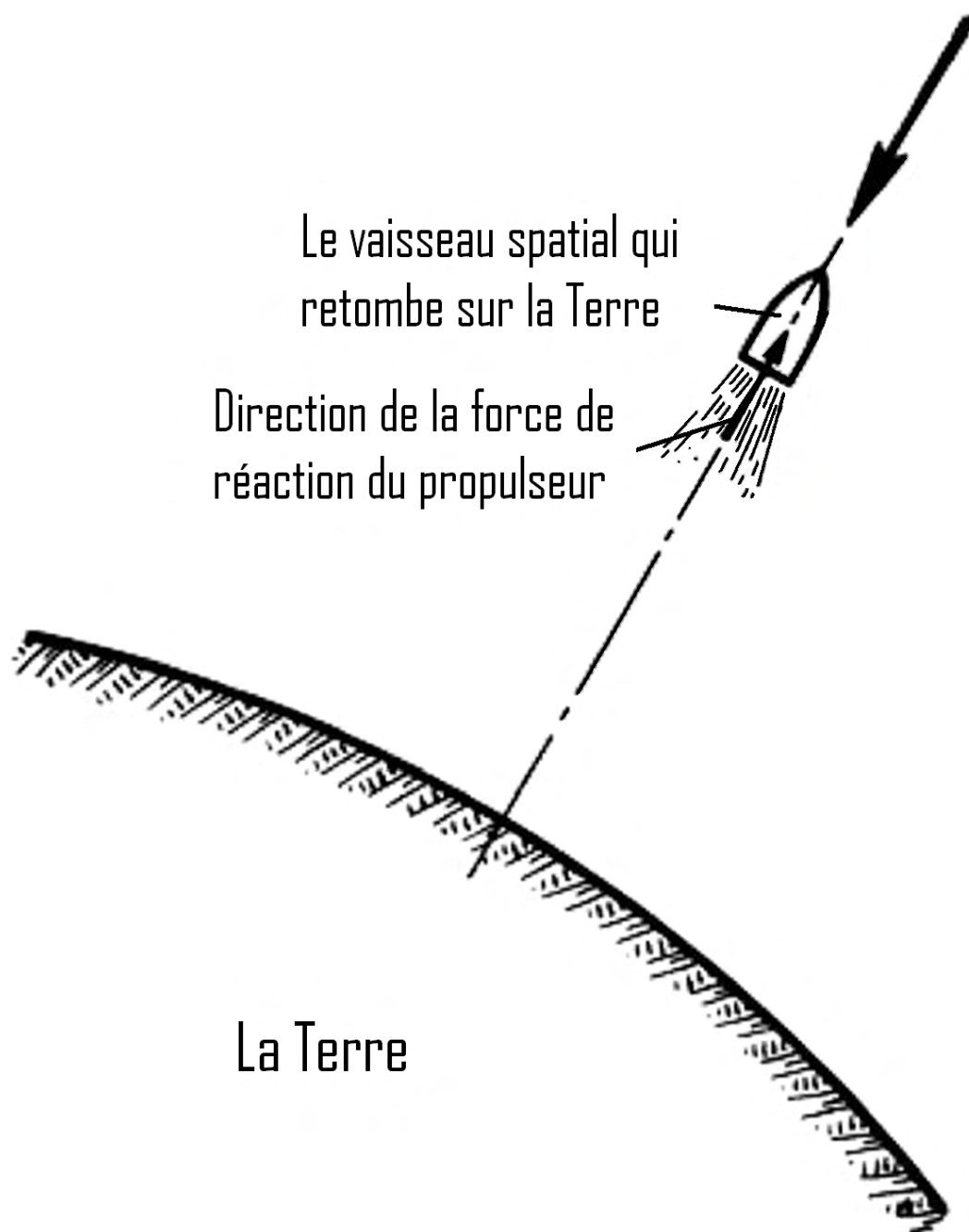


Fig. 37. Atterrissage avec freinage par réaction. Le véhicule qui chute doit être « rat-trapé » par la propulsion qui fonctionne dans le sens inverse du déplacement, c'est-à-dire de la même manière que lors de l'ascension « en s'éloignant de la Terre ».

Le deuxième type d'atterrissage, celui qui utilise la résistance de l'air, est accompli par le véhicule étant ralenti par des parachutes ou d'autres dispositifs pendant qu'il se déplace à travers l'atmosphère terrestre (fig. 38). Ici, il est crucial que la force d'inertie, qui doit être retirée du véhicule au cours de ce processus, ne soit que partiellement convertie en mouvement d'air (turbulences), mais aussi partiellement en chaleur. Si la distance de freinage n'est pas assez longue et que le temps de freinage est donc trop court, alors la chaleur de freinage résultante ne peut pas être suffisamment transférée à l'environnement par conduction et par rayonnement, et la température des moyens de freinage (parachute, etc.) doit donc continuer à augmenter.

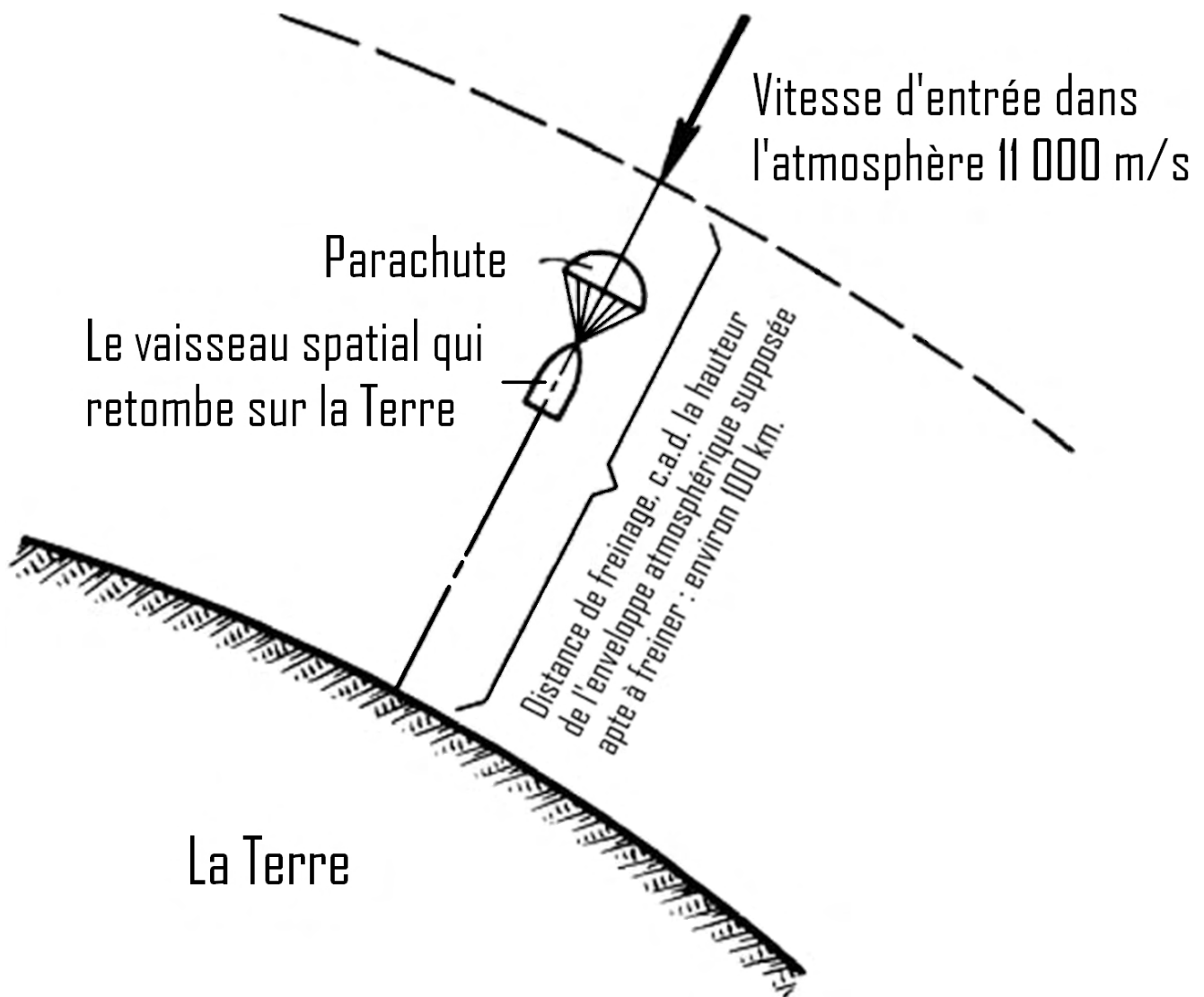


Fig. 38. Atterrissage avec freinage aérodynamique dans le cas d'un véhicule tombant verticalement.

Dans notre cas, cependant, le véhicule a une vitesse d'environ 11 000 mètres par seconde lorsqu'il entre dans l'atmosphère, alors que la partie de l'atmosphère qui est suffisamment dense pour être utilisée à des fins de freinage n'a guère plus de 100 km d'épaisseur. D'après ce qui vient d'être dit, on comprend immédiatement qu'une tentative de provoquer un freinage du véhicule au moyen de la résistance de l'air sur cette trajectoire, relativement trop courte pour des vitesses aussi énormes, devrait simplement conduire à une combustion.

Il semblait donc que le problème du voyage dans l'espace allait échouer, si ce n'est à cause de la question de l'ascension, du moins à cause de l'impossibilité d'un retour sur Terre.

La manœuvre d'atterrissage d'Hohmann

C'est un mérite qui revient à l'ingénieur allemand Dr. Hohmann d'avoir présenté un moyen de sortir de cette difficulté. Selon sa proposition, le vaisseau spatial sera équipé d'ailes similaires à un avion pour l'atterrissage. De plus, déjà au début du retour, le véhicule reçoit une vitesse tangentielle (horizontale) telle au moyen de la réaction, que lorsqu'il retombe sur la Terre il ne touche pas du tout sa surface, mais tourne plutôt autour de la Terre sur une orbite libre de telle sorte qu'il s'approche de sa surface qu'à une altitude de 75 km (fig. 39).

Essayons d'expliquer ce processus simplement, peut-être de la manière suivante : Si vous lancez une pierre au lieu de simplement la laisser tomber, elle ne touche le sol qu'à une certaine distance, et plus la vitesse à laquelle elle a été lancée était grande plus elle va toucher le sol loin. Si on pouvait augmenter à volonté cette vitesse de lancer, de sorte que la pierre ne tombe pas à une distance de 10 ou 100 mètres, ni même à une distance de 100 ou 1 000 km, mais n'atteigne le sol qu'à une distance de 40 000 km,

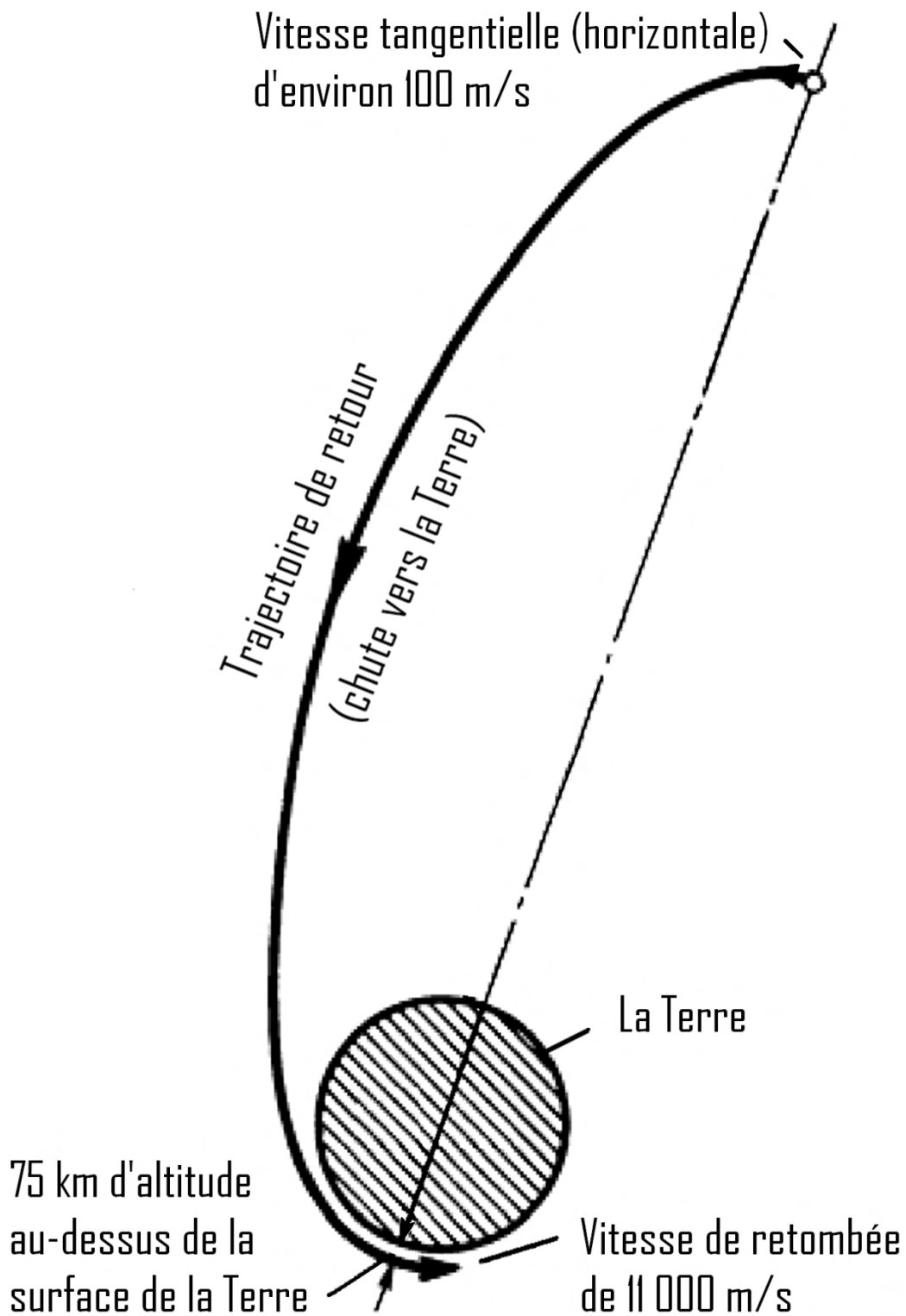


Fig. 39. Pendant le processus d'atterrissage de Hohmann, la trajectoire de retour est artificiellement influencée de telle manière que le vaisseau spatial ne touche pas du tout la Terre, mais la contourne à une altitude de 75 km.

alors en réalité elle ne tomberait pas du tout, puisque toute la circonférence de la Terre n'est que de 40 000 km. Elle ferait alors le tour de la Terre comme une petite lune en orbite libre. Cependant, pour y parvenir à

partir d'une position sur la surface de la Terre, il faudrait donner à la pierre la vitesse énorme d'environ 8 000 mètres par seconde. Cette dernière est toutefois d'autant plus faible que l'endroit à partir duquel le corps doit être amené à tourner autour de la Terre est éloigné de celle-ci. A une distance de plusieurs centaines de milliers de kilomètres, elle n'est que d'environ 100 m/s (fig. 39). C'est également compréhensible si l'on considère que le véhicule gagne de toute façon de plus en plus de vitesse simplement à cause de sa chute sur Terre. En effet selon des rapports antérieurs, la vitesse de retombée atteint même finalement la valeur de 11 000 m/s, c'est-à-dire qu'elle est déjà supérieure de plus de 3 000 m/s à la vitesse d'exactement 7 850 m/s que le véhicule devrait avoir afin qu'il orbite autour de la Terre (comme la pierre auparavant) sur une orbite circulaire libre à une altitude de 75 km.

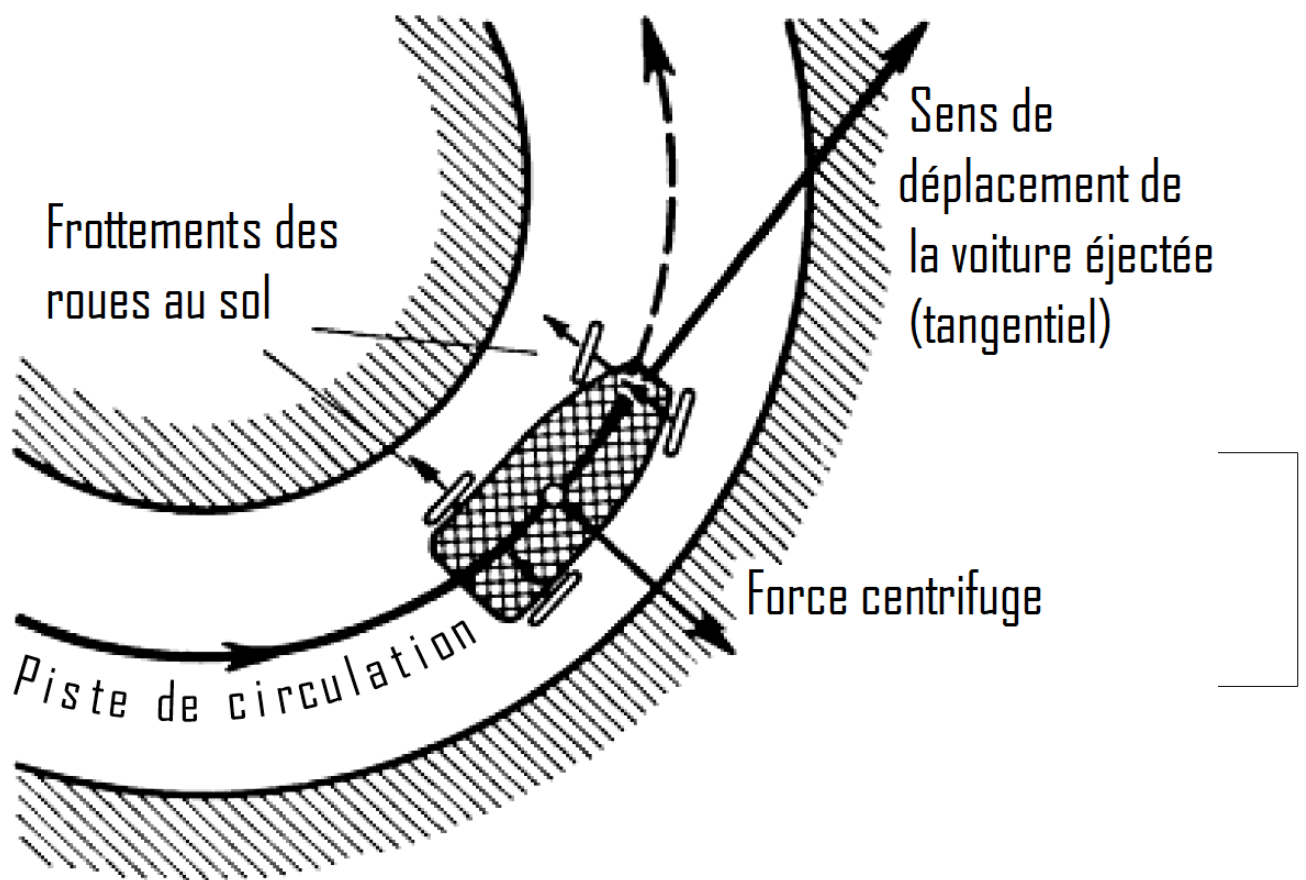


Fig. 40. Si la force centrifuge devient trop importante en raison d'une conduite trop rapide, elle fait sortir la voiture de la piste de circulation.

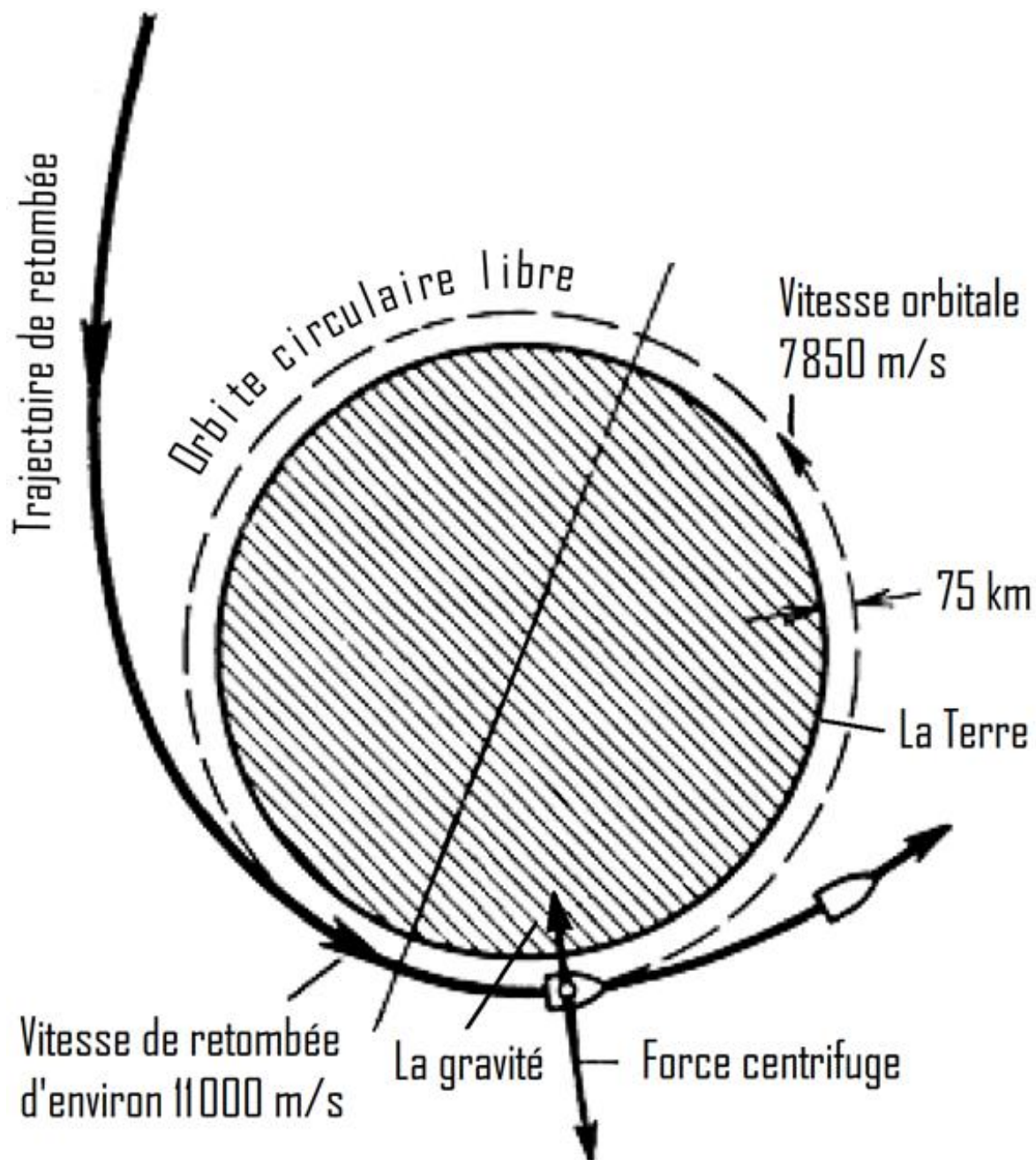


Fig. 41. Du fait de la vitesse de déplacement excessive d'environ 3 000 m/sec (11 000 au lieu de 7 850 m/sec !), la force centrifuge est supérieure à la gravité, c'est pourquoi le vaisseau spatial est poussé vers l'extérieur de l'orbite libre.

En raison de cet excès de vitesse, le vaisseau spatial est maintenant poussé vers l'extérieur par la force centrifuge plus fortement que la force de gravité n'est capable de le tirer vers l'intérieur, vers la Terre ; un processus similaire à celui d'une voiture à moteur se déplaçant dans un virage à une vitesse trop élevée (trop « brusque ») (fig. 40). Tout comme elle est projetée vers l'extérieur parce que la force centrifuge qui tend à la faire dévier de sa trajectoire est supérieure au frottement des roues sur

le sol qui devraient l'y maintenir, de même - d'une manière similaire - notre vaisseau spatial s'efforcera de quitter l'orbite circulaire libre vers l'extérieur et ainsi s'éloigner à nouveau de la Terre (fig. 41).

Atterrissage en mouvements circulaires forcés

Ce dernier cas peut être évité en utilisant les ailes de manière appropriée. Sur un avion normal, celles-ci sont inclinées vers le haut, de sorte que la portance censée soutenir l'avion résulte du mouvement d'avancement (fig. 42). Dans notre cas, les ailes sont maintenant placées dans la direction opposée, c'est-à-dire inclinées vers le bas (fig. 43) ; Cela crée une pression vers le bas dirigée vers le sol qui, si l'angle de d'incidence est choisi correctement, élimine l'excès de force centrifuge et oblige ainsi le véhicule à rester dans la trajectoire circulaire (fig. 44).

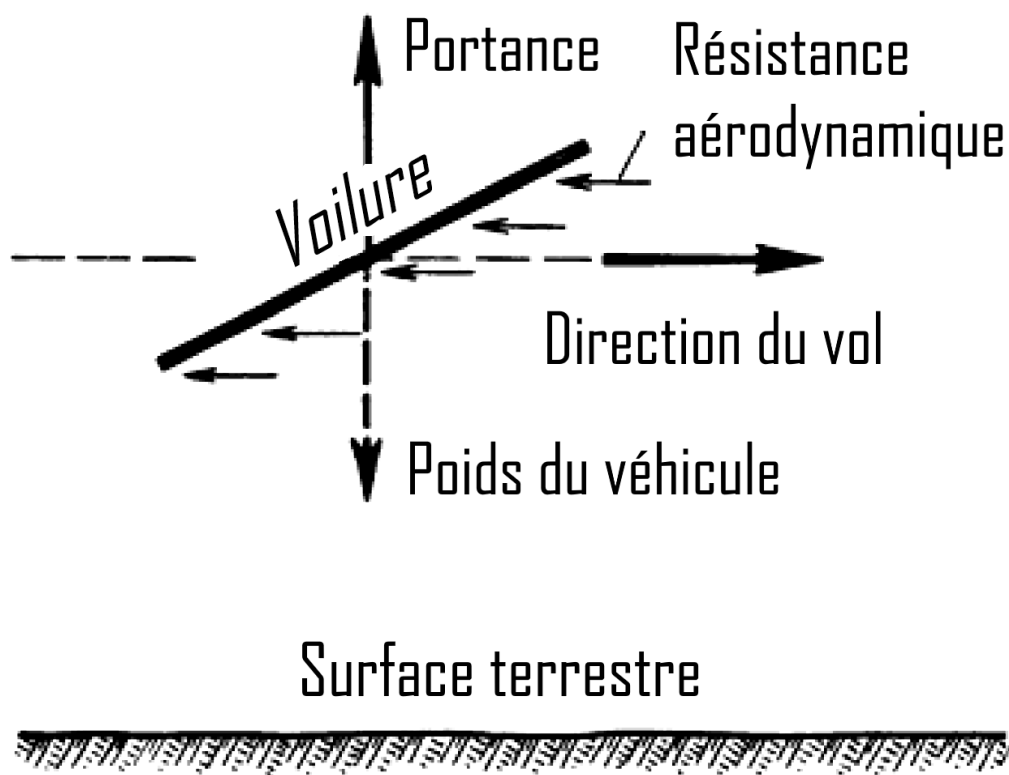


Fig. 42. Le mode de fonctionnement de base des ailes d'un aérodyne en vol standard : La portance provoquée par la résistance de l'air est dirigée vers le haut et soutient ainsi l'avion.

La hauteur de 75 km au-dessus de la surface de la Terre a été délibérément choisie pour l'exécution de cette manœuvre ; car la densité de l'air y est déjà si faible que le vaisseau spatial, malgré sa vitesse élevée, subit presque de la même résistance à l'air qu'un avion normal à l'altitude habituelle.

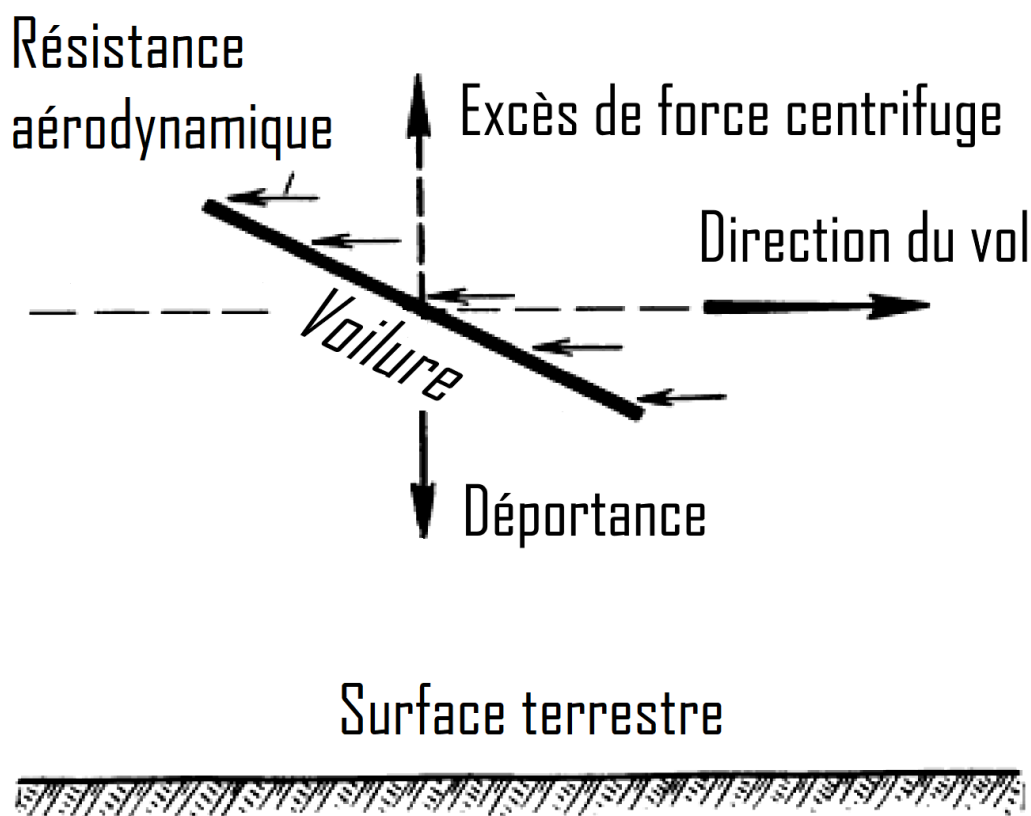


Fig. 43. Effet des ailes lors du « mouvement circulaire forcé » d'un vaisseau spatial à l'atterrissage. Ici la résistance de l'air crée une « force d'appui » dirigée vers la Terre (vers le bas), qui annule l'excès de force centrifuge.

Au cours de ce « mouvement circulaire forcé », la vitesse de déplacement diminuera continuellement en raison de la résistance de l'air et donc l'excès de force centrifuge diminuera de plus en plus. En conséquence, la nécessité d'utiliser les ailes diminue également d'autant, jusqu'à ce que celle-ci devienne finalement totalement superflue dès que la vitesse de déplacement est tombée à 7 850 mètres par seconde et que l'excès de force centrifuge a ainsi cessé d'exister. Le vaisseau spatial fait alors le tour de la Terre en flottant sur une orbite libre (« mouvement circulaire libre », fig. 44).

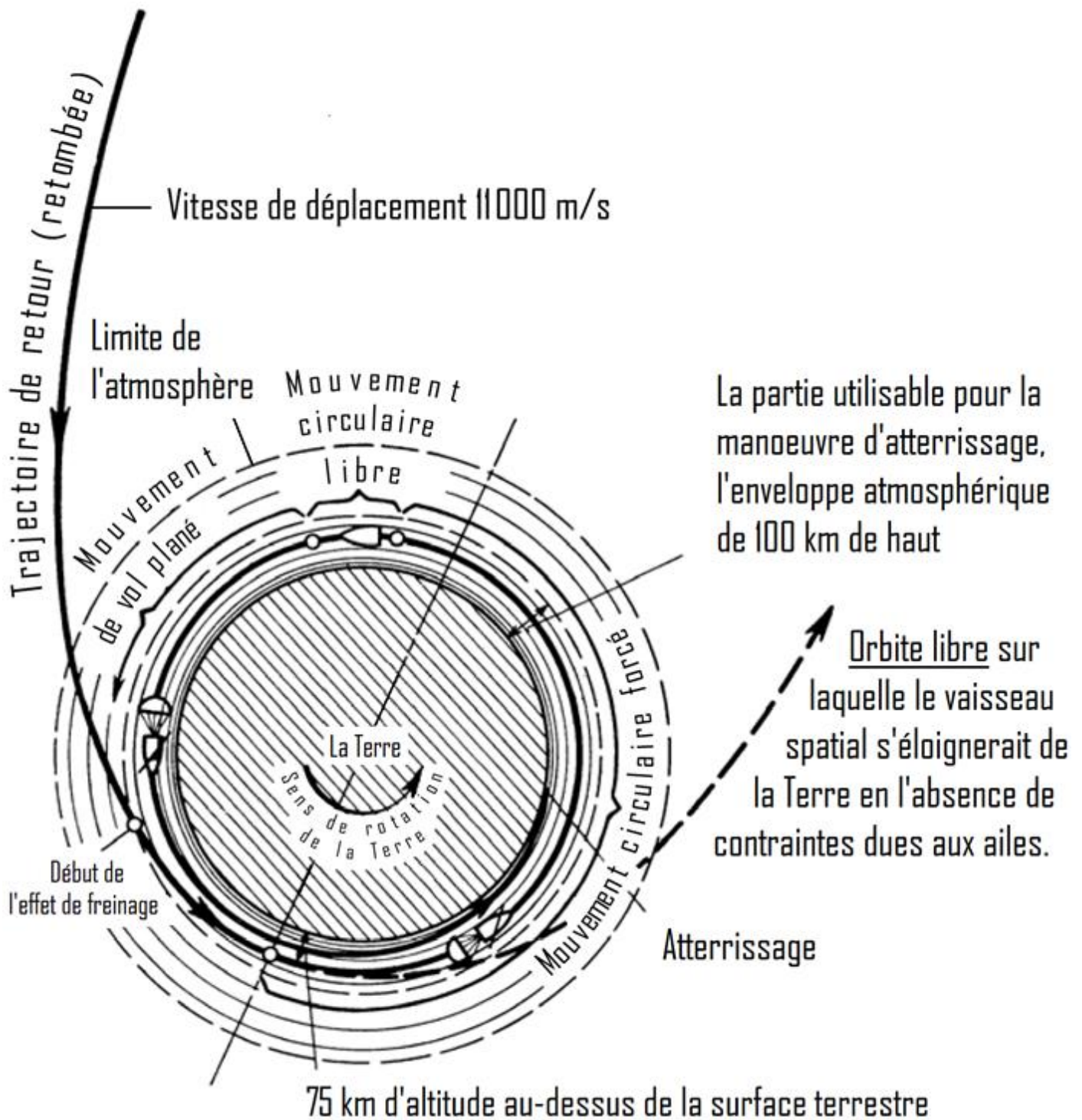


Fig. 44. Atterrissage en « mouvement circulaire forcé », (pour plus de clarté, l'atmosphère et la spirale d'atterrissage sont dessinées dans l'illustration plus haut par rapport à la surface terrestre que ce n'est le cas en réalité. A l'échelle, cela devrait apparaître selon les proportions de la fig. 8).

Cependant, comme la vitesse de déplacement continue de diminuer du fait de la résistance de l'air, la force centrifuge diminue également progressivement et par conséquent la gravité devient de plus en plus impor-

tante. C'est pourquoi les ailes doivent rapidement redevenir efficaces, et ce maintenant comme pour un avion ordinaire (fig. 42) : en s'opposant à la force de gravité, donc en portant (« mouvement de vol plané », fig. 44).

Enfin, avec une nouvelle diminution de la vitesse et une plus grande proximité avec la Terre, la force centrifuge devient pratiquement nulle : le véhicule n'est alors plus porté que par les ailes jusqu'à ce qu'il descende finalement en vol plané.

De cette façon, il serait possible d'étendre la trajectoire à travers l'atmosphère à un point tel qu'elle ferait même plusieurs fois le tour de la Terre entière. Au cours de ce processus et en partie sous l'effet de la propre résistance à l'air du véhicule et de ses ailes, l'utilisation de parachutes tirés par la suite pourrait certainement également ralentir la vitesse du véhicule de 11 000 mètres par seconde à zéro, sans qu'il y ait à craindre un « échauffement ». Cette manœuvre d'atterrissage s'étendra sur plusieurs heures.

Atterrissage en ellipses de freinage

Dans le procédé qui vient d'être décrit, le passage de la trajectoire de chute à la trajectoire circulaire libre et la réduction de vitesse nécessaire pour cela de 11 000 à 7 850 mètres par seconde s'effectuent au cours du « mouvement circulaire forcé ». Selon une autre suggestion de Hohmann, cela peut être également réalisé en passant par ce que l'on appelle des « ellipses de freinage » (fig. 45). Dans cette procédure d'atterrissage, les ailes ne sont pas utilisées dans un premier temps, mais dès que le véhicule est entré dans des couches d'air suffisamment denses, on essaie de freiner aussi fort, au moyen d'un parachute lâché, que le permet encore le danger de surchauffe mentionné ci-dessus.

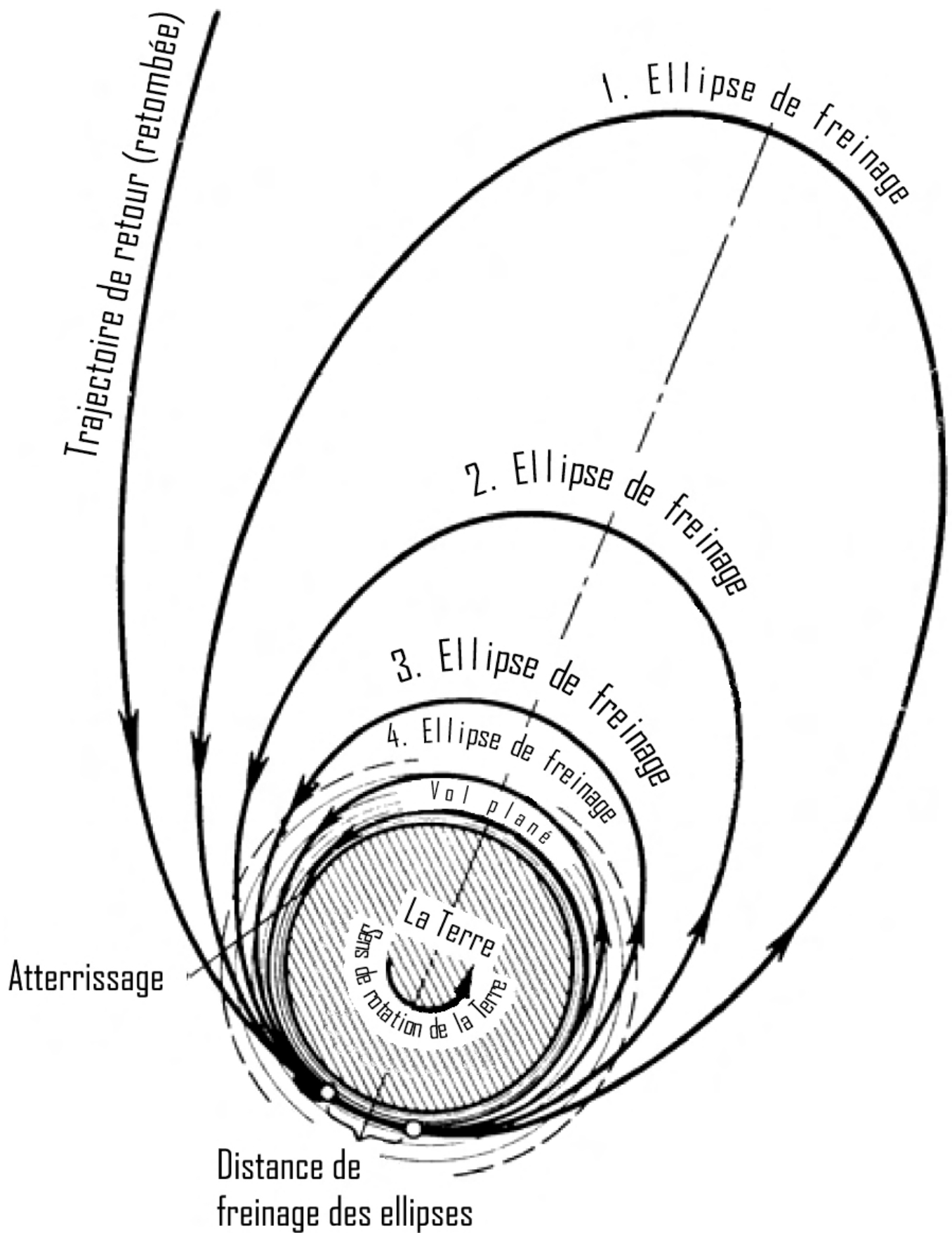


Fig. 45. L'atterrissage en « ellipses de freinage ».

(L'atmosphère et la trajectoire d'atterrissage sont ici, comme sur la fig. 44, dessinées plus haut qu'elles ne le sont en réalité. Proportions, voir fig. 8)

Cependant, la vitesse de déplacement ne peut pas être réduite autant qu'il serait nécessaire pour transférer le vaisseau spatial dans un mouvement circulaire libre. Il reste donc toujours un excès de vitesse et donc aussi de force centrifuge, qui repousse maintenant le véhicule vers l'extérieur de manière à ce qu'il quitte à nouveau l'atmosphère et s'éloigne de la Terre sur une orbite libre de forme elliptique (1^{ère} ellipse de freinage) : Mais plus jusqu'à la distance initiale à partir de laquelle le voyage de retour a été commencé, car la force d'inertie a déjà diminué lors du freinage (fig. 45). En raison des effets de la gravité, le véhicule reviendra ensuite encore vers la Terre après un certain temps, traversera à nouveau l'atmosphère - où il perdra à nouveau une partie de sa vitesse par freinage en parachute - puis s'éloignera à nouveau de la Terre, mais maintenant sur une orbite elliptique déjà plus petite (2^{ème} ellipse de freinage), puis reviendra à nouveau, etc.

Au fur et à mesure que la vitesse diminue, les dites « ellipses de freinage » sont parcourues les unes après les autres, devenant de plus en plus étroites, jusqu'à ce que la vitesse diminue finalement à 7 850 mètres par seconde et qu'ainsi le mouvement circulaire libre ait commencé. La suite de l'atterrissage s'effectue alors à l'aide des ailes en vol plané, tout comme dans le processus décrit précédemment. Le temps total d'atterrissage entre la première entrée dans l'atmosphère et l'arrivée sur la surface de la Terre est maintenant d'environ 23 heures, ce qui est plusieurs fois plus long que dans la procédure décrite précédemment. Par conséquent, les ailes, qui sont déjà prévues dans la manœuvre d'atterrissage de Hohmann, seront probablement utilisées pleinement au début et ainsi amélioreront l'atterrissage dans un mouvement circulaire forcé.

La manœuvre d'atterrissage d'Oberth

Mais cela est différent si les ailes doivent être entièrement supprimées, comme le suggère Oberth, qui traite maintenant également du problème de l'atterrissage plus en détail dans la deuxième édition de son livre. Comme déjà décrit auparavant, la première partie de l'atterrissage est effectuée au moyen d'ellipses de freinage (fig. 45), pour lesquelles les ailes ne sont pas nécessaires. Mais en raison de l'absence de ces dernières, la suite du processus d'atterrissage ne peut pas avoir lieu en vol plané. Le parachute devrait être incliné par rapport à la direction de déplacement en raccourcissant les cordes du parachute d'un côté, obtenant ainsi une flottabilité (c'est-à-dire un effet similaire à celui d'une aile). Néanmoins, l'assistance du système propulsif devrait s'avérer nécessaire dans une très large mesure pour éviter que l'engin ne tombe trop vite, de sorte que l'économie d'ailes ne pourrait probablement être compensée que par une consommation de propergol assez importante : à condition que, pour les raisons évoquées plus haut, (le danger dû à ses propres gaz de combustion) l'utilisation du freinage par réaction dans l'atmosphère soit possible.

En conclusion selon Hohmann, atterrir avec les ailes en « mouvement circulaire forcé » semble être la meilleure solution.

Les résultats obtenus jusqu'à présent

Nous avons donc vu que non seulement l'ascension dans l'espace extra-atmosphérique, mais aussi l'assurance d'un retour contrôlé sur Terre sont dans les limites de ce qui est techniquement possible, de sorte qu'il ne semble nullement justifié de rejeter d'emblée le problème du voyage spatial comme une utopie, ce que l'on aurait tendance à faire si l'on se contentait d'une évaluation superficielle. Il n'existe aucun obstacle fondamental à la

navigation spatiale, et les conditions scientifiques et techniques actuelles permettent d'espérer à juste titre la réalisation du rêve le plus audacieux de l'humanité. Des années et des décennies pourraient bien s'écouler jusque-là : aucun penseur sérieux ne devrait se méprendre sur le fait que les difficultés techniques qu'il reste à surmonter sont très importantes. A bien des égards, il s'avérera probablement nécessaire dans la mise en œuvre pratique de modifier largement les propositions qui ont été faites jusqu'ici sans fondements expérimentaux suffisants. Cela coûtera des sacrifices en argent et en efforts, et peut-être en vies ; nous avons déjà été témoins de tout cela au cours des dernières décennies lors de la conquête du ciel ! Mais une fois que l'on a reconnu quelque chose comme techniquement juste et possible, la réalisation a toujours suivi, même s'il restait encore des obstacles importants à franchir - à condition, toutefois, que la chose en question paraisse suffisamment lucrative.

Encore deux questions importantes

Nous allons donc essayer maintenant de montrer quelles perspectives le résultat ci-dessus ouvre pour l'avenir et, ce faisant, de clarifier deux questions importantes qui subsistent encore ; parce que jusqu'à présent nous n'avons traité que le côté technique, mais pas le côté économique et physiologique du problème :

Quels sont donc les avantages pratiques et autres que l'on pourrait attendre de la réalisation d'un voyage dans l'espace, et seraient-ils suffisamment significatifs pour que toutes les dépenses sans doute énormes encore nécessaires pour cela paraissent réellement valables ?

Et d'autre part, la vie humaine pourrait-elle être rendue possible dans les conditions physiques complètement modifiées que nous trouverions dans le vide spatial, et quelles précautions particulières cela exigerait-il ?

La réponse à cette question deviendra évidente lorsque nous examinerons plus en détail ci-dessous les utilisations probables des voyages spatiaux.

Habituellement, lorsqu'on envisage de telles choses on pense généralement avant tout, de parvenir à un voyage vers des corps célestes étrangers et d'y évoluer comme le décrivent de manière romantique certains écrivains. Mais aussi tentant que cela puisse paraître, ce ne serait que la dernière étape d'un développement réussi du voyage spatial. Tout d'abord, cependant, il y aurait encore diverses applications similaires qui seraient plus faciles à réaliser car elles ne nous obligeraient pas encore à quitter complètement l'orbite de la Terre, notre astre d'origine, et à aller dans des mondes étrangers et inconnus.

