



**KSC**  
KERBAL SPACE CHALLENGE

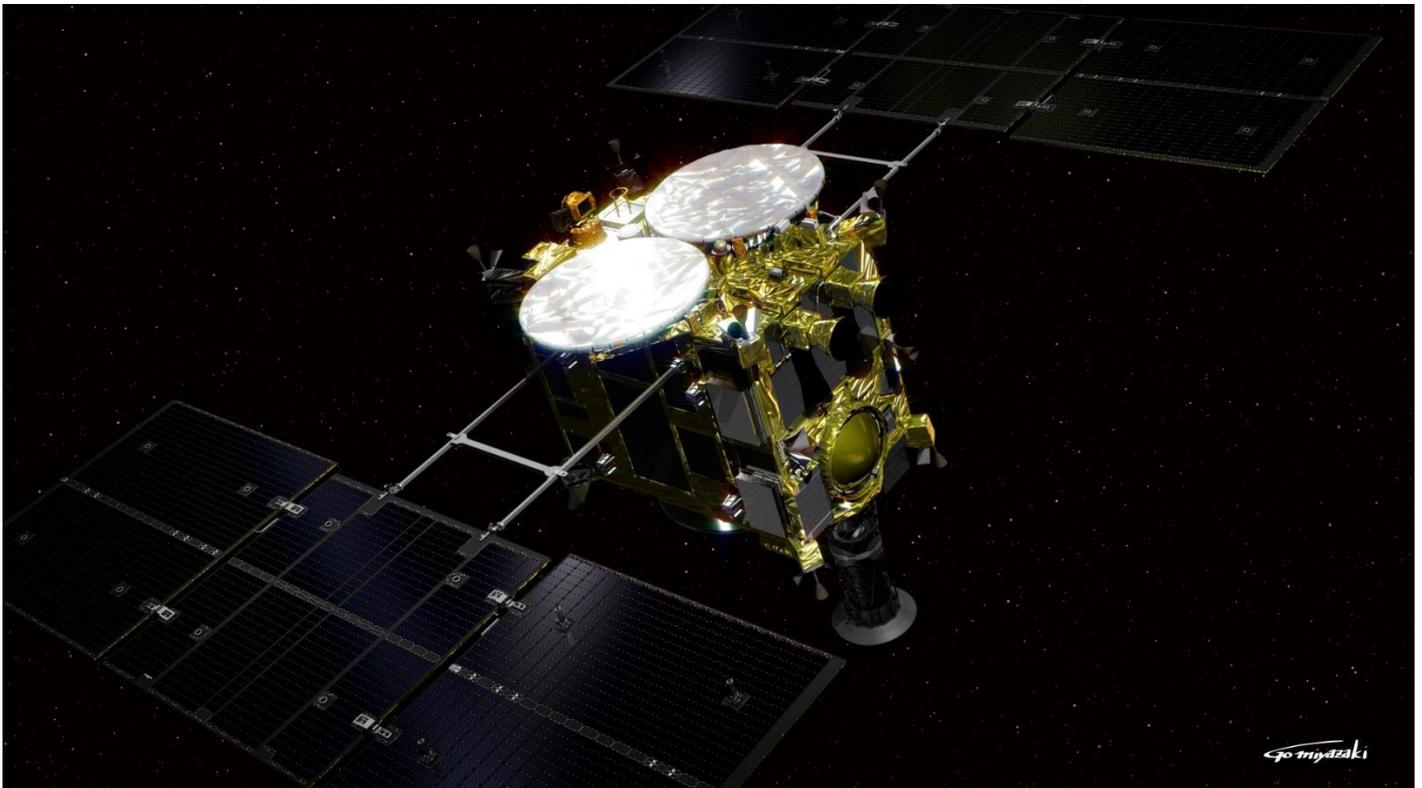


## Kerbal Space Challenge n°3

**JAXA** はやぶさ2プロジェクト  
HAYABUSA2 PROJECT

### Catégorie Historique

### Participation de Matthieu Prigen



@Matthieu\_Prigen

# 目次 **Sommaire:**

## **Partie I**

Introduction p.3

Contexte historique p.4

## **Partie II**

Création des annexes de la mission p.6

Création de la sonde p.15

Création du lanceur p.20

## **Partie III**

Déroulement de la mission p.21

Bilan p.71

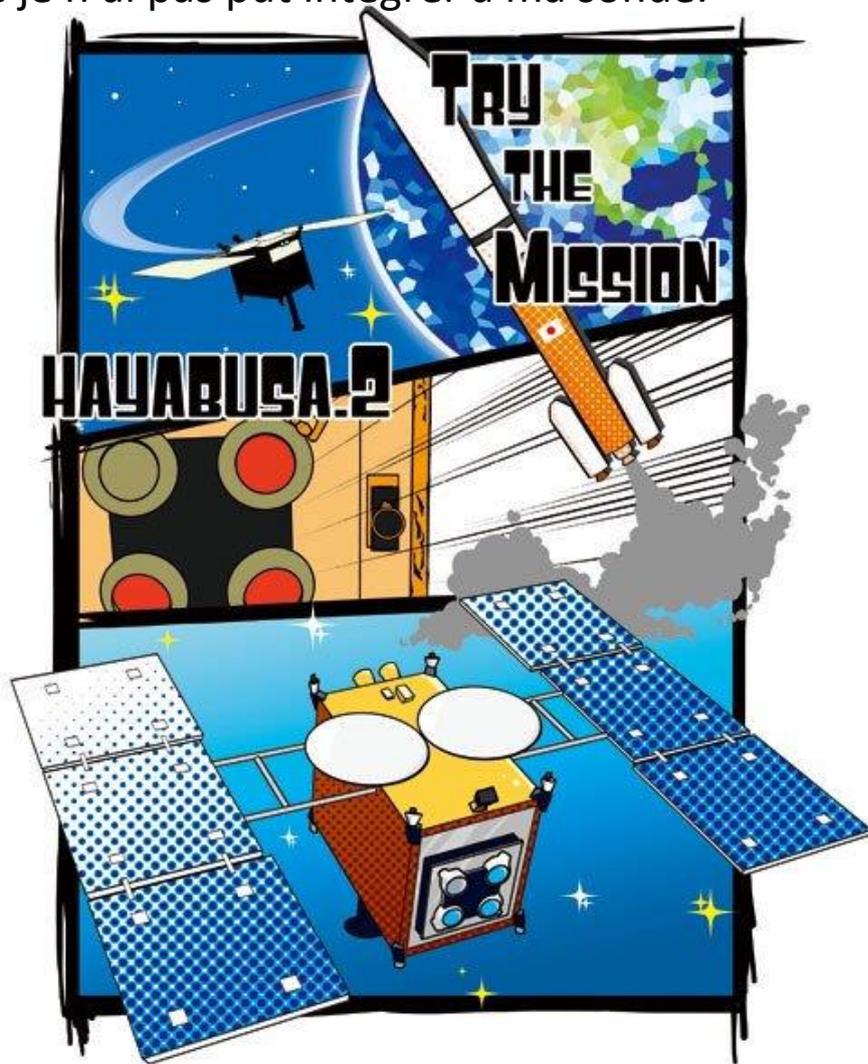
Sources p.72

# Partie I

## 導入 Introduction

Salut =D

Je m'appelle Matthieu Prigent, j'ai 16 ans et je suis fan d'espace (et donc de KSP) depuis 2016. Totalisant plus de 250 heures de jeu, j'ai encore malgré tout quelques lacunes (ayant passé la majorité de mon temps en orbite basse) mais ayant fait de mon mieux pour mon premier challenge du KSC. J'ai choisi la catégorie Historique car je trouvais amusant le souci du détail, et essayer de reproduire le plus fidèlement la sonde avec les parts stocks et autorisées, bien que je découvre encore à l'heure de la rédaction de ce dossier des détails techniques que je n'ai pas pût intégrer à ma sonde.



# 歴史的背景 **Contexte historique**

La mission Hayabusa (はやぶさ) qui signifie faucon pèlerin, décolle le 9 mai 2003. Cette mission de la JAXA, l'agence spatiale Japonaise, a pour but l'étude de l'astéroïde Itokawa. Cette mission avait une importante valeur scientifique comme technique, tout d'abord par le premier retour d'échantillon d'un astéroïde, mais aussi par le nombre de technologies innovantes utilisées pour arriver à cette fin, comme un guidage autonome de la sonde, un système de collecte d'échantillons, une propulsion entière ionique ou le retour depuis une trajectoire interplanétaire d'une capsule contenant les échantillons sur Terre. 3 ans après le décollage de la mission, en 2006, il est décidé qu'une deuxième mission basée sur la même plateforme, Hayabusa 2, sera lancée en 2014. Et cela tombe bien ; en 2010, le retour d'Hayabusa montre que le système de collecte n'a pas fonctionné correctement, et que seul quelques poussières ont pu être rapatriées. Un redesign d'Hayabusa 2 est donc effectué, et la mission décolle le 3 décembre 2014.

*Come at me, Ryugu-chan!*



「はやぶさ 2」ハードウェアメモランダム  
20190407@shikishima

# Partie II

## 付録の作成 **Création des annexes** **de la mission**



On peut voir ici à gauche 10 des annexes largables de la mission, soit les 5 marqueurs de cible, MINERVA-II1 A et B, MINERVA-II2, la remote caméra SC3 et MASCOT.

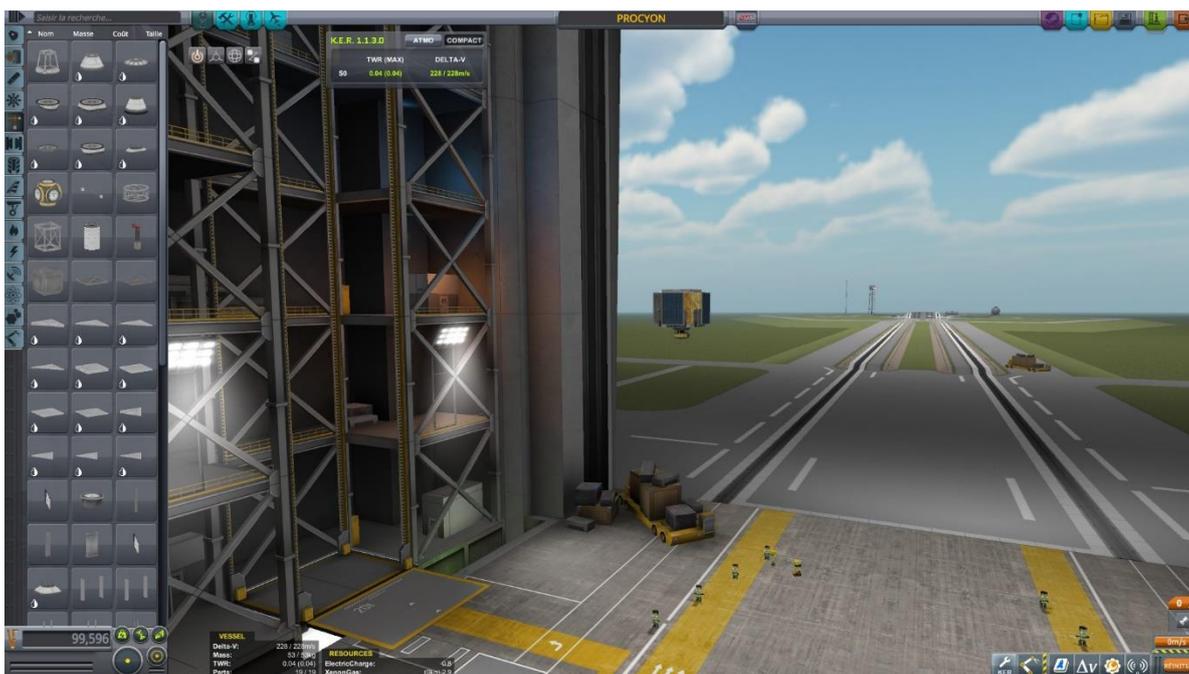
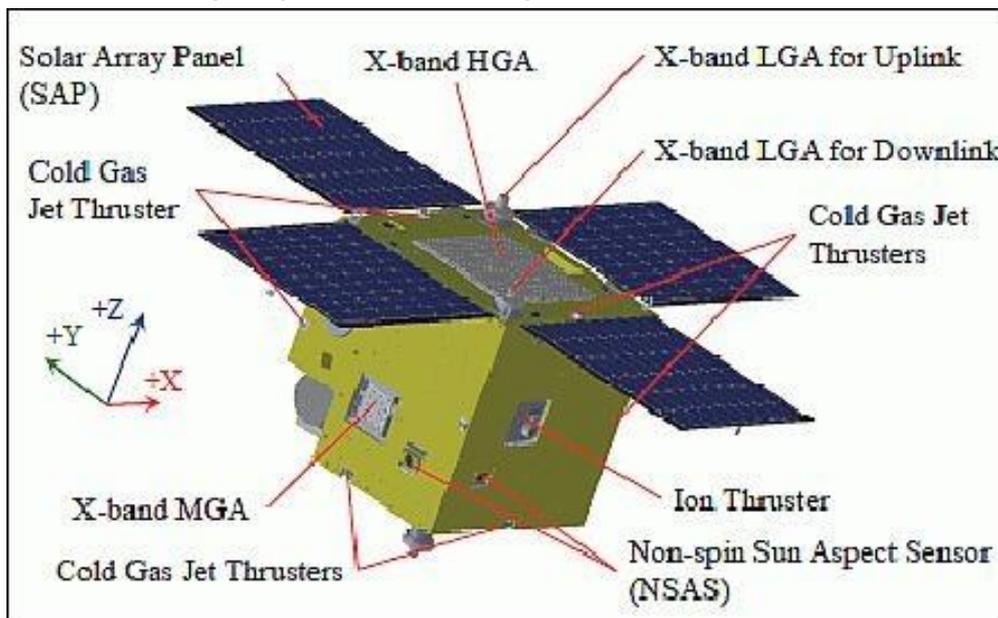
## Shin'en 2:

Shin'en 2 fut lui aussi un co-passager d'Hayabusa 2, pesant 15kg, dont l'objectif de mission fut d'être un démonstrateur technologique de communication depuis une distance équivalente à celle séparant la Terre de la Lune.



## PROCYON :

PROCYON est une sonde low-cost de 59kg, utilisant la propulsion ionique et ayant pour but à la fois d'être un démonstrateur technique de petite sonde servant à l'exploration du système solaire, mais aussi donc comme but le survol d'un astéroïde en empruntant une trajectoire similaire (du moins pour sa première orbite) à celle d'Hayabusa 2. Elle fut donc co-passagère de cette dernière lors de leur lancement le 3 décembre 2014. Malheureusement, un problème au niveau du propulseur ionique entraîna un échec de la mission.



*Ici les panneaux solaires sont déployables grâce à Infernal Robotics.*

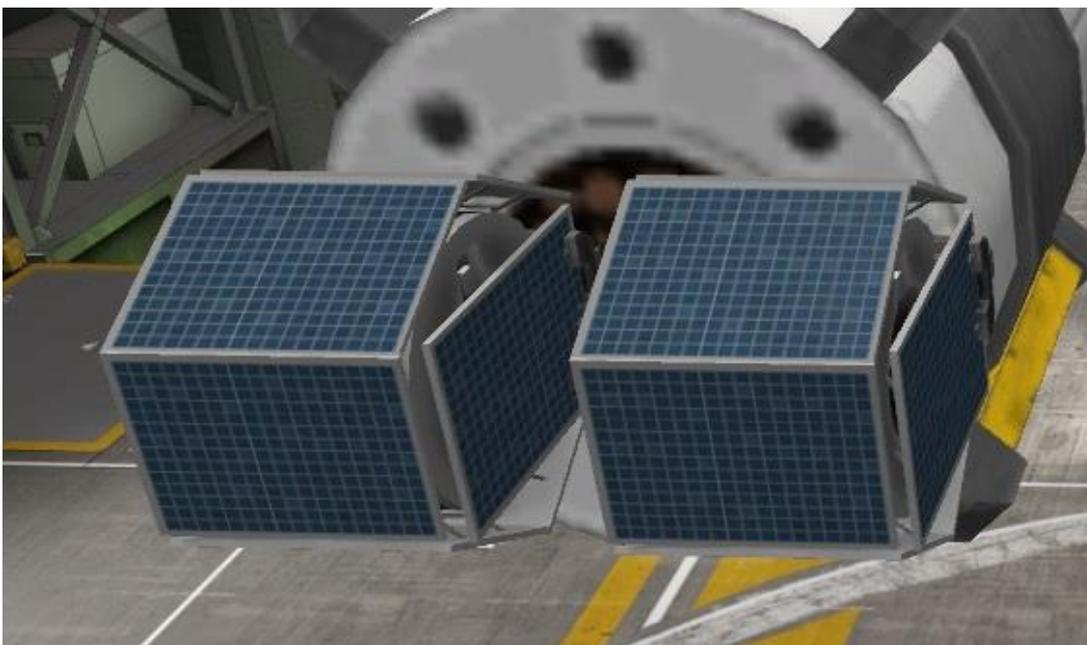
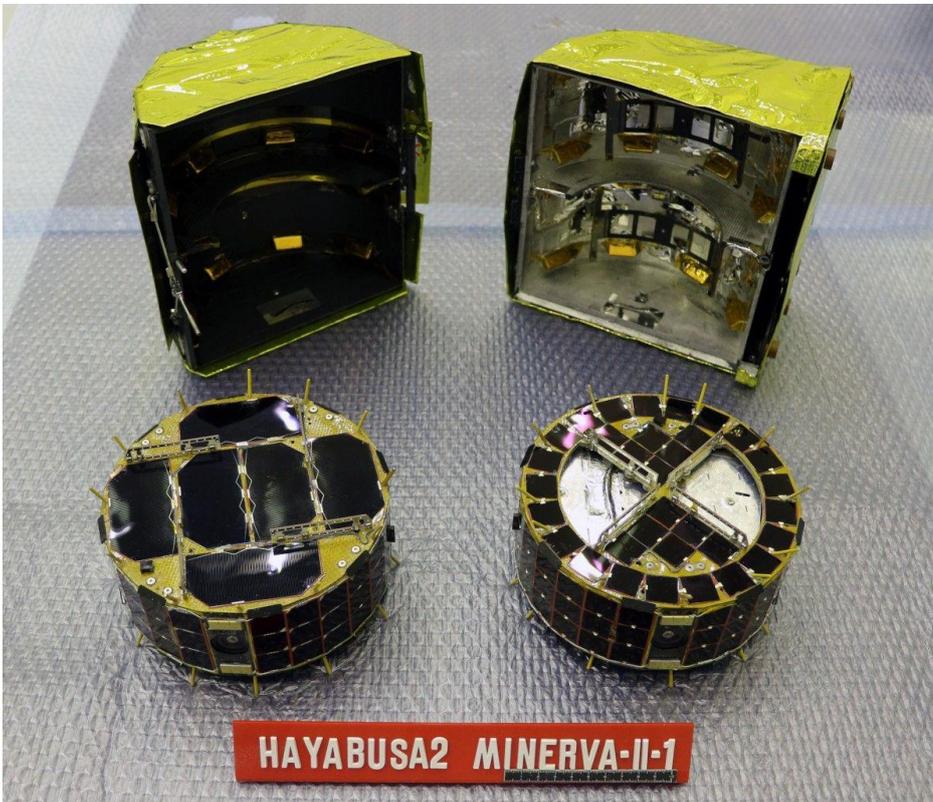
## DESPATCH :

Despatch, de son second nom ARTSAT 2, était un satellite à but artistique, pesant 32kg. Il était équipé de batterie seulement et émettait un signal. Il était le dernier des 3 co-passagers d'Hayabusa 2, et émet un signal pendant plus d'un mois jusqu'à une distance de 4700000km de la Terre, dépassant très largement sa durée de vie de 7 jours.



## MINERVA-II1 :

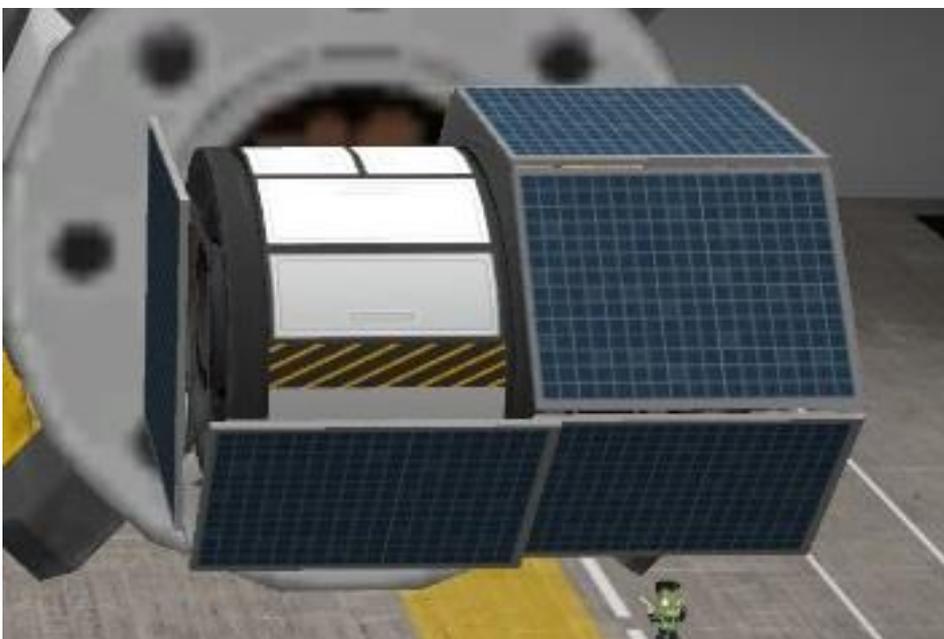
Les deux petits robots MINERVA-II1 pèsent chacun 1,5kg, et leur principale charge utile consiste en 3 caméras et des thermomètres. Ils seront largués sur l'astéroïde et pourront s'y déplacer par petits bonds, pour permettre des photographies de la surface de Ryugu.



*Les deux MINERVA-II1, couvert de panneaux solaire et contenant une batterie, un module de contrôle Probotodyne OKTO 2 et une petite roue de réaction, le tout réduit avec Tweakscale.*

MINERVA-II2 :

MINERVA-II2 est un petit atterrisseur lui aussi, ayant pour but d'explorer la surface de Ryugu de la même manière que les deux MINERVA-II1. Celui-ci pèse 2,5kg, et embarque 4 caméras et des thermomètres.



*Ici, Minerva-II2 est similaire à ses petits frères, lui aussi couvert de panneaux solaire et contenant une batterie, un module de contrôle Probadodyne OKTO 2 et une petite roue de réaction. Cependant la partie supérieure contient un petit laboratoire pour simuler le volume supplémentaire. Le tout est aussi réduit avec Tweakscale.*

## MASCOT :

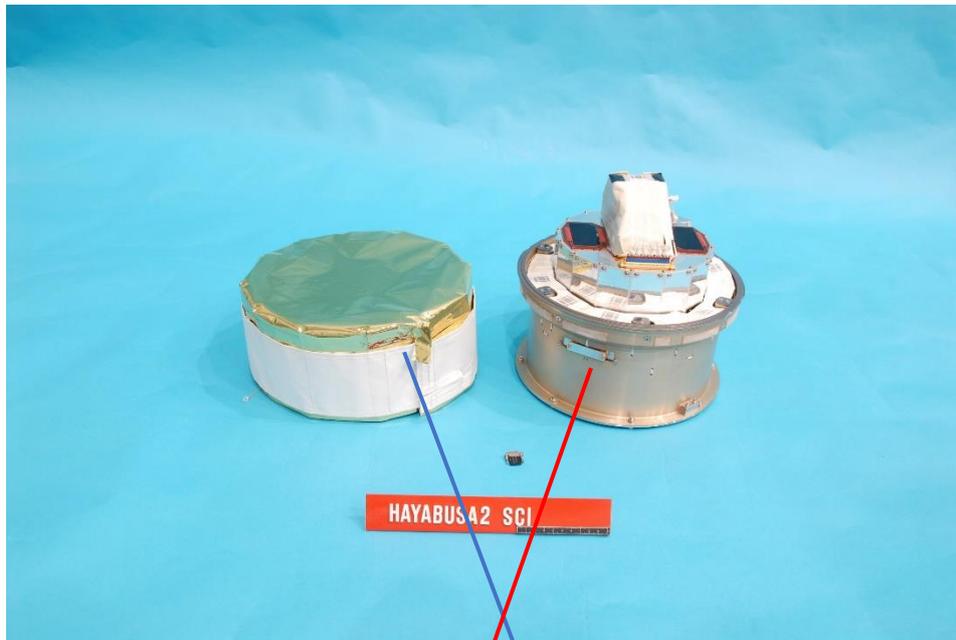
MASCOT pour Mobile Asteroid Surface SCOuT est un atterrisseur développé par le CNES et la DLR (agence spatiale allemande) pesant 10kg. Il prend la forme d'une boîte à chaussure et doit effectuer, pendant 16 heures sur batterie, des expériences à la surface de Ryugu. Il est équipé d'un radiomètre, un magnétomètre, d'une caméra multispectrale et d'un microscope infrarouge.



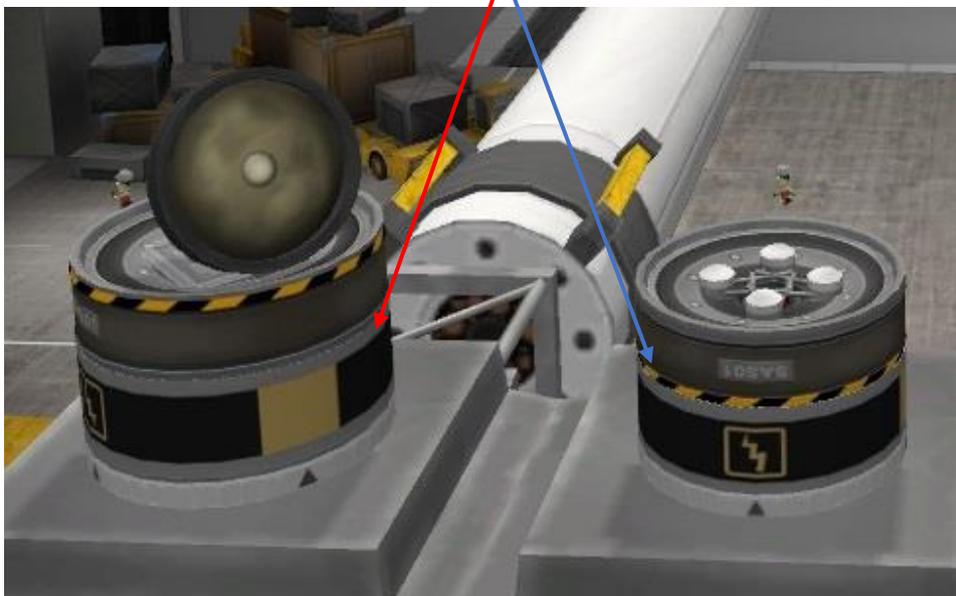
Ici MASCOT est une simple boîte dorée contenant une batterie et un *Prohodobodyne*, avec un laboratoire sur la face supérieure pour simuler la charge utile scientifique.

L'impacteur SCI et DCAM3 :

L'impacteur SCI (pour Small Carry-on impactor) pèse 18kg et doit accélérer une charge de 2kg à 2km/s. DCAM3 (pour Déployable CAMéra) quant à elle est larguée de manière à filmer l'impact du SCI, car Hayabusa 2, durant le temps précédent l'explosion part se mettre à l'abris derrière l'astéroïde.



*Petit schéma de comment c'est censé se passer « en vrai »*



*La remote caméra à gauche et les explosifs à droite sur l'image du bas. Ces derniers sont remplacés par 4 séparotrons de booster qui vont accélérer le petit bloc jusqu'à 600m/s.*

La capsule de réentrée :

La capsule de réentrée est conçue pour une rentrée à 11,6km/s, et devrait atterrir en Australie.

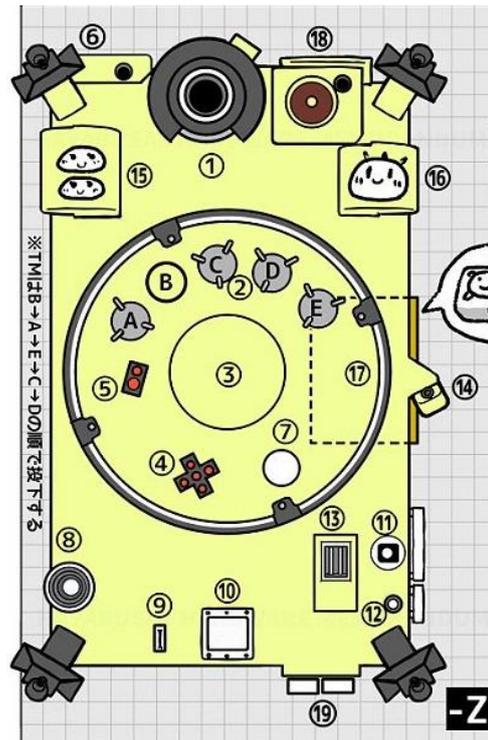


*L'image du dessus montre une réplique de la capsule de réentrée d'Hayabusa 1. L'image en dessous montre une vue à l'envers de la capsule de réentrée dans KSP, avec de haut en bas le bouclier thermique, le réservoir de minerai, les parachutes latéraux et enfin la batterie qui assure l'alimentation électrique.*

# プローブの作成 **Création de la sonde**

Caractéristique	Hayabusa 2	Kayabusa 2 (version KSP d'Hayabusa 2 =P)
Masse (kg)	609	1095
DeltaV (m/s)	2000	5798
Hauteur* (m)	1,25	1,4
Largeur* (m)	1	1,6
Longueur* (m)	1,6	1,6

\* : Sans les panneaux photovoltaïques



Deux vues de ce qui se situe en dessous d'Hayabusa 2 : les 5 marqueurs de cible en arc de cercle avec ABCDE, et avec les numéros de la photo à droite, les deux rovers Minerva-II1 en 15, la trompe de collecte d'échantillons en 1, Minerva II2 en 16, l'impacteur SCI qui servira à créer un cratère sur Ryugu en 3, un des 4 propulseur RCS sur la face inférieure de la sonde en 6 et une panoplie d'instruments (scientifique et de navigation) pour les autres nombres.

