

Coût de l'acheminement d'une charge utile sur Mars

J'ai toujours été passionné d'astronomie et d'exploration spatiale. Avec le retour en force des programmes spatiaux sur le voyage de l'homme, Mars sera manifestement une des grandes étapes d'une "conquête" de l'espace. J'ai donc eu à cœur d'étudier le voyage vers Mars pour étudier la vraisemblabilité de l'établissement d'une colonie.

On étudie les modalités d'un voyage sur Mars dans l'objectif de fournir des estimations assez précises, notamment en coût, pour permettre des modélisations de colonisations de la planète rouge. On étudiera ce voyage avec les technologies actuelles et nous nous demanderons à quel point ces résultats sont susceptibles d'être améliorés.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Mécanique), MATHÉMATIQUES (Géométrie).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Résolution numérique</i>	<i>numerical method</i>
<i>Energie</i>	<i>Energy</i>
<i>Voyage interplanétaire</i>	<i>interplanetary travel</i>
<i>Forces de frottement</i>	<i>friction forces</i>
<i>ellipse</i>	<i>ellipse</i>

Bibliographie commentée

Un voyage vers Mars se divise en trois grandes étapes : décollage, voyage interplanétaire, atterrissage.

Lors du décollage, la fusée se libère du champ gravitationnel terrestre. Cette étape représente la plus grande dépense énergétique du voyage, il est nécessaire de la caractériser minutieusement. Cela passe par une modélisation de la fusée, des forces qui s'exercent sur elle [1], ainsi que de l'atmosphère où l'engin va évoluer[2]. Grâce à une résolution numérique, une confrontation des chiffres obtenus avec les données de lancements réels permet de confirmer notre modèle.

Lors du voyage interplanétaire, quelques hypothèses simplificatrices, permettent de caractériser les trajectoires pour un voyage de type Hohman [3]. On suppose les astres du système solaire coplanaire et on considère uniquement le champ gravitationnel issu de l'astre dont le champ est maximal pour éviter d'étudier un problème à une dizaine de corps. L'enjeu est de décrire des manœuvres spatiales réalistes qu'une fusée aurait à effectuer et leurs coûts en ergol. Ce voyage étant supposé habité, pour avoir une durée raisonnable, on s'interdit de faire plus d'une demi-révolution autour du soleil.

L'atterrissage consiste à réduire suffisamment la vitesse de la fusée à l'approche de Mars pour la poser sans causer de dommages. L'atmosphère de Mars étant suffisamment dense, la majorité de cette perte d'énergie est due aux forces de frottements qu'exerce l'atmosphère sur la fusée. On montre que ces frottements sont tels que le coût énergétique d'un atterrissage est négligeable face aux autres étapes du voyage. [3]

Notre modélisation étant faite, on l'appliquera à la fusée Starship de SpaceX pour confirmer la masse de charge utile et le plan de vol avancés par l'entreprise.[4] Les applications numériques seront vérifiées ou calculées grâce à des outils numériques développés pour l'occasion en programmation orientée objet C#.

L'étude de moteurs plus théorique comme le VASIMR [5] permet de s'interroger sur une possible amélioration de ces résultats. Cette étude permet de révéler les contraintes énormes sur la masse initiale de la fusée, sa proportion initiale d'ergol supérieure à 90% de la masse ainsi que sur le moteur. En effet plus un moteur de fusée est efficace moins il permettra à la fusée d'atteindre de grandes vitesses rapidement notamment lors du décollage. La comparaison des anciennes fusées avec les nouvelles montre que le rapport de masse des fusées n'augmente pas significativement. Les calculs d'énergie nécessaire pour accélérer des fusées à des vitesses stellaires montrent qu'une démocratisation des voyages stellaires est impossible à l'heure actuelle, l'étude de la croissance mondiale montre que cette situation n'est pas près d'évoluer.[6][7]

Problématique retenue

Mon sujet a pour objectif de répondre aux questions suivantes : qu'elles sont les coûts actuels d'un voyage sur mars ? dans quelles mesures sont-ils susceptibles d'être améliorés ? est-ce qu'une démocratisation du voyage sur Mars est possible ?

Objectifs du TIPE

- caractériser la trajectoire d'une fusée et les milieux qu'elle traverse.
- développer des outils numériques pour effectuer des résolutions numérique et valider nos modèles
- estimer les coûts d'un voyage sur Mars et les comparer aux données fournies par SpaceX et la NASA pour les vérifier.
- étudier l'évolution du rapport de masse des fusées au cours du temps.
- comparer les coût de lancement de fusée à la production annuelle d'énergie

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] MR. WARWICK HOLMES : Rocket Equation ISP ans Rocket Fuels : *University of Sydney – MR. Warwick Holmes -AERO2705 Week 4 Rocket Equation ISP ans Rocket Fuels Tuesday*
- [2] MARCEL DÉLÈZE : Pression atmosphérique en fonction de l'altitude : <https://www.deleze.name/marcel/sec2/applmaths/pression-altitude/pression-altitude.pdf>
- [3] ROBERT GUIZIOU : Dess des techniques de L'espace, mécanique spatiale, chapitre A-1, A-2, A-3, B-1-1, C : https://www.chireux.fr/mp/cours/mecanique_spatiale.pdf
- [4] SPACEX : SpaceX starship users guide et site internet :

<https://www.spacex.com/vehicles/starship/>

[5] POUR LA SCIENCE : La fusée VASIMR : *La fusée VASIMR _ pour la science n°279 janvier 2021*

[6] ROLAND LEHOUCQ : conférence utopiales 2014 de Roland Lehoucq sur le voyage interstellaire : https://www.youtube.com/watch?v=O_DFx7PHDIA

[7] bp Statistical Review of world Energy 2020 chapitre primary energy : <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>

DOT

[1] *recherche d'un sujet de travail en lien avec l'exploration spatiale, suite à une recherche bibliographique je décide de m'intéresser au voyage vers Mars*

[2] *mise au point d'une modélisation de fusée, étude de l'atmosphère terrestre et martienne importante pour évaluer les forces de frottements*

[3] *Je contacte des ingénieurs d'airbus/ Thalès pour trouver une modélisation satisfaisante d'une phase d'atterrissage. On me renvoie vers des logiciels trop lourds pour un TIPE dont la documentation et le code ne peuvent pas être dévoilés. Je décide donc de ne pas utiliser ces logiciels que je ne peux pas comprendre. En parallèle, je me mets à niveau en géométrie pour comprendre les ellipses*

[4] *Grâce à des résultats en géométrie et de mécanique je démontre les généralisations des résultats classique des orbites circulaires au orbites elliptique. J'apprends également la programmation orienté objet en C#*

[5] *Je programme un logiciel permettant de tracer des trajectoires de fusée lors de voyages interplanétaires. J'écris en même temps un programme qui permet de simuler à la fois des atterrissages et décollages. Je m'y reprends plusieurs fois ayant eu du mal à manipuler les structures du langage pour utiliser des nombres à la fois très grands et très petits en limitant les approximations de calculs et obtenant une complexité satisfaisante*

[6] *recherche pour discuter de l'évolution future des coûts des lancements spatiaux*