La fusée spatiale en lancement incliné

La forme la plus simple d'application pratique de la fusée en tant que moyen de transport est lorsqu'elle est lancée obliquement (plutôt que verticalement) depuis la Terre ; car elle décrit alors une trajectoire parabolique (fig. 46). Comme on le sait, la distance de projection est la plus grande lorsque l'angle de lancement (angle de portée) – dans notre cas l'angle d'inclinaison de la direction d'ascension – est de 45° (fig. 47).

Dans ce mode d'utilisation, la fusée fonctionne de manière similaire à celle d'un projectile mais avec les différences suivantes : aucun canon n'est nécessaire pour la faire partir ; son poids peut être bien supérieur à celui d'un projectile ordinaire, aussi puissant soit-il ; l'accélération de lancement peut être sélectionnée aussi petite que souhaité, mais néanmoins des vitesses de lancement si élevées pourraient être atteintes qu'il n'y aurait théoriquement aucune limite terrestre à la distance de lancement (de tir) de la fusée spatiale.

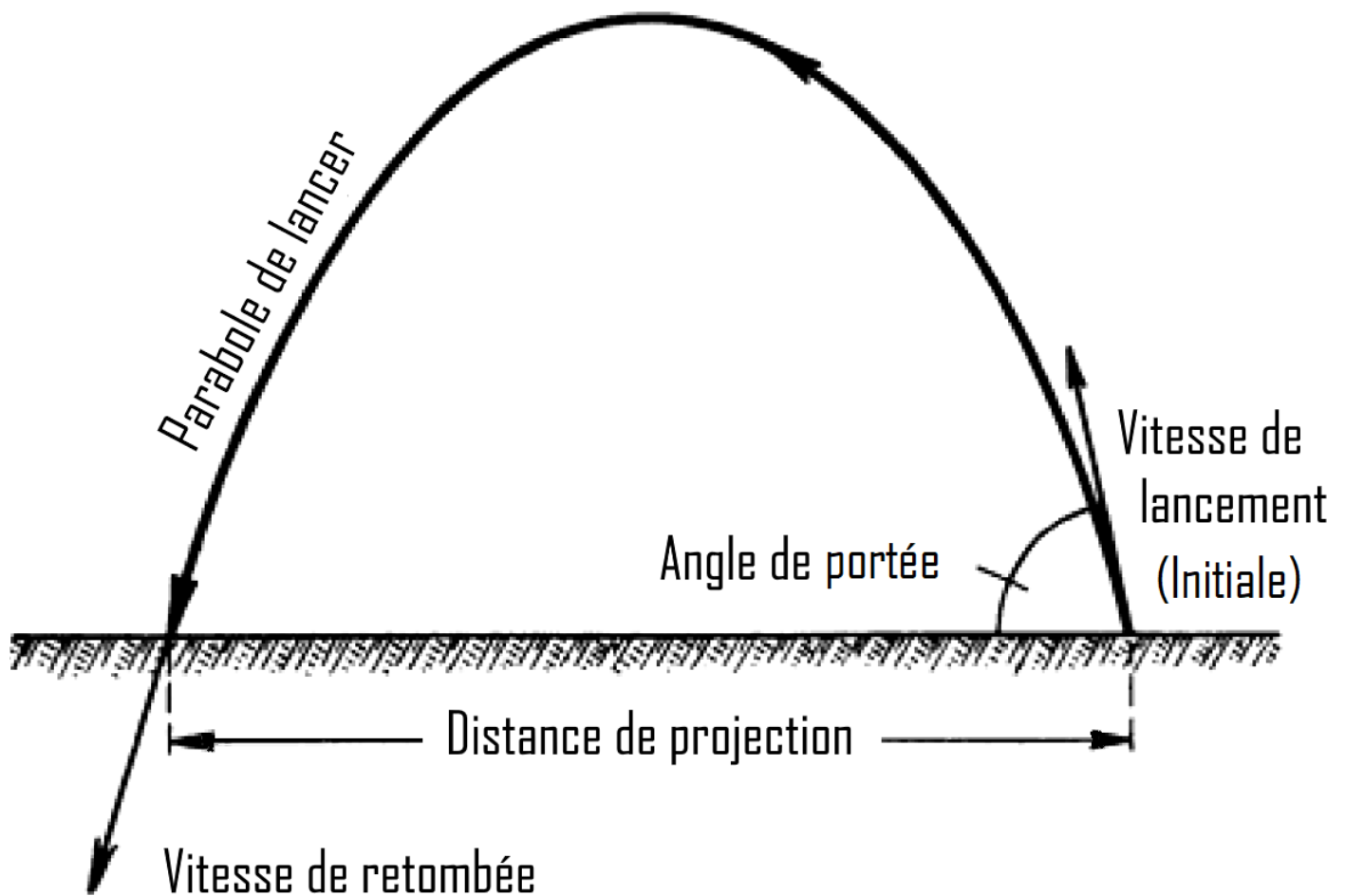


Fig. 46. Le lancement parabolique

Un chargement pourrait donc être transporté sur de très grandes distances en un temps extrêmement court, c'est pourquoi l'opinion est parfois émise que cette méthode pourrait également être utilisée pour transporter du fret urgent, par exemple dans le service postal, les télécommunications, et autres besoins similaires.

Cependant, cette dernière ne serait possible que si la vitesse de retombée de la fusée qui revient pouvait être ralentie à temps pour qu'elle touche le sol en douceur, sinon le véhicule serait endommagé ou sa cargaison périrait avec lui. A cet effet, d'après nos considérations précédentes*, deux méthodes de freinage sont disponibles, à savoir : soit par réaction, soit par la résistance de l'air. Étant donné que la première doit être évitée

* Voir pages 84 et 88.

dans la mesure du possible en raison de l'énorme consommation de pro-
pergol qui lui est associée, la seule option pratique consiste à utiliser la
résistance à l'air.

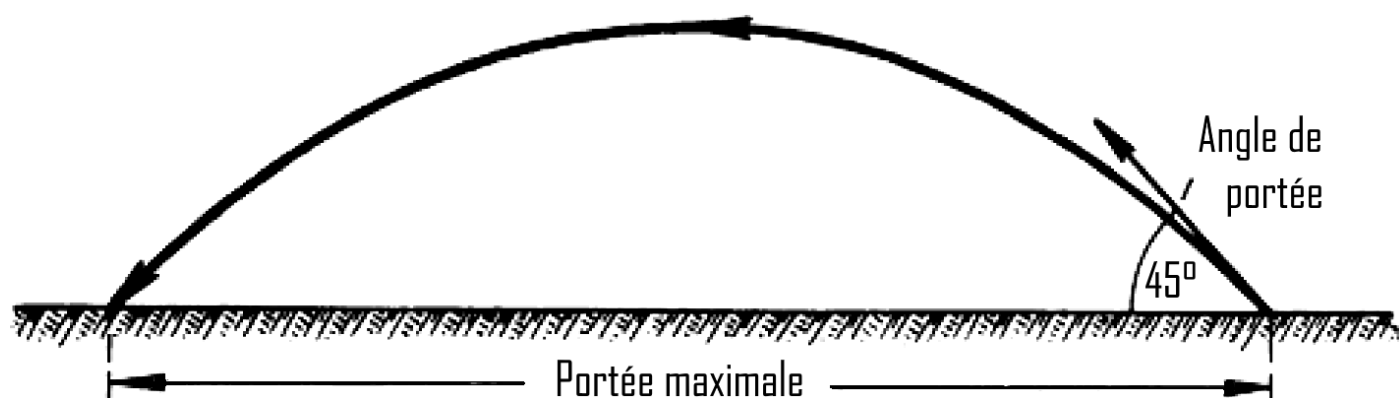


Fig. 47. Avec une vitesse de lancement donnée, la portée la plus longue est atteinte lorsque l'angle de portée est de 45° .

Ainsi, il ne serait certainement pas possible de décélérer avec un simple atterrissage en parachute ; car avec la taille des distances de lancement considérées, la fusée atteint sa cible avec plusieurs fois la vitesse d'un projectile. Mais ce serait la distance de freinage dans l'atmosphère, qui au mieux se traduirait par une durée beaucoup trop courte en raison de la raideur de la descente, qui présente également l'inconvénient que l'essentiel de la vitesse de retombée est ralentie dans les couches basses et denses de l'air.

Il en va de même si, comme d'autres le suggèrent, on dispose de manière à ce que la charge utile se détache de la fusée avant qu'elle ne chute, pour redescendre seule en parachute tandis que le corps vide de la fusée est abandonné : car ni l'ampleur de la vitesse de chute, ni la raideur trop importante et surtout dommageable de la descente, sont d'une manière ou d'une autre favorablement influencées par cette mesure.

Afin d'amener la cargaison à sa destination sans dommage, la décélération, si elle doit être provoquée par la résistance de l'air, ne pourrait

être effectuée que pendant un trajet suffisamment long, approximativement horizontal dans des couches d'air plus hautes et minces sélectionnées en fonction de la vitesse de déplacement - c'est-à-dire selon la procédure d'atterrissage de Hohmann (atterrissage plané) - et se produirait et s'étendrait donc à des distances de freinage qui ne seraient pas beaucoup plus courtes que la distance totale à parcourir.

Par conséquent - dans le cas où elle devrait être freinée avant l'impact - un mouvement de lancement correct ne se produirait pas du tout, mais il en résulterait un type de mouvement comme présenté dans la section suivante : « La fusée spatiale comme avion ».

La fusée ne pourrait probablement être utilisée que dans un lancer oblique pur si un « atterrissage en toute sécurité » n'est pas requis, par exemple comme projectile à des fins de guerre. Dans ce dernier cas, des propergols de propulsion solides telles que poudre sans fumée, etc. pourraient également être utilisées sans plus tarder au sens de la proposition de Goddard, à laquelle il a déjà été fait référence*.

De toute façon, donner à de tels missiles la précision nécessaire n'est qu'une question de perfection technique, d'ailleurs les cibles majeures (comme les capitales ennemies, les zones industrielles, etc.) qui sont principalement envisagées pour cela permettent de toute façon une diffusion relativement importante.

Si l'on considère maintenant qu'avec un tel bombardement de roquettes, même des charges pesant plusieurs tonnes pourraient être lancées en toute sécurité sur les plus grandes distances vers des cibles situées très loin dans l'arrière pays de l'ennemi, oui, presque aucune partie de celui-ci ne serait à l'abri de telles attaques et il n'y aurait absolument aucun moyen de se défendre, nous pouvons voir quelle arme terrible ce serait.

* Voir pages 54, 55 et 65.

Néanmoins, son rayon d'action n'est probablement pas aussi illimité qu'on pourrait s'y attendre en ce qui concerne les performances de la propulsion de la fusée ; à mesure que la distance de lancement augmente, la vitesse à laquelle l'objet lancé, dans ce cas la fusée, touche la cible et doit pénétrer dans les couches d'air les plus denses proches de la Terre augmente également (fig. 48). Si la portée de lancement et donc aussi la vitesse de descente est trop grande, la fusée chauffera tellement, en raison du frottement de l'air, qu'elle sera détruite (fusion, perforation etc.) avant même d'atteindre la cible ; tout comme les météores tombant sur la Terre, ils n'atteignent que rarement le sol, car ils se consomment préalablement dans l'atmosphère, mais à des altitudes beaucoup plus élevées en raison de leur vitesse de descente nettement plus élevée. L'atmosphère terrestre nous assurerait probablement une protection au moins partielle à cet égard, ainsi qu'à bien d'autres égards.

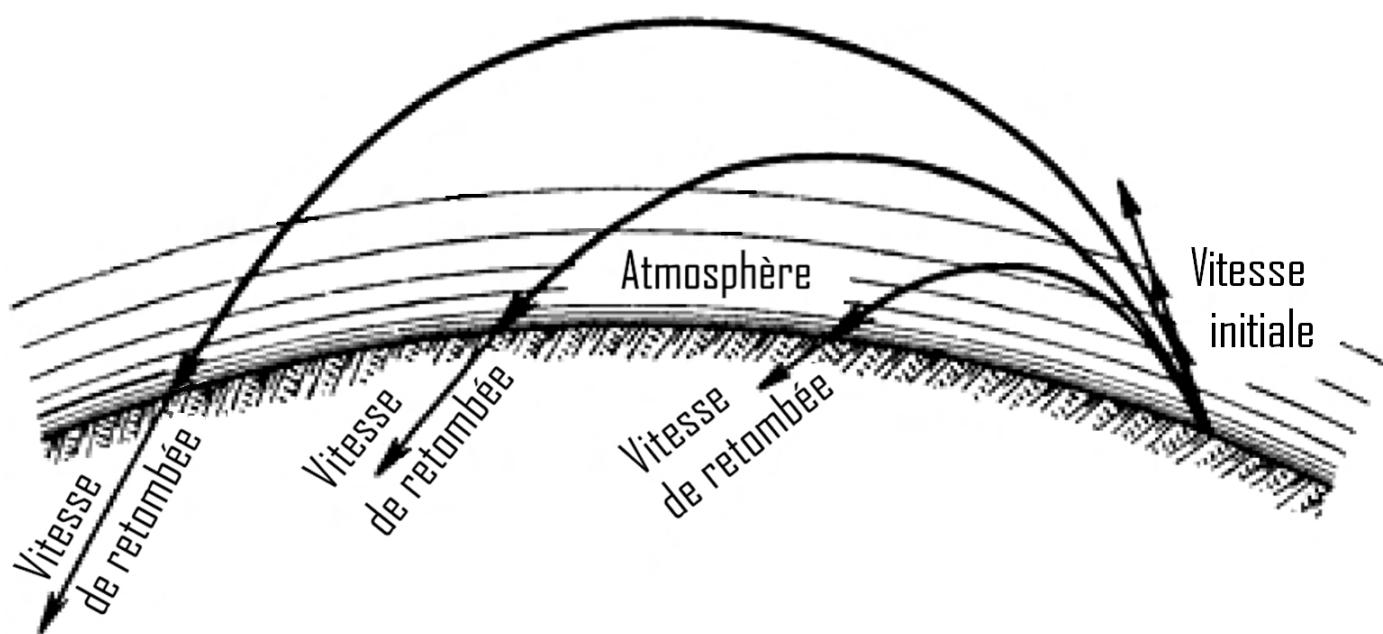


Fig. 48. Plus la portée de lancement est grande, plus la vitesse de retombée sera élevée (correspondante à la vitesse initiale et à la hauteur de lancement qui sont nécessaires pour cela).

La façon la plus simple d'utiliser la fusée spatiale qui vient d'être décrite peut ne pas sembler être recommandable pour certains ! Mais c'est le destin de presque toutes les grandes réalisations technologiques : qu'elles puissent également être utilisées à des fins de destruction. Mais doit-on considérer la chimie, par exemple, comme nocive et son développement ultérieur comme indésirable, car elle crée les armes de guerre au gaz insidieuse ? Et les résultats que nous pourrions attendre d'un développement réussi de la fusée spatiale dépasseraient de loin tout ce que la technologie a pu nous offrir jusqu'à présent, comme nous le verrons ci-dessous.

La fusée spatiale comme avion

Comme déjà mentionné, Hohmann suggère d'équiper le vaisseau spatial d'ailes pour l'atterrissage. A un certain stade de sa manœuvre d'atterrissage*, il fait le tour de la Terre en orbite libre circulaire suspendu (seulement « porté » par la force centrifuge) à une altitude de 75 km avec une vitesse correspondante de 7 850 mètres par seconde (« mouvement circulaire libre », fig.44). Cependant, comme la vitesse de déplacement et donc aussi la force centrifuge diminuent continuellement au cours de la longue trajectoire, le véhicule prend de plus en plus de poids, qui doit maintenant être absorbé par les ailes, de sorte que le mouvement de libre circulation se transforme progressivement en un vol plané. En conséquence, des couches d'air plus profondes et plus denses doivent être recherchées afin que leur résistance corresponde au mieux à la vitesse de déplacement réduite et à la charge accrue pour obtenir la portance nécessaire (« mouvement de vol plané », fig. 44).

* Voir page 93.

Comme la Terre entière est contournée en quelques heures seulement au cours de ce processus, l'idée se présente de créer de la même manière un transport aérien terrestre express avec des vitesses les plus élevées possibles, voire cosmiques :

Si on laissait un vaisseau spatial convenablement construit et équipé d'ailes monter à une altitude d'environ 75 km et que l'on s'assurait en même temps qu'il atteigne également une vitesse horizontale maximale de 7 850 mètres par seconde en direction d'une destination de voyage terrestre (fig. 49), il pourrait alors parcourir la distance jusqu'à sa destination sans effort supplémentaire : d'abord en orbite libre presque circulaire, ensuite de plus en plus en planant et enfin complètement en vol plané, porté uniquement par la flottabilité de l'air. Enfin, en temps utile avant l'at-

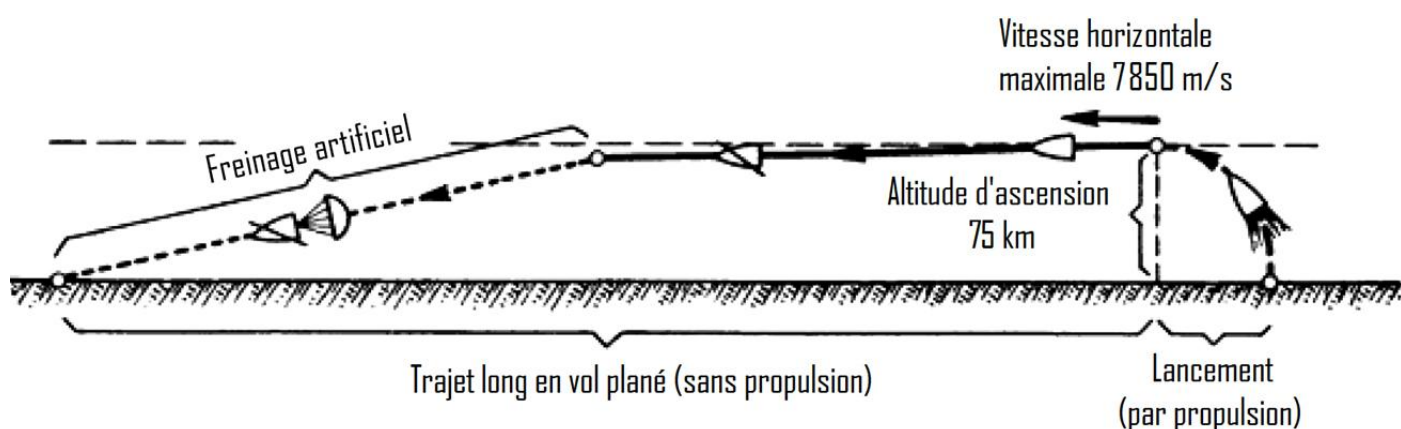


Fig. 49. Représentation schématique d'un « vol rapide à vitesse cosmique » durant lequel la vitesse horizontale maximale est si grande (ici supposée être la même que la vitesse du mouvement orbital libre) que l'intégralité du trajet longue distance peut être parcourue en vol plané et doit être freinée artificiellement avant l'atterrissage.

terrissage, la vitesse devrait être réduite en conséquence par un freinage artificiel par traînée, par exemple au moyen de l'ouverture d'un parachute arrière.

Si cette dernière peut encore poser quelques difficultés à des vitesses aussi élevées, ce serait facilement envisageable si l'on choisissait une

vitesse maximale horizontale plus faible, car d'autant moins de freinage artificiel serait alors nécessaire. A une certaine vitesse horizontale maximale, même un freinage naturel dû à l'inévitable résistance de l'air au déplacement serait suffisant (fig. 50).

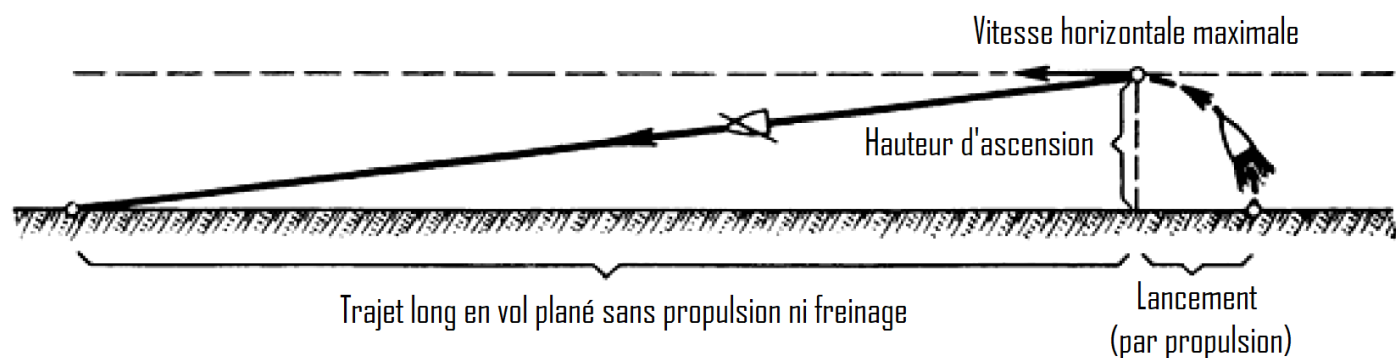


Fig. 50. Représentation schématique d'un « vol rapide à vitesse cosmique », durant lequel la vitesse horizontale maximale est juste suffisante pour pouvoir parcourir la totalité du trajet longue distance en vol plané, à condition d'éviter tout freinage artificiel.

Dans tous ces cas, le véhicule ne nécessite aucune poussée pendant le trajet longue distance. S'il l'on devait donc être propulsé uniquement par une fusée d'appoint pendant l'ascension - c'est-à-dire « lancée » au moyen de celle-ci, pour ainsi dire - jusqu'à ce que l'altitude de vol requise ou la vitesse maximale horizontale soit atteinte, elle pourrait alors parcourir le reste du trajet vers la destination uniquement au moyen de son propre « élan » (la force d'inertie reçue) et n'avait donc pas du tout besoin d'être doté d'un dispositif de propulsion, sauf tout au plus d'un petit propulseur de réserve pour compenser d'éventuelles erreurs d'estimation lors de l'atterrissage. Bien entendu, lors de l'ascension jusqu'à atteindre la vitesse maximale horizontale, la propulsion pourrait également être assurée en partie ou en totalité par l'engin lui-même au lieu d'une fusée auxiliaire. Dans le premier cas, il pourrait être avantageux de laisser la fusée auxiliaire travailler principalement en vitesse ascensionnelle et le véhicule plutôt en vitesse horizontale.

Si la vitesse horizontale maximale est encore plus faible, une certaine partie du trajet longue distance devra également être parcourue avec le propulseur (fig. 51). Mais alors il faudrait, quel que soit le déroulement de l'ascension, que le véhicule lui-même soit équipé d'un dispositif de propulsion et embarque la quantité de propergol nécessaire pour toute la durée du trajet propulsé.

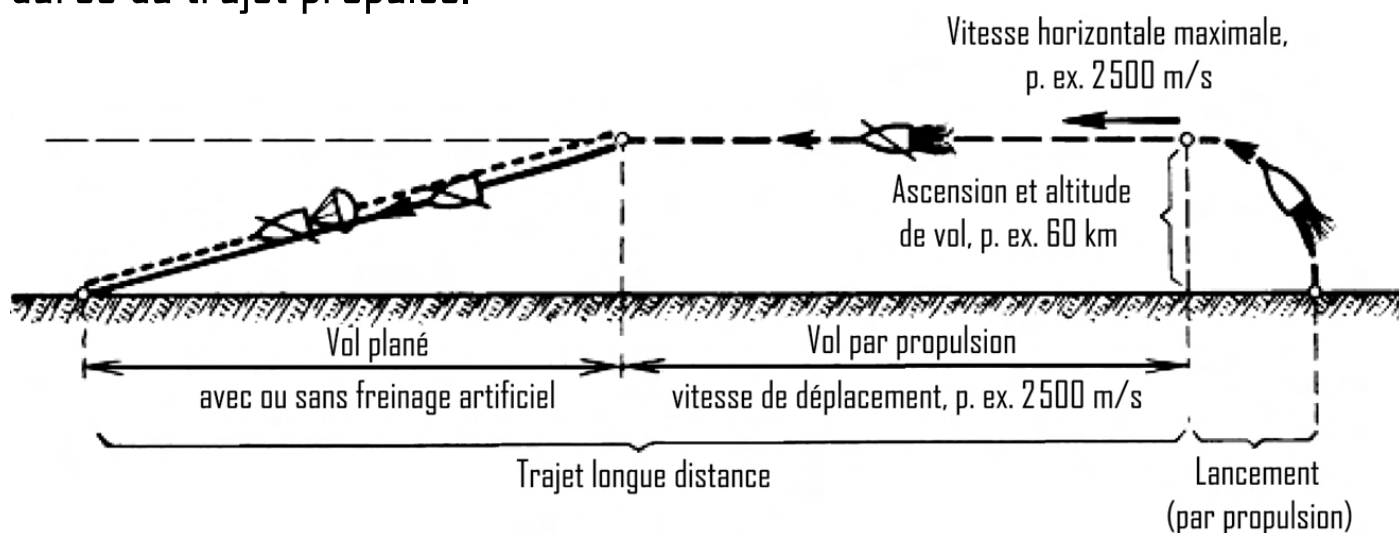


Fig. 51. Représentation schématique d'un « vol rapide à vitesse cosmique », durant lequel la vitesse maximale horizontale n'est pas suffisante pour couvrir tout le trajet longue distance en vol plané, de sorte qu'une partie de celui-ci doit être parcourue avec propulsion.

En supposant que le benzène et l'oxygène liquide sont utilisés comme propergol et qu'une vitesse d'éjection de 2 500 mètres par seconde est ainsi atteinte : alors, selon les lois fondamentales de la technologie de propulsion des fusées expliquées auparavant*, afin d'atteindre le rendement le plus favorable, la vitesse de déplacement pendant la durée de la propulsion (et par conséquent la vitesse horizontale maximale) doit être tout aussi importante, soit 2 500 mètres par seconde. L'altitude de vol qui est probablement la meilleure pour cela serait d'environ 60 km dans le sens des considérations du processus d'atterrissage de Hohmann. A cette vitesse, surtout si le trajet se fait aussi à contre-sens de la rotation de la Terre,

* Voir pages 38 et 39.

c'est-à-dire dans le sens est-ouest, l'effet centrifuge serait si faible que les ailes seraient chargées de presque tout le poids du véhicule, il ne s'agirait donc presque que d'un pur vol d'aérodrome au lieu d'un mouvement orbital.

Au vu du manque de documentation technique suffisante, nous préférons nous abstenir pour l'instant de donner plus de détails sur la conception d'un tel avion rapide propulsé par réaction (effet fusée). Cela ne sera - comme cela a déjà été indiqué précédemment* à propos des fusées spatiales en général - vraiment possible qu'une fois que la question fondamentale du moteur des fusées aura été résolue de manière satisfaisante et pratique.

D'autre part, le mode de déplacement qu'il faudrait appliquer ici, est pour l'essentiel, déjà reconnaissable aujourd'hui. A ce qui a déjà été évoqué à ce sujet, il faut encore ajouter :

Etant donné que lors de l'ascension, soulever un véhicule à des altitudes aussi considérables (35-75 km) nécessiterait une quantité non négligeable de propergol, il semble conseillé d'éviter les atterrissages intermédiaires dans n'importe quel cas. Cela est également corroboré par le fait que la subdivision de l'ensemble de l'itinéraire de voyage, en raison de la réduction des distances aériennes qui doivent être parcourues d'une traite, rendrait nécessaire l'utilisation accrue du freinage artificiel, ce qui, toutefois, signifie une perte d'énergie précieuse : indépendamment de la perte de temps, des désagréments et du risque accru toujours associées aux escales. C'est précisément dans la nature de ce service de vol express qu'il doit s'avérer d'autant plus avantageux que les distances à parcourir sont grandes (dans les limites terrestres bien sûr) afin qu'elles ne soient pas délibérément raccourcies par des atterrissages intermédiaires.

* Voir page 81.

En conséquence donc, par exemple, l'utilisation de stations de ravitaillement intermédiaires, comme cela a déjà été suggérée pour l'avion-fusée sur la base de certains projets de transports aériens transocéaniques et autres, serait tout à fait contraire à la nature de celui-ci. Mais c'est sinon aussi certainement une mauvaise façon de gagner en clarté sur son mouvement que de simplement prendre comme modèle la technique de pilotage de notre précédent avion ; car les fusées et les véhicules à hélices sont fondamentalement trop différents pour cela.

D'autre part, nous considérons également qu'il est incorrect que le voyage de l'avion-fusée ne se déroule pas du tout comme un véritable « vol », mais plutôt principalement comme un lancer (similaire à celui discuté dans la section précédente), ce que de nombreux auteurs soutiennent. Parce que dans ce cas, lorsque le véhicule redescend, il faut freiner à la fois la composante horizontale et la composante verticale de la vitesse de déplacement, ce qui, cependant, en raison de la courte longueur d'une distance de freinage verticale qui est au mieux possible dans l'atmosphère terrestre, ne peut pas être réduit au moyen de la résistance de l'air mais uniquement par un freinage par réaction. Cependant, cette dernière solution doit être évitée autant que possible en raison de la consommation élevée de propergol qui y est associée.

C'est pourquoi il faut empêcher l'apparition d'une composante de vitesse verticale plus importante, et cela est réalisé si le voyage, comme suggéré par l'auteur, est systématiquement effectué comme le vol d'un aérodyne sur une trajectoire approximativement horizontale - éventuellement en grande partie en vol plané (sans propulsion), c.à.d. similaire à la dernière phase d'un atterrissage plané d'Hohmann, qui dans notre cas cependant, à savoir avec la vitesse horizontale maximale*, ne fait que commencer.

* Cf. ce qui a été dit pages 101 à 103.

La plus grande vitesse moyenne de croisière avec laquelle un certain itinéraire de voyage pourrait jamais être parcourue en un vol aussi rapide dépend de la longueur de ce dernier ; car la vitesse de déplacement est limitée par l'exigence selon laquelle le véhicule doit encore pouvoir freiner en vue de l'atterrissage s'il est effectué le plus tôt possible, c'est-à-dire immédiatement après avoir atteint la vitesse horizontale maximale (fig. 52).

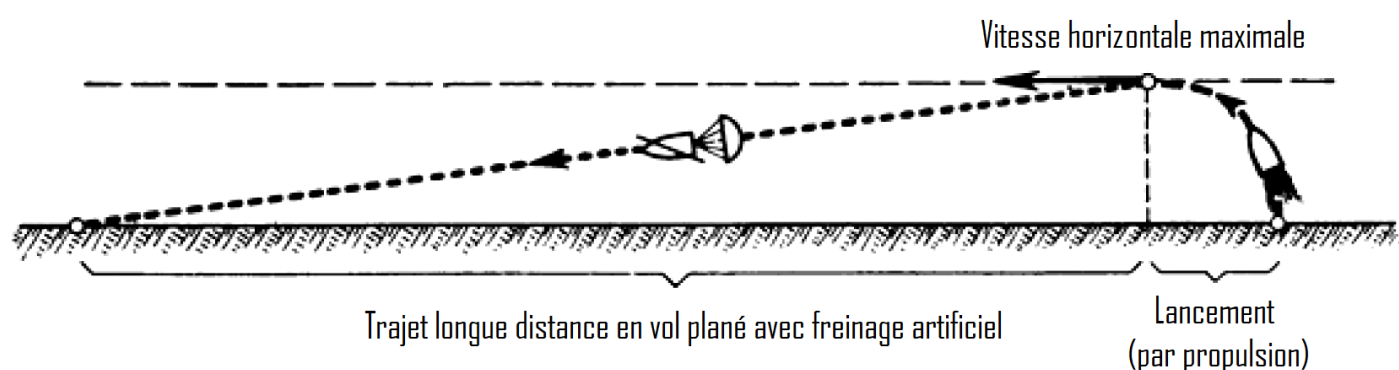


Fig. 52. La vitesse de déplacement moyenne la plus élevée est atteinte lorsque la vitesse horizontale maximale est choisie si élevée qu'elle peut juste être freinée si le freinage artificiel est déclenché immédiatement après qu'elle a été atteinte, (dans les schémas fig. 49 à 52, la surface de la Terre apparaîtrait courbée de la même manière que sur la fig. 53 si la représentation était fidèle à la réalité).

La « vitesse maximale horizontale optimale » pour une certaine distance de voyage doit être celle qui est juste suffisante pour couvrir tout le trajet jusqu'à destination en vol plané, sans freinage artificiel important (fig. 50 et 53). De l'avis de l'auteur, cela représente sans doute le mode de fonctionnement le plus avantageux pour un avion-fusée, il s'applique aussi à toutes les distances terrestres, même les plus éloignées, si seulement la vitesse horizontale maximale est convenablement choisie, notamment parce qu'une augmentation de celle-ci entraîne également une diminution de la résistance à l'avancement ; car plus la vitesse horizontale est grande, plus le vol se rapproche d'une orbite libre autour de la Terre, et donc le

véhicule perd du poids par suite d'une plus grande accentuation de la force centrifuge ; mais moins de portance par l'atmosphère est alors nécessaire, de sorte que la trajectoire peut maintenant être située dans des couches d'air plus hautes et moins dense avec moins de résistance - c'est-à-dire ayant un effet de freinage naturel plus faible.

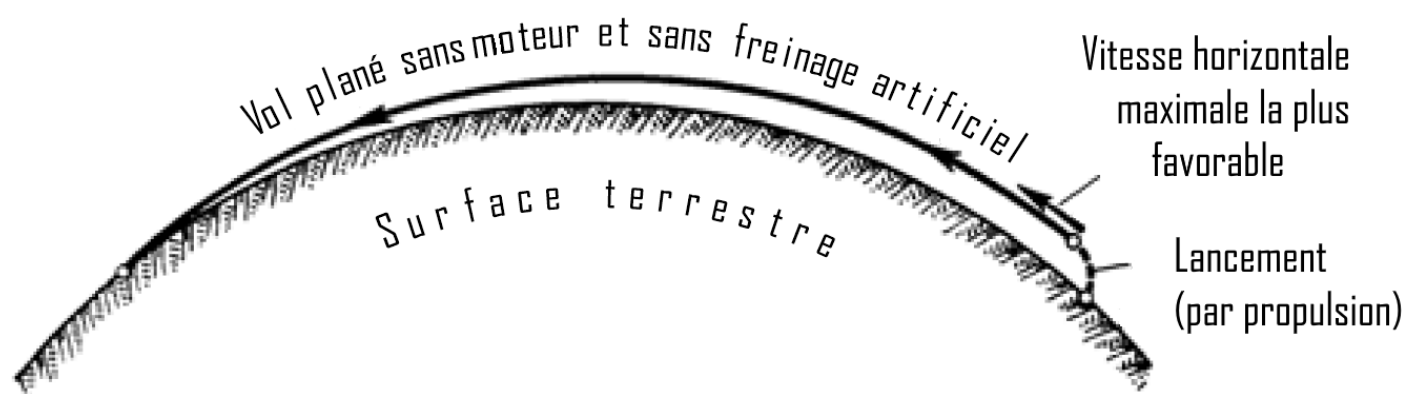


Fig. 53. Manière la plus avantageuse d'exécuter un « vol rapide à vitesse cosmique » : la vitesse maximale horizontale est choisie - en fonction de la distance - si grande (« vitesse maximale optimale ») que l'ensemble du voyage longue distance peut-être effectué en vol plané sans propulsion et sans freinage artificiel (voir schéma fig. 50).

L'intensité de la vitesse maximale horizontale la plus favorable dépend uniquement de la longueur de la distance à parcourir, mais elle ne peut être précisée exactement qu'après avoir étudié les conditions de résistance dans les couches d'air supérieures aux vitesses supersoniques et cosmiques.

Cependant, des vitesses maximales horizontales inférieures, pour lesquelles une partie du parcours devrait être effectuée avec propulsion (précédemment étudiée pour la propulsion au benzène), pourraient parfois entrer en considération. En revanche, il est peu probable qu'elles soient beaucoup plus grandes ; car cela rendrait l'opération très peu économique, du fait de la nécessité de devoir réduire artificiellement une partie importante de l'énergie dépensée par le freinage en parachute.

Mais elles ne seraient probablement même pas nécessaires ! Car même en utilisant les « plus favorables », même à des vitesses maximales horizontales inférieures, toutes les distances possibles sur Terre, même celles jusqu'aux antipodes, pourraient être parcourues en quelques heures seulement.

Outre l'avantage d'une telle vitesse de croisière, qui même pour nos concepts modernes et habitués semble encore incroyable, s'ajoute celui du faible danger d'un vol aussi rapide ; car pendant le voyage longue distance des « dangers extérieurs » imprévus ne peuvent absolument pas survenir : il est pratiquement impossible que des obstacles apparaissent, comme c'est le cas avec tout autre véhicule aérien se déplaçant à une altitude élevée correspondante. Mais il y a aussi les aléas météorologiques, qui peuvent parfois être désastreux pour un trajet aussi particulièrement long (par exemple les traversées océaniques), sont totalement éliminés pour l'avion express pendant tout le trajet longue distance ; parce que la formation des conditions météorologiques est limitée à la partie inférieure de l'atmosphère, jusqu'à environ 10 km d'altitude - la dite « troposphère ». La partie sus-jacente de l'atmosphère - la « stratosphère » - où se déroulerait le transport aérien express, en est complètement exempte. Là, mis à part des courants d'air qui restent toujours constants, il n'y a plus beaucoup de changements atmosphériques.

Si l'on utilise également la « vitesse maximale horizontale la plus favorable » de sorte que ni propulsion ni freinage artificiel ne soient nécessaires pendant le trajet longue distance, alors les dangers « internes », c'est-à-dire ceux inhérents au fonctionnement du véhicule lui-même, sont réduits au minimum. Ils ne peuvent se produire, comme les dangers extérieurs, que pendant la descente et le processus d'atterrissage. Une fois ces derniers maîtrisés avec au moins cette certitude qui est habituelle dans les autres moyens de transport, alors les avions express à réaction

représenteront non seulement les véhicules les plus rapides mais aussi les plus sûrs de notre planète.

Atteindre un tel succès en termes de technologie de transport serait quelque chose de si grand que cela justifierait à lui seul tous les sacrifices que la réalisation de voyages spatiaux peut encore nécessiter. Mais nos concepts de distances terrestres devraient changer de fond en comble si, par exemple, nous pouvions voyager de Berlin à Tokyo ou même faire le tour du monde en une courte matinée ! Ce n'est qu'alors que nous serions autorisés à nous sentir comme les dirigeants de notre Terre, mais en même temps, nous réaliserions vraiment à quel point notre planète d'origine est vraiment petite et le désir ardent augmenterait pour ces mondes lointains que nous ne connaissons que comme des étoiles à ce jour.

Une station dans le vide spatial

Mais jusqu'à présent, nous n'avons pas du tout suivi le but réel du voyage en vaisseau dans l'espace. L'objectif principal en ce sens serait désormais : monter si haut que l'on puisse atteindre la distance correspondante au-dessus de l'atmosphère terrestre dans le vide complet de l'espace, mais sans se détacher complètement de la Terre pour le moment. Rien que cela ouvrirait des possibilités énormes et complètement nouvelles.

Mais ce n'est pas suffisant de pouvoir décoller et atterrir à nouveau. Il devrait être possible de faire diverses observations scientifiques au cours d'un voyage où l'altitude choisie est si grande que le voyage dure des jours ou des semaines ; mais une pleine exploitation des voyages spatiaux ne pouvait être réalisée de cette manière. Ne serait-ce que pour la simple raison que les équipements nécessaires à cela ne peuvent pas être montés en une fois en raison de leur taille, mais seulement montés les uns après les autres, composant par composant et assemblés uniquement en haut.

Cependant, cela suppose de pouvoir rester aussi longtemps qu'on le souhaite à l'altitude atteinte ; semblable à un ballon captif, qui y reste flottant longtemps sans aucune dépense d'énergie, uniquement porté par la flottabilité de l'air. Mais comment cela serait-il possible dans notre cas, à des hauteurs qui atteignent le vide spatial où rien n'existe, où même le soutien de l'air est absent ? Et pourtant ! Même s'il n'y a rien de matériel, il y a toujours quelque chose, et bien plus fiable, de disponible pour nous maintenir là-haut. C'est un phénomène naturel très simple : la force centrifuge dont on a déjà tant parlé.

Déjà dans l'introduction, il a été souligné* que l'on pouvait échapper à l'effet gravitationnel d'un corps céleste non seulement en atteignant la limite pratique de la gravité, mais aussi en passant à une orbite libre ; car dans ce dernier cas l'effet de la gravité est annulé par la seule force centrifuge, fig. 5), de sorte qu'il demeure dans l'état stable de lévitation qui se produit. Cette possibilité devrait maintenant également être utilisée dans le cas présent.

Il s'agit donc non seulement d'atteindre la hauteur souhaitée lors de l'ascension, mais aussi d'atteindre une vitesse de rotation spécifique qui correspond à l'altitude considérée (ou à la distance du centre la Terre), dont l'intensité peut être précisément calculé à partir des lois du mouvement gravitationnel. L'octroi de cette vitesse orbitale, qui ne devrait en aucun cas être supérieure à environ 8 000 mètres par seconde pour la Terre, ne poserait aucune difficulté une fois que nous serons prêts dans l'aboutissement du véhicule spatial capable de monter aussi haut.

Parmi les innombrables orbites libres possibles autour de la Terre, seules celles qui sont au moins approximativement circulaires sont importantes pour notre objectif actuel, et parmi celles-ci, celles dont le rayon

* Voir pages 18 à 21.

(distance du centre de la Terre) est particulièrement intéressant sont de 42 300 km (fig, 54) ; car cela correspond à un temps de rotation associé, qui est tout aussi grand que celui de la rotation de la Terre. Cela signifie, cependant, rien d'autre qu'un corps tourne dans l'une de ces orbites libres autour de la Terre de la même manière que la Terre tourne sur elle-même : à savoir une fois par jour (« orbite géostationnaire »).

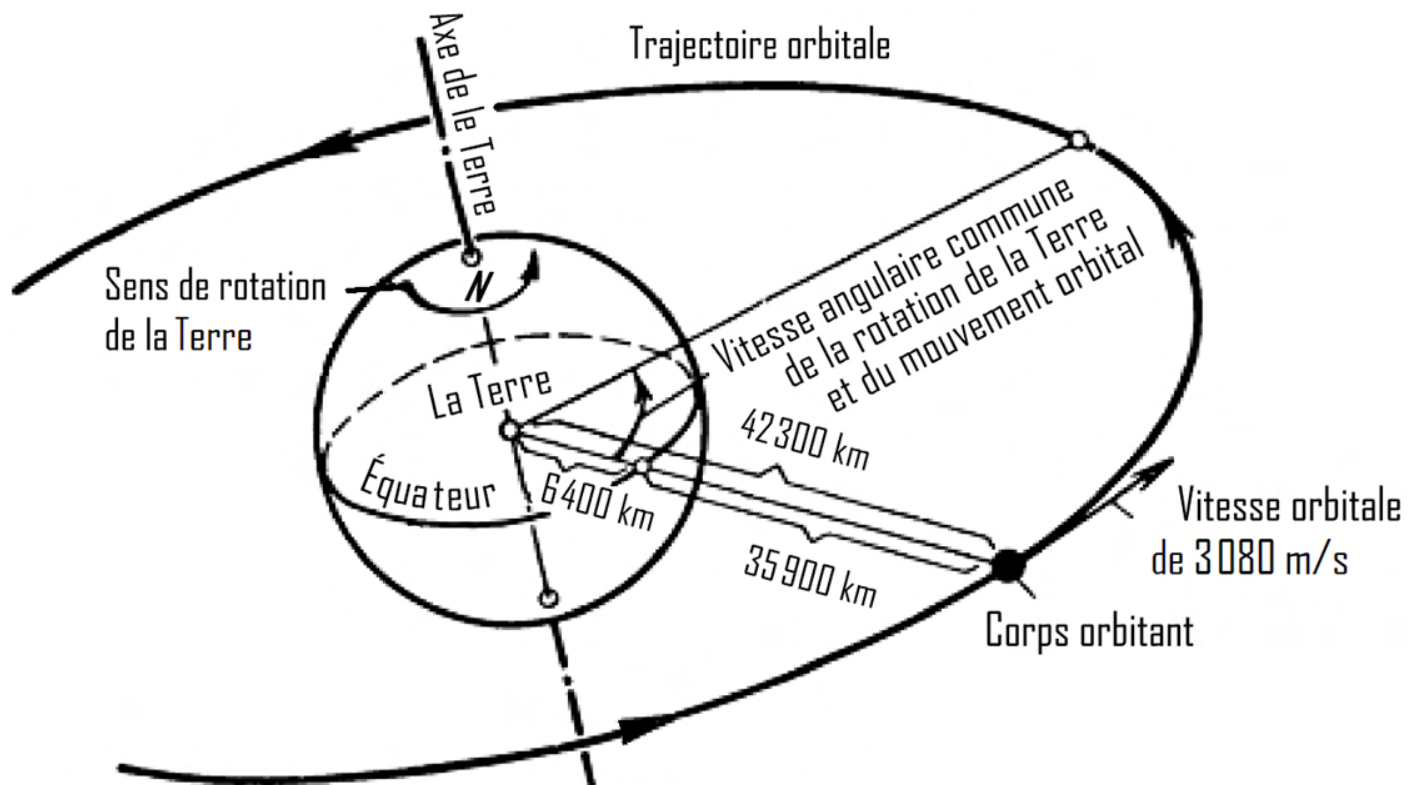


Fig. 54. Tout corps qui orbite autour de la Terre sur une orbite circulaire dans le plan de l'équateur à 42 300 km du centre de la Terre, reste constamment suspendu au-dessus du même point à la surface de la Terre.

Si nous plaçons maintenant ce corps de telle manière que l'orbite se trouve exactement dans le plan équatorial, alors le corps serait toujours au-dessus d'un seul et même point équatorial, c'est à dire à une altitude de 35 900 km au-dessus de la surface de la Terre, comme on peut le voir après avoir pris en considération le rayon terrestre d'environ 6 400 km (fig. 54). Il formerait alors le sommet d'une tour immensément haute, qui

elle-même n'existe pas du tout, mais dont la capacité portante serait remplacée par l'effet de la force centrifuge (fig. 55).

