

KSP Workshop

● KSC



VOTRE ÉQUIPE D'ANIMATION



Romain Poirier

Membre de l'association KSC

2000h



Guillaume Duchesne

Co Fondateur de l'association KSC

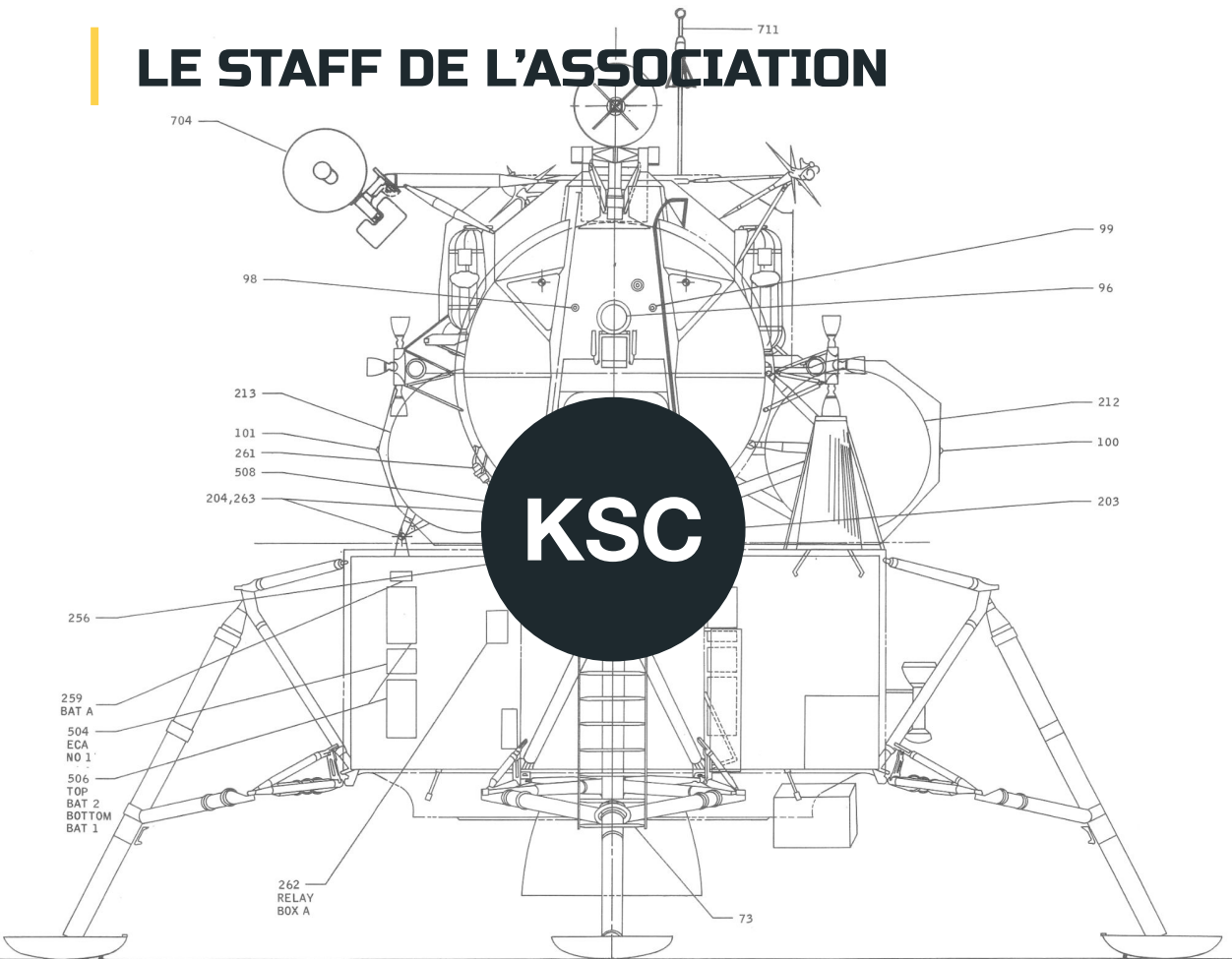
8000h

AGENDA

- L'association KSC
- Installation et lancement
- Présentation du jeu KSP
- Construction d'une fusée
- Décollage et mise en orbite
- Noeuds de manœuvres
- De Kerbin à la Lune
- Conclusion



LE STAFF DE L'ASSOCIATION



PRÉSIDENT

celui qui tire les ficelles

MEMBRES

le coeur de l'asso

MODÉRATEURS

représentent le staff sur les réseaux

INVITÉS

aident occasionnellement

ACTIVITE DE L'ASSOCIATION



60% COMMUNAUTÉ

Anime la communauté : Twitter, Discord, Twitch
Administrateurs et modérateurs

30% ÉVÉNEMENTS

Challenges en ligne, tournois, défis...

10% RUD

Amélioration continue !

LES CHALLENGES KSP ONLINE



KSC2 VENERA en chiffres

Types de médias utilisés
250 photos, 10 vidéos, 179 pages, 1 musique

Nombre de participants restant à chaque étape

24 inscrits au challenge

11 participants

Poids de la fusée la plus légère
2,9 tonnes

Poids de la fusée la plus lourde
845 tonnes

Poids de la fusée la plus lourde
845 tonnes

4590,5 tonnes
masse totale des 11 lanceurs

Les stats des catégories

Junior Historique

de vinif de des

1 5 3 3

63,3% 27,3% 44,4% 66,7%

Venera 13 irl
URSS - 30 octobre 1967
masse à vide de 700 kg
Distance Terre-Vénus entre 43,2 et 156 millions de km
C'est l'un des derniers à avoir été lancé en orbite autour de Vénus. Il a été lancé en orbite autour de Vénus le 18 décembre 1967. Il a été lancé en orbite autour de Vénus le 18 décembre 1967. Il a été lancé en orbite autour de Vénus le 18 décembre 1967.

Masse totale d'opérations par participant

250 photos, 10 vidéos, 179 pages, 1 musique

KSC3 HAYABUSA 2 en chiffres

Types de médias utilisés
191 photos, 847 pages, 10 vidéos 54 min

Nombre de participants restant à chaque étape

35 inscrits au challenge

28 participants

Poids de la fusée la plus légère
65 tonnes

Poids de la fusée la plus lourde
1670 tonnes

8947 tonnes
masse totale des 28 lanceurs

Les stats des catégories

Junior Historique

de vinif de des

5 1 15

18,2% 29,3% 83,3%

Hayabusa2 irl
Japon - 3 décembre 2010
masse à vide de 500 kg
Opérateur JAXA
Voyage : Étape de lancement (NOSHIO) / Riser / Type de mission : Retour / Objectif : Mission : Phase d'observation scientifique
C'est la première mission de retour d'échantillons depuis le 1969. Cette mission a été lancée le 3 décembre 2010. Elle a été lancée le 3 décembre 2010. Elle a été lancée le 3 décembre 2010.

« BIEN JOUÉ À VOUS TOUS ! »

Masse totale d'opérations par participant

191 photos, 847 pages, 10 vidéos 54 min

KSC4 APOLLO 11 en chiffres

Types de médias utilisés
203 photos, 358 pages, 10 vidéos 230 min

Nombre de participants restant à chaque étape

37 inscrits au challenge

16 participants

Poids de la fusée la plus légère
413 tonnes

Poids de la fusée la plus lourde
3790 tonnes

20490 tonnes
masse totale des 10 lanceurs

Les stats des catégories

Junior Historique

de vinif de des

5 1 15

25% 12,5% 25% 12,5%

Apollo 11 irl
USA - 16 juillet 1969
masse à vide de 132 tonnes
Opérateur NASA
Voyage : Étape de lancement (KSC) / Riser / Type de mission : Mission : Phase d'observation scientifique
C'est la première mission de retour d'échantillons depuis le 1969. Cette mission a été lancée le 16 juillet 1969. Elle a été lancée le 16 juillet 1969. Elle a été lancée le 16 juillet 1969.

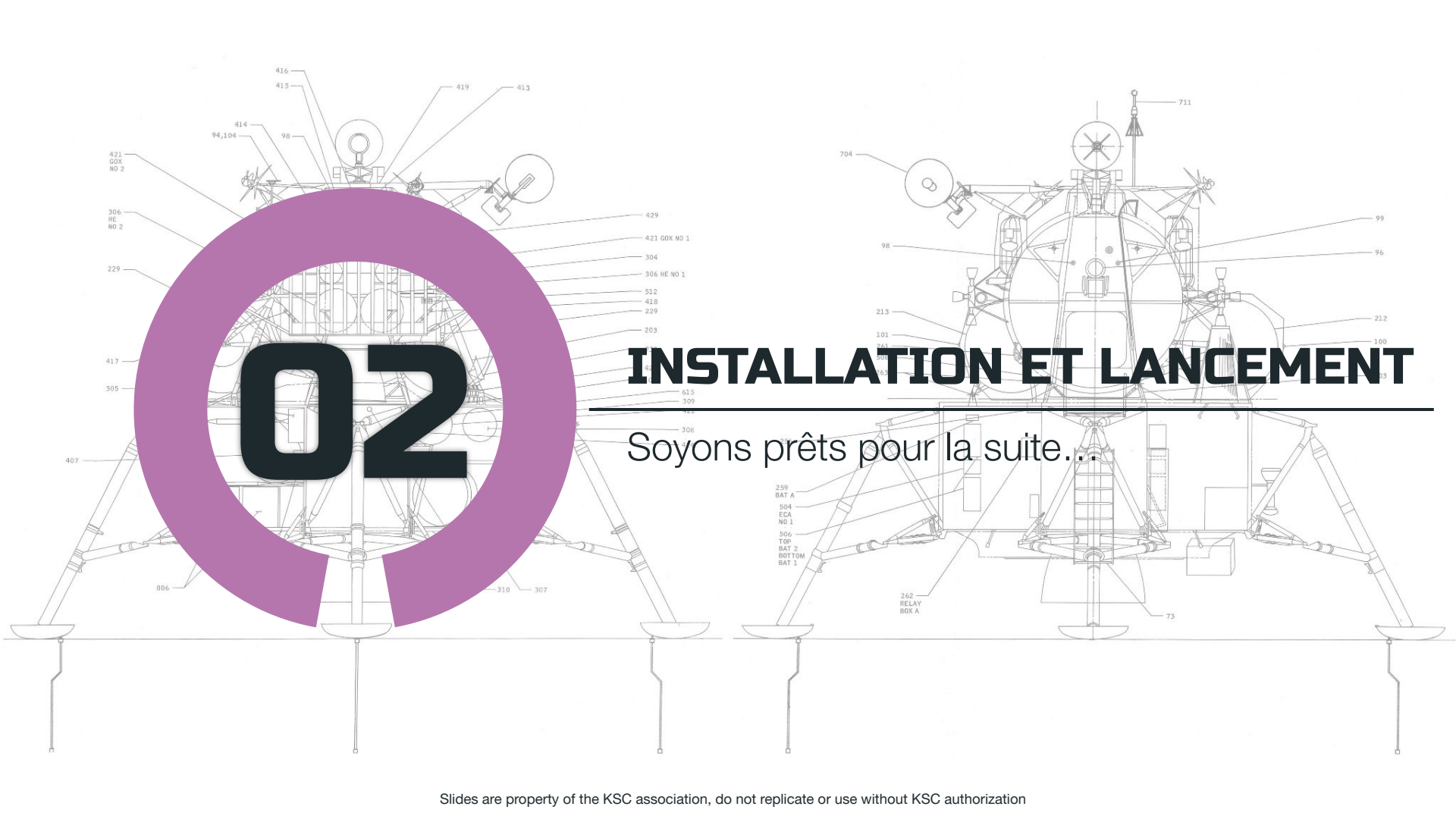
« BIEN JOUÉ À VOUS TOUS ! »

Masse totale d'opérations par participant

203 photos, 358 pages, 10 vidéos 230 min

KSpaceContest : LE PREMIER HACKATHON KSP IRL





02

INSTALLATION ET LANCEMENT

Soyons prêts pour la suite...

