Grand Oral de Physique-Chimie : Plan détaillé

Pourquoi le voyage interplanétaire est si long ?

Introduction :

Le voyage spatiale et interplanétaire pose le problème des immenses distances à parcourir, et donc de l’énergie et de la durée nécessaire.

Sur Terre, le chemin le plus court entre 2 points – et donc le plus économique – est la ligne droite. Mais l’expérience de nos déplacements terriens, aussi longs soient-ils, ne nous est ici d’aucun recours et nous induit en erreur.

En effet, les lois de l’espace, bien plus subtiles, et toutes les limitations physiques et techniques qu’elles induisent, rendent le voyage bien plus difficile et d’autres stratégies obligatoires.

Nombre de ses principes ont été théorisées par les génies et précurseurs de l’aéronautique, le scientifique russe Constantin Tsiolkovski et l’ingénieur allemand Walter Hohmann.

1. La propulsion
   1. Troisième loi de Newton ou principe d’action réaction

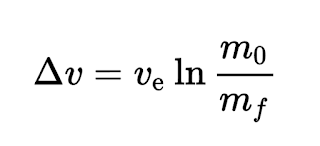
Sur Terre, la propulsion s’appuie sur la matière présente dans l’environnement (air, sol, …).

* 1. La propulsion dans l’espace : L’expérience de la barque

Dans l’espace, il n’y a pas de matière, il faut donc propulser de la masse dans un sens pour accélérer dans le sens opposé.

1. Le problème de la masse
   1. L’équation de Tsiolkovski

Équation donnant la vitesse que pourrait atteindre une fusée en fonction de la vitesse d'éjection des gaz, de sa masse initiale et de la masse de sa charge utile :



* 1. Orbite de transfert : Walter Hohmann

Une orbite elliptique permettant de passer d'une orbite circulaire, ou presque, à une autre dans un même plan en utilisant seulement deux brèves impulsions données à un vaisseau spatial.

* 1. L’infaisabilité d’un voyage en ligne droite

L’équation de Tsiolkovski et les orbites de Hohmann traduisent le fait que les lois de la gravitation imposent de nombreuses contraintes rendant quasi impossible un voyage en ligne droite d’une planète à une autre. On est donc obligé de faire voyager des engins à la masse limitée, selon des trajectoires complexes et déterminées précisément pour visiter le Système solaire.

1. L’assistance gravitationnelle, la meilleure stratégie pour explorer le système solaire
   1. Sphère de Hill

Une région autour d’un corps céleste dans laquelle un deuxième corps a tendance à rester naturellement un satellite du premier malgré l'influence gravitationnelle d'un troisième corps.

* 1. Manoeuvre d’assistance gravitationnelle

Lorsqu’un engin passe à proximité d’un corps avec une vitesse suffisante, il entre dans sa sphère de Hill sans se placer en orbite autour du corps. L’attraction qu’il subit a pour conséquence de le faire « tomber » vers l’astre : sa trajectoire se courbe et sa vitesse augmente. Lorsque l’engin s’éloigne du corps, il perd autant de vitesse qu’il en a gagné à l’arrivée. Le bilan n’est pas nulle pour autant : la planète, en se déplaçant autour de son orbite, a communiqué une partie de sa vitesse orbitale à l’engin. En répétant cette manœuvre autour de plusieurs corps célestes, une sonde peut donc accélérer pour atteindre des vitesses considérables sans utiliser trop de carburant et donc parcourir des distances beaucoup plus rapidement.

* 1. Son utilisation lors des missions interplanétaires

C'est le mathématicien américain Michael Minovitch qui a démontré qu’il était possible d’utiliser l'assistance gravitationnelle d'une planète pour modifier de manière particulièrement efficace la vitesse et l'orientation d'un astronef.

La NASA mettra ce concept en pratique pour la première fois avec les sondes Pioneer 10 et 11, en utilisant l’accélération communiquée par Jupiter pour continuer leur voyage vers Saturne, et avec la sonde Mariner 10 qui utilisera l’assistance gravitationnelle de Vénus pour atteindre Mercure.

Avec le programme Voyager, les ingénieurs de la NASA vont s’appuyer sur le mécanisme d’assistance gravitationnelle pour réaliser un « Grand Tour » du système solaire externe en seulement 12 ans, utilisant un alignement exceptionnel des planètes, qui ne se reproduit que tous les 176 ans. Ainsi, la sonde Voyager 2 survolera successivement Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

Enfin, la sonde Cassini-Huygens a utilisé à plusieurs reprises l'assistance gravitationnelle pour parvenir à Saturne, passant à deux reprises près de Vénus, puis la Terre et enfin Jupiter.

Conclusion :

Nous avons donc pu voir que, dans l’espace, les contraintes physiques et techniques rendent le voyage en ligne droite infaisable, du moins avec la technologie actuelle, ce qui oblige les ingénieurs qui conçoivent les sondes interplanétaires à concevoir des trajectoires bien plus complexes, avec un temps de trajet bien plus long, fondées sur un complexe « billard cosmique ».

Nous n’avons cependant, pu qu’étudier la trajectoire d’une sonde. Or, les agences spatiales, publiques ou privées, ambitionnent, à long voir très long terme, d’envoyer des missions habitées au-delà de l’orbite terrestre, notamment vers Mars, à l’aide d’engins spatiaux de bien plus grandes envergures. Il serait intéressant d’étudier, dans le cadre de telles missions, comment concevoir la trajectoire d’un tel engin pour un voyage interplanétaire.