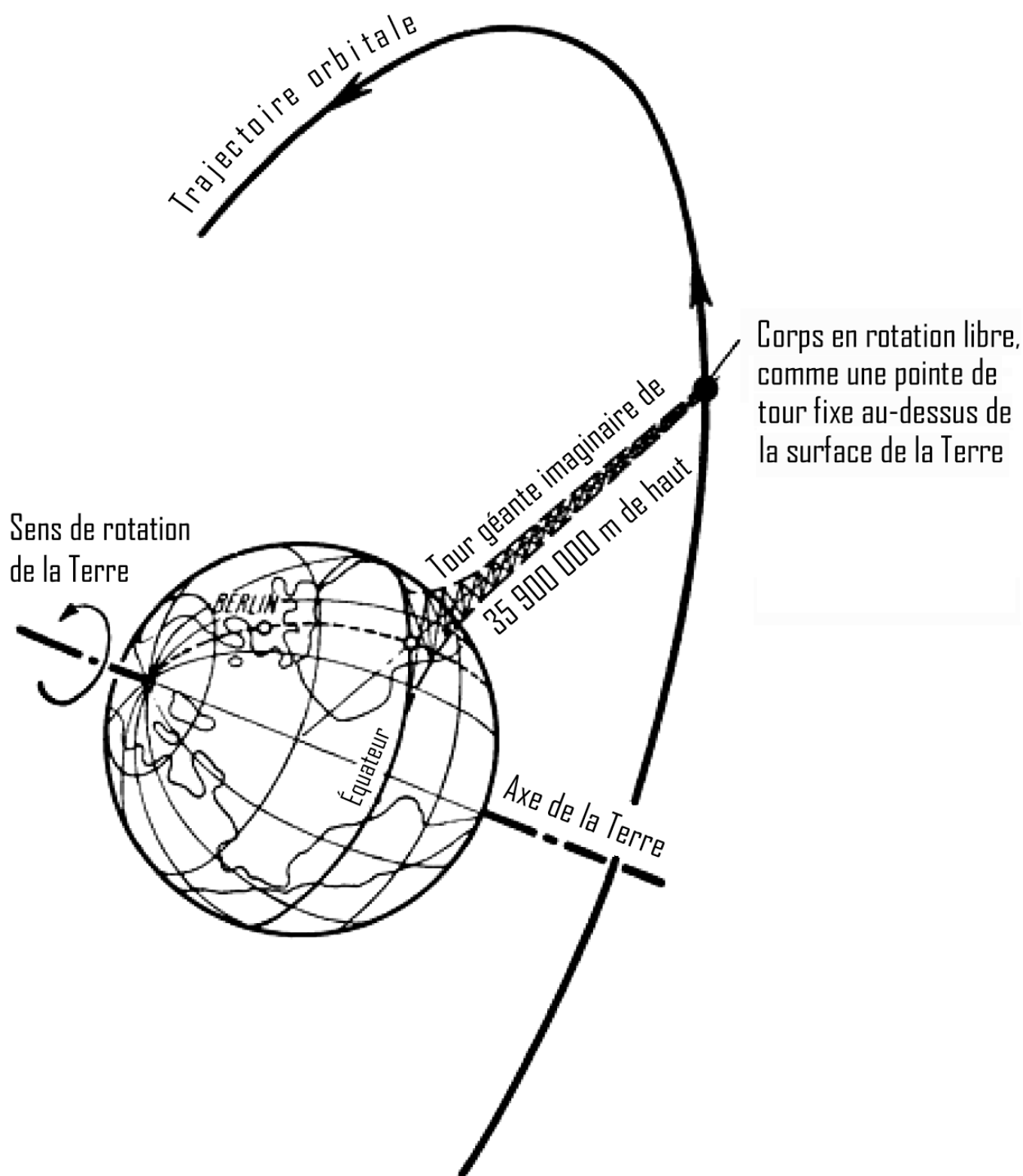


Fig. 55. Un corps en orbite autour de la Terre comme le montre la fig. 54 se comporte comme s'il formait le sommet d'une immense tour (bien sûr seulement imaginaire) de 35 900 000 mètres de haut.

Ce « sommet de tour » suspendu pourrait être maintenant construit jusqu'à n'importe quelle dimension et aménagé de manière appropriée. Il en résulterait une construction qui ferait partie intégrante de la Terre, qui resterait même en permanence dans une position immuable par rapport à elle, mais qui se trouverait déjà bien au-dessus de l'atmosphère dans le vide de l'espace : une station à une « altitude de 35 900 000 mètres au-dessus du niveau de la mer ». Si l'on installait cette « station spatiale », par exemple au méridien de Berlin, elle serait constamment visible depuis là, à l'endroit du ciel où se trouve le Soleil vers la mi-octobre à midi.

Cependant, si l'on voulait que la station spatiale se situe au dessus d'un point différent de la Terre au lieu d'un point sur l'équateur, alors il faudrait renoncer à pouvoir la maintenir dans une position inchangée par rapport à la surface de la Terre ; car cela exigerait de donner au plan de son orbite un angle d'inclinaison correspondant par rapport au plan équatorial, mais cela aurait comme conséquence qu'au cours de la journée il varierait plus ou moins profondément du zénith à l'horizon, en fonction de la grandeur de cet angle d'inclinaison. Néanmoins cet inconvénient pourrait être en partie compensé par la mise en place non pas d'une mais de plusieurs stations pour un lieu précis ; avec un choix d'inclinaison d'orbite correspondant, il serait alors possible de s'assurer que l'une des stations spatiales soit toujours située près du zénith de l'emplacement considéré.

Enfin, on pourrait également envisager le cas particulier d'une orbite ayant un plan perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre, comme le suggère Oberth, ou perpendiculaire à celui de l'équateur terrestre.

De même, la taille (le diamètre) de l'orbite pourrait bien sur être choisie différemment de ce qui a été fait dans le cas présent dans le but d'atteindre une orbite stationnaire ; comme par exemple si pour des raisons d'économie d'énergie l'orbite doit s'établir à une plus grande distance de la Terre et/ou plus près de celle-ci (base de transport, voir pages suivantes),

et/ou qu'un changement constant de l'orientation de la station spatiale par rapport à la surface de la Terre serait particulièrement souhaitable (éventuellement pour les miroirs spatiaux, la cartographie, etc., voir pages suivantes).

Comment se déroulerait la vie dans une station spatiale, à quoi pourrait-elle servir et comment devrait-elle être conçue et aménagée en conséquence ? Au cœur de ces questions se trouvent les conditions physiques particulières qui y règnent : l'apesanteur et le vide d'air.

La nature de la gravité et son influençabilité

Les forces dites de masse* ont déjà été évoquées et il a été montré qu'on en distinguait différents types : la gravité, la résistance inertielle et, comme cas particulier de cette dernière, la force centrifuge. Maintenant, nous devons traiter d'un peu plus près leurs natures.

Il s'agit en effet de forces qui n'agissent pas, comme les autres forces mécaniques, seulement en des points particuliers de la surface d'un corps, mais qui agissent simultanément en tous les points, y compris ceux situés dans son intérieur. Étant donné que cette particularité est commune à toutes les forces de masse, elle est dans son effet pratique indifférente au type de force de masse. Elle s'exprimera toujours sur un corps de la même manière que la gravité, et nous la ressentirons en tout cas de la même manière que la sensation bien connue de « pesanteur », qu'il s'agisse de la gravité, de la résistance inertielle, de la force centrifuge ou de la résultante de plusieurs de ces forces. En raison de cette similitude complète de l'effet, il est possible que les différents types de forces d'inertie puissent à la fois se renforcer et s'affaiblir ou même s'annuler complètement.

* Voir pages 13 à 16.

Nous avons déjà pris connaissance d'un exemple d'occurrence de renforcement mutuel des forces de masse lors d'une étude sur l'ascension de fusées spatiales*. Dans ce cas, tant que la propulsion est active, la force gravitationnelle est augmentée de la résistance inertielle ainsi créée, qui se manifeste concrètement par une augmentation temporaire du poids (fig. 22).

Mais même dans des conditions terrestres normales l'état de gravité accrue peut être généré, et pour n'importe quelle durée. À savoir si la force centrifuge est utilisée pour cela. Les applications techniques de cette dernière ont lieu par exemple dans les différents types de centrifugeuses et pourrait également être réalisé à grande échelle à l'aide de carrousels spécialement construits (fig. 56) ou, mieux encore, avec des centrifugeuses géantes spécialement construites (fig. 57 et 58). Avec un nombre de révolutions correspondant élevé, une multiplication très significative de l'effet gravitationnel pourrait également être obtenue de cette manière.

D'autre part, une réduction ou une suppression plus durable de la gravité, c'est-à-dire la création d'un état permanent d'apesanteur dans des conditions terrestres, n'est pas possible : car - il convient de le souligner à nouveau - la gravité ne peut être annulée qu'en y opposant une autre force de masse de même intensité. Ainsi, en soutenant un corps on peut l'empêcher de tomber (suite à la gravité), mais on ne peut pas soulever son poids, ce qui prouve la persistance de sa pression sur le support. Même la tentative de soustraire un corps à l'influence de la gravité, par exemple en modifiant sa structure matérielle, est probablement vouée à l'échec à jamais.

* Voir pages 49 à 50.

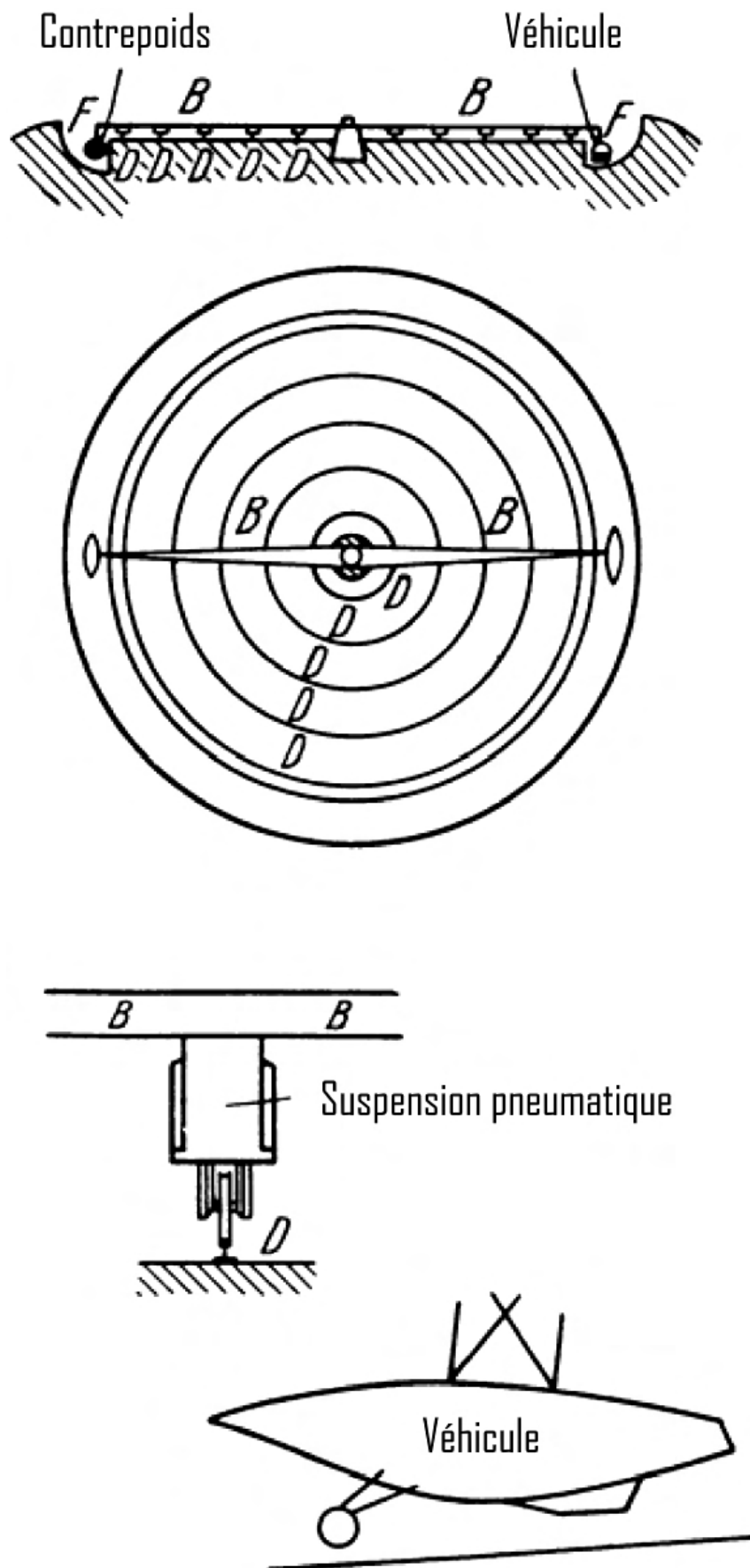


Fig. 56. Le carrousel selon Oberth. B. Le bras transversal. D. Les pistes. Comme la centrifugeuse de la fig. 57, le carrousel est conçu pour créer artificiellement un état de gravité accrue dans le but de réaliser des expériences physiologiques.

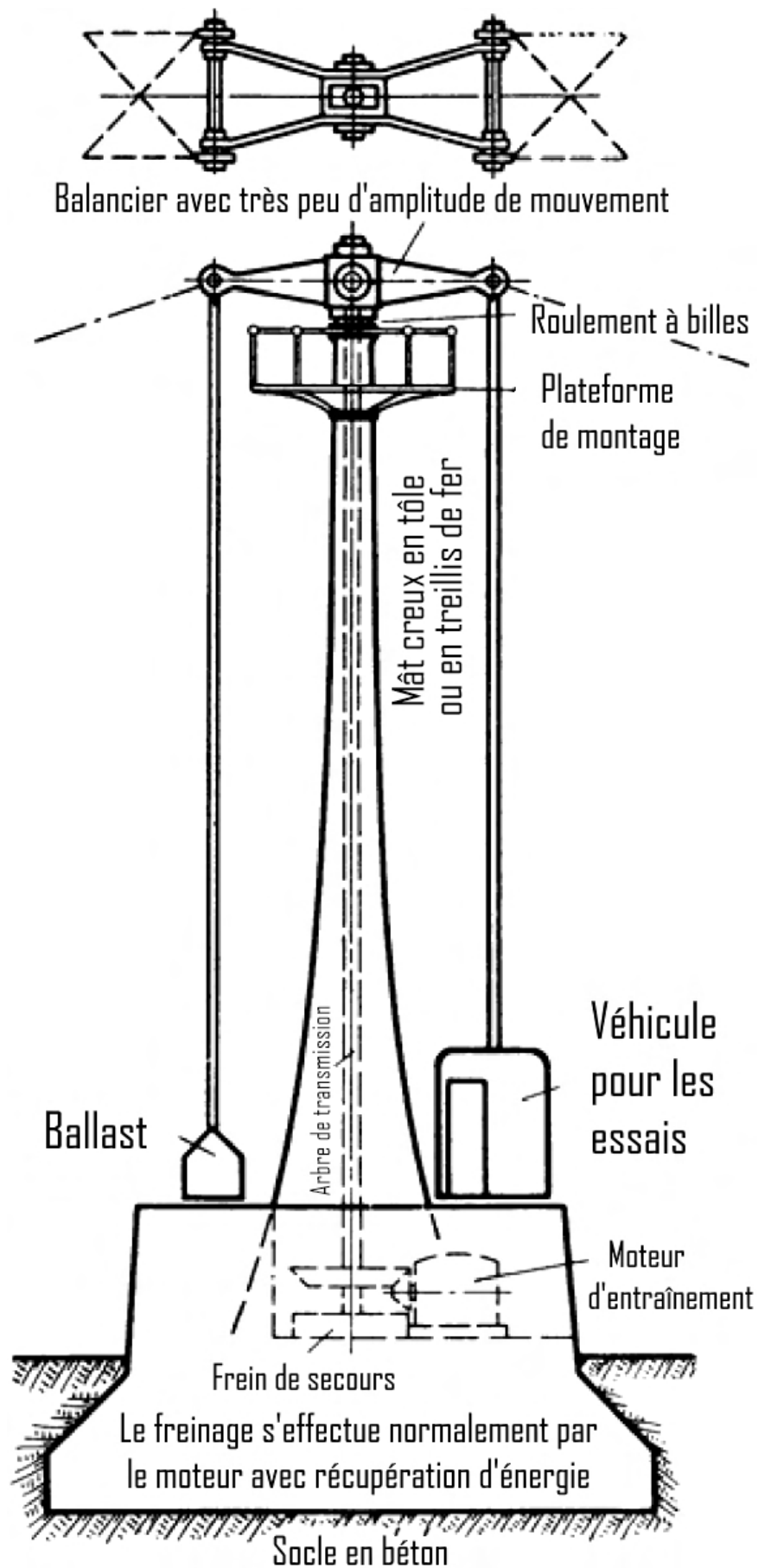


Fig. 57. La centrifugeuse géante selon la suggestion de l'auteur. Comme le carrousel de la fig. 56, la centrifugeuse est conçue pour créer artificiellement un état de gravité accrue dans le but de réaliser des expériences physiologiques.

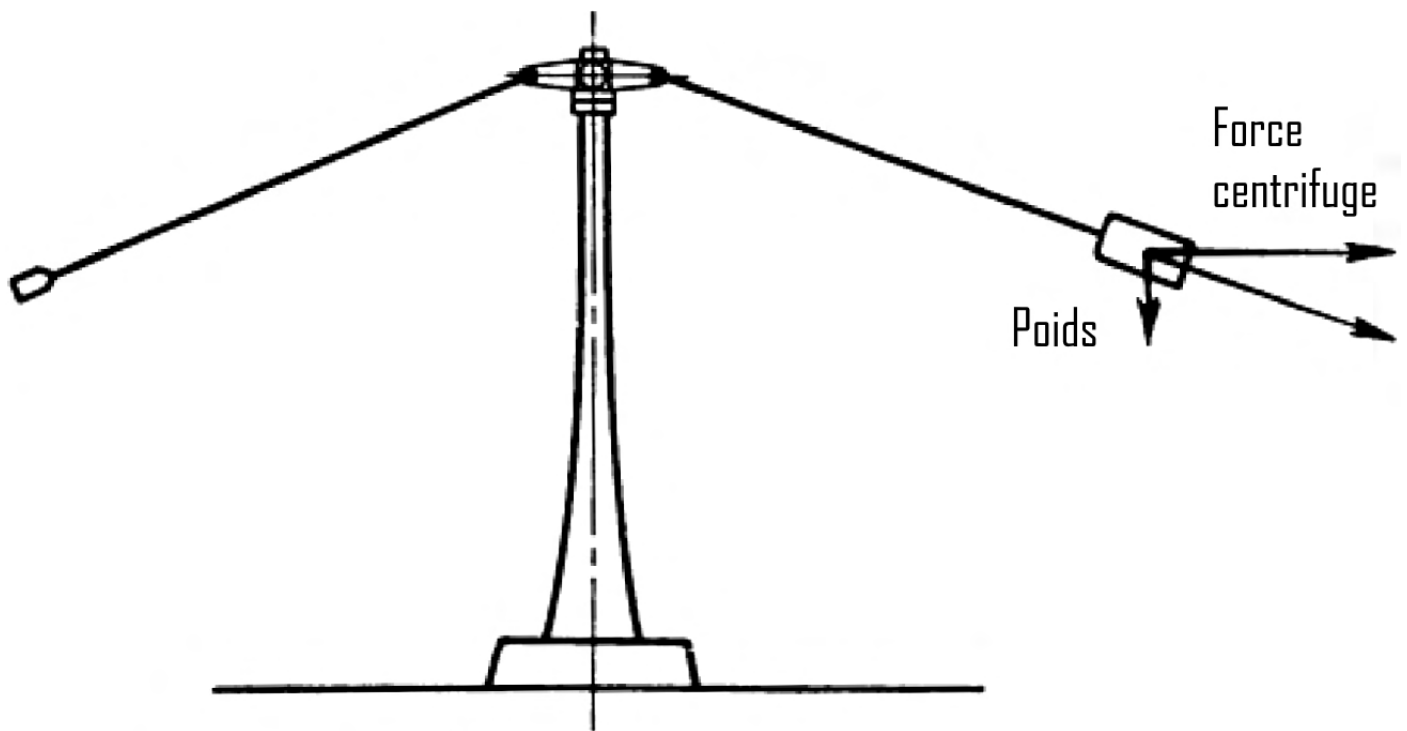


Fig. 58. La centrifugeuse géante en fonctionnement.

Or, à la surface de la Terre il n'y a pas de force de gravité externe suffisamment forte, et des forces centrifuges ne peuvent pas non plus être suscitées dans un corps de telle manière qu'il soit mis dans un état d'apesanteur observable sous l'effet de ces forces.

Mais il est également possible sur Terre - mais seulement pour une courte période de temps - de neutraliser la force de gravité au moyen de la troisième force de masse, à savoir au moyen de la force d'inertie. Chaque jour, nous pouvons faire l'expérience de ce genre d'apesanteur en nous-mêmes ou l'observer à travers d'autres corps, notamment dans l'état de chute libre. Le fait qu'un corps tombe ne signifie rien d'autre qu'il est déplacé par son poids vers le centre de la Terre, avec une accélération (de ce que l'on sait être de $9,81 \text{ m/sec}^2$), qui est tellement grande que la résistance inertielle ainsi créée dans le corps annule simplement le poids du corps (fig. 59) ; car s'il en restait, cela se traduirait par une augmentation correspondante de l'accélération et donc de la résistance inertielle (qui contrecarre ici la gravité).

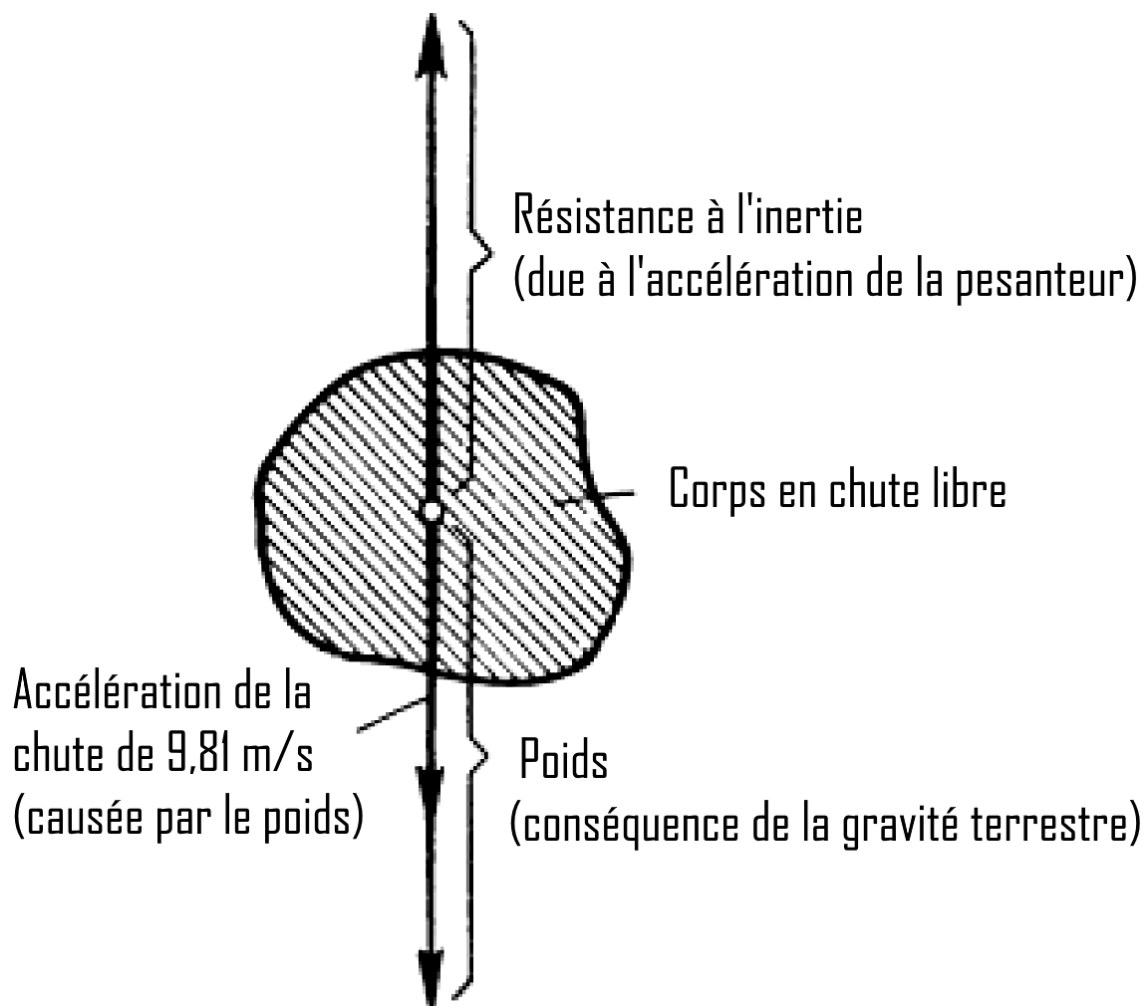


Fig. 59. Jeu de forces sur un corps en chute libre.

En chute libre, même lors d'un saut, nous sommes donc en apesanteur. Ainsi, la sensation que nous éprouvons est celle de l'apesanteur ; le comportement que l'on observe durant la chute libre d'un corps se manifesterait également dans un état d'apesanteur produit d'une autre manière. Et comme la chute ne peut durer que quelques instants pour ne pas conduire à l'anéantissement (le plus longtemps lors de sauts en parachute, sauts à ski, etc.), l'état d'apesanteur sur Terre ne peut se produire que pour un temps très court. Malgré cela, Oberth a pu réaliser des expériences très intéressantes à partir desquelles des conclusions peuvent être tirées sur le comportement des différents corps et le déroulement des phénomènes naturels en état d'apesanteur.

Toutefois la situation au cours des voyages spatiaux se présente complètement différemment. Non seulement la chute libre peut y durer des jours et des semaines, mais il serait également possible ici de soustraire définitivement un corps à l'effet de la gravité, comme déjà mentionné au début* : à l'aide de la contre force d'inertie générée par le mouvement orbital libre, en particulier la force centrifuge. D'après ce qui a été dit précédemment, la station spatiale en fait usage. Il s'ensuit que celle-ci se trouve dans un état d'absence totale de gravité, qui dure indéfiniment (« l'état de lévitation stable »).

Les effets de l'apesanteur sur l'organisme humain

Comment l'absence de gravité affecte-t-elle l'organisme humain ? L'expérience de la chute libre montre qu'un bref état d'apesanteur n'est pas nocif pour la santé. Mais on ne peut pas prédire avec certitude si cela s'appliquerait également dans le cas d'une absence permanente de gravité, car personne n'a jamais rien vécu de tel. Mais on peut le supposer avec la plus grande probabilité, au moins sous l'aspect physiologique ; car toutes les fonctions corporelles sont réalisées par des forces musculaires ou osmotiques et ne nécessitent donc pas l'aide de la gravité. En effet, tous les processus vitaux s'avèrent totalement indépendants de la position du corps et se déroulent aussi bien en position debout qu'en position allongée ou toute autre position.

Ce n'est que si l'on reste très longtemps en état d'apesanteur qu'il y aurait peut-être des dommages, dans la mesure où d'importants groupes musculaires s'atrophieraient à la suite d'une inutilisation prolongée et ne fonctionnerait donc pas si la vie devait se dérouler à nouveau dans des

* Voir pages 18 à 20.

conditions normales de gravité (par exemple, après le retour sur Terre). Mais il est probable que cela pourrait être contré avec succès par un exercice musculaire systématique, outre le fait qu'il serait également possible de prendre des précautions techniques appropriées pour tenir compte de ce fait, comme nous le verrons plus loin.

Probablement le seul organe qui serait affecté par l'absence de gravité est l'organe d'équilibre de l'oreille interne. Cependant, cela n'est alors plus nécessaire de la même manière que d'habitude ; parce que la notion d'équilibre cesse d'exister dans un état d'apesanteur. Nous avons alors la même sensation dans toutes les positions du corps ; « dessus » et « dessous » (relatif à l'environnement) perdent leur sens habituel ; le sol, le plafond et les murs d'une pièce ne diffèrent plus les uns des autres.

Cependant, l'impression de ces circonstances tout à fait inhabituelles est susceptible, du moins au début, de causer de graves dommages mentaux. De plus, il y a l'influence directe exercée sur le système nerveux par l'état d'apesanteur. Les impressions sensorielles les plus importantes qui y sont associées sont : l'influence déjà mentionnée sur l'organe de l'équilibre, la cessation de la perception d'une pression d'appui contre le corps et certaines modifications des sensations musculaires et articulaires.

Jusqu'à présent nous n'avons connu ce complexe de sensations qu'à partir de l'état de chute libre, puisque comme déjà mentionné, dans des conditions terrestres nous ne pouvons faire l'expérience d'être libéré de la gravité qu'en tombant ; par conséquent, nous ressentirons involontairement l'anxiété associée à la chute, ainsi que tous les autres états d'esprits suscités par cette situation extraordinaire, lorsque la sensation de lourdeur cessera, même si la perte de poids ne se fait pas par la chute, mais d'une autre manière (comme par exemple dans la station spatiale par l'effet de la force centrifuge).

Cependant, d'après les expériences faites jusqu'à présent (aviateurs, sauteurs à ski, etc.), on peut s'attendre à ce que l'accoutumance permette de supporter sans problème l'état d'apesanteur, y compris sur le plan psychique, et ce d'autant plus facilement que l'on se familiarise avec le fait que « apesanteur » et « chute » ne sont pas forcément liés. On peut même supposer qu'en cas de disparition progressive de la sensation de pesanteur, le sentiment d'angoisse disparaît complètement.

Oberth a traité toutes ces questions en détail. À l'aide de ses résultats, nous pouvons résumer : Alors que d'un point de vue physique l'apesanteur pourrait presque certainement être endurée pendant longtemps sans dommages importants, même si ce n'est peut-être pas indéfiniment, cela ne peut pas être affirmé avec certitude d'un point de vue mental, mais l'on peut supposer que ce sera probable. Le cours des impressions mentales devrait vraisemblablement être le suivant : Initialement, du moins lorsque l'apesanteur survient rapidement et soudainement, un sentiment d'anxiété ; Le cerveau et les organes sensoriels travaillent d'une intensité extraordinaire, toutes les pensées sont strictement factuelles et sont saisies rapidement et avec une logique pointue ; le temps semble ralentir ; une insensibilité particulière à la douleur et aux sentiments de déplaisir s'installe. Plus tard, ces symptômes disparaissent et il ne reste qu'une certaine sensation de vitalité et de fraîcheur accrues, peut-être similaire à celle après avoir pris un médicament stimulant les nerfs, jusqu'à ce que finalement, après une longue période d'adaptation, l'état mental redevienne complètement normal.

Le comportement physique des corps en l'absence de gravité

Pour pouvoir se faire une idée des conditions physiques générales qui prévalent en état d'apesanteur, il faut retenir : la force de gravité terrestre, qui attire toutes les masses vers le sol et les ordonne ainsi selon certaines lois, n'est plus efficace. Par conséquent, les corps se déplacent en ligne droite en suivant presque uniquement la loi de l'inertie (moment d'inertie) dans leur direction de mouvement aléatoire aussi longtemps qu'aucune résistance ne les entrave. Et ils s'ordonnent uniquement en fonction des forces (moléculaires, électriques, magnétiques, d'attraction de masses et autres) agissant entre eux, en eux et qui sont dues aux corps eux-mêmes.

Mais ces conditions extraordinaires doivent avoir pour résultat que tous les corps montrent un comportement complètement différent et que par conséquent, nos propres actions et omissions se développeront d'une manière complètement différente de la précédente.

La locomotion humaine ne peut plus se faire en « marchant ». Les pieds ont perdu leur fonction habituelle. En l'absence de poids, il n'y a pas de frottement sous les semelles ; celles-ci sont beaucoup moins adhérentes au sol, encore moins que sur la surface de glace la plus lisse. Pour se déplacer, il faut soit se tirer le long d'une surface avec les mains (fig. 60, z), pour cela les murs de la station spatiale devraient être équipés de poignées appropriées (par exemple des élingues similaires à celles des voitures de tramway) (fig. 60 et 61), ou alors on pousse en direction d'un endroit visé et lévite vers lui (fig. 60, a).

Il peut être difficile pour le novice de contrôler ses forces de manière appropriée. Mais c'est nécessaire ; car comme on frappe aussi le mur opposé de la pièce avec toute la force de la répulsion, trop de zèle dans ce cas peut très facilement conduire à des bosses douloureuses. Pour cette

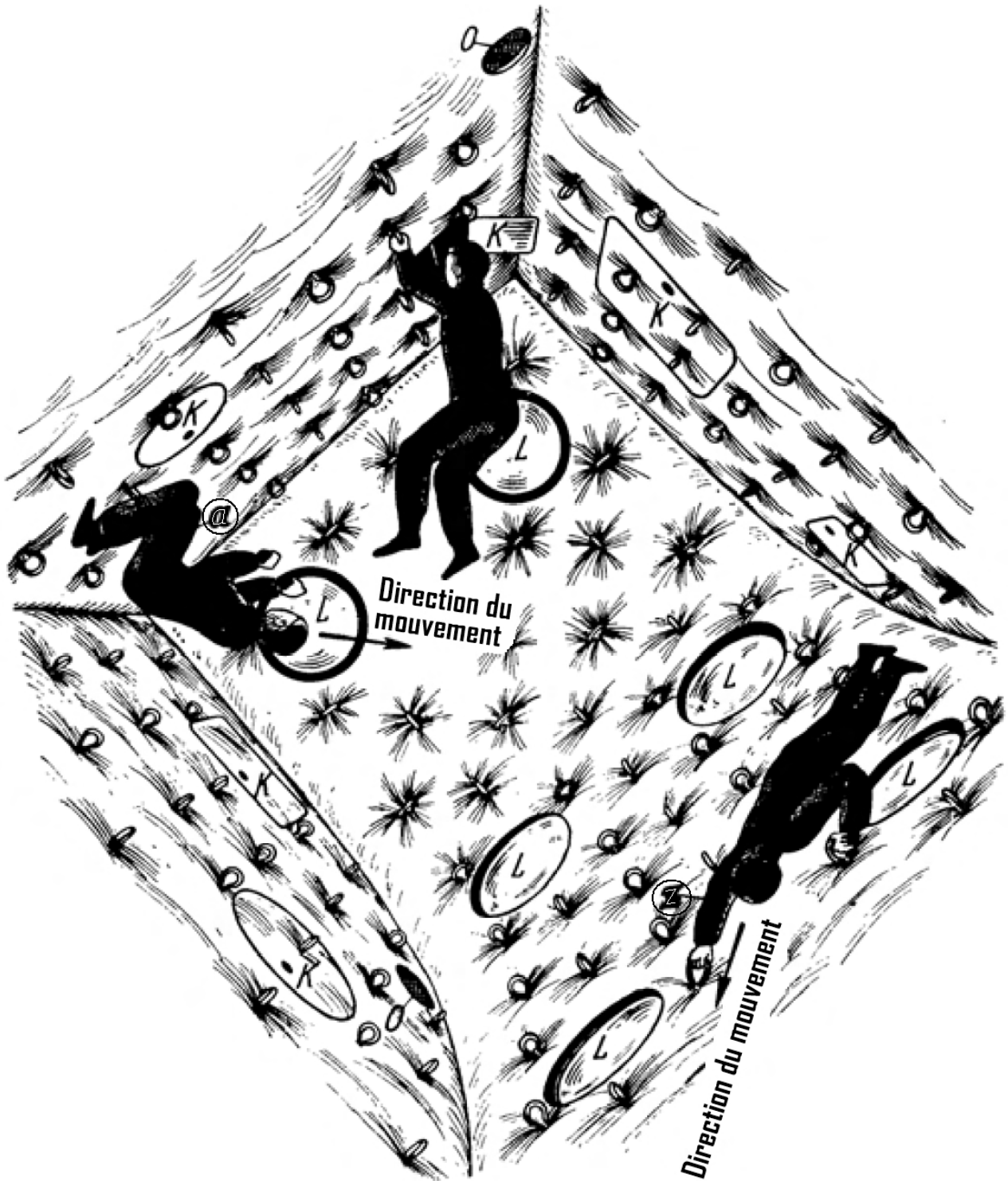


Fig. 60. Une chambre de la station spatiale, dans laquelle prévaut l'état d'apesanteur et qui est équipée en conséquence : les murs sont entièrement rembourrés et munis de boucles de préhension. Aucun objet détaché n'est présent.

K...Des coffres verrouillables pour ranger les objets usuels et autres.

L....Des ouvertures pour l'entrée de la lumière (voir pages 155, 156).

Q...Des ouvertures du conduit d'aération (voir pages 157, 158).

z....Locomotion de la personne par traction.

a....Locomotion de la personne par poussée.

raison, les murs et en particulier tous les coins et angles des pièces utilisées par l'homme devront être entièrement rembourrés.

Mais la répulsion peut également mettre la vie en danger si elle n'a pas lieu dans une pièce fermée mais à l'extérieur, p. ex. si vous êtes (en combinaison spatiale, voir pages suivantes) à l'extérieur de la station spatiale ; car si l'on a négligé de prendre les mesures de précaution appropriées et que l'on a manqué sa cible en poussant, alors on continue de flotter : sans fin dans le vide mortel de l'espace. En contrepartie du danger terrestre de « tomber dans les profondeurs », il y a maintenant la menace possible non moins effrayante « d'errer dans l'espace ». L'appel : « homme à la mer » s'applique également en l'absence de gravité, mais dans un sens différent.

Puisque les corps ne sont plus pressés sur leur support par leur poids, il ne sert naturellement à rien de « suspendre » ou de « déposer » un objet quelque part à moins de le coller sur son support ou de le maintenir avec des forces magnétiques ou autres. On ne peut donc ranger un corps qu'en le fixant quelque part ou mieux encore, en l'enfermant. Par conséquent, les pièces de station spatiale devraient être équipées de boîtes facilement verrouillables et convenablement fixées aux murs (fig. 60 et 61, K).

Les penderies, casiers et autres ainsi que les tables, dans la mesure où ils sont destinés à être utilisés pour le rangement d'objets, sont donc devenus des meubles inutiles. Mais même les fauteuils, bancs et lits ne peuvent plus remplir leur fonction ; il faudrait s'y attacher pour ne pas s'en éloigner au moindre mouvement et aller flotter dans n'importe quel coin de la pièce. Sans gravité, il n'y a ni « debout », « assis » ou « couché ». Pour effectuer un travail, il est donc nécessaire de s'attacher également au point d'activité : par exemple au dessus de la table si l'on veut écrire ou dessiner (fig. 61). Mais pour dormir, il n'est pas nécessaire de s'allonger d'abord : on peut se reposer dans n'importe quelle position corporelle, dans toutes les parties de la pièce.

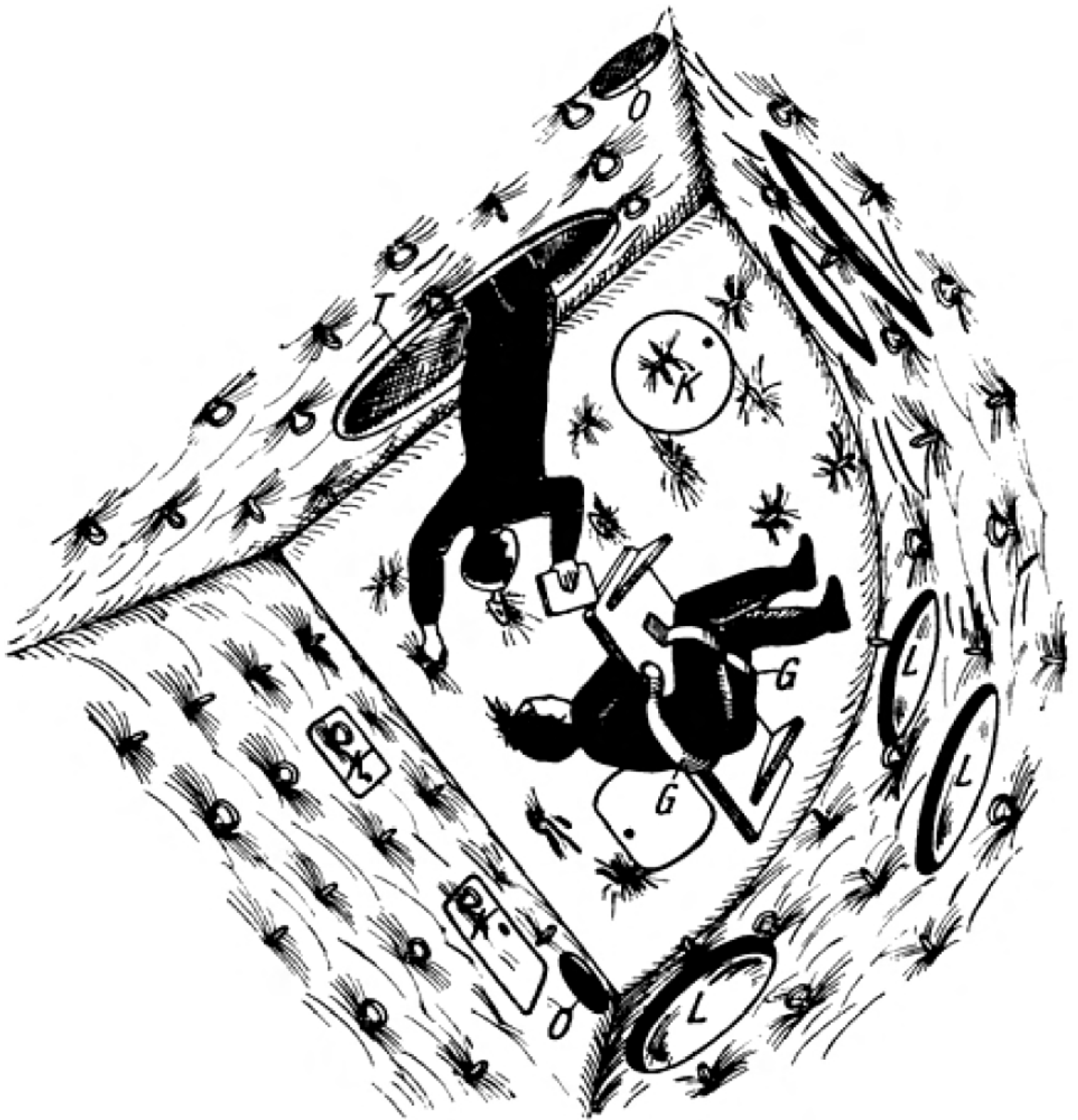


Fig. 61. Effectuer des travaux d'écriture en état d'apesanteur : nous devons nous attacher sur le plan de la table, par exemple avec des lanières en cuir (G), afin de pouvoir rester dessus (sans la tenir). - Un homme flotte depuis la pièce voisine à travers l'ouverture (T) de la porte (ici ronde), apportant quelque chose avec lui.

Mais malgré cette irrégularité dans le comportement physique des corps en mouvement libre due à l'absence de gravité, la manière dont ils s'immobilisent maintenant n'est pas tout à fait arbitraire : parce que la loi

générale d'attraction des masses s'applique également à la station spatiale elle-même et fait que toutes les masses sont attirées vers le centre de gravité commun. Cependant - en raison de la masse totale relativement peu importante - avec une accélération si faible qu'il faut des heures pour couvrir une distance d'un mètre seulement. Mais les corps qui ne sont pas fixés finiront par heurter l'un des murs de la pièce, soit à cause de cela ou de tout autre de ses mouvements aléatoires. Puis, soit ils restent immédiatement en contact avec lui, ou, si leur vitesse était suffisamment grande, selon le degré d'élasticité, vont être repoussés encore et encore entre les murs de la pièce en flottant d'avant en arrière jusqu'à ce que leur énergie cinétique ait été progressivement épuisée et qu'ils viennent également se poser sur l'une des parois. Au fil du temps, tous les corps flottant librement dans le volume de la station spatiale viendront donc se placer contre les parois, principalement de manière à se rapprocher le plus possible du centre de gravité commun de la station.

Comme ce processus peut s'étendre sur des heures, oui voire plusieurs jours, et que même un faible courant d'air suffirait à le perturber ou à arracher les corps qui se sont déjà immobilisés mais qui n'adhèrent que très faiblement aux murs et les mélanger à nouveau ; ainsi concrètement parlant, aucune régularité n'est apportée dans le mode de mouvement des masses en apesanteur.

Ce dernier est particulièrement visible lorsqu'il s'agit de corps qui sont entrés en grand nombre dans une pièce. S'ils sont sous forme de poussières, ils peuvent être collectés et éliminés de manière relativement simple, à savoir en filtrant l'air avec des aspirateurs ou des dispositifs similaires. Mais s'ils sont un peu plus gros, par exemple si vous avez été assez négligent pour vider un sac de pommes dans une pièce, alors vous n'auriez pas d'autre choix que de les attraper dans des filets. Tous les corps

doivent être très bien protégés ; parce que le pouvoir ordonnateur de la gravité a cessé de régner : la matière est « déliée ».

Les tissus d'habillement sont désormais également en état de suspension ; parce qu'ils ne « tombent » plus, même s'ils se composent des tissus les plus lourds. Par conséquent, les manteaux, les jupes, les tabliers et autres sont des vêtements inutilisables. Lors des mouvements corporels, ils se disposeraient au hasard dans toutes les directions possibles.

Le comportement des liquides, notamment en état d'apesanteur, est particulier. Comme on le sait, dans des conditions normales, ceux-ci essaient d'atteindre les endroits les plus bas possibles en suivant la gravité et se nichent donc toujours complètement contre la surface respective (le récipient, le sol, etc.). Lorsqu'il n'y a pas de gravité, les particules de masses individuelles peuvent alors suivre leurs forces moléculaires sans entrave et s'organiser selon leurs caractéristiques.

Par conséquent, en état d'apesanteur les liquides prennent une forme indépendante, à savoir la forme géométrique la plus simple, c'est à dire une sphère. La condition préalable à cela, est qu'ils ne soient soumis qu'à leurs forces de cohésion, donc qu'ils ne soient en contact avec aucun corps qu'ils puissent « mouiller ».

On comprend maintenant aussi pourquoi l'eau se forme en gouttes lorsqu'elle tombe : parce que dans cet état, elle est en apesanteur selon ce qui a été dit précédemment, elle prend donc une forme sphérique, qui est déformée en forme de goutte par la résistance de l'air.

Cependant, si le liquide est en contact avec un corps sur lequel il a un effet mouillant, alors en plus de la cohésion il existe également des forces adhésives prédominantes. Le liquide s'efforcera alors de suivre cette dernière et de se répandre le plus possible sur la surface du corps afin de le recouvrir d'une couche plus ou moins épaisse de liquide.

Ainsi, par exemple, l'eau d'une bouteille qui n'est que partiellement remplie ne va pas occuper le fond de la bouteille mais, laissant le milieu vide, va chercher à se répandre sur toutes les parois du récipient (fig. 62). Par contre, le mercure, qui est un liquide non mouillant, va se rouler en boule, s'appliquer sur une paroi du récipient et restera en suspension dans la bouteille (fig. 63).

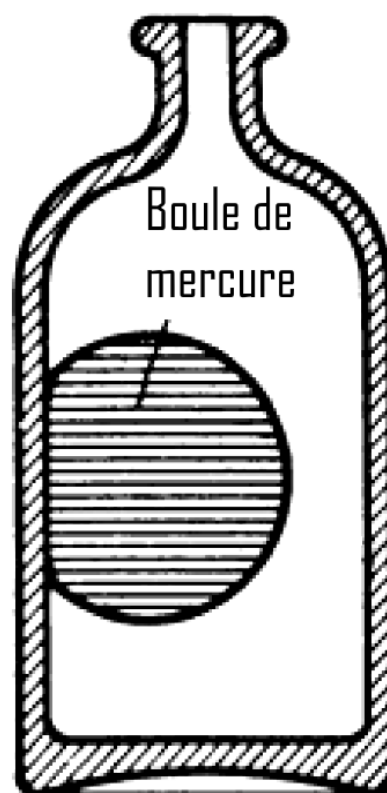
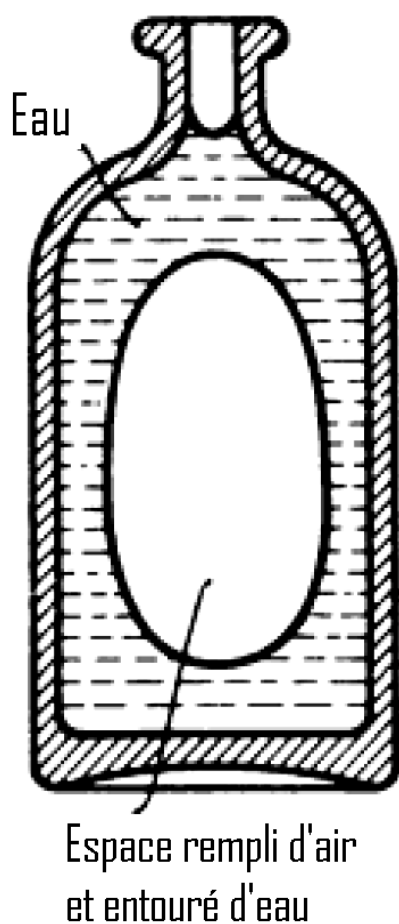


Fig. 62. Répartition de l'eau dans une bouteille partiellement remplie en l'absence de gravité.