UN JEU VERSION PORTABLE



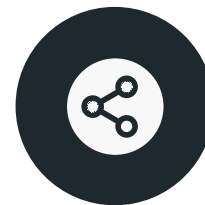
DRM-FREE

Pas besoin de plateforme !
Pas besoin de connexion



JUSTE UN .EXE

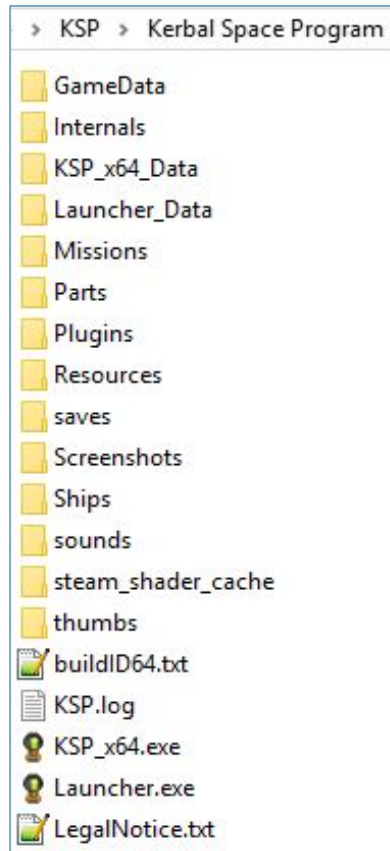
On clique, ça se lance
et on profite, rien de
plus !



LIEN DE DL

Pour les retardataires :
[Index of /Estaca \(kerbalspacechallenge.fr\)](https://index.of/Estaca%20(kerbalspacechallenge.fr))

ECRAN DE LANCEMENT





PRÉSENTATION DE KSP

De quoi vous donner envie d'y jouer

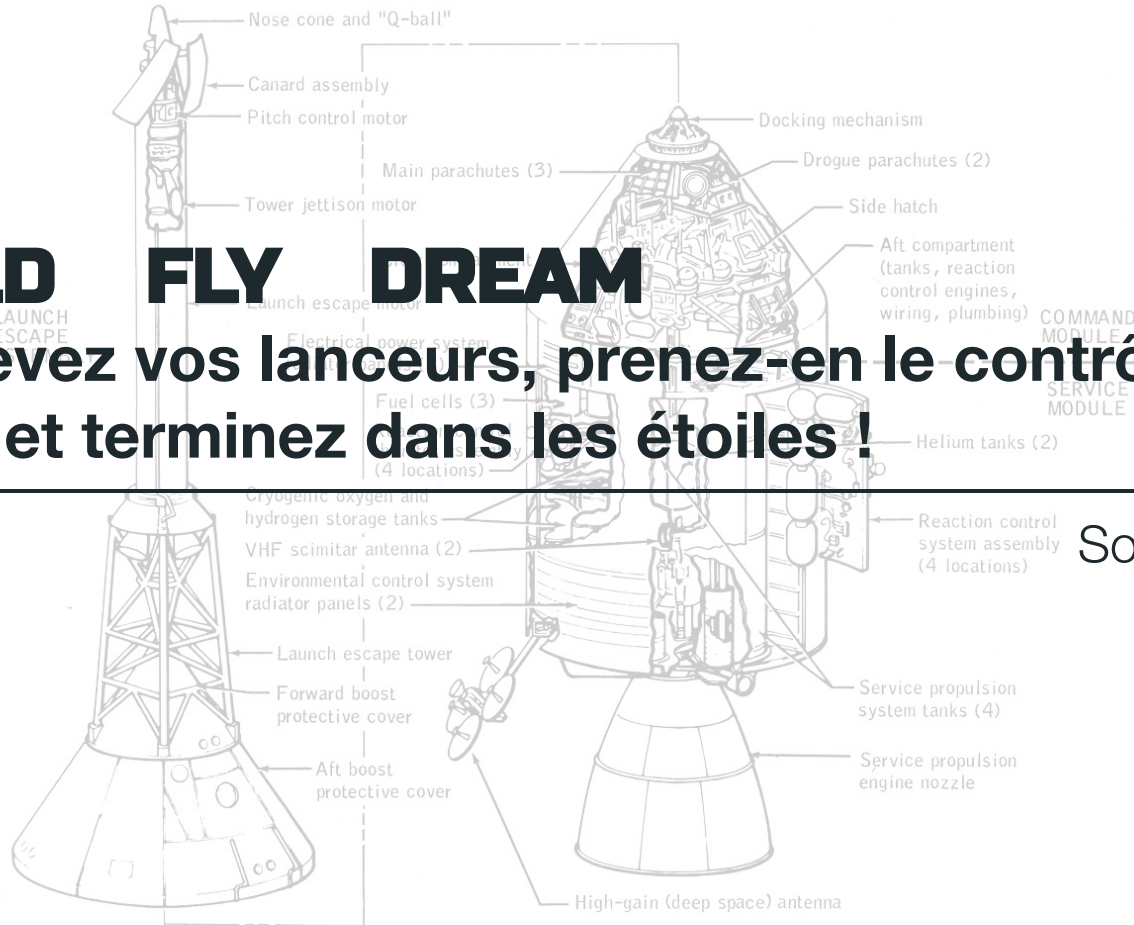


Jennifer A. Schwarz
8/9/98

BUILD FLY DREAM

Concevez vos lanceurs, prenez-en le contrôle, visez la Lune et terminez dans les étoiles !

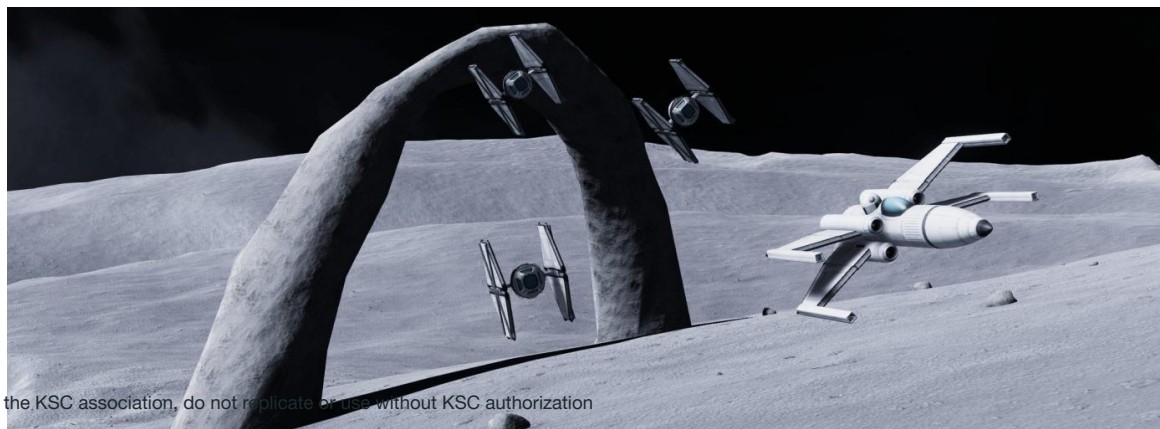
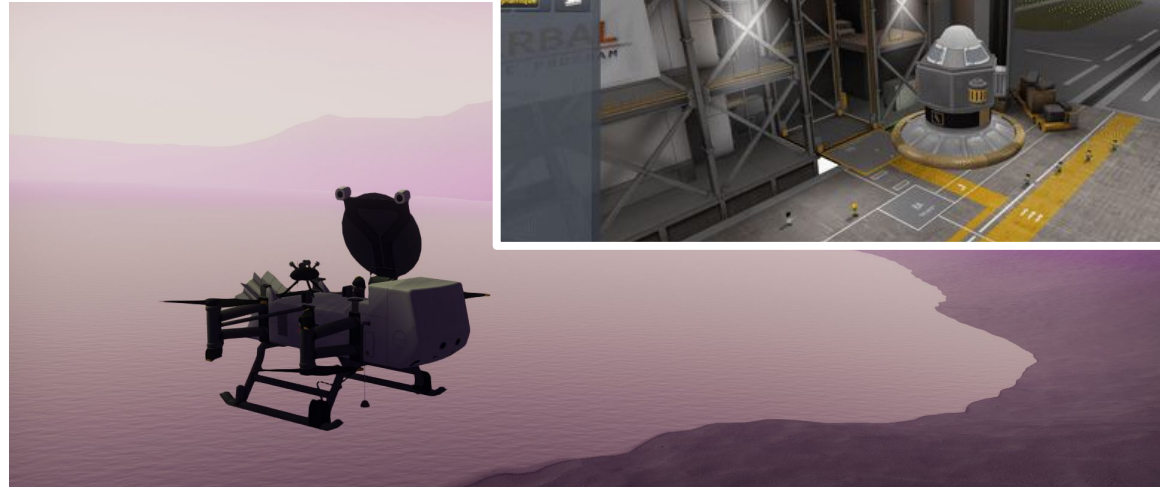
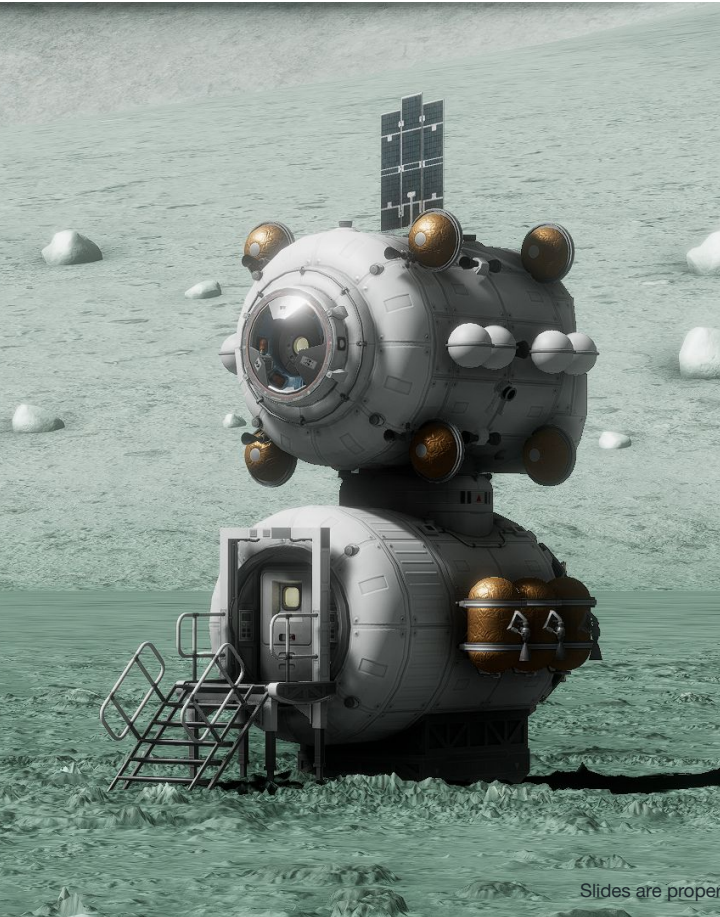
Someone famous



