



KSP Workshop by KSC

Initiation et prise en main du jeu
Kerbal Space Program

23/03/2023 - IPSA



Vos présentateurs du jour

2000 h



Romain Poirier

Membre de l'association KSC

8000 h



Guillaume Duchesne

Co-fondateur de l'association KSC



Sommaire

L'association KSC

01

05

Décollage et mise en orbite

Installation et lancement

02

06

Noeuds de manoeuvres

Présentation du jeu KSP

03

07

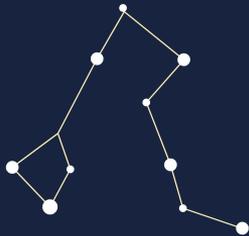
De Kerbin à la Mun

Construction d'une fusée

04

08

Conclusion



The background is a dark blue space scene. At the top center is a large pink planet with horizontal stripes and a cute face with two black dots for eyes and a small smile. To its right is a yellow planet with horizontal stripes and a cute face with closed eyes. At the bottom center is a blue planet with horizontal stripes and a cute face with two red dots for cheeks. The scene is filled with white stars of various sizes, some with long blue trails, and several constellations represented by white lines connecting dots. A large white number '01' is centered in the left half of the image, surrounded by concentric blue circles.

01

L'association KSC

Kerbal Space Challenge en quelques mots

Le Staff de l'asso KSC

KSC
born
2017

Président

Celui qui tire les ficelles

Membres permanents

Le cœur de l'asso

Invités

Aident le staff occasionnellement

Modérateurs

Représentent le staff sur les réseaux



Le beau camembert statistique



C'est à peu près ça.

60%

Communauté

Discord, Twitter, Twitch
Administrateurs et modérateurs

30%

Evenements

Challenges en ligne et IRL
Tournois, défis, activités

10%

RUD

Enchaîner les Rapid
Unscheduled Disassembly



Le premier Hackathon KSP IRL



Un jeu version portable



DRM-Free

Pas besoin de plateforme,
pas besoin de connexion !



Juste un .exe

On clique, ça se lance, et on
profite, rien de plus !

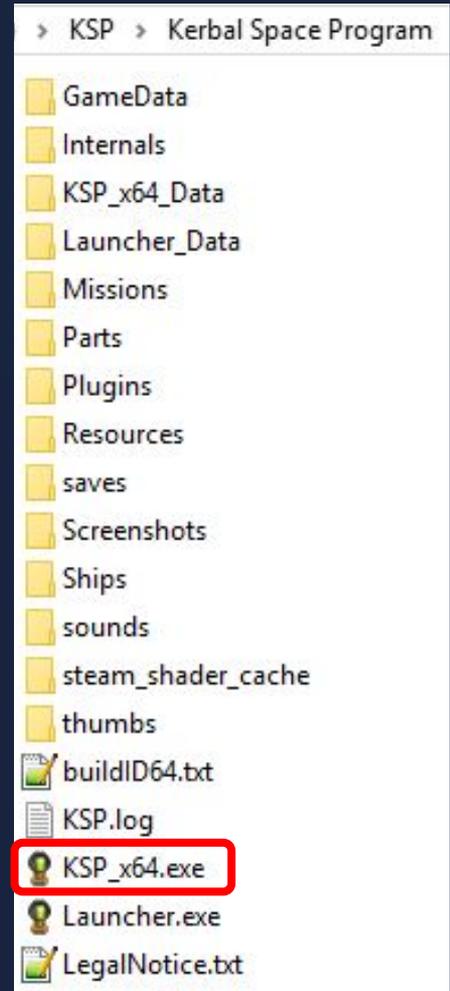


Lien de DL

Pour les retardataires :
<https://static.kerbalspacechallenge.fr/IPSA/>



Ecran de lancement



The background is a dark blue space scene. It features several constellations represented by white dots connected by thin lines. There are various stars, some simple four-pointed stars and others with long, blue, wavy trails. Three planets are depicted with cute, smiling faces: a large pink planet with horizontal stripes at the top center, a yellow planet with horizontal stripes at the top right, and a blue planet with horizontal stripes at the bottom right. The number '03' is prominently displayed in the center-left within a circular graphic.

03

Présentation de KSP

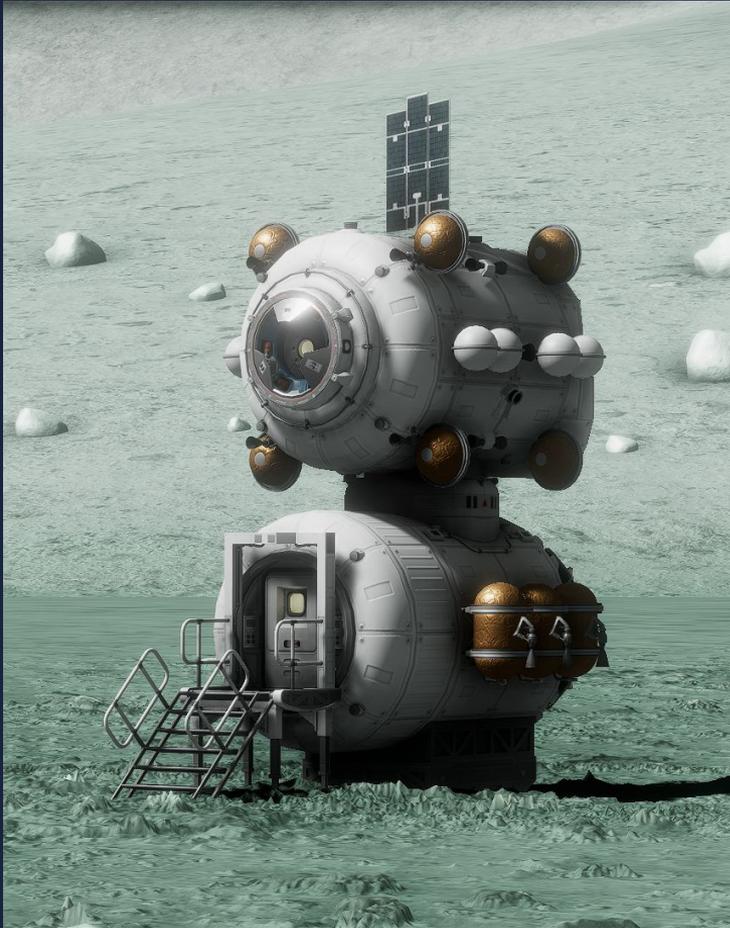
De quoi vous donner envie d'y jouer !