Fig. 63. Comportement du mercure dans une bouteille en l'absence de gravité.

Dans les deux cas, la position dans laquelle vous tenez la bouteille n'a aucune importance. Par conséquent, elle ne peut pas être vidée comme d'habitude par simple basculement. Pour cela, il faut :

Soit la tirer rapidement vers l'arrière (c'est-à-dire l'accélérer vers l'arrière, fig. 64)

Soit la pousser en avant dans la direction de l'ouverture d'écoulement et s'arrêter brusquement. Idem pour un mouvement vers l'avant déjà existant (c'est-à-dire décélérer dans un mouvement vers l'avant, également comme fig. 64).

Ou enfin il faut la faire tourner en cercles (fig. 65).

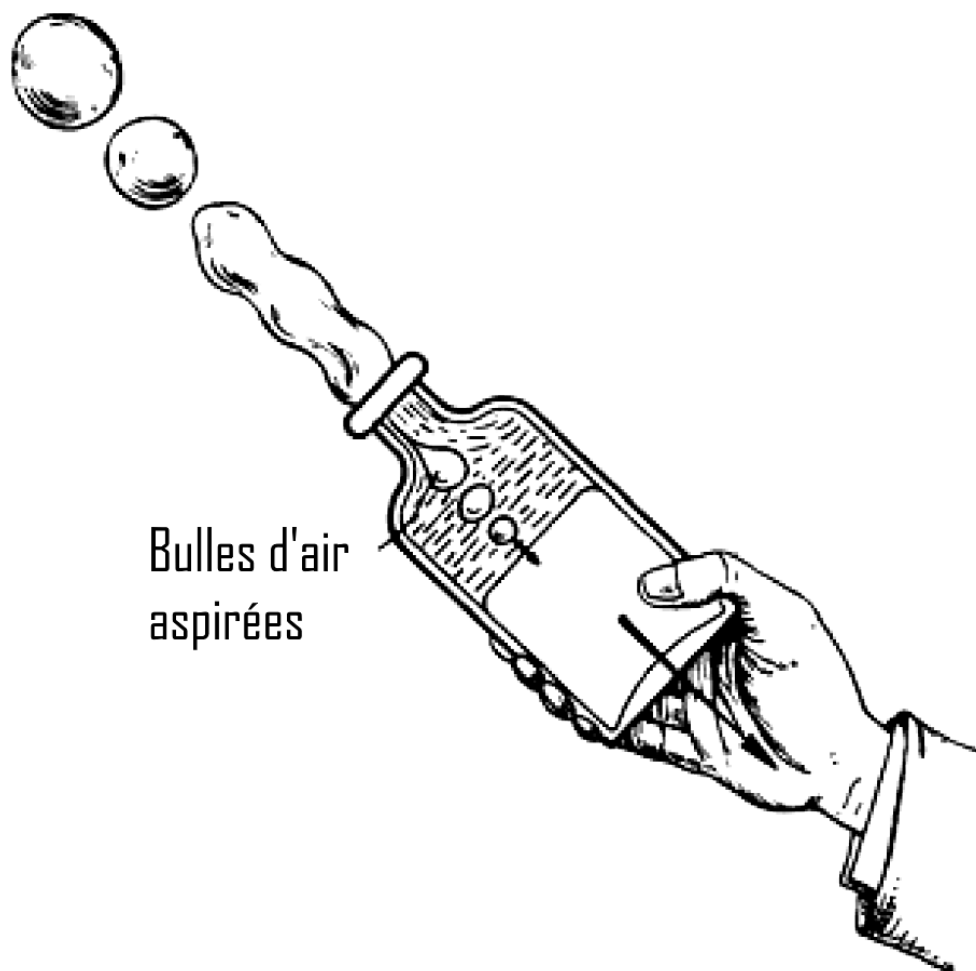


Fig. 64. Vider une bouteille en état d'apesanteur en la tirant vers l'arrière.

Le liquide va alors, du fait de son inertie (qui dans ce dernier cas se manifeste par la force centrifuge) s'écouler hors de la bouteille, aspirant de l'air en même temps (comme le gargouillement du déversement normal d'une bouteille). La condition préalable à cela est cependant que le goulot de la bouteille soit suffisamment large, ou que le mouvement soit effectué avec une force suffisante pour que cette entrée d'air puisse effectivement avoir lieu simultanément contre l'eau qui s'écoule.

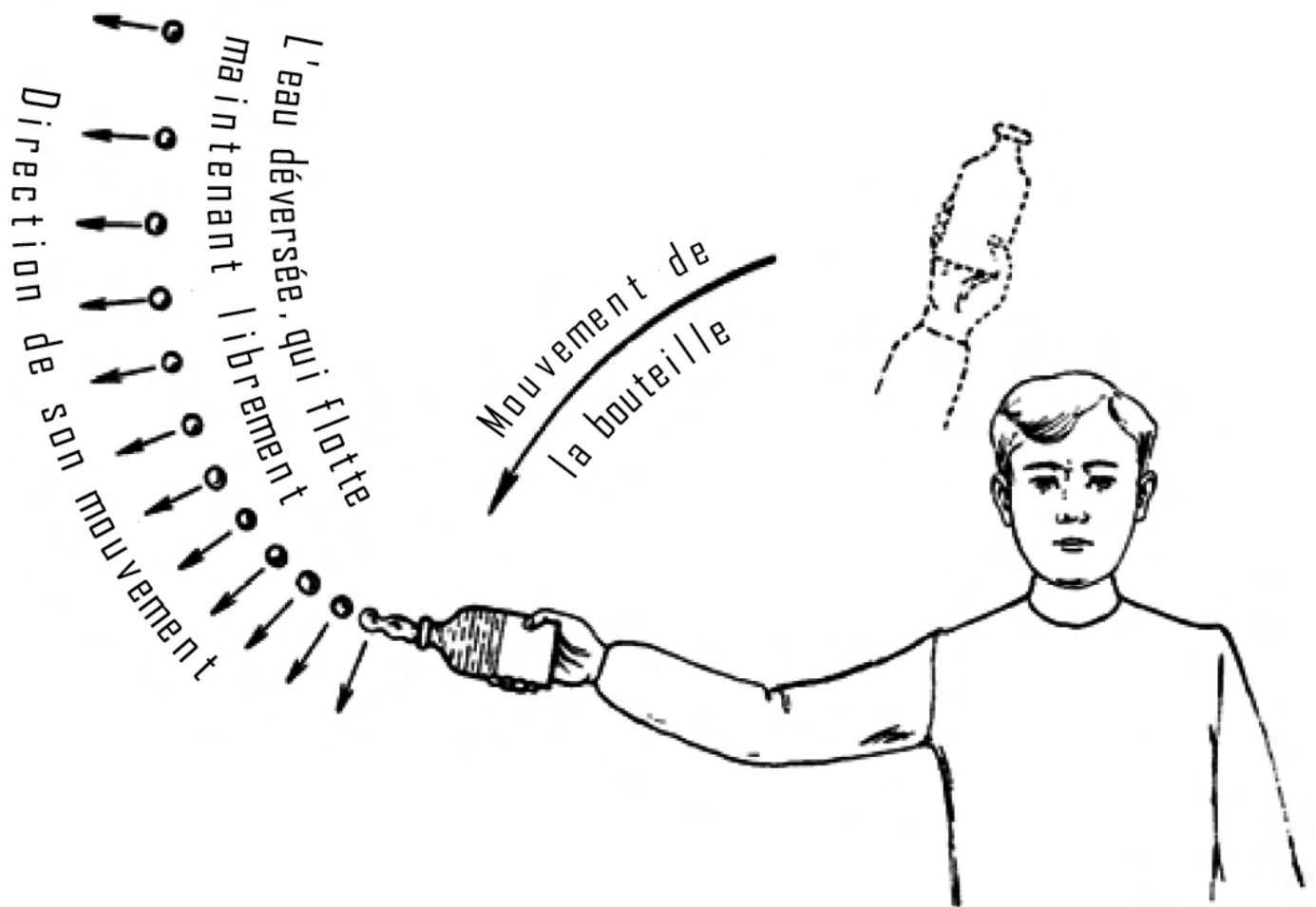


Fig. 65. Agiter une bouteille d'eau en cercle pour la vider en l'absence de gravité, (en réalité, le liquide qui s'écoule ne sera probablement pas dispersé aussi uniformément que sur la courbe de déversement présentée).

[Il est intéressant de noter que la manière décrite de vider une bouteille en la tirant vers l'arrière ou en l'arrêtant en l'absence de gravité n'est en réalité pas différente de la verser en la tenant à l'envers dans l'état normal de gravité. Oui, du fait que ces processus sont même physiquement complètement identiques si l'on effectue le mouvement de recul ou d'arrêt exactement avec l'accélération de la pesanteur (dans notre cas $9,81 \text{ m/sec}^2$) ; car d'après la théorie générale de la relativité, comme on le sait, un système engagé dans un mouvement accéléré ou ralenti est tout à fait équivalent à un champ gravitationnel de même accélération, on peut donc dire que dans le processus de vidange décrit, l'absence de gravité est remplacée par ces forces d'inertie de masse qui sont évoquées dans le sys-

tème : la bouteille et son contenu en la tirant vers l'arrière ou en l'arrêtant.]

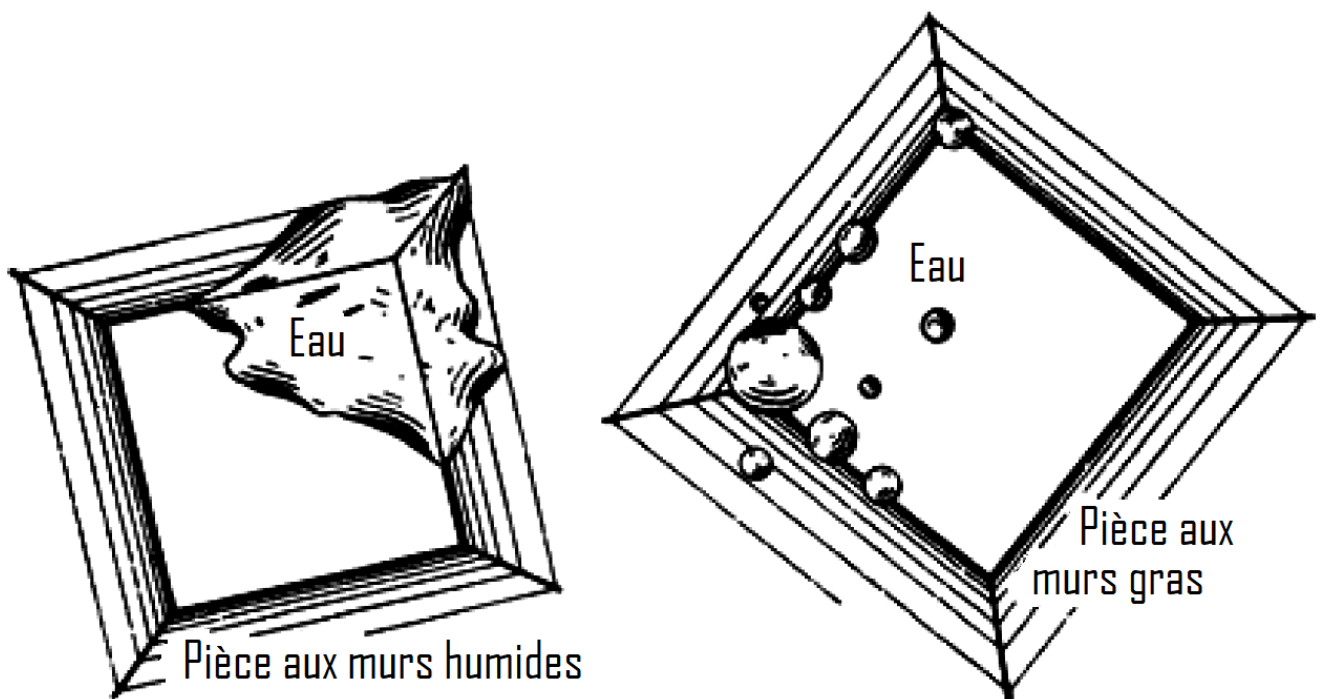


Fig. 66. En l'absence de gravité, l'eau déversée dans une pièce aux parois facilement mouillables (par exemple un peu humides), s'étalerait sur les murs (photo de gauche), et dans une pièce aux murs non mouillables (par exemple grasse), elle s'accumulerait en boules sur les murs (photo de droite).

Après s'être échappé de la bouteille, le liquide se regroupera en une ou plusieurs sphères et continuera à flotter dans la pièce, ce qui ressemblera à des bulles de savon se déplaçant dans l'air. Chacune de ces sphères de liquide flottantes doit finalement heurter l'un des murs de la pièce.

Si elle peut mouiller ce dernier, alors elle essaiera de s'étendre dessus (fig. 66 de gauche).

Mais dans le cas contraire elle se disloquera sous l'effet du choc, un peu comme une goutte de mercure qui éclate en de nombreuses petites sphères qui flotteront le long des murs ou peut-être même librement à travers la pièce, se réunissant en partie et se dispersant à nouveau, jusqu'à ce que leur force d'inertie soit enfin épuisée et que toute la quantité

de liquide s'immobilise alors en une ou plusieurs boules appliquées contre les murs (fig. 66 de droite). (Voir à ce sujet ce qui a été mentionné précédemment à propos des phénomènes dans une bouteille, fig. 62 et 63).

Compte tenu de ce comportement inhabituel des liquides, aucun des récipients usuels tels que bouteilles, verres à boire, casseroles, pichets, évier, etc. ne serait utilisable. Il serait difficile de les remplir. Mais même s'il était possible par exemple de fournir un bain - nous ne pourrions pas l'utiliser ; car en très peu de temps, à notre grande déception, l'eau de la baignoire se serait répandue sur les murs de la pièce ou y adhérerait sous forme de boules.

Seuls des tubes refermables, des ballons en caoutchouc ou des récipients à fond coulissant en forme de piston, semblables à des seringues à main, conviendraient au stockage de liquides (fig. 67) ; car seuls ceux-ci peuvent être facilement remplis (fig. 68) et facilement vidés, en pressant le contenu hors d'eux ou en poussant le piston vers l'avant (fig. 69). Dans le cas des ballons en caoutchouc élastique, qui se remplissent en étirant l'enveloppe, la seule tension de celle-ci suffit à faire sortir le liquide à l'ouverture du robinet (fig. 70).

De tels récipients pressurisés (équipés d'un embout correspondant) devraient désormais également être utilisés pour boire à la place des récipients à boire habituels devenus inutilisables.

Mais aussi les divers ustensiles de table tels que assiettes, bols, cuillères etc. ne pourraient plus être utilisés. Un mouvement négligent : et nous aurions à planer à la poursuite de son contenu éventuellement délicieux à travers la pièce. Consommer de la nourriture ne serait donc possible que de deux façons : soit en la mangeant sous forme solide comme du pain, soit en la buvant à l'état liquide ou pulpeux à l'aide des récipients pressurisés mentionnés auparavant. Le chef devra les livrer préparés en conséquence.

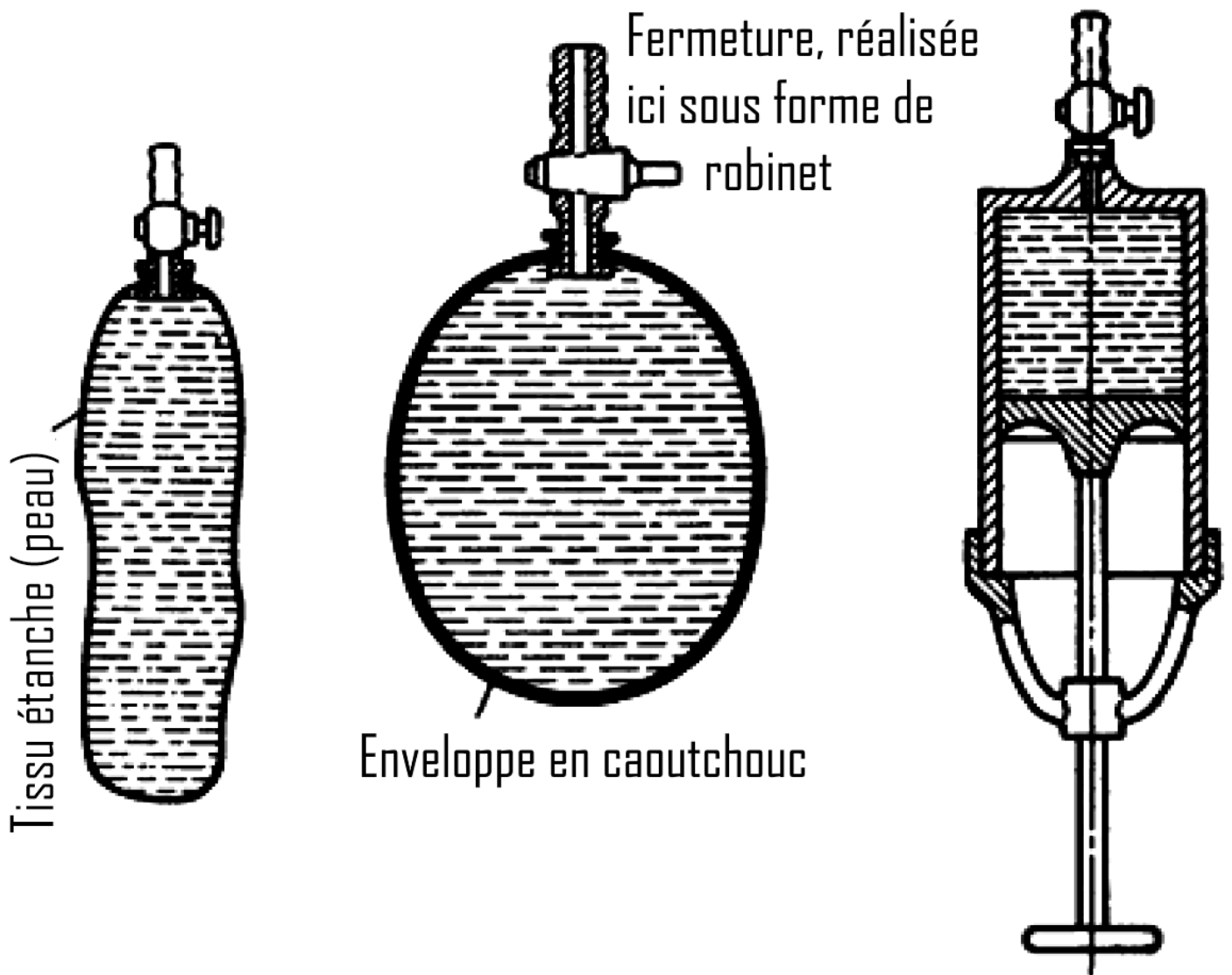


Fig. 67. En l'absence de gravité, les récipients de liquide habituels devraient être remplacés par des tubes flexibles refermables (à gauche), des ballons en caoutchouc (au milieu) ou des récipients en forme de seringue à main (à droite).

Néanmoins ce dernier devra faire face à des difficultés particulièrement importantes dans son travail. En tout cas, même ceux-ci pourraient être surmontés. Par exemple, on pourrait utiliser des appareils de cuisson électriques refermables qui sont maintenus en rotation constante pendant l'utilisation, de sorte que (au lieu de la gravité maintenant manquante) la force centrifuge ainsi générée presse le contenu contre les parois du récipient et d'autres possibilités. Dans tous les cas, cuisiner serait assez inconfortable, mais toujours possible d'une certaine manière, tout comme manger et boire.

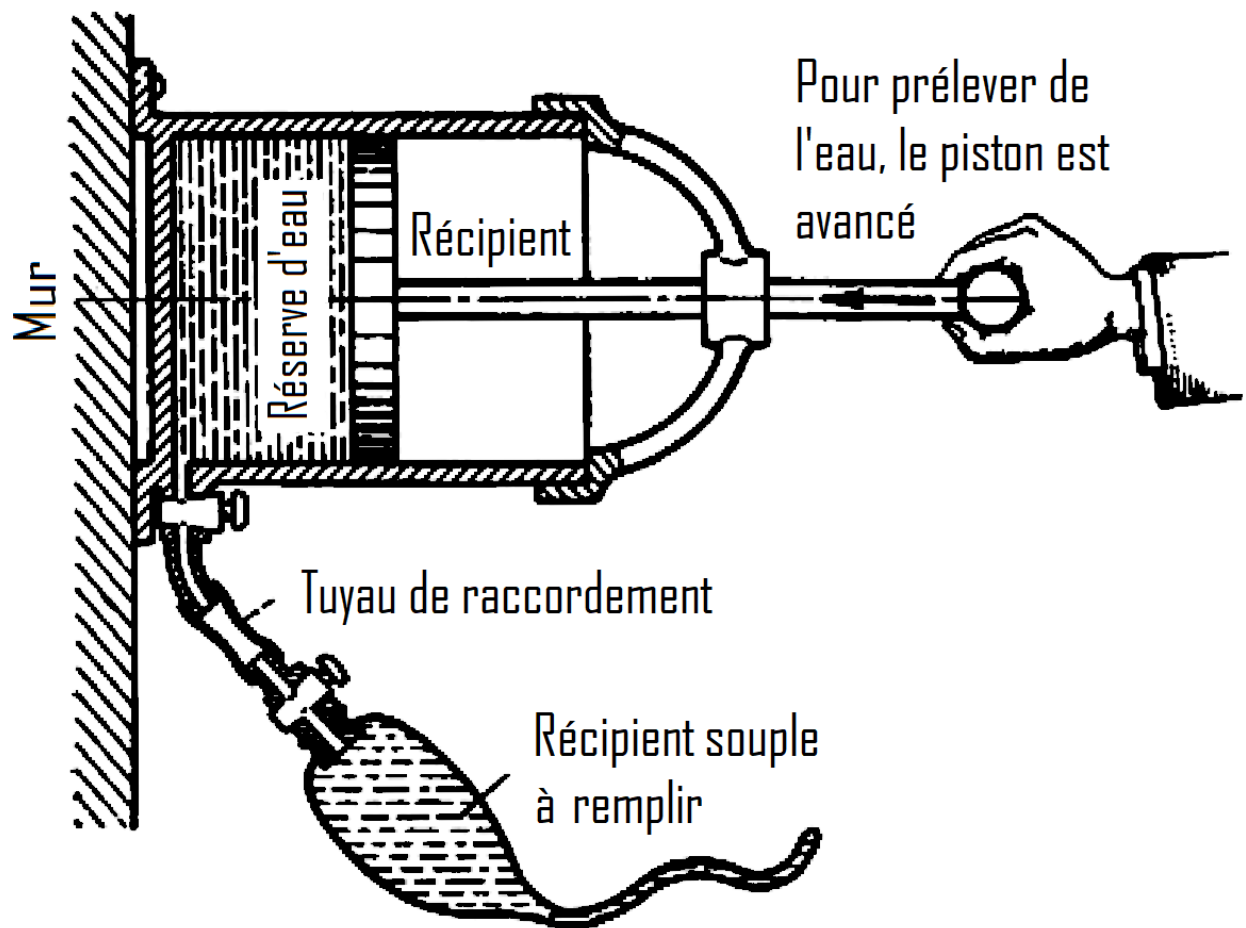


Fig. 68. Remplissage d'un récipient d'eau en état d'apesanteur.

Mais vous devriez vous passer de vous laver ou de vous baigner de la manière habituelle ! Le nettoyage ne pourrait désormais se faire qu'en frottant tant bien que mal avec des chiffons humides, des éponges ou autres, savonnés si nécessaire.

Plus nous y regardons de près, plus nous devons reconnaître qu'en réalité cela ne devrait être en aucun cas un pur plaisir de pouvoir léviter comme des anges, soulagé de tout poids gênant ; oui, même pas si nous ressentions nous-mêmes agréablement cet état. Car la gravité ne fait pas que nous retenir sous son charme : Elle contraint également tous les autres corps au sol et les empêchent ainsi de se mouvoir de manière désordonnée, laissés au hasard sans aucune loi. C'est peut-être la force de cohésion la plus importante de notre existence. Là où elle manque, tout est littéralement « bouleversé », a perdu assise.

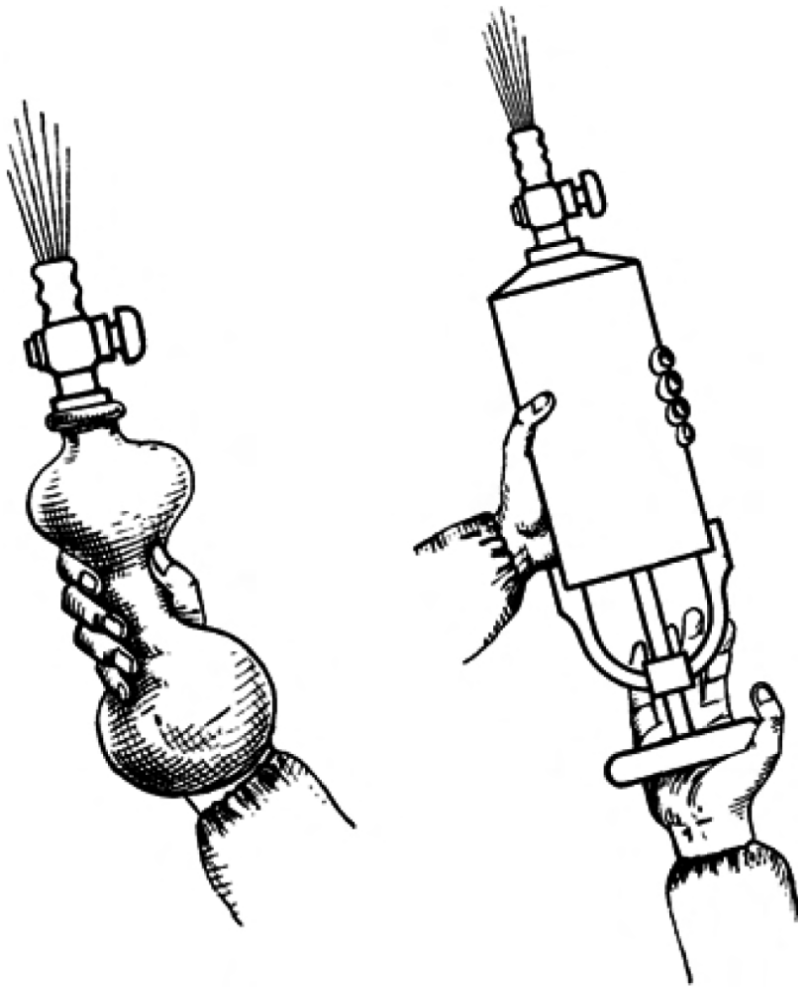
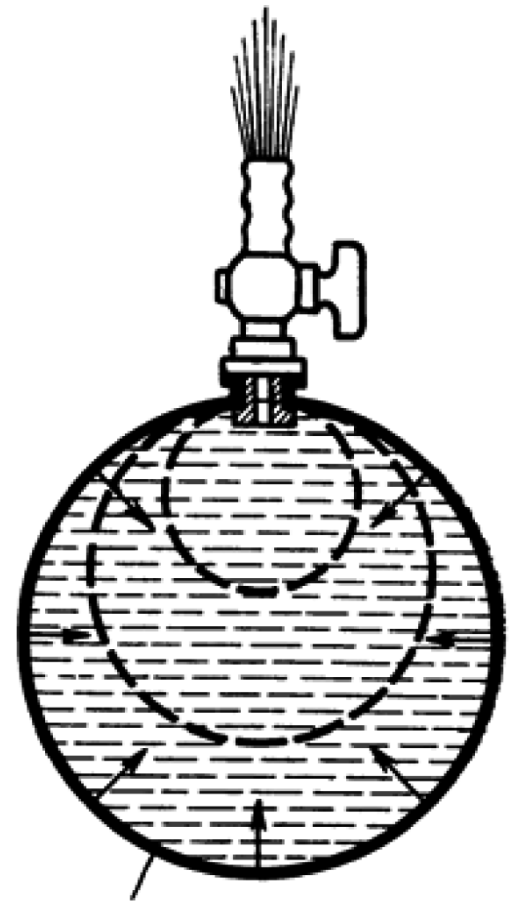


Fig. 69. S'il n'y a pas de gravité, la vidange d'un récipient liquide ne peut être accomplie rapidement que en poussant (pressant) le contenu.



Enveloppe en caoutchouc étiré

Fig. 70. Dans le cas des ballons en caoutchouc élastique remplis sous pression, le contenu s'écoule de lui-même à l'ouverture du robinet.

Sans air

La vie humaine ne peut exister qu'en présence d'air gazeux de composition appropriée : d'une part, parce que le processus de la vie est un processus de combustion et nécessite donc un apport constant d'oxygène pour se maintenir, que l'organisme humain ne peut absorber qu'en respirant de l'air gazeux ; et d'autre part, parce que le corps doit toujours être entouré d'une certaine pression, sans laquelle son contenu en eau s'évaporerait et les vaisseaux éclateraient. Il est donc nécessaire de s'assurer que l'air est fourni artificiellement si l'on veut que notre vie terrestre soit possible dans le vide spatial.

Pour ce faire, les personnes se trouvant dans le vide spatial doivent toujours être entourées d'enveloppes complètement étanches et fermées de tous côtés, car ce n'est qu'à l'intérieur de ces enveloppes que l'air peut être maintenu artificiellement, à l'aide d'appareils automatiques, à la bonne pression et composition.

Dans l'ensemble, il ne s'agira probablement que de grandes pièces fermées allant de la taille d'une chambre aux dimensions de bâtiments entiers, qui pourraient être utilisées pour un séjour prolongé. Les parois de celles-ci devraient être conçues selon les principes de construction des chaudières à vapeur, car elles doivent résister à une surpression d'air interne de 1 atmosphère (par rapport au vide de l'espace) et doivent donc non seulement avoir la résistance appropriée, mais aussi éventuellement uniquement des surfaces courbes, car les surfaces planes nécessitent un contreventement ou un support spécial vis-à-vis de la surpression. L'azote, et surtout l'oxygène nécessaires à la préparation artificielle de l'air devraient toujours être maintenus en abondance sous forme liquéfié dans leurs propres réservoirs et être complétés par des apports terrestres.

Mais pour pouvoir rester à l'extérieur de tels espaces clos dans le vide de l'espace, il faudrait utiliser des combinaisons étanches, dont l'intérieur est aussi automatiquement alimenté en air respirable par des appareils qu'on emporte : c'est-à-dire des appareils assez semblables aux combinaisons de plongée sous-marine que l'on connaît. Nous voulons les appeler « combinaisons spatiales ». Il en sera discuté plus en détail plus tard.

Nous voyons que dans le cas présent nous avons affaire à quelque chose de similaire à rester sous l'eau, c'est-à-dire de la technologie sous-marine et de la plongée. Sur la base de la vaste expérience acquise dans le domaine de l'approvisionnement en air artificiel, on peut affirmer que cette question peut être résolue sans aucun doute, même pour un séjour dans le vide spatial.

Dans le vide spatial règne un silence éternel

Mais l'air n'a pas seulement une valeur immédiate pour la vie. Il est aussi indirectement de la plus haute importance car il influence largement les phénomènes naturels essentiels pour le développement de la vie : la chaleur, la lumière et le son dans une large mesure.

Le son est un processus de vibration de l'air et ne peut donc jamais se produire là où ce dernier est absent. C'est pourquoi le silence éternel règne dans le vide de l'espace. On ne pourrait pas entendre le coup de feu du canon le plus lourd, même à proximité. Même une communication normale par la parole serait impossible. Bien entendu, cela ne s'applique pas aux pièces fermées et ventilées à l'intérieur desquelles sont maintenues artificiellement les mêmes conditions d'atmosphère qu'à la surface de la Terre. Mais pour les séjours à l'extérieur (dans la combinaison spatiale), là, la communication vocale ne pourrait être rendue possible que par l'utilisation de téléphones.

L'éclat du Soleil dans l'obscurité la nuit

Mais les conditions d'éclairage ont également beaucoup changé. Comme on le sait, la notion de jour est liée à l'idée d'un ciel bleu ou de nuages illuminés et d'une lumière dispersée de toutes parts, sans qu'un ensoleillement direct soit nécessaire pour cela. Mais tous ces phénomènes ne sont que des conséquences de la présence de l'atmosphère terrestre ; car une partie des rayons solaires reçus y est à plusieurs reprises réfractée, renvoyée et ainsi dispersée dans toutes les directions, ce qui donne en même temps l'impression de la coloration bleue du ciel. De cette façon, l'atmosphère produit une transition graduelle diversifiée et bénéfique entre l'éclat du Soleil et l'obscurité.

Tout cela n'est pas possible dans le vide de l'espace car il n'y a pas d'air. À proprement parler, c'est là que se termine le concept du jour. Le fond de l'espace apparaît sans fin d'un noir le plus profond, d'où brillent calmement d'une lumière uniforme d'innombrables étoiles exceptionnellement éclatantes, et, surpassant tout, le Soleil rayonne d'une puissance éblouissante inimaginable.

Et pourtant : dès que nous détournons les yeux de lui, nous avons l'impression d'être dans la nuit, bien que notre dos soit inondé de sa lumière ; car tandis que sous ses rayons le côté d'un corps qui est exposé, par exemple un parapluie, s'illumine vivement, sur le côté opposé règne les ténèbres nocturnes. Non pas une obscurité totale ! En effet, les étoiles brillent de toutes parts, quand ce n'est pas la Terre ou la Lune qui par leurs reflets éclairent le côté du corps qui se trouve dans l'ombre du Soleil. Mais il ne s'agit toujours que de la lumière la plus dure, la plus nette, jamais de la lumière douce et dispersée.

Une vue illimitée

Cependant, à certains égards le manque d'air présente également des avantages pour les conditions de diffusion de la lumière dans le vide spatial. On sait quelle grande influence a la composition de l'air sur la vision à longue distance (par exemple en montagne, en mer, etc.) ; car même par temps clair une partie des rayons lumineux y est toujours perdue, ou à travers les petites particules de poussière et de vapeur qui y flottent constamment.

Cette dernière circonstance est très désavantageuse pour la mise en œuvre de toutes sortes d'observations à longue distance, notamment pour celles de l'astronomie. Des observatoires astronomiques sont donc installés à haute altitude sur les montagnes, car l'air y est relativement plus

transparent. Toutefois, il y a bientôt des limites à cela. De plus, cela ne peut pas empêcher le scintillement des étoiles, qui est également causé uniquement par la présence de l'air. De même, il n'est pas possible de supprimer la lumière solaire diffuse (le bleu du ciel), qui est également causée par l'atmosphère et qui est très dérangeante pour les observations astronomiques de jour. Ce qui rend très difficile l'étude des corps célestes qui ne peuvent pas être vus pendant l'obscurité complète de la nuit, comme Mercure, Vénus et surtout le Soleil lui-même.

Toutes ces circonstances désavantageuses disparaissent dans l'espace éthéré et vide de l'Univers : rien n'affaiblit la luminosité des étoiles, les étoiles ne scintillent plus, aucun ciel bleu ne perturbe l'observation. À tout moment, les mêmes possibilités avantageuses existent, presque illimitées ; car puisqu'il n'y a maintenant plus d'obstruction optique, des télescopes de n'importe quelle taille, même énormes, pourraient maintenant être utilisés.

Sans chaleur

L'influence du manque d'air sur les conditions thermiques de l'espace extra-atmosphérique est particulièrement importante. Puisque la chaleur, comme nous le savons aujourd'hui, n'est rien d'autre qu'un certain état de mouvement des plus petites particules matérielles à partir desquelles les substances corporelles sont construites, son apparition est toujours liée à la condition préalable que des matières soient présentes. Là où ces dernières sont absentes, il ne peut par conséquent y avoir de chaleur : l'espace vide est donc concrètement « sans chaleur ». Que cela soit aussi théoriquement tout à fait correct dépend de la mesure dans laquelle l'opinion de certains, selon laquelle l'espace est rempli de matière réelle, bien qu'extrêmement finement distribuée, s'applique réellement. S'il y a un vide matériel complet, alors le concept de température perd tout son sens.

Cette vision n'est pas en contradiction avec le fait que l'espace est imprégné en abondance par les rayons de chaleur du Soleil et ceux des autres étoiles, car les rayons de chaleur eux-mêmes ne sont pas encore de la chaleur ! Ils ne sont rien d'autre que des ondes électromagnétiques d'éther du même type que, par exemple, la lumière ou les ondes radio ; néanmoins, avec la propriété spéciale qu'ils peuvent générer le mouvement, que nous appelons chaleur dès qu'ils impactent quelque chose de matériel, mais seulement s'ils sont absorbés (détruits) par la substance en question, car ce n'est que dans ce cas que leur énergie est transférée au corps et convertie en chaleur.

Ainsi la température d'un corps transparent ou d'un corps poli comme un miroir n'augmentera que légèrement même exposé à un fort rayonnement thermique, il se révélera quasiment insensible aux rayons thermiques ; car dans le premier cas, les rayons sont largement réfléchis à travers le corps, sans avoir cédé aucune de leur énergie. Si au contraire la surface du corps est sombre et rugueuse, elle ne peut ni laisser passer ni réfléchir les rayons qui la frappent : dans ce cas, ils doivent être absorbés et entraîner un échauffement du corps.

Or, ce phénomène s'applique non seulement à l'absorption mais aussi à l'émission de chaleur par rayonnement : plus la surface d'un corps est claire et lisse, plus son émissivité est faible, et donc il conserve plus longtemps sa chaleur, alors qu'au contraire il peut très vite se refroidir par rayonnement sur une surface sombre et rugueuse.

Ce sont donc les surfaces noires mates et les surfaces les moins réfléchissantes qui sont les plus soumises aux processus de rayonnement thermique de différents types. Ce fait permettrait d'influencer facilement et dans une large mesure arbitrairement la température des corps dans le vide de l'espace.

Si un objet dans l'espace doit être chauffé, son côté faisant face au Soleil doit être rendu noir mat et son côté ombragé doit être brillamment réfléchissant (fig. 71), ou bien l'on protégera la face d'ombre de l'espace au moyen d'un miroir (fig. 72).

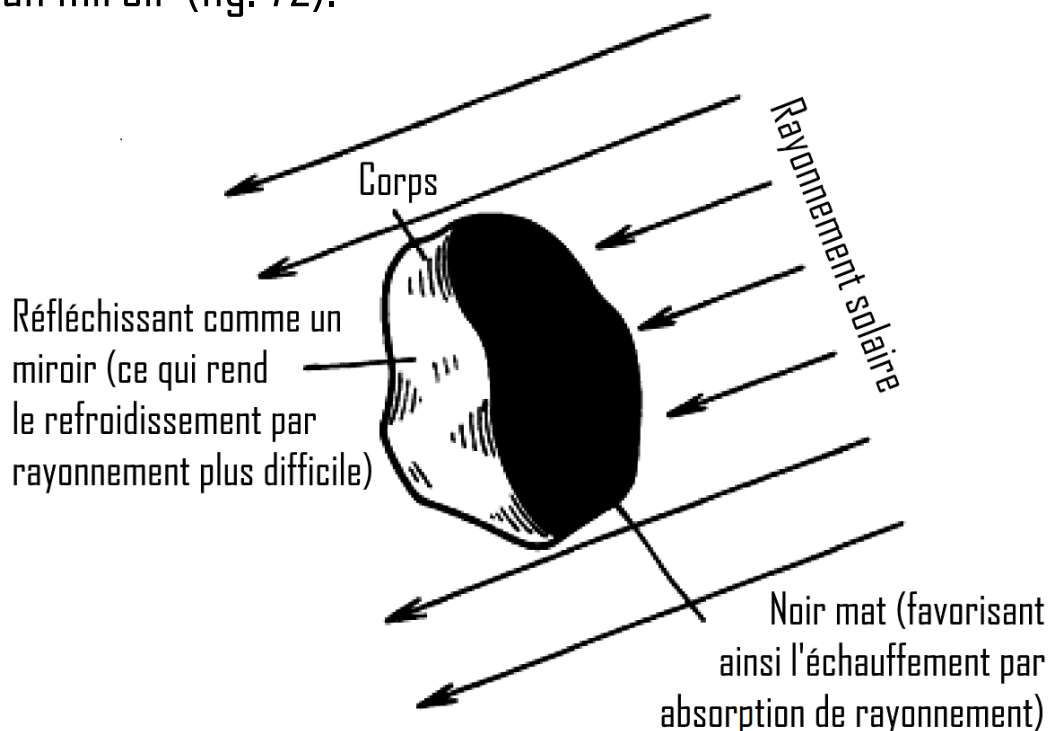


Fig. 71. Échauffement d'un corps dans le vide spatial par le rayonnement solaire, grâce à un choix judicieux de son état de surface.

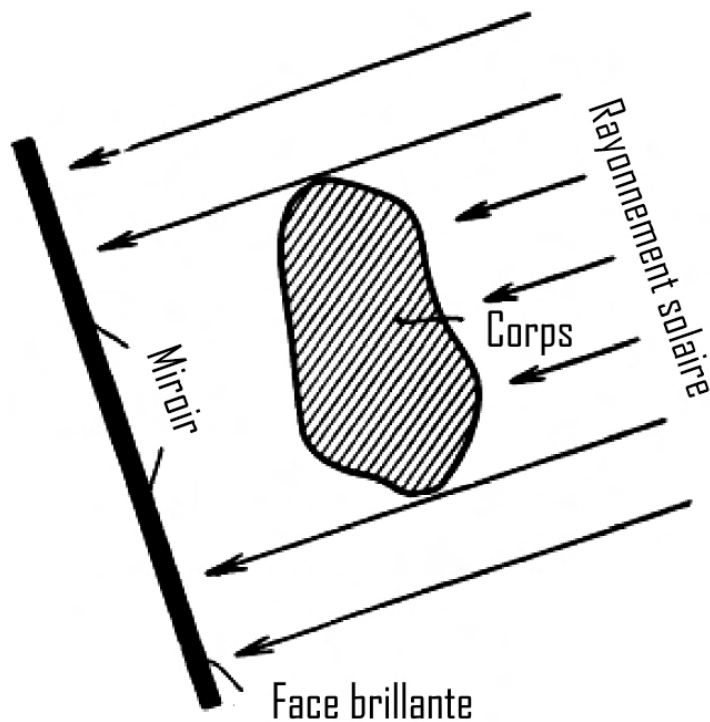


Fig. 72. Échauffement d'un corps en protégeant son côté ombragé du vide spatial au moyen d'un miroir.

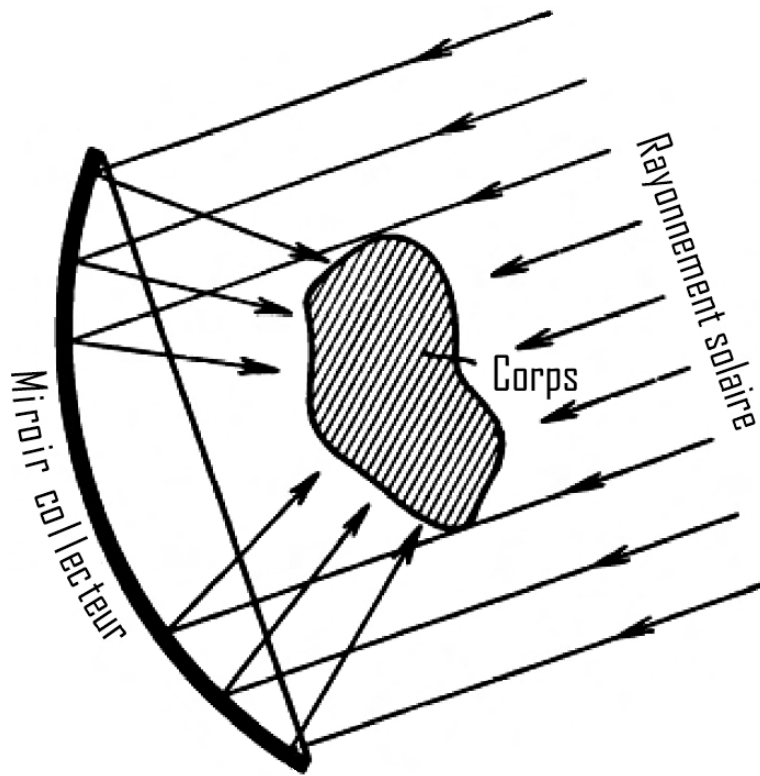


Fig. 73. Fort échauffement d'un corps en concentrant les rayons solaires sur celui-ci au moyen d'un miroir concave.

Si un miroir collecteur est utilisé à cette fin, qui dirige également les rayons du Soleil avec la force appropriée sur le corps, alors sa température pourrait également être augmentée fortement (fig. 73).

D'autre part, si un corps doit être refroidi dans l'espace, sa face ensoleillée doit être rendue réfléchissante et sa face ombragée noir mat (fig. 74), ou protégée du Soleil au moyen d'un miroir (fig. 75). Il perdra alors de plus en plus de sa chaleur en rayonnant dans l'espace, car celle-ci ne pourrait plus être constamment remplacée par conduction depuis l'environnement comme cela se produit sur Terre par contact avec l'air ambiant, tandis que l'apport de sa chaleur par rayonnement serait réduit à une valeur minimale grâce à l'atténuation mentionnée. De cette façon, un corps devrait pouvoir se refroidir presque jusqu'au zéro absolu (-273° Celsius). Mais on ne pourrait pas y parvenir complètement, car du côté ombragé, le corps est rayonné d'une certaine quantité de chaleur par les étoiles, et les miroirs ne pourraient jamais le protéger complètement du Soleil.