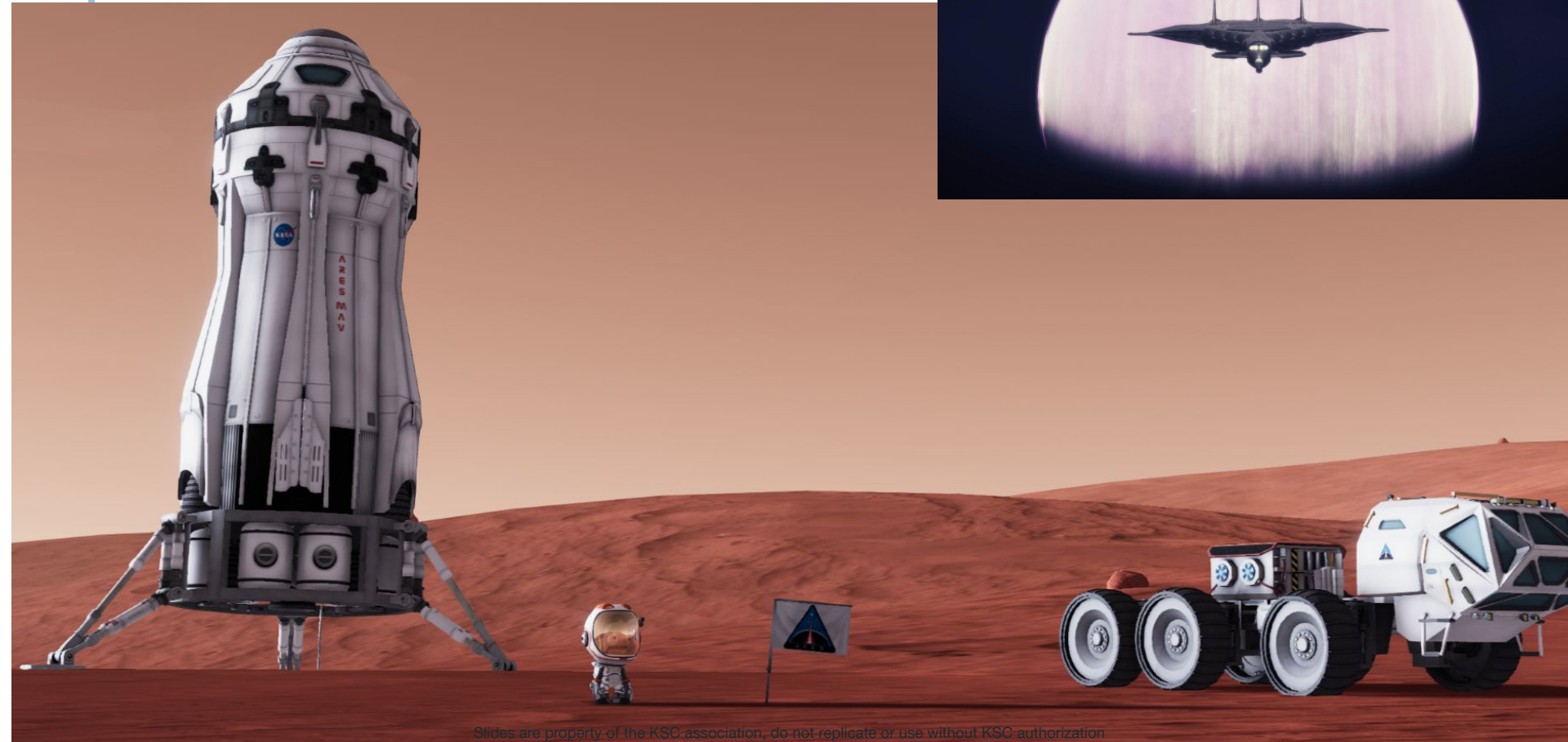
APOLLO COMMAND AND SERVICE MODULES
AND LAUNCH ESCAPE SYSTEM

Slides are property of the KSC association, do not replicate or use without KSC authorization

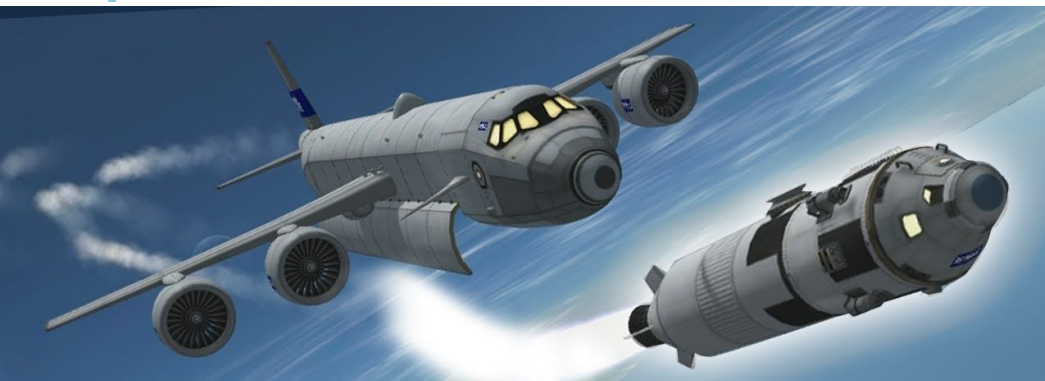
PHASE DE CONCEPTION DES CRAFTS



PHASE DE CONCEPTION DES CRAFTS



PHASE DE CONCEPTION DES CRAFTS



自動駕駛

- 軌道高度: 70 km
- 軌道傾角: 0°
- 軌道半長軸: 22000 km
- 傾斜角限制: 100%
- 傾斜角速度限制: 5%/s
- 傾斜角加速度限制: 5%/s²
- 傾斜角速度限制: 5%/s
- 傾斜角加速度限制: 5%/s²
- 傾斜角速度限制: 5%/s
- 傾斜角加速度限制: 5%/s²

軌道編輯器

- 高度: 125 m/s
- 軌道傾角: 0°
- 軌道半長軸: 60 km
- 軌道傾角速度: 5%/s
- 軌道傾角加速度: 5%/s²

Orbit Info

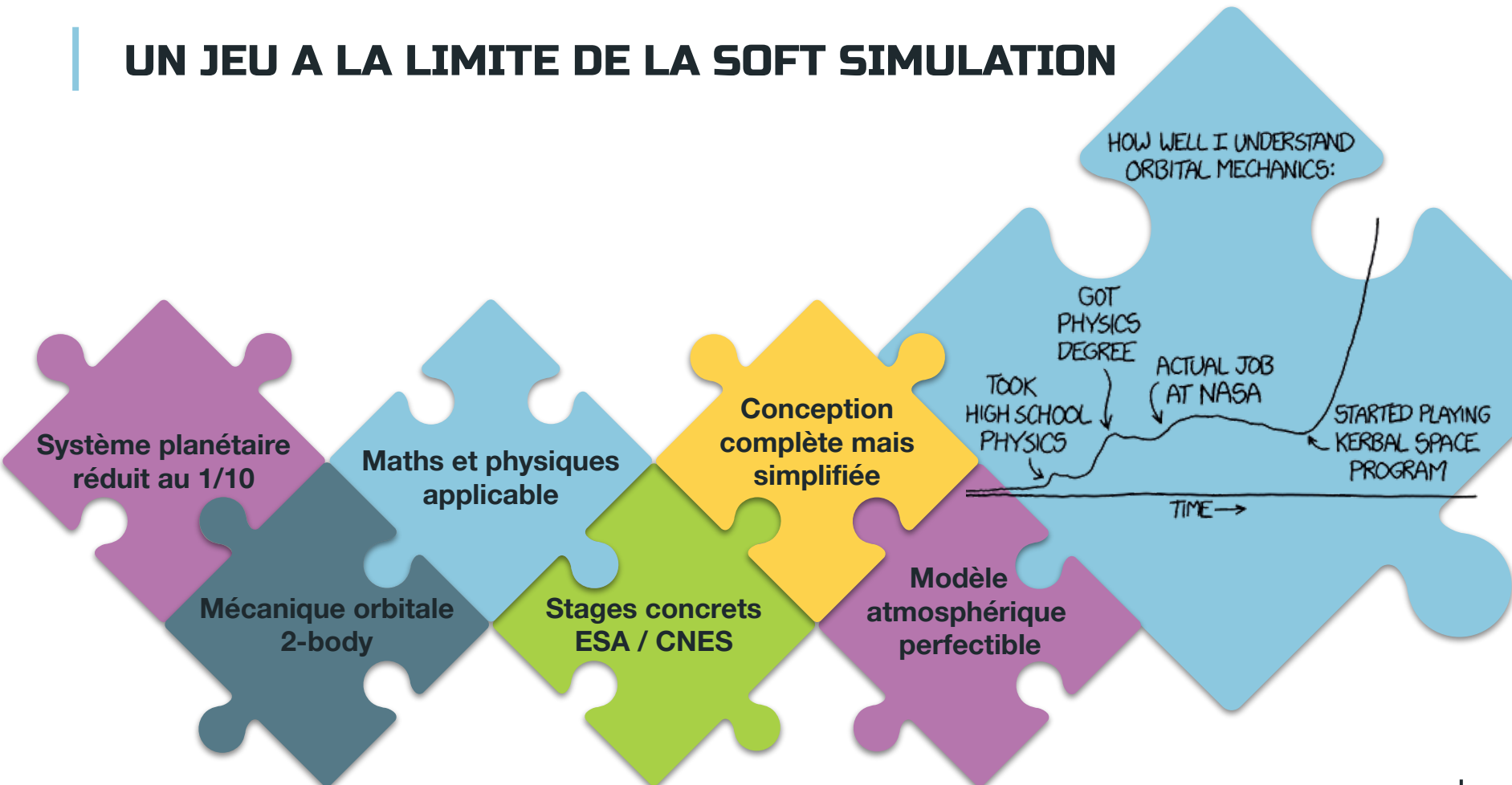
- Orbit speed: 2.287 km/s
- Apogee: 74.996 km
- Perigee: 74.996 km
- Orbit period: 30m 54.15s
- Time to apogee: 17m 10.66s
- Time to perigee: 1m 43.56s
- Inclination: 0.000°
- Argument of Periapsis: 201.70°

Autopilot Settings

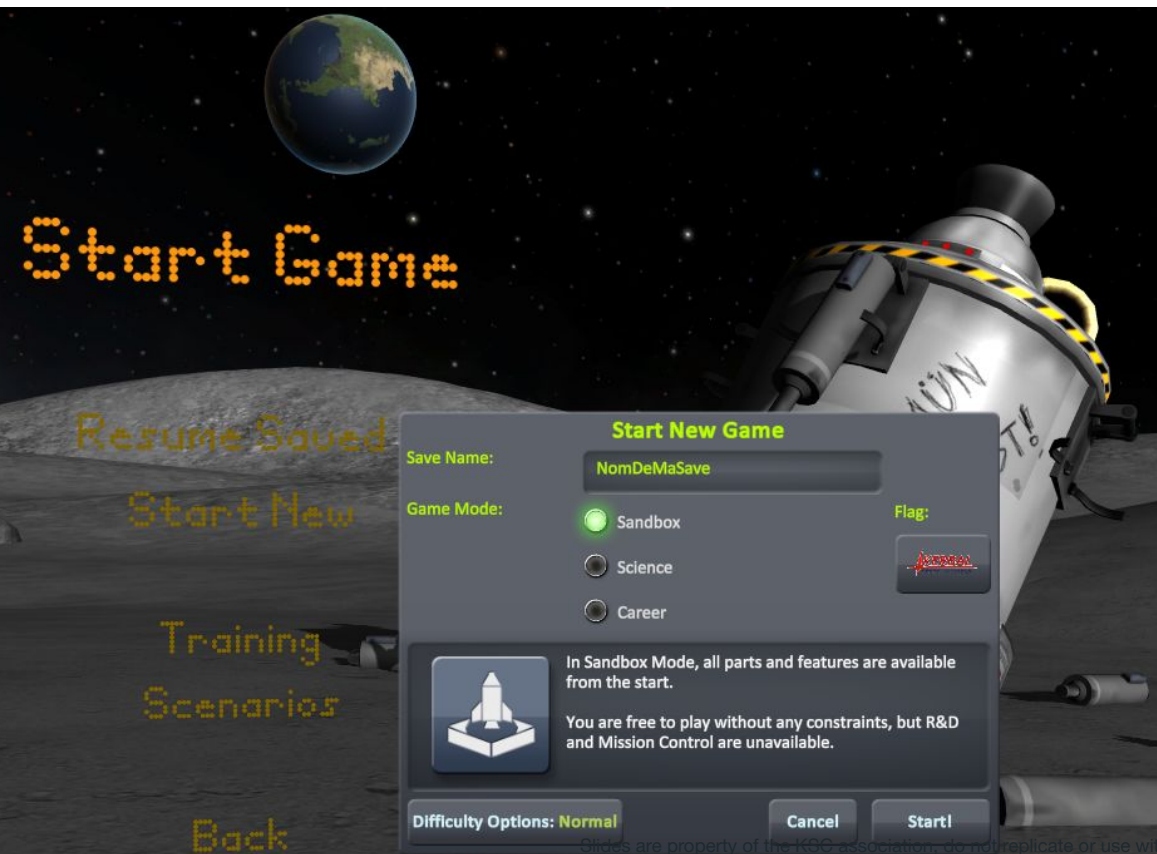
- Heading control: 0.0°
- Speed control: 0.0 m/s
- Roll control: 0.0 m/s
- Yaw control: 0.0 m/s
- Pitch control: 0.0 m/s