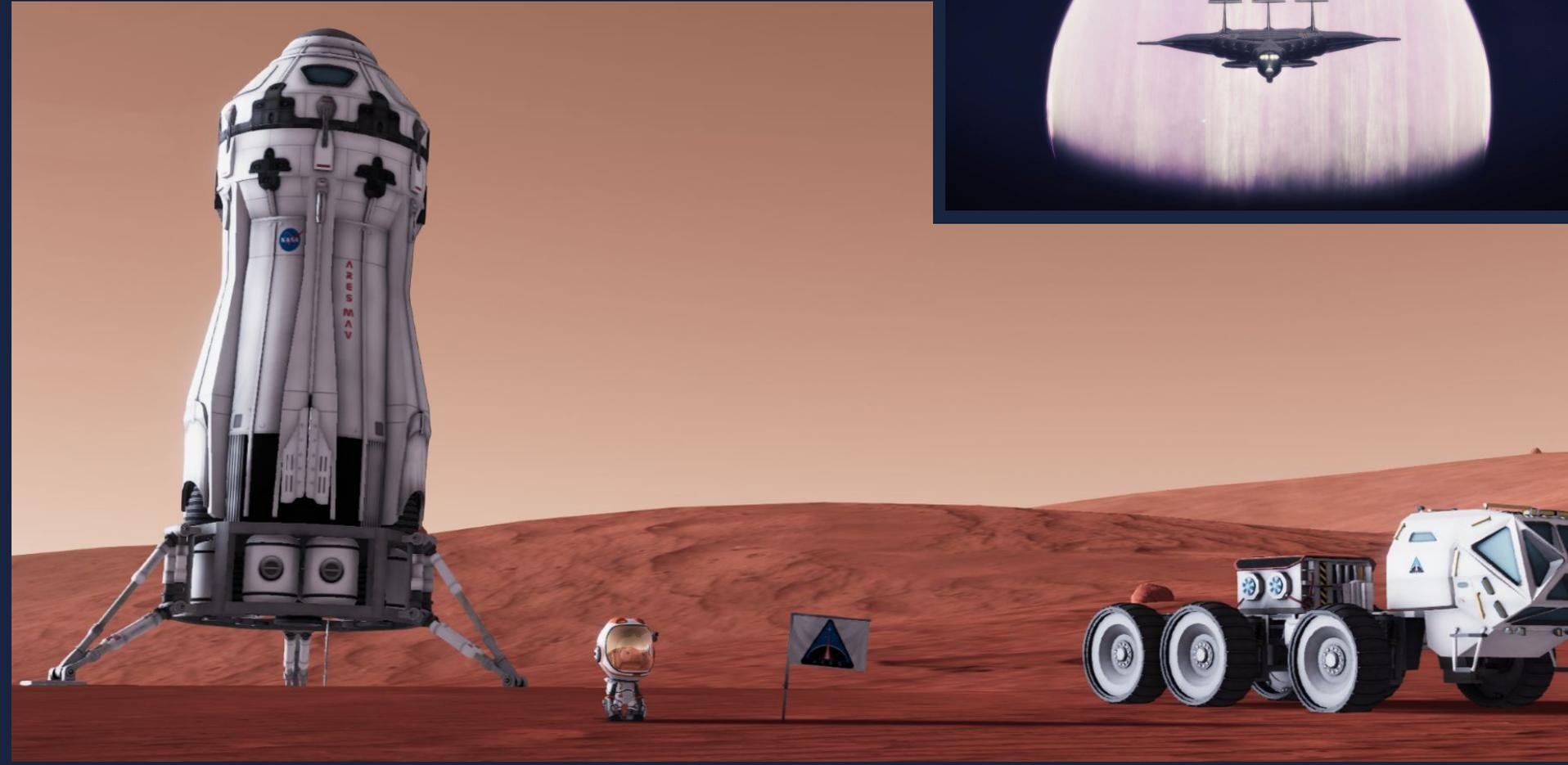
“Build-Fly-Dream” : concevez vos lanceurs, prenez-en le contrôle, visez la Mun et terminez dans les étoiles !

