

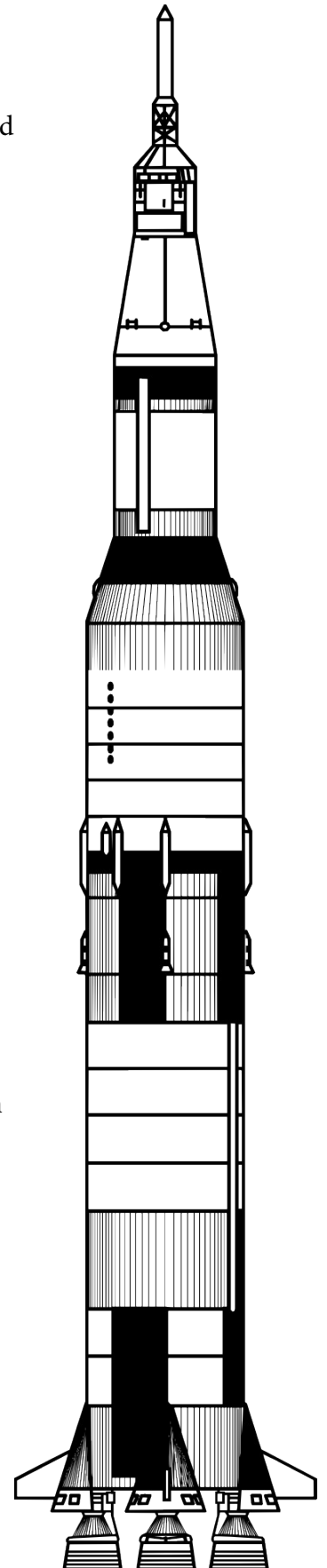
## Introduction

Le vol spatial est un domaine récent de l'ingénierie, qui a connu son plus grand essor dans les années 1960. La technologie des fusées remonte au treizième siècle ; son emploi à usage militaire s'est très rapidement répandu depuis l'orient jusqu'en Europe de l'Est. Il aura pourtant fallu attendre le XX<sup>ème</sup> siècle pour que l'on s'intéresse au vol orbital, utilisant les capacités du moteur fusée non plus seulement pour projeter diverses charges sur un adversaire, mais aussi pour s'extraire durablement de l'atmosphère. Le premier satellite artificiel (*Sputnik I*) est lancé en 1957.

Le monde du spatial est fait pour ceux qui aiment les grandes échelles. Les budgets les plus modestes s'y mesurent en centaines de millions d'euros ; les vitesses en kilomètres par seconde ; les capacités des réservoirs en milliers de tonnes, et les rapports de masse surprennent puisque la charge utile atteint rarement les 5%. Une douzaine de grands acteurs, parmi lesquels beaucoup d'agences gouvernementales, se partage le marché mondial des lanceurs et satellites.

Du point de vue de l'ingénieur, on peut distinguer quatre grands domaines d'expertise :

- **La maîtrise du lanceur.** Les très grandes quantités de carburant, le caractère brutal de la combustion, et la faible stabilité du vol requièrent un contrôle avancé ;
- **La navigation spatiale.** Il est difficile de connaître et la trajectoire exacte d'un corps dans l'espace, et les manœuvres y sont très particulières, par exemple lors des rendez-vous orbitaux ;



- **La ré-entrée dans l'atmosphère.** Les vitesses atteintes par les engins spatiaux se traduisent par de très hautes températures et des écoulements complexes, lorsque l'on souhaite dissiper cette énergie par frottement en redescendant sur Terre ;
- **Le vol habité.** Au regard des forces, accélérations, et températures rencontrées lors du vol spatial, l'être humain est une charge très fragile, dont le support est une tâche très coûteuse et contraignante techniquement.

L'aérospatiale, et en particulier l'astronautique, est incontestablement un domaine de pointe. Les investissements, en termes humains et financiers, y sont énormes, et les vols peu nombreux (rarement plus d'une cinquantaine de lancers par an). La redondance des systèmes y est faible, c'est à dire que la grande majorité des éléments de chaque mission est critique : ceci rend les erreurs, autant que les succès, fort spectaculaires.

Pour autant, la complexité des principes physiques régissant le vol spatial reste modérée. Nous verrons, notamment au travers quelques aspects des expéditions lunaires *Apollo*, que le déroulement d'une mission complexe peut être retracé et approfondi sans difficulté majeure, par l'étudiant/e armé de quelques outils mathématiques.

# Bibliographie

Les cours fournis en classe suffisent amplement à la résolution des projets individuels. L'étudiant/e désirent en découvrir plus pourra consulter les ressources suivantes :

- *Understanding Space* par J.J. Sellers et al., publié chez McGraw-Hill, qui est une excellente introduction pratique aux joies de l'ingénierie spatiale. Beaucoup d'exercices corrigés, un niveau d'ensemble abordable en Terminale, et de très nombreux schémas et explications ;
- *Introduction to Space Flight* par F. J. Hale (publié chez Prentice Hall), ouvrage classique du milieu. Une approche beaucoup plus avancée et très analytique ;
- *How Apollo Flew to the Moon* par W. David Woods (publié chez Springer), un excellent tracé des missions lunaires américaines, particulièrement bien expliqué et illustré ;
- *Le Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, accessible à l'adresse <http://jpl.nasa.gov/> , ressource inépuisable de documents, explications, images et vidéos de tous niveaux – à savourer même avec peu d'attention ;
- *L'Encyclopedia Astronautica* à l'adresse <http://astronautix.com/> , capable de satisfaire les plus curieux/ses. C'est une base de données d'excellente qualité couvrant tous véhicules spatiaux.

Attention aux notations et unités utilisées dans les différentes sources – elles varient souvent d'un livre et d'un continent à l'autre.

# Licence

Ces documents de cours sont placés sous licence Creative Commons CC by-sa :



Creative Commons BY-SA

Paternité – Partage des conditions initiales à l'identique.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.fr>

La copie, la redistribution, et la modification sont encouragées,  
sous seules conditions d'attribution de l'auteur et de conservation de cette licence.

© 2008-2011 Olivier Cleynen

# Téléchargement

La dernière version de ces cours est téléchargeable librement à l'adresse  
<http://spatial.ariadacapo.net>

L'auteur apprécie vivement vos corrections, commentaires et suggestions :  
[olivier.cleynen@ariadacapo.net](mailto:olivier.cleynen@ariadacapo.net)