UN JEU A LA LIMITE DE LA SOFT SIMULATION



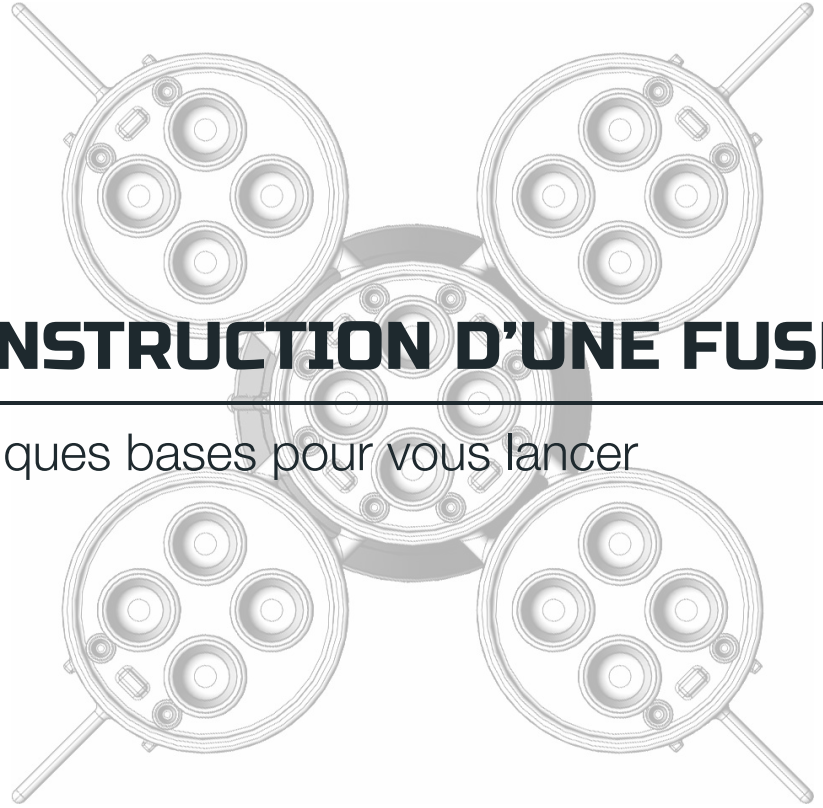
DÉMARRONS UNE PARTIE ENSEMBLE



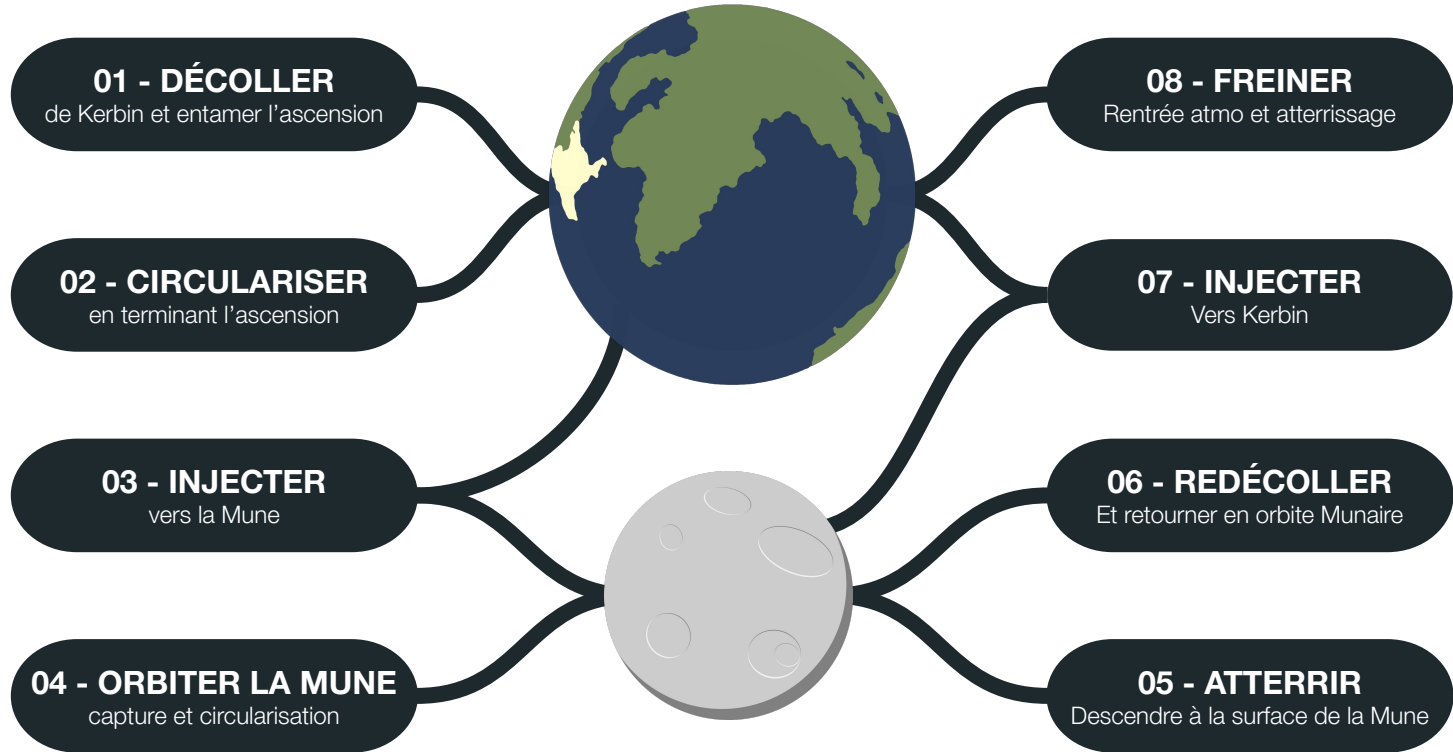
04

CONSTRUCTION D'UNE FUSÉE

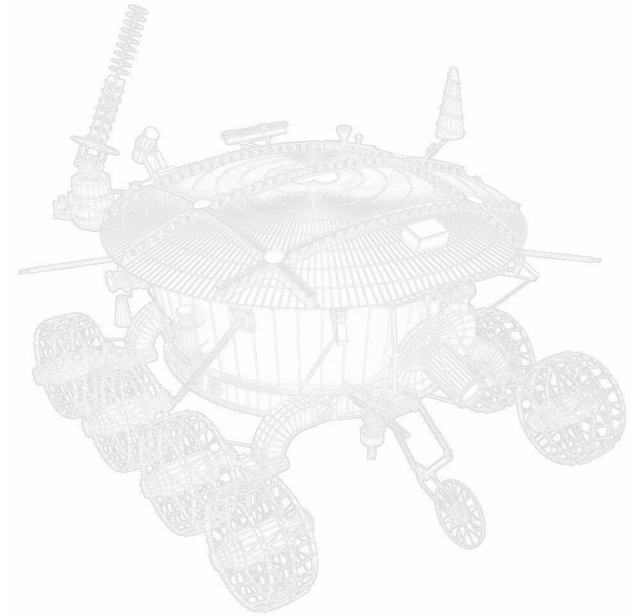
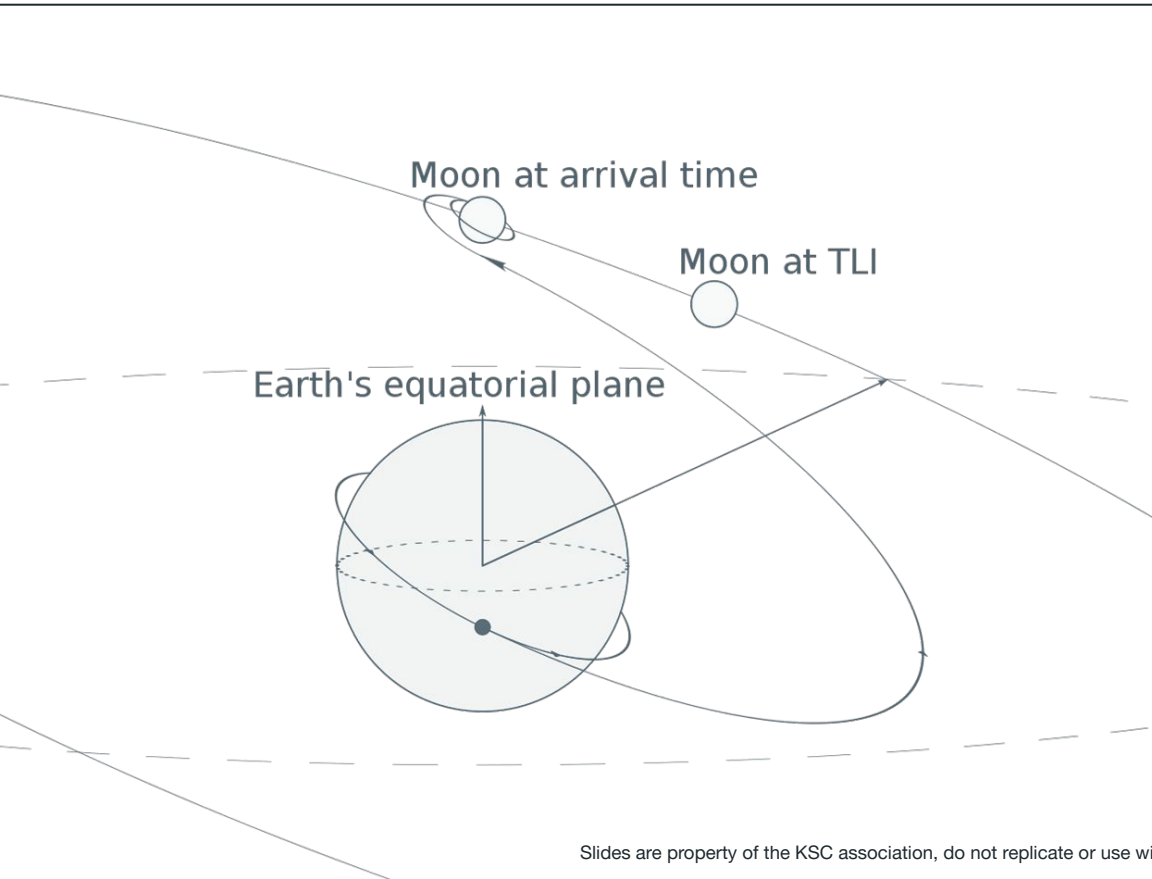
Quelques bases pour vous lancer