–Someone Famous

Phase de conception des crafts



Phase de conception des crafts



Un jeu à la limite de la soft-simulation

Système planétaire
réduit au 1/10

Maths et physiques
applicable

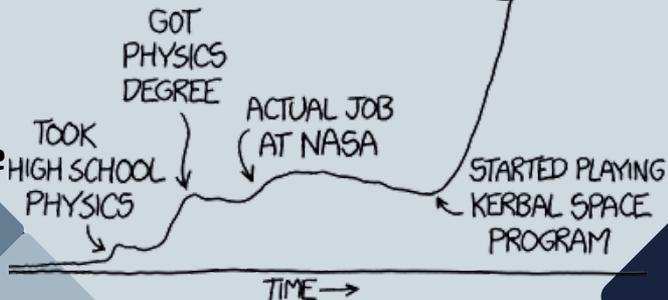
Mécanique orbitale
2-body

Stages concrets
ESA / CNES

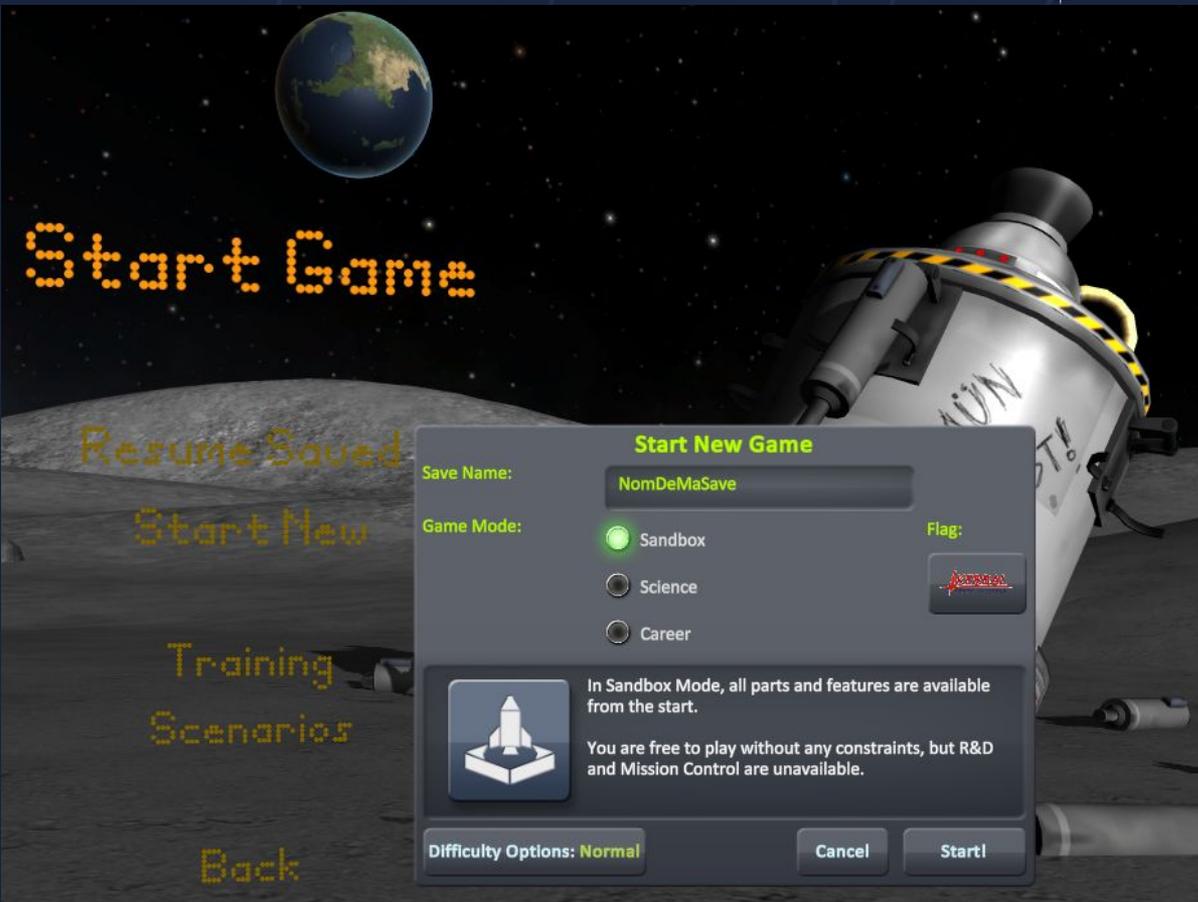
Conception complète
mais simplifiée

Modèle
atmosphérique
perfectible

HOW WELL I UNDERSTAND
ORBITAL MECHANICS:



Démarrons une partie ensemble



The background is a dark blue space scene. It features several constellations represented by white dots connected by thin lines. There are various stars, some simple four-pointed shapes and others with long, flowing blue and white comet-like tails. Three planets are depicted with cute, smiling faces: a large pink planet with horizontal stripes at the top center, a yellow planet with horizontal stripes on the right, and a blue planet with horizontal stripes at the bottom right. The overall aesthetic is whimsical and child-friendly.

04

Construction d'une fusée

Quelques bases pour vous lancer

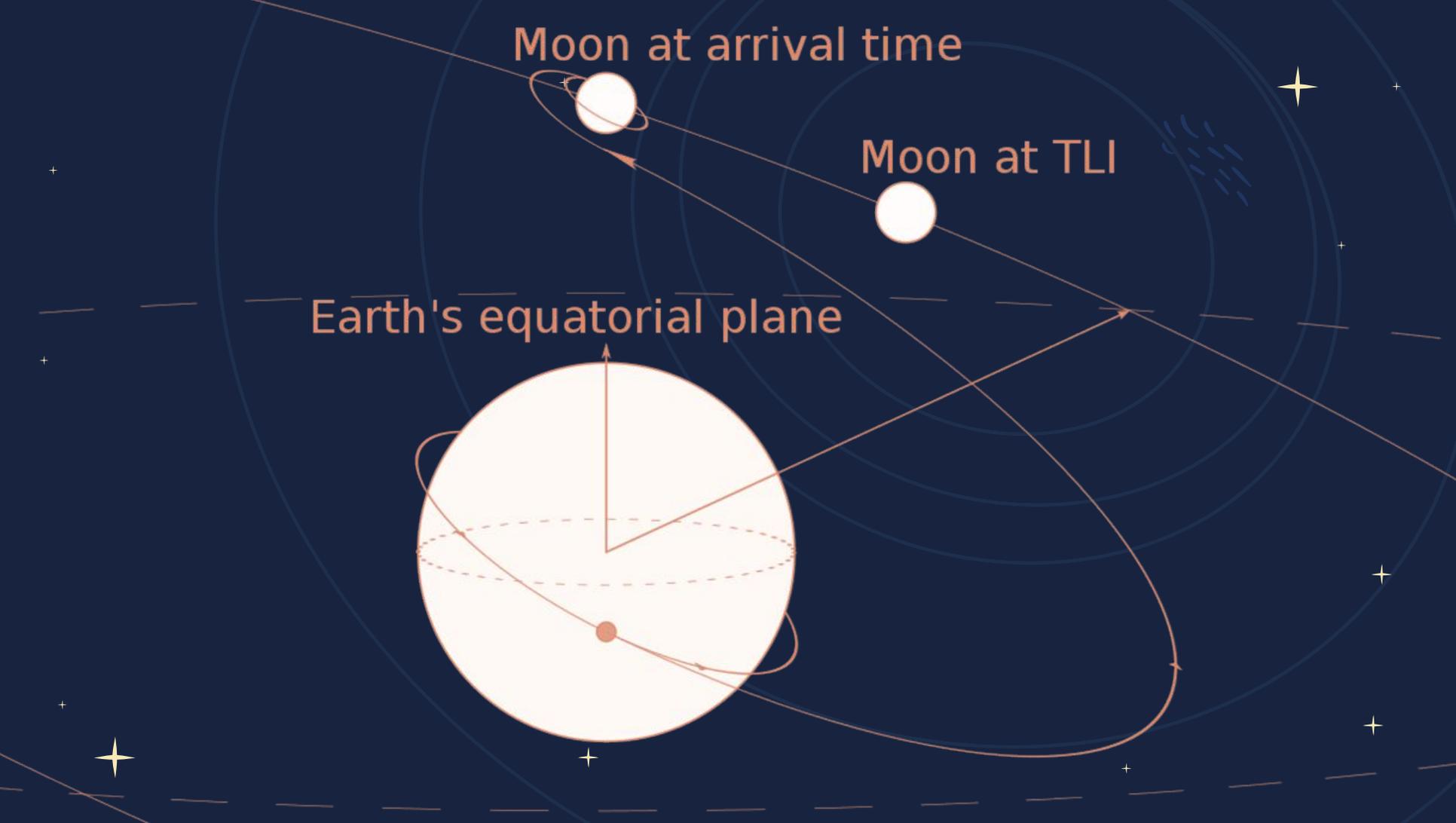
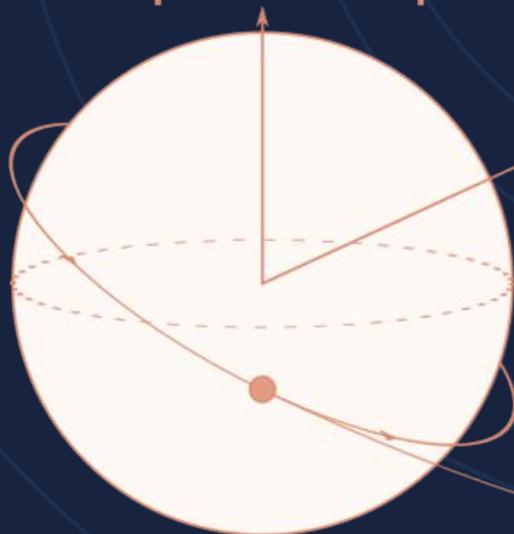
Les grandes étapes de la mission