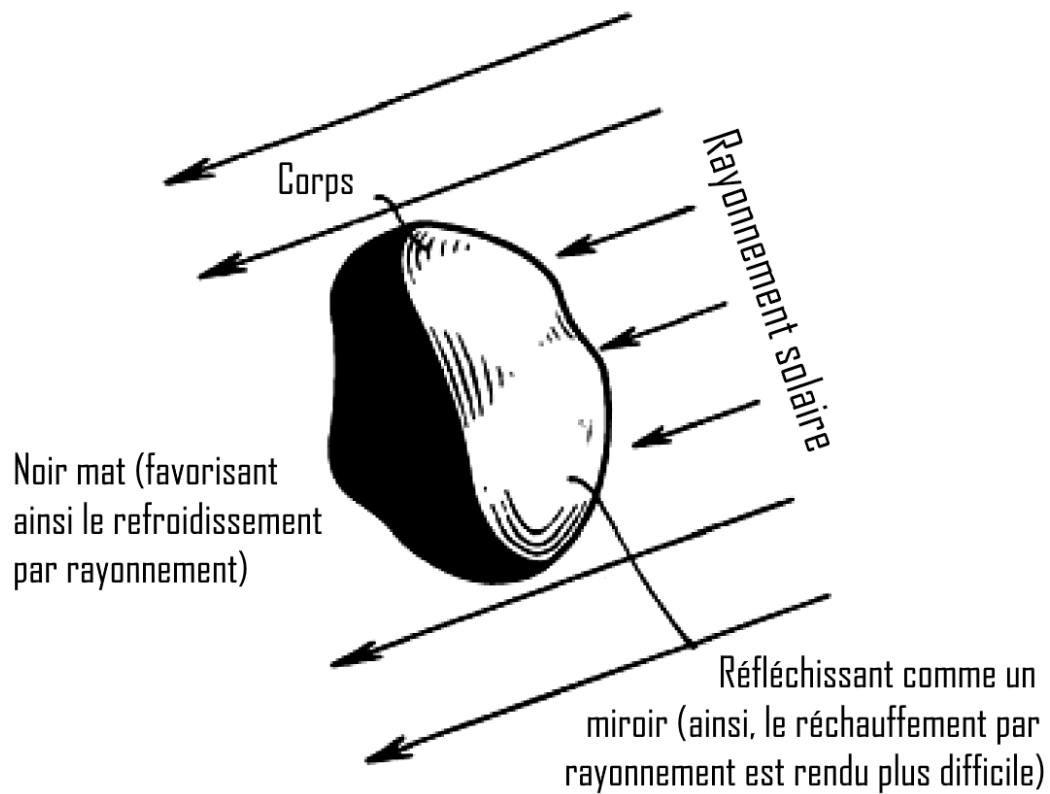


Fig. 74. Refroidissement d'un corps dans le vide spatial par un choix approprié de son état de surface.

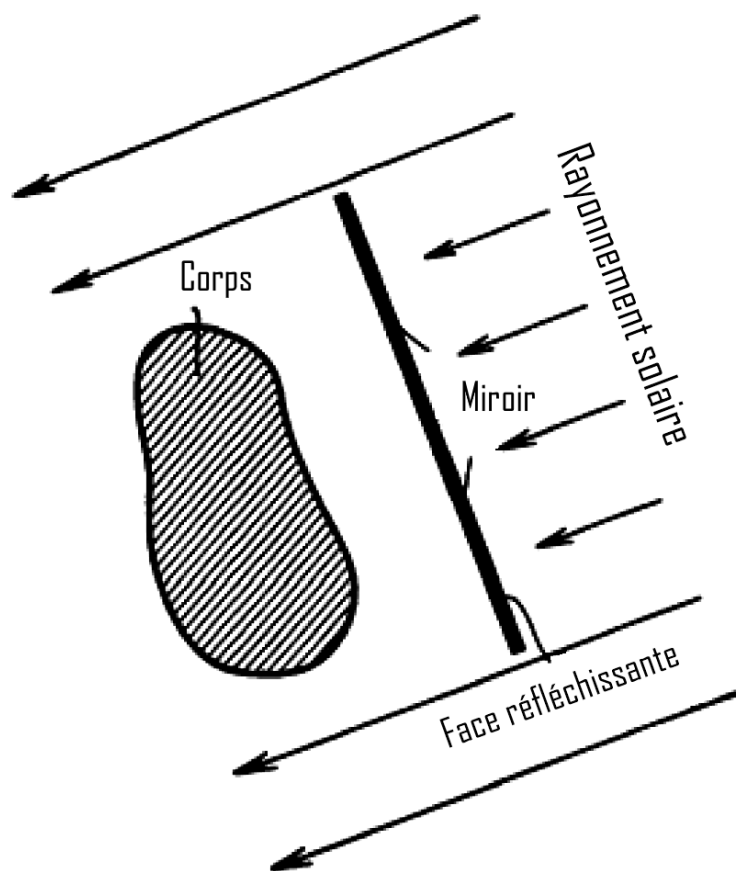


Fig. 75. Refroidissement d'un corps en le protégeant du rayonnement solaire à l'aide d'un miroir.

Il serait ainsi possible dans la station spatiale, grâce à l'utilisation décrite des phénomènes de rayonnement, de non seulement y maintenir la chaleur normale nécessaire à la vie, mais également de générer des températures extrêmement élevées et basses et donc également des gradients de chaleur très significatifs.

La conception de la station spatiale

Les possibilités et les conditions physiques du vide spatial nous sont donc connues. Maintenant, voici aussi une présentation de la conception idéale de notre station spatiale :

Afin de simplifier au maximum les travaux à effectuer dans l'espace (cela n'est possible qu'en combinaison spatiale), il faudrait d'abord que l'ensemble de la station, y compris l'équipement, soit complètement achevé sur Terre et que sa fiabilité soit testée ; en outre, elle devrait être construite de manière à pouvoir être facilement démontée en ses différents composants, éventuellement en « cellules » individuelles entièrement équipées, qui pourraient ensuite être transportées dans l'espace par des vaisseaux spatiaux et réassemblées là-bas sans trop de peine. Dans la mesure du possible, seuls des métaux légers doivent être utilisés comme matériau afin de réduire le coût de l'acheminement dans l'espace extra-atmosphérique.

La structure prête à l'emploi ressemblerait maintenant dans son ensemble à ceci : Avant tout, elle doit être complètement étanche à l'environnement extérieur, au vide spatial, pour que des conditions d'air normales puissent être maintenues à l'intérieur par des moyens artificiels. Afin de pouvoir localiser le danger d'échappement d'air, qui se produirait en cas de fuite (due par exemple à un impact de météore), on utilise de manière

appropriée la division de la structure en « cloisonnement » connu de la construction navale.

Étant donné que toutes les pièces sont reliées les unes aux autres et remplies d'air, la circulation à l'intérieur est aisément possible partout. Cependant, on ne peut accéder à l'extérieur, dans le vide spatial, qu'au moyen de ce qu'on appelle des sas à air. Ce dispositif, connu de la construction sous-marine (utilisé dans les caissons, cloches de plongée, etc.), consiste essentiellement en une petite chambre qui possède deux portes étanches, dont l'une mène à l'intérieur de la station et l'autre à l'extérieur (fig. 76).

Par exemple, si l'on veut quitter la station spatiale (« sortir »), l'on se rend alors en combinaison spatiale par la porte intérieure dans la pièce du sas, dont la porte extérieure doit être verrouillée. Puis la porte intérieure est alors fermée et l'air présent dans le sas est retiré par aspiration, après quoi l'on peut ouvrir la porte extérieure du sas et flotter librement à l'extérieur. Pour accéder à l'intérieur de la station spatiale (« entrer »), il faudrait suivre le processus inverse.

Le facteur décisif pour le fonctionnement et la configuration correspondante de la station spatiale est le fait que rien n'est disponible sur place mis à part uniquement les rayons des étoiles, dont surtout ceux du Soleil ; ceux-ci sont aussi cependant, disponibles presque à tout moment et en quantités illimitées. Toutes les substances, notamment celles qui sont nécessaires à la vie, comme l'air et l'eau, doivent donc être constamment apportées depuis la Terre. De là découle automatiquement des principes d'économies dans la station spatiale : être extrêmement économe en tous consommables, mais utiliser au maximum l'énergie disponible localement en abondance dans les rayons solaires pour le fonctionnement des systèmes techniques de toutes sortes, en particulier ceux qui permettent de rendre à nouveau utilisables les consommables usés.

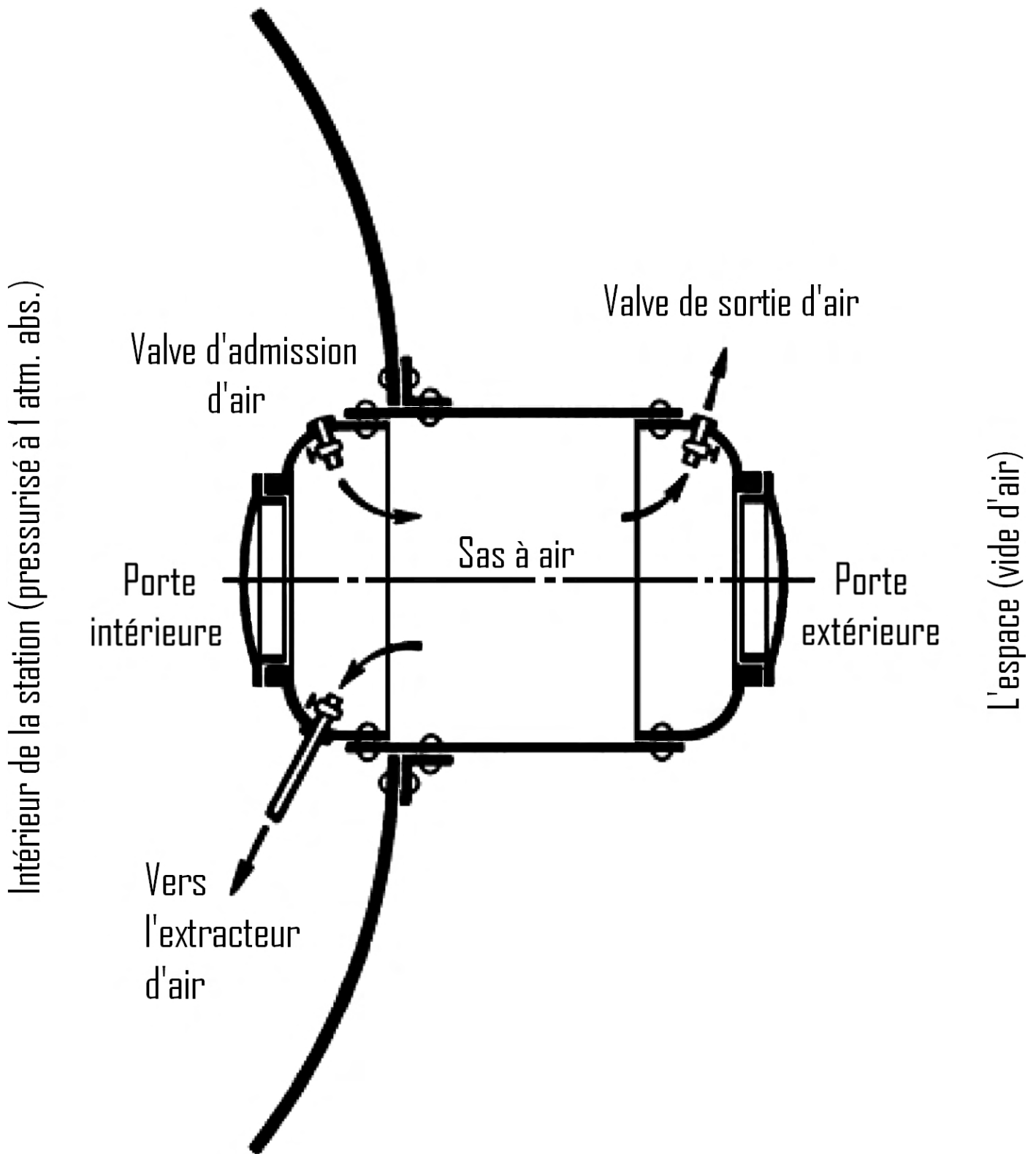


Fig. 76. Disposition de base d'un sas à air, pour la circulation entre une pièce remplie d'air pressurisé (par exemple l'intérieur de la station spatiale) et le vide de l'espace*.

* L'évacuation de la pression de l'air du sas lors de la « sortie » se fait pour des raisons d'économie en grande partie par aspiration de l'air à l'intérieur de la station spatiale ; seul le dernier reste d'air contenu dans le sas est rejeté dans l'espace par évacuation.

Cela est maintenant réalisable : soit directement en utilisant l'énergie de la lumière et de la chaleur du Soleil, soit indirectement en convertissant sa chaleur rayonnante en énergie électrique.

La centrale solaire

La centrale solaire (fig. 77) servant à ce dernier usage constitue ainsi l'une des installations les plus importantes de la station spatiale. Elle délivre du courant continu, est équipée d'une batterie d'accumulateurs et est similaire dans son principe à une centrale à turbine à vapeur normale du même type ; aux différences près que le générateur de vapeur est maintenant chauffé avec les rayons du Soleil qui sont collectés et concentrés par des miroirs concaves pour atteindre des températures suffisamment élevées (fig. 77, D), et que le condenseur n'est refroidi que par rayonnement dans le vide spatial, c'est pourquoi il doit être installé ouvert vers celui-ci et abrité du Soleil (fig. 77, K).

Selon nos explications précédentes, cela nécessite que le générateur de vapeur et le condenseur soient peints en noir mat à l'extérieur. Les deux sont principalement constitués de tubes métalliques de longueur appropriée, qui sont constamment incurvés, de sorte que les parois interne du tube sont suffisamment et continuellement en contact avec le fluide en mouvement qui les traverse, même en état d'apesanteur (fig. 77).

Ce dernier se fait en cycle permanent et sans perte. Contrairement à l'usage, le liquide circulant utilisé ici n'est pas de l'eau (sous forme de vapeur) mais un élément plus volatil, à savoir de l'azote. Cela permet à la température du condenseur d'être maintenue si basse que l'extraordinaire potentiel de refroidissement du vide spatial peut réellement être utilisé ; de plus, une fuite accidentelle de celui-ci dans les locaux de la station spatiale ne pollue pas l'air qui y est si précieux.

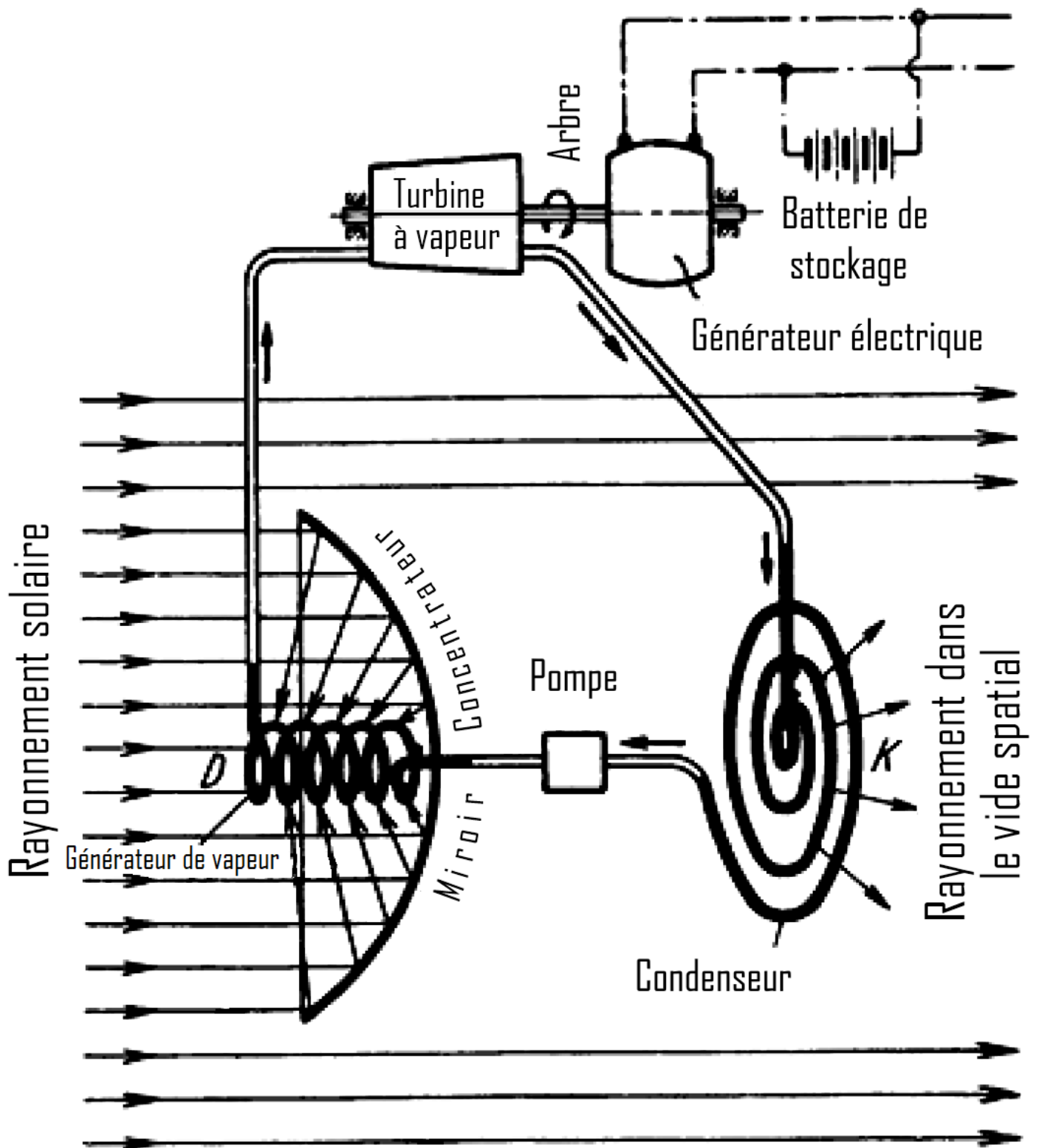


Fig. 77. Schéma de la centrale solaire de la station spatiale.

Étant donné que la quantité d'énergie prélevée sur le rayonnement solaire dépend de la taille des miroirs collecteurs utilisés, il est possible, grâce à une conception performante de la centrale électrique, de disposer

en permanence d'une énergie électrique et donc mécanique abondante dans la station spatiale. Puisque la chaleur, même en grande quantité, peut être obtenue directement du rayonnement solaire et que le froid, même jusqu'aux températures les plus basses, peut être généré de la manière la plus simple par rayonnement dans l'espace, les conditions sont donc réunies pour pouvoir faire fonctionner des systèmes techniques de toutes sortes.

L'apport de lumière

La chose la plus simple à réaliser est l'éclairage dans la station spatiale ; car cela ne nécessite presque aucun équipement mécanique, mais peut être fait en grande partie directement par le Soleil qui y brille constamment - à part d'éventuels, mais en tout cas seulement de courts passages de la station à travers l'ombre de la Terre.

A cet effet, les parois ont des ouvertures rondes ressemblant à des hublots de navire, qui sont vitrées hermétiquement (fig. 60 et 61, L) avec d'épaisses fenêtres lenticulaires (fig. 78). Par une coloration laiteuse ou le dépolissage de celles-ci et le choix approprié du type de verre, on s'assure que la lumière du Soleil soit débarrassée de tous les rayonnements nocifs. Elle est filtrée ainsi de la même manière qu'à travers l'atmosphère et entre également dans un état diffus dans la station spatiale dont l'intérieur est ainsi éclairé par la lumière du jour normale.

Certains hublots sont équipés de miroirs spéciaux, à travers lesquels les rayons du Soleil peuvent être dirigés vers les hublots en question selon les besoins (fig. 79).

De plus, un éclairage artificiel électrique est fourni, dont l'électricité est prélevée sur la centrale solaire.

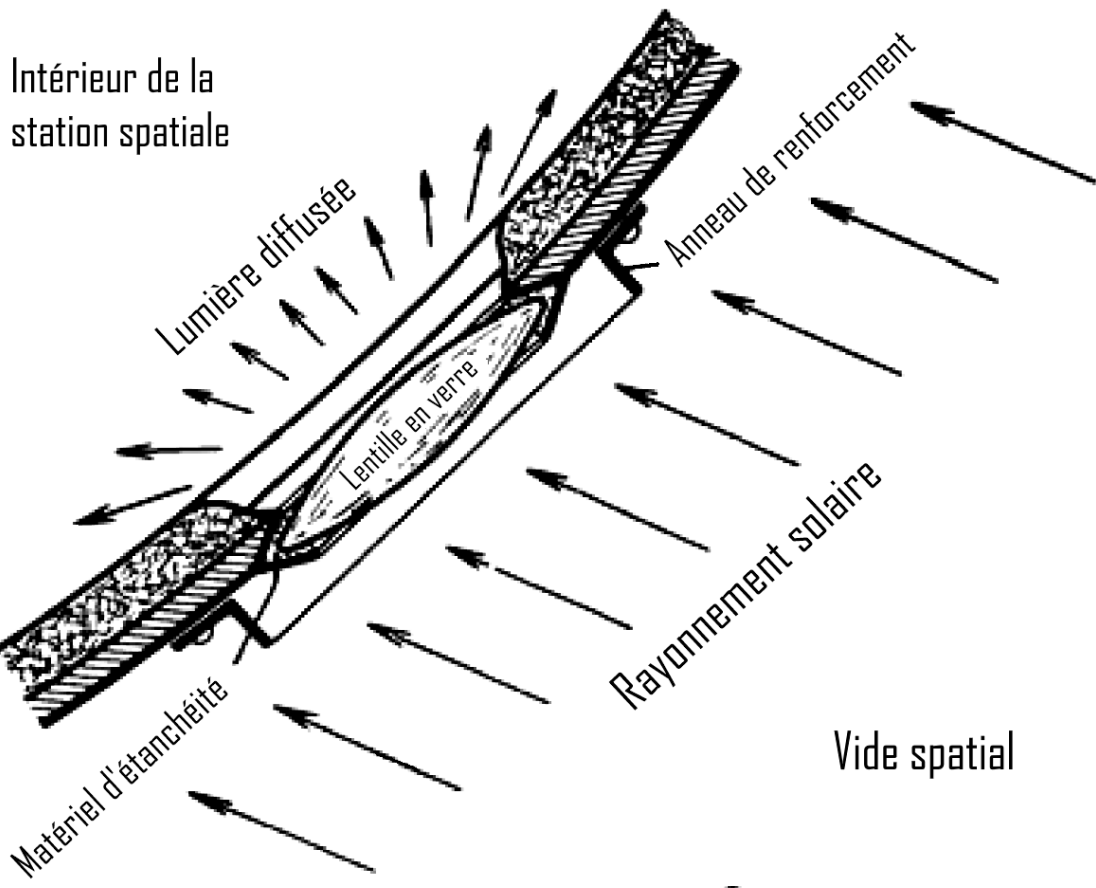


Fig. 78. Le hublot d'éclairage.

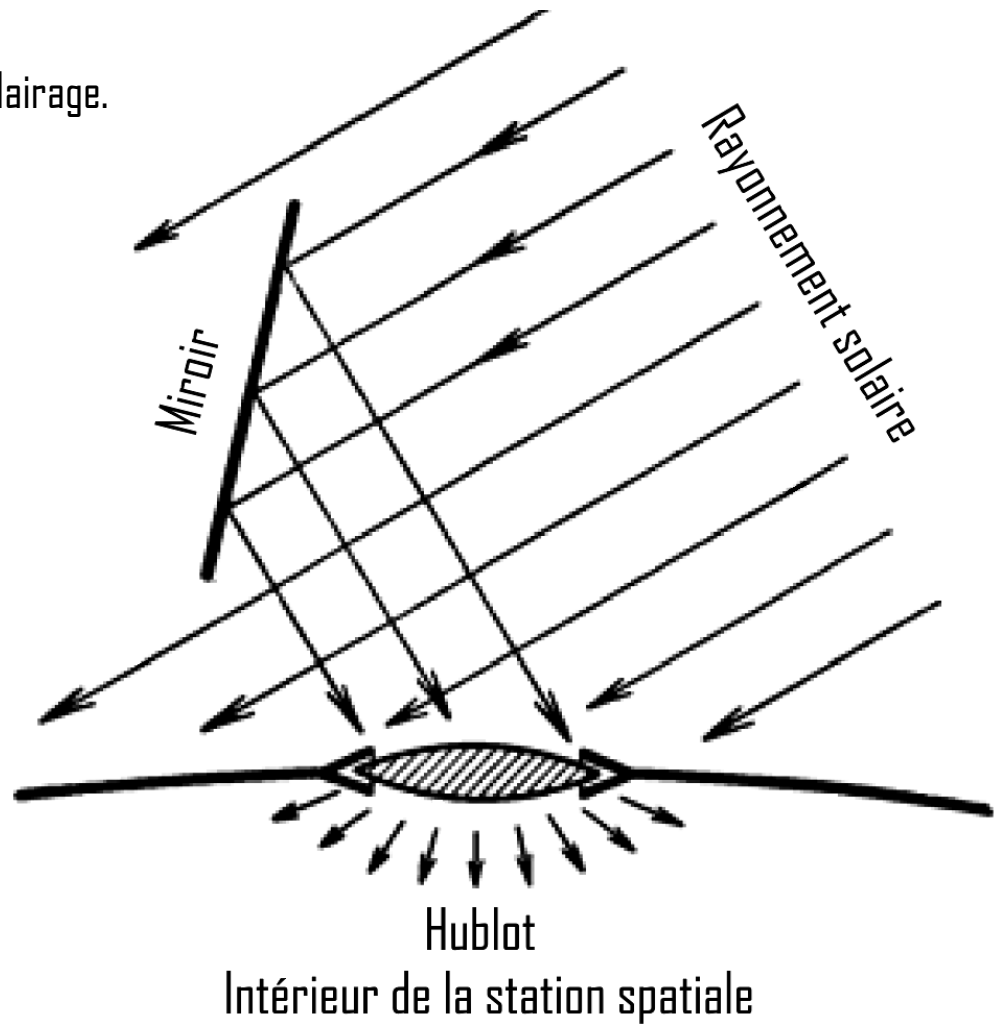


Fig. 79. Le miroir dirige les rayons du Soleil directement vers le hublot.

L'apport d'air et de chaleur

La station spatiale est également chauffée par utilisation directe du rayonnement solaire, selon le principe du chauffage par air ventilé.

A cet effet, tout l'air dans la station est en circulation constante : entre les modules où il est nécessaire et dans un système de ventilation où il est nettoyé, rafraîchi et chauffé. Un grand ventilateur électrique assure le maintien de ce mouvement. Les canalisations nécessaires à cet effet sont également disponibles. Elles débouchent par de petites ouvertures grillagées (fig. 60 et 61, 0) dans les pièces individuelles.

Le système de ventilation (fig. 80) est mis en place de manière similaire à l'appareil de renouvellement d'air proposé par Oberth. L'air traverse d'abord un filtre anti-poussière. Ensuite, il pénètre dans un tube refroidi par rayonnement dans l'espace, dans lequel sa température est progressivement abaissée jusqu'à -78° Celsius, ce qui entraîne la séparation des impuretés gazeuses ; d'abord la vapeur d'eau et ensuite le gaz carbonique. L'air circule ensuite à travers un tuyau qui est chauffé au moyen des rayons concentrés du Soleil, afin de l'amener à la température nécessaire permettant de maintenir la station au chaud. Enfin, sa teneur en oxygène et en humidité est complétée pour qu'il atteigne le bon niveau, après quoi il retourne finalement dans les pièces de la station spatiale.

Ce processus garantit que seul l'oxygène consommé par la respiration doit être remplacé et donc réapprovisionné en conséquence à partir de la Terre ; les composants inutilisés de l'air (en particulier la totalité de sa teneur en azote) restent constamment utilisés. Étant donné que les parois extérieures de la station spatiale ne contribuent pas au chauffage qui a lieu en même temps, il faut éviter autant que possible qu'elles dégagent de la chaleur par rayonnement dans l'espace, c'est pourquoi l'ensemble du bâtiment est construit complètement en blanc réfléchissant à l'extérieur.

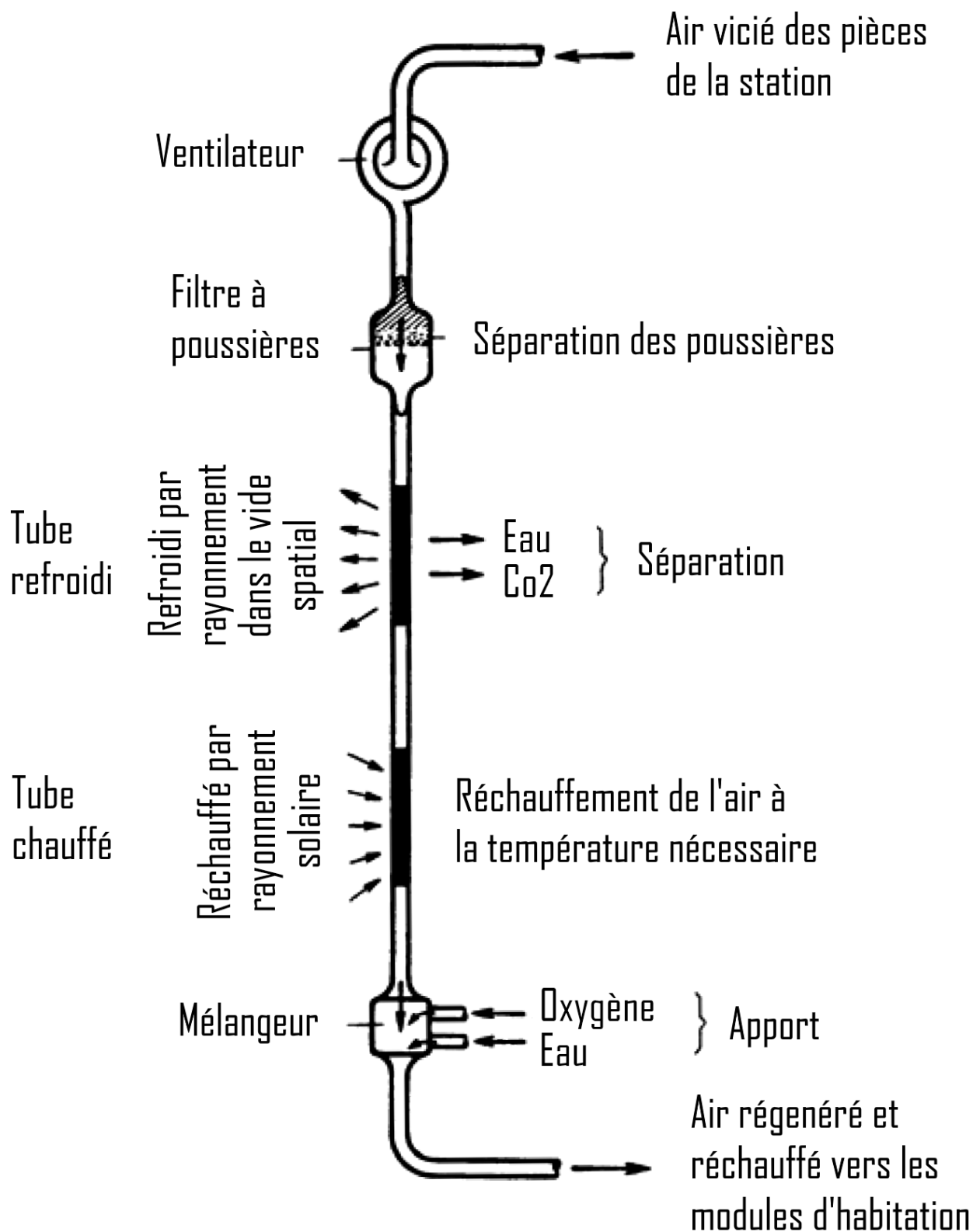


Fig. 80. Représentation schématique du système de ventilation. Les tubes refroidis et chauffés pourraient être réalisés, par exemple, de manière similaire à la ceux de la fig. 75, D et K, respectivement.

L'approvisionnement en eau

L'approvisionnement en eau disponible est effectué avec tout autant d'économie : toutes les eaux usées sont récupérées et rendues à nouveau utilisables par purification. De grands appareils de distillation sont utilisés à cette effet, dans lesquels l'évaporation et la condensation ultérieure de l'eau est accomplie d'une manière similaire à celle décrite précédemment pour la centrale solaire : à savoir dans des tubes qui sont chauffés par des rayons solaires concentrés (fig. 77, D) ou en étant refroidi par rayonnement dans l'espace (fig. 77, K).

Les communications longue distance

Les moyens de communications à longue distance sont également très importants. Cela se fait soit par télégraphie lumineuse à l'aide de miroirs clignotants, de lampes électriques, de projecteurs, de disques colorés, etc., soit électriquement par radio, et dans la zone la plus proche de la station spatiale également par fils électriques.

En ce qui concerne les communications avec la Terre, la communication au moyen de la télégraphie lumineuse présente l'inconvénient d'être peu fiable, car son applicabilité dépend de l'absence de nuages entre la station spatiale et la Terre.

Par conséquent, la station spatiale dispose également d'un grand système radio, qui permet à la fois la communication par téléscripteur et vocale avec la Terre à tout moment. Surmonter la distance relativement importante et l'effet de blindage qu'exerce en partie l'atmosphère terrestre sur les ondes radio (couche de Heaviside) est ici obtenu (en choisissant la direction de faisceau appropriée) en utilisant des ondes courtes et dirigées, ainsi qu'une énergie de transmission suffisamment élevée ; car

les conditions préalables pour cela sont favorables parce que l'énergie électrique peut être fournie en n'importe quelle quantité au moyen de la centrale solaire, et la construction de tout type d'antenne, en raison de l'apesanteur régnante ne présente pas de difficultés significatives.

Moyen d'orientation de la station spatiale

Enfin, des moteurs spéciaux d'orientation et à réaction sont prévus pour permettre de faire pivoter la station spatiale dans n'importe quelle direction et pour pouvoir influencer son état de mouvement selon les besoins.

Cette possibilité doit exister, d'une part pour pouvoir maintenir la station spatiale dans la position requise par rapport à la direction des rayons solaires, ou dans la position voulue par rapport à la Terre. Car à cet effet il faut non seulement compenser en permanence toutes les impulsions de mouvements (provenant de l'extérieur du système !) qui lui sont inévitablement incessamment données lors les interactions avec les vaisseaux spatiaux. Mais l'influence du mouvement de la Terre autour du Soleil doit aussi être prise en compte en permanence.

D'autre part, cela est également nécessaire pour permettre à la station d'accomplir les tâches particulières dont il sera question plus tard, car pour certaines d'entre elles il doit être possible de modifier à volonté sa position dans l'espace. Et enfin parce qu'il peut parfois être nécessaire d'effectuer des déplacements par rapport à la surface de la Terre.

Les moteurs d'orientation sont des moteurs électriques à courant continu normaux, mais avec une vitesse maximale la plus élevée possible et une masse de rotor relativement importante. Des freins spéciaux permettent de réduire ou d'arrêter leur fonctionnement aussi rapidement qu'on le souhaite. Ils sont installés de manière à ce que l'extension de leur axe de rotation théorique passe par le centre de gravité de la structure.

Si un tel moteur d'orientation est mis en fonction (fig. 81), son rotor (l'induit) se met à tourner en même temps que son stator (la partie normalement fixe d'un moteur électrique) et par conséquent, avec l'ensemble de la structure de la station qui est fermement solidaire de ce dernier, autour de l'axe du moteur - mais en sens inverse et, en raison de sa plus grande masse, beaucoup plus lentement que le rotor. Et ce, jusqu'à ce que le moteur soit à nouveau arrêté et à des vitesses différentes selon le régime qui lui à été donné. (Parce qu'il s'agit dans le cas présent d'un

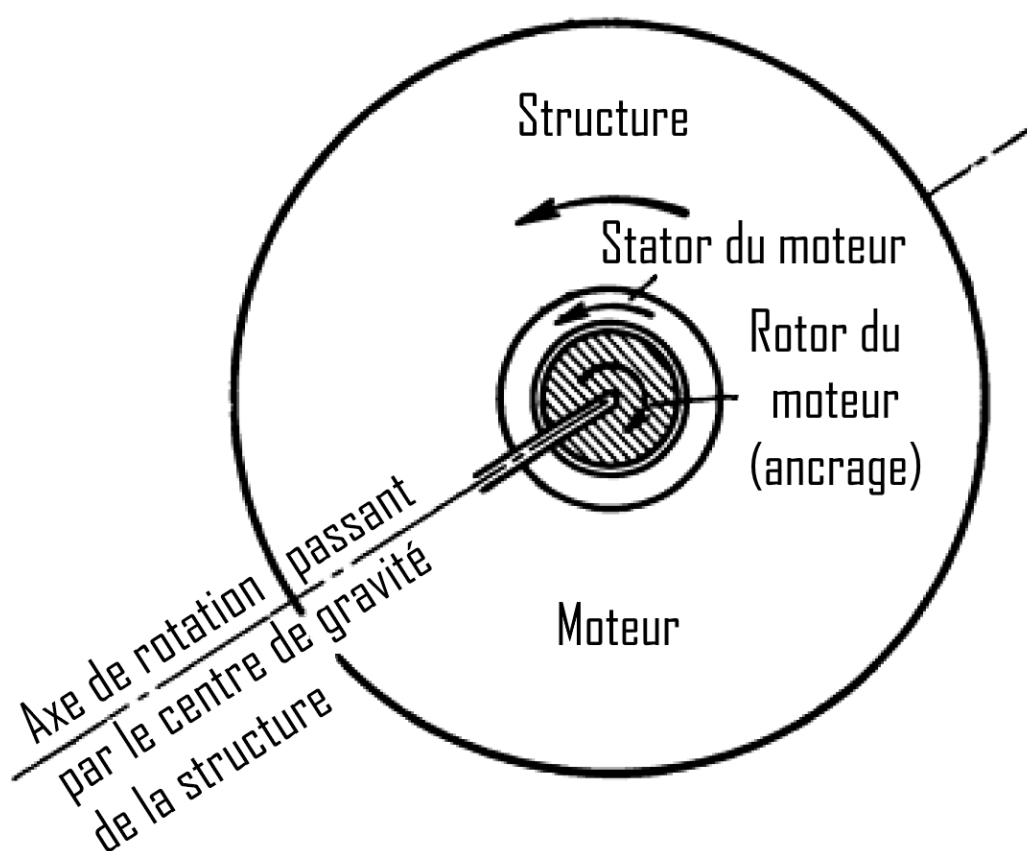


Fig. 81. Mode de fonctionnement d'un moteur d'orientation (voir texte ci-dessus).

« système libre » dans lequel seules des forces internes agissent). Comme ces moteurs sont disposés de telle sorte que leurs axes sont perpendiculaires les uns aux autres comme ceux d'un système de coordonnées tridimensionnelles (fig. 82), le bâtiment peut alors être pivoté de n'importe quelle manière souhaitée grâce à leurs actions communes appropriées.

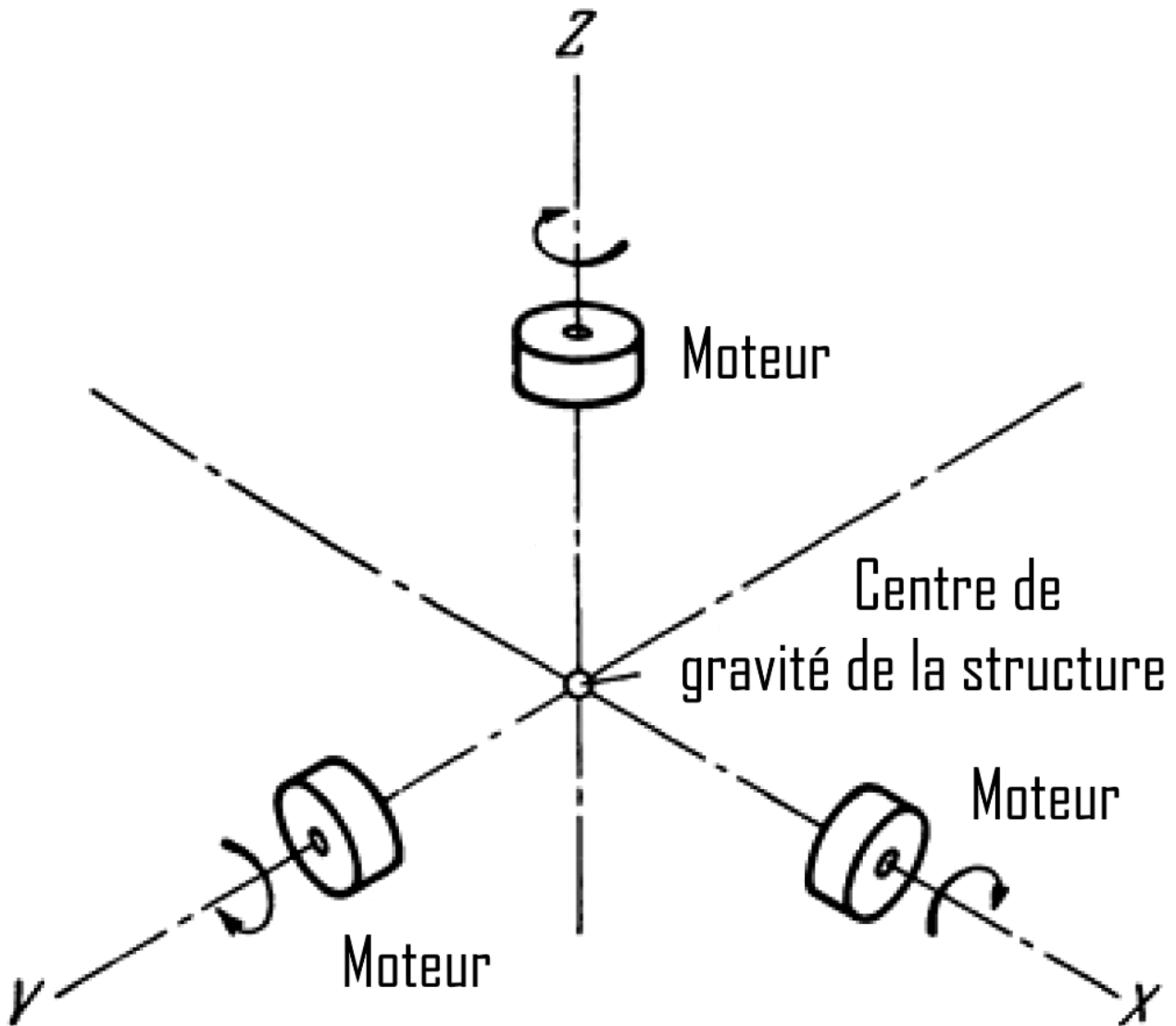


Fig. 82. Disposition des moteurs d'orientation. Les 3 axes sont perpendiculaires entre eux et passent par le centre de gravité de la structure de la station spatiale.

Les propulseurs à réaction sont similaires aux dispositifs de propulsion des vaisseaux spatiaux décrits précédemment*, à la fois dans leur construction et dans leur mode de fonctionnement. Ils sont cependant conçus pour être beaucoup moins puissants que ceux-ci en raison des exigences moindres qui leur sont imposées (les accélérations qu'ils provoquent n'ont pas besoin d'être importantes), et ils sont répartis de manière à pouvoir être utilisés pour donner à la station spatiale un mouvement dans n'importe quelle direction.

* Voir pages 55 à 57.

Partition de la station spatiale en 3 objets

Il serait donc très concevable de créer des installations techniques qui permettraient de séjourner dans le vide spatial malgré l'absence de toute matière ; mais même l'absence de gravité ne constituerait pas (du moins d'un point de vue physique, mais probablement aussi autrement) un obstacle décisif au déroulement de la vie, si l'on tient compte des diverses particularités qui en résultent de la manière précédemment indiquée.

Mais comme l'état d'apesanteur serait dans tout les cas associé à des désagréments considérables et pourrait également s'avérer néfaste pour la santé s'il durait très longtemps, une compensation artificielle du poids est prévue dans la station spatiale.

Selon nos explications précédentes, la gravité, parce qu'elle est elle-même une force de masse, ne peut être influencée, annulée ou remplacée que par une force de masse, et en particulier uniquement par la force centrifuge si un état permanent (stable) doit en résulter. Cette même force centrifuge nous sert déjà à maintenir la station spatiale à une altitude vertigineuse, à l'y soutenir, pour ainsi dire. Mais puisque cette dernière engendre également la suppression complète de l'état de pesanteur dans la station spatiale, la force centrifuge est maintenant utilisée à nouveau, mais d'une manière différente qu'auparavant, pour rétablir à nouveau l'état de gravité manquant.

Fondamentalement, ce serait très facile à accomplir : Il suffit de faire pivoter les parties de la station spatiale dans lesquelles la force centrifuge et donc l'état de gravité doit être généré autour de leur centre de masse (centre de gravité). Cependant, il est en même temps plus difficile de satisfaire aux exigences de pouvoir entrer et sortir facilement et en toute sécurité de ces parties rotatives de la station, d'y connecter des lignes de câbles, d'y fixer de grands miroirs collecteurs et enfin de pouvoir égale-

ment régler la position de l'ensemble en tenant compte non seulement des rayons du Soleil mais aussi des exigences respectives de l'observation à longue distance.

Ces circonstances conduisent maintenant à une subdivision de l'ensemble de la station spatiale en 3 objets distincts : la « roue d'habitation », dans laquelle de part sa rotation, un état de gravité artificielle y est constamment maintenu. Il y règne les mêmes conditions de vie que sur la Terre et elle est utilisée normalement comme lieu de relaxation et d'habitation. De plus, il y a « l'observatoire » et enfin la « salle des machines », qui ne sont aménagés qu'en fonction de leurs objectifs spécifiques tout en conservant leur état d'apesanteur, mais ne sont utilisés que temporairement pour l'équipage en service pendant qu'ils effectuent leurs travaux.

Cependant, cette subdivision de la station spatiale nécessite de prendre des mesures spéciales pour compenser l'attraction de masse mutuelle entre chaque objet ; car même celle-ci est très faible en raison de la taille relativement petite des masses attractives. Sur une plus longue période de temps (peut-être des semaines ou des mois) cela conduirait à une convergence notable et finalement même à ce que les différents objets du complexe spatial se heurtent. Ces derniers doivent donc :

Soit être le plus loin possible les uns des autres (quelques 100 ou 1 000 mètres) pour que la force d'attraction mutuelle soit la plus faible possible, tout en compensant temporairement le rapprochement qui se produit malgré tout au moyen d'un système de propulsion.

Soit ils doivent être le plus près possible les uns des autres et être écartés mutuellement de manière appropriée afin de les maintenir séparés.

Nous voulons choisir ici la première option (fig. 94).

La roue d'habitation

Il est bien connu que la vitesse de rotation et la force centrifuge aux différents points d'un corps en rotation sont proportionnelles à la distance de son centre de rotation, son axe (fig. 83). C'est à dire qu'elles sont d'autant plus grandes que le point considéré est éloigné de l'axe, et d'autant plus petites qu'il s'en rapproche. Dans l'axe de rotation théorique lui-même, elles sont égales à zéro.