LES GRANDES ÉTAPES DE LA MISSION



LES GRANDES ÉTAPES DE LA MISSION

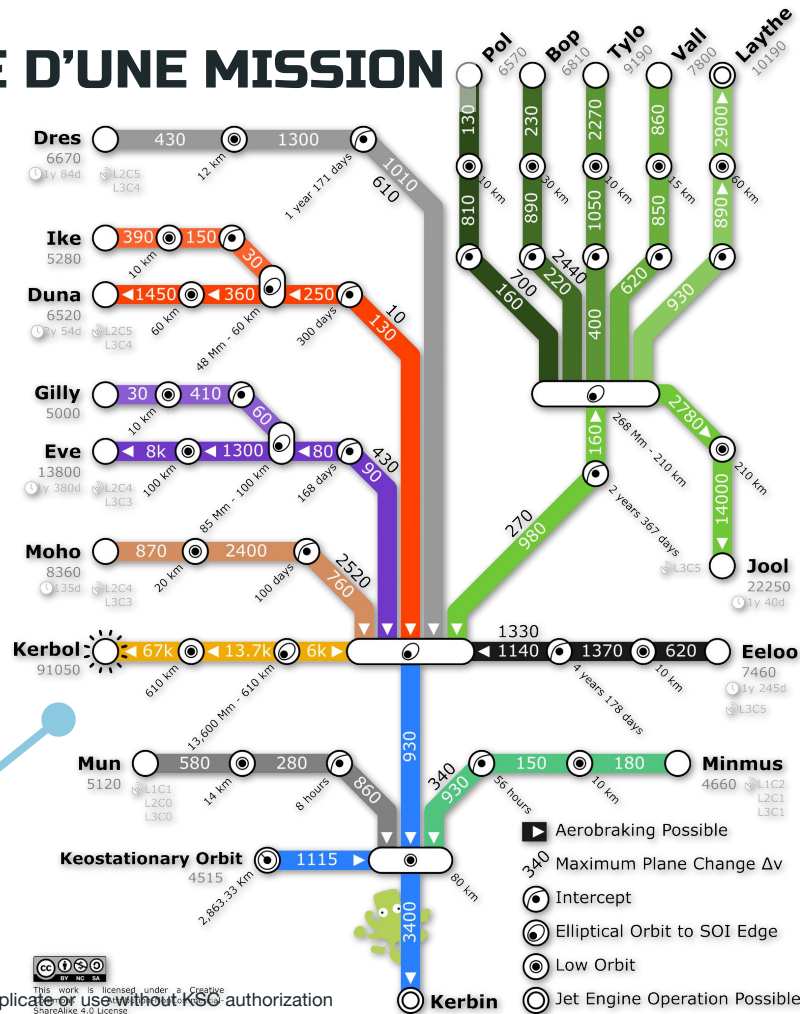


LE DELTAV : COÛT ÉNERGÉTIQUE D'UNE MISSION

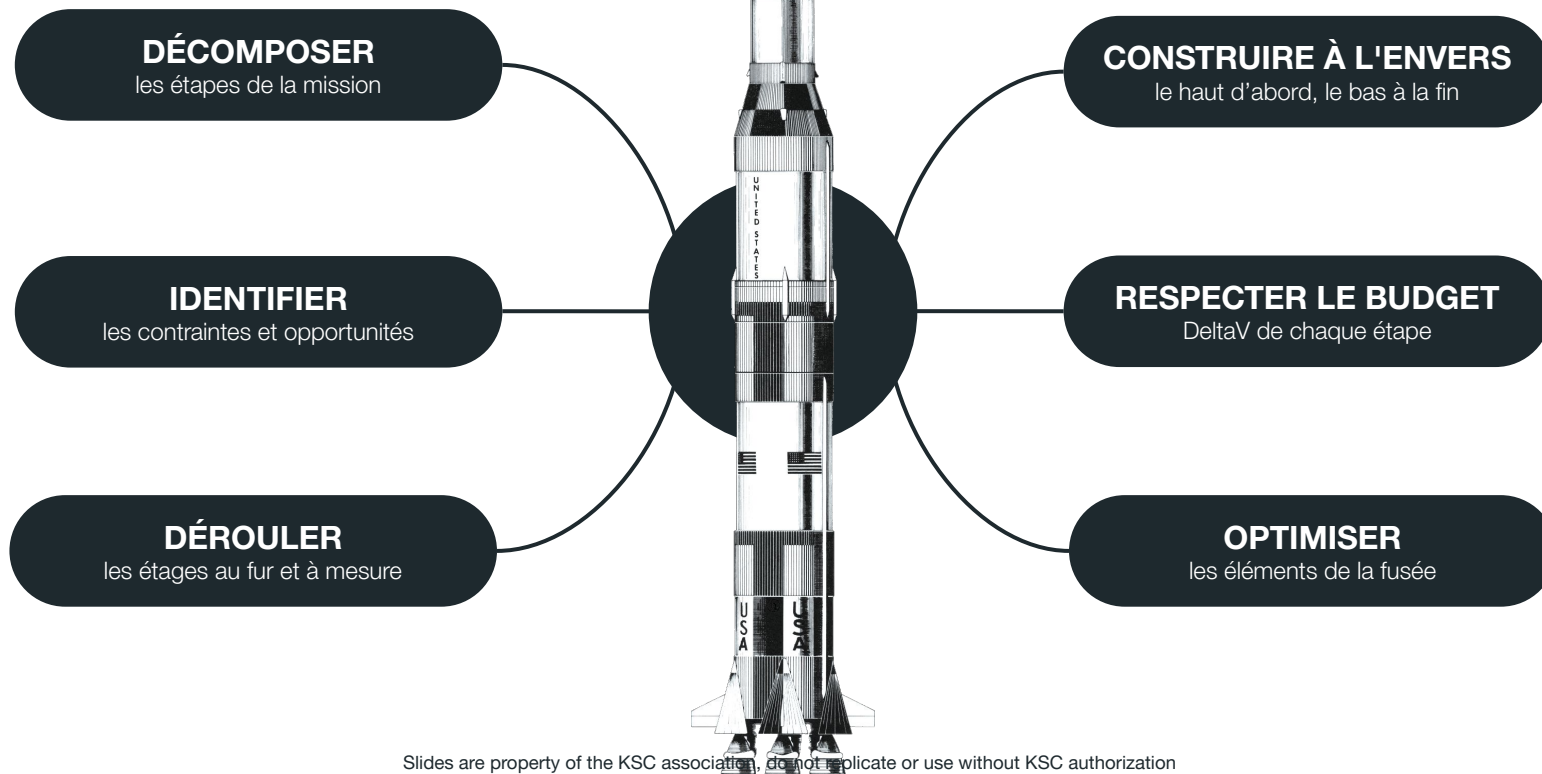


Le jeu permet de vérifier la quantité de DeltaV disponible pour chaque étage.

Les DeltaV maps permettent de dimensionner une fusée pour un usage précis.



LOGIQUE DE CONCEPTION DESCENDANTE



LA MISE EN ORBITE - CALCULER VOTRE BUDGET

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

1/ Le DeltaV

C'est la capacité du véhicule à modifier sa vitesse. Le Δv est donné par la formule de **Tsiolkovski** :

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

où

$$ISP = \frac{ve}{g_0}$$

- **ve** étant la vitesse d'éjection des gaz
- **g₀** la gravité standard 9.81m/s²
- **m₀** la masse initiale du véhicule et **m_f** sa masse de carburant

LA MISE EN ORBITE - MAÎTRISER VOTRE PUISSANCE

2/ Le TWR

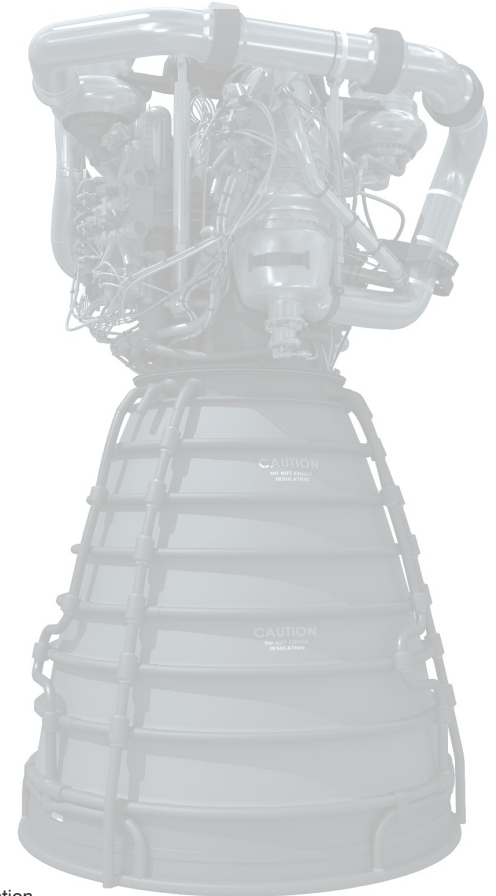
Thrust Weight Ratio ou ratio **Poussée Poids** en français.

$$TWR = \frac{\text{Poussée}}{\text{Masse} \cdot g}$$

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

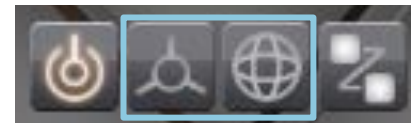
g est la gravité de surface de l'astre considéré (**9.81 m/s²** pour le 1er étage d'un lanceur qui part de Kerbin et **1.63 m/s²** pour un atterrisseur Munaire).

Un **TWR** minimum entre **1.5** et **2.2** est conseillé pour un décollage depuis Kerbin.



EXERCICES + CHEAT-SHEET

REPRODUIRE GROSSIÈREMENT CETTE FUSÉE



Translation-Rotation

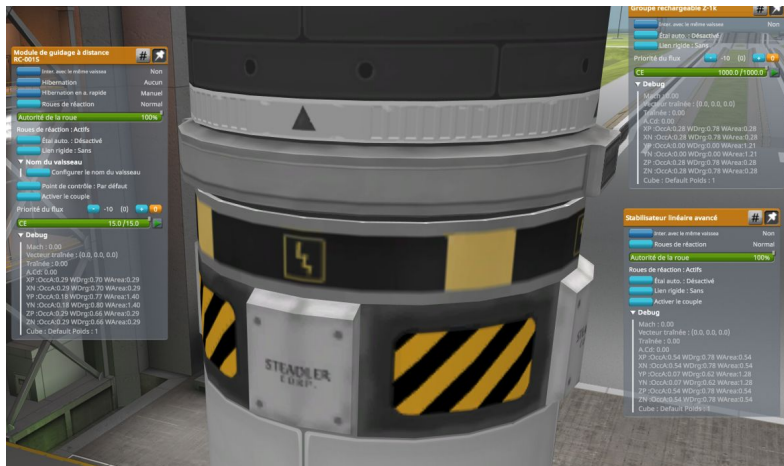
[F] change de référentiel

CoM-CoL-CoT



Symétrie

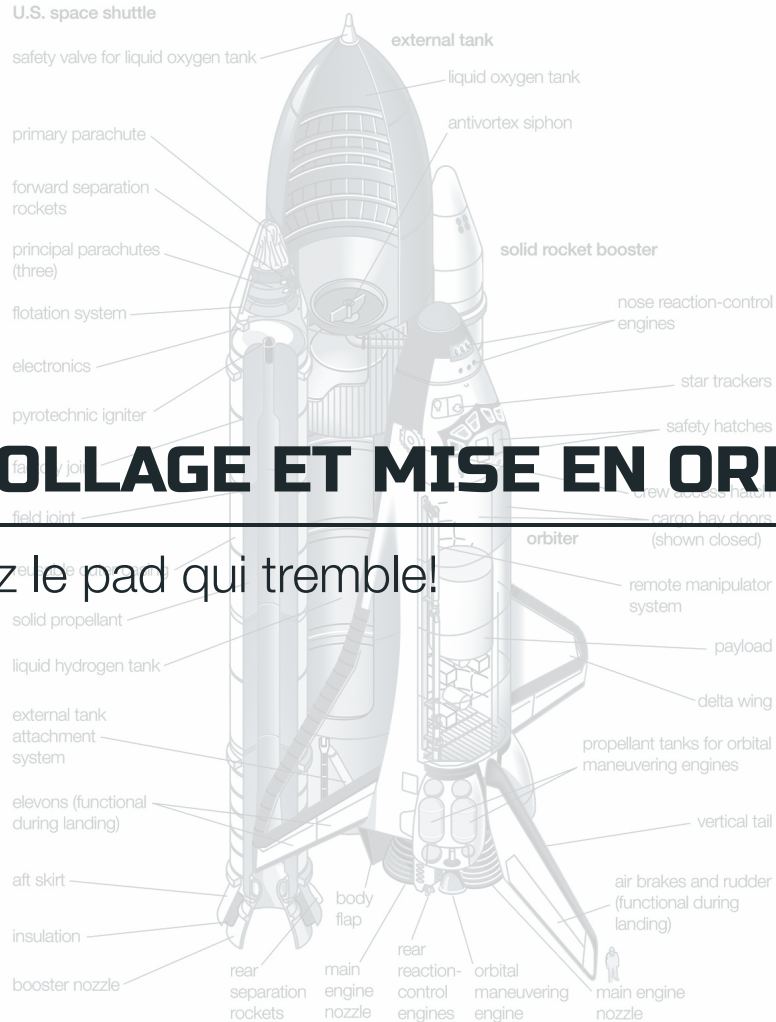
Crantage





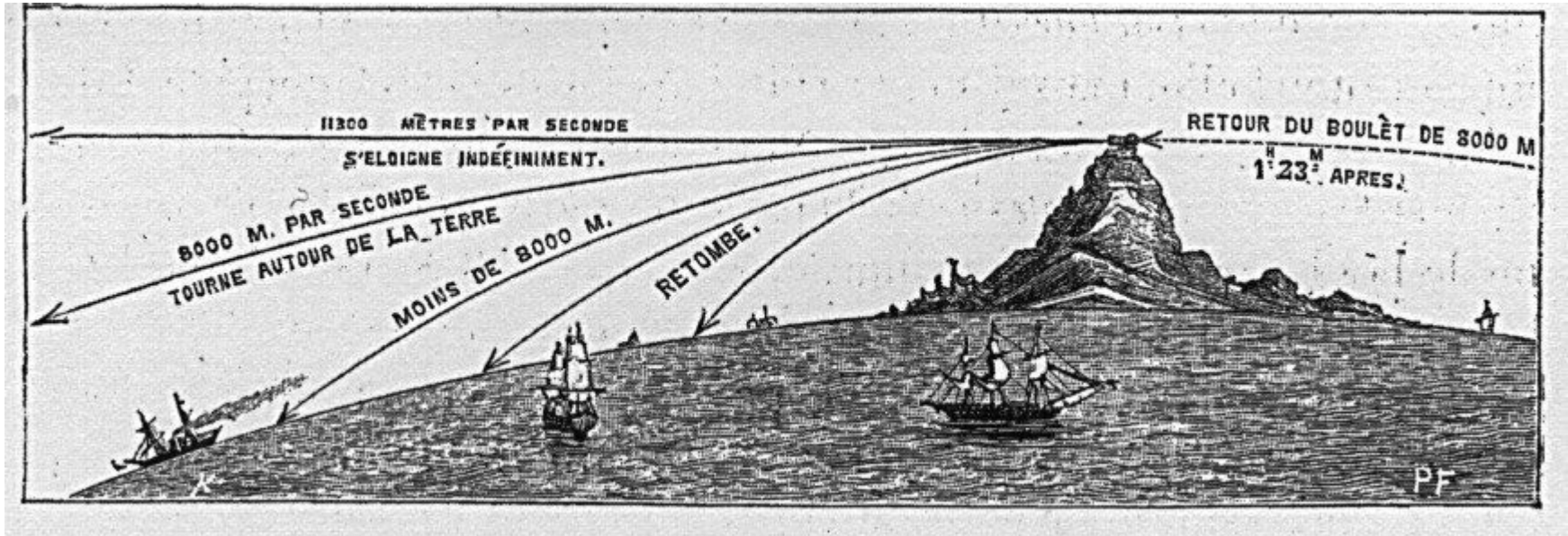
DÉCOLLAGE ET MISE EN ORBITE

Sentez le pad qui tremble!