Moon at arrival time

Moon at TLI

Earth's equatorial plane



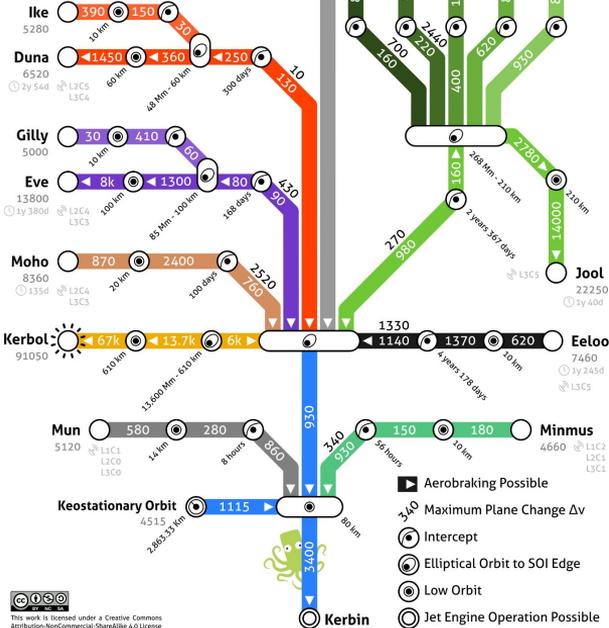
Le DeltaV : coût énergétique d'une mission

Kerbal Space Program Δv Map

Low orbits are 10 km above atmosphere or terrain obstacles. All values are measured as vacuum Δv in m/s. Total values do not include maximum plane change Δv . Atmospheric ascent values are typical. More/less efficient ascents are likely, depending on ascent profile, TWR and aerodynamic effects. Flight time is based on 10 years of average flight possibilities simulated on AlexMoon's Launch Window Planner, from day 1.

Map design by LuWashHebucky
 Design inspired by Kongan and WAC.
 Atmospheric numbers by Kongan.
 Vacuum numbers by LuCariousHeapher.
 Additional vacuum numbers by Armissaet.
 Relay Antenna calculations from the Wiki.
 Original subway concept by LuWashHebucky.

forum.kerbspacemod.com
 reddit.com/r/kerbspacemod



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 License



Source

Logique de conception descendante

Décomposer les étapes de la mission

Identifier les contraintes et opportunités

Débuter la conception par le haut, par la fin

Dimensionnement et conception du lanceur

Dérouter les étages au fur et à mesure

Respecter le DeltaV cible de chaque étape

Optimiser / tweaker les éléments de la fusée



La mise en orbite en équation (1/2)

Lors de la conception d'un véhicule, 2 paramètres sont importants :

1- Le Delta V, la capacité du véhicule à modifier sa vitesse. Le DV est donné par la formule de Tsiolkovski :

$$\Delta V = ISP \cdot g_0 \cdot \ln \left(\frac{m_0}{m_0 - m_c} \right)$$

Où **l'ISP = ve/g0**, ve étant la vitesse d'éjection des gazs et g0 la gravité standard 9.81m/s² ; **m0** la masse initiale du véhicule et **mc** sa masse de carburant

La mise en orbite en équation (2/2)

2- Le TWR pour Thrust to Weight Ratio ou Ratio Poussée Poids

$$TWR = \frac{\text{Poussée}}{\text{masse} \times g}$$

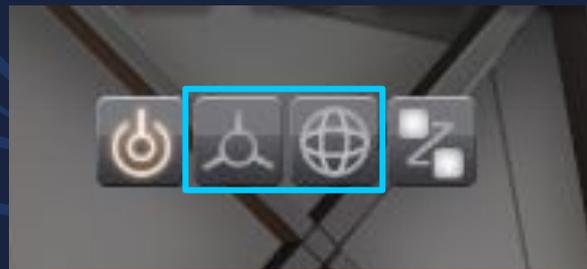
Le TWR doit être supérieur à 1 pour permettre un décollage et un atterrissage.

g est la gravité de surface de l'astre considéré (9.81m/s² pour le 1er étage d'un lanceur qui part de Kerbin et 1.63 m/s² pour un atterrisseur Munaire)

Un TWR min entre 1.5 et 2.2 est conseillé pour un décollage depuis Kerbin

Exercices + Cheat-Sheet :

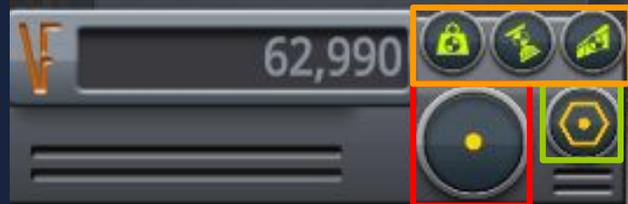
Reproduire grossièrement cette fusée :