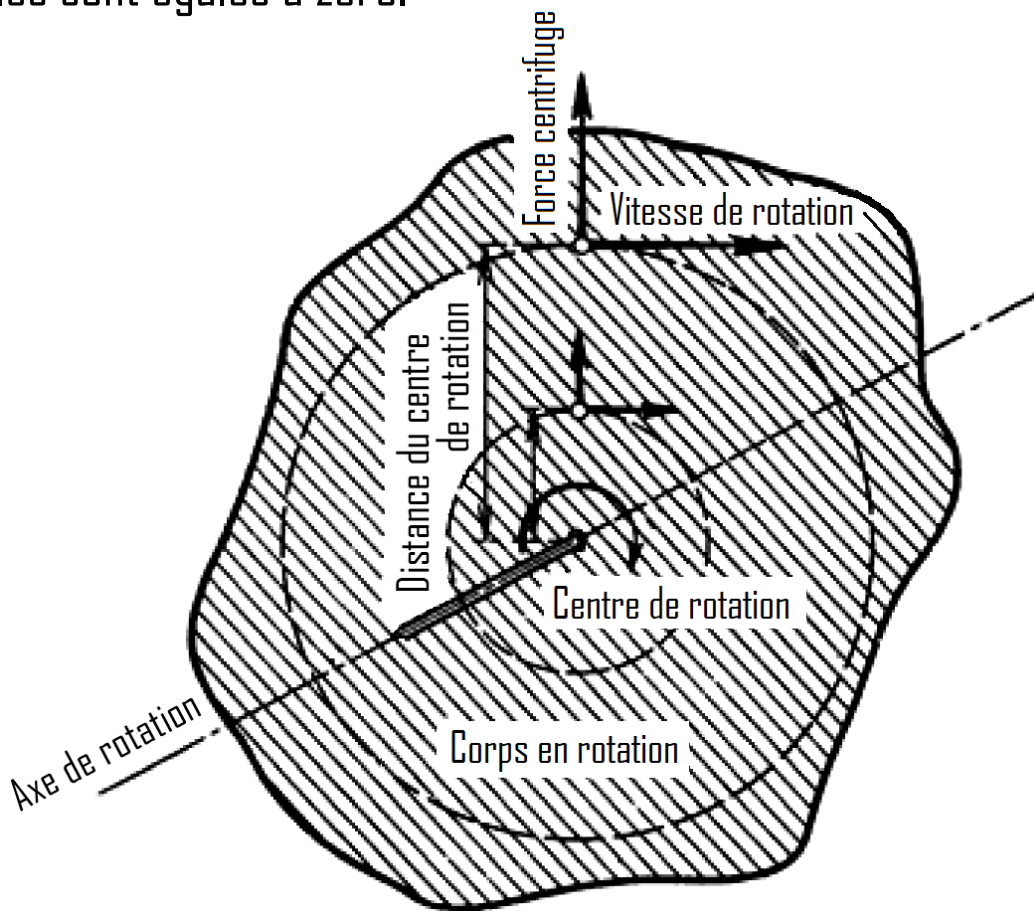


Fig. 83 La vitesse de rotation et la force centrifuge sur un corps en rotation.

En conséquence, la partie tournante de la station spatiale doit être conçue de manière à ce que son sas à air et les connexions des câbles soient au milieu de l'ensemble : dans l'axe de rotation, car le mouvement y est minimal. Et les parties dans lesquelles on veut engendrer la pesanteur par la force centrifuge sont situées loin de l'axe : sur la circonférence, car c'est là que la force centrifuge est la plus forte.

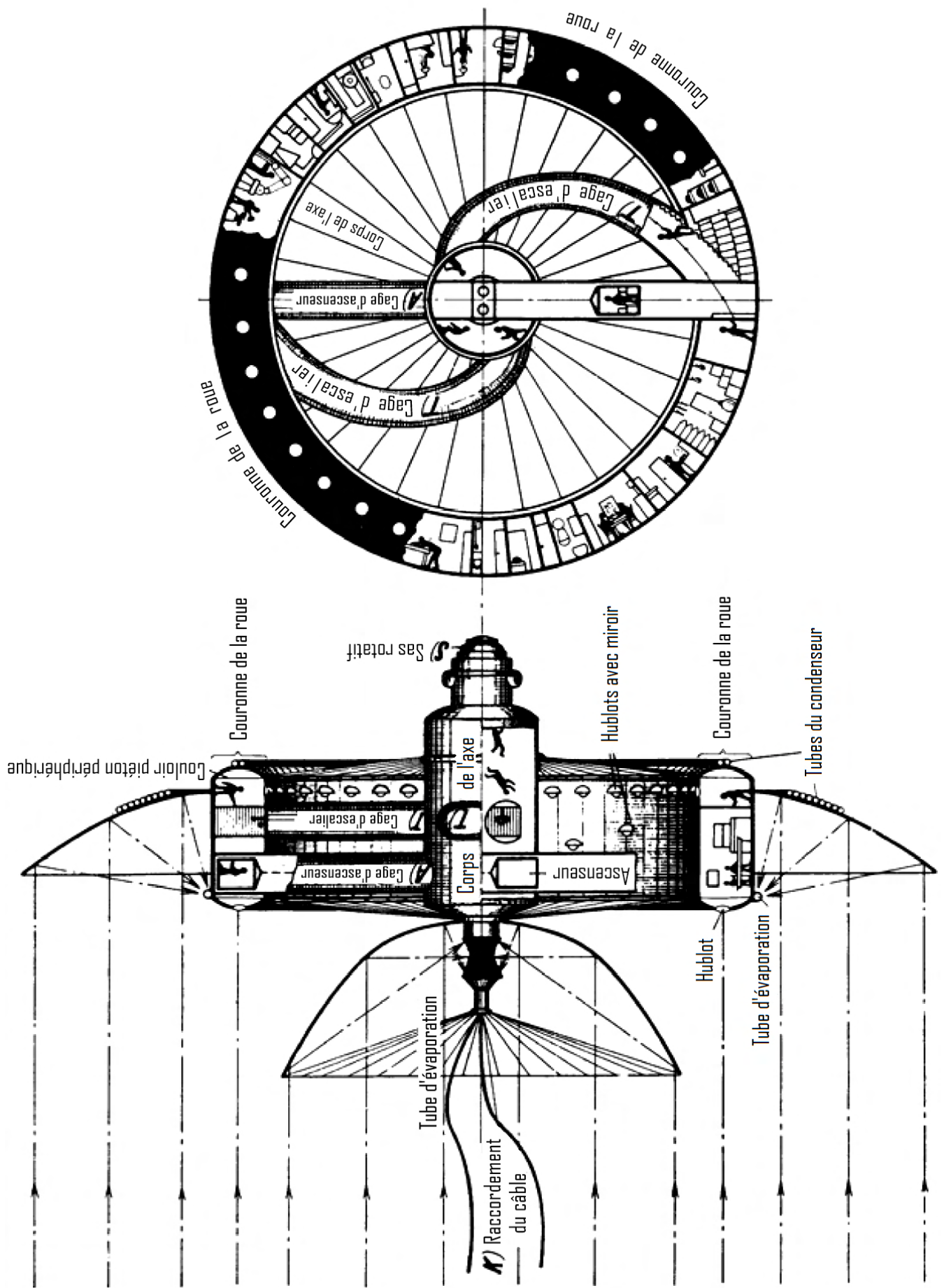


Fig. 84. La roue d'habitation. A gauche : coupe axiale. A droite : coupe partielle, vue du côté constamment tourné vers le Soleil, sans miroir collecteur,

Mais la meilleure façon de répondre à ces conditions est de disposer l'ouvrage sous la forme déjà évoquée d'une grande roue (fig. 84, 89 et 90) : La couronne de cette roue est elle-même constitué de compartiments assemblés et a la forme d'un anneau rattaché par des rayons métalliques à son axe. Son intérieur est divisé par des cloisons en différentes pièces individuelles, toutes accessibles depuis un large couloir qui en fait le tour et qui est fermé sur lui-même. Il y a des chambres individuelles, des dortoirs plus grands, des salles de travail et d'étude, une salle à manger, un laboratoire, un atelier, une chambre noire, etc., ainsi que les pièces attenantes habituelles telles que la cuisine, la salle de bains, la buanderie, et ainsi de suite. Tout est équipé d'un confort moderne ; les conduites d'eau chaude et froide ne manquent pas non plus. En général, les pièces ressemblent à celles d'un navire de haute mer moderne. Ils peuvent en effet être aménagés sans problème comme sur la Terre, car il y règne un état de gravité terrestre presque normal.

Mais pour que cela se produise, l'ensemble de la structure doit tourner de manière, à effectuer une rotation complète en 8 secondes environ dans le cas d'un diamètre de 30 mètres par exemple ; car il en résulte alors une force centrifuge dans la couronne de la roue, qui est tout aussi grande que la force gravitationnelle à la surface de la Terre.

Mais alors que cette dernière agit vers le centre, les forces centrifuges sont au contraire dirigées à l'opposé du centre. C'est pourquoi, dans le cas de la roue d'habitation, « l'aplomb » (inversé à celui de la Terre) signifie : la direction radiale depuis le centre (c'est à dire de l'axe de rotation) vers l'extérieur (fig. 85). Donc, « en bas » pointe maintenant vers la circonférence qui est aussi la partie « la plus basse », et « au dessus » pointe vers l'axe et en même temps le point « le plus haut » de ce corps céleste artificiel. Du à la petite taille de cette même roue, le tracé radial de la direction d'aplomb, qui ne prend généralement pas tout son sens sur Terre en

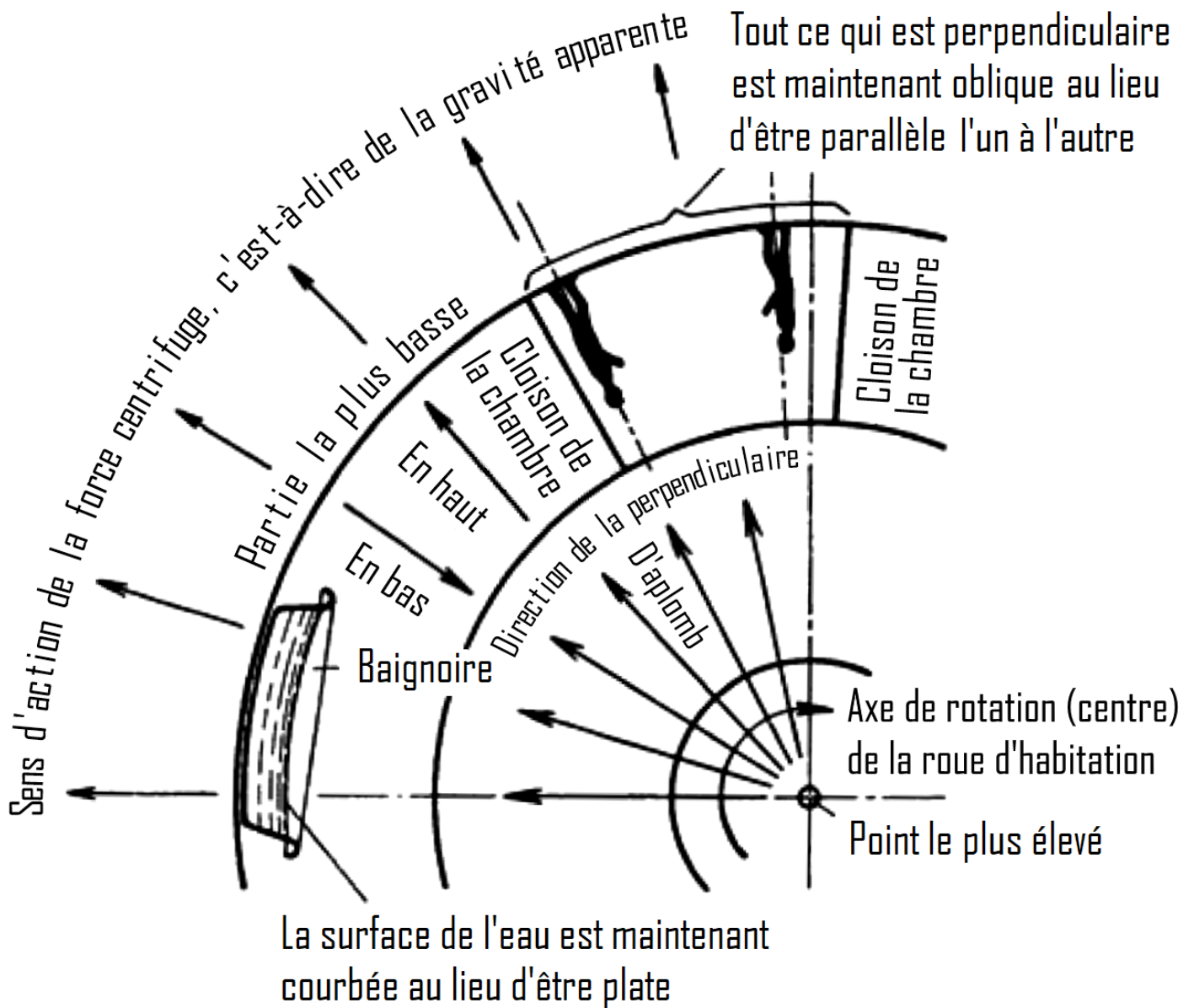


Fig. 85. Relations directionnelles dans la roue d'habitation.

raison de sa grande taille, est déjà clairement évident. La conséquence en est que tout ce qui est « vertical » (comme les personnes debout, les cloisons des pièces, etc.) est maintenant incliné au lieu d'être parallèle les uns aux autres et que tout ce qui est « horizontal » (par exemple la surface de l'eau de la baignoire) apparaît courbé au lieu d'être plat (voir fig. 85).

Une autre particularité est que la vitesse angulaire et la force centrifuge en raison du fait qu'elles diminuent lorsque l'on se rapproche du centre de rotation (fig. 83), sont un peu plus petites pour la tête que pour les pieds d'une personne debout dans la roue d'habitation (avec un diamètre de roue

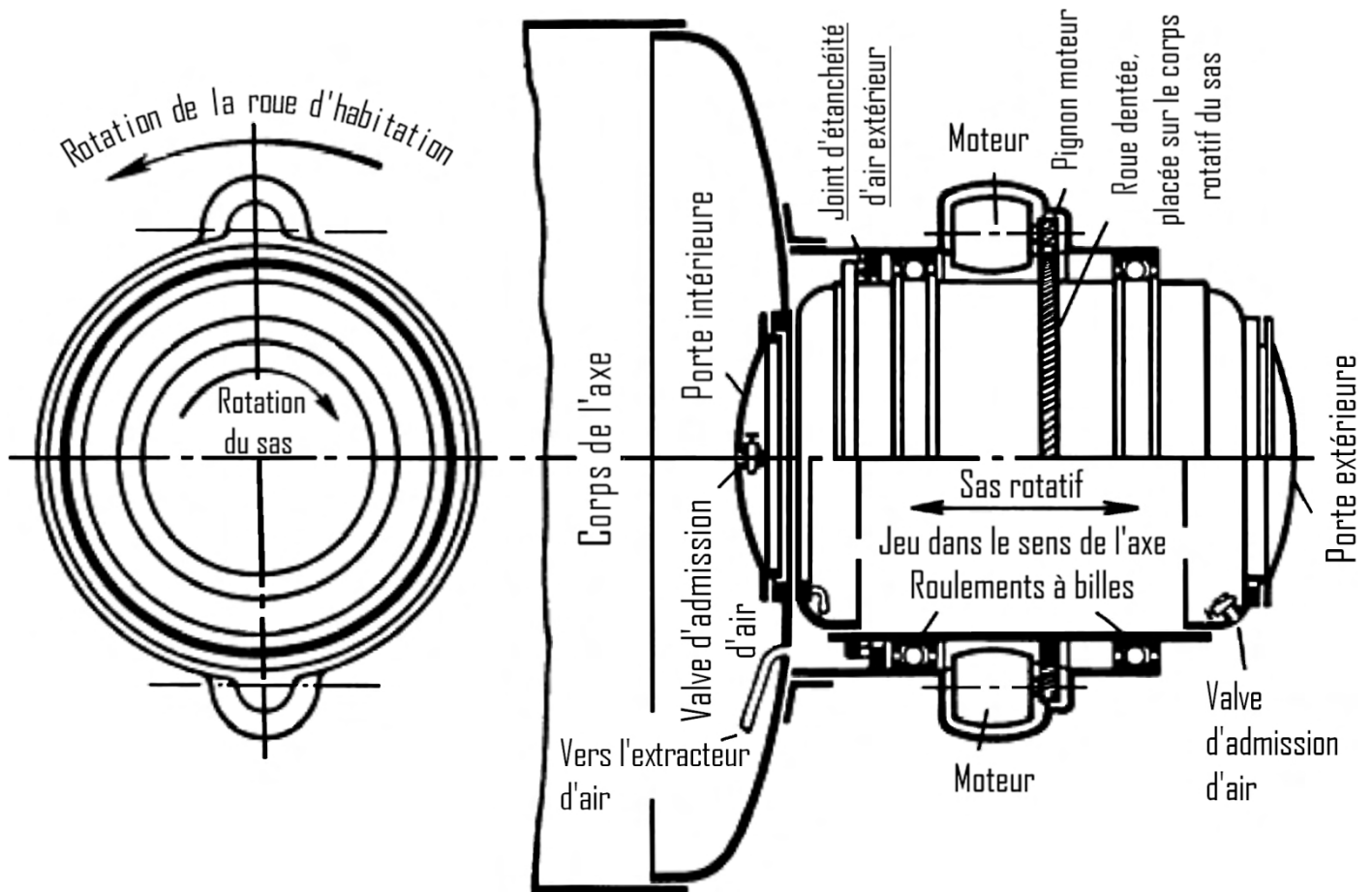


Fig. 86. A gauche : vue de face de la porte extérieure du sas à air rotatif de la roue d'habitation. A droite : coupe axiale du sas à air rotatif de la roue d'habitation (voir fig. 84 et texte bas de page 170). Les roulements à billes sont conçus de manière à permettre un jeu dans le sens axial, ce qui permet de fermer ou de libérer le joint d'étanchéité à l'air extérieur qui relie hermétiquement le sas à l'intérieur de la roue d'habitation lorsque la porte intérieure est ouverte.

de 30 mètres, environ $1/9^{\text{ème}}$). Les différences dans les forces centrifuges sont peu susceptibles d'être perceptibles, mais celles des vitesses angulaires devraient être perceptibles dans une certaine mesure, à savoir lors de l'exécution de mouvements de haut en bas (c'est-à-dire de course radiale) tels que lever la main, la poser, etc.

Cependant, tous ces phénomènes sont d'autant moins importants que le diamètre de la roue est important. Dans le cas précédemment choisi (un diamètre de 30 mètres), seule une faible quantité de celle-ci serait ressentie.

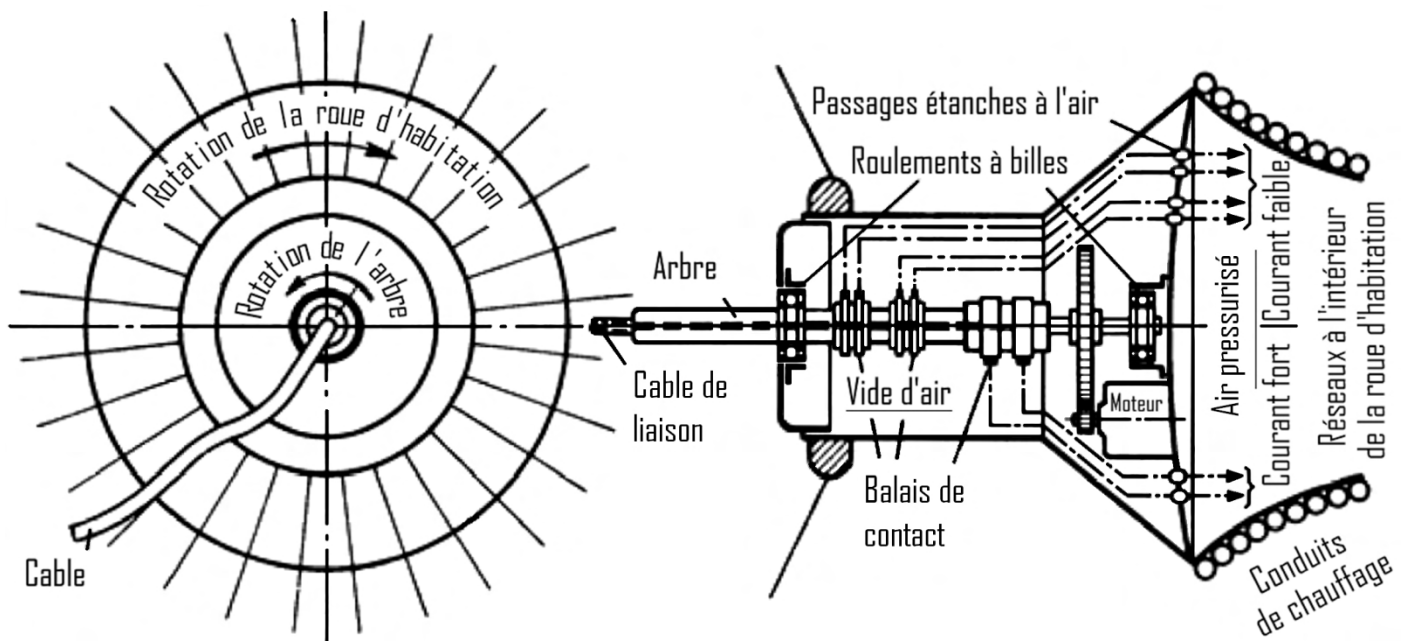


Fig. 87. A gauche : vue de face de la connexion par câble de la roue d'habitation. A droite : coupe axiale de la connexion par câble de la roue d'habitation (voir fig. 84, K et texte pages 171 et 172).

Puisque les dispositifs de connexion au monde extérieur sont installés dans la zone axiale (parce c'est là-bas qu'il y a le moins de mouvement !), le corps de l'axe forme le « vestibule » de l'ensemble de la roue, pour ainsi dire. Il a une forme cylindrique. A ses deux extrémités (autour des points où il est traversé par l'axe de rotation théorique) le sas à air est disposé d'un côté et la liaison par câble de l'autre (fig. 84, S et K).

Le sas à air est ici rendu rotatif pour faciliter la transition entre le mouvement de rotation de la roue d'habitation et l'état de repos de l'espace (fig. 86). Lors d'une « sortie », il reste immobile par rapport à la roue d'habitation (c'est à dire que le sas tourne par rapport à l'espace). L'on peut donc facilement passer de la roue d'habitation au sas à air. Maintenant, ce dernier est lentement mis en rotation par le moteur électrique - en sens opposé à la rotation de la roue d'habitation - jusqu'à ce qu'il atteigne la même vitesse de rotation qu'elle. Il s'immobilise donc par rapport à l'espace et peut maintenant être quitté comme si la roue d'habitation ne tournait pas du tout. Pour « l'entrée », le processus est inversé.

Avec un peu de pratique, il est toutefois également possible de se passer de faire tourner le sas à air, car la roue d'habitation ne tourne de toute façon que relativement lentement (un tour complet en 8 secondes environ, dans le cas précédent d'un diamètre de roue supposé de 30 mètres).

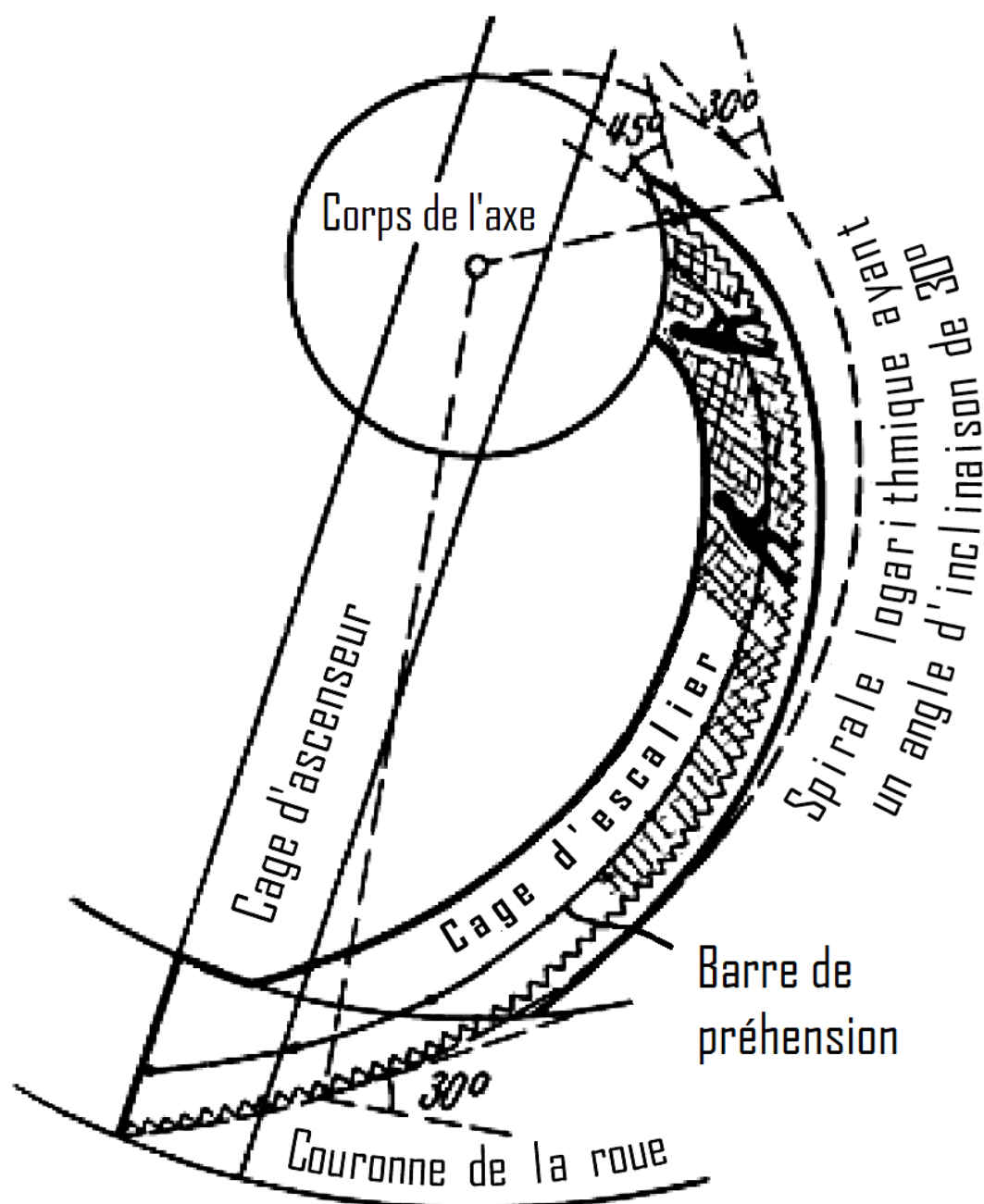


Fig. 88. La cage d'escalier de la roue d'habitation.

La connexion du câble situé de l'autre côté du corps axial est également conçue selon un principe similaire pour empêcher le câble d'être tordu par la rotation de la roue d'habitation. Ce dernier part donc de l'extrémité d'un

arbre (fig. 87), qui est disposé dans l'axe de rotation théorique de la roue d'habitation et qui est entraîné en permanence par un moteur électrique de telle sorte qu'il tourne exactement au même régime que la roue d'habitation - mais dans un sens de rotation inverse. Par conséquent, l'arbre est toujours au repos par rapport à l'espace. Le câble qui en sort ne peut donc pas être réellement affecté par la rotation de la roue d'habitation.

La liaison entre le corps de l'axe et la couronne est assurée par des escaliers et des ascenseurs électriques logés dans des cages tubulaires spécifiques. Ces dernières font fonctionner les ascenseurs « verticalement », c'est-à-dire radialement (fig. 84, A). En revanche, dans le cas des escaliers qui doivent être inclinés, ils sont courbés en spirales logarithmiques - compte tenu de la divergence de la direction perpendiculaire - mais ils deviennent progressivement plus raides (fig. 88 et 84, T) « vers le haut » (le centre), conformément à l'effet de la gravité (force centrifuge), qui y diminue de plus en plus. En utilisant les escaliers ou les ascenseurs avec une lenteur appropriée, la transition entre l'état de gravité régnant dans la couronne de la roue et l'apesanteur de l'espace peut être effectuée progressivement à souhait.

La roue d'habitation est alimentée en lumière, chaleur, air et eau de la manière indiquée précédemment pour la station spatiale en utilisant l'équipement technique qui y est décrit. A la seule différence que la paroi de la couronne de la roue qui est constamment tournée vers le Soleil contribue également à l'échauffement de la roue d'habitation* elle est donc colorée en noir mat (fig. 89 et 84), en contraste avec la finition miroir parfaite des autres surfaces extérieures de la roue. Il y a aussi une petite centrale solaire, suffisante pour les besoins d'urgence de la roue d'habitation.

* Bien entendu, cela pourrait également être supprimé et on pourrait aussi effectuer le chauffage de la roue d'habitation uniquement au moyen d'un chauffage à air. La couronne de la roue d'habitation devrait alors être aussi brillante qu'un miroir.

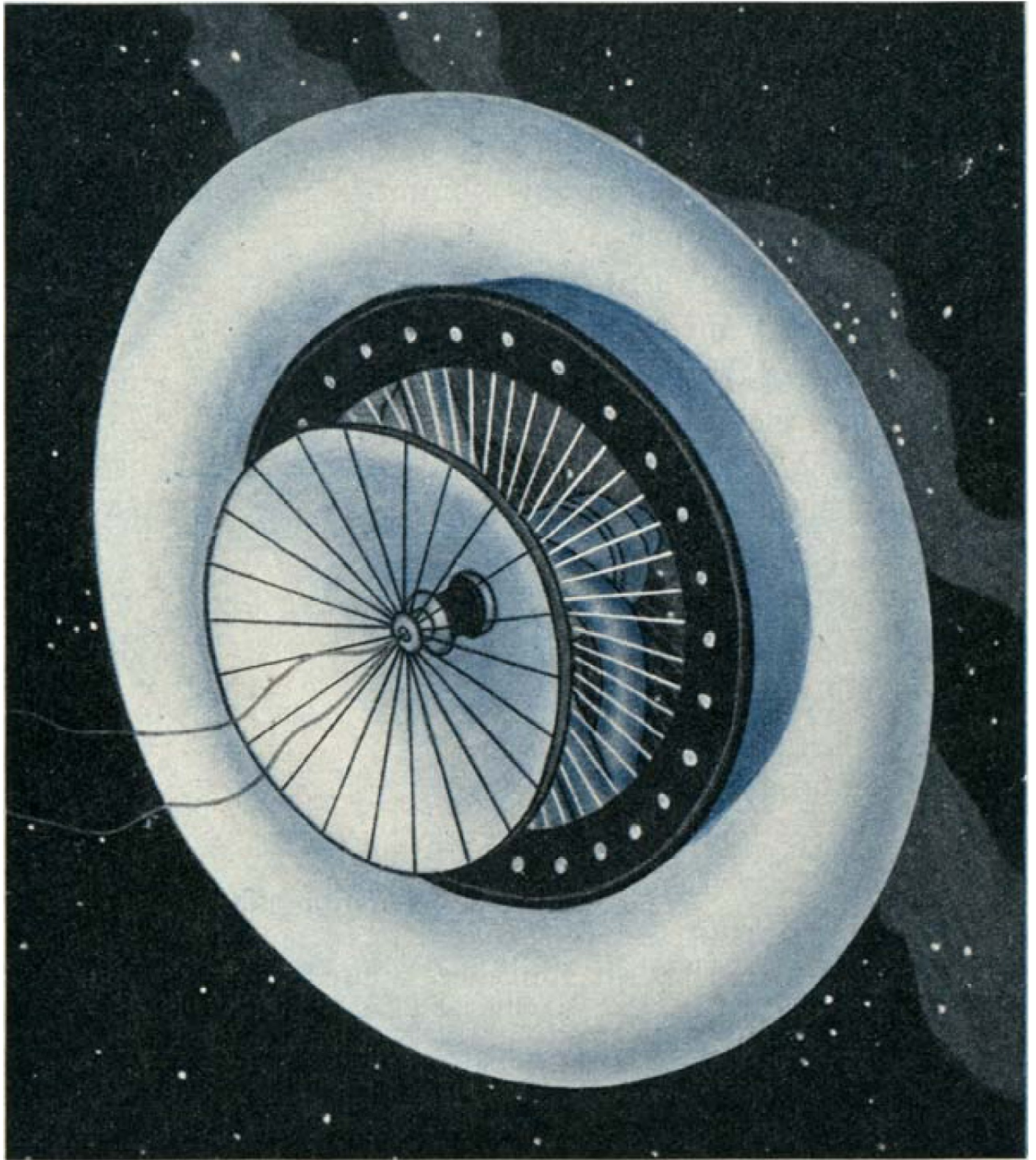


Fig. 89. Vue d'ensemble du côté ensoleillé de la roue d'habitation. Le miroir collecteur central pourrait également être supprimé et remplacé par un agrandissement correspondant du miroir extérieur.

Tous les magasins et réservoirs d'air, d'eau, de nourriture et autres provisions nécessaires sont situés dans la couronne de la roue, de même

que tous les équipements mécaniques. Les miroirs concaves, les générateurs de vapeur et les tubes condenseur de couleur noire mate qui sont associés à ces équipements mécaniques sont convenablement fixés à l'extérieur de la roue d'habitation et tournent avec elle (fig. 84, 89 et 90).

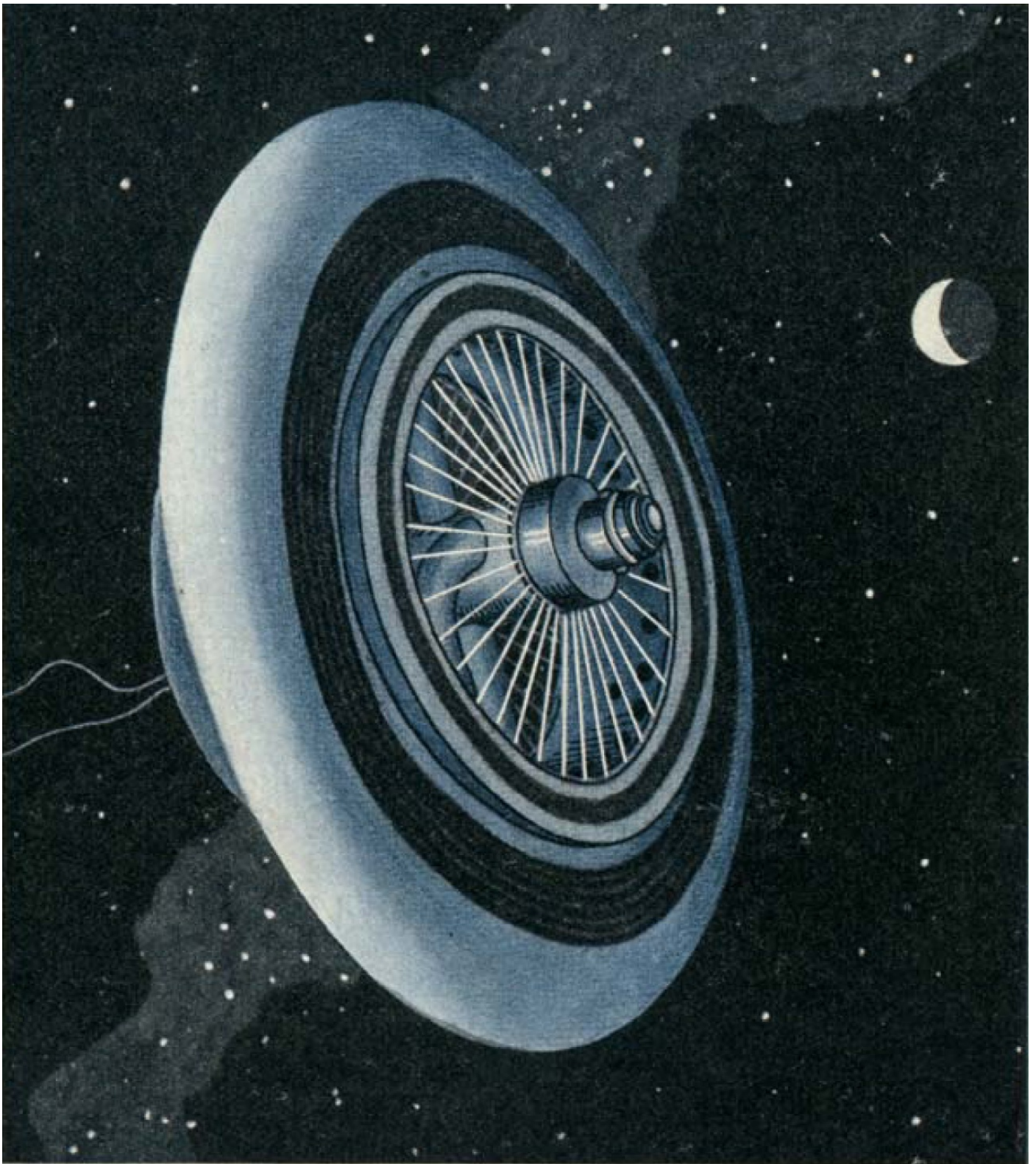


Fig. 90 Une vue d'ensemble du côté ombragé de la roue d'habitation.

Enfin, des moteurs de pivotement et de propulsion sont également prévus, qui, en plus des objectifs déjà mentionnés, servent ici aussi à générer le mouvement de rotation de la roue d'habitation, à pouvoir l'arrêter à nouveau ou à avoir un effet régulateur sur celle-ci.

L'observatoire et la salle des machines

La pensée directrice qui a présidé la conception de la roue d'habitation, à savoir créer des conditions de vie aussi favorables que possible, doit céder la place dans le cas de l'observatoire et de la salle des machines, à l'exigence principale de rendre ces objets adaptés à remplir leurs fonctions particulières, c'est pourquoi, comme cela a déjà été mentionné, nous avons renoncé à supprimer l'état d'apesanteur dans ces objets.

Ce qui est particulièrement important pour l'observatoire (fig. 91), c'est que l'on peut facilement lui donner n'importe quelle position dans l'espace en fonction des observations à faire. Il doit donc être complètement indépendant, quelque soit sa position par rapport au Soleil. C'est-à-dire qu'il ne doit comporter aucun des dispositifs à énergie solaire décrits précédemment. C'est pourquoi la ventilation et le chauffage de l'observatoire, ainsi que son alimentation en électricité sont assurés par la salle des machines. A cette fin les deux objets sont reliés par une conduite flexible en plus d'un câble (fig. 91 et 92). Cependant, des précautions ont été prises pour que la station spatiale puisse être ventilée de manière autonome en cas d'urgence, à l'aide de cartouches nettoyantes et de manière similaire à celle habituellement utilisée avec les combinaisons de plongée modernes.

Dans l'observatoire il y a : avant tout, selon sa vocation, les installations d'observation à distance, et toutes les commandes relatives à actionner, comme par exemple celles du miroir spatial (voir page 178). Enfin, il y existe aussi un laboratoire de recherches en état d'apesanteur.



Fig. 91. Exemple de réalisation d'observatoire. Il a approximativement la forme d'une chaudière en raison de la surpression interne de 1 atmosphère. On peut voir le sas à air, les deux câbles électriques (à gauche), le tuyau d'air flexible (à droite) et les hublots d'éclairage.

La salle des machines est destinée à abriter les plus importantes installations mécaniques et électriques communes à l'ensemble de l'observatoire spatial, notamment celles utilisées pour la pleine exploitation des rayons solaires. Elle contient donc en premier lieu la centrale solaire principale, y compris la batterie de stockage. Elle abrite également l'ensemble des appareils de la grande station radio et enfin un système de ventilation qui fonctionne aussi pour l'observatoire.

L'apport en énergie solaire est fourni par un puissant miroir concave (fig. 93) solidement relié au bâtiment. Les tuyaux d'évaporation et de chauffage sont situés dans la zone du foyer de ce miroir tandis que les tuyaux du condenseur et de refroidissement sont situés à l'arrière.

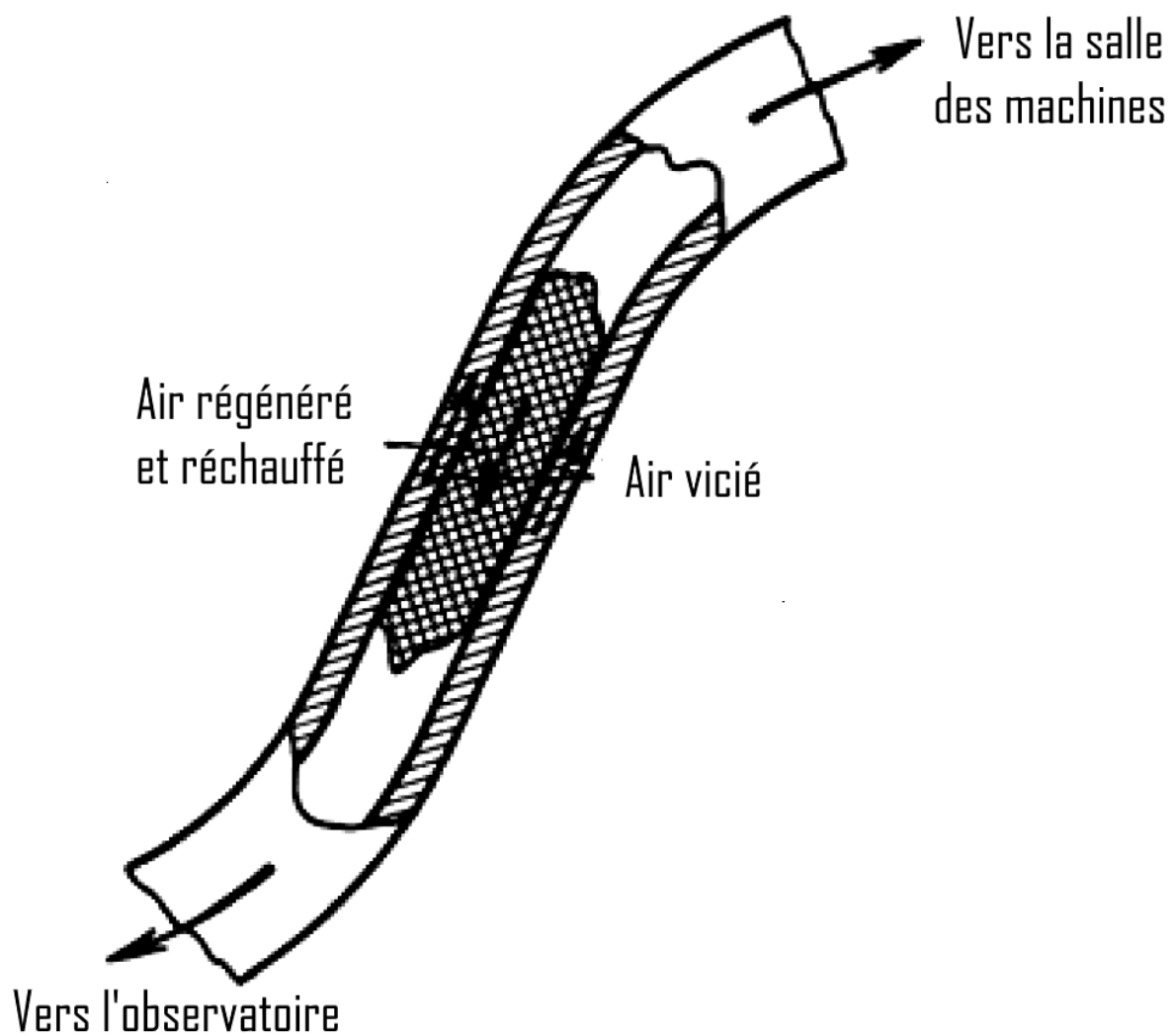


Fig. 92. Le tuyau flexible reliant l'observatoire au système de ventilation de la salle des machines.

La position de la salle des machines est donc fixée à l'avance : elle doit toujours être maintenue de manière à ce que le miroir collecteur absorbe entièrement les rayons du Soleil par sa face avant.

L'éclairage de l'observatoire et de la salle des machines est effectué de la manière déjà décrite en général pour la station spatiale. Les surfaces extérieures des bâtiments sont complètement lisses comme un miroir afin de réduire le refroidissement. Enfin, les deux objets sont également équipés de moteurs de positionnement et à réaction.

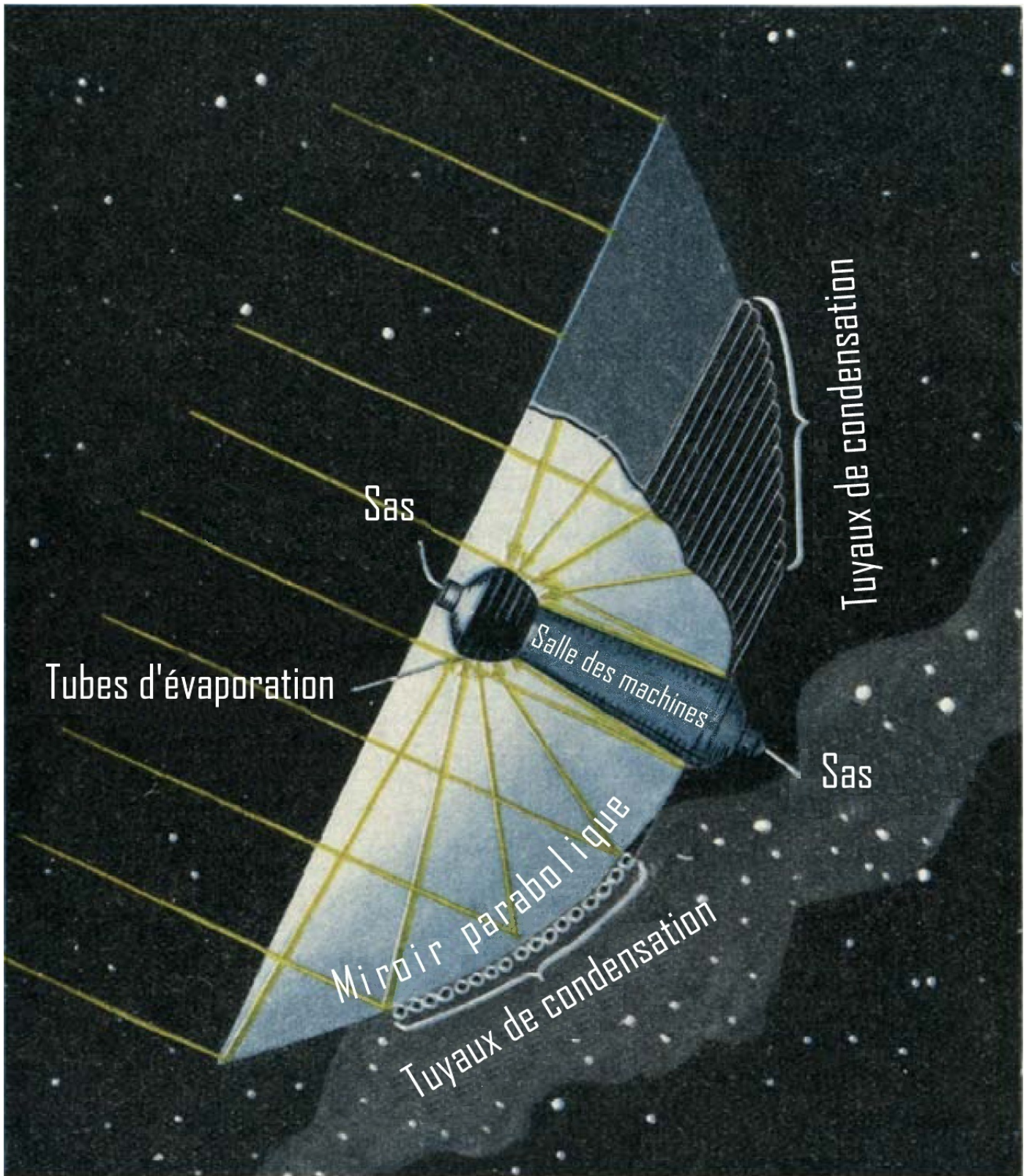


Fig. 93. Exemple de disposition de la salle des machines, représentée en coupe axiale.

Cependant, il n'y a pas de cuisines, de systèmes de purification d'eau, d'installations de lavage et autres en raison du comportement très incommode des liquides en état d'apesanteur. La roue d'habitation est là pour l'alimentation et l'hygiène personnelle. Quelle que soit la nourriture et la boisson nécessaires dans l'observatoire et la salle des machines, chaque personne doit l'emporter depuis la roue d'habitation déjà préparé de manière adaptée à l'état d'apesanteur.