EXPÉRIENCE DE PENSÉE : LE CANON DE NEWTON

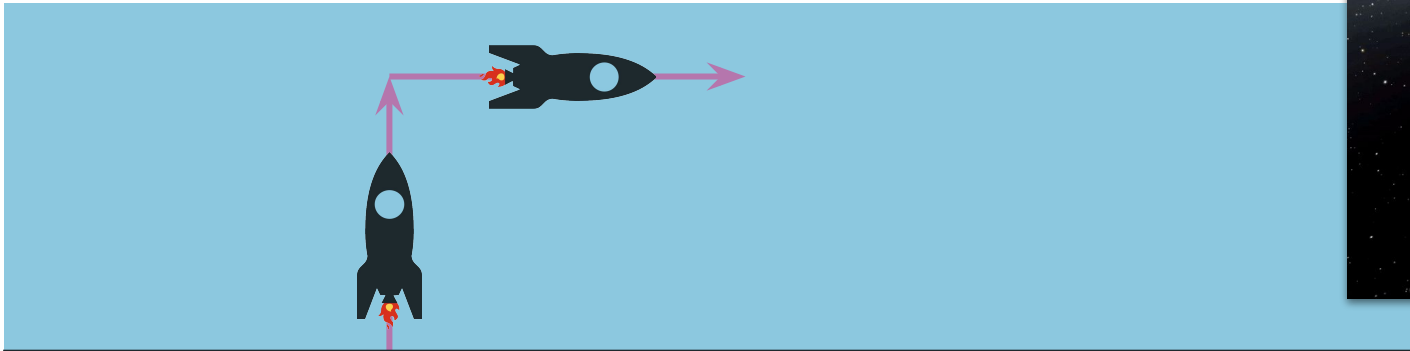
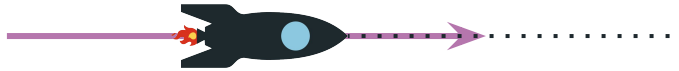
Un peu de poudre expulse le boulet,
Davantage de poudre l'expulse plus loin.
Beaucoup plus de poudre lui donnera une trajectoire balistique... bien particulière !



CONCRÈTEMENT : COMMENT ATTEINT-ON L'ORBITE ?

- **Monter à la verticale** pour sortir de l'atmosphère
 - Pas trop vite (frottements), mais pas trop lentement (pertes gravitationnelles)
- **Pousser à l'horizontale** pour allonger la trajectoire
 - Vers l'**Est** pour profiter de l'effet de fronde
- **Circulariser** pour stabiliser l'orbite
 - **Nouvelle poussée horizontale à l'Apoastre**

Peut-on faire mieux ?

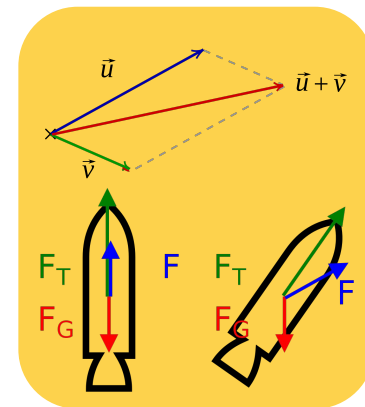
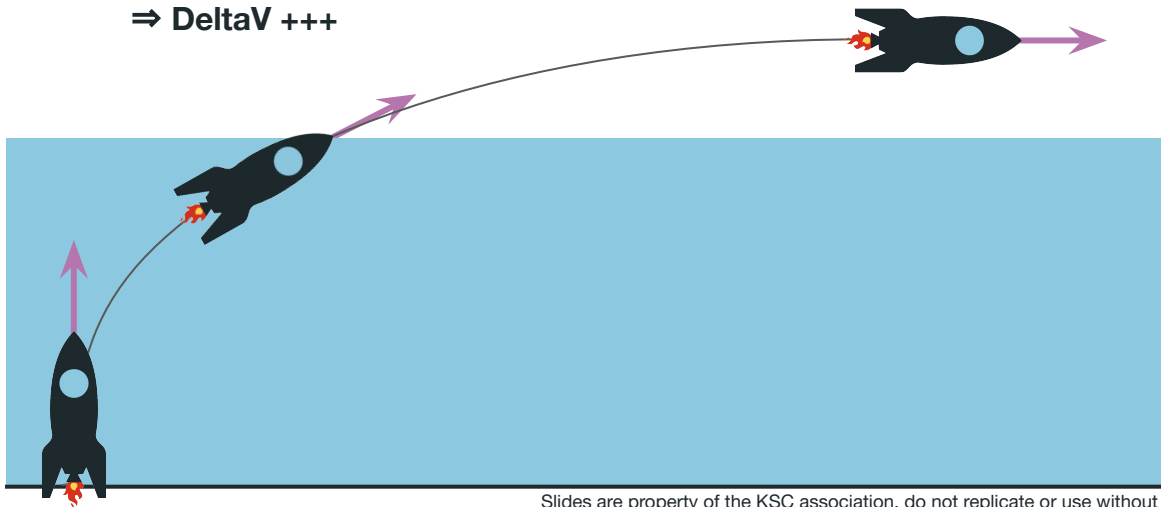


OUI ! AVEC LE FAMEUX GRAVITY TURN

Optimisation de :

- La longueur de la trajectoire
- Des pertes par traînée
- Des pertes par gravité
- Des pertes par désaxe
- De la stabilité aérodynamique

⇒ DeltaV +++



LE PRINCIPE DU GRAVITY TURN

1

Donner une petite impulsion vers l'Est très tôt après le décollage

La vitesse horizontale augmente dès le début

La fusée présente sa cross-section la plus faible

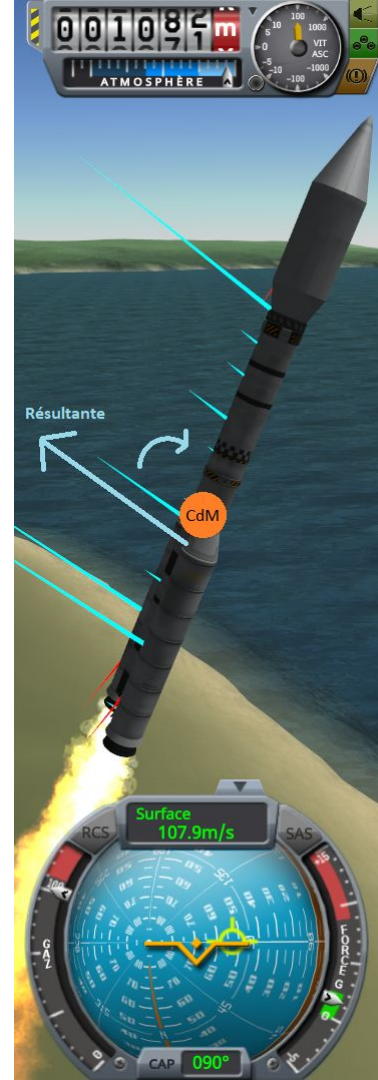
La fusée est au plus proche de sa stabilité maximale

2

Verrouiller le cap en prograde

Très peu de contrôle requis, trajectoire passive

Tout est conditionné par le Pitch Over 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

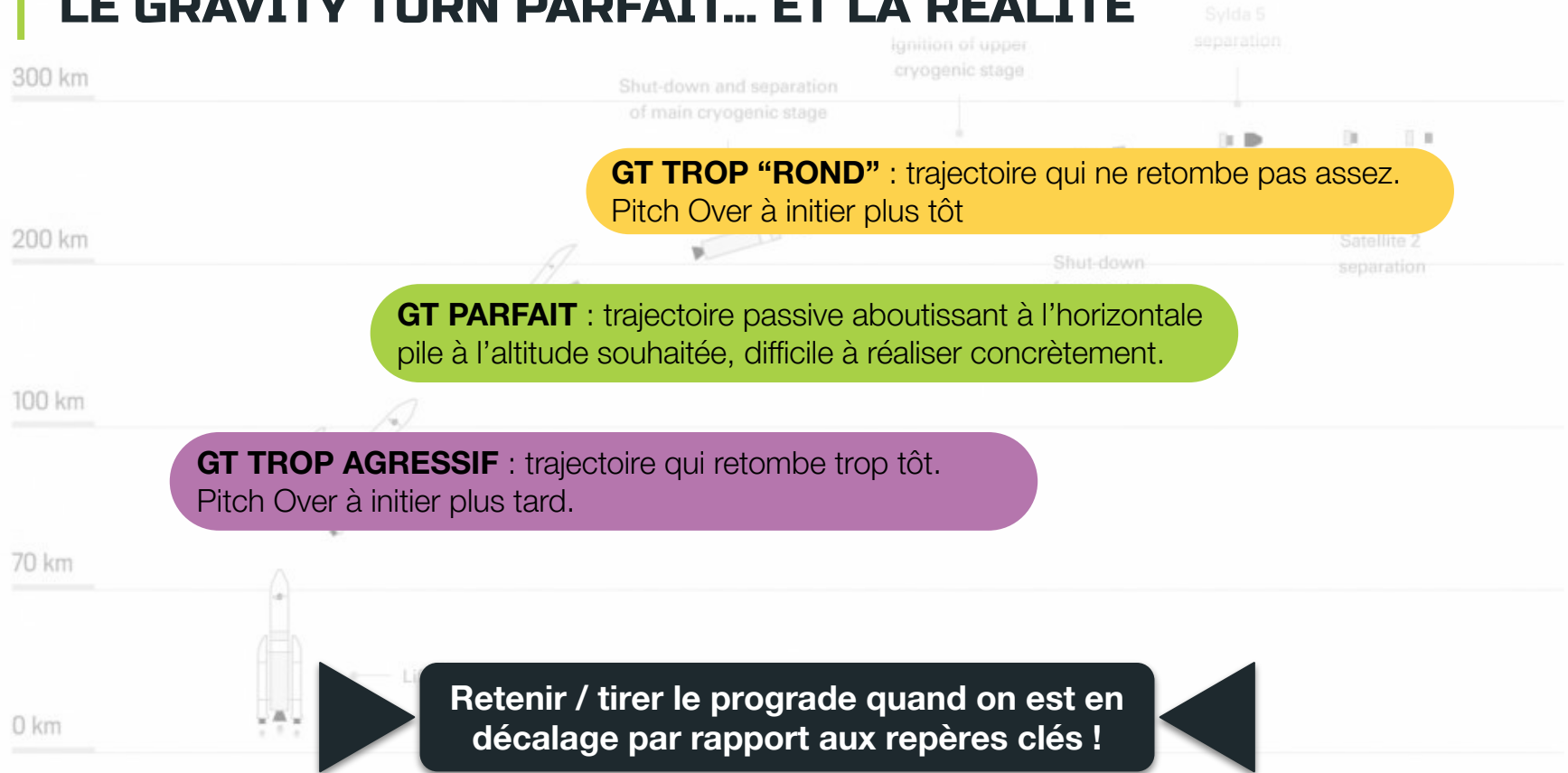
Repères clés à respecter approximativement