Translation-Rotation

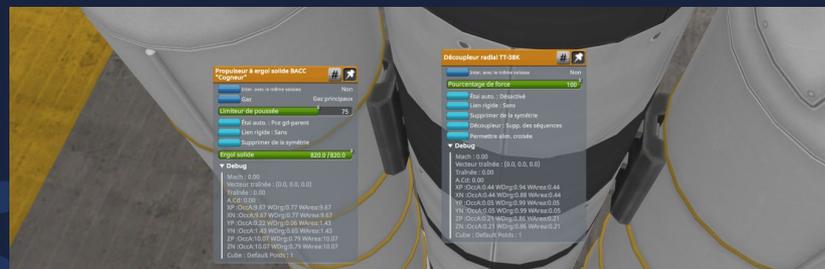
[F] change de référentiel

CoM-CoL-CoT



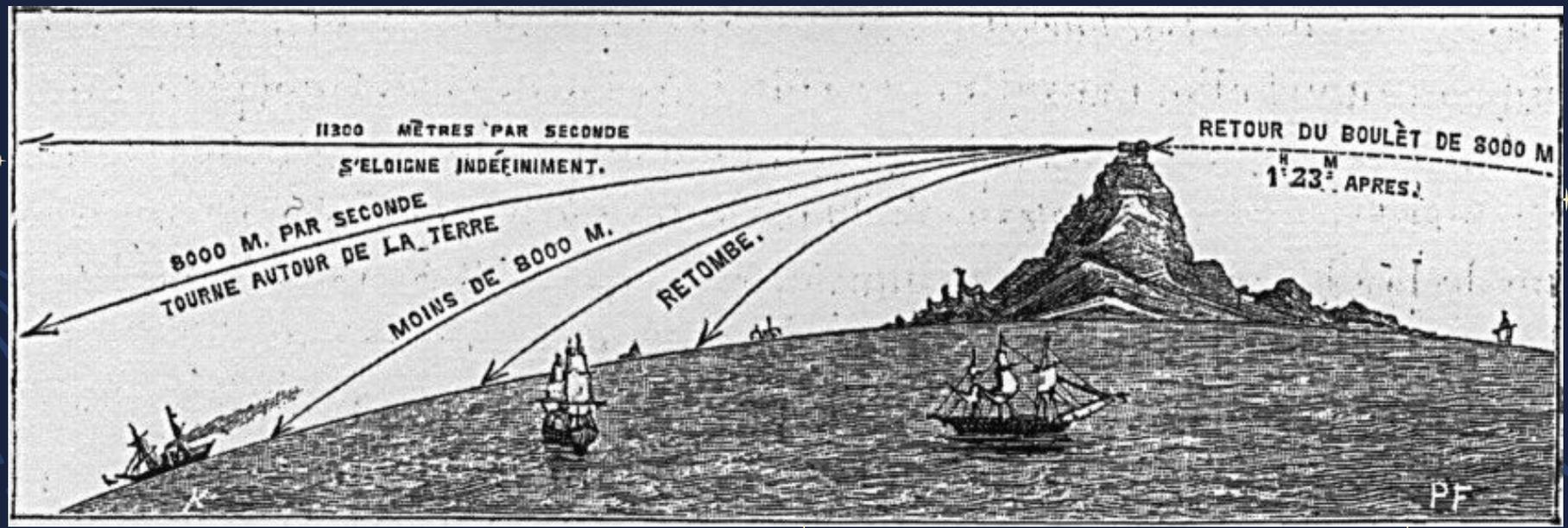
Symétrie

Crantage



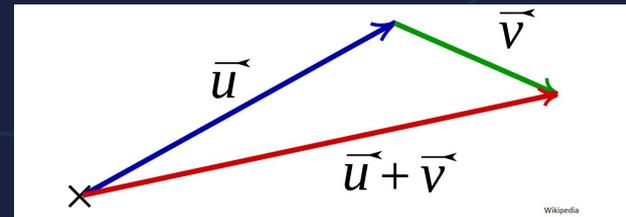
Expérience de pensée : le canon de Newton

Un peu de poudre expulse le boulet, davantage de poudre l'expulse plus loin. ✨
Beaucoup plus de poudre lui donnera une trajectoire ballistique...
...particulière.



Concrètement, une orbite, on fait comment ?

- Monter à la verticale pour sortir de l'atmo
⇒ Pas trop vite, mais pas trop lentement
- Pousser à l'horizontale pour allonger la traj
⇒ Vers l'Est pour profiter de l'effet de fronde
- Circulariser pour stabiliser l'orbite
⇒ Nouvelle poussée horizontale à l'Apoapsis
- Est-ce qu'on peut faire mieux ?



Le fameux Gravity Turn

Optimisation de :

- La longueur de la traj
- Des pertes par traînée
- Des pertes par gravité
- Des pertes par désaxe
- De la stabilité aéro

⇒ DeltaV +++



Le principe du Gravity Turn

- Donner une petite impulsion vers l'Est très tôt après le décollage, puis verrouiller le cap en prograde :

- ⇒ La vitesse horizontale augmente dès le début

- ⇒ La fusée présente sa cross-section la plus faible

- ⇒ La fusée est au plus proche de sa stabilité maximale

- ⇒ Très peu de contrôle requis, trajectoire passive

- ★ ⇒ Tout est conditionné par le PitchOver initial



Et concrètement dans le jeu ?

- Tourner de 5° vers l'Est à 30-40 m/s
- SAS en suivi Prograde dès 5°
- Correction nord-sud si nécessaire
- GT actif en agissant sur les contrôles

Repères clés à respecter approximativement :

- 25° vers 3-5000m
- 45° vers 7-10000m
- 75° vers 25-40000m

⇒ Tout dépend du TWR des étages !



Le Gravity Turn parfait... Et la réalité.

- ⇒ GT parfait : trajectoire passive aboutissant à l'horizontale pile à l'altitude souhaitée, difficile à réaliser concrètement
- ⇒ GT trop agressif : trajectoire qui retombe trop tôt, PitchOver à initier plus tard
- ⇒ GT trop "rond" : trajectoire qui ne retombe pas assez, PitchOver à initier plus tôt
- ⇒ Retenir / tirer le prograde quand on est en décalage par rapport aux repères clés !