Assurer les communications longue distance et la sécurité

La communication entre les différents objets du complexe spatial s'effectue de la manière déjà indiquée au moyen de signaux lumineux ou par radio, soit enfin par fils électriques. En conséquence, les trois objets sont équipés de leurs propres stations de radio locales et sont également reliés les uns aux autres par des câbles, qui servent également à transmettre du courant fort.

Enfin, chacun des trois objets est équipé de réserves de nourriture, d'oxygène, d'eau, de chauffage et d'électricité (stockées dans des batteries de secours) de manière à pouvoir, si nécessaire, accueillir l'ensemble de l'équipage de la station spatiale pendant un certain temps si par exemple à cause d'un accident les deux autres objets doivent devenir inutilisables en même temps. Ainsi, la tripartition de la station spatiale, prévue pour des raisons techniques, apporte également une contribution significative à la sécurité. Afin d'augmenter encore cette dernière, on a veillé à ce que non seulement chaque objet puisse entrer en contact avec la Terre en utilisant la grande station radio mais aussi de façon autonome, en utilisant ses propres dispositifs de miroirs clignotants.

Partition de la station spatiale en 2 objets

Au lieu de 3 parties, on pourrait également aménager la station spatiale en seulement 2 objets, à savoir en combinant la roue d'habitation et la salle des machines. En principe, cela serait possible car la position de ces deux objets dans l'espace n'est déterminée de la même manière que par la direction des rayons solaires.

Si l'on veut éviter que le miroir de la salle des machines accompagne pleinement la rotation de la roue d'habitation, qui est relativement rapide pour sa taille, alors on pourrait par exemple faire tourner la roue d'habitation et la salle des machines (y compris son miroir) ensemble autour d'un axe de rotation commun - mais dans le sens inverse l'un de l'autre. Ou bien on pourrait combiner entièrement la roue d'habitation et la salle des machines en une seule structure et laisser le grand miroir de la salle des machines tourner autour de son axe de rotation dans le sens opposé.

A titre d'exemple voici les avantages :

1. La circulation au sein de la station spatiale sera simplifiée.
2. Les mesures nécessaires pour compenser l'attraction de masse mutuelle des objets lorsqu'ils sont disposés séparément sont omises entre la roue d'habitation et la salle des machines.
3. La rotation de la roue d'habitation peut maintenant être générée, modifiée et arrêtée par la puissance du moteur au lieu des propulseurs habituels - c'est-à-dire sans utilisation de propergol ; car toute la salle des machines ou le grand miroir de celle-ci est désormais disponible à cet effet en tant que « contremasse » (d'où le sens de rotation inverse de celle-ci).

Cependant, ces avantages sont contrebalancés par l'inconvénient du fait que des difficultés de conception non négligeables, quoique résolubles, surviennent. Nous voulons ici nous abstenir de détailler plus en avant cette manière d'agencer la station spatiale afin de ne pas trop compliquer la représentation que nous avons obtenue jusqu'à présent.

La combinaison spatiale

Tant pour la construction que pour le fonctionnement de la station spatiale il est aussi nécessaire de pouvoir rester à l'extérieur dans l'espace, en dehors des modules fermés de la station spatiale (pour la circulation entre chaque objet, depuis les vaisseaux spatiaux, les travaux divers, etc.). Étant donné que cela n'est possible qu'avec l'aide des combinaisons spatiales déjà mentionnées précédemment, nous devons également les traiter plus en détail.

Comme déjà mentionné, elles sont similaires aux combinaisons des plongeurs modernes ou de protection contre les gaz. Cependant, l'enveloppe qui la compose ne doit pas seulement être étanche à l'air comme ces dernières : elles doivent être résistantes aux influences extérieures et conçue de manière à permettre autant que possible des mouvements sans restriction. Dans le cas des combinaisons spatiales, elle doivent également avoir une résistance à l'étirement élevée, car à l'intérieur il y a une pression de gaz (surpression de l'air par rapport au vide spatial) de une atmosphère pleine, et elle doit également être capable de résister à des températures extrêmement basses, identiques à celles qui peuvent résulter de la déperdition de chaleur dans le vide spatial, sans pour autant devenir cassante ni perdre de sa résistance. Il n'y a donc aucun doute sur le fait que des exigences très importantes sont imposées au matériau d'une telle combinaison spatiale.

Dans tous les cas, la question la plus difficile est de savoir comment se protéger du froid, c'est-à-dire, pour le dire plus correctement : la tâche la plus difficile est de maintenir la perte de chaleur par rayonnement dans des limites tolérables. Il faut donc s'efforcer de limiter au maximum la capacité de rayonnement de l'enveloppe. Le meilleur moyen d'atteindre cet objectif serait de rendre l'extérieur de la combinaison entièrement brillante comme un miroir. Il serait préférable pour atteindre cet objectif de rendre la combinaison complètement lisse comme un miroir à l'extérieur. Mais il faudrait alors qu'elle soit ou entièrement en métal, ou au moins en être recouverte. Mais peut-être qu'un matériau souple, convenablement préparé et insensible à un fort refroidissement suffirait également comme revêtement, à condition qu'il soit coloré en blanc brillant à l'extérieur et lissé autant que possible.

Toutefois l'avantage d'une telle combinaison en termes de liberté de mouvement ne devrait pas être très conséquent ; car même si le revêtement utilisée est souple en soi, il serait rigide - parce que la combinaison est gonflée par la surpression interne, c'est-à-dire bombée - de sorte qu'il faudrait tout de même prendre des précautions particulières pour obtenir une mobilité suffisante, les mêmes qu'avec une enveloppe constituée d'un matériau solide, par exemple en métal. Étant donné qu'il existe déjà de nombreuses expériences dans la conception de telles combinaisons rigides issues de la plongée blindée moderne, et que l'on pourrait peut-être leur donner une structure similaire à celle des scaphandres métalliques, la construction entièrement métallique semblerait être la plus favorable.

Nous supposons donc que les combinaisons spatiales sont conçues de cette manière. Leur refroidissement dû au rayonnement thermique est empêché autant que possible par une brillance parfaite extérieure. Une doublure spéciale de l'ensemble de la combinaison assure également une isolation thermique étendue. Si, après un très long séjour à l'extérieur, le

refroidissement est néanmoins perceptible, le rayonnement du côté de la combinaison spatiale qui est à l'ombre du Soleil est contrecarré au moyen de miroirs.

L'alimentation en air est similaire à celle des scaphandres de plongée modernes. Les bouteilles d'oxygène et les cartouches de purification d'air nécessaires à cet effet se trouvent dans un sac à dos en métal à l'arrière.

Du fait que la communication vocale à travers le vide spatial n'est possible que par téléphones et qu'une connexion avec des fils électriques ne serait pas pratique pour cela, les combinaisons spatiales sont équipées d'appareils de communication radio : un petit appareil à tube transistor qui agit comme émetteur-récepteur alimenté par des accumulateurs est également à cet effet installé dans le sac à dos. Le microphone et les écouteurs sont intégrés au casque. Un fil métallique convenablement attaché au métal de la combinaison sert d'antenne. Étant donné que chaque objet de la station spatiale est aussi équipé pour des communications radiophoniques locales, les personnes en apesanteur à l'extérieur peuvent aussi parler avec celles présentes à l'intérieur des modules spatiaux, comme elles le feraient dans une pièce remplie d'air - cependant, non pas par le biais de l'air, mais par ondes électromagnétiques.

Pour particulièrement se prémunir contre le danger déjà mentionné de « dériver dans l'espace extra-atmosphérique » lors d'une sortie, les stations de radio locales sont également équipées de dispositifs d'alarme très sensibles, qui répondent aux éventuels appels de secours des combinaisons spatiales même à de grandes distances.

Afin d'éviter les interférences mutuelles, différentes ondes sont naturellement définies pour les différents canaux de communication radio locale, qui peuvent être facilement sélectionnées sur l'équipement radio des combinaisons spatiales.

De petits appareils à réaction contrôlés manuellement sont utilisés pour permettre de se déplacer à volonté. Leurs réservoirs d'ergols sont également dans le sac à dos avec les autres appareils déjà mentionnés

Le voyage vers la station spatiale

La circulation entre la Terre et la station spatiale est assurée par des fusées spatiales identiques à celles déjà décrites dans la première partie de cet ouvrage. Nous pouvons le compléter en se faisant une image des grandes lignes d'un tel voyage :

Le vaisseau spatial est préparé et mis en place sur Terre. On entre dans la cabine de pilotage, un petit compartiment situé à l'intérieur de son fuselage servant à loger le pilote et les passagers. La porte est fermée hermétiquement de l'intérieur. Nous devons nous allonger dans des hamacs.

Quelques gestes de pilotage du navigateur, une légère secousse du vaisseau et l'instant d'après nous nous sentons lourd comme du plomb, les cordes du hamac s'enfoncent presque douloureusement dans le corps, respirer devient un effort, lever un bras est une épreuve de force : l'ascension a commencé. Le moteur à réaction fonctionne et nous soulève avec une accélération de 30 m/sec^2 , que nous avons ressentis comme une augmentation de notre poids de quatre fois sa valeur normale. Rester debout sous cette charge, aurait été impossible.

Cela ne dure pas longtemps - la sensation de lourdeur accrue cesse un instant, pour recommencer à nouveau immédiatement après. Le pilote explique qu'il vient de désamarrer la première sous-fusée qui est maintenant épuisée et qu'il a démarré la deuxième.

Mais bientôt de nouvelles manœuvres sont effectuées : Comme nous l'indique le navigateur, nous avons déjà atteint la vitesse de montée maximale nécessaire. Par conséquent, le véhicule a été incliné de 90° pour que

le propulseur fonctionne maintenant dans le sens horizontal afin d'encore nous amener à la vitesse orbitale nécessaire.

Nous l'avons déjà atteinte. Seules quelques minutes se sont écoulées depuis le départ, mais cela nous semble déjà interminable de devoir supporter l'état épuisant de gravité accrue. A présent la pression qui s'exerce sur nous diminue progressivement. D'abord, nous ressentons un soulagement apaisant, mais ensuite – une peur oppressante : nous croyons que nous sommes en train de tomber sans fin dans les profondeurs. Le pilote courageux essaie de nous calmer, il a lentement stoppé le propulseur et notre déplacement n'existe plus qu'en vertu de notre propre force inertielle. Ce que nous ressentons comme une chute n'est rien d'autre qu'une sensation d'apesanteur à laquelle il faut maintenant s'habituer pour le meilleur ou pour le pire. Plus facile à dire qu'à faire, mais comme il n'y a pas d'autre option, nous y parvenons aussi finalement.

Entre-temps, le navigateur a observé attentivement avec ses instruments, consulté ses cartes et tracé des courbes. Le propulseur a été redémarré plusieurs fois pendant de courtes périodes, de petites erreurs de trajectoires ont dû être corrigées.

A présent l'objectif est atteint. Nous avons enfilé les combinaisons spatiales, l'air du poste de pilotage est dépressurisé, la porte est ouverte et devant nous au loin, nous voyons quelque chose de très étrange se découplant sur le ciel d'un noir absolu constellé d'étoiles, le métal du complexe spatial (fig. 94), scintillant sous le Soleil le plus éclatant.

Mais nous avons peu de temps pour nous émerveiller. Notre pilote s'élançe déjà et flotte vers la station spatiale. Nous le suivons, mais pas avec des sensations très confortables : il y a un gouffre de près de 36 000 km jusqu'à la Terre !

Pour le voyage de retour nous retrouvons notre véhicule équipé d'ailes. Celles-ci ont été transportées démontées lors de l'ascension et sont main-

tenant assemblés, ce qui n'a posé aucun problème en raison de l'apesanteur régnante.

Encore une fois, nous entrons dans la cabine du vaisseau spatial. La porte est fermée et l'atmosphère y est pressurisée. Le propulseur commence à fonctionner très faiblement au début : une légère sensation de lourdeur s'installe. A nouveaux nous devons nous allonger dans les hamacs. Puis, petit à petit, le navigateur fait fonctionner d'autres tuyères de sorte que la sensation de lourdeur s'intensifie de plus en plus. Cette fois, nous la ressentons encore plus oppressante qu'auparavant, après avoir été longtemps habitué à l'absence de pesanteur. La propulsion fonctionne maintenant à pleine puissance dans une direction horizontale mais en direction inverse à celle d'auparavant car il est important de réduire suffisamment notre vitesse orbitale et donc la force centrifuge qui nous a porté le long de notre séjour dans la station spatiale, jusqu'à ce que nous tombions librement vers la Terre en une orbite elliptique. Au cours de cette partie du voyage de retour, l'apesanteur règne à nouveau.

Entre-temps, nous nous sommes déjà considérablement rapprochés de la Terre. Peu à peu, nous entrons maintenant aussi dans son atmosphère. La résistance de l'air est déjà perceptible et la partie la plus difficile du voyage commence : l'atterrissage. Car il est maintenant temps de ralentir lentement notre vitesse de déplacement, qui est passée à environ 12 fois la vitesse d'un obus lors de notre chute sur Terre, au moyen de la résistance de l'air afin qu'il n'y ait pas de surchauffe due aux frottements avec l'atmosphère terrestre.

Par précaution, nous avons tous bouclé notre ceinture. Le pilote est entièrement occupé à gérer les ailes et les parachutes, à déterminer la position respective du véhicule, à mesurer la pression atmosphérique et la température extérieure, etc. Pendant des heures, nous faisons ainsi le tour



Fig. 94. La station spatiale complète avec ses 3 objets, vue à travers l'ouverture de la porte d'un vaisseau spatial. En arrière-plan - à 35 900 km - la Terre. Le point médian de sa circonférence est ce point sur l'équateur de la surface terrestre au dessus duquel la station spatiale reste constamment en vol géostationnaire (voir pages 115 à 118). Comme supposé ici, il se situe au méridien de Berlin, à peu près à la pointe sud du Cameroun.

de notre planète à une vitesse vertigineuse : au départ, c'est un vol prograde à une altitude maximale d'environ 75 km ; plus tard, avec une diminution progressive de la vitesse, nous nous rapprochons de plus en plus de la Terre en une longue spirale et atteignons ainsi des couches d'air plus profondes et plus denses ; peu à peu la sensation de pesanteur terrestre se rétablit et notre voyage se transforme en un vol plané normal. Comme dans une course effrénée, la surface de la Terre se défile sous nous. En seulement une demi-heure des océans entiers sont survolés, des continents sont traversés.

Mais le vol ralentit de plus en plus et nous nous rapprochons du sol jusqu'à ce que nous amerrissions finalement près d'un port sur la mer.

Expériences physiques spéciales

A présent, la question importante est de savoir quel bénéfice l'usage du complexe spatial en question pourrait nous apporter ! Oberth a fait un certain nombre de suggestions intéressantes à cet égard, auxquelles il sera fait fréquemment référence dans ce qui suit.

Par exemple, l'on pourrait effectuer des expériences physiques et chimiques spéciales qui nécessitent de grands espaces de vide absolu ou l'absence de gravité et ne peuvent donc pas être réalisées dans des conditions terrestres.

De plus, il serait possible non seulement de générer des températures extrêmement basses de manière plus simple que sur Terre, mais aussi de se rapprocher beaucoup plus du zéro absolu qu'il n'est possible dans nos laboratoires de réfrigération (jusqu'à présent l'on y a atteint environ 1° absolu, c'est à dire -272° Celsius). Car dans la station, en plus du procédé de liquéfaction de l'hélium déjà utilisé à cet effet, il y aurait aussi la possibilité d'un refroidissement poussé par rayonnement dans le vide spatial.

On pourrait ainsi tester le comportement des corps dans un état d'absence presque complète de chaleur, ce qui devrait conduire à des informations extrêmement précieuses sur la structure de la matière ainsi que sur la nature de l'électricité et de la chaleur, tel que le laissent supposer les expériences de ce type menées jusqu'à présent dans nos laboratoires de réfrigération. Mais il en résulterait probablement une utilité pratique. Peut-être même dans une très large mesure. Par exemple l'on peut rajouter aussi le problème de trouver une méthode pour évaluer les énormes quantités d'énergie contenues dans la matière.

Enfin, en ce qui concerne les possibilités particulières qu'offrirait une station spatiale, la question des aurores boréales, puis certains rayons cosmiques et de nombreux autres phénomènes naturels qui n'ont pas encore été entièrement expliqués pourraient probablement également être amenés à être définitivement résolus.

Des télescopes aux dimensions énormes

Comme expliqué précédemment, dans le vide spatial et en raison du manque d'air, il n'y a pas d'obstacle optique à l'utilisation d'appareils d'observations, aussi grands soient-ils. Mais aussi d'un point de vue des techniques de construction, les conditions y sont très favorables en raison de l'apesanteur qui règne. L'énergie électrique nécessaire pour déplacer à distance les appareils ou leurs composants est également disponible dans la station spatiale.

Donc il serait même possible par exemple d'obtenir de manière simple des télescopes réfléchissants d'un kilomètre de long en positionnant des miroirs paraboliques réglables électriquement et flottant dans le vide spatial à une distance appropriée de l'observateur. De tels appareils d'observations ainsi que d'autres semblables seraient même largement supérieurs

aux meilleurs actuellement disponibles sur Terre. Oui, l'on peut dire qu'il n'y a presque aucune limite à leur capacités et donc aussi aux possibilités d'observation à longue distance.

Observation et exploration de la surface terrestre

Avec des télescopes aussi puissants nous serions capable depuis la station spatiale de tout voir à la surface de la Terre, jusque dans les moindres détails. De cette façon, on pourrait apercevoir les signaux optiques émis par la Terre avec les moyens les plus simples et ainsi maintenir en relation des expéditions de recherche avec leur pays d'origine ou suivre constamment leur évolution. On pourrait également découvrir des pays inexplorés, déterminer la configuration de leur sol, obtenir des informations générales sur leurs habitations, leur accessibilité et ainsi fournir un travail préparatoire précieux pour les expéditions de recherche prévues, voire leur fournir des cartes détaillées enregistrées photographiquement du nouveau territoire à parcourir.

Cela indique déjà que la cartographie sera basée sur des fondements complètement nouveaux. Car grâce à la photographie à longue distance la station spatiale pourrait non seulement cartographier des pays entiers et même des continents de la manière la plus simple et pour lesquels l'arpentage aurait sinon nécessité de nombreuses années et des fonds conséquents. Mais aussi produire des cartes détaillées de toutes les échelles dont la précision requise ne pourrait être surpassée, même par le travail le plus consciencieux des géomètres et des cartographes. Ces derniers n'auraient alors pour tâche que d'ajouter ultérieurement la structure des reliefs. Des cartes très précises de toutes les régions du monde encore peu connues peuvent être obtenues sans grand effort, telles que l'Afrique centrale, le Tibet, la Sibérie septentrionale, les régions polaires, etc.

En outre, les routes maritimes importantes pourraient être surveillées - au moins pendant la journée et dans la mesure où la couverture nuageuse le permet - afin de pouvoir avertir les navires en temps utile des dangers tels que les icebergs flottants, l'approche de tempêtes, etc., ou pouvoir signaler les naufrages déjà survenus.

Étant donné que l'ensemble des mouvements des nuages de plus d'un tiers de la surface globale de la Terre peut être visualisé à la fois depuis la station spatiale et que des observations cosmiques qui ne sont pas possibles depuis la Terre pourraient être faites en même temps, des indices complètement nouveaux devraient également apparaître pour les prévisions météorologiques.

Enfin, il convient de souligner la valeur stratégique de telles possibilités d'observations à distance : disposé comme un plan de jeu de guerre, l'ensemble du déploiement et de la zone de combat se trouverait sous les yeux de l'observateur de la station spatiale ! Même en évitant au maximum tout mouvement de jour, l'ennemi ne parviendrait guère à dissimuler ses intentions à de tels « yeux d'Argus ».

L'exploration du monde des étoiles

Mais c'est du point de vue astronomique que les visions les plus grandioses s'offrent à nous pour l'observation à longue distance depuis la station spatiale ; car dans ce cas, en plus de la possibilité de pouvoir utiliser des télescopes de n'importe quelle taille, s'y ajoute l'avantage supplémentaire que les rayons des étoiles arrivent sans aucune atténuation ni altération et que le fond du ciel apparaît complètement noir.

A titre d'exemple, cette dernière circonstance permettrait à toutes les observations solaires qui ne peuvent être effectuées depuis la Terre uni-

quement lors des éclipses solaires totales d'être effectuées simplement en bloquant le disque solaire à l'aide d'un écran noir rond.

Tout notre système solaire, avec toutes ses planètes, planétoïdes, comètes, grandes et petites lunes, etc., pourrait être exploré dans les moindres détails. Les deux corps céleste du système solaire interne qui sont plus les proches du Soleil : Vénus et Mercure, pourraient également être observées tout aussi bien que les planètes du système solaire externe plus éloignées, ce qui comme déjà mentionné, n'est pas possible depuis la Terre en raison du phénomène crépusculaire. Par conséquent, la surface d'au moins tous les astres voisins (Lune, Vénus, Mars et Mercure), dans la mesure où elles nous sont visibles, pourrait être explorée avec précision et également cartographiée par la photographie à longue distance. Même la question de savoir si les planètes sont habitées ou si elles seraient habitables pourrait probablement déjà être finalement résolue de cette manière.

Cependant, les découvertes les plus intéressantes sont susceptibles d'être faites dans le domaine des astres stellaires. Certains des mystères non résolus de ces lointains extrêmes devraient s'éclaircir et notre connaissance du fonctionnement de l'Univers pourrait tellement s'étendre qu'il serait alors possible de tirer des conclusions sur le passé et le sort futur de notre propre système solaire et de la Terre avec une certitude totale.

Outre leurs valeurs propres, tous ces résultats de recherches auraient également la plus grande importance pour le développement futur des voyages spatiaux eux-mêmes. Car une fois que nous connaissons les conditions présentes dans ces zones de l'espace et sur les corps célestes auxquels notre voyage est destiné, alors un voyage spatial n'irait plus dans l'inconnu et devrait aussi ainsi perdre une partie de sa dangerosité.

Un immense miroir flottant

Mais les possibilités d'une station spatiale ne s'arrêtent pas là. Le fait que le Soleil y brille de manière à la fois indéfinie et ininterrompue (hormis d'éventuels courts passages dans l'ombre de la Terre) peut également être utilisé à certaines fins techniques sur la Terre. On pourrait en effet diriger artificiellement les rayons du Soleil depuis la station spatiale, même à grande échelle, vers différentes zones de la surface Terrestre en érigeant des miroirs géants conçus en conséquence qui en feraient le tour en orbite libre en flottant au-dessus d'elle comme le suggère Oberth. .

Selon cela, celui-ci devrait être constitué de segments distincts, disposés de manière à pouvoir être déplacées depuis un emplacement à l'aide d'une commande électrique qui puisse leur attribuer toute position souhaitée par rapport à l'ensemble du miroir. En ajustant les segments du miroir en conséquence, il serait alors possible en fonction des besoins de répartir toute l'énergie solaire réfléchiée par le miroir sur de grandes surfaces terrestre ou de la concentrer sur des points précis de celle-ci, ou enfin, si elle n'est pas utilisée de la laisser rayonner dans l'espace.

Le fait que de tels « miroirs spatiaux » évoluent dans un état d'apesanteur en raison de leur mouvement orbital rendrait leur production beaucoup plus facile. Selon Oberth, un treillis métallique circulaire doit servir de squelette à leur construction et à cet effet être déployé dans l'espace par rotation. Les différents segments, qui devraient être constituées de feuilles de sodium aussi fines que du papier, devraient alors s'inclure dans son maillage. Selon lui, un tel miroir d'un diamètre de 100 km coûterait environ 3 milliards de marks et prendrait environ 15 ans pour être achevé.

En plus de cela, il existe probablement d'autres façons de construire un tel miroir géant flottant. Avec des diamètres plus petits, de peut-être seu-

lement quelques centaines de mètres, il serait certainement possible de donner à l'ensemble une structure suffisamment rigide de sorte qu'il serait alors possible de faire pivoter le miroir dans son intégralité autour de son centre de gravité à l'aide de moteurs d'orientation et d'effectuer ainsi des changements arbitraires de position.

La station spatiale aurait suffisamment d'énergie électrique disponible nécessaire pour commander de tels miroirs. Les leviers de commandes devraient être logés dans l'observatoire et disposées de manière à pouvoir être actionnées durant l'observation effectuée à l'aide du télescope géant, de sorte qu'il serait possible d'ajuster le champ lumineux du miroir sur Terre avec la plus grande précision.

Les avantages de cette installation seraient multiples. Les lacs ou aéroports importants, les grandes gares, voire des villes entières, etc. pourraient être éclairés par la lumière naturelle du Soleil la nuit lorsque la couverture nuageuse le permet. Quelles quantités de charbon pourraient être économisées si, par exemple, Berlin et les autres villes du monde étaient alimentées en lumière de cette manière !

Selon Oberth, avec de très grands miroirs spatiaux il serait également possible de rendre habitables de longues étendues de terre au nord grâce au rayonnement solaire artificiel, de maintenir sans glace les routes maritimes vers les ports du nord de la Sibérie, vers le Spitzberg, etc., ou pour influencer le temps, prévenir les changements soudains du temps, du gel, éviter des tempêtes de grêle par exemple.

Le plus redoutable moyen de combat

Mais comme toute avancée technologique, celle-ci pourrait être utilisée à des fins guerrières et, de surcroît, elle constituerait un moyen de combat bien plus redoutable que tout ce qui a existé jusqu'à présent.

On sait qu'en concentrant les rayons solaires à l'aide d'un miroir concave (de manière similaire qu'avec l'aide d'une loupe), des températures assez importantes peuvent être générées. Même si celui-ci n'a que la taille d'une main il est possible d'enflammer facilement des morceaux de papier ainsi que des copeaux de bois et autres tenus à son point focal (fig. 95).

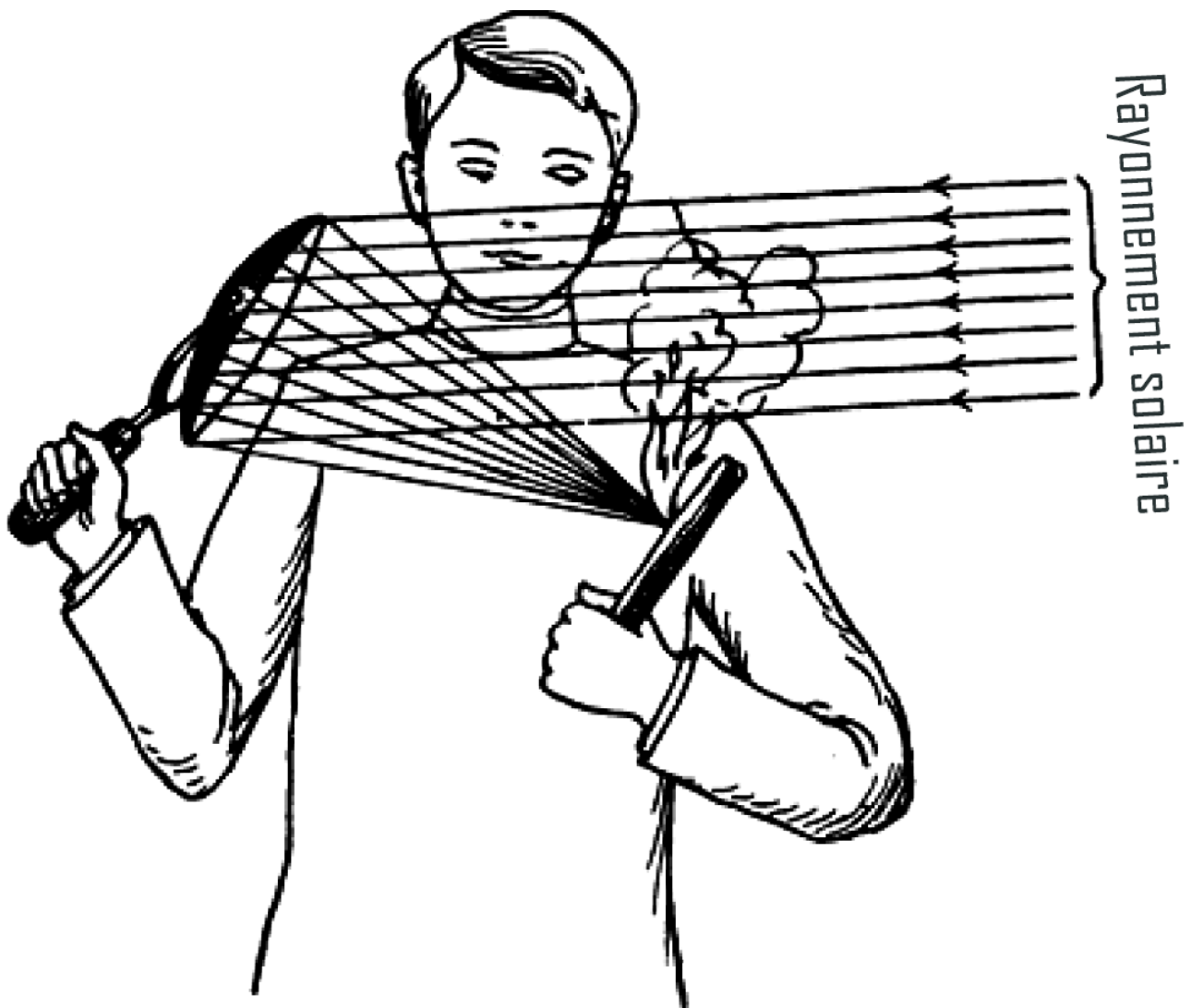


Fig. 95. Embrasement d'un morceau de bois au moyen d'un miroir concave.

Imaginons maintenant que le diamètre d'un tel miroir ne soit pas seulement de 10 cm, mais de plusieurs centaines voire de 1 000 mètres, comme ce serait le cas pour un miroir spatial : l'acier devrait lui aussi fondre et même les matériaux les plus résistants au feu ne pourraient guère résister longtemps à une lumière solaire aussi concentrée.

Et si on imagine à présent aussi que l'observateur de la station spatiale peut, grâce à son puissant télescope, voir l'ensemble de la zone de combat s'étaler devant lui comme un plan géant indiquant les moindres détails, y compris les zones de points d'appuis et l'arrière-pays de l'ennemi avec toutes ses voies d'accès par terre et par mer etc., on peut alors se faire une idée de quelle arme formidable serait un miroir spatial de ce type, guidé par la main de l'observateur en orbite !

Il serait facile de faire exploser les dépôts de munitions de l'ennemi, d'enflammer les lieux de stockage de son matériel de guerre, de transformer les canons, les coupoles de char, les ponts en fer, les voies ferrées des gares importantes, etc. en liquide incandescent. Les trains en marche, les usines importantes pour la guerre, voire des quartiers industriels entiers et de grandes villes pourraient être réduites en cendres. Les troupes en marche ou campées seraient tout simplement carbonisées si l'on faisait glisser sur elles le faisceau de cette lumière solaire concentrée. Et rien ne pourrait empêcher les navires de l'ennemi, aussi puissants soient-ils, d'être détruit, brûlés, comme on extermine la vermine dans leurs cachettes avec un chalumeau, même s'ils se réfugieraient dans les plus solides fortifications maritimes,

Se seraient véritablement des rayons mortels ! Et pourtant rien d'autre que ceux qui donnent la vie, ceux que nous souhaitons tous les jours venant du soleil ; juste un peu « trop de bonnes choses ».

Mais toutes ces horreurs ne se produiraient pas, car aucune puissance n'oserait jamais entrer en guerre avec un peuple qui dispose d'armes aussi puissantes.

Vers les corps célestes étrangers

Dans les considérations précédentes, nous n'avons pas encore quitté le domaine de l'attraction gravitationnelle prédominante de la Terre - pour ainsi dire sa « souveraineté dans l'espace extra-atmosphérique ». Mais qu'en est-il du but réel du voyage spatial : se détacher complètement de la Terre et atteindre des corps célestes étrangers ?

Avant cela, voici une brève image du monde stellaire, considéré du point de vue de la navigation spatiale, c'est-à-dire comme une future zone de voyage. Il s'agit avant tout d'élargir le cadre de notre représentation habituelle. Car si nous voulons considérer l'ensemble de l'Univers comme notre monde, alors ce qui nous apparaissait jusqu'ici comme le monde, c'est à dire la Terre, ne devient plus que notre « plus proche habitat ». Mais pas seulement elle ! Aussi tout ce qu'elle retient avec sa force de gravité, comme la future station spatiale, même la Lune doit encore être considérée dans l'Univers comme faisant partie de notre proche habitat, le « domaine terrestre ». Parce que la distance d'environ 380 000 km qui sépare la Lune de la Terre est si petite par rapport aux autres distances spatiales ! Elle n'est qu'à un millième de la distance des astres qui se trouvent après elle, Vénus et Mars, et même la Terre avec l'orbite entière de la Lune pourraient facilement trouver sa place à l'intérieur de la sphère solaire.

L'ensemble le plus proche de nous dans l'Univers est le système solaire, avec tous ses différents astres qui en font partie. Ce sont les 8 grandes planètes ou astres errants, dont notre Terre fait partie (fig. 96 et 97), ainsi

que de nombreux autres corps célestes de masse pour la plupart beaucoup plus petite : les planétoïdes, les essaims de météores, les comètes périodiques, etc. Parmi ces planètes, Mercure est la plus proche du Soleil, suivie de Vénus, de la Terre, de Mars, de Jupiter, de Saturne, d'Uranus, et la plus éloignée est Neptune. Ainsi, Vénus et Mars sont les corps célestes immédiatement adjacents à la Terre, avec la Lune.

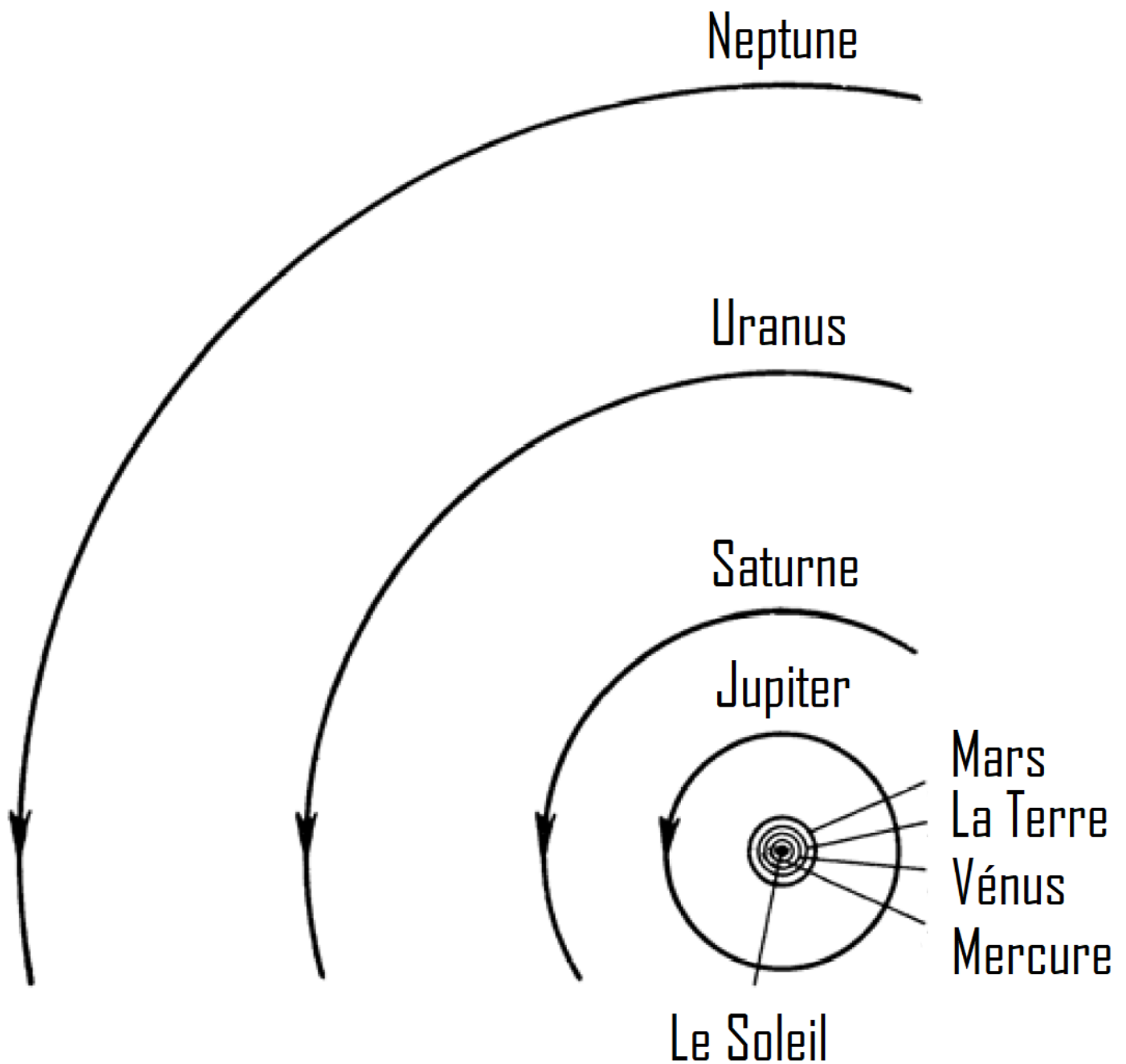


Fig. 96. Croquis des orbites des 8 planètes de notre système solaire avec leurs tailles relatives.

Tous ces corps célestes sont liés en permanence par l'effet d'attraction de masse au Soleil et contraints de constamment l'orbiter - en temps que corps central - sur des orbites elliptiques. Avec lui ils forment pour ainsi dire le « domaine de l'astre solaire » : par la splendeur de ses rayons il illumine, réchauffe et en même temps gouverne grâce à la puissance inébranlable de sa gravité, ainsi unis en une communauté éternelle, une île dans le vide et l'obscurité de l'espace sans fin ; c'est l'étendue de « notre habitat » dans l'Univers. Une étendue vraiment de taille immense : même la lumière a besoin de plus de 8 heures pour la traverser, et elle se précipite dans l'espace à une vitesse de 300 000 km par seconde !

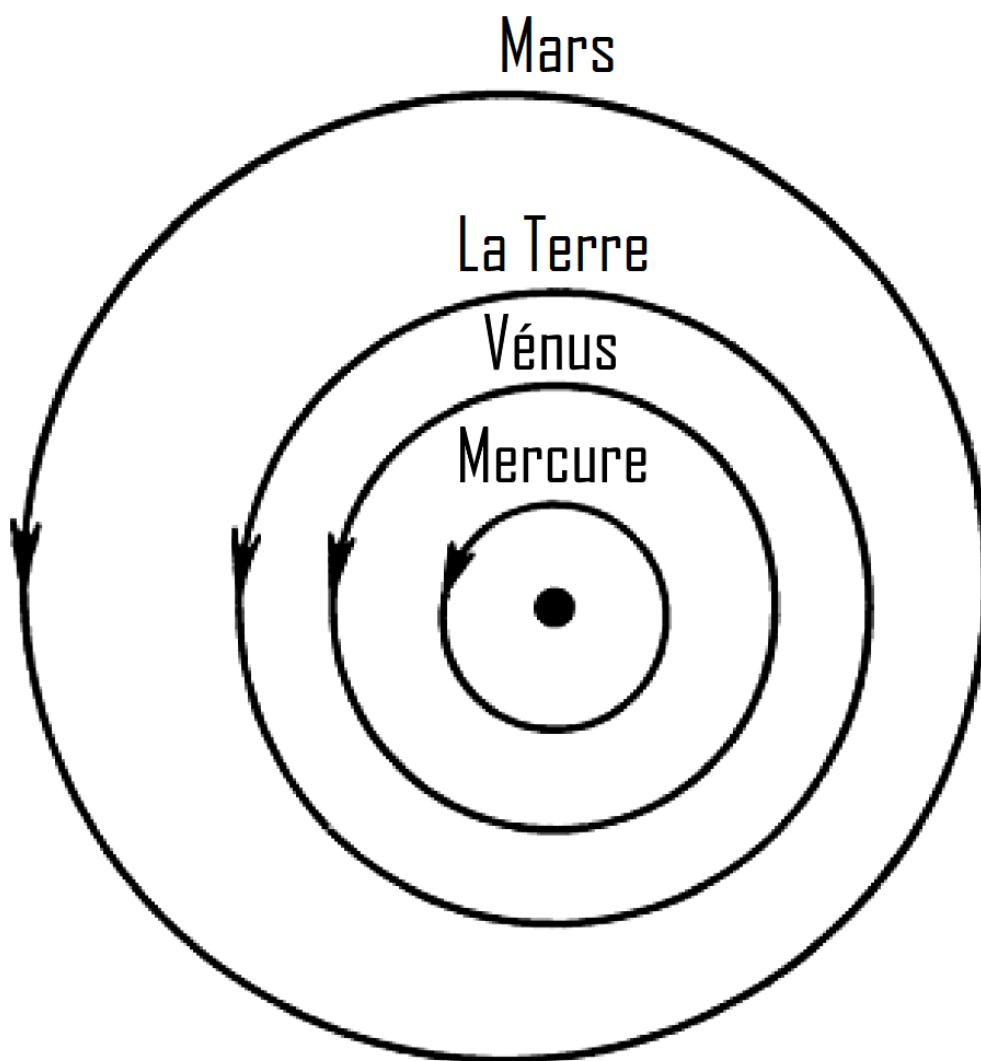


Fig. 97. Une représentation agrandie des orbites des planètes de la fig. 96 : Mars, la Terre, Vénus et Mercure.

Et pourtant, combien ce monde est petit comparé à l'incroyable immensité de l'Univers, d'où ces nombreux corps célestes incandescents que nous connaissons sous le nom d'étoiles nous envoient leurs radieuses salutations. Même la plus proche d'entre elles, l'étoile Alpha Centauri, est à 4,3 années-lumière de nous, c'est à dire environ 4 500 fois plus grand que le diamètre de tout le système solaire ! Mais toutes les autres sont bien plus lointaines, la plupart à des centaines et des milliers d'années-lumière de nous. Et s'il devait y avoir des étoiles déjà éteintes étant plus proches de nous - dans l'obscurité éternelle du vide spatial, nous ne pourrions pas les apercevoir.

De cela, on peut déjà entrevoir que selon l'appréciation actuelle, seuls les astres qui appartiennent au système solaire peuvent être pris en compte pour des voyages spatiaux vers des corps célestes étrangers.

La technique de déplacement

La manière dont le voyage à longue distance dans l'espace extra-atmosphérique devrait se dérouler a déjà été indiquée au début* : généralement en orbites libres autour des corps célestes dans le champ d'attraction prédominant desquels le voyage a lieu. Au sein du système solaire, le Soleil doit donc toujours être contourné dans une quelconque orbite libre si l'on veut éviter de succomber à sa gravité et de s'écraser dans sa mer en fusion.

Cependant, nous n'avons pas besoin d'en tenir compte tant que nous restons dans la zone d'influence plus réduite de la Terre ou d'un autre corps céleste du système solaire. Parce que chacun d'eux tourne de toute façon déjà autour du Soleil dans une orbite libre distincte, et avec elle en

* Voir pages 21, 22.

même temps et par eux-mêmes aussi tous les corps qui lui sont rattachés. La Lune, par exemple, et aussi notre future station spatiale (tous deux satellites de la Terre) tournent à la même vitesse que la Terre autour du Soleil, c'est-à-dire à 30 000 mètres par seconde. Faisant ainsi perdre immédiatement l'efficacité de la force d'attraction du Soleil (« état de lévitation stable » par rapport au Soleil).

Ce n'est que lorsque le vaisseau spatial s'éloigne de la sphère d'attraction plus étroite d'un corps céleste en orbite autour du Soleil que le Soleil doit alors être contourné sur une orbite libre indépendante. S'il s'agit par exemple d'un voyage de la Terre vers une planète étrangère, alors, sur la base de calculs préalables, à la fois le parcours de cette orbite indépendante et l'heure de départ de la Terre doivent être choisis de telle manière que le vaisseau spatial arrive sur l'orbite de la planète à visiter approximativement au même moment où le point d'arrivée est également traversé par la planète elle-même.

Si le véhicule spatial est amené de cette manière dans la zone d'attraction relative au corps céleste à visiter, il est alors possible de soit l'orbiter librement aussi souvent que souhaité en tant que satellite, soit de s'y poser. Cette dernière possibilité peut se réaliser de la même manière que décrit précédemment pour la Terre* (manœuvre d'atterrissage d'Hohmann, fig. 44 et 45) si l'atmosphère est similaire à celle de la Terre. Mais s'il manque une atmosphère correspondante, alors l'atterrissage n'est possible que par freinage par réaction en faisant travailler la propulsion dans la direction opposée à la direction de chute lors de la descente** (fig. 37).

Ainsi, pour voyager dans le système solaire vers un autre astre après s'être détaché de l'original, il faudrait modifier le mouvement orbital que

* Voir pages 88 à 97.

** Voir pages 84 à 86.

l'on effectuait simultanément avec ce dernier autour du Soleil à l'aide de la propulsion de manière à atteindre ainsi une orbite indépendante autour du Soleil qui relie l'orbite de son propre corps céleste à celle de l'autre. Selon les lois de la mécanique céleste, le mouvement orbital d'origine devrait être accéléré à cette fin si le véhicule (en fonction de la position de la destination du voyage) doit s'éloigner du Soleil (fig. 98) et décéléré s'il doit s'en approcher. Enfin, une fois l'astre à visiter atteint, le mouvement indépendant maintenu dans « l'orbite de transfert » doit être converti en celui que l'engin doit maintenir par rapport au nouvel astre pour, soit l'orbiter librement, soit effectuer la manœuvre d'atterrissage. Le voyage de retour devrait se dérouler de la même manière.