- 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

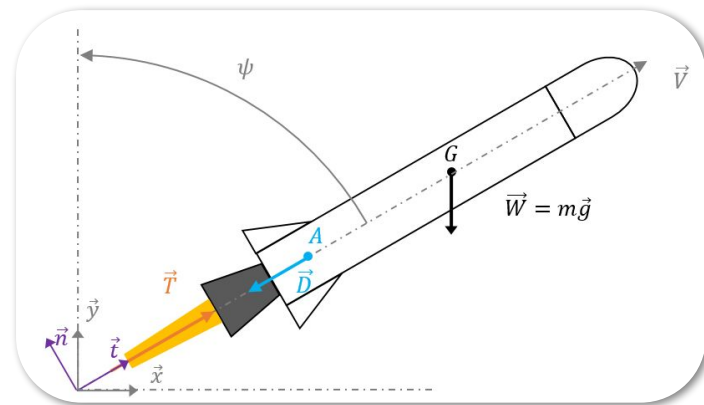


LA MISE EN ORBITE EN ÉQUATION - 1/2

Le bilan des efforts sur une fusée se résume :

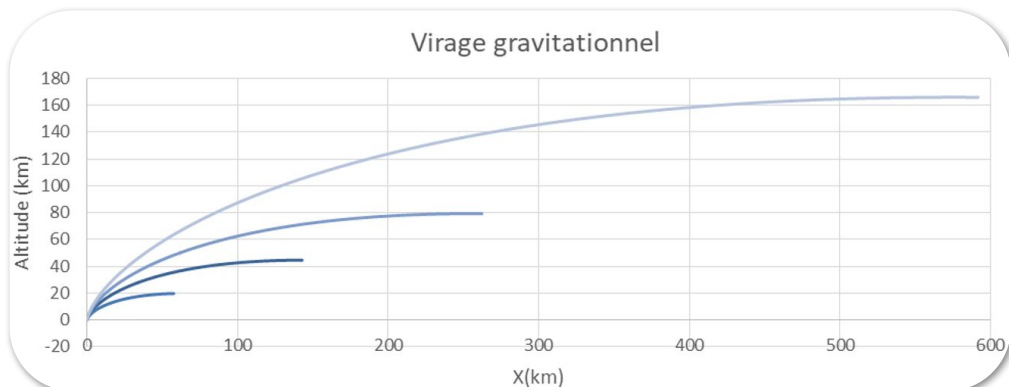
- au poids, **W**
- à la poussée, **T**
- et à la traînée, **D**

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.



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} = TWR - \cos \psi \\ \frac{v}{g} \frac{d\psi}{dt} = \sin \psi \end{array} \right.$$

Dans le repère de Frenet



Ψ_0 = angle PitchOver, v_0 = vitesse PitchOver et $\alpha = TWR$

LA MISE EN ORBITE EN ÉQUATION - 2/2

Si l'on suit un virage gravitationnel, le Δv 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 Δv 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 Δv total.

Enfin pour atteindre l'orbite basse de Kerbin prévoyez 3200 m/s de Δv dans le vide.

EXERCICES + CHEAT-SHEET

KSC - MunAR en orbite à 100km.



Repères de trajectoire

25° vers 3-5000m

45° vers 7-10000m

75° vers 25-40000m

Pitch initial

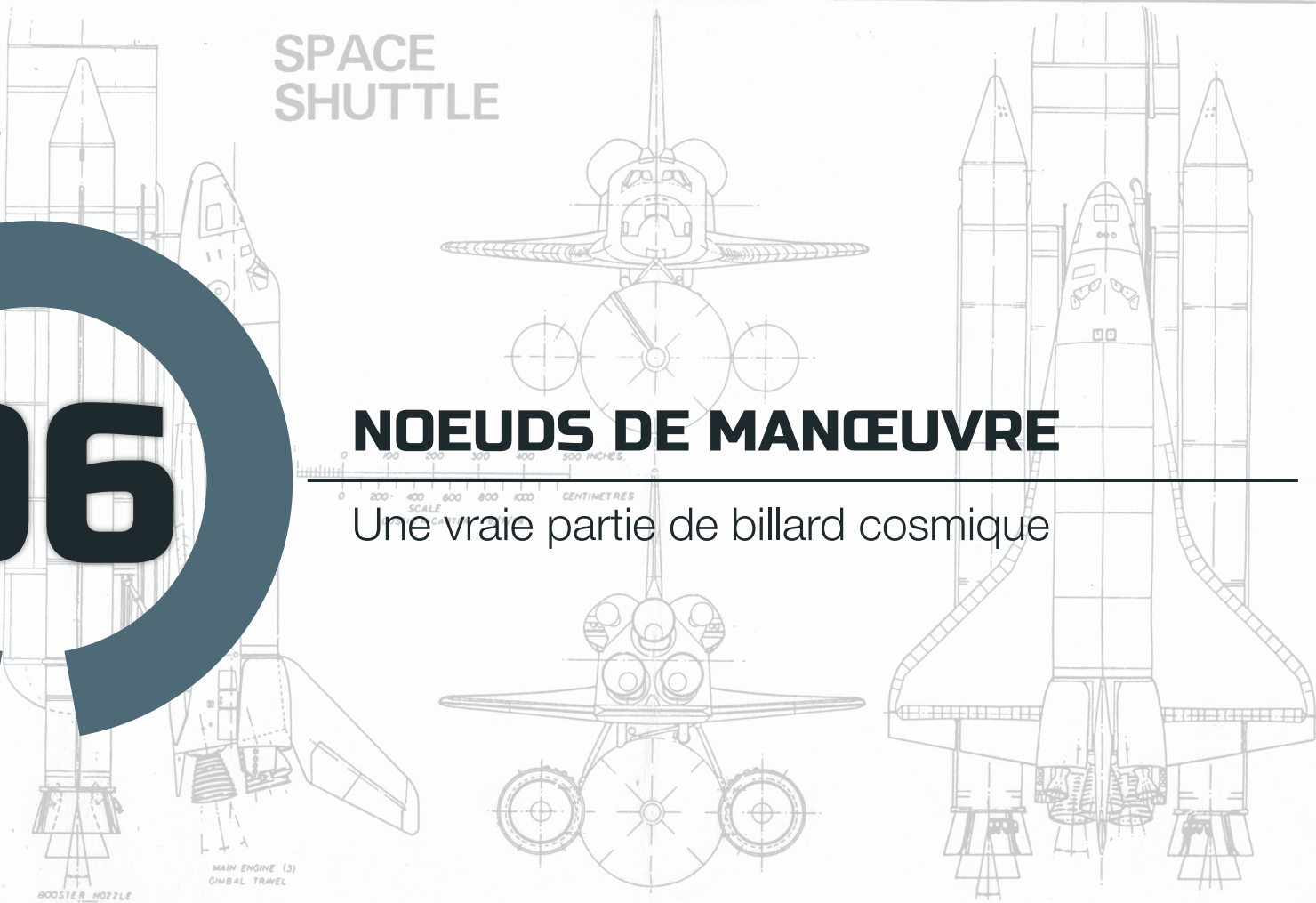
5° vers l'Est à 30-40 m/s

SPACE SHUTTLE

06

NOEUDS DE MANŒUVRE

Une vraie partie de billard cosmique



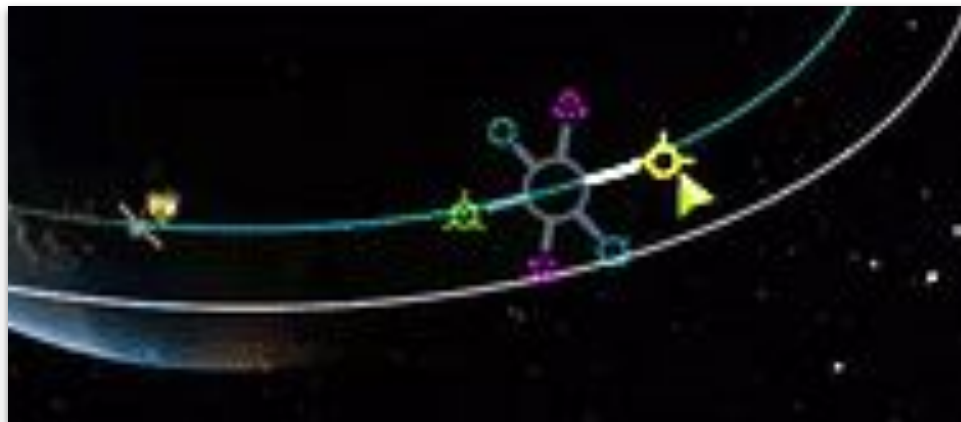
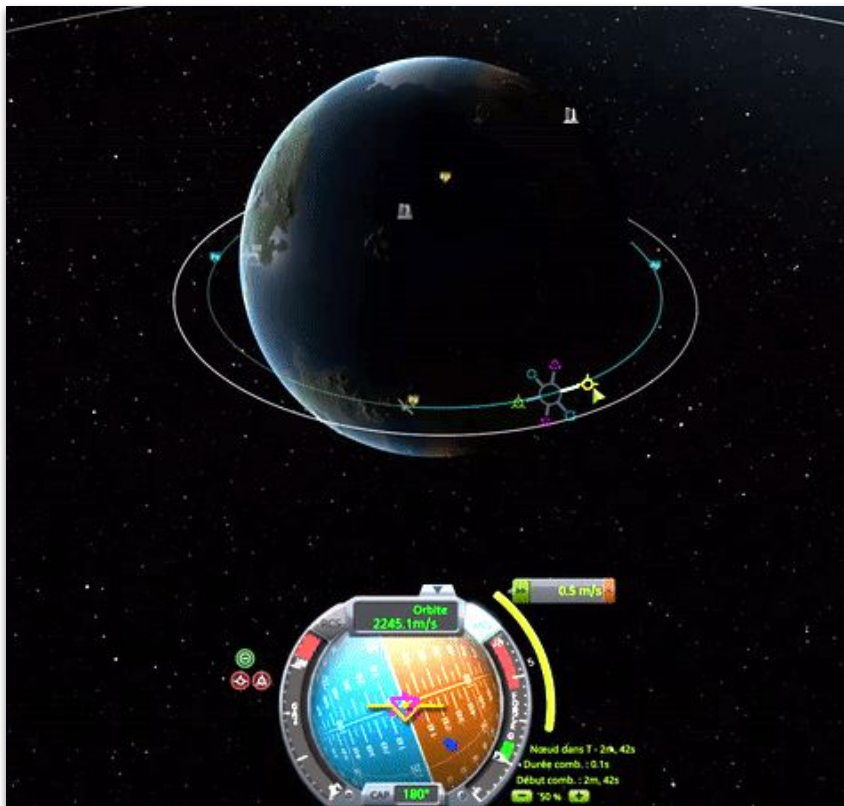
1/288th scale drawing × 2 for 1/144th.

Slides are property of the KSC association, do not replicate or use without KSC authorization

DANS L'ESPACE, POUR TOURNER, IL FAUT ACCÉLÉRER



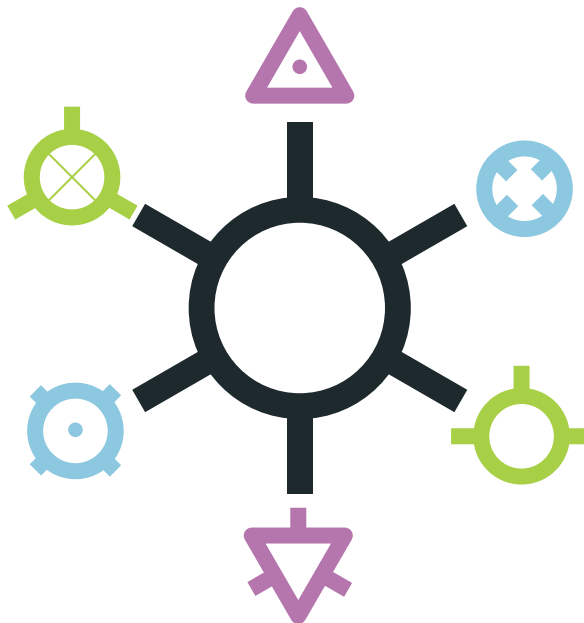
CES PETITS CALCULS PRÉDICTIFS



LES 3 AXES D'UNE MANŒUVRE ORBITALE

PROGRADE RETROGRADE

Permet d'excentrer
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
c'est **vers l'avant**
ou **vers l'arrière**.



NORMAL ANTINORMAL

Permet d'incliner
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
c'est **vers le haut**
ou **vers le bas**.

RADIAL ANTIRADIAL

Permet de faire pivoter
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
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 manœuvre en particulier. Le **Radial / AntiRadial** est à limiter autant que possible, très coûteux et normalement dispensable.

LES MANŒUVRES EN ÉQUATION - DÉPART

Le **transfert de Hohmann** permet de modifier l'altitude du véhicule.