La mise en orbite en équation (1/2)

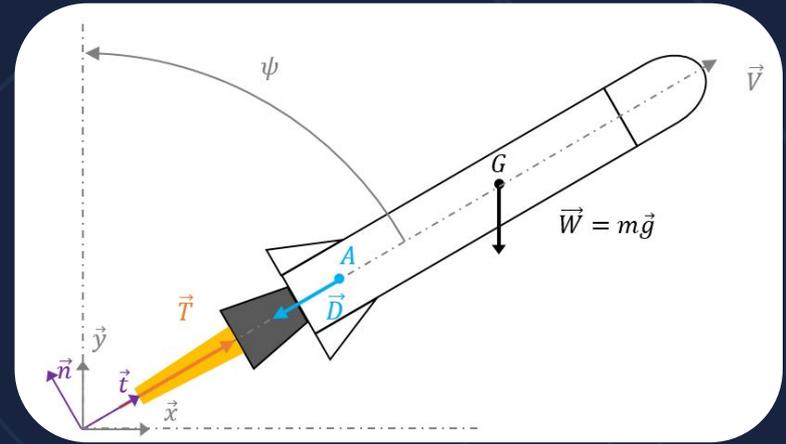
Le bilan des efforts sur une fusée se résume :

- au poids, W
- à la poussée, T
- et à la traînée, D

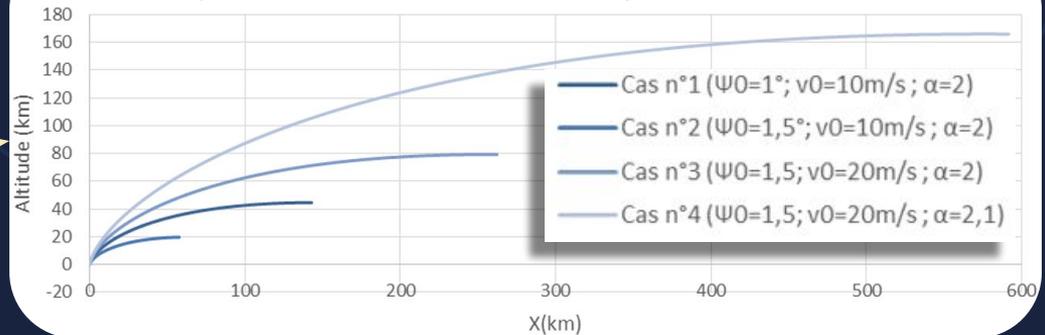
Si l'on néglige la traînée et que l'on considère un champ de gravité uniforme vertical, on peut mettre le virage gravitationnel en équation. On a :

$$\begin{cases} \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} = TWR - \cos\psi \\ \frac{v}{g} \frac{d\psi}{dt} = \sin\psi \end{cases}$$

Dans le repère de Frenet



Trajectoire avec différent TWR et paramètre de Pitch Over



Ψ_0 = angle PitchOver, v_0 = vitesse PitchOver et α = TWR

La mise en orbite en équation (2/2)

Si l'on suit un virage gravitationnel, le DV pour atteindre l'orbite est donné par :

$$\Delta V_{to\ orbit} = v_{orb} \left(\frac{TWR^2}{TWR^2 - 1} \right)$$

- **vOrb** est la vitesse de l'orbite cible, 2300 m/s pour une orbite basse autour de Kerbin,
- **TWR** est le ratio poussée poids du lanceur, dans la réalité il varie au cours du temps, ici en première approximation on prend le TWR moyen le long de la trajectoire (souvent autour de 2.5)

Avec ces hypothèses il faut 2740 m/s de DV pour atteindre l'orbite. Mais attention il faut également prendre en compte la perte par frottement atmosphérique et la perte de rendement des moteurs due à la pression atmosphérique, ces pertes sont autour de 10% du DV total.

Enfin pour atteindre l'orbite basse de Kerbin prévoyez 3000 à 3200 m/s de DV dans le vide

Exercices + Cheat-Sheet :

KSC - S'G4 - MunAR en orbite à 100km



25° vers 3-5000m
45° vers 7-10000m
75° vers 25-40000m



5° vers l'Est à 30-40 m/s



06

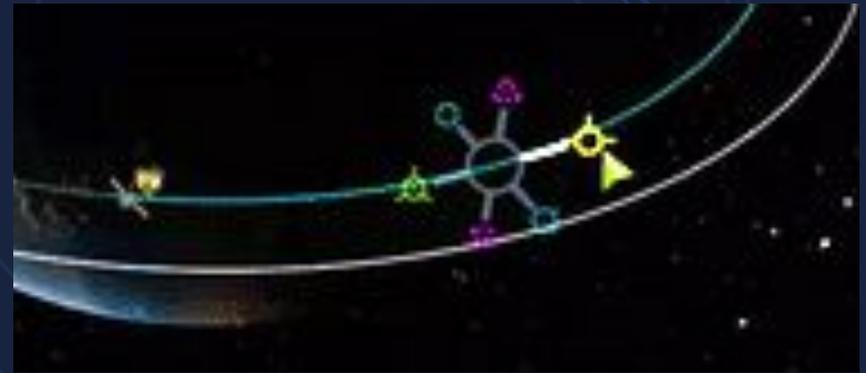
Noeuds de manoeuvres

Une vraie partie de billard cosmique !

Dans l'espace, pour "tourner", il faut... Accélérer !



Les nœuds de manœuvre, des petits calculateurs prédictifs



Les 3 axes d'une manoeuvre orbitale

Vert

Prograde
Rétrograde

permet d'excentrer votre orbite : vue de votre vaisseau, c'est "vers l'avant" ou "vers l'arrière"

Violet

Normal
AntiNormal

permet d'incliner votre orbite : vue de profil, c'est "vers le haut" ou "vers le bas"

Bleu

Radial
AntiRadial

permet de faire pivoter votre orbite : vue de dessus, c'est "vers l'extérieur" ou "vers l'intérieur"



En général, on n'agit que sur un axe à la fois, correspondant à un type de manoeuvre en particulier. Le **Bleu** (radial - antiradial) est à limiter autant que possible.