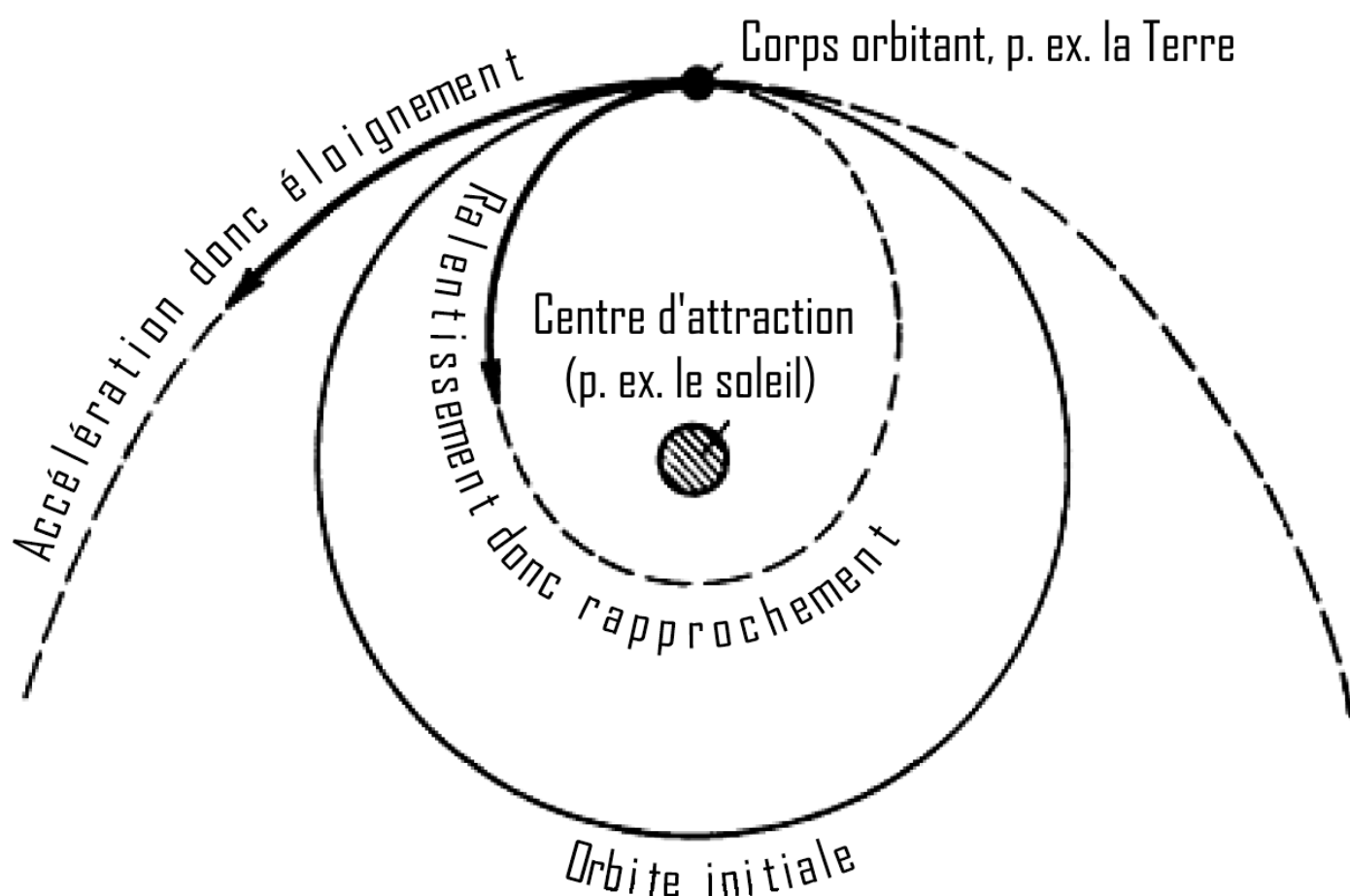


Fig. 98. Si le mouvement d'un corps en orbite libre est accéléré, alors la taille de son orbite originelle augmente et il s'éloigne ainsi du centre de gravité. S'il est ralenti, alors il s'en approche en rétrécissant son orbite.

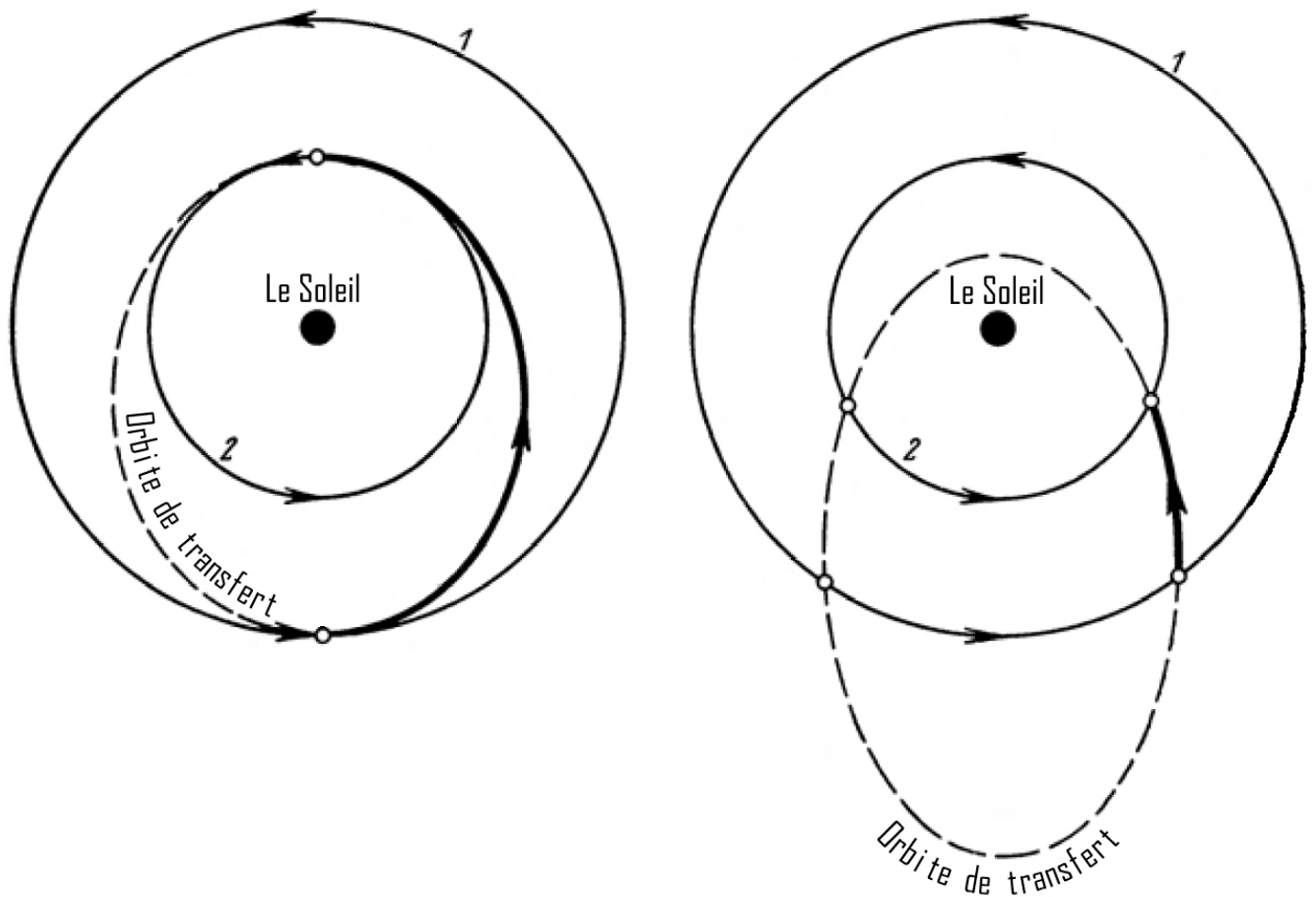


Figure. 99. Orbite de transfert tangentielle (à gauche), et orbite de transfert d'intersection (à droite) dans laquelle le vaisseau spatial doit se déplacer indépendamment afin d'atteindre un corps céleste étranger dans le système solaire. Les nombres de la figure indiquent : 1. L'orbite de l'astre original. 2. L'orbite de l'astre à visiter. Les lignes plus marquées des orbites de transfert sont les parties de celles-ci que le vaisseau spatial parcourt réellement.

On peut donc voir qu'au cours d'un voyage d'une telle distance à travers l'espace interplanétaire, des changements répétés d'état de mouvement sont nécessaires qui devraient à chaque fois être effectués par une force propulsive artificielle et donc une consommation de propergol requise, comme déjà mentionné dans l'introduction*. Ainsi que l'a calculé Hohmann, cette dernière est minimale lorsque l'orbite de l'astre d'origine et celle de l'astre à visiter ne sont pas coupées par l'orbite de transfert du véhicule

* Voir page 22.

mais sont tangentes (se touchent) (fig. 99). Toujours est-il que même dans ce cas, les quantités de propergol requises ne sont pas négligeables.

Mais elles seraient encore plus importantes si le corps à visiter ne devrait pas être uniquement orbité mais qu'il faille s'y poser, et ce d'autant plus que sa masse et donc sa force d'attraction sont importantes ; car le redécollage à partir de celui-ci au début du voyage retour nécessite une dépense d'énergie très importante (nous connaissons déjà celle de la Terre*. Si, en outre, la décélération lors de l'atterrissage doit être effectuée par le travail du propulseur (freinage par réaction) en l'absence d'une atmosphère appropriée, cela entraîne une augmentation supplémentaire et énorme de propergol nécessaire.

Ces derniers, cependant, doivent tous être emportés dès le départ de la Terre lors du voyage aller, du moins lors de la première visite d'un astre étranger ; car dans ce cas, on ne pourrait pas compter d'emblée sur le fait que le propergol requis pour le voyage retour puissent être obtenus là-bas.

Le lancement depuis la surface de la Terre

Si un tel voyage était maintenant initié directement à partir de la surface de la Terre, cette quantité de propergol devrait d'abord être détachée de celle-ci (en surmontant sa force de gravité). Mais pour cela, selon ce qui précède**, une charge de travail extraordinaire est déjà nécessaire.

Dans le cas présent la quantité de propergol à emporter représenterait une proportion si élevée du poids total du véhicule que sa conception structurelle serait difficilement possible, du moins avec les performances des propergols actuellement disponibles.

* et ** voir pages 59 et 60.

La seule visite d'un corps céleste qui pourrait également être effectuée directement depuis la surface de la Terre avec les propergols connus jusqu'à présent, serait un contournement de la Lune afin d'étudier de plus près la nature de sa surface, en particulier celle du côté constamment opposé à la Terre. On pourrait également se laisser « capturer » par elle afin de tourner autour à souhait en tant que lune de la Lune sur une orbite libre. La quantité de propergol requis pour cet effort ne serait pas beaucoup plus grande que pour une ascension normale de la Terre jusqu'à la limite de sa gravité relative.

La station spatiale comme base pour les transports longue distance dans l'espace

Les conditions seraient toutefois beaucoup plus favorables si comme le suggère Oberth un dépôt de propergol était installé à une hauteur correspondante, flottant au-dessus de la Terre en tournant constamment en orbite libre, et si le voyage commençait à partir de là plutôt qu'à partir de la surface de la Terre ; car dans ce cas une petite quantité de travail serait suffisante pour un détachement complet de la Terre et le véhicule spatial n'aurait donc pas besoin d'être chargé du propergol nécessaire à son ascension depuis la Terre. Il n'aurait qu'à emporter un peu plus que ce qui est nécessaire pour le voyage à longue distance lui-même.

Étant donné que le dépôt serait en état d'apesanteur du fait de sa libre circulation en orbite, le propergol pourrait y être disposé en n'importe quelle quantité, flottant simplement librement dans n'importe quel endroit. Protégés des rayons solaires, l'oxygène et l'hydrogène resteraient à l'état liquide indéfiniment.

Leur approvisionnement devrait être assuré par un service constant de navettes spatiales, à savoir :

- Soit à partir de la Terre, où le propergol (du moins dans la mesure où il est constitué d'oxygène et d'hydrogène liquide) pourrait être produit, par exemple, dans de grandes centrales électriques alimentées par la chaleur des mers tropicales.

- Ou depuis la Lune comme le suggère Max Valier. Cette méthode serait particulièrement avantageuse ; étant donné que la masse, et par conséquent aussi l'attraction gravitationnelle de la Lune est beaucoup plus faible que celle de la Terre, la quantité de travail nécessaire à l'ascension et donc à l'approvisionnement en propergol à partir de celle-ci serait nettement inférieure. Toutefois, cela suppose que les matières premières nécessaires à cela se trouvent effectivement sur la Lune, c'est-à-dire qu'au moins de l'eau (à l'état de glace, par exemple) y serait présente ; car cette dernière pourrait alors être décomposée par électrolyse en oxygène et en hydrogène grâce à l'énergie que pourraient fournir les centrales solaires. Malheureusement, la probabilité de cela est faible.

Mais si tel était le cas, on pourrait, selon la suggestion de Hohmann, également utiliser la Lune comme point de départ pour les voyages spatiaux longue distance, c'est à dire y installer les dépôts de propergol.

En dépit de certains avantages liés à cette solution, la suggestion d'Oberth d'un dépôt flottant semble plus avantageuse, car le détachement complet du champ d'attraction relatif à la Terre (y compris de la Lune) nécessitait considérablement moins de travail ; en effet, il serait sans doute plus avantageux d'un point de vue de l'économie d'énergie d'implanter les dépôts de propergol à une distance d'un ou plusieurs millions de kilomètres de la Terre, surtout si le propergol doit être acheminé à partir de la Terre.

Cependant, nous souhaitons les relocaliser dans notre station spatiale et en faire ainsi aussi un relai de soutien aux transports, car elle est déjà équipée de toutes les installations qui sont nécessaires à cela.

Parmi celles-ci, les télescopes géants seraient entres autres particulièrement précieux ; car grâce à leurs capacités quasi illimitées, ils permettraient non seulement d'explorer à distance les régions profonde du monde stellaire à parcourir, comme cela l'a déjà été souligné*, mais grâce à eux on pourrait probablement aussi maintenir le vaisseau spatial en observation permanente pendant une grande partie, voire dans certains cas pendant toute la durée de son voyage et rester en communication au moins unilatérale avec lui par des signaux lumineux émis par lui à des moments déterminés.

Ainsi, en plus des nombreuses tâches déjà évoquées, la station spatiale pourrait encore accomplir celles de contribuer non seulement à la préparation de l'exploration proprement dite de l'Univers, mais aussi de servir de base à l'ensemble de la circulation spatiale longue distance.

L'accessibilité des astres voisins

Hohmann a étudié en détail le problème du voyage vers des corps célestes étrangers. Selon ses résultats, exprimés en termes de temps terrestre, le long voyage de la Terre jusqu'à Vénus prendrait 146 jours, et celui jusqu'à Mars 235 jours. Un trajet passant à la fois par Vénus et Mars à une distance relativement courte d'environ 8 millions de kilomètres pourrait être effectué en environ 1 an $\frac{1}{2}$. L'aller et le retour pour visiter Vénus et y atterrir en y ajoutant un séjour de 14 mois $\frac{1}{2}$, ne prendrait pas tout à fait 2 ans $\frac{1}{4}$.

Supposons maintenant : le voyage commencera, comme selon nos considérations précédentes, depuis la station spatiale, de sorte que pour atteindre le détachement complet du champ gravitationnel terrestre seule une petite quantité de travail serait nécessaire, et que le retour s'effec-

* Voir pages 191 et 192.

tuerait directement vers la surface de la Terre de sorte qu'aucune énergie ne devrait être dépensée pour cela, car dans ce cas il n'y aurait la possibilité de descendre se poser qu'au moyen d'un freinage atmosphérique. La charge à transporter serait de : 2 personnes avec les provisions nécessaires à l'ensemble du voyage et tout l'équipement requis pour l'observation et les autres objectifs.

Il résulte alors des calculs d'Hohmann que le véhicule, prêt au décollage, équipé de tout le propergol nécessaire à l'aller et au retour, devrait peser approximativement : 144 t pour effectuer l'aller-retour précité en passant par Vénus et Mars, dont 88 % serait du propergol de propulsion. 12 t pour un premier atterrissage sur la Lune, ainsi que 1 350 t pour Venus et 624 t pour Mars, où dans le premier cas 79 %, mais dans les deux derniers environ 99 % de ce poids total du véhicule ne devrait consister qu'en propergol transporté. Ici, la vitesse d'éjection a été supposée être de 4 000 mètres par seconde.

Il est clair que la conception d'un véhicule censé embarquer des quantités de propergol représentant 99 % de son poids total poserait des difficultés techniques si importantes que sa fabrication serait dans un premier temps difficile à réaliser. Ainsi, pour effectuer une visite avec atterrissage parmi les plus gros astres qui nous avoisinent, seule la Lune nous serait probablement abordable. Alors qu'au mieux on pourrait s'approcher des planètes de très près et en faire le tour mais sans se poser dessus. Néanmoins, on peut espérer qu'au fil du temps - à l'aide du principe des étages déjà expliqué au début* - il sera enfin possible, même avec les moyens techniques connus aujourd'hui, de créer de telles fusées spatiales pouvant effectuer des atterrissages sur les planètes voisines de la nôtre.

* Voir pages 61 à 64.

Mais cela épuise probablement toutes les possibilités qui dans l'état actuel de la science semblent s'offrir dans le meilleur des cas au voyage spatial. Car les difficultés qui s'opposent à visiter les astres les plus éloignées du système solaire seraient encore plus conséquentes. Pas seulement parce que les distances à parcourir jusque-là sont bien plus longues que celles envisagées précédemment, mais aussi parce que les astres ne sont pas toujours faciles à atteindre. Étant donné que tous ces corps célestes s'étendent sur des distances très différentes du Soleil que celle de la Terre, le champ gravitationnel du Soleil joue également un rôle important dans leur accessibilité ; car celui-ci doit être surmonté, par exemple par le travail d'une poussée, lorsqu'on s'éloigne du Soleil (c'est-à-dire qu'on « l'ascensionne »), exactement de la même manière que cela serait aussi nécessaire dans le cas du champ de gravité terrestre. Ce qui se traduit par la modification de la vitesse de rotation autour du Soleil mentionné précédemment*, qui est nécessaire pour les voyages longue distance à travers l'espace interplanétaire.

Mais si l'on voulait atterrir sur l'un de ces corps célestes, alors des quantités énormes de propergol seraient nécessaires, surtout dans le cas de Jupiter et de Saturne, car ils ont des champs gravitationnels très forts en raison de leurs masses énormes.

D'après ce qui vient d'être dit, atteindre d'autres étoiles est naturellement hors de question à l'heure actuelle, simplement à cause de l'énorme distance qui nous sépare.

* Voir pages 201 à 204.

Les mondes lointains

Mais cela ne signifie pas que nous devons nous limiter éternellement à l'environnement terrestre et aux corps célestes qui en sont proches ; car s'il était possible d'augmenter la vitesse d'éjection des propulseurs au-delà de ce niveau d'environ 4 000 (peut-être 4 500) mètres par seconde qui peut actuellement être considéré comme la plus élevée réalisable en pratique, ou de trouver un moyen de transporter de très grandes quantités d'énergie dans un petit espace, alors la situation serait complètement différente.

Et pourquoi les chimistes du futur ne trouveraient-ils pas des propulseurs qui surpassent de loin les capacités connues à ce jour ? En effet, il serait même concevable qu'avec le temps il soit effectivement possible de rendre techniquement exploitable les énormes quantités d'énergie liées dans la matière dont l'existence est déjà connue aujourd'hui, et de les utiliser pour la propulsion d'engins spatiaux. Peut-être trouvera-t-on un jour un procédé permettant d'utiliser le phénomène électrique du rayonnement cathodique à cette fin, ou pour atteindre une augmentation considérable de la vitesse d'éjection d'une autre manière par influence électrique. Une utilisation du rayonnement solaire ou de la désintégration du radium pourrait entre autres, également être envisagée dans ce but.

Dans tous les cas, les possibilités offertes par les lois de la nature aux chercheurs et inventeurs du futur sont encore largement disponibles à cet égard. Si cela réussit, nous serions alors en mesure d'accéder et de visiter certains de ces autres mondes étrangers que nous n'avons vus qu'incommensurablement loin dans le ciel étoilé.

Un très ancien rêve de l'humanité ! Est-ce que sa réalisation nous serait-elle également utile ? Certes, la science y gagnerait énormément. Mais il n'est aujourd'hui toujours pas possible de porter un jugement clair

sur la valeur pratique. Comme nous savons peu de choses sur nos plus proches voisines célestes !

De tous les corps célestes étrangers, la Lune, qui fait encore partie du domaine terrestre, notre « région natale » dans l'espace, est celle que nous connaissons le mieux. Elle est glacée, n'a pas d'atmosphère et est dépourvu de quelconque forme de vie complexe : un gigantesque corps rocheux flottant dans l'espace, crevassé, inhospitalier, mort - un monde révolu.

Mais nous avons déjà beaucoup moins de connaissance concernant le corps céleste qui est le mieux observé après la Lune c'est à dire Mars notre planète voisine, bien que nous en sachions encore relativement beaucoup sur elle par rapport aux autres corps célestes.

C'est aussi un corps céleste qui à vieilli, quoique beaucoup moins que la Lune. Sa masse et donc aussi son attraction gravitationnelle sont toutes deux nettement inférieures à celles de la Terre. Elle possède certes une atmosphère, mais elle est beaucoup moins dense que celle de la Terre (la pression de l'air à sa surface est certainement nettement inférieure à celle présente au plus haut sommet de la Terre). De l'eau est également susceptible de s'y trouver. Mais une assez grande partie de celle-ci doit être gelée ; car sa température moyenne semble être considérablement au-dessous de celle de la Terre, même si des degrés de chaleur relativement significatifs ont déjà été constatés par endroits, comme dans la région de l'équateur martien. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont très importants en raison de la faible épaisseur de l'atmosphère.

Parmi toutes les observations de Mars, la plus singulière et la plus souvent discutée est la découverte de ce que l'on appelle les « canaux martiens ». Bien qu'ils aient souvent été considérés comme une illusion d'optique ces derniers temps, cela reste toujours encore à élucider.

Dans tout les cas, ce que l'on sait de Mars jusqu'à présent n'offre pas suffisamment d'indices pour pouvoir porter un jugement définitif quant à savoir si cet astre est peuplé d'êtres vivants ou même intelligents ; il serait difficilement habitable pour les habitants de la Terre, principalement à cause de la finesse de son atmosphère. D'un point de vue scientifique, cela offrirait certainement aux voyages spatiaux un objectif de recherche extraordinairement intéressant ; si y parvenir aurait également une valeur pratique ne peut pas encore être déterminé avec certitude, mais semble peu probable.

La situation est différente avec la deuxième planète directement adjacente à nous, Vénus, l'astre magnifiquement brillant que nous connaissons comme « l'étoile du matin et du soir ». Sa taille et sa masse et par conséquent aussi la force de gravité régnant à sa surface n'est que légèrement inférieure à celle de la Terre. Elle a aussi une atmosphère très similaire à celle de la Terre, bien qu'un peu plus haute et plus dense que celle-ci. Malheureusement, Vénus est difficile à observer depuis la surface de la Terre car elle est toujours proche du Soleil et n'est donc visible qu'au crépuscule. En conséquence, on est encore complètement dans l'ignorance quand à sa propre rotation. Si cela se produisait approximativement comme sur Terre, c'est-à-dire en 24 heures environ, ce qui est supposé par certaines parties, alors il y aurait une similitude extrêmement étendue entre Vénus et la Terre.

On peut donc très probablement s'attendre à trouver sur cette planète des conditions de vie similaires à celles de la Terre, même si l'hypothèse selon laquelle elle est constamment enveloppée d'une couverture nuageuse s'avère exacte ; car une vie végétale et animale très développée était déjà présente sur Terre à une époque où une partie de l'eau qui constitue les océans d'aujourd'hui était probablement encore sous forme de vapeur en raison du refroidissement alors moins important du globe et donc entou-

rait constamment notre planète d'origine d'une couverture nuageuse dense. En tout cas, de tous les corps célestes que nous connaissons, Vénus reste le plus susceptible de se prêter à une colonisation et donc une future destination d'émigration. Comme c'est aussi la planète la plus proche de nous, c'est probablement la destination la plus attrayante pour les voyages spatiaux.

Mercure offre des conditions d'observation encore moins favorables que Vénus, car elle est encore plus proche du Soleil. C'est la plus petite de toutes les planètes, elle a une atmosphère probablement extrêmement mince et une surface qui est susceptible d'être similaire à celle de la Lune. Pour cette raison, et notamment en raison de sa proximité avec le Soleil (le rayonnement solaire est environ 9 fois plus fort que sur Terre !), des conditions de température extrêmement défavorables doivent y régner. En tant que destination de voyage, Mercure devrait donc être très peu accueillante.

S'il était encore possible d'arriver à un résultat plus ou moins probable lors de l'évaluation des astres évoquées ci-dessus, ce que l'on sait des planètes plus lointaines : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune est à peine suffisant. Il a été constaté que toutes ont des enveloppes gazeuses denses. Cependant, la question de la nature des surfaces de ces corps célestes n'est toujours pas entièrement résolue ; dans le cas de Jupiter et de Saturne le fait qu'ils soient si densément enveloppés de produits de condensation (nuages de toutes sortes) ne nous ne permet probablement pas de voir leur surface réelle, dans le cas d'Uranus et de Neptune, leurs grands éloignements les empêchent d'être observés plus précisément.

Il est donc difficile de dire quoi que ce soit sur leur valeur en tant que destinations spatiales. Mais le simple fait qu'une densité moyenne relativement très faible ait été constaté pour ces planètes ($1/4$ à $1/5$ ^{ème} de celle de la Terre), qui suggère une composition physique très différente de

celle de la Terre, doit fortement modérer nos attentes à cet égard.

Il serait même encore plus probable que certains des satellites naturels de ces astres (particulièrement ceux de Jupiter) offrent des conditions relativement plus favorables.

En tout cas, une chose est certaine ; c'est que la masse beaucoup plus importante de ces planètes par rapport à celle de la Terre et donc la puissance résultante de leurs champs gravitationnels rendrait leur visite extrêmement difficile, en particulier à Jupiter et Saturne.

Enfin, en ce qui concerne les divers autres corps célestes qui appartiennent encore au système solaire, il est déjà assez certain aujourd'hui que nous ne pourrions guère tirer d'avantages pratiques plus significatifs d'une visite de ces corps.

On voit donc qu'en général il ne faut pas se laisser aller à de trop grands espoirs quant aux bénéfices que l'on pourrait attendre des autres corps célestes de notre système solaire. Cependant, nous en savons encore trop peu sur ces astres pour ne pas laisser libre cours à nos imaginations à leur sujet :

Il se pourrait bien que tous ces mondes soient complètement sans valeur pour nous ! Mais peut-être trouverions-nous dans certains d'entre eux un sol fertile, des plantes et des animaux, peut-être d'une espèce complètement étrangère à nous et singulière ; ou bien aussi de taille gigantesque, comme il en existait autrefois sur la Terre. Oui, il ne serait pas impensable que nous rencontrions nous-mêmes des humains ou des êtres similaires, peut-être même avec des cultures très différentes ou même plus anciennes que celle de notre planète d'origine.

Il est en effet fort probable que la vie sur les astres étrangers - dans l'hypothèse où celle-ci y est bien présente - soit à un stade différent de celle sur Terre. Nous pourrions alors connaître la chose merveilleuse de contempler des scènes similaires à celles de l'évolution de notre propre

existence terrestre : actuelles, réelles, vivantes et pourtant - des images d'un passé inimaginable datant de millions d'années ou d'un avenir tout aussi lointain.

Où que nous rencontrons des substances particulièrement précieuses et très rares sur Terre, comme le radium, dans de grands gisements facilement extractibles ?

Et, si les conditions de vie rencontrées nous convenaient également pour y habiter en permanence, alors peut-être qu'avec le temps, et aussi incroyable que cela puisse paraître aujourd'hui, des corps célestes étrangers seront même pris en considération comme destinations d'émigration.

Que de tels astres soient également présents parmi ceux de notre système solaire n'est cependant que peu probable d'après ce qui a été indiqué précédemment, sauf comme déjà mentionné dans le cas de Vénus.

Sera-t-il possible un jour d'atteindre les étoiles ?

Cela serait toutefois beaucoup plus plausible en prenant en considération les mondes stellaires situés en dehors de notre système solaire ; car le nombre de ces corps célestes qui nous sont seulement visibles de par leur état de fusion, et qui sont donc connus comme des étoiles est élevé. Beaucoup d'entre elles sont similaires à notre Soleil et, en tant que puissants centres d'attraction de masse, ils sont probablement orbités d'une multitude de petits et grands corps célestes de toutes sortes.

Ne devrait-il pas y en avoir parmi eux qui ressemblent à notre planète ? Ce serait bien trop loin jusque là pour pouvoir les distinguer ; mais la probabilité de leur existence est élevée : la science moderne a pu montrer - comme l'un de ses résultats les plus merveilleux - que l'Univers entier, même dans ses parties les plus reculées, est régi par les mêmes lois de la physique et est constitué des mêmes éléments que ceux de la Terre et de

notre système solaire ! Dans ces circonstances (c'est-à-dire sous l'influence des mêmes lois et avec les mêmes matières), n'y aurait-il pas dû aussi émerger dans d'autres parties de l'univers des phénomènes similaires, voire même souvent identique à ceux que nous avons connus ?

Il n'est donc certainement pas infondé de supposer qu'il existe d'autres systèmes solaires dans l'Univers qui sont plus ou moins similaires au nôtre, et que parmi les nombreuses planètes, il y en a probablement certaines qui sont presque identiques à la Terre de par leurs conditions physiques et autres et pouvant donc être peuplées par des terriens, voire même être déjà habitées par n'importe quelle forme de vie, peut-être même intelligentes. En tout cas, la probabilité qu'il en soit ainsi est significativement plus grande dans le cas présent qu'en considérant uniquement les astres relativement peu nombreux de notre système solaire.

Mais alors serait-il pleinement concevable que ces distances incomensurables qui nous séparent encore de la plus proche de ces étoiles ne puissent jamais être parcourues par les humains rien qu'en considérant la limite de la durée de vie moyenne de l'homme qui détermine l'extension temporelle d'un voyage, indépendamment des performances techniques nécessaires du véhicule.

Tout d'abord, supposons que nous ayons déjà réussi à réaliser ce qui semble encore prodigieux selon nos conceptions actuelles : perfectionner la propulsion par réaction de telle sorte que le vaisseau spatial puisse être constamment accéléré pendant très longtemps, voire des années, d'environ 15 m/sec^2 , ce que l'homme pourrait probablement tolérer sur le long terme s'il s'y habitait progressivement. Il serait alors possible de parcourir une distance donnée dans l'espace, d'accélérer continuellement le véhicule tout au long de la première moitié de son trajet, c'est-à-dire de le faire avancer de plus en plus vite, et de le décélérer à l'identique dans la seconde moitié et ainsi le freiner à nouveau progressivement (fig. 100),

selon le principe qu'une distance déterminée est parcourue dans le temps le plus court possible, avec une accélération ou une décélération maximale admissible prédéfinie.

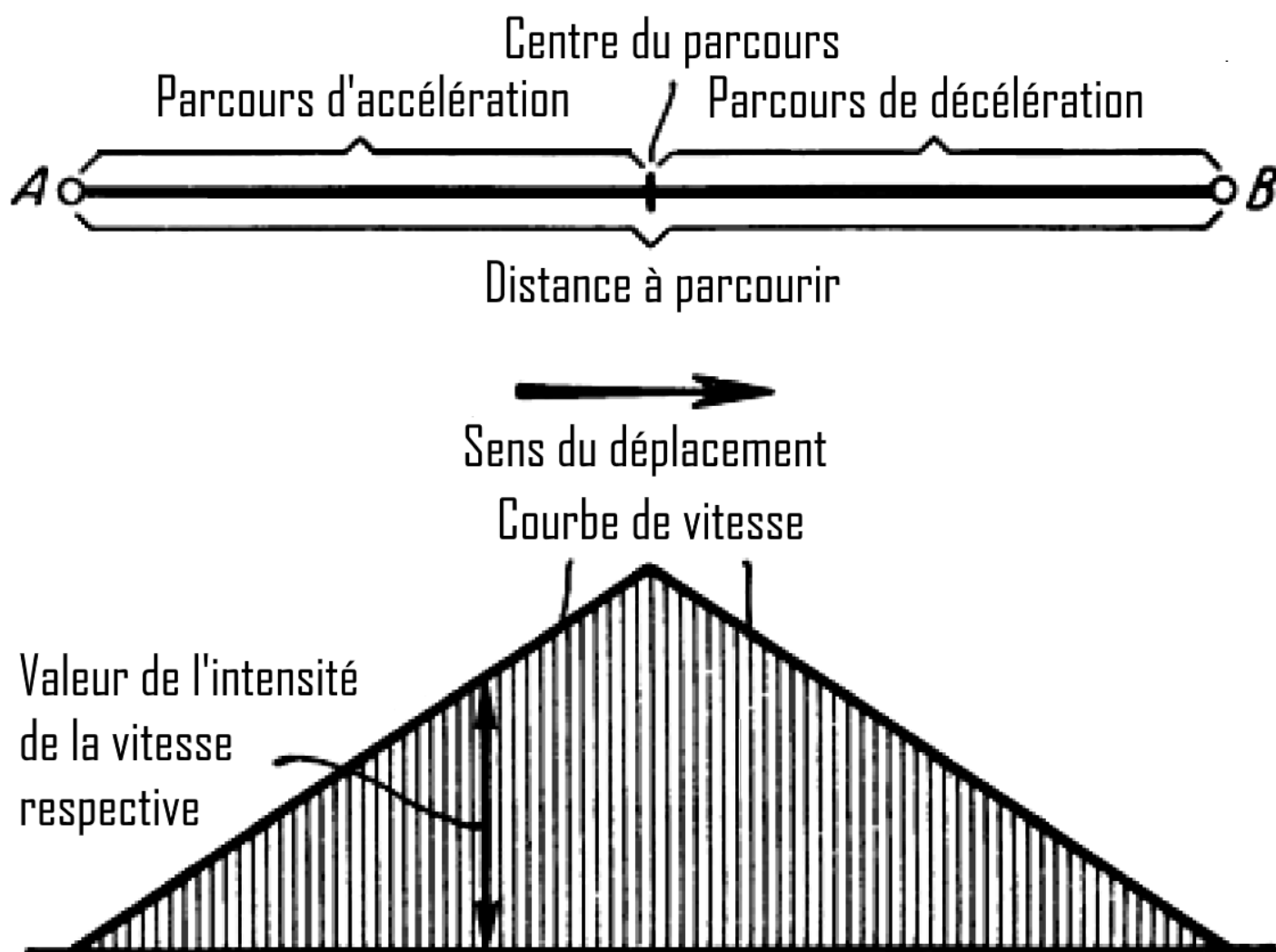


Fig. 100. Distance parcourue en accélérant uniformément tout au long de la première moitié du parcours et en décélérant la seconde moitié. La vitesse de déplacement la plus élevée se situe au milieu du trajet.

Si le voyage vers les étoiles voisines s'effectuait maintenant de cette façon, on obtiendrait, selon des calculs mathématiques, les durées suivantes pour l'ensemble du voyage aller-retour (il devrait être réalisé en une seule fois lors de la première visite) : 7 ans jusqu'à Alpha du Centaure, l'étoile connue la plus proche de nous ; 10 ans jusqu'aux quatre étoiles dis-

tantes suivantes ; et avec un temps de voyage global de 12 ans de nombreuses étoiles seraient déjà accessibles.

Ici, cependant, il a été tacitement présupposé que dans le vide éthéré de l'espace le développement de n'importe quelle vitesse, aussi grande soit-elle est possible. Toutefois, selon la théorie de la relativité, une vitesse supérieure à celle de la lumière qui est de 300 000 km par seconde ne peut jamais se produire dans la nature.

Si l'on tient compte de cela et que l'on suppose aussi qu'il n'y aurait rien qui nous empêche d'atteindre des allures de déplacement proches de celle de la vitesse de la lumière (encore inconnaissable pour nous aujourd'hui, peut-être dans le milieu éthérique de l'Univers) : alors on pourrait au moins encore atteindre l'étoile Alpha du Centaure avec un temps de parcours aller-retour d'environ 10 ans, de 20 ans pour les quatre suivantes, et atteindre en 30 ans un nombre déjà considérable d'étoiles voisines que nous connaissons actuellement.

La moitié du temps suffirait pour un aller simple, tel qu'il pourrait être envisagé dans le cas de transports réguliers.

Bien sûr, des voyages d'une telle durée seraient assez proches des limites de ce qui est humainement possible ; mais on ne peut pas encore les qualifier de complètement irréalisables, de sorte qu'à cet égard, il n'y a en réalité aucun obstacle fondamental à l'accessibilité des étoiles les plus proches.

Cependant, la question reste ouverte de savoir si des véhicules spatiaux ayant la perfection technique nécessaire à de telles performances pourraient un jour être créés ? Mais même à cela on ne peut pas répondre par un non inconditionnel ; parce que les lois de la nature offrent des possibilités, comme cela a déjà été expliqué auparavant* : par exemple, l'utili-

* Voir page 210.

sation de l'énergie contenue dans la matière par la fission ou la fusion d'atomes, ou de la désintégration du radium, du rayonnement cathodique, etc.

Néanmoins, comme sommes-nous encore loin de maîtriser parfaitement de tels processus naturels au point de pouvoir les utiliser techniquement à des fins de voyages spatiaux ! Et si l'on y parvenait ?

Les générations de notre époque n'ont guère de chance, à en juger par les critères humains. Le monde des étoiles leur restera donc probablement inaccessible, lui qui cache dans son immensité les grands mystères de l'Univers. Mais qui peut dire ce que les temps futurs apporteront encore en termes de triomphes scientifiques et de possibilités techniques ! Aujourd'hui, alors que l'humanité s'est familiarisée avec la pensée scientifique, quelques décennies seulement représentent des progrès considérables, que vont être une durée de 100, voire même 1 000 ans de développement humain, qui après tout est encore devant nous.

La conquête de l'espace ! Ce serait la plus grandiose de toutes les réalisations imaginables, l'accomplissement du but le plus élevé ; sauver les réalisations intellectuelles de l'humanité de leur disparition finale dans l'éternité ; parce que ce n'est que lorsqu'il sera possible de transplanter notre civilisation sur des corps célestes étrangers et d'ainsi la répandre dans l'Univers, seulement lorsque les actions et les aspirations que toute l'humanité aura accompli au cours de milliers d'années d'efforts, lorsque tout cela ne sera plus simplement un caprice d'événements cosmiques, un résultat d'incidents aléatoires dans le jeu de l'éternelle nature, surgissant et disparaissant avec le petit globe terrestre, qui n'est grand que pour nous et pourtant si petit dans l'Univers : alors seulement toute notre existence aura vraiment un sens ; ce n'est qu'alors que l'humanité pourra se sentir envoyée par Dieu, comme un instrument de travail supérieur - et pourtant seulement réalisée par elle-même.

L'évolution probable de la navigation spatiale

Mais revenons de ces rêves futuristes à la réalité du présent. Aujourd'hui ce serait déjà un événement même si l'on parvenait à envoyer une fusée sans pilote à quelque 10 ou même 100 km d'altitude ! Car même si, grâce aux efforts déployés de part et d'autre ces dernières années, le problème du voyage spatial a déjà été en partie résolu théoriquement, en pratique, tout ou presque reste à faire. Il convient donc, en conclusion, de dresser un bref tableau de la manière dont les voyages spatiaux pourraient probablement se développer.

La première chose et la plus importante est sans aucun doute le développement et la mise au point technique des moteurs-fusées, le dispositif de propulsion du vaisseau spatial ; une tâche qui ne peut être accomplie que par des recherches approfondies et désintéressées. C'est un problème qui devrait pour l'instant être résolu avant tout dans les laboratoires d'expérimentations des universités et sur les terrains d'essai des usines de machines éprouvées.

A cet égard, il faut acquérir de l'expérience (au moins en ce qui concerne les fusées spatiales à propergol liquide) dans l'utilisation des gaz liquéfiés, tels que notamment l'oxygène liquide, puis l'hydrogène liquide, etc. De plus, le comportement des métaux à des températures extrêmement basses devra être testé par des expérimentations en laboratoire afin de déterminer le matériau le plus approprié pour la construction des vaisseaux spatiaux. Enfin, la conception des réservoirs d'ergols nécessitera également une étude détaillée.

Après avoir résolu ces questions techniques fondamentales, la suivante à considérer serait donc : d'envoyer des fusées spatiales sans pilote s'élever dans les couches supérieures de l'atmosphère ou même au-delà jusque

dans le vide de l'espace et de les laisser redescendre et atterrir avec un simple parachute, dans la mesure où cela s'avère être réalisable.

Ces expériences permettront non seulement d'acquérir l'expérience technique nécessaire quant au fonctionnement du mécanisme de la fusée, mais aussi, notamment, de connaître les lois de l'aérodynamique et de l'échauffement dû aux frottements de l'air qui s'appliquent à des vitesses anormalement élevées, ce qui est d'une importance primordiale pour la conception du véhicule lui-même ainsi que des parachutes, ailes, etc. Il sera possible aussi de déterminer jusqu'à quelles altitudes les atterrissages simples en parachute sont encore autorisés (compte tenu du risque de combustion du parachute en raison du frottement avec l'air) et enfin, on pourra obtenir également des informations plus précises sur la nature des plus hautes couches de l'atmosphère terrestre, ce qui constitue l'une des conditions préalables les plus importantes au développement futur des voyages dans l'espace, mais serait également d'une grande valeur à bien d'autres égards (comme par exemple pour la radiocommunication).

Un bombardement de la Lune au moyen de fusées spatiales sans pilote chargées de poudre éclairante, comme certains le suggèrent, pourrait également être tenté ultérieurement, mais n'aurait que peu de valeur pratique.

Simultanément - afin d'aussi préparer l'ascension de personnes - il faudrait étudier l'innocuité pour la santé de l'effet de gravité accrue en réalisant des expériences correspondantes à l'aide de grandes centrifugeuses (ou carrousels) et créer également la possibilité de séjourner dans le vide spatial en améliorant les méthodes actuelles d'alimentation artificielle en air et en testant des combinaisons spatiales construites à cet effet dans des caissons sous vide d'air et réfrigérés à très basse température.

Dès que les résultats des travaux préparatoires décrits jusqu'ici le permettent, il sera alors possible (éventuellement après que des essais avec des animaux de laboratoire aient été effectués au préalable) de procéder à des ascensions au moyen de fusées spatiales habitées jusqu'aux altitudes déterminées auparavant comme admissibles et suivit de simples atterrissages en parachute.

Mais à présent, on commencera également à équiper les véhicules d'ailes afin de les rendre capables d'atterrissages en vol plané (manœuvre d'atterrissage de Hohmann) et donc à atteindre des altitudes à partir desquelles un simple atterrissage en parachute ne serait plus réalisable.

L'expérience nécessaire à la création de ces vaisseaux spatiaux de type avion (ou, si l'on veut : des avions propulsés par réaction, c'est-à-dire des « avions à réaction », des « avions-fusées » et ainsi de suite) dans le domaine de la technique de propulsion par réaction, puis en ce qui concerne la friction de l'air, la résistance de l'air et ainsi de suite, aura déjà été acquise à ce stade grâce aux essais préliminaires déjà décrits précédemment et réalisés avec des fusées spatiales sans équipage.

Lors des tests de ces véhicules, qui devraient être effectués en utilisant autant que possible les expériences acquises jusqu'à présent en matière de technique de l'aviation, on commencera probablement avec des distances et des altitudes de vol relativement petites et on n'essaiera que progressivement de les accroître en augmentant les vitesses maximales en conséquence.

Une fois que l'on aura maîtrisé les manœuvres avec des avions-fusées en général et en particulier la technique de vol nécessaire aux vitesses cosmiques dans les fines couches d'air supérieures de l'atmosphère terrestre, on obtient en même temps et par soi-même aussi déjà :

1. La création du « transport aérien express à des vitesses cosmiques » décrit au début, c'est à dire que le premier succès pratique du voyage spatial a été atteint (parce que chaque ascension avec atterrissage en vol plané qui ne va pas au-delà de l'enveloppe atmosphérique n'est fondamentalement rien d'autre qu'un tel un vol rapide).
2. De rendre grâce à cela désormais également possible, aux vaisseaux spatiaux de retour, de redescendre par un atterrissage en vol plané (au lieu d'un simple atterrissage en parachute), c'est-à-dire que le retour sur Terre en toute sécurité à partir de n'importe quelle altitude souhaitée est ainsi assuré, ce qui est de la plus haute importance pour les voyages spatiaux, et constitue même une condition préalable indispensable à leur réalisation.

Ce processus de développement décrit jusqu'à présent, c'est-à-dire effectuer auparavant des ascensions avec de simples atterrissages en parachute au moyen de fusées spatiales sans pilote et de ne procéder à la création de l'avion à réaction que sur la base d'expériences ainsi acquises, est susceptible d'être plus opportun que de le développer directement à partir des avions d'aujourd'hui, comme suggéré par d'autres ; car les expériences ainsi acquises rendront probablement nécessaire une conception de l'avion-fusée qui pourra d'ailleurs différer très sensiblement de celle des avions connus jusqu'à présent. Néanmoins arriver à ce résultat probable uniquement grâce à des tests avec des avions (en soi coûteux) est susceptible d'être beaucoup plus cher et comporterait également davantage de risques.

Mais dans tous les cas, le plus important est de commencer les expérimentations pratiques.

En augmentant progressivement les performances de ces avions à réaction ou de ces avions spatiaux, on finira avec le temps par atteindre des vitesses horizontales et des altitudes de vol de plus en plus impor-

tantes, jusqu'à ce que finalement le mouvement orbital libre autour de la Terre, passant au-dessus de l'atmosphère, résulte de lui-même. Le choix des orbites ne posera alors plus de problème.

Mais cela donne déjà l'opportunité de créer la station spatiale décrite auparavant, c'est-à-dire de réaliser le deuxième succès pratique du développement du voyage spatial.

De plus, toutes les ascensions à haute altitude pourraient désormais être effectuées et la Lune pourrait être éventuellement être orbitée.

Tant le transport aérien express que la station spatiale sont tous les deux encore des activités purement terrestres. Désormais, en utilisant la station spatiale comme base de transport, des efforts seront déployés pour atteindre les autres objectifs du voyage spatial : marcher sur la Lune, y installer si possible une usine pour produire du propergol, orbiter des planètes voisines, et tout ce qui peut s'avérer faisable.

Le mot de la fin

Mais même si, contrairement aux attentes, on ne parvenait pas encore à atteindre les vitesses d'éjection des gaz plus élevées étant nécessaires à la réalisation de ce dernier objectif à l'aide d'appareils suffisamment simples, même si l'on ne parvenait qu'à atteindre environ 2 000 à 3 000 mètres par seconde : alors le voyage spatial permettrait néanmoins pour l'instant de pouvoir explorer l'atmosphère terrestre jusqu'à ses plus hautes couches, et en particulier avec comme résultat concret immédiat de créer le transport aérien express terrestre à des vitesses cosmiques déjà décrit, jusqu'à ce que des temps ultérieurs apportent enfin la réalisation des autres objectifs.

Mais rien qu'avec cela nous remporterions déjà un succès qui dépasserait de loin tout ce qui a été fait jusqu'à présent dans le domaine tech-

nique. Et il ne fait plus aucun doute que cela serait au moins réalisable aujourd'hui si les possibilités techniques existantes étaient perfectionnées à dessein. On y parviendra d'autant plus facilement que le traitement pratique du problème sera abordé tôt, de la manière scientifiquement la plus vaste et sérieuse, même s'il ne faut pas se leurrer sur l'ampleur des difficultés qui restent à surmonter.

Cependant, le but des présentes considérations n'est pas non plus de vouloir faire croire que l'on pourra déjà demain voyager vers des corps célestes étrangers. Elles sont seulement destinées à essayer de montrer que voyager dans l'espace ne doit plus être considéré comme quelque chose d'impossible pour l'homme, mais représente plutôt un problème qui peut très bien être résolu techniquement et - un problème qui, quels que soient les obstacles qui s'opposent à sa maîtrise ultime, ne peut qu'apparaître comme nul et non avenu au regard de l'écrasante magnificence de ce à quoi il aspire.



M. Hermann Noordung est né le 22 décembre de l'année 1892 à Pulj en actuelle Slovénie. Il devient ingénieur, théoricien en astronautique et permet, de part son unique ouvrage écrit, d'établir et de diffuser l'une des premières architectures spatiales, ouvrant ainsi un peu plus la voie vers l'inconnu et la connaissance du macrocosme. Il décède à l'âge de 36 ans, le 27 août de l'année 1929, à Vienne en Autriche.

© La présente version française du 03 mai 2024 est offerte au domaine public par le traducteur.

Contact : thierry.sbrugnera@protonmail.com