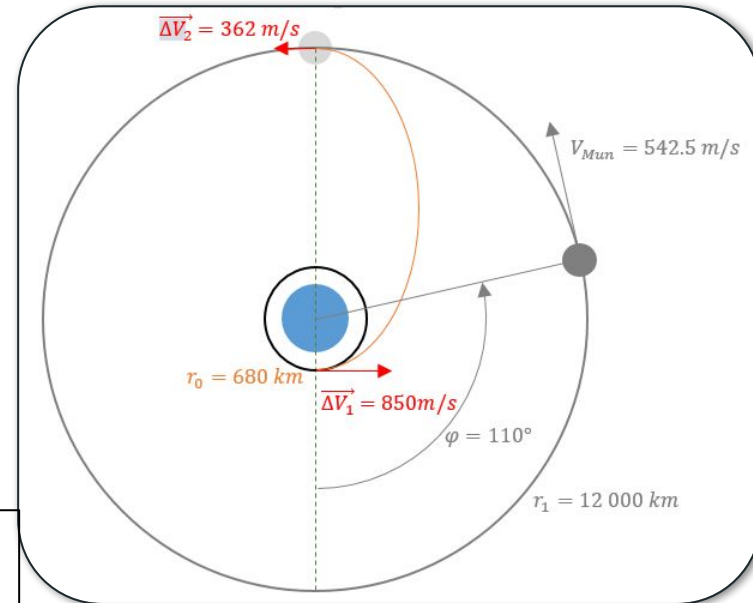
Pour passer d'une orbite de rayon r_0 vers le rayon r_1 , le Δv est donné par :

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

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

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

Attention, dans le cadre d'un transfert vers une autre SOI, Δv_2 n'est pas le ΔV de la manoeuvre à l'apogastre mais la vitesse d'entrée dans la SOI relative à la Mune, **le ΔV de capture autour de Mun est différent !**



LES MANŒUVRES EN ÉQUATION - ARRIVÉE

Une fois dans la sphère d'influence de la Lune **le véhicule est attiré et accélère.**

On peut déterminer la vitesse au périastre avec la **conservation de l'énergie** (équation *Vis-Viva*).

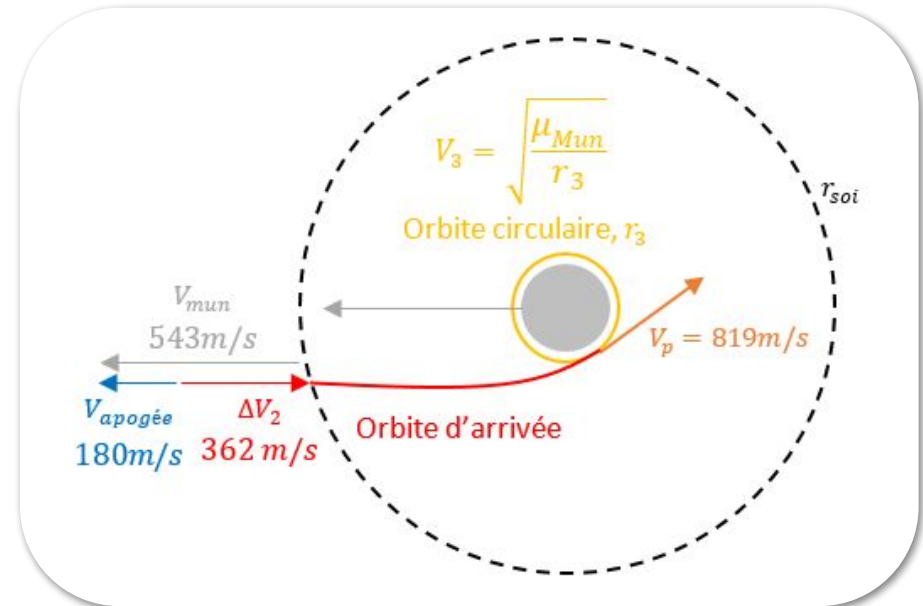
A l'entrée dans la SOI puis au périastre on a :

$$\xi = \frac{\Delta v_2^2}{2} - \frac{\mu_{Mune}}{r_{MuneSOI}}$$

$$\xi = \frac{v_p^2}{2} - \frac{\mu_{Mune}}{r_p}$$

Finalement la vitesse au périastre est :

$$v_p = \sqrt{\Delta v_2^2 + \frac{2\mu_{Mune}}{r_p} - \frac{2\mu_{Mune}}{r_{MuneSOI}}}$$



EXERCICES + CHEAT-SHEET

Craft : KSC - SI'G4 - MunAR 100km

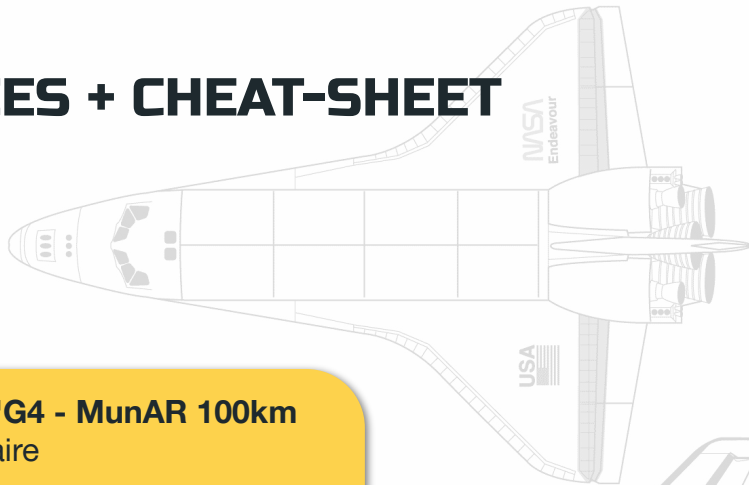
⇒ 500km circulaire

Craft : KSC - SI'G4 - Station Orbitale

⇒ Alignement plan équatorial

Craft : KSC - SI'G4 - MunAR 200km

⇒ Interception de la Mun



PROGRADE RETROGRADE

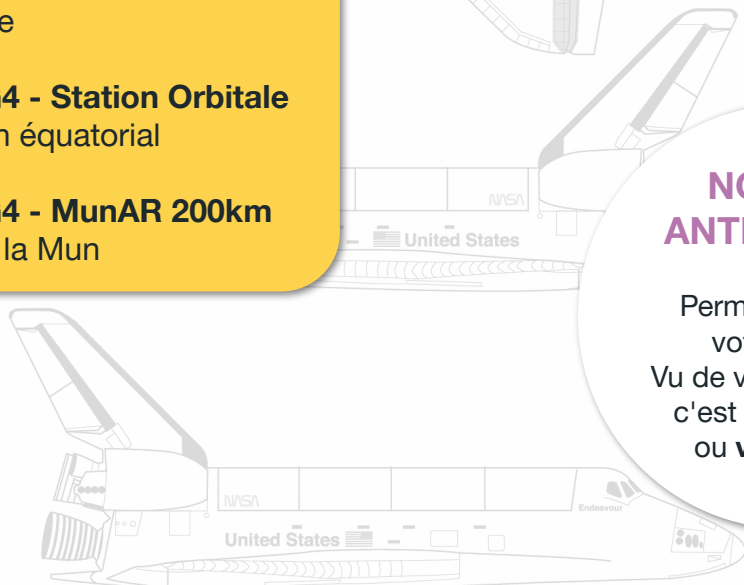
Permet d'excentrer
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
c'est **vers l'avant**
ou **vers l'arrière**.

NORMAL ANTINORMAL

Permet d'incliner
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
c'est **vers le haut**
ou **vers le bas**.

RADIAL ANTIRADIAL

Permet de faire pivoter
votre orbite.
Vu de votre vaisseau,
c'est **vers l'extérieur**
ou **vers l'intérieur**.





DE KERBIN A LA MUNE

On tente votre premier “Amunissage” ?

VOTRE MISSION : APPLICATION DES NOTIONS ABORDÉES

a
l
l
e
r

s
u
r

l
a

m
u
n
e

Conception

Orbite

Alignement

Interception

Capture

Descente

Une fusée
bien pensée

Gravity
Turn

des
Orbites

de la
Mune

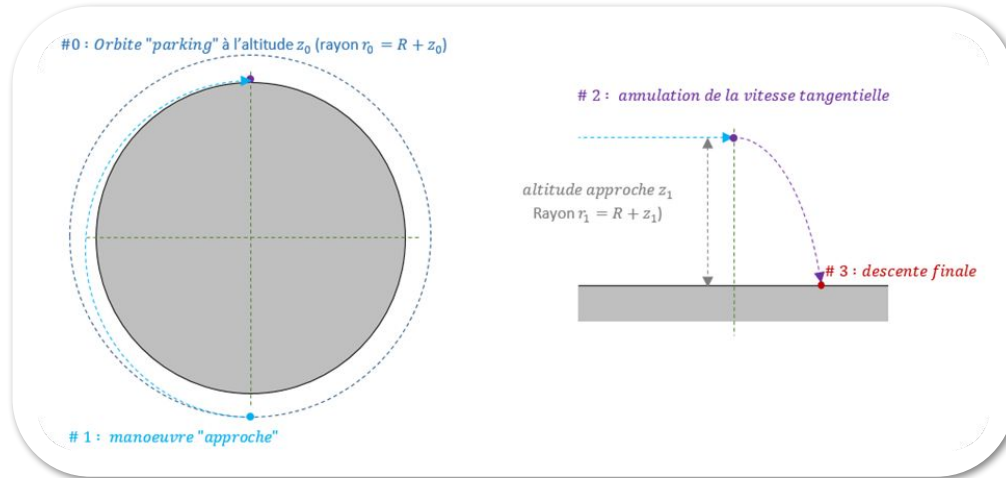
SOI de la Mune
Circularisation

Désorbitation
Atterrissage

ATTERRISSAGE EN ÉQUATION : UN NOUVEAU DÉFI

Pour atterrir depuis une orbite d'attente, 3 étapes sont conseillées :

1. une phase d'approche pour abaisser le périastre au dessus sur site d'atterrissage (Δv_1)
2. une phase d'annulation de la vitesse tangentielle au dessus du site (Δv_2)
3. un suicide burn à la fin de la descente finale (Δv_3)



$$\Delta v_1 = \sqrt{\frac{\mu}{r_0}} - \sqrt{\frac{2\mu r_1}{r_0^2 + r_0 r_1}}$$

$$\Delta v_2 = \sqrt{\frac{2\mu r_0}{r_1^2 + r_0 r_1}}$$

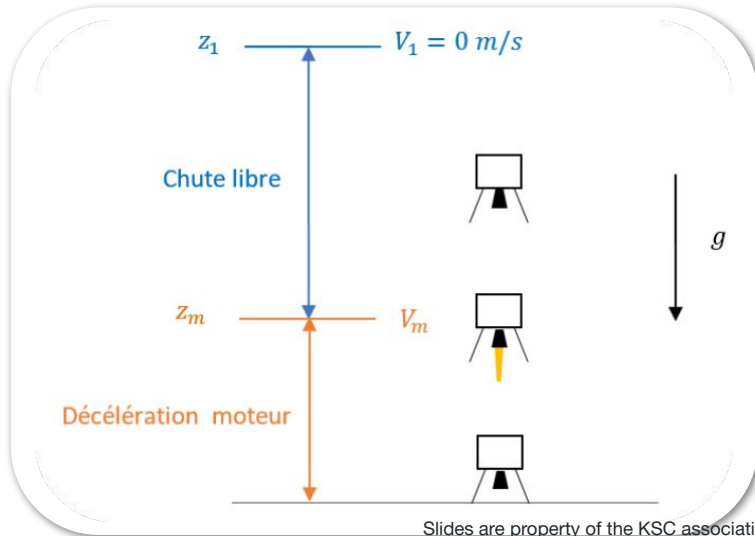
ATTERRISSAGE EN ÉQUATION : UN NOUVEAU DÉFI

Un atterrissage consiste à arriver à vitesse nulle à altitude nulle.

Pour utiliser un minimum de ΔV 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 ΔV nécessaire à l'atterrissage est :

$$\Delta v_3 = \sqrt{\frac{2g z_1 TWR}{TWR - 1}}$$



08



CONCLUSION

Parce que toutes les bonnes choses ont une fin

EN SYNTHÈSE

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/>

CONTACTEZ-NOUS !

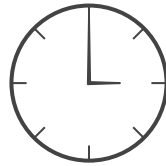






KSP Workshop by KSC

Initiation et prise en main du jeu Kerbal Space Program



BREAK SECTION

13:00 ~ 13:30