Les manoeuvres orbitales en équation (1/2)

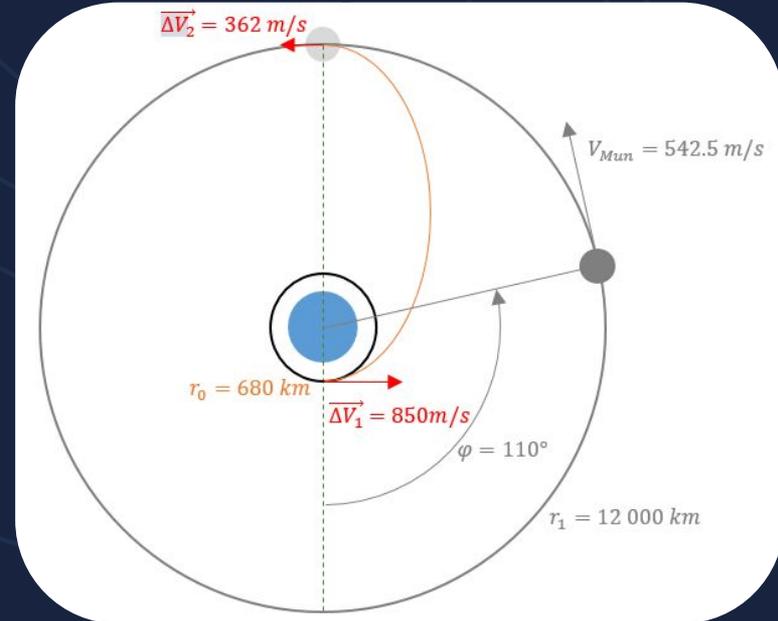
Le transfert de Hohmann permet de modifier l'altitude du véhicule. Pour passer d'une orbite de rayon r_0 vers le rayon r_1 , le ΔV est donné par :

$$\Delta V = \sqrt{\frac{\mu}{r_0}} \left(\sqrt{\frac{2r_1}{r_0 + r_1}} - 1 \right) + \sqrt{\frac{\mu}{r_1}} \left(1 - \sqrt{\frac{2r_0}{r_0 + r_1}} \right)$$

L'angle de phase permettant un rendez-vous est :

$$\varphi = \pi \left(1 - \sqrt{\frac{(r_0 + r_1)^3}{8r_1^3}} \right)$$

ΔV_2 est la vitesse de rentrée dans la SOI de Mun



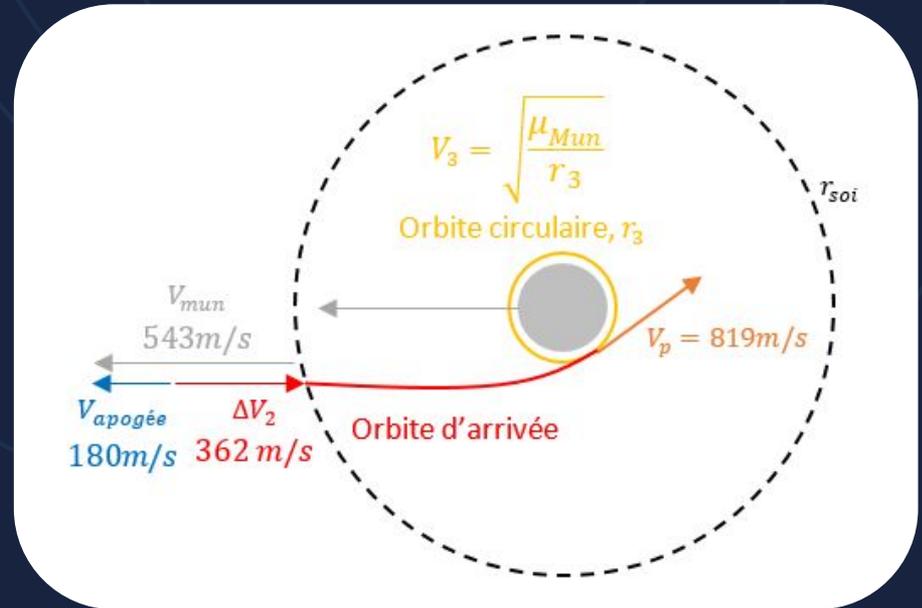
Les manoeuvres orbitales en équation (2/2)

Une fois dans la sphère d'influence de Mun le véhicule est attiré et accélère. On peut déterminer la vitesse au périastre avec la conservation de l'énergie. A l'entrée dans la SOI puis au périastre on a :

$$\xi = \frac{\Delta V_2^2}{2} - \frac{\mu_{Mun}}{r_{soi\ Mun}}$$
$$\xi = \frac{V_p^2}{2} - \frac{\mu_{Mun}}{r_p}$$

Finalement la vitesse au périastre est :

$$V_p = \sqrt{\Delta V_2^2 + \frac{2\mu_{Mun}}{r_p} - \frac{2\mu_{Mun}}{r_{soi\ Mun}}}$$





Exercices + Cheat-Sheet :

+ KSC - SI'G4 - MunAR 100km

⇒ 500km circulaire

KSC - SI'G4 - Station Orbitale

+ ⇒ Alignement plan équatorial

+ KSC - SI'G4 - MunAR 200km

⇒ Interception de la Mun



Vert pour Prograde / Rétrograde : permet d'excentrer votre orbite : vue de votre vaisseau, c'est "vers l'avant", "vers l'arrière"

Violet pour Normal / AntiNormal : permet d'incliner votre orbite : vue de profil, c'est "vers le haut" ou "vers le bas"

Bleu pour Radial / AntiRadial : permet de faire pivoter votre orbite : vue de dessus, c'est "vers l'extérieur" ou "vers l'intérieur"

The background is a dark blue space scene. At the top center is a large, pink, striped planet with a cute face. To its right is a yellow planet with a face. At the bottom center is a blue, striped planet with a face. The scene is filled with white stars, some with long blue trails, and several constellations represented by white dots connected by thin lines. A large white number '07' is inside a circular graphic on the left side.

07

De Kerbin à la Mun

On tente votre premier "amunissage" ?

Une mission qui exploite tous les précédents chapitres...

Conception d'une fusée bien pensée

Mise en orbite via Gravity Turn

Alignement des orbites

Manœuvre d'interception de la Mun

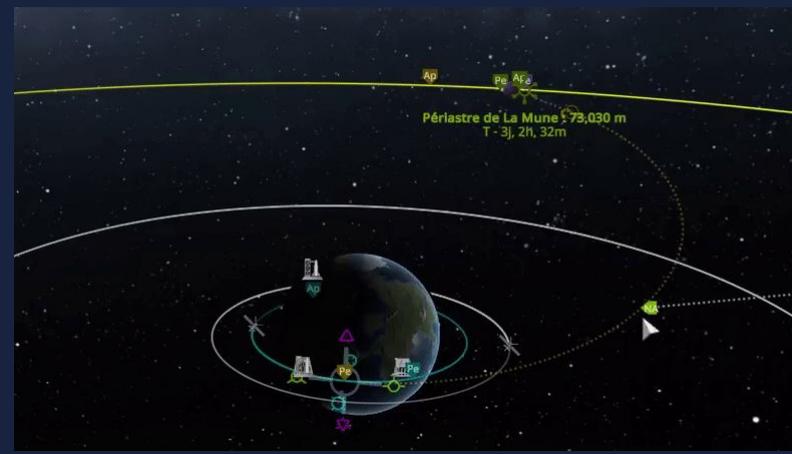


... Ainsi que son lot de nouveaux défis !