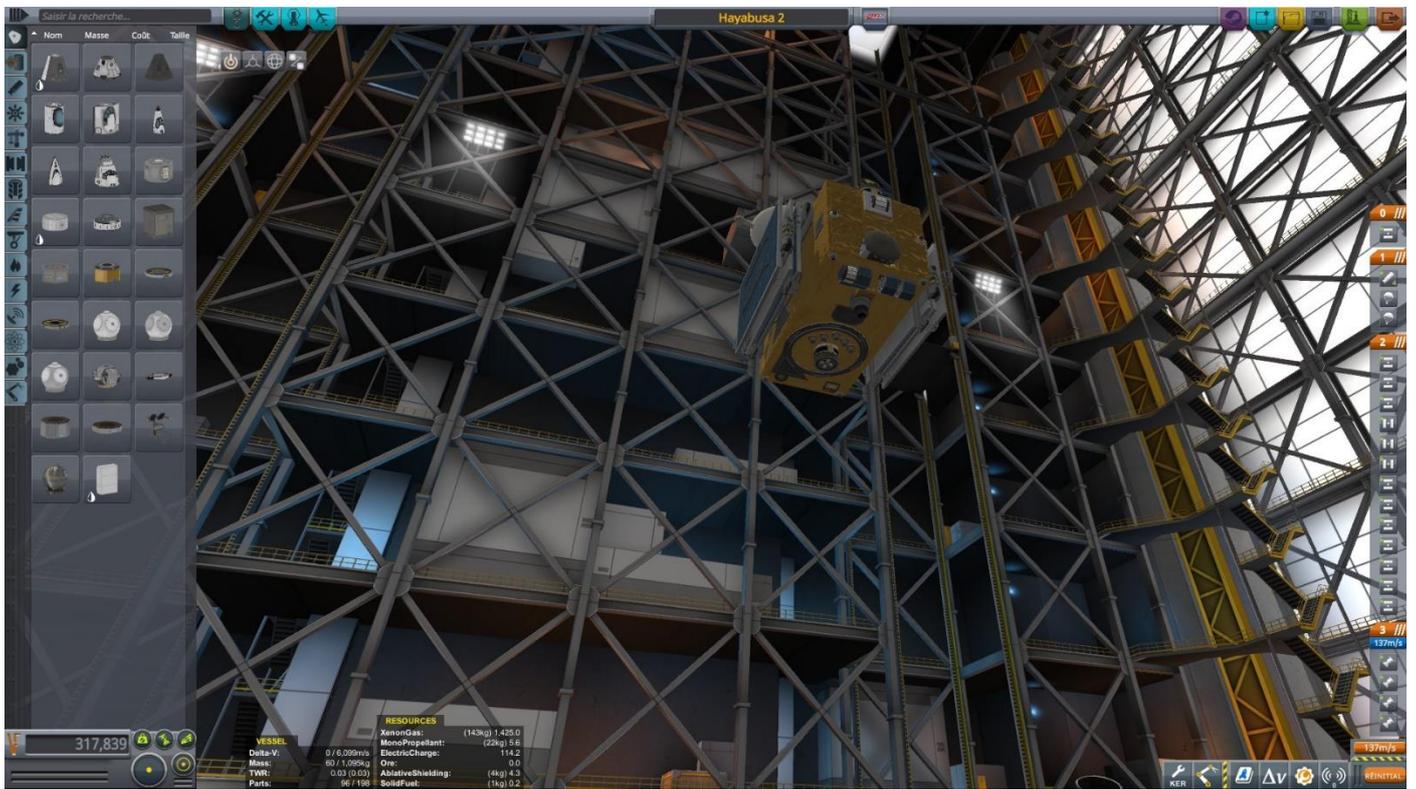


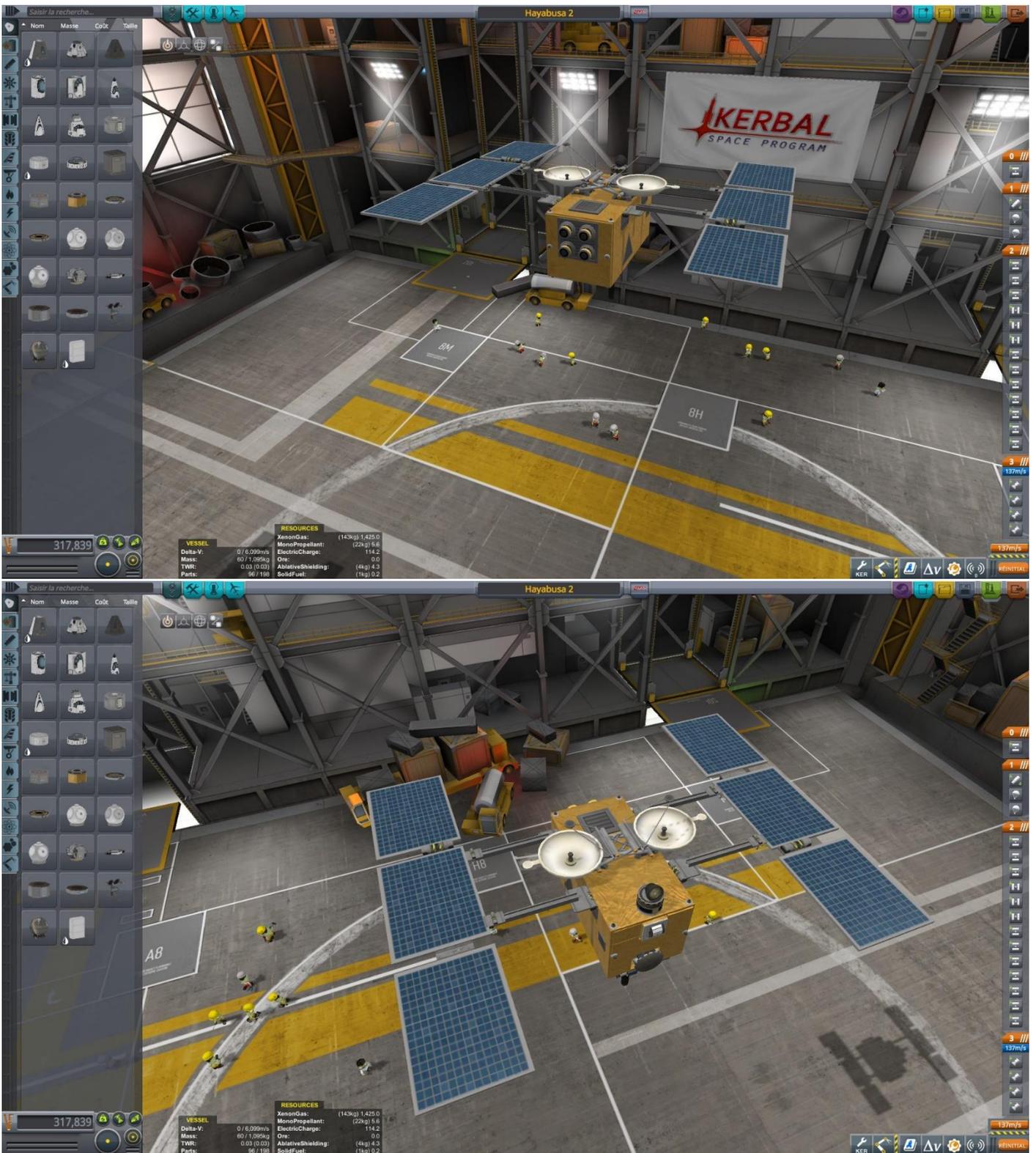
Voilà maintenant une vue de dessous de Kayabusa 2 ! on y retrouve les propulseurs, tout ce qui peut ou doit être largué, et 2 petites lumières pour simuler les instruments restants.

Pour ce qui est du placement des différentes autres pièces, celui des moteurs est respectés, mais également celui des antennes principales, des panneaux solaires repliés et dépliés, des propulseurs RCS, de la capsule de retour d'échantillons et quelques autres joyeusetés. La couleur de la sonde est respectée, et des panneaux métalliques décoratifs viennent varier la surface de la sonde.

Plein de screens à suivre de la sonde, panneau solaire repliés puis dépliés :







On peut voir, comme différence notable que MASCOT, plutôt que de se retrouver sur le côté gauche de la sonde, se retrouve à l'avant ; cela est dû à l'architecture intérieure de la sonde elle-même, ou les réservoirs prennent la place initialement prévue pour MASCOT donc.

# ロケットの製作 **Création du lanceur**

Caractéristiques	H-IIA	K-IIA
Masse (t)	285	172
Hauteur (m)	53	35
Etages	2	2
Boosters	2	2
Poussée des Boosters (kN)	2245	1012
Poussée du 1 <sup>er</sup> étage (kN)	1096,5	1577
Poussée du 2 <sup>nd</sup> étage (kN)	137	375
Diamètre (m)	4	2,5



*Le lanceur H-IIA est un lanceur japonais, est majoritairement utilisé pour les tirs institutionnels du pays ; il a fait son premier vol le 29 août 2001. Il a une capacité de 10 à 15 tonnes en orbite basse, en fonction du nombre de boosters.*

# Partie III

## 路線任務の **Déroulement de la mission**

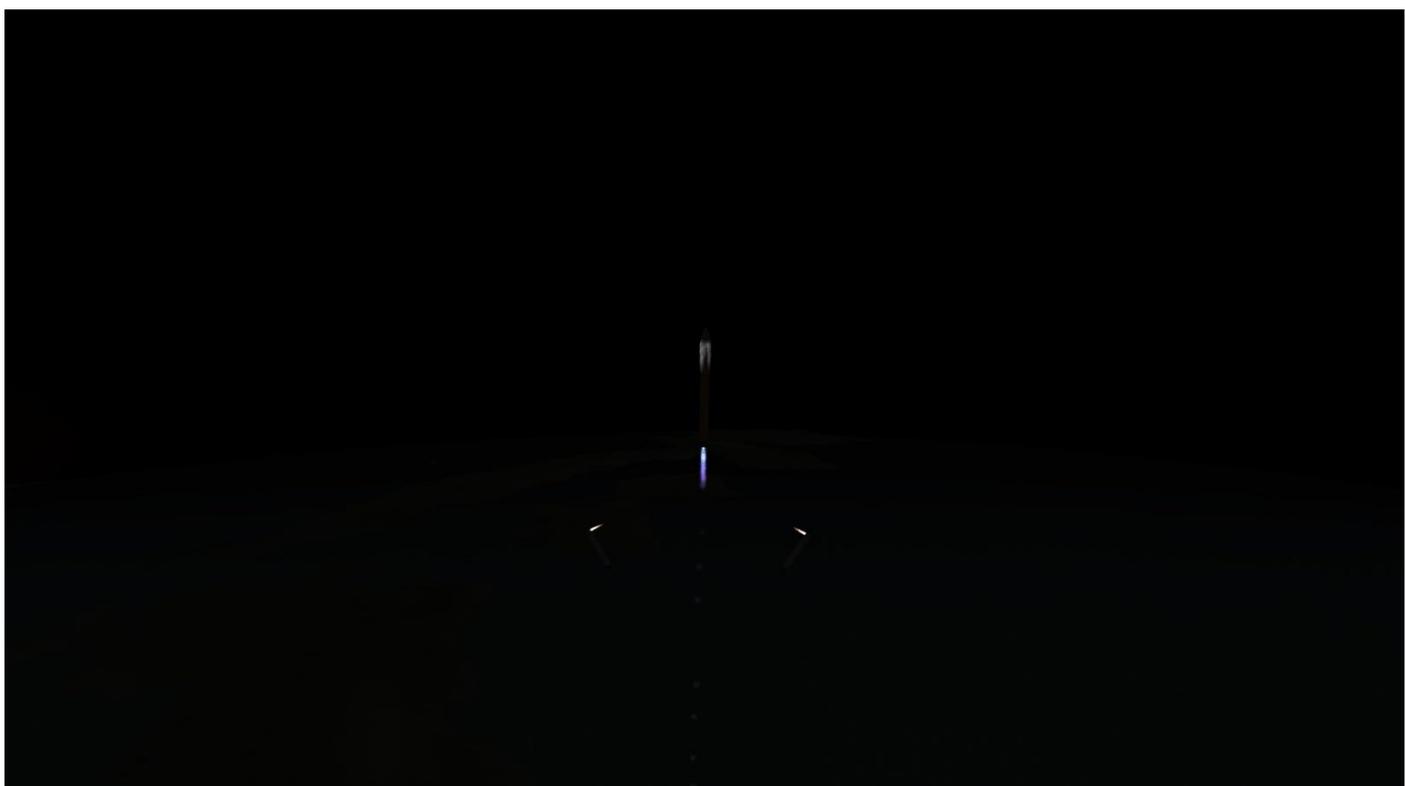
Dans cette partie, le déroulement de toute la mission va être présenté, sous la forme d'un grand nombre de screens légendés ! On pourra y voir les quelques variations comparées à la mission originale, principalement dûes à mon niveau sur KSP.



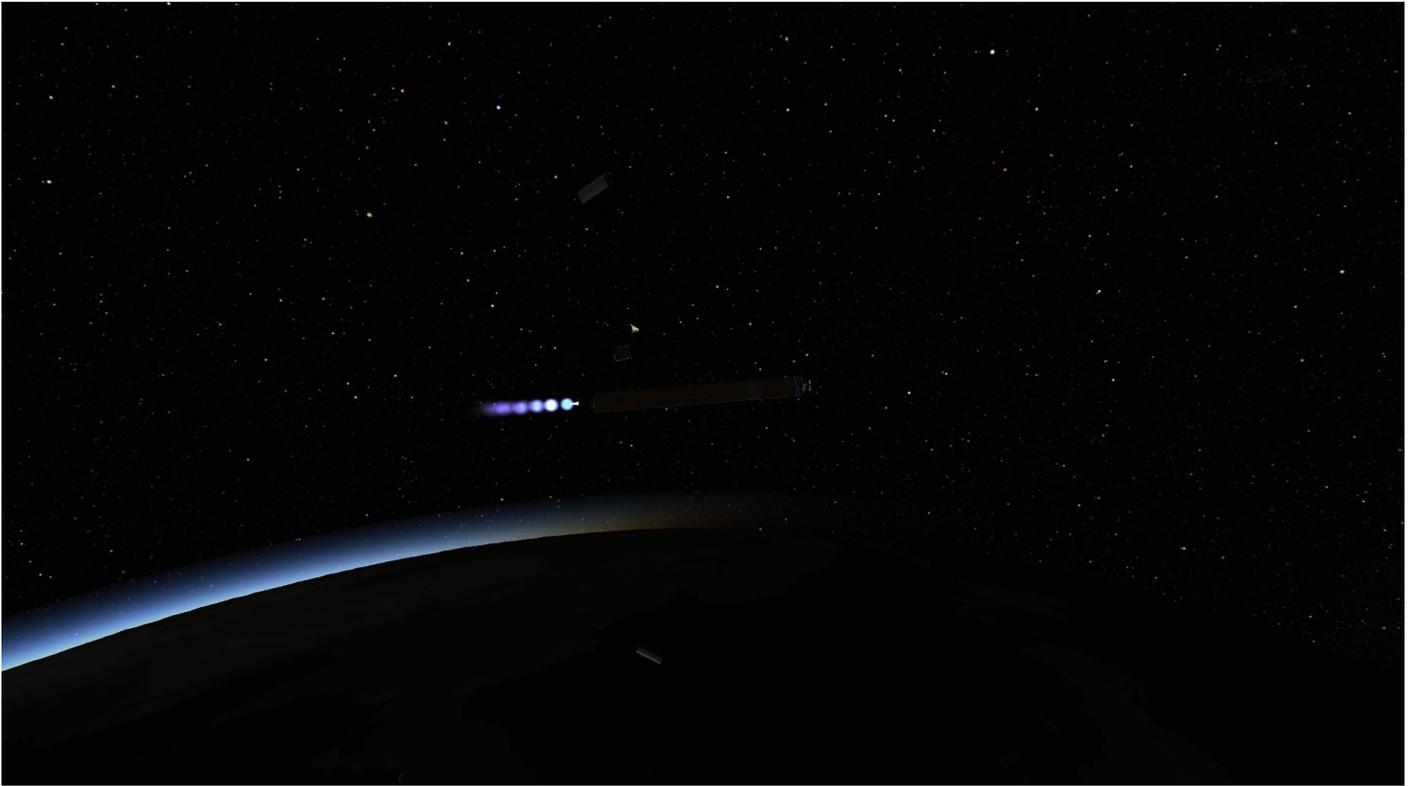
Le lanceur H-IIA sur son pas de tir, dans la nuit



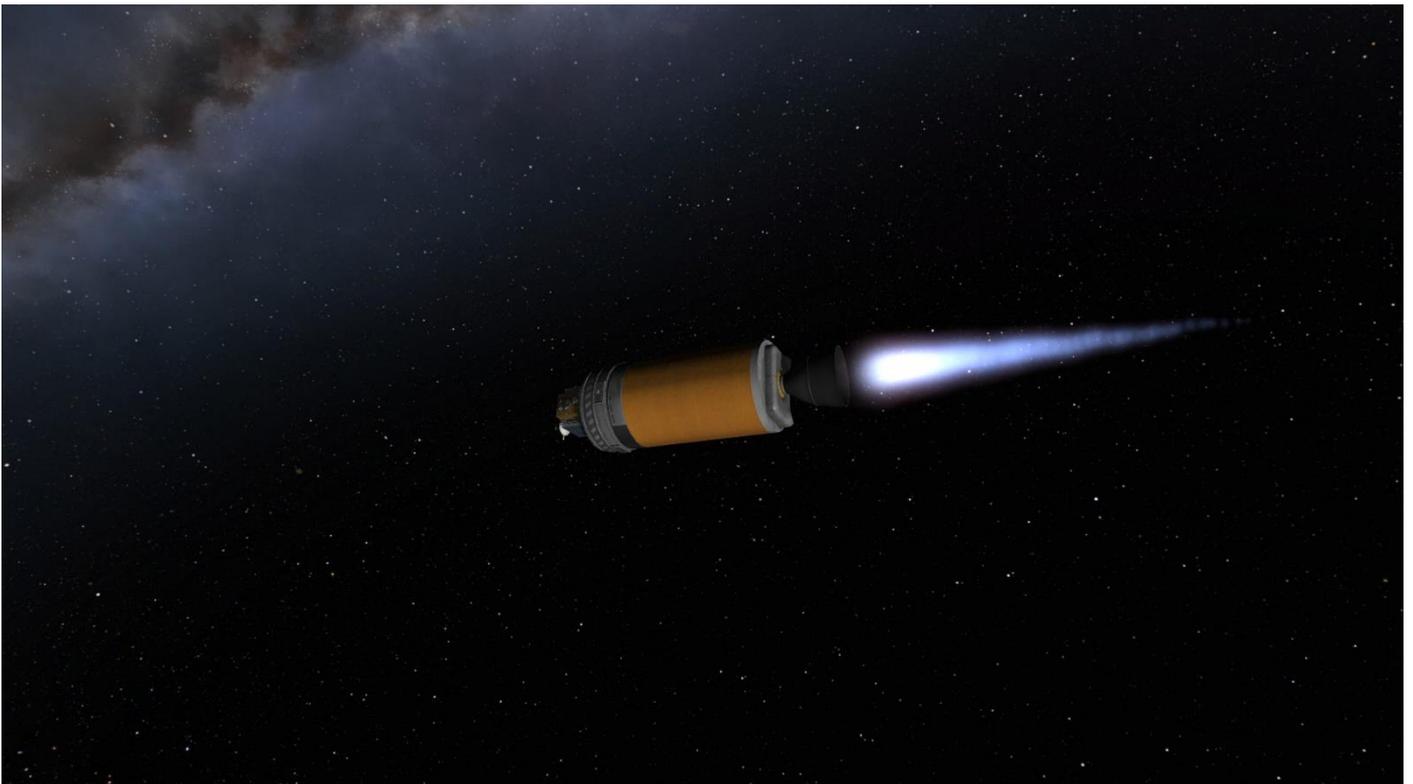
Décollage depuis le centre spatial Tanegashima !



Séparation des boosters auxiliaires



Séparation de la coiffe et gravity turn



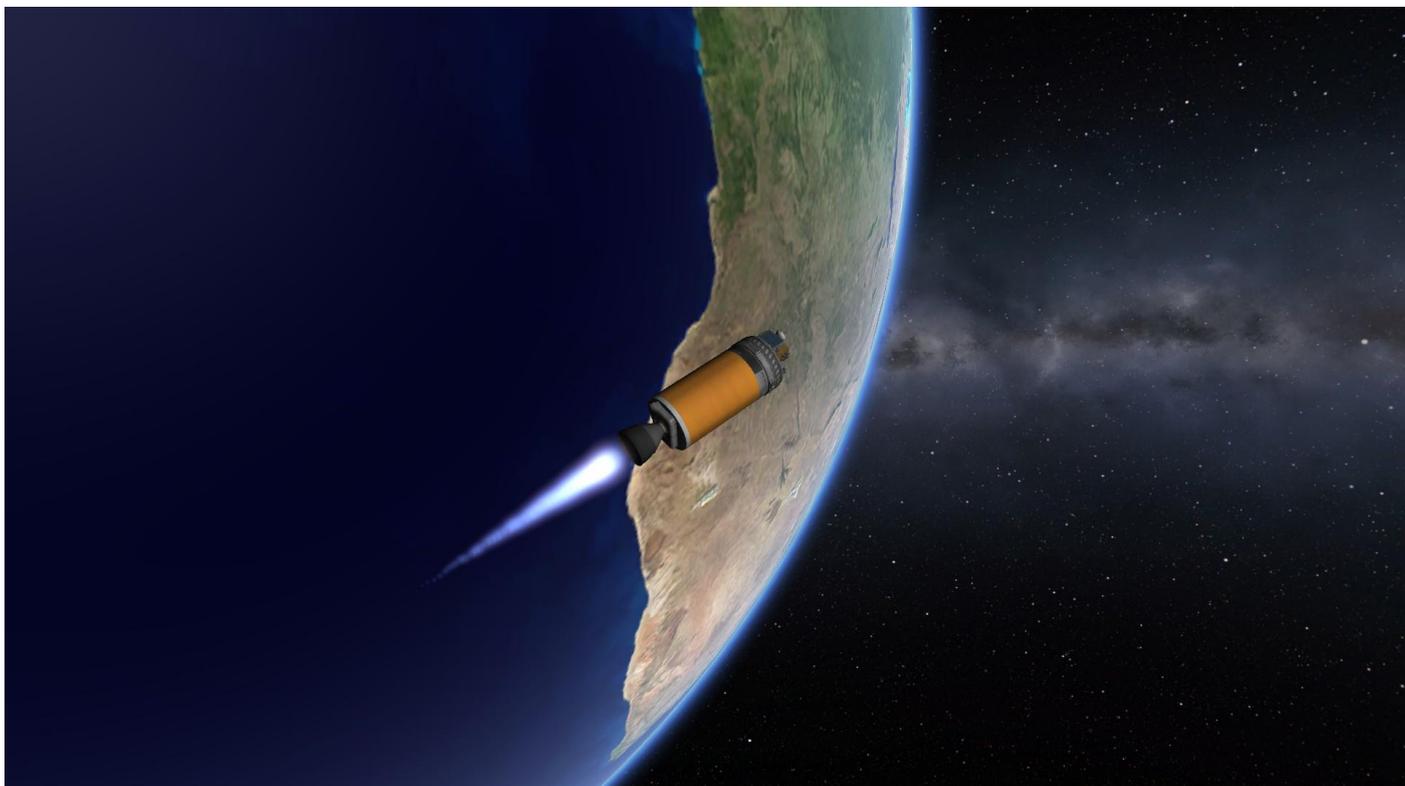
Séparation du deuxième étage et fin de la mise en orbite !



Choix d'une orbite de parking d'environ 84\*130km, orbite qui ne sera pas même pas complétée après un un rallumage du second étage pour un burn d'injection en orbite héliocentrique



L'orbite héliocentrique permet en théorie une assistance gravitationnelle de la Terre environ 1 an après le décollage



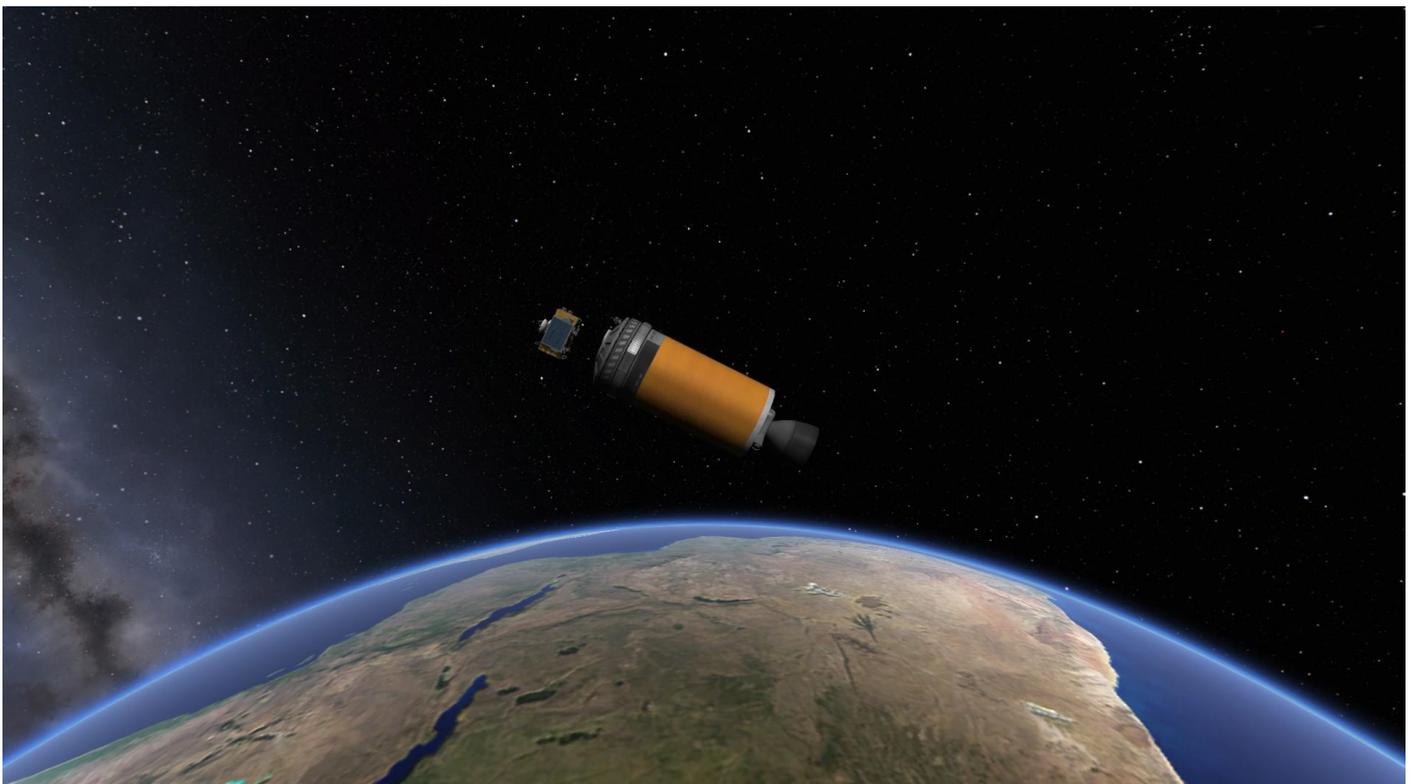
Burn baby burn



Fin du burn



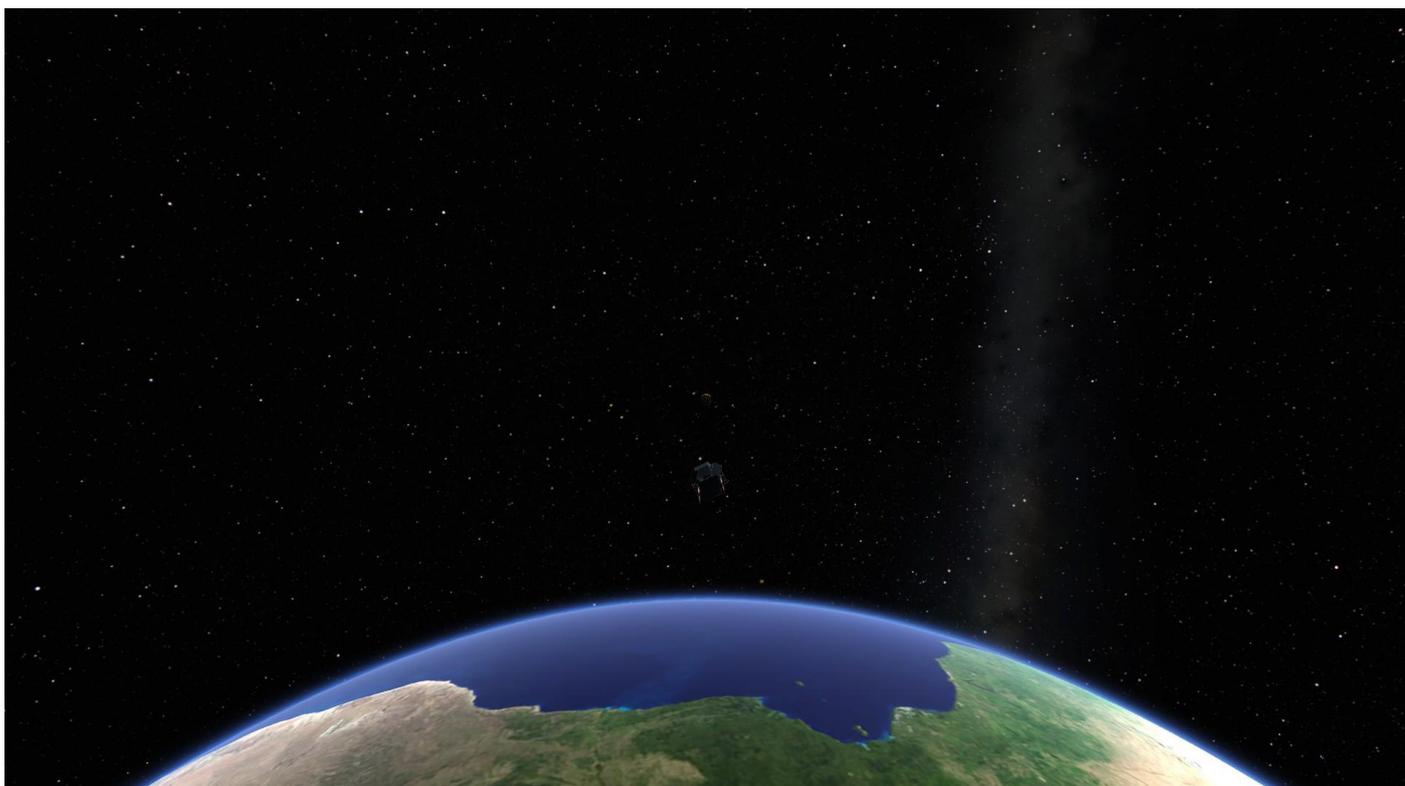
La trajectoire obtenue est légèrement différente que celle prévue, mais Hayabusa 2 corrigera elle-même la trajectoire plus tard !



Séparation d'Hayabusa 2 du second étage !



Séparation des charges utiles secondaires, comme PROCYON, petit démonstrateur technologique



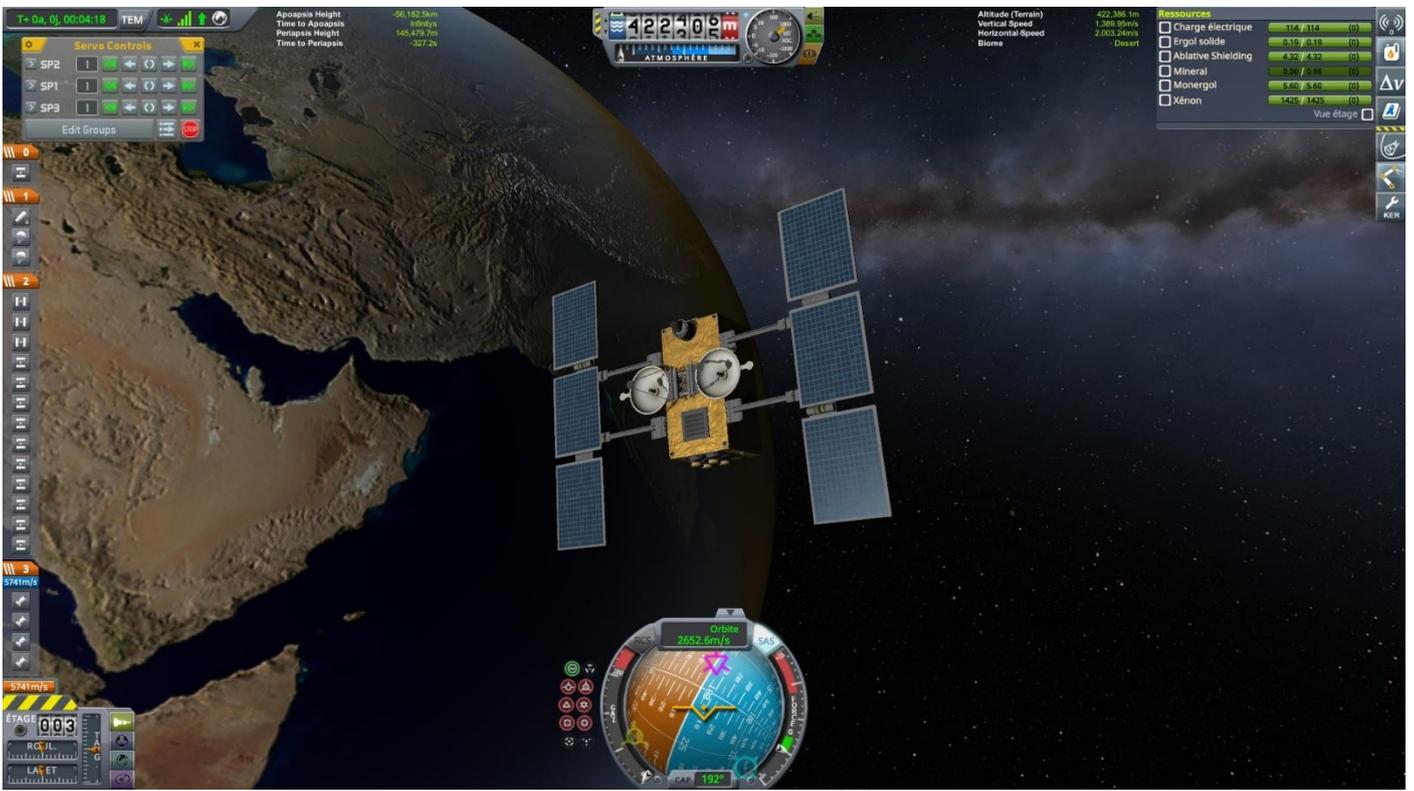
Séparation de Shin'en-2 et DESPATCH (non visible sur le screen)



Retour sur Hayabusa, pour le déploiement des panneaux solaires !



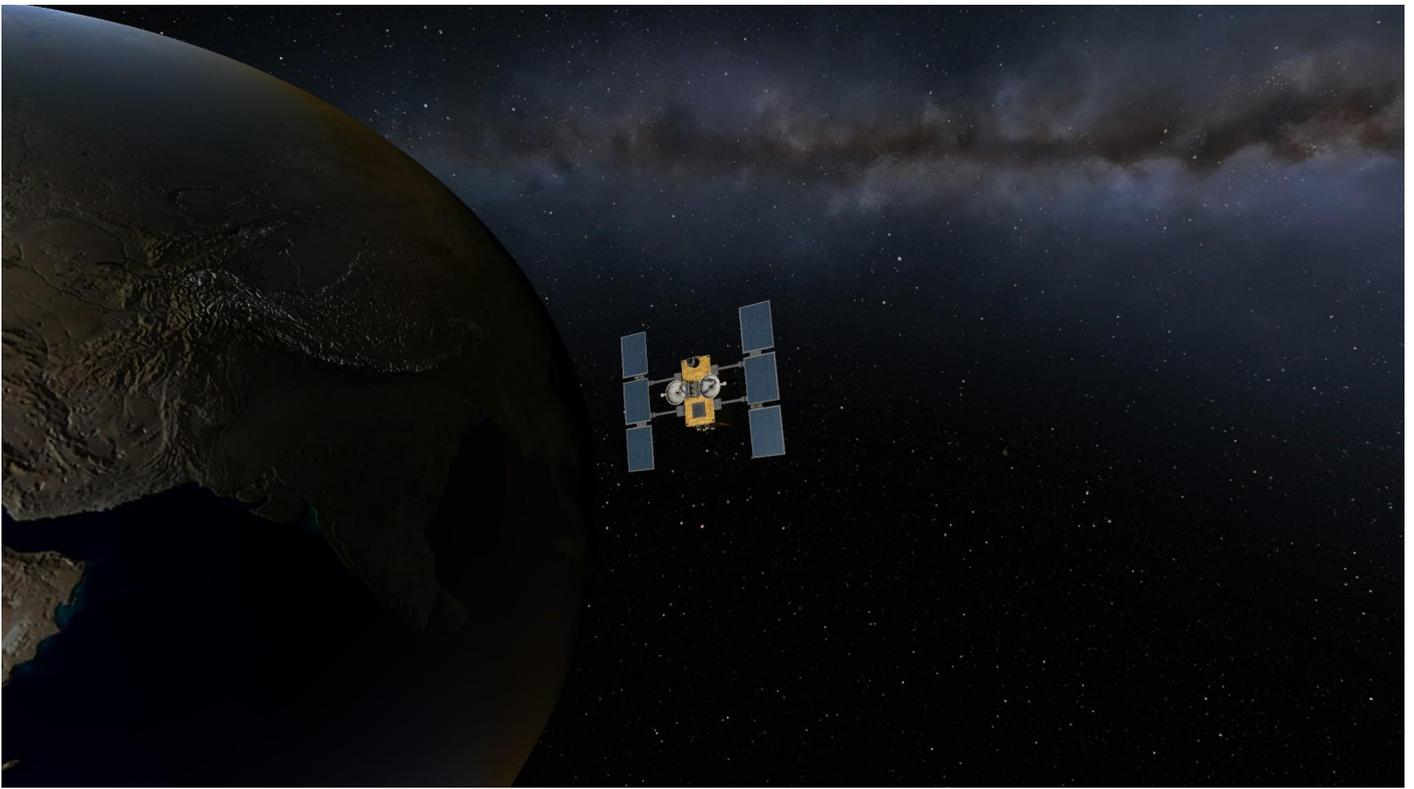
Infernal Robotics, bien sympa ce mod quand même... vivement le nouveau DLC



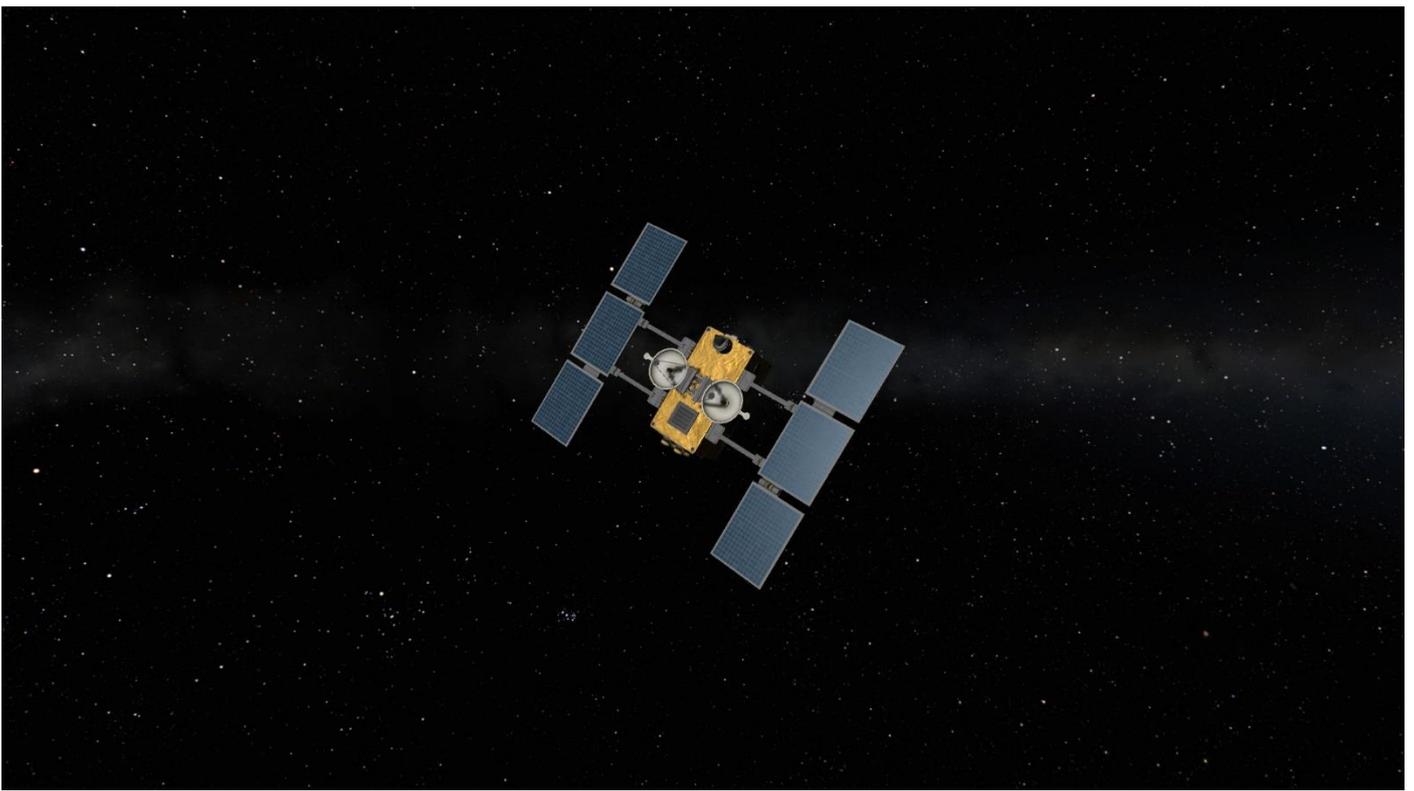
Les panneaux sont déployés !



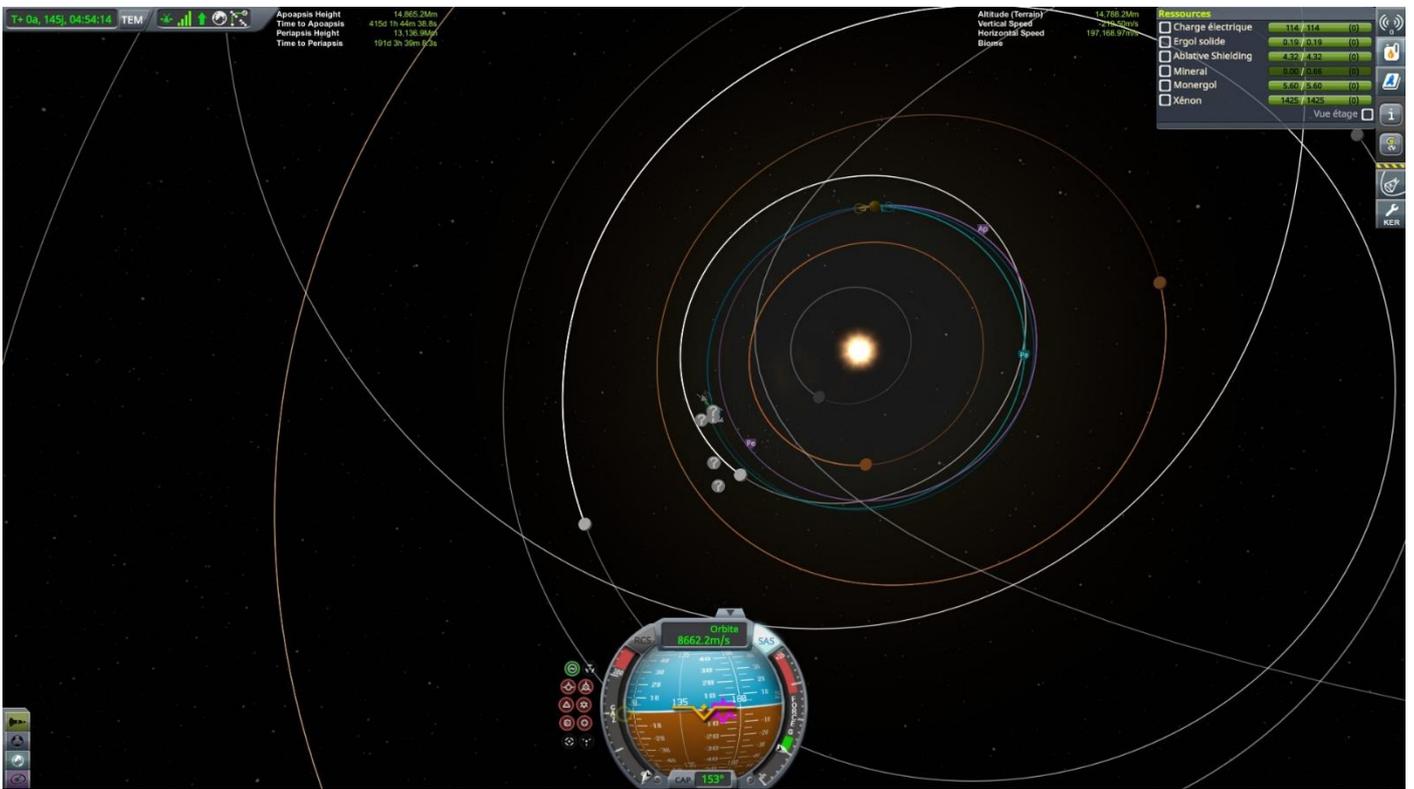
Déploiement de la trompe de prélèvement



Un petit au revoir à la Terre et c'est parti mon kiki



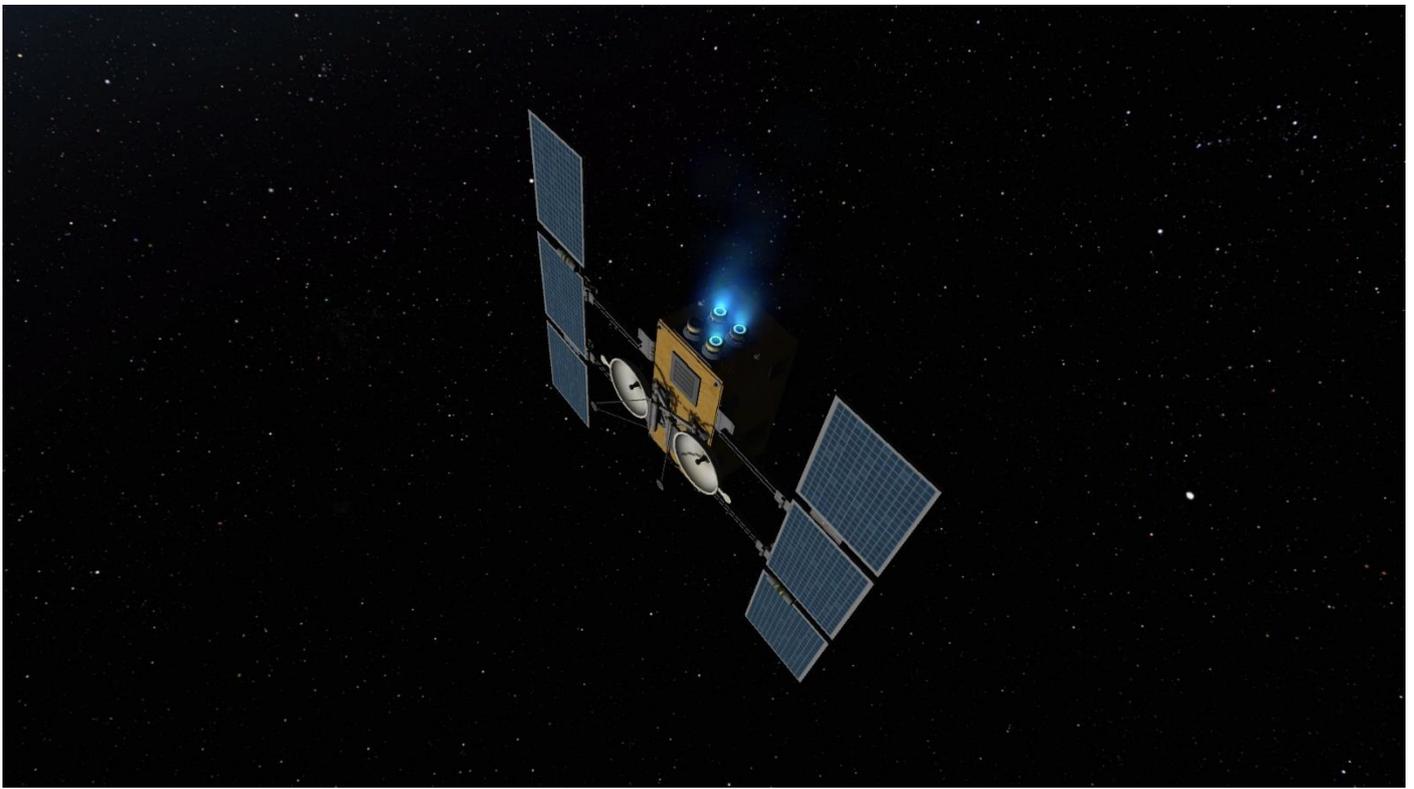
Un an sans voir un seul horizon...



...



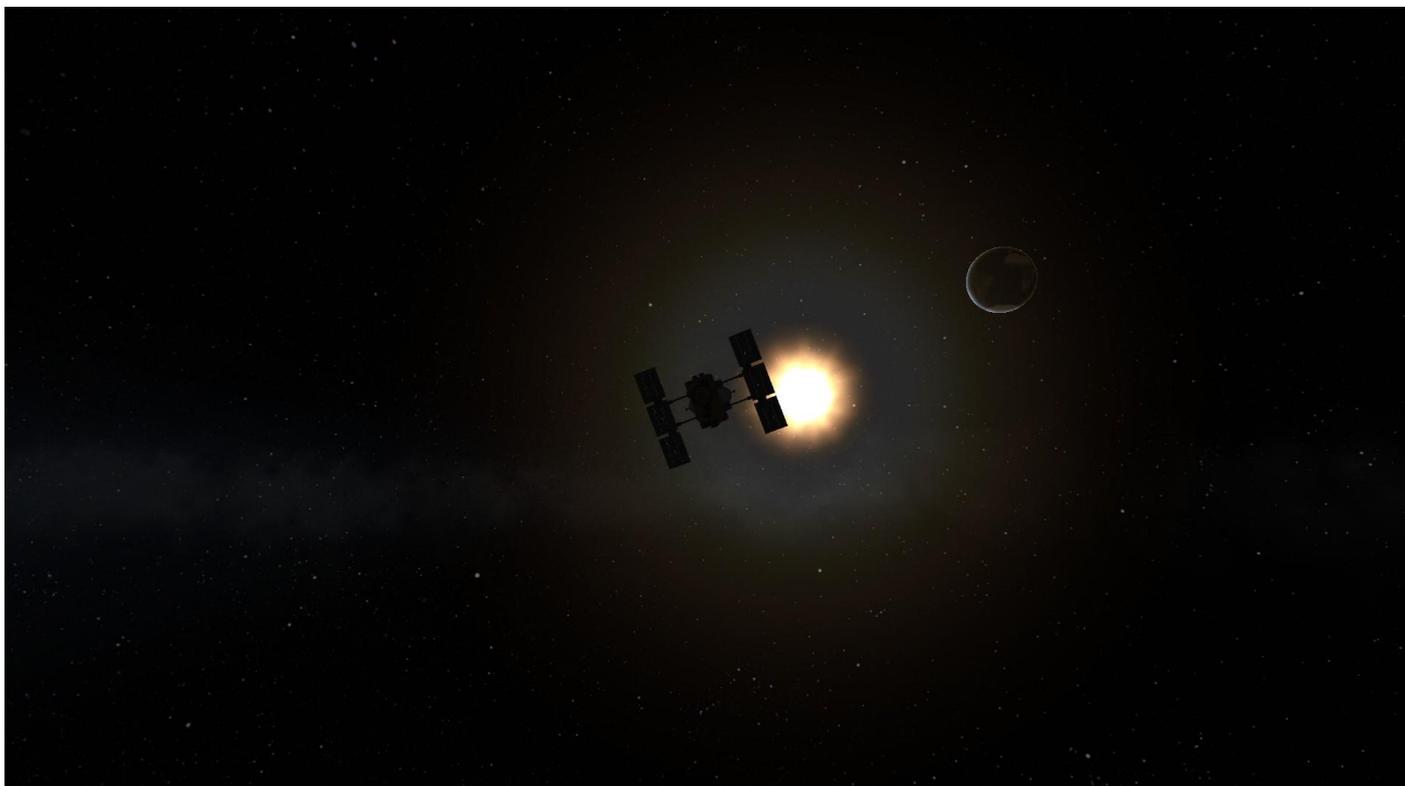
Il est temps de corriger cette trajectoire !



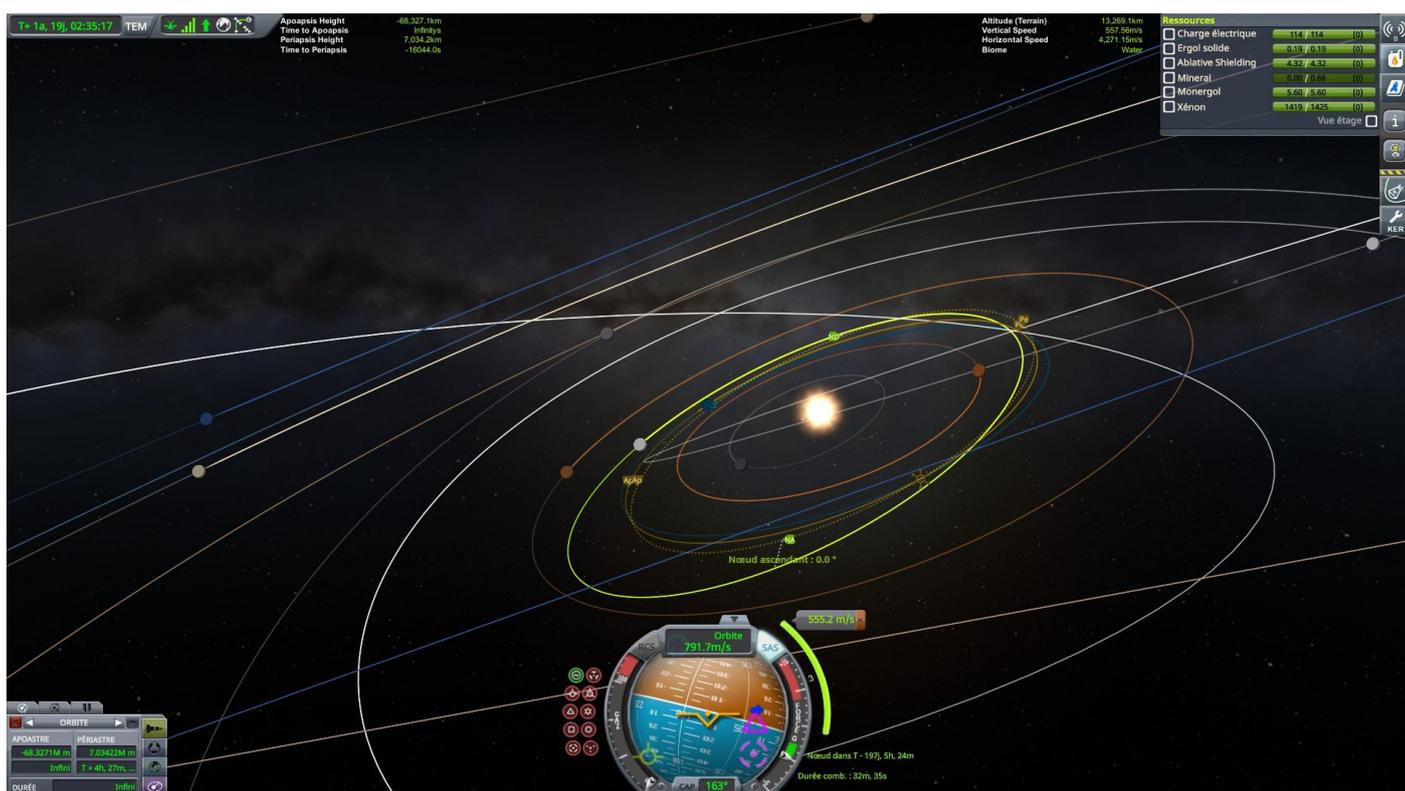
Il est temps d'allumer ces trois moteurs



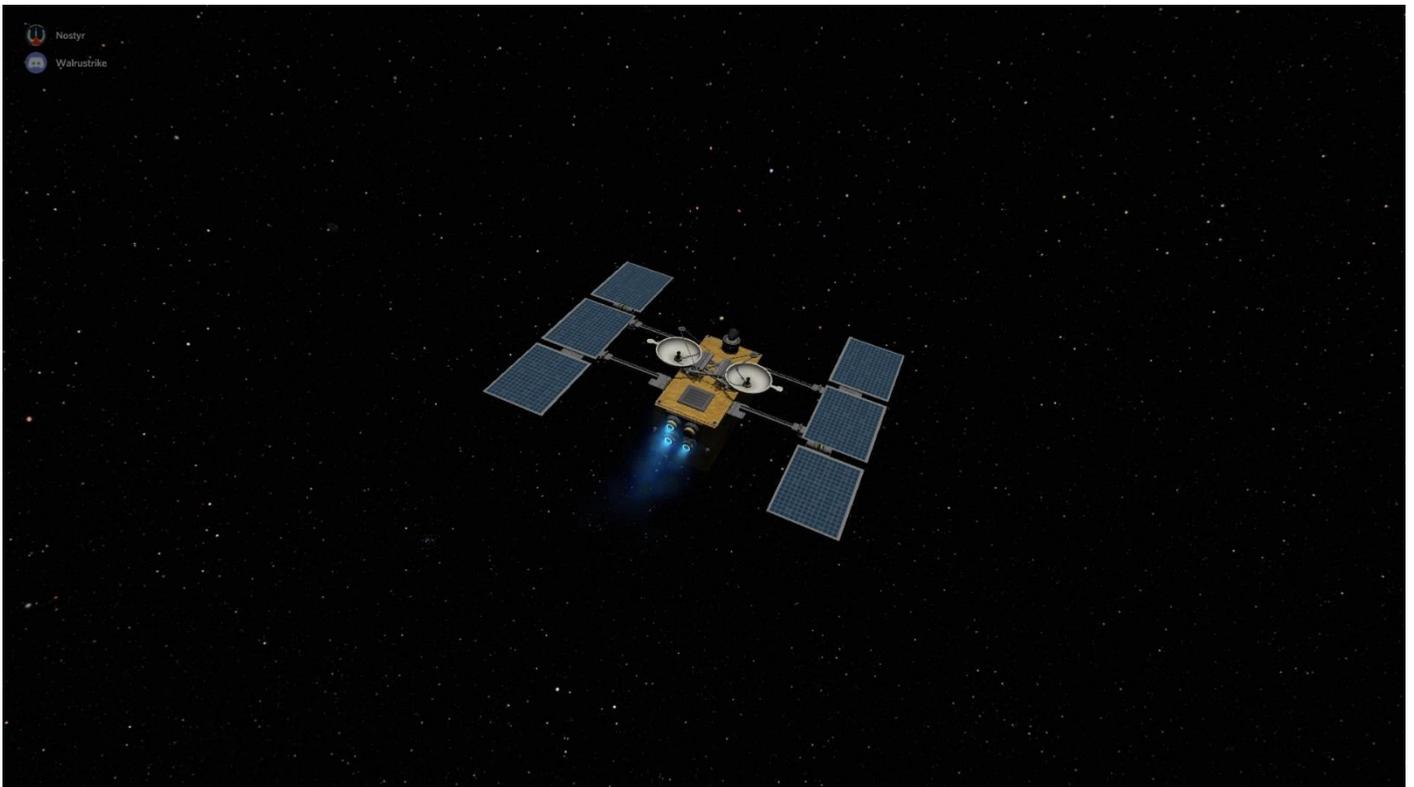
Le survol se fait donc à 7034km de la Terre ! Il modifie principalement l'inclinaison de l'orbite plus que son altitude.



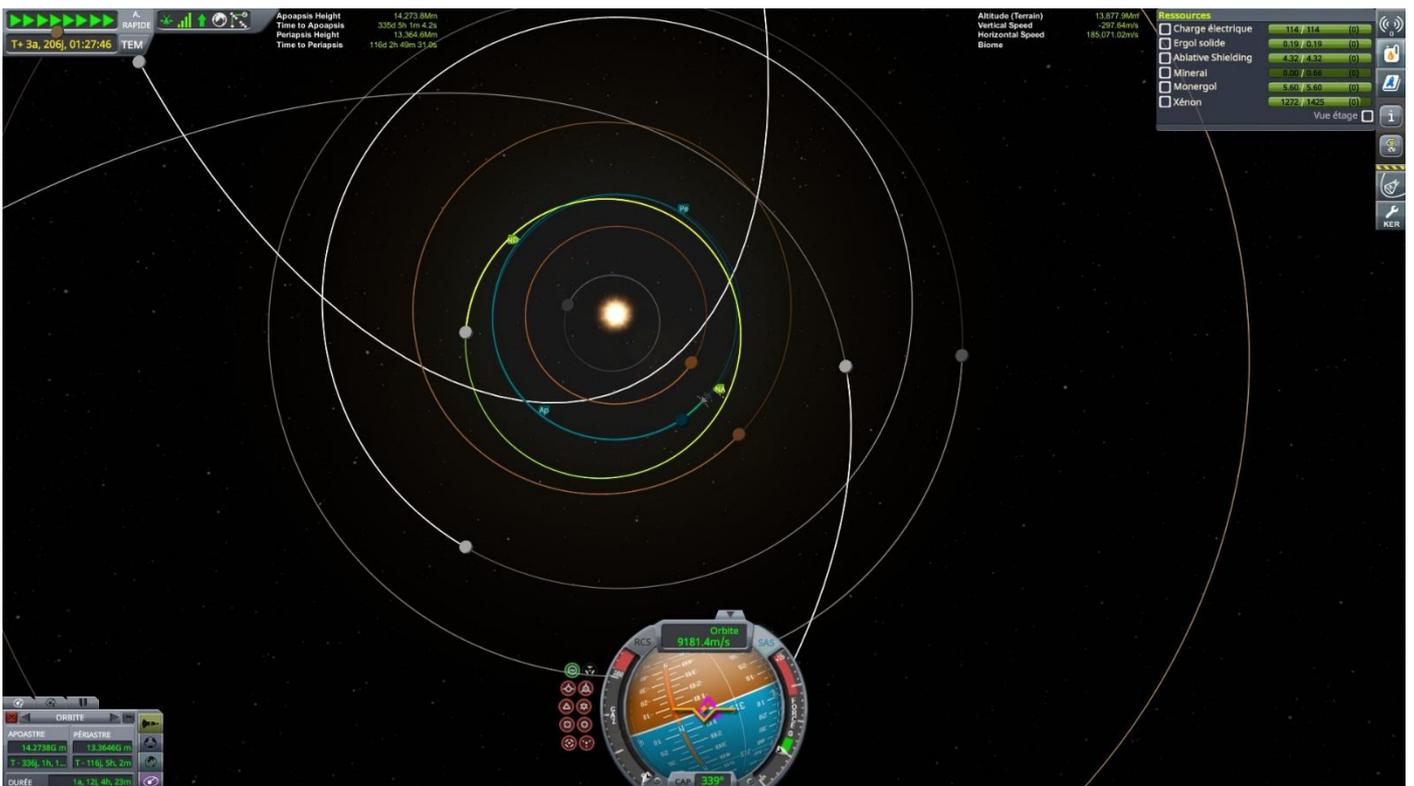
Rebonjour, à dans quelques années...



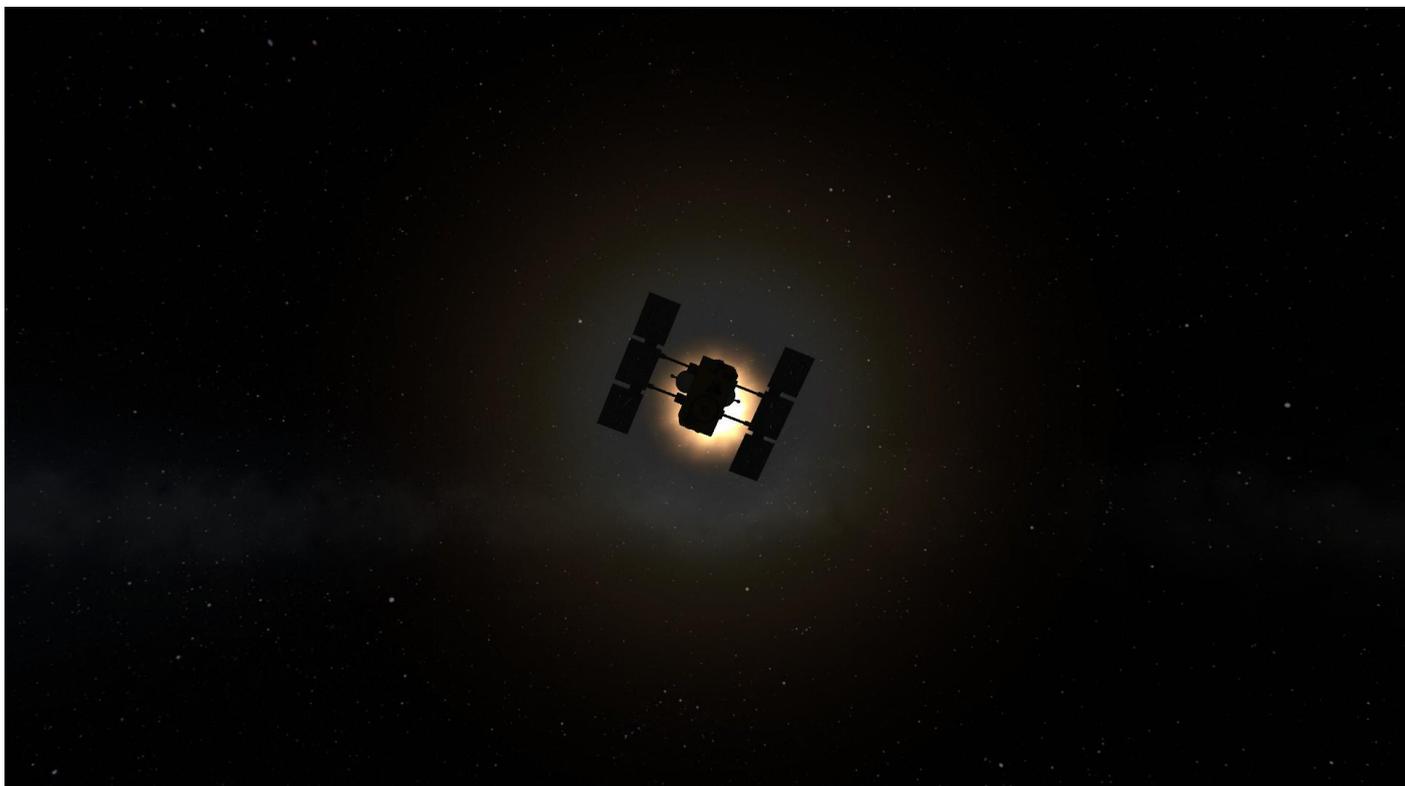
Maintenant il faut finir de corriger l'inclinaison que l'assistance gravitationnelle a aidée à modifier.



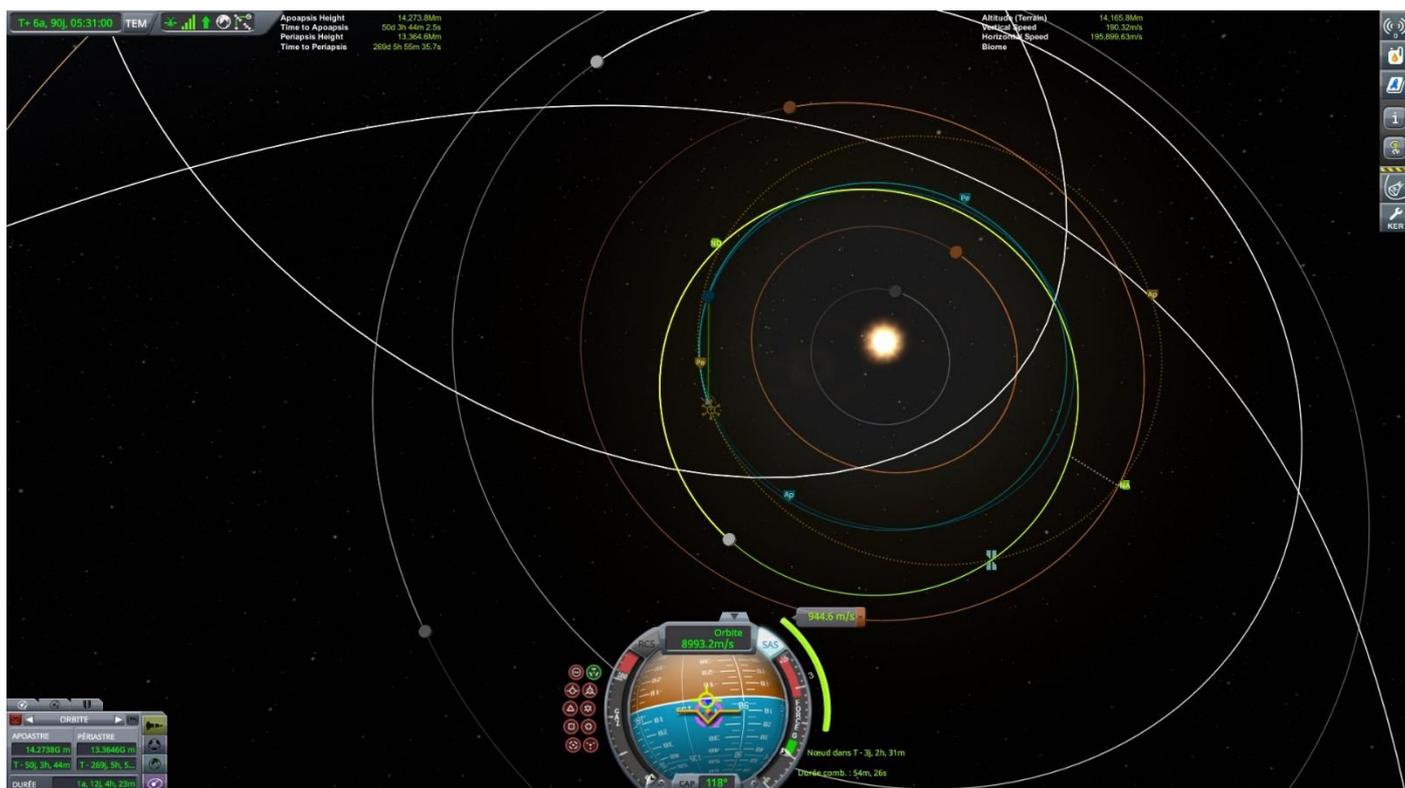
Hop hop hop un peu de nerf ici c'est trop c'te moteur



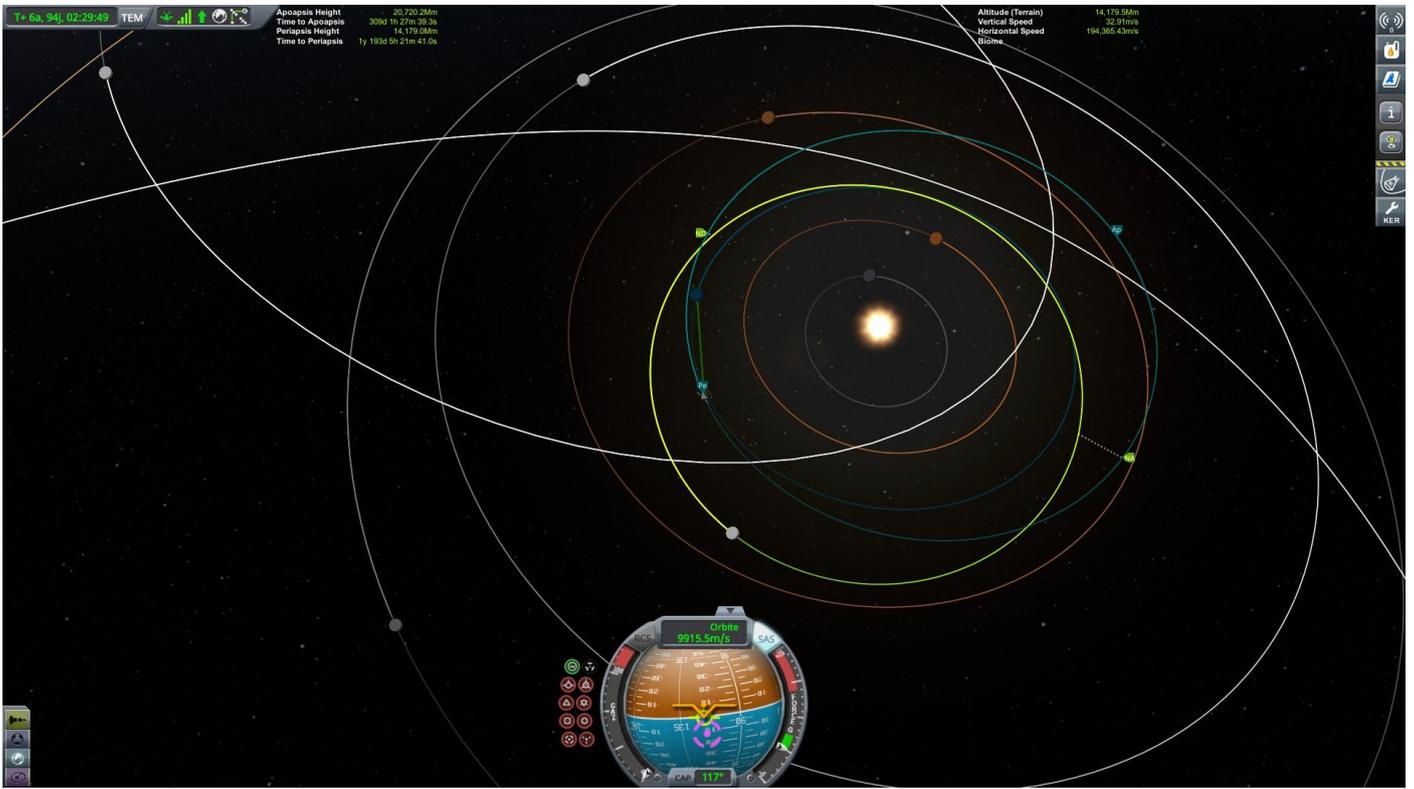
Maintenant on attend quelques années (5 ans) en avance rapide histoire d'avoir une fenêtre de transfert de Hohmann vers Ryugu ! Pas la manière la plus optimale ni la plus réaliste, mais on fait comme on peut avec nos cerveaux de kerbals.



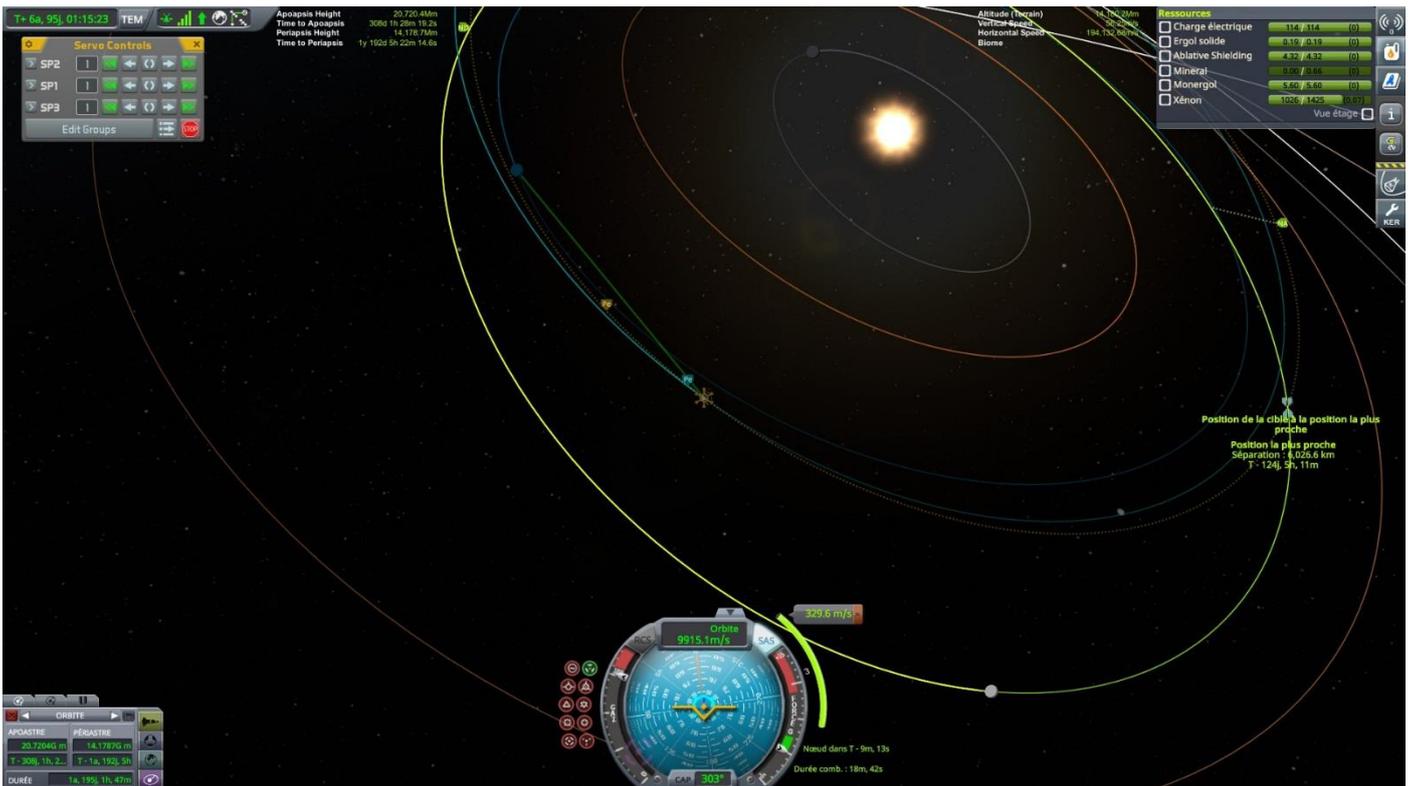
Vachement long 5 ans, même pour une sonde.



Enfin une fenêtre de transfert se présente ! la trajectoire est extrêmement moche et va demander énormément de DeltaV pour corriger le tout, mais ce n'est pas pour rien qu'on a prévu du Xénon pour 5000m/s hein



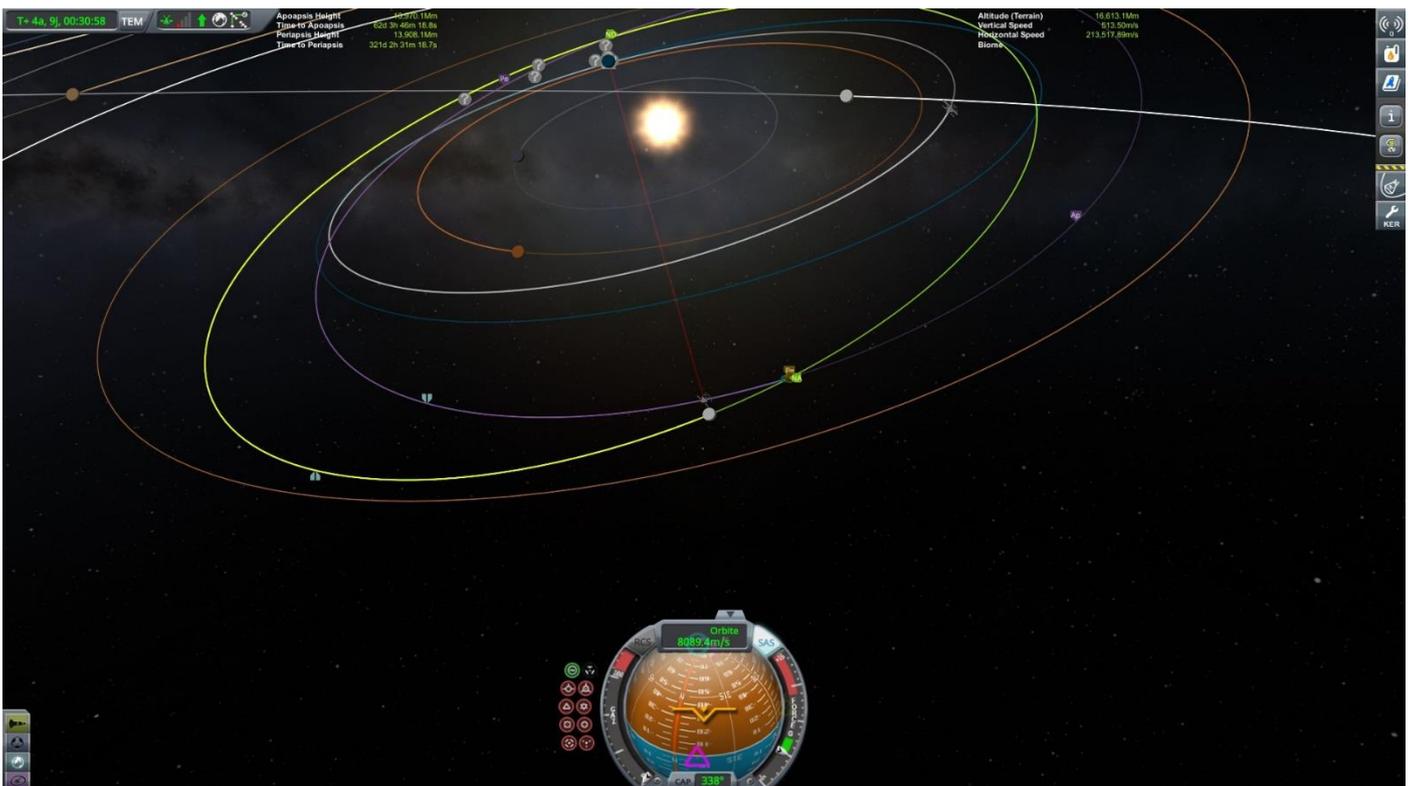
Une heure plus tard, l'accélération est faite, mais il faut encore l'affiner.



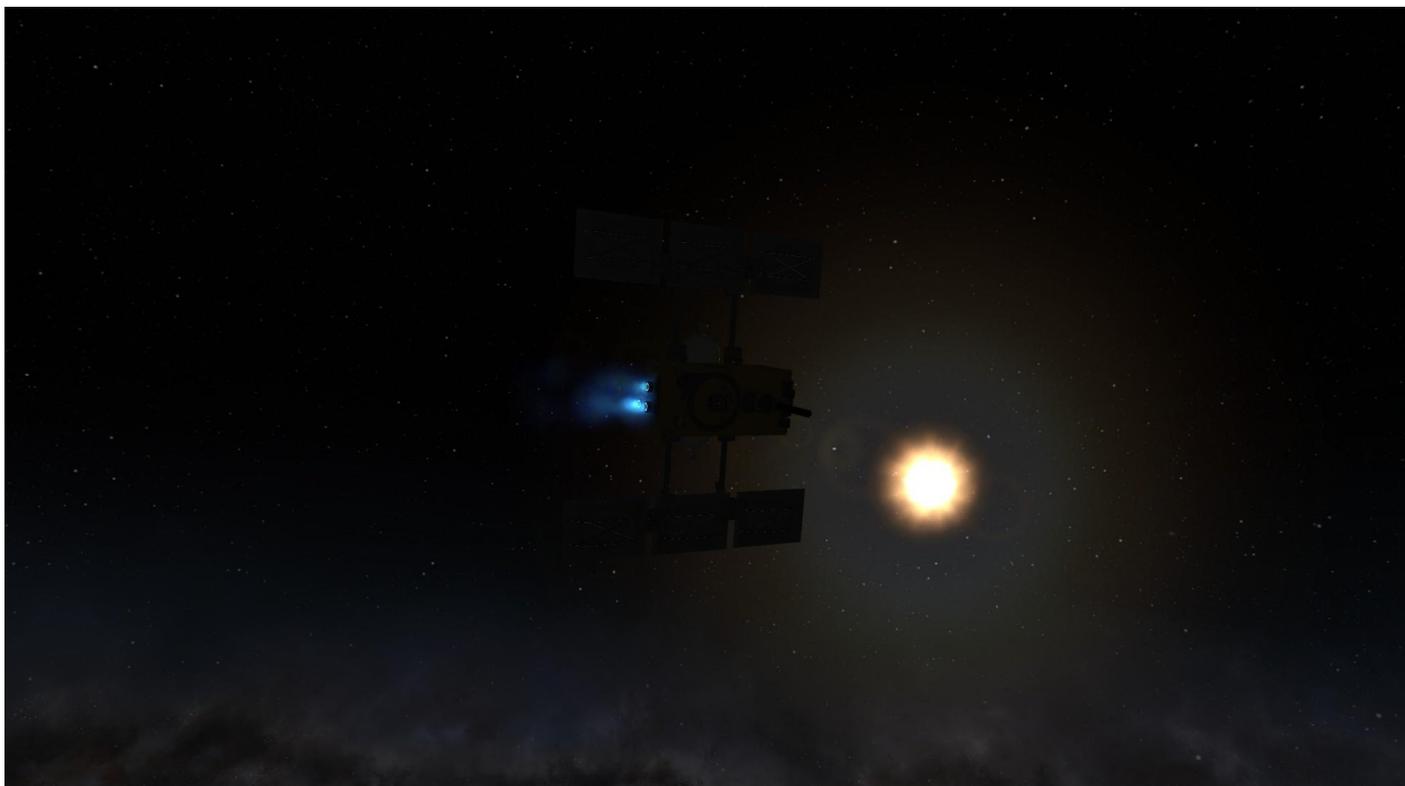
Plus précis



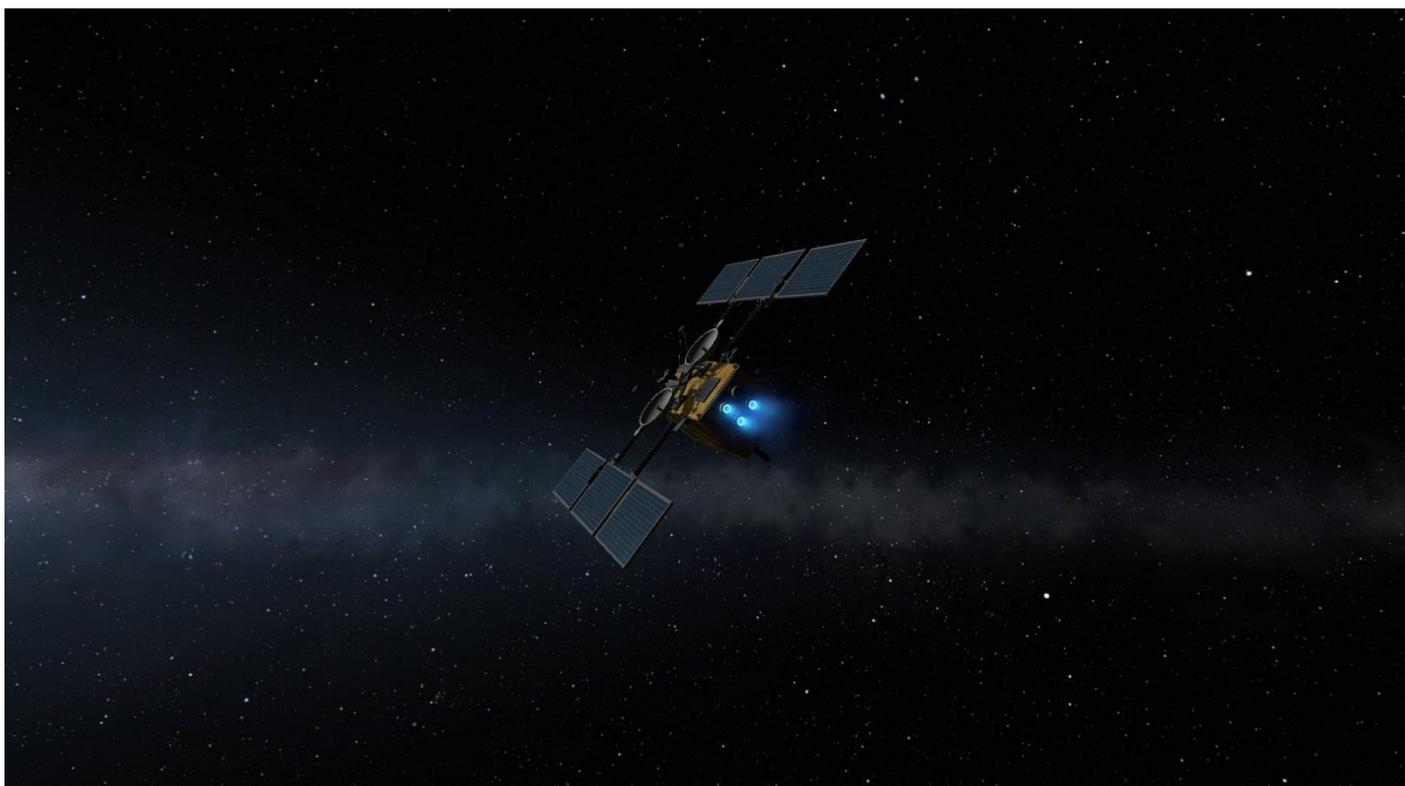
PLUS PRECIS (on a enfin un survol dans la sphère d'influence)



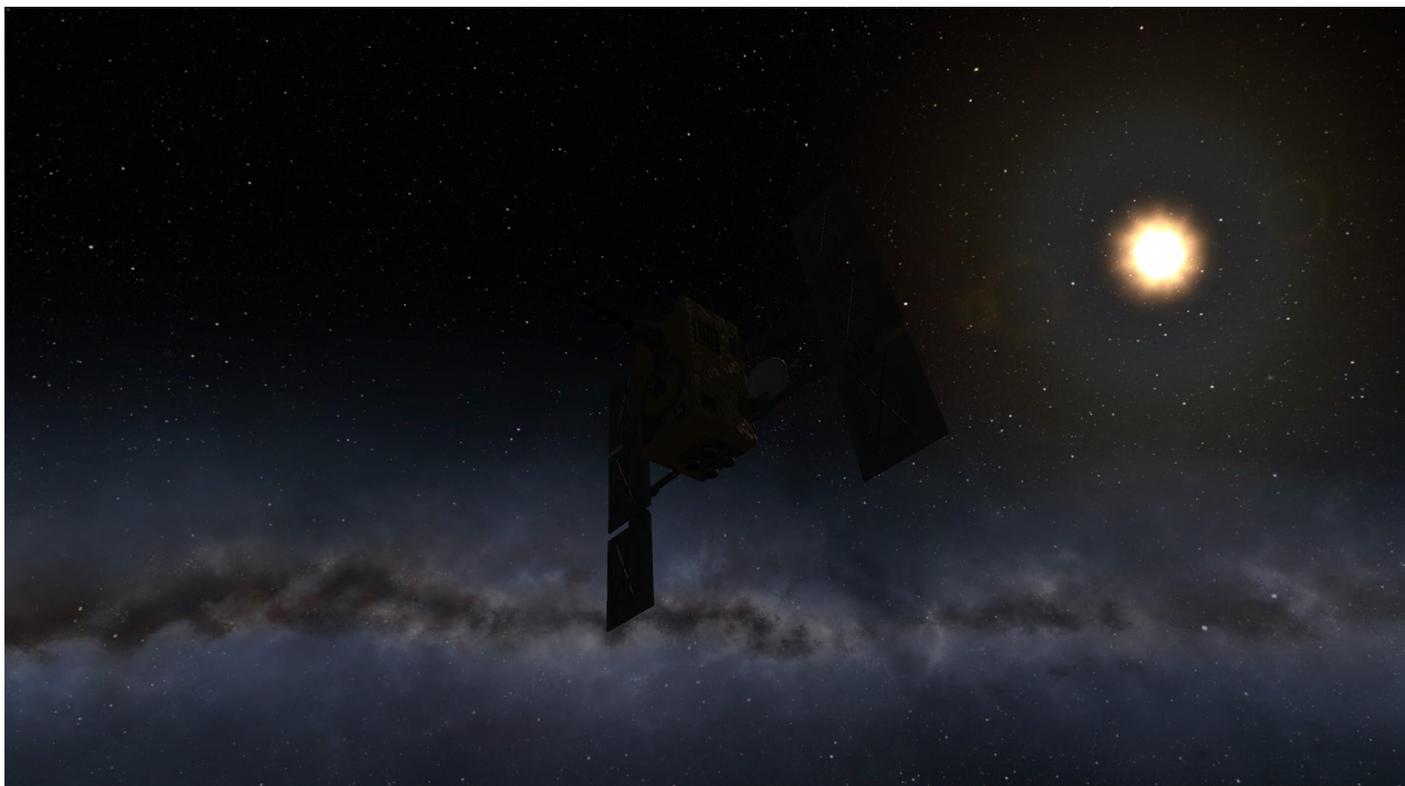
Et hop... le problème c'est qu'on va avoir plusieurs heures de burn pour aligner les orbites.



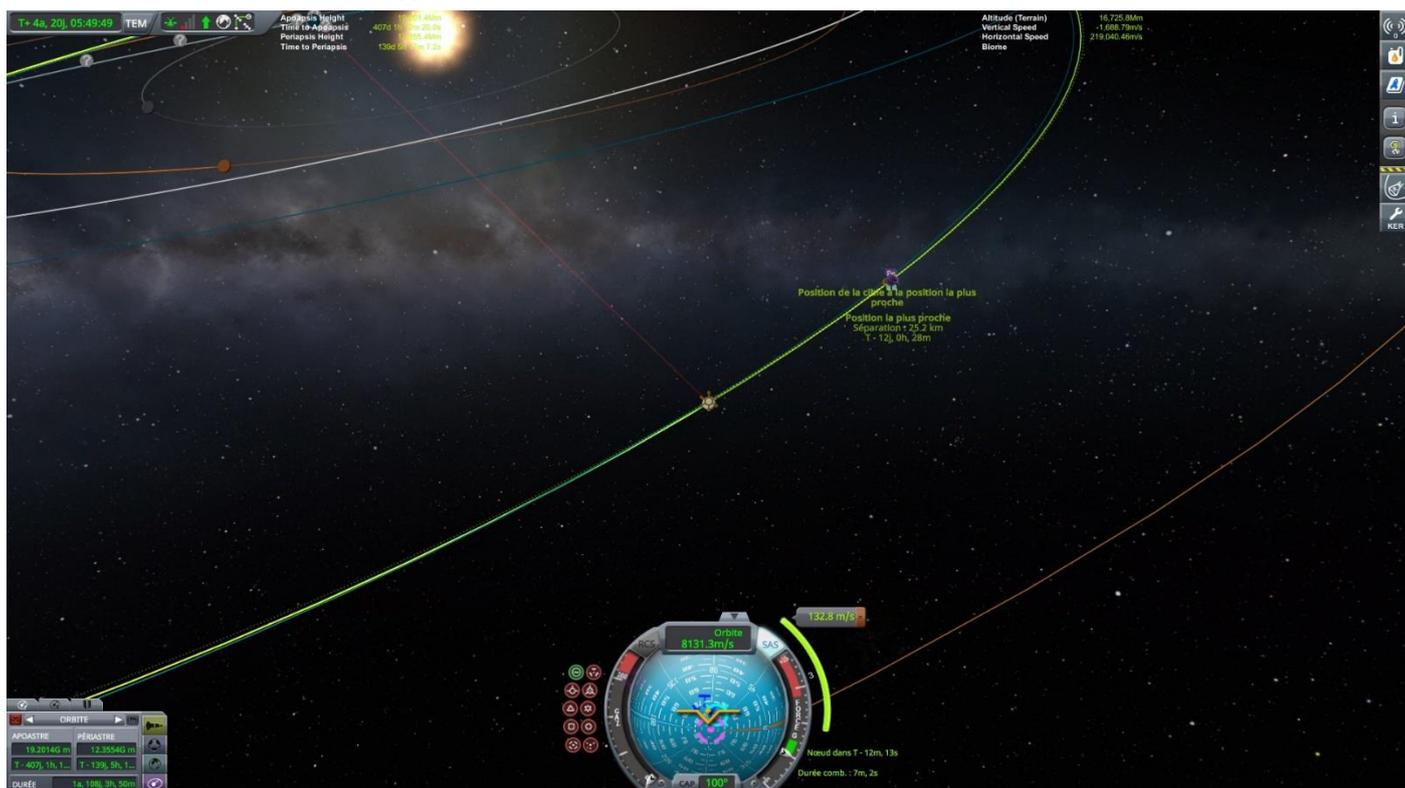
Et hop on crame la majorité du carburant



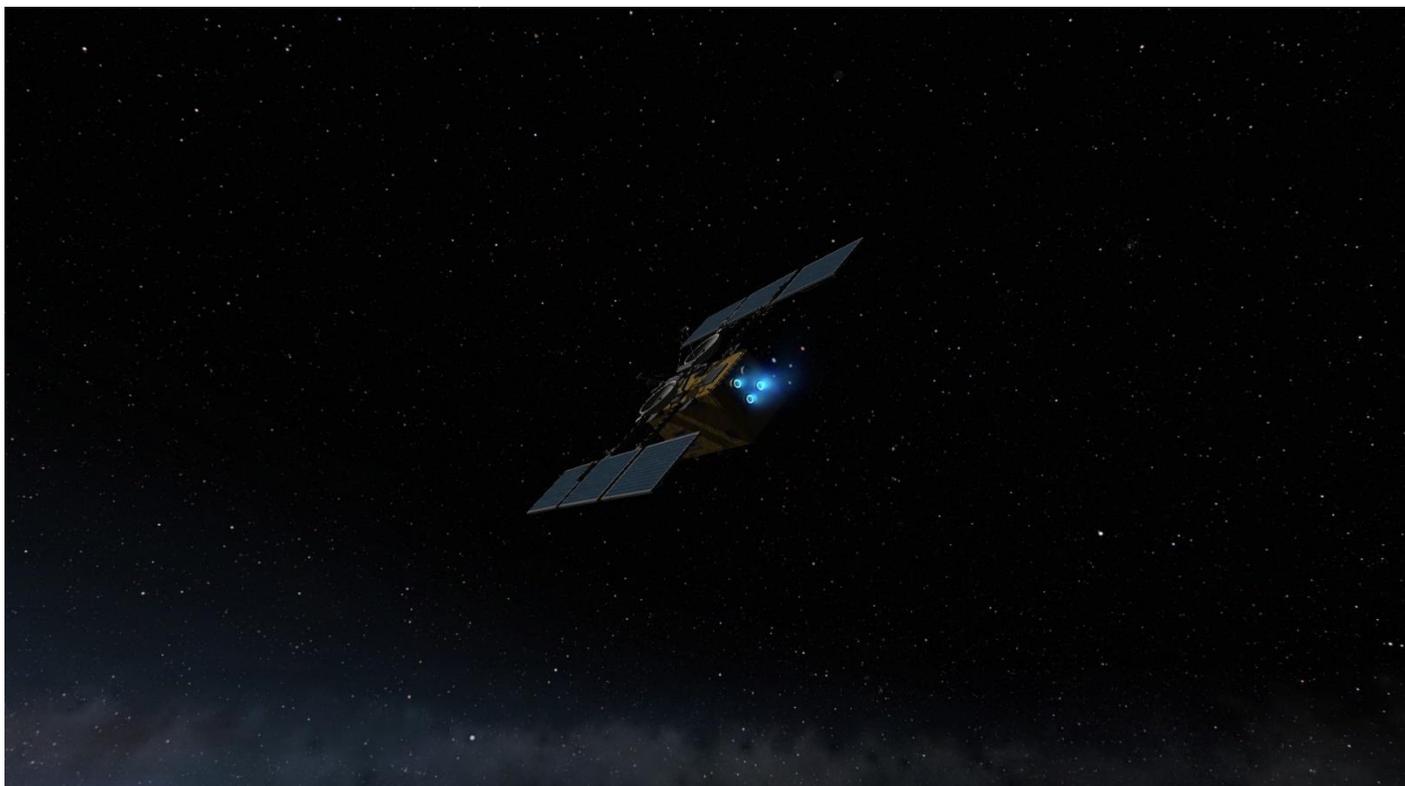
C'est long...très long...



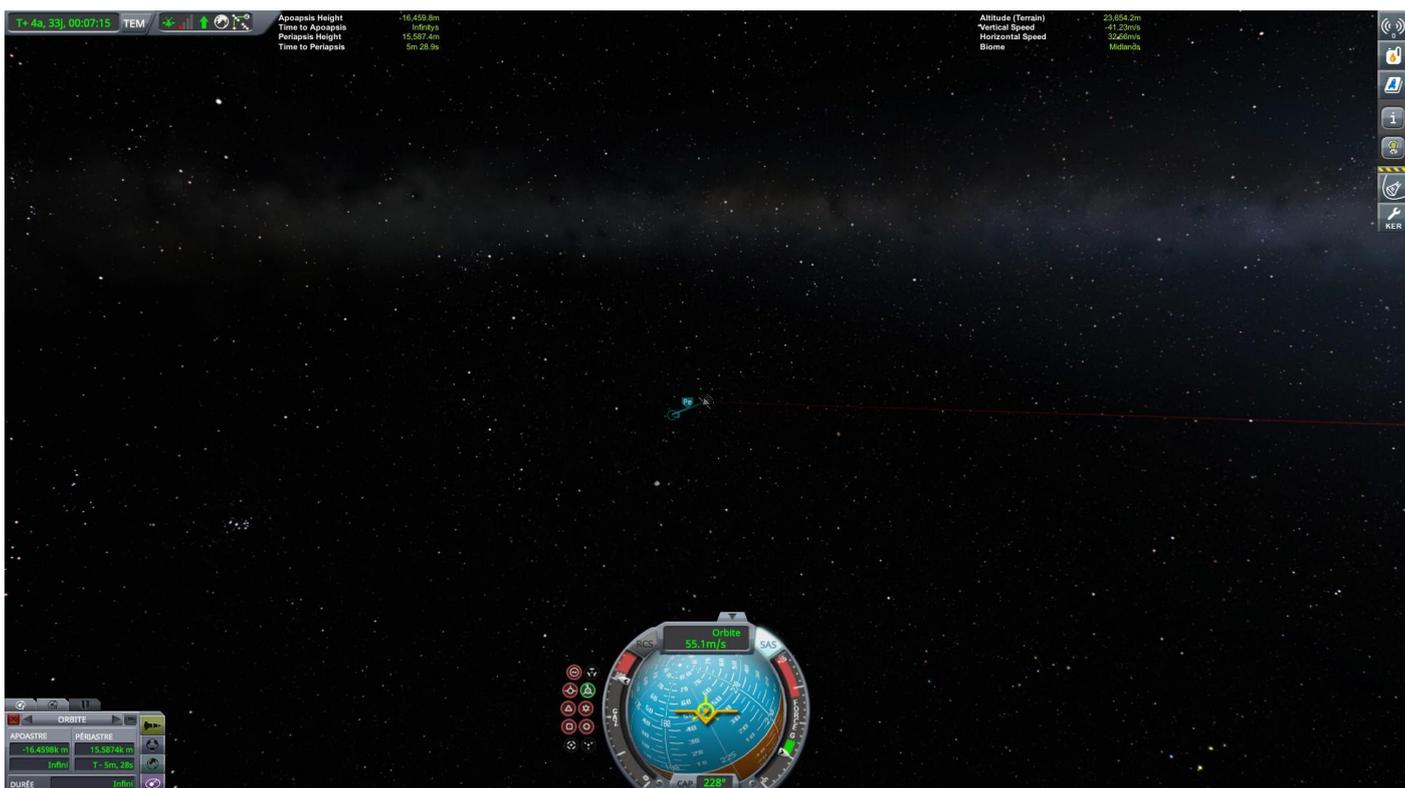
Fin du burn



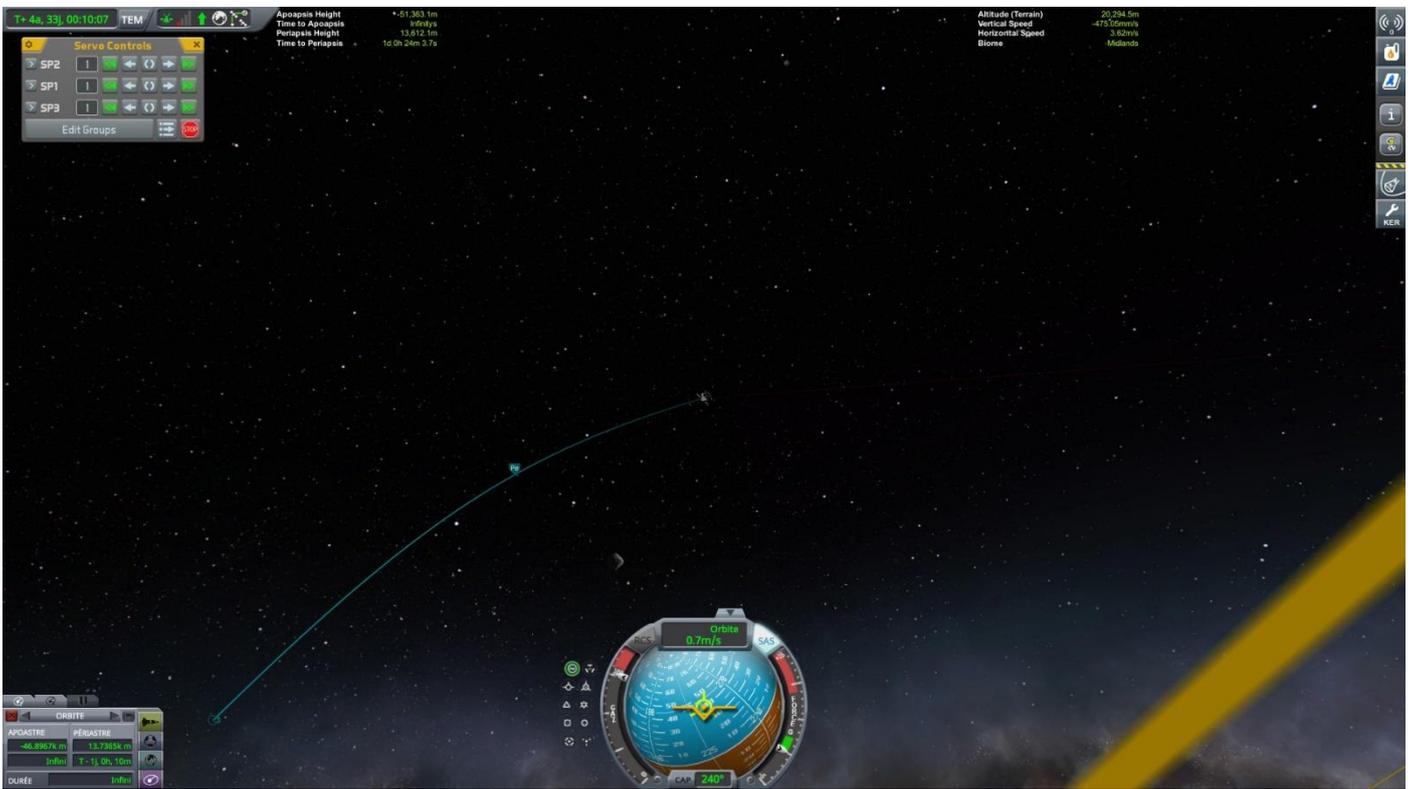
On se retrouve sur une orbite « tangente » à celle de Ryugu, mais pas encore totalement similaire. Une autre manœuvre permet donc de passer dans la sphère d'influence de l'astéroïde avec un faible différentiel de vitesse.



## Hop propulsion



Et après un petit voyage dans le temps nous voilà en survol de Ryugu à 50m/s !

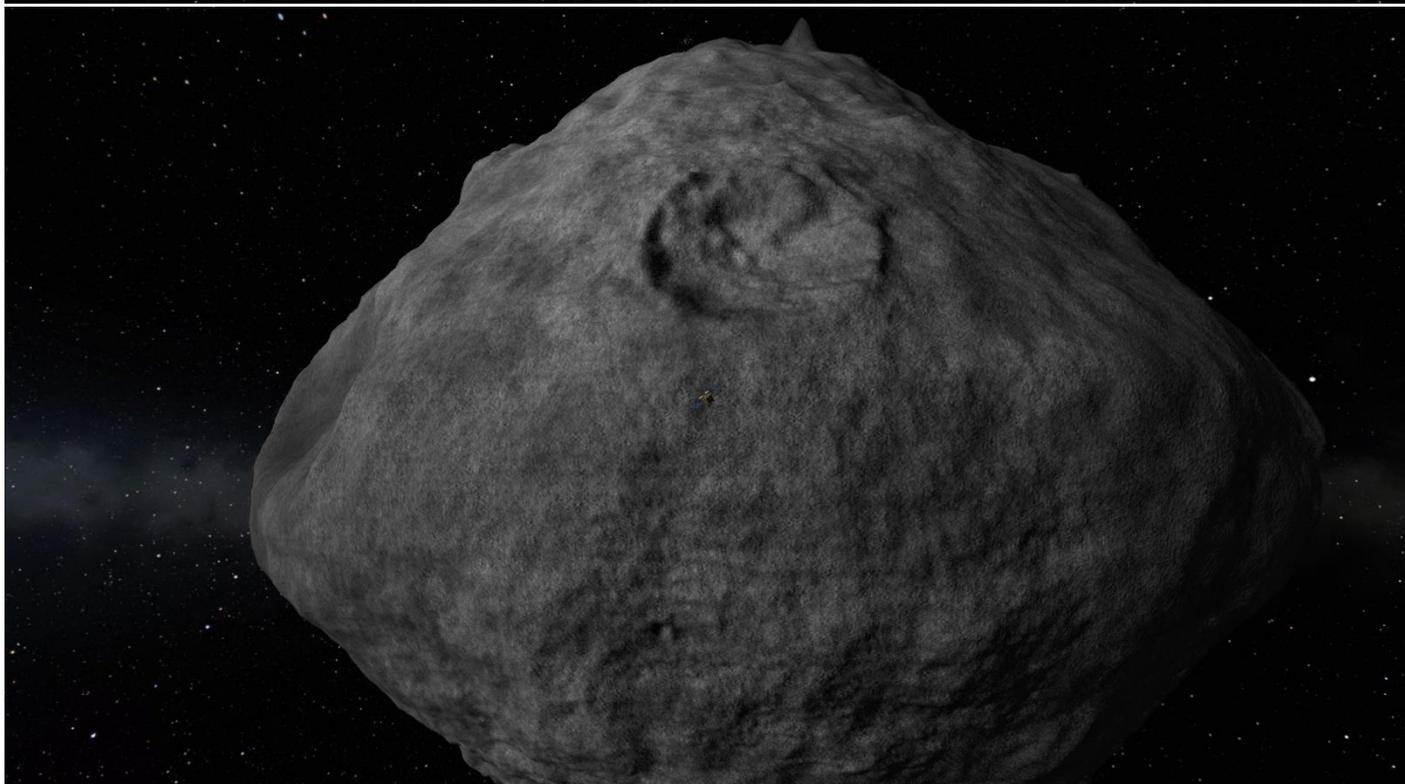
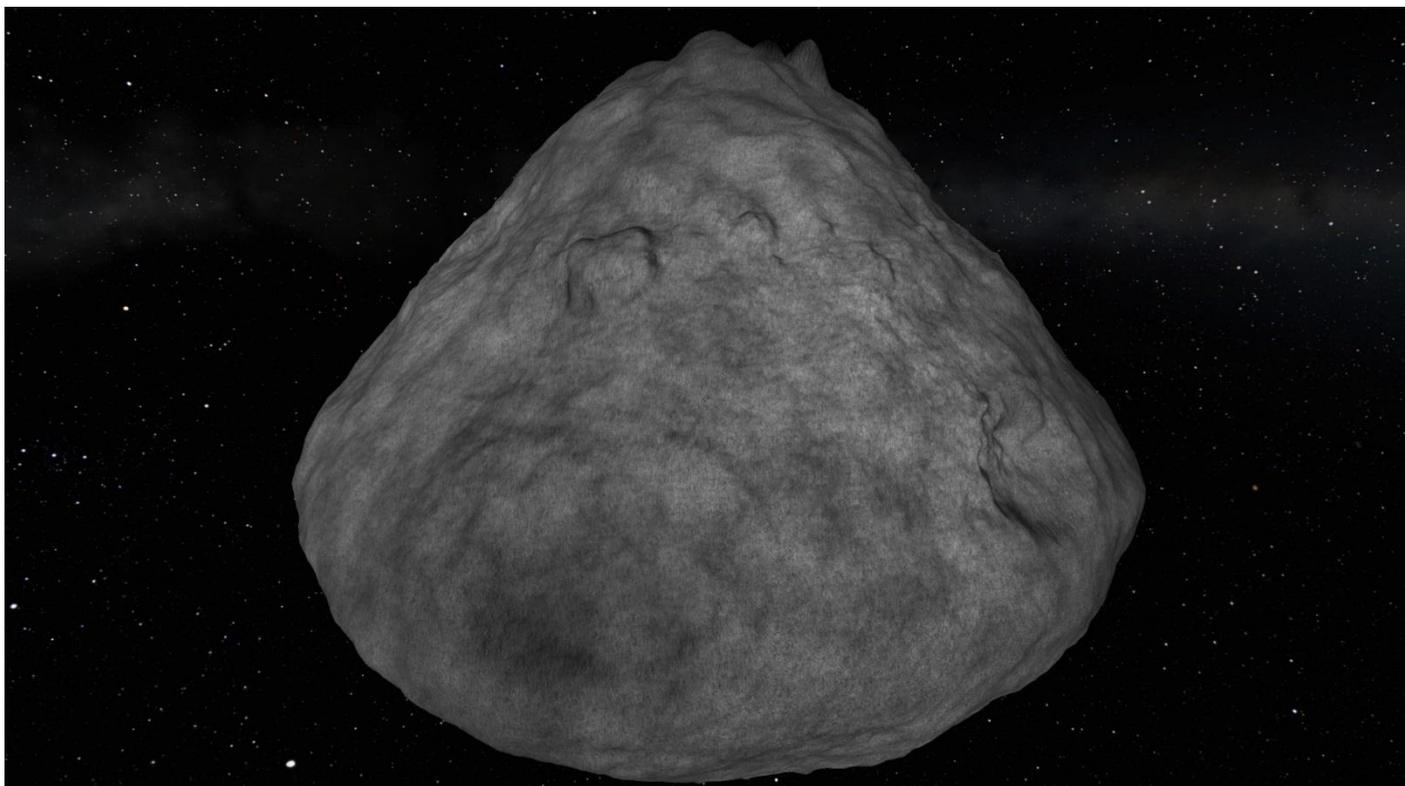


## Freinage



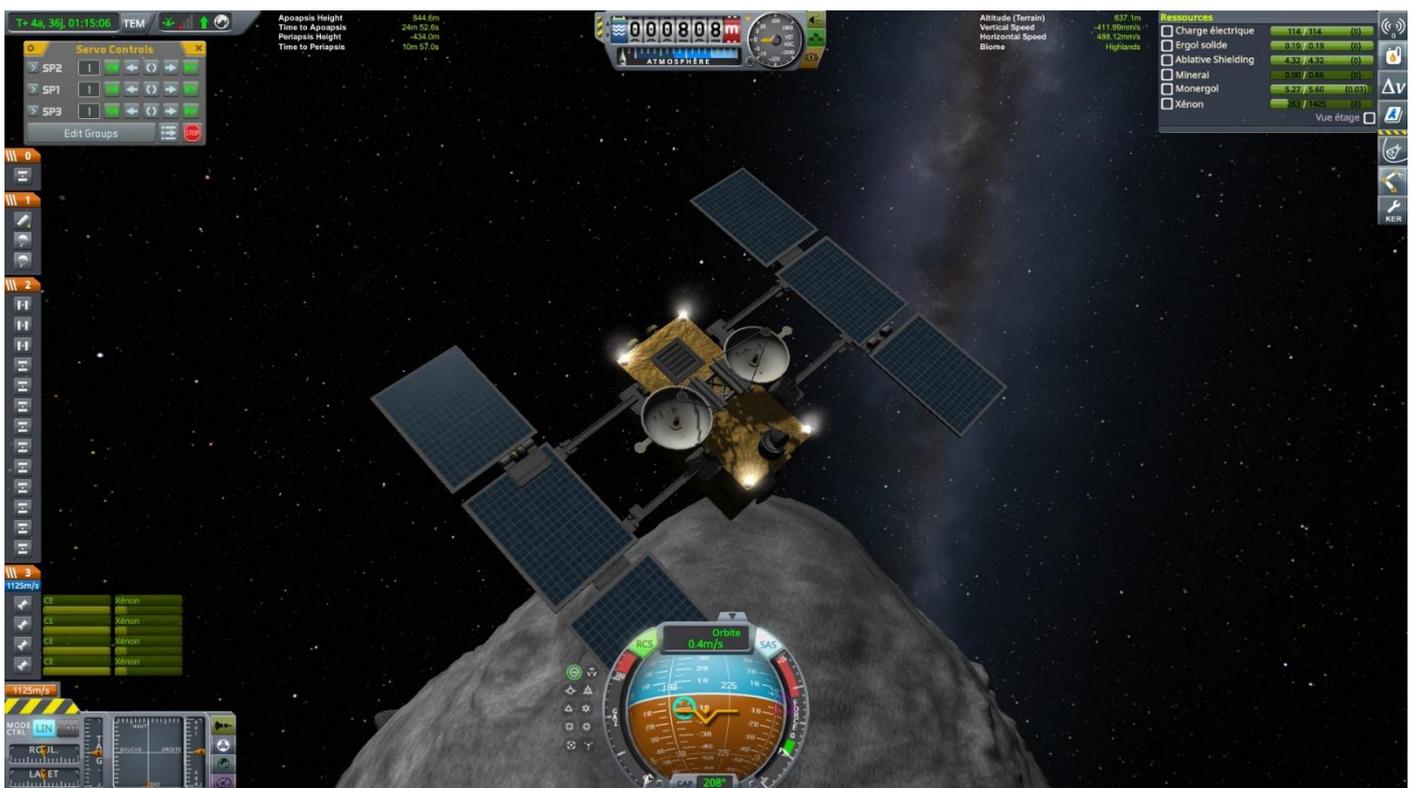
Et la première partie de la mission, le voyage jusqu'à Ryugu, est un franc succès ! :D Une mise en orbite est effectuée (bien qu'Hayabusa 2, lors de sa mission, n'est seulement que « suivie » Ryugu, mais en termes de correction de trajectoire, une orbite permet d'économiser du carburant et de vachement simplifier la mission.



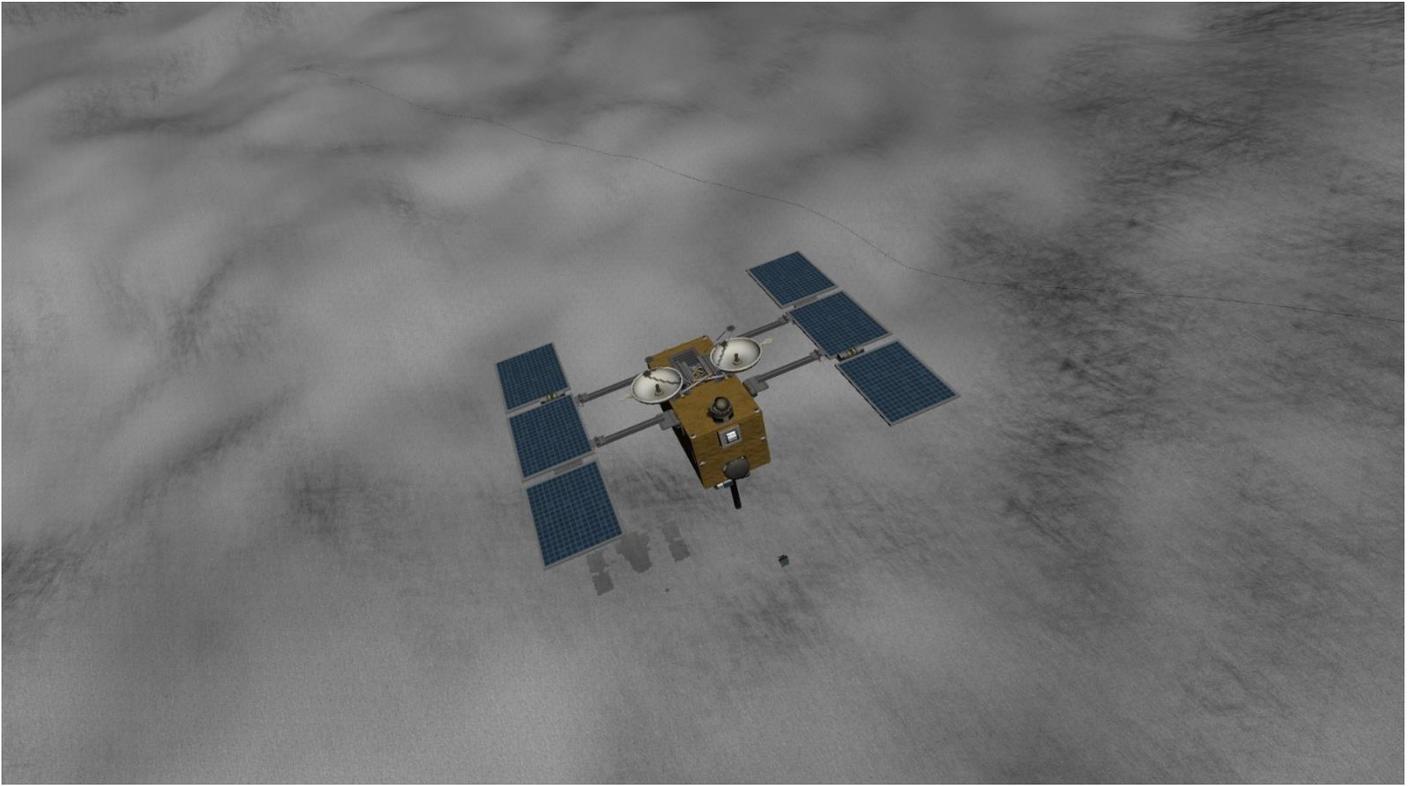




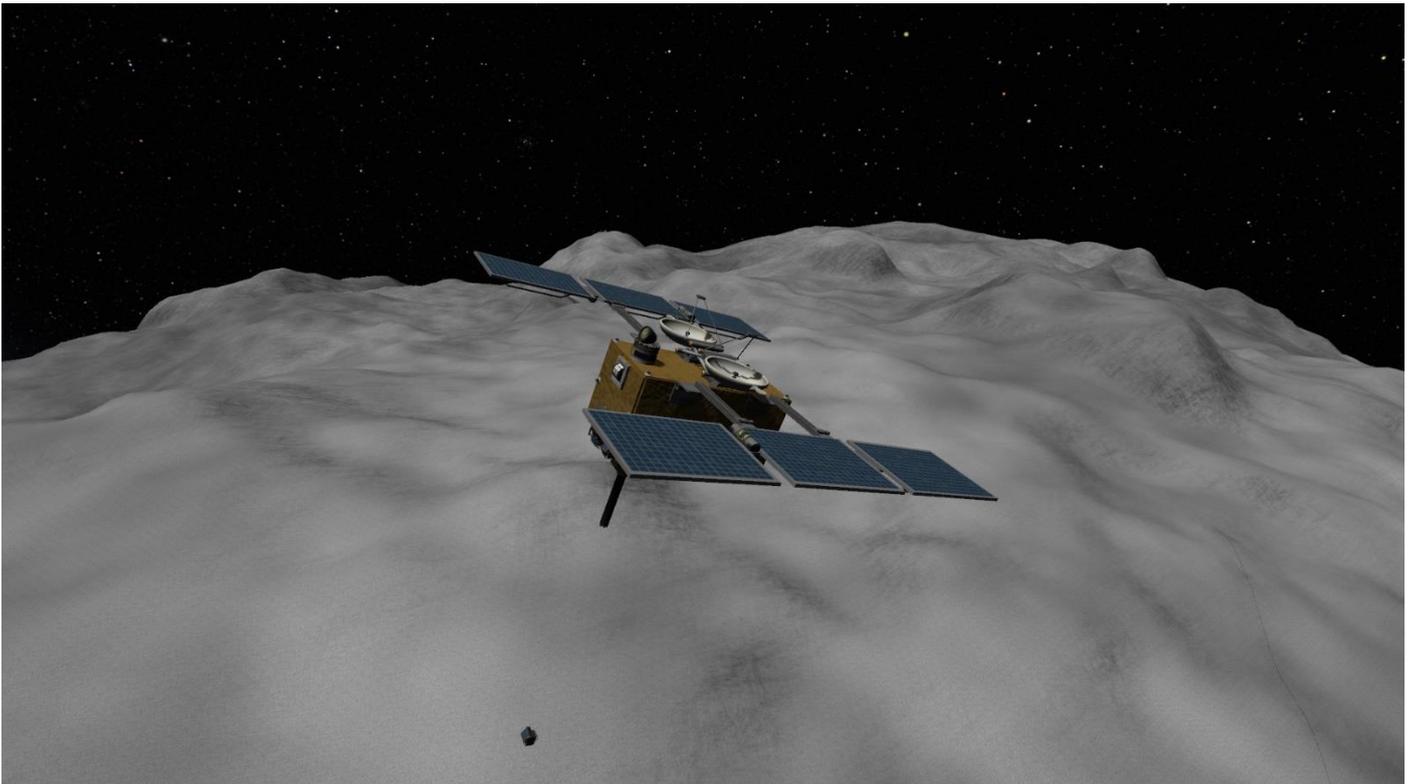
Quelques photos sympas de Ryugu =D

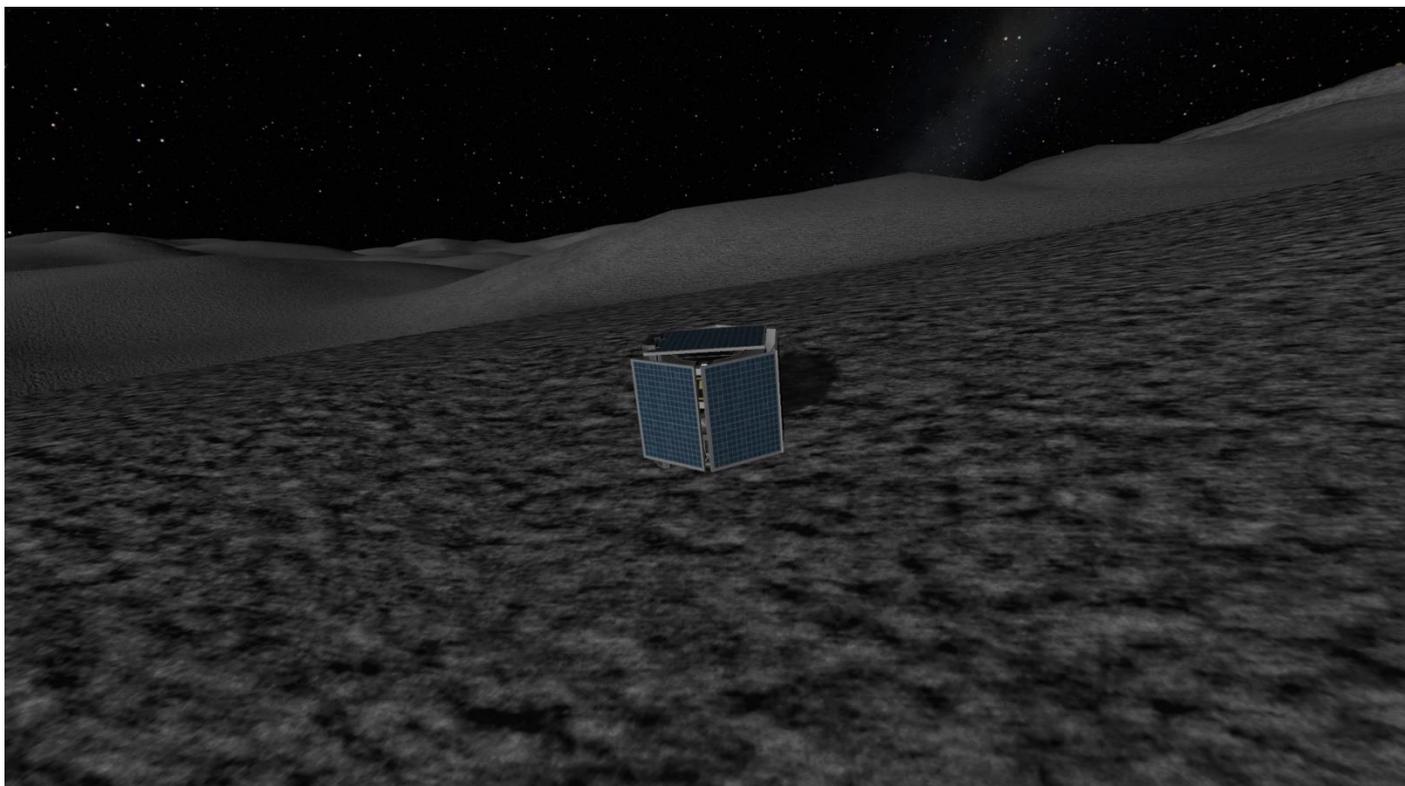


On allume maintenant les RCS, pour pouvoir désormais manœuvrer avec eux durant le temps passé à proximité de Ryugu.

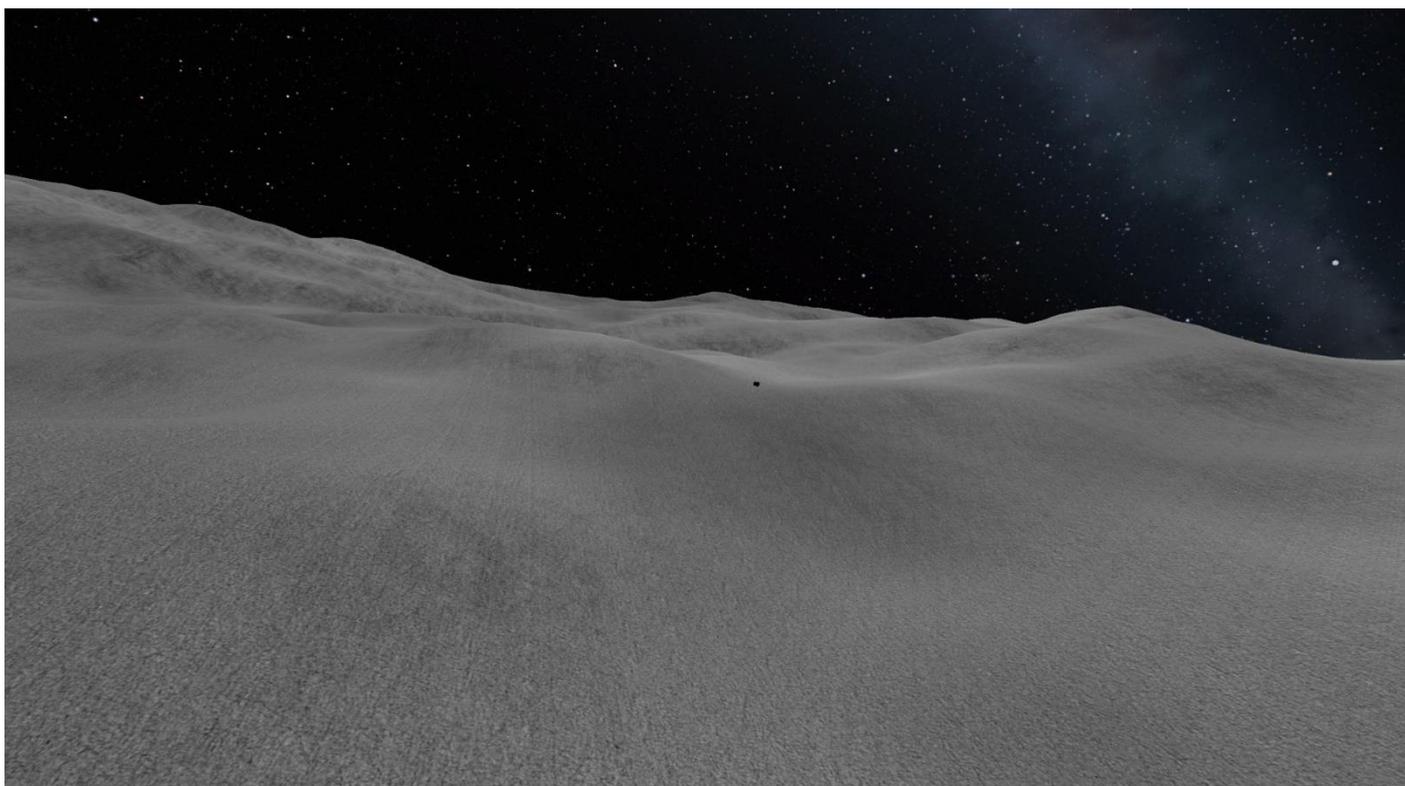


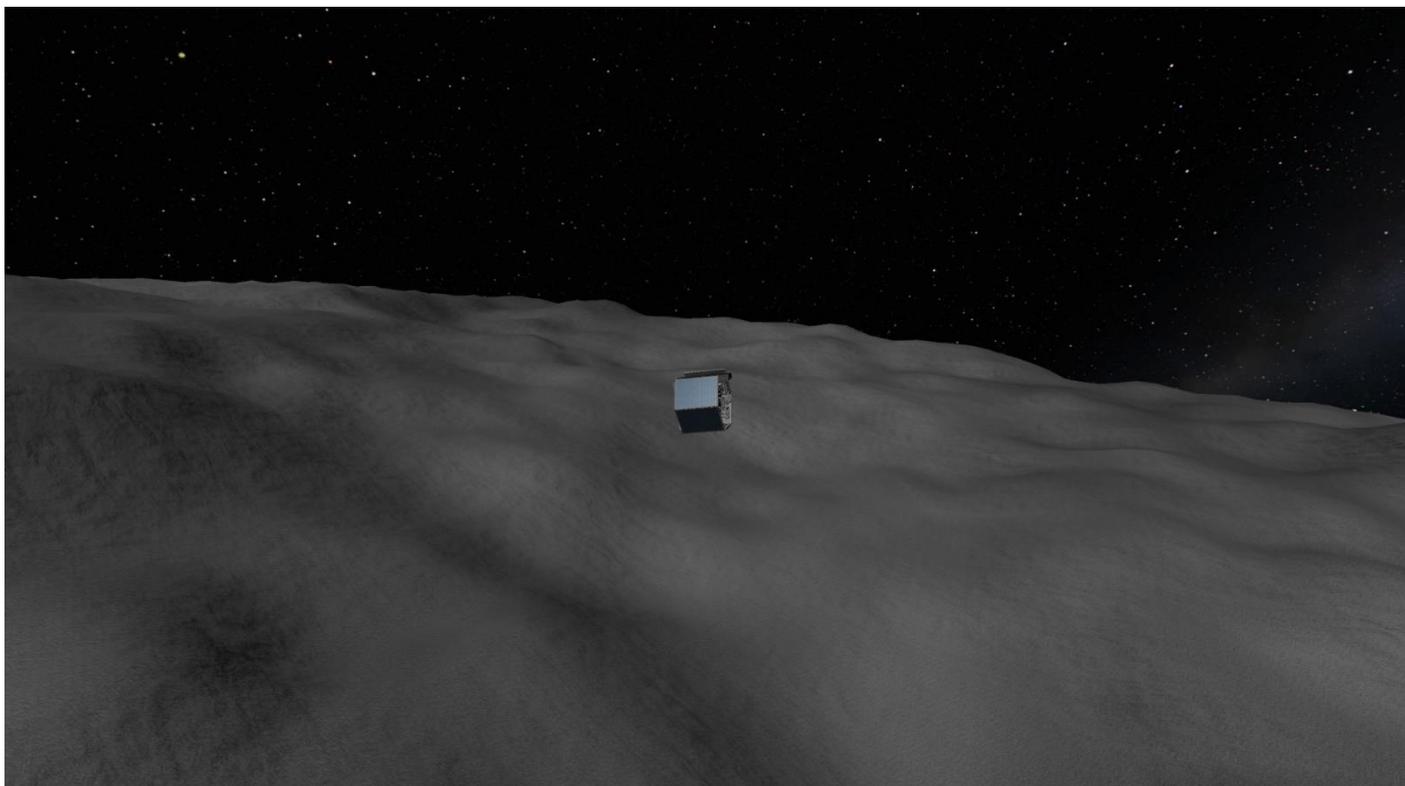
Première approche de Ryugu et largage du premier robot Minerva-II1 (c'est le rover 1A donc ici) !



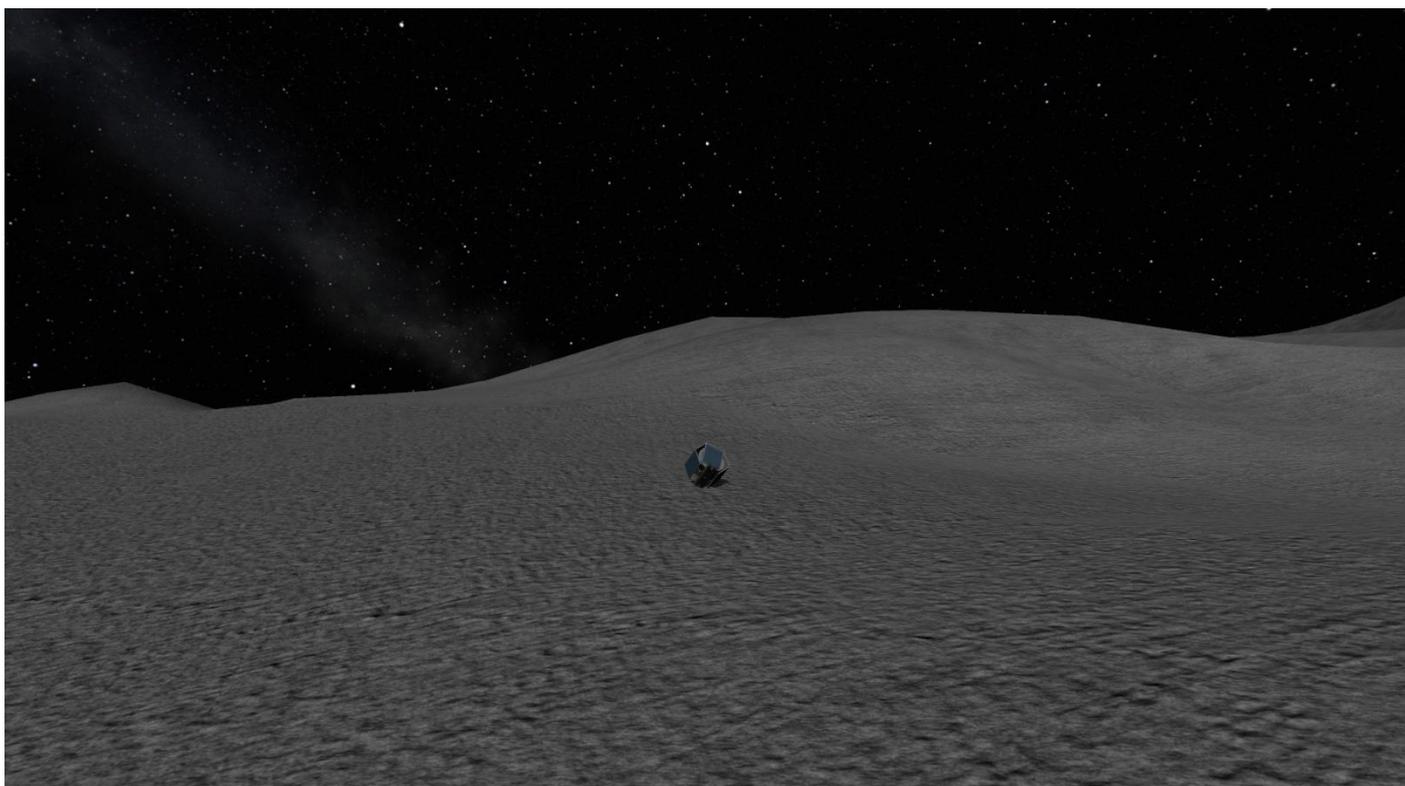


Le robot s'est posé, mais est incontrôlable suite à un problème d'antenne.

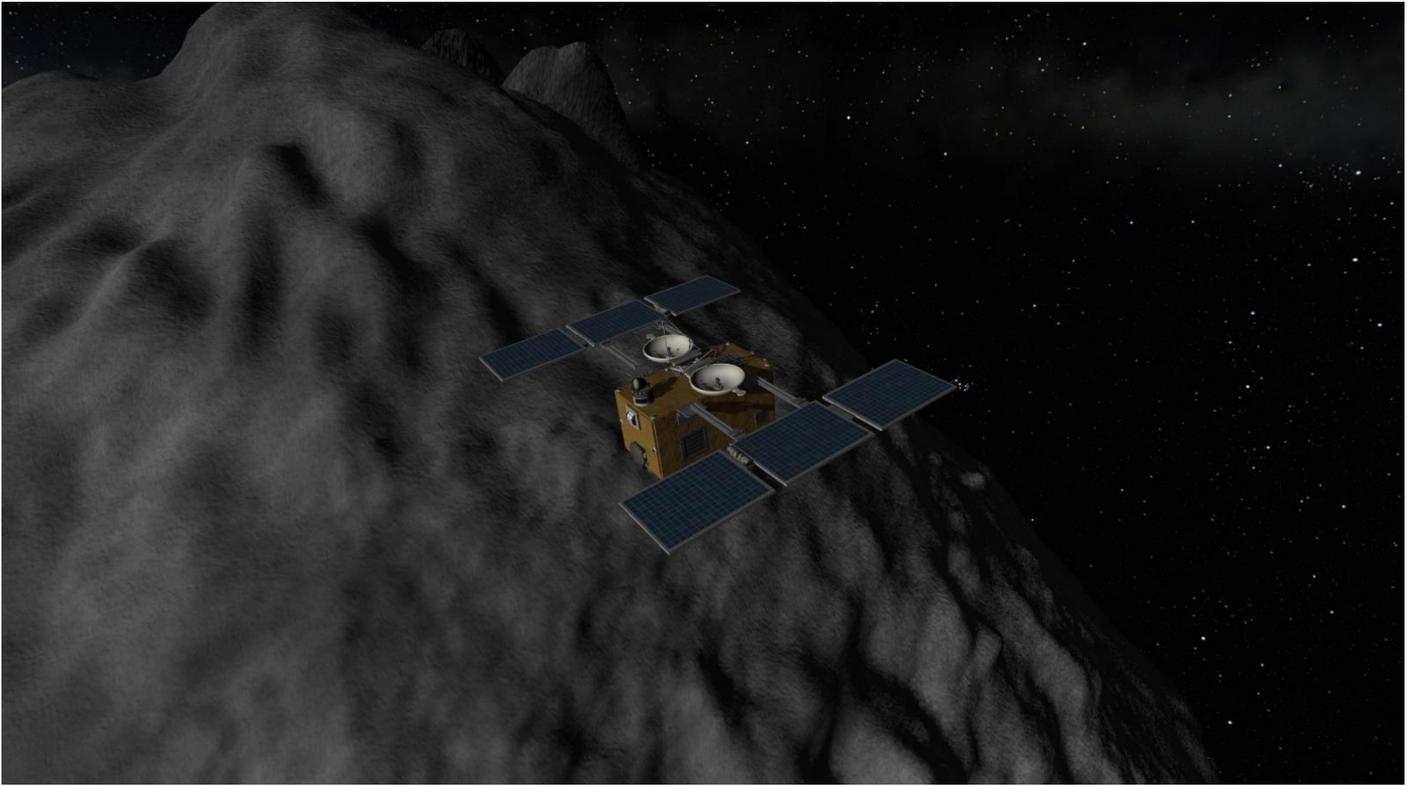




Ici, le frère de Rover 1A, le Minerva-II1 Rover 1B ; il a été largué plus loin à la surface de l'astéroïde, durant la même descente.



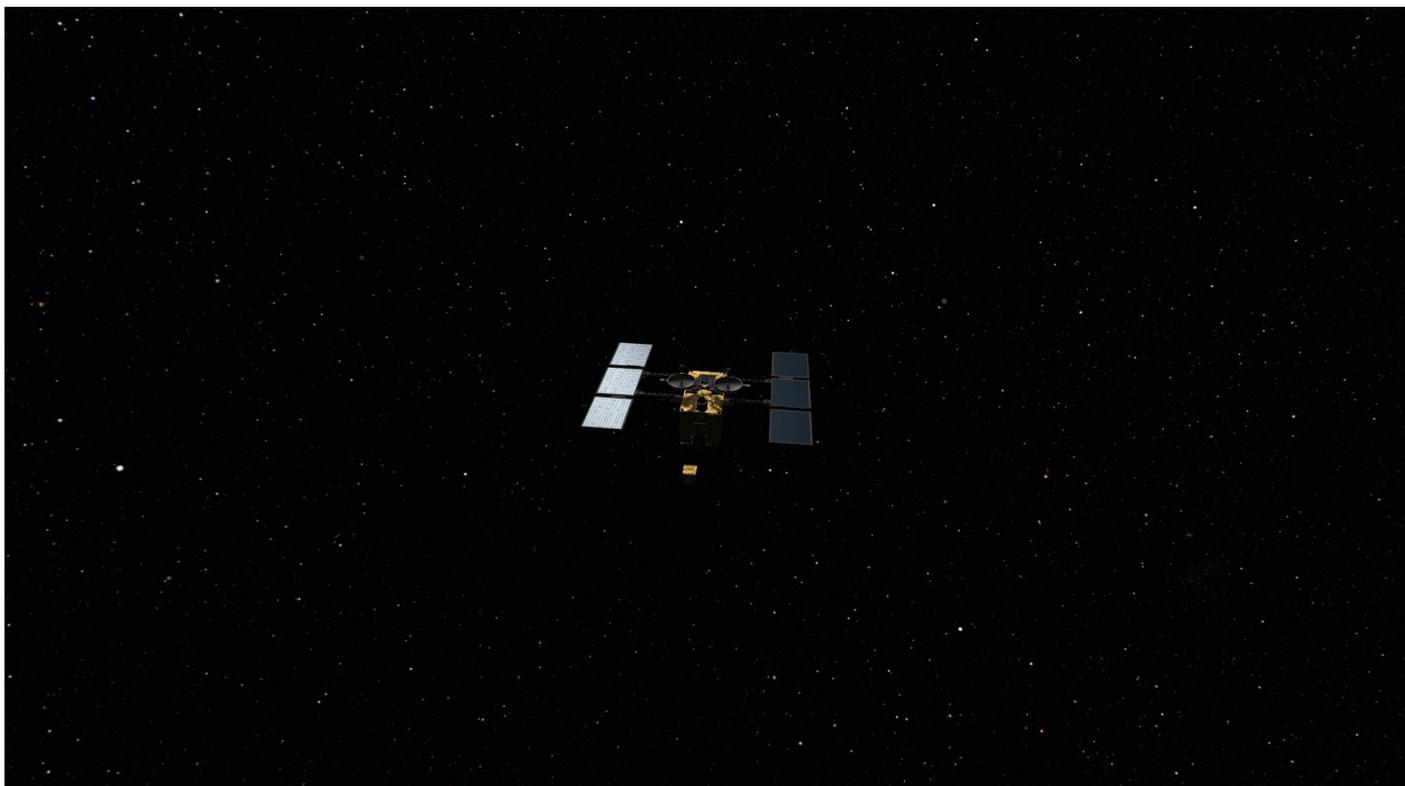
Atterrissage de travers, mais bon ce n'est pas très grave il est fait pour sauter (même si pour le coup lui aussi n'est pas contrôlable).



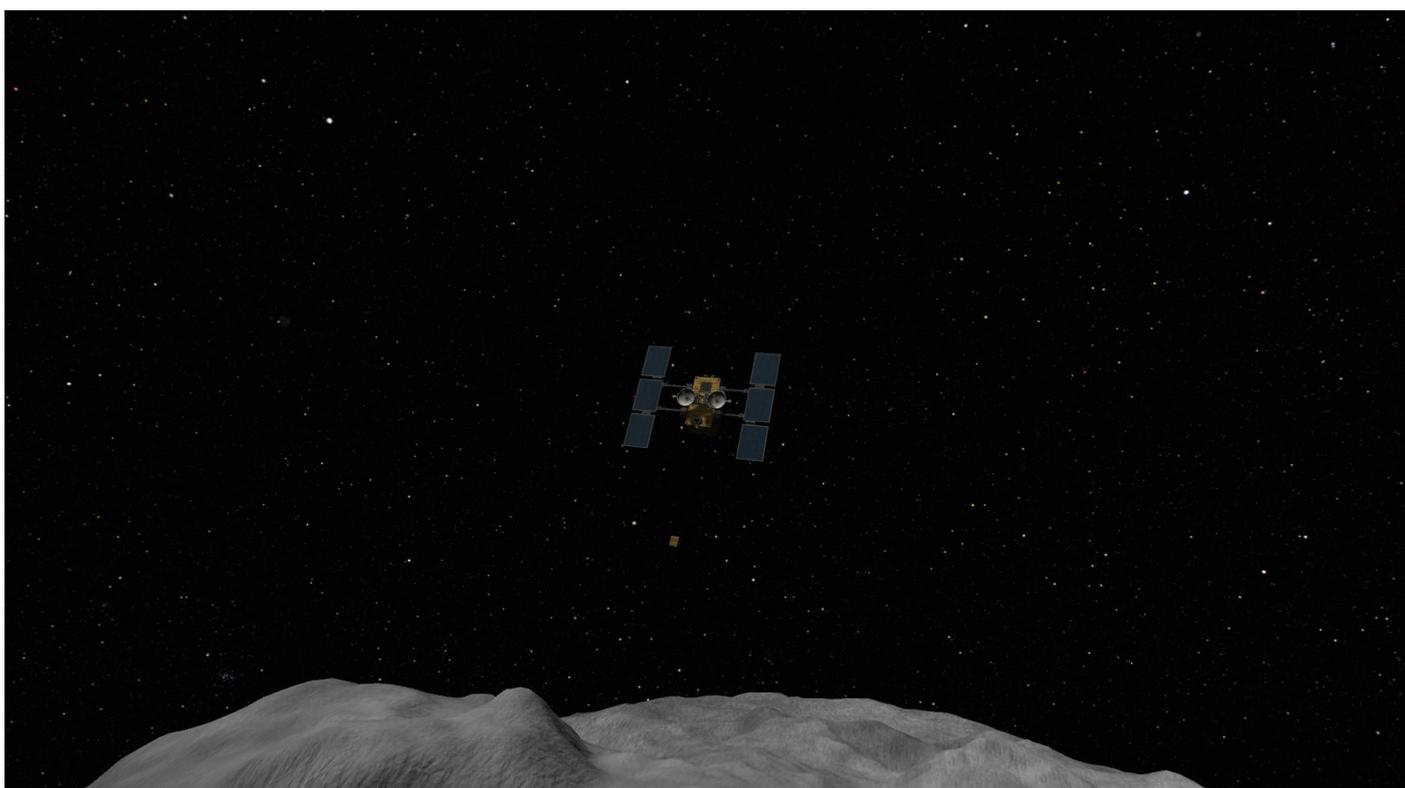
Pour sa part, Hayabusa-2 est remontée en orbite, et prépare le largage prochain de MASCOT.

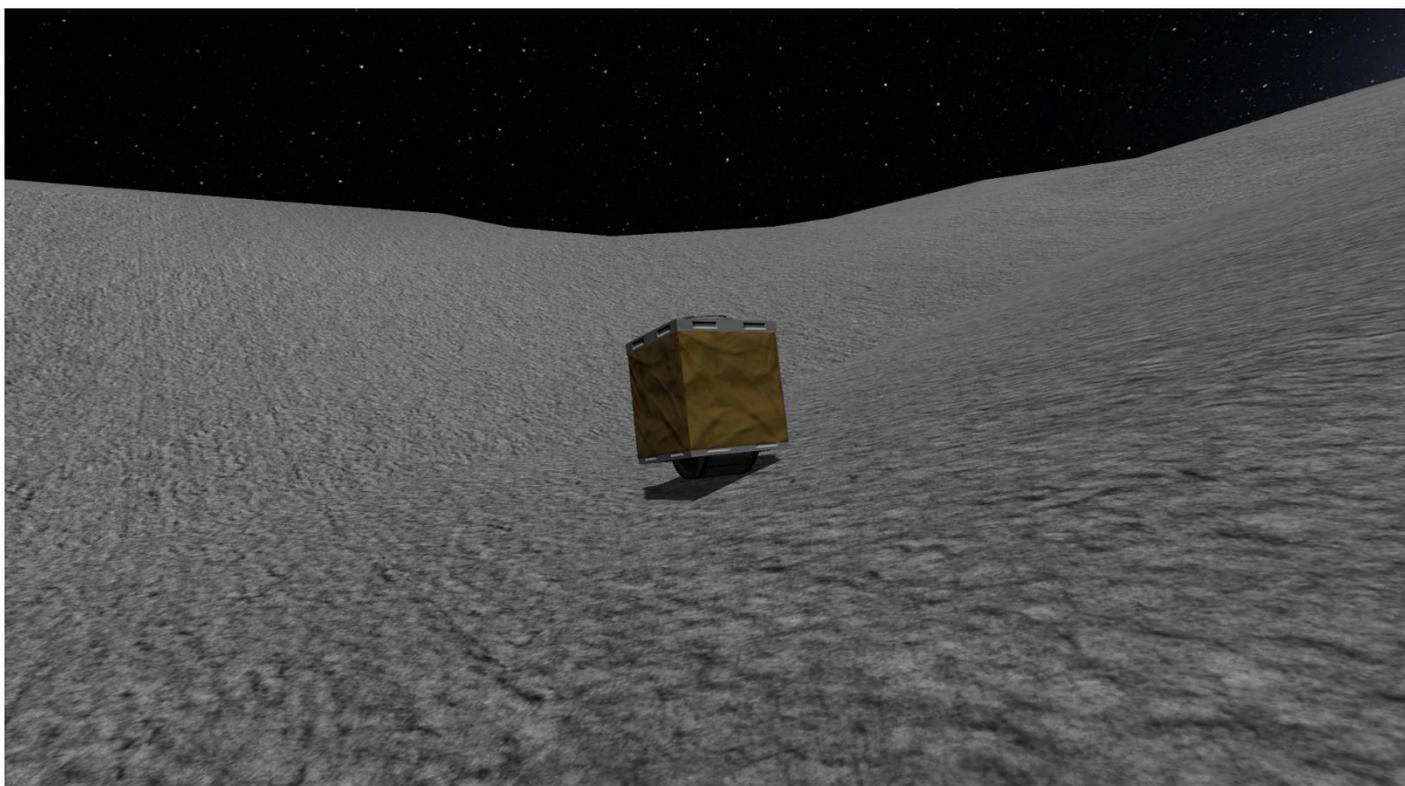
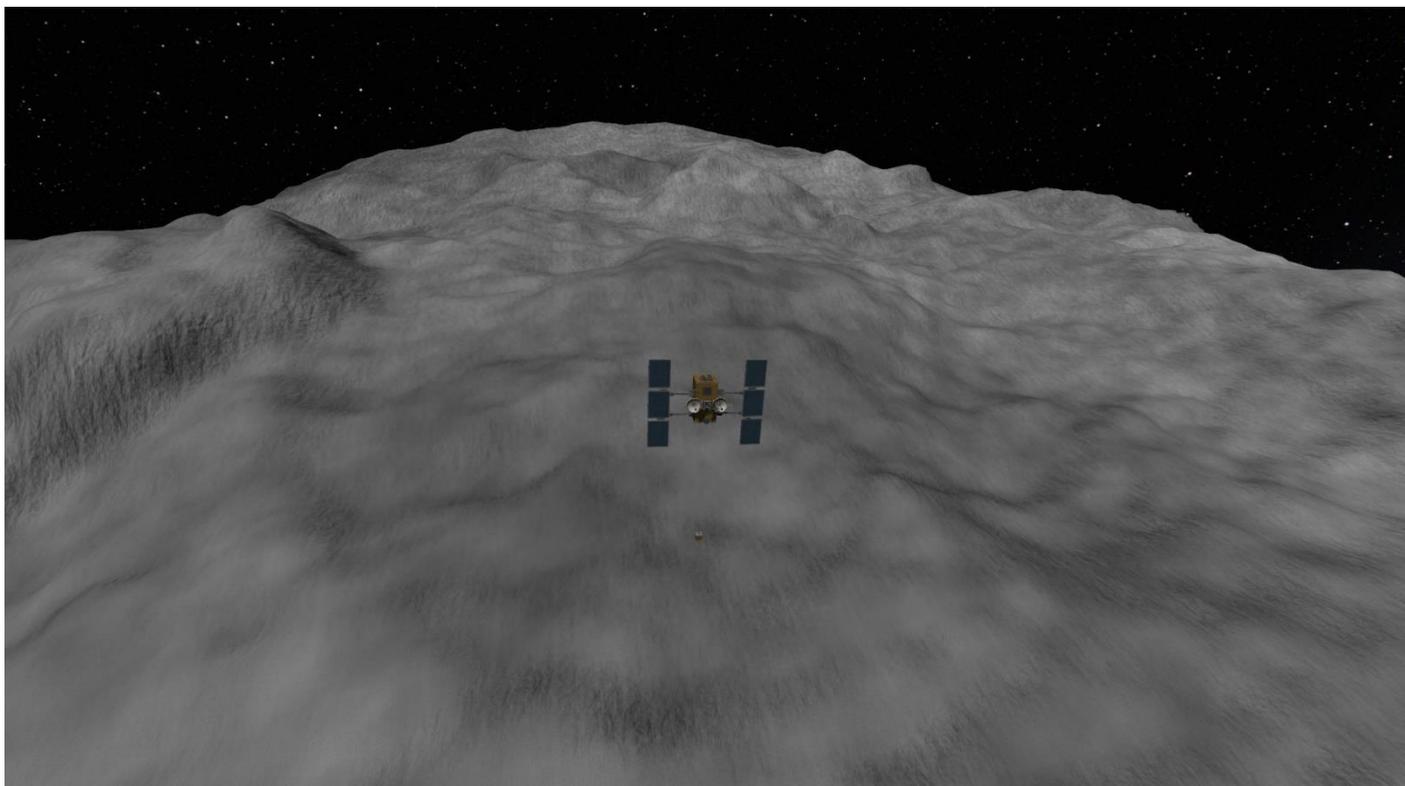


Et hop, on freine et on redescend

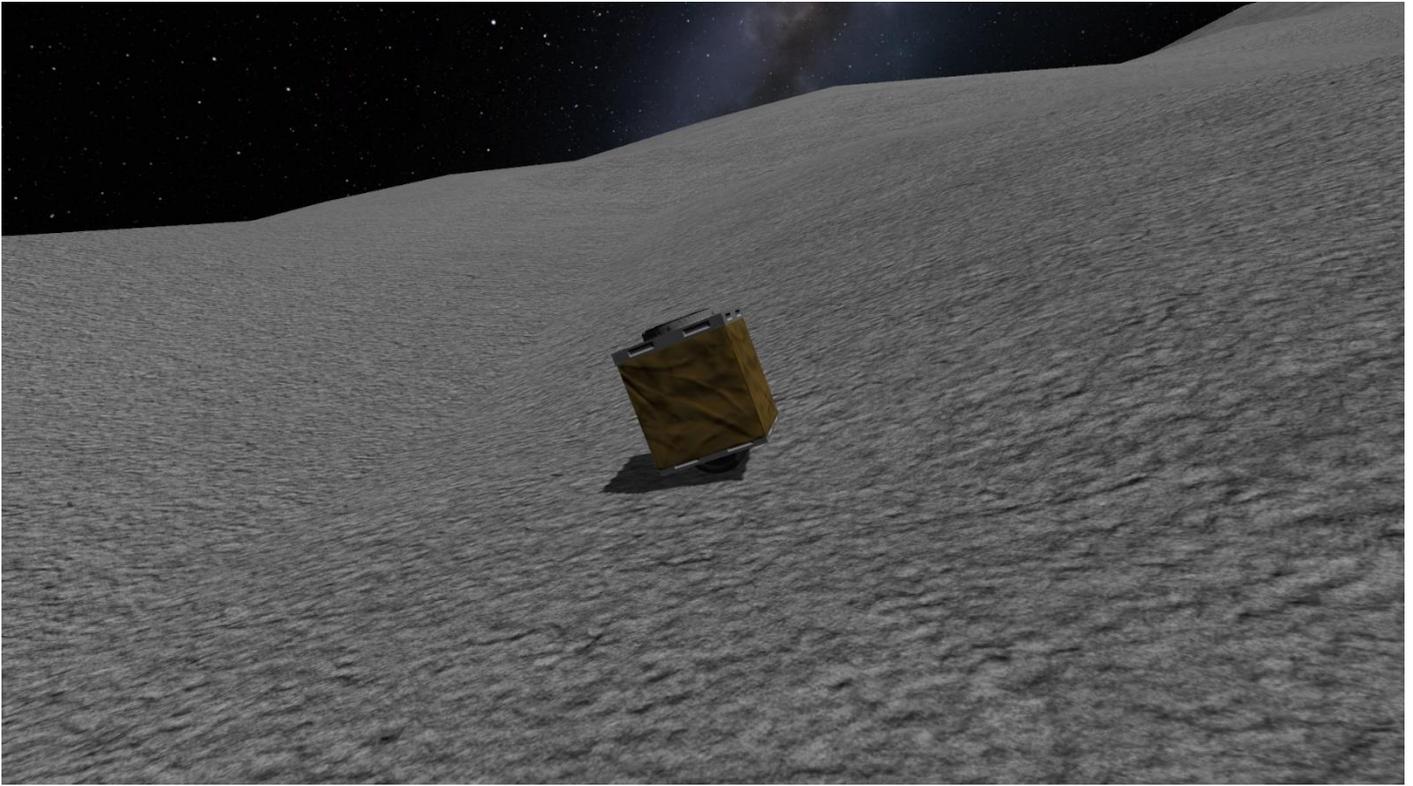


Largage de MASCOT, le petit atterrisseur Européen ! Il sort par l'avant, car la conception de la sonde ne permettait pas de le mettre dans son réel emplacement latéral.

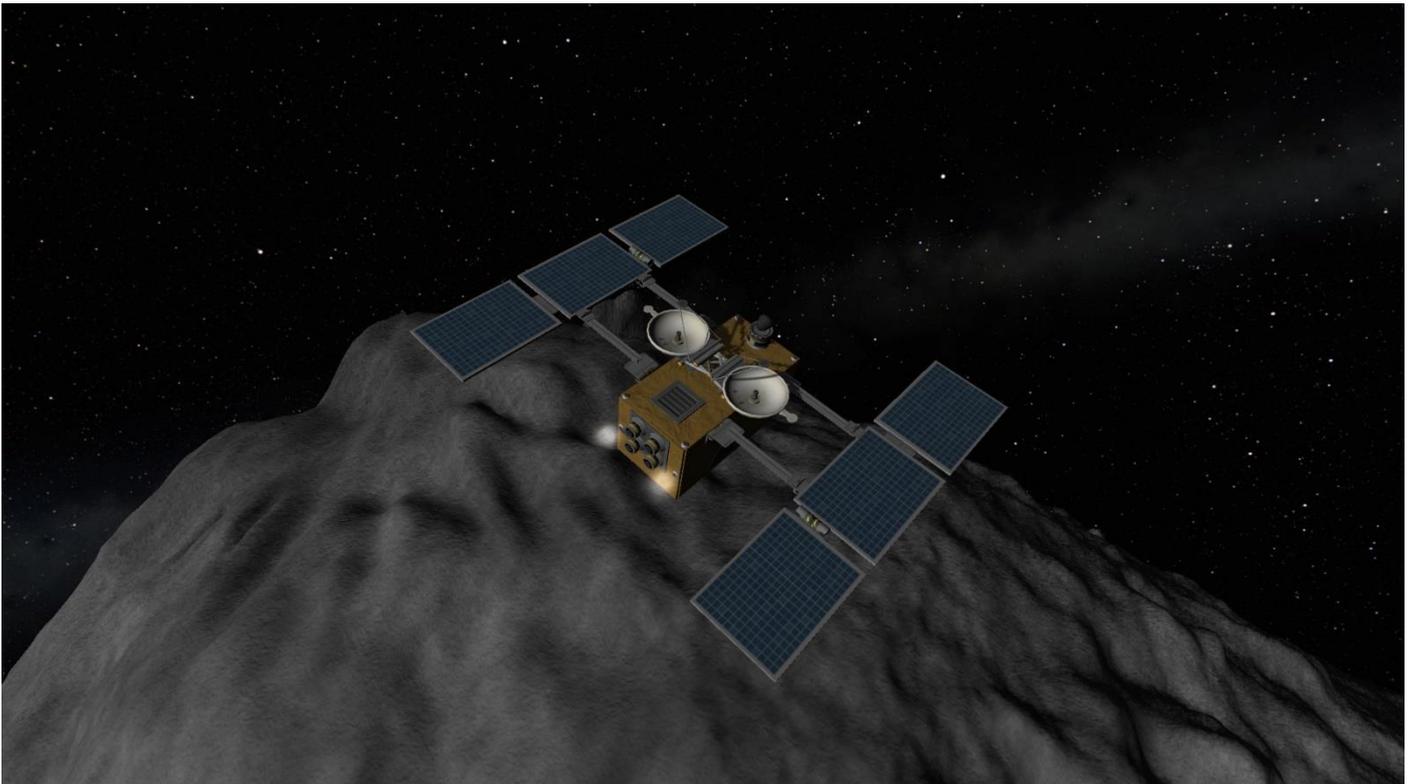




Atterrissage de MASCOT !



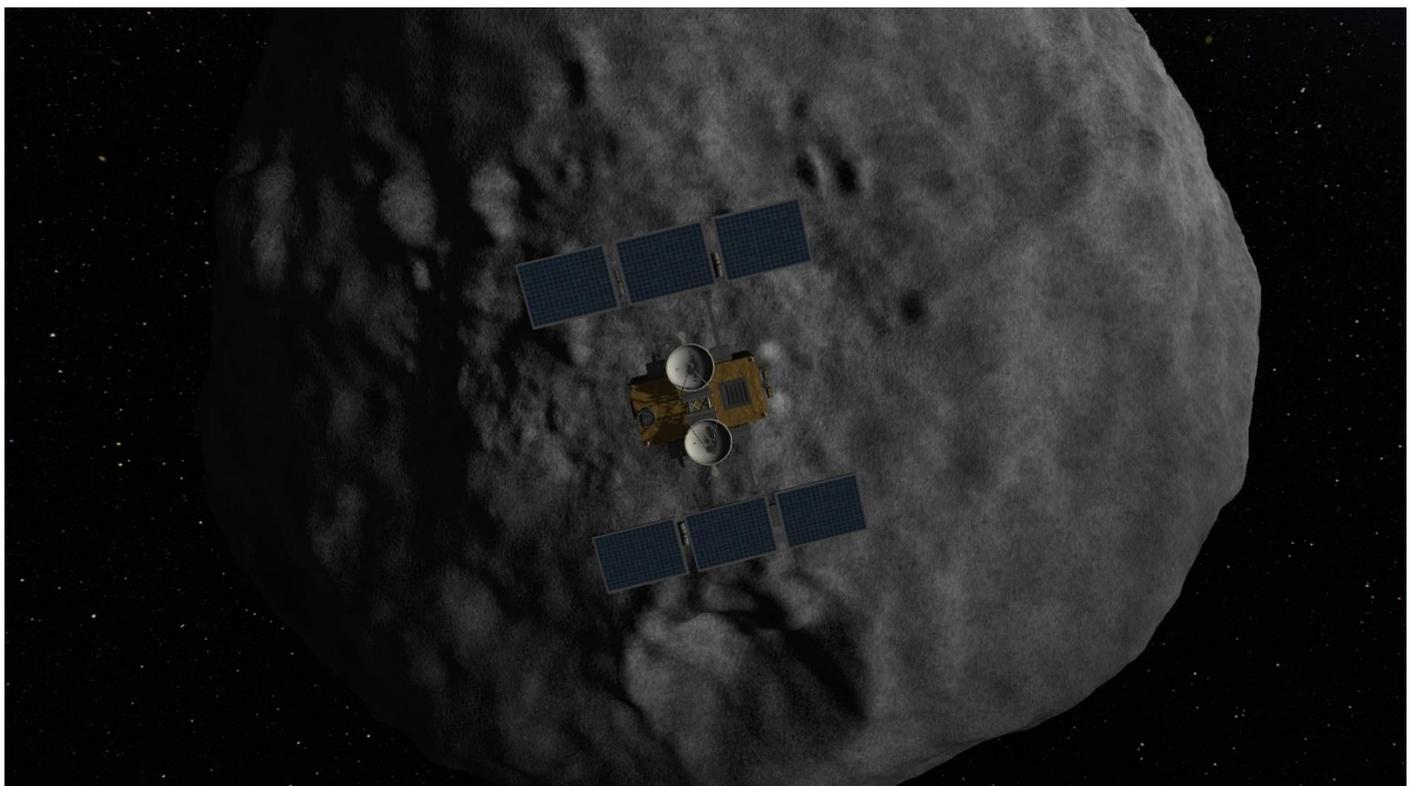
La petite boîte à chaussure mènera quelques expériences à la surface de Ryugu avant de tomber en panne de batterie.



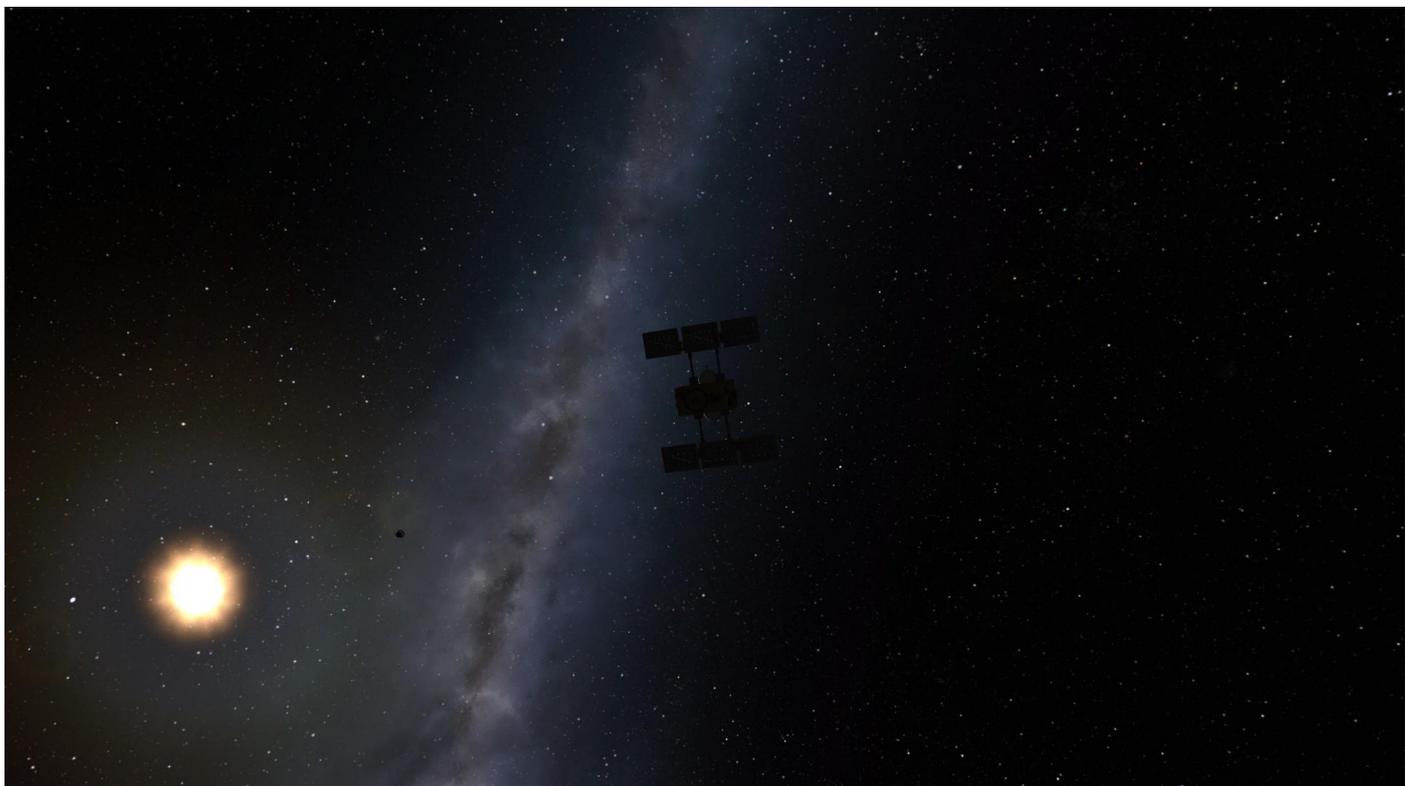
Tututu c'est le retour sur orbite



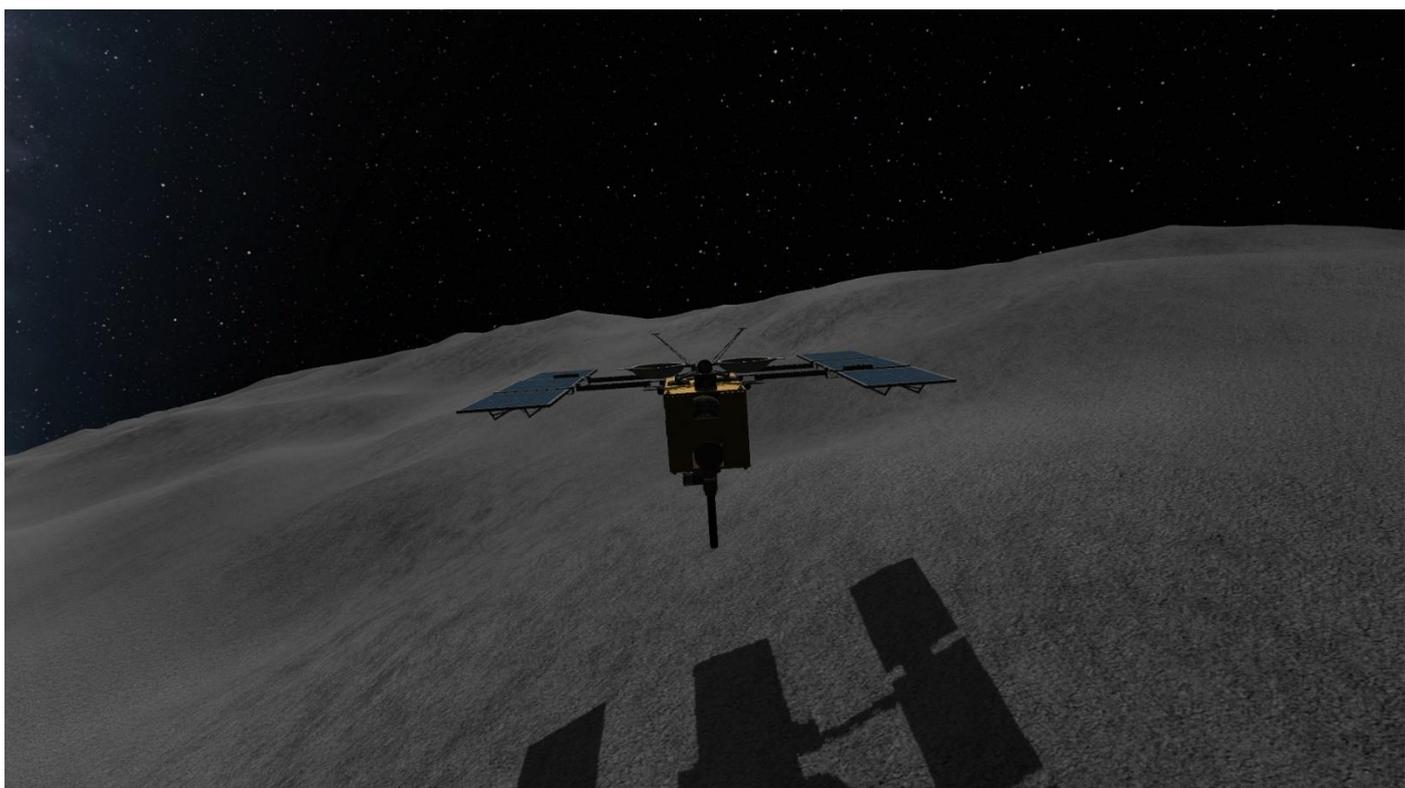
Et c'est l'heure... de la première collecte d'échantillon !



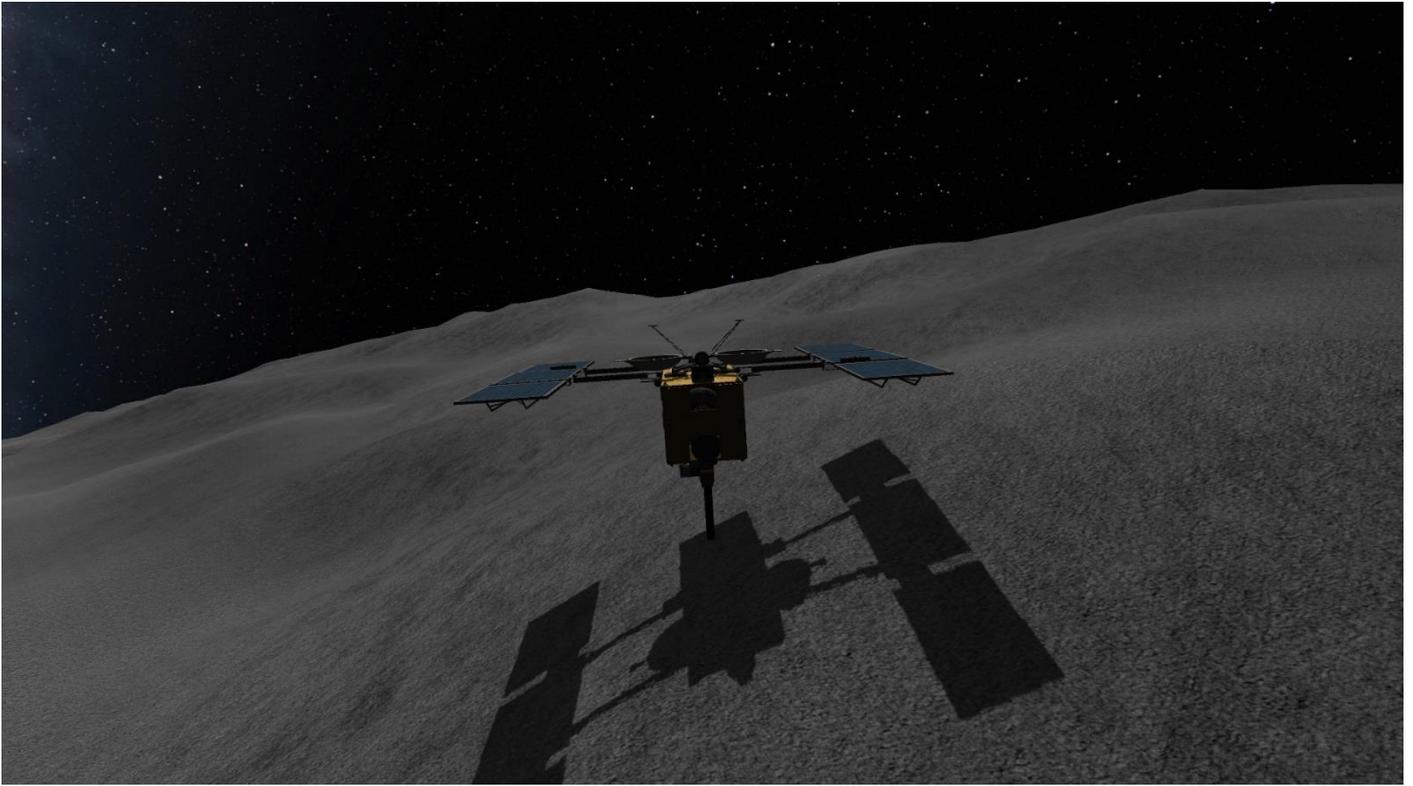
Freinage



Arrivé à 100m du sol, largage du marqueur de cible



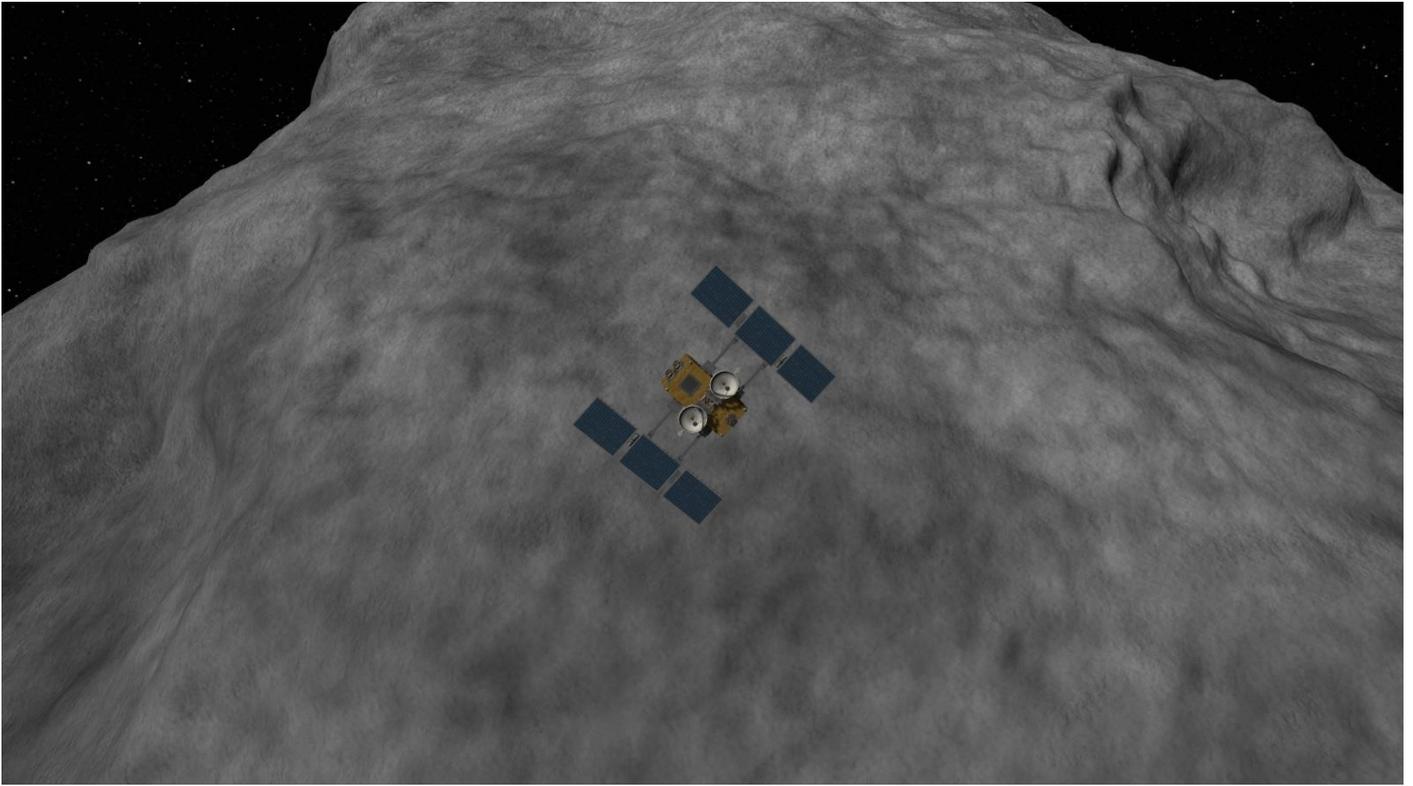
Et...



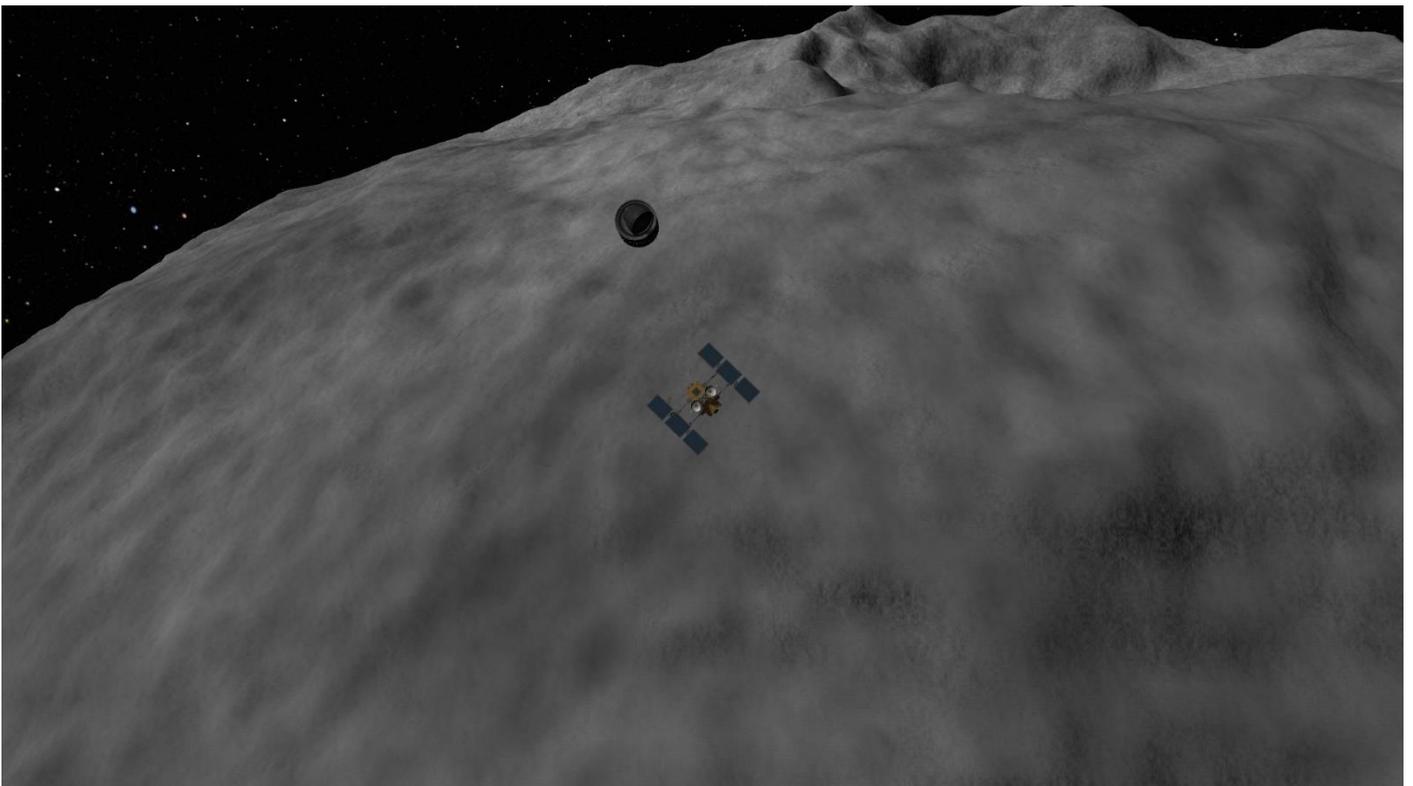
Touchdown !



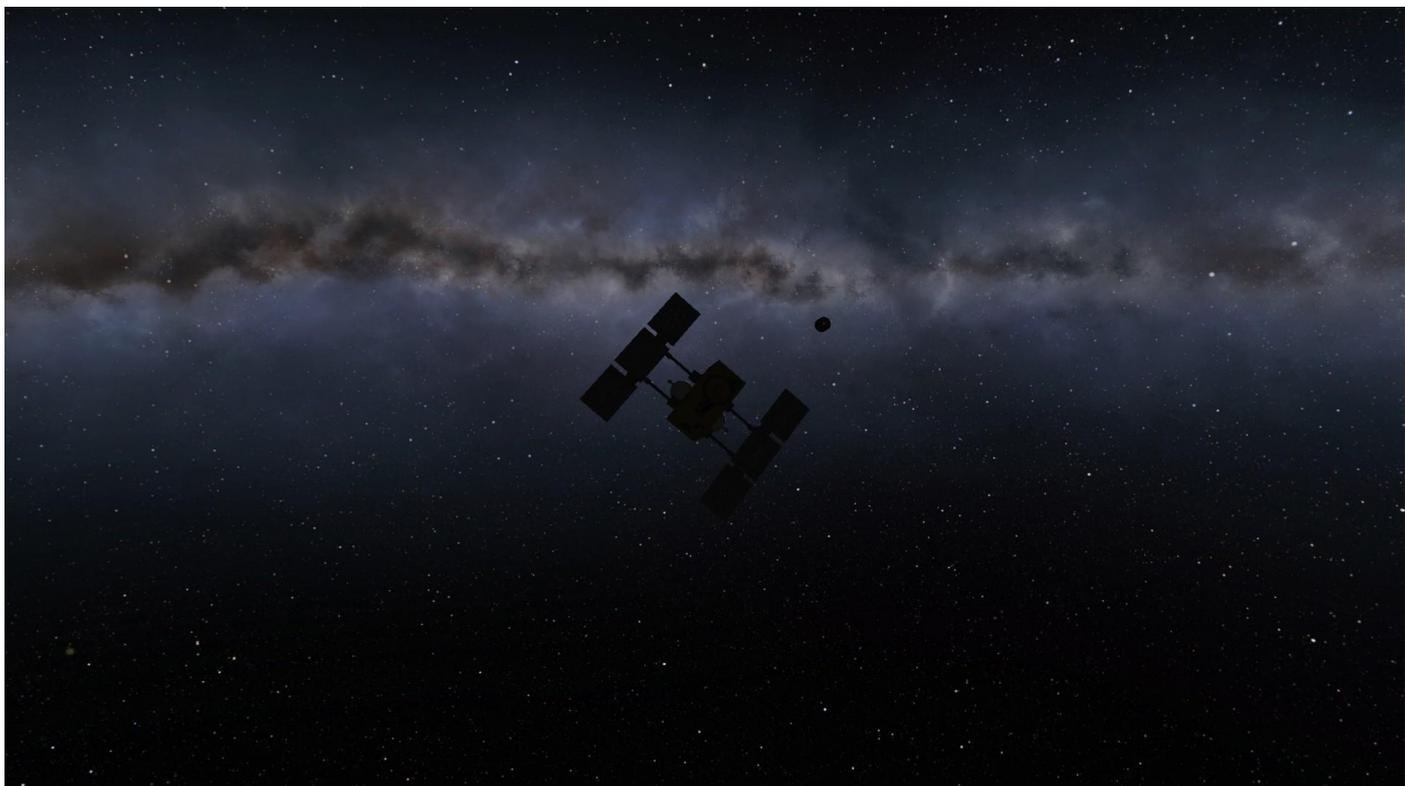
On creuse (de traviolle)



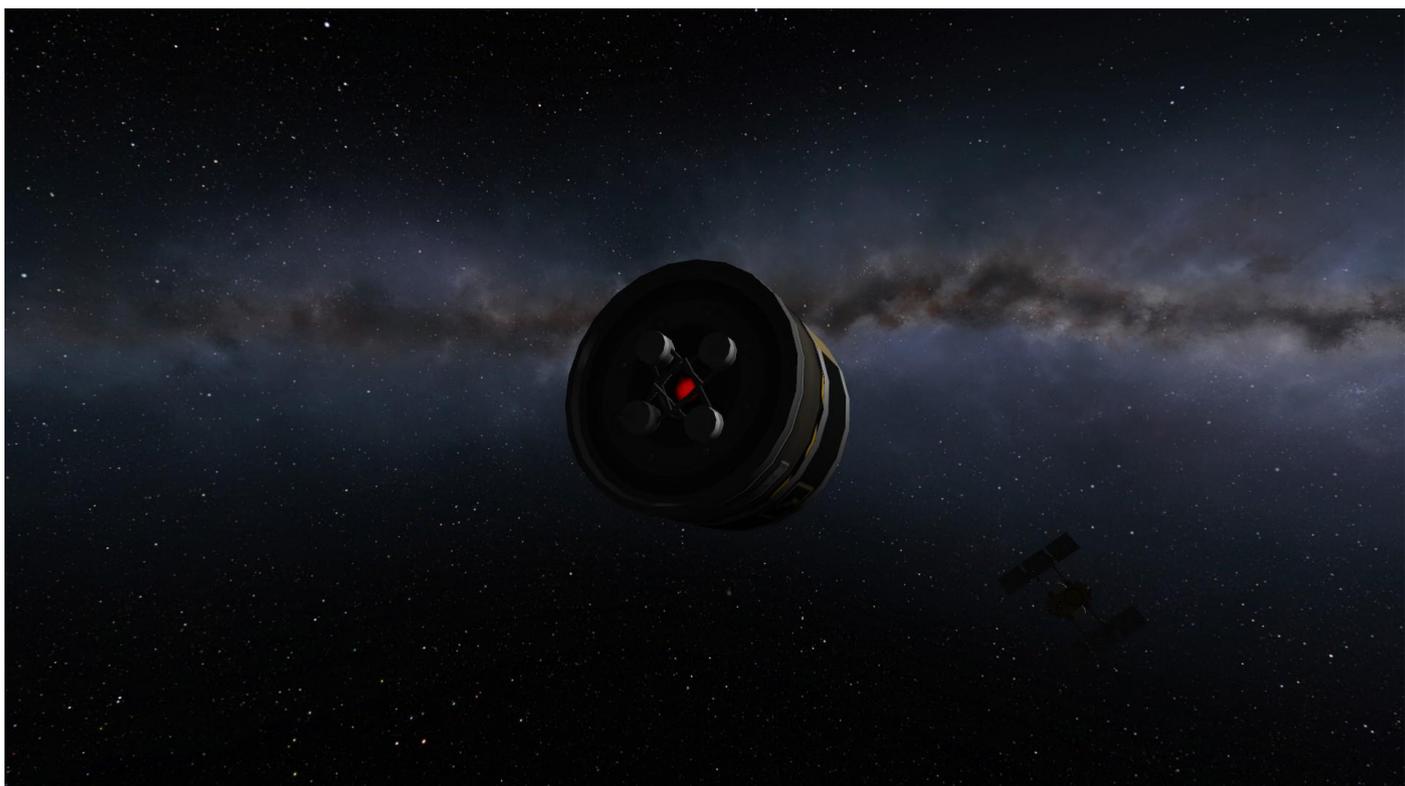
Et on remonte. Maintenant, la prochaine étape, ma préférée ; EXPLOSION !



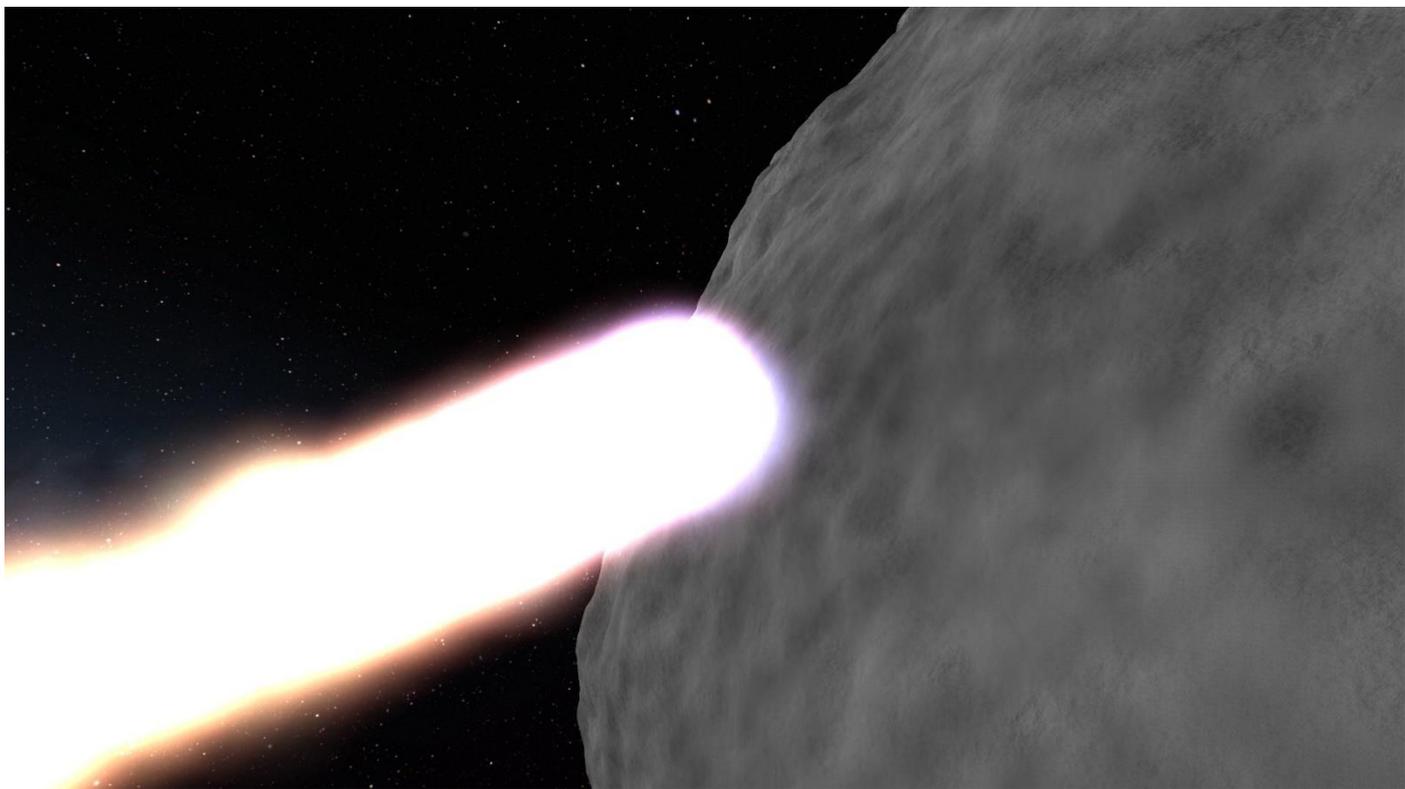
Largage de la remote caméra SC3



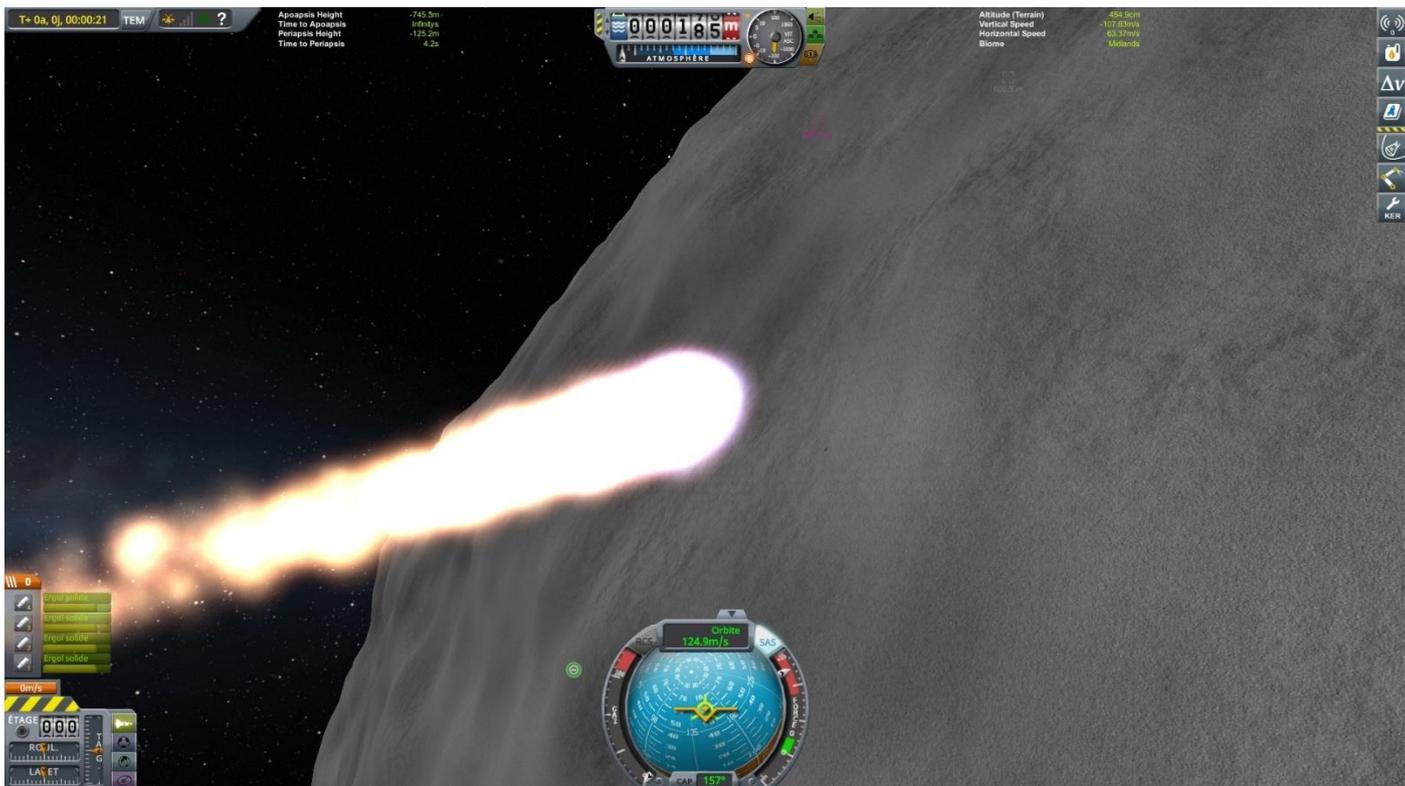
Et largage de l'impacteur SCI !



La meilleure solution qui m'est venue à l'esprit pour simuler cette partie fut un simple bloc de batterie avec une roue de réaction, dans laquelle se trouve quatre séparatron de booster qui vont accélérer le petit bloc jusqu'à 600m/s (mais avec la faible distance à l'astéroïde ce ne sera seulement de 130m/s ici)



Allumage !

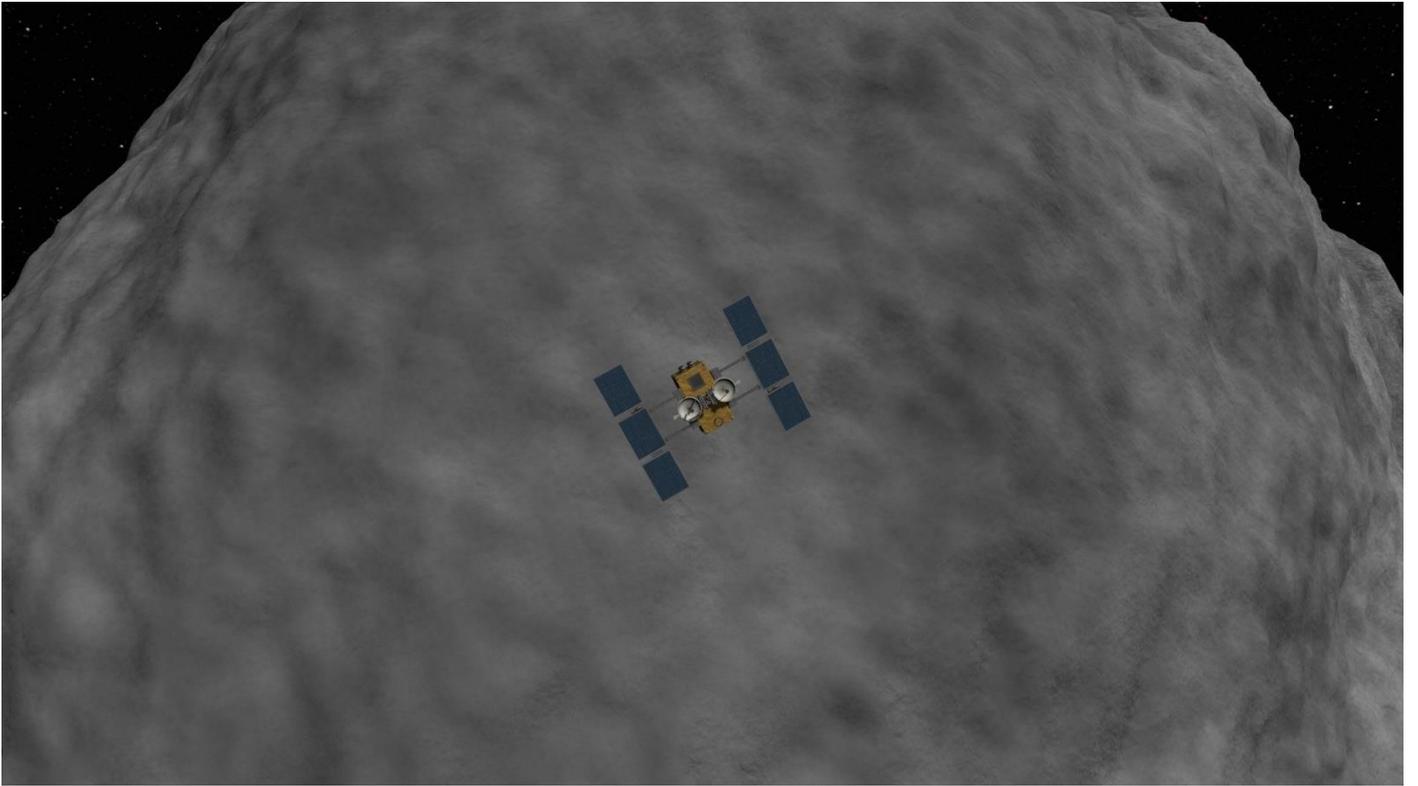