Changement de Sphère d'Influence (SOI)

Manœuvres de capture

Burn de descente puis Suicide Burn



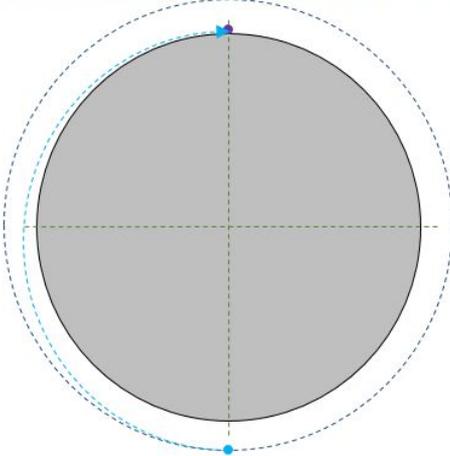
L'atterrissage en équation (1/2)



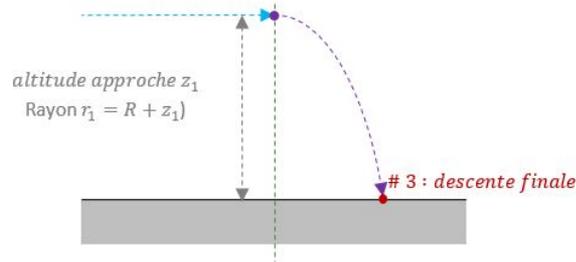
+ Pour atterrir sur un astre depuis une orbit parking, 3 phases sont conseillées :

1. une phase d'approche pour abaisser le périastre au dessus du site d'atterrissage (DV1)
2. une phase d'annulation de la vitesse tangentielle au dessus du site (DV2)
3. un suicide burn à la fin de la descente finale (DV3)

#0 : Orbite "parking" à l'altitude z_0 (rayon $r_0 = R + z_0$)



2 : annulation de la vitesse tangentielle



1 : manoeuvre "approche"

$$\Delta V_1 = \sqrt{\frac{\mu}{r_0}} - \sqrt{\frac{2\mu r_1}{r_0^2 + r_1 r_0}}$$

$$\Delta V_2 = \sqrt{\frac{2\mu r_0}{r_1^2 + r_1 r_0}}$$

$$\Delta V_3 = \dots$$

L'atterrissage en équation (2/2)

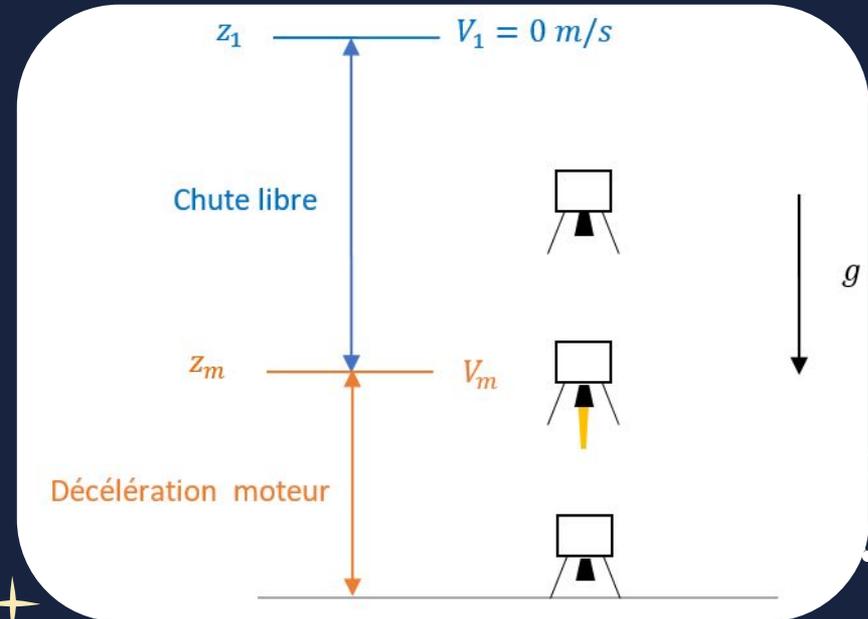
Un atterrissage consiste à arriver à vitesse nulle à altitude nulle. Pour utiliser un minimum de DV il faut pousser contre la gravité le moins de temps possible et allumer son moteur au dernier moment, on appelle cette manœuvre le suicide burn.

L'altitude d'allumage moteur est :

$$z_m = \frac{z_1}{TWR}$$

Le DV nécessaire à l'atterrissage est :

$$\Delta V_3 = \sqrt{\frac{2z_1 TWR g}{TWR - 1}}$$



The background is a dark blue space-themed illustration. It features several constellations represented by white dots connected by thin lines. There are three planets: a large pink one with a smiling face at the top center, a yellow one with a smiling face on the right, and a blue one with a smiling face at the bottom right. A yellow comet with a long tail is on the left, and another yellow star with a smiling face is at the bottom left. The number '08' is prominently displayed in the center-left. The text 'Conclusion' and 'Parce que toutes les bonnes choses ont une fin' are in the center. The URL is at the bottom left.

08

Conclusion

Parce que toutes les bonnes choses ont une fin

Conclusion

- Easy to learn, hard to master
- Représentatif et réaliste dans des limites bien définies
- Permet de découvrir et d'apprendre la logique de conception d'une fusée, son dimensionnement, la trajectoire de mise en orbite, les manœuvres orbitales et bien d'autres aspects plus pointus
- Beaucoup de maths et de physique possibles pour préparer une mission
- Une communauté active : entraide permanente, création de contenus, tournois, challenges, rencontres IRL, etc.
- Le guide de référence pour découvrir et se perfectionner :
<https://kerbalspacechallenge.fr/category/tuto-guide/>

Nous contacter



Email

contact@kerbalspacechallenge.fr



Site & Forum

<https://kerbalspacechallenge.fr/>



Twitter

https://twitter.com/KSC_fr



Discord

<https://discord.com/invite/KrwPMzMDAS>



Des questions ?





KSP Workshop by KSC

Initiation et prise en main du jeu Kerbal Space Program à l'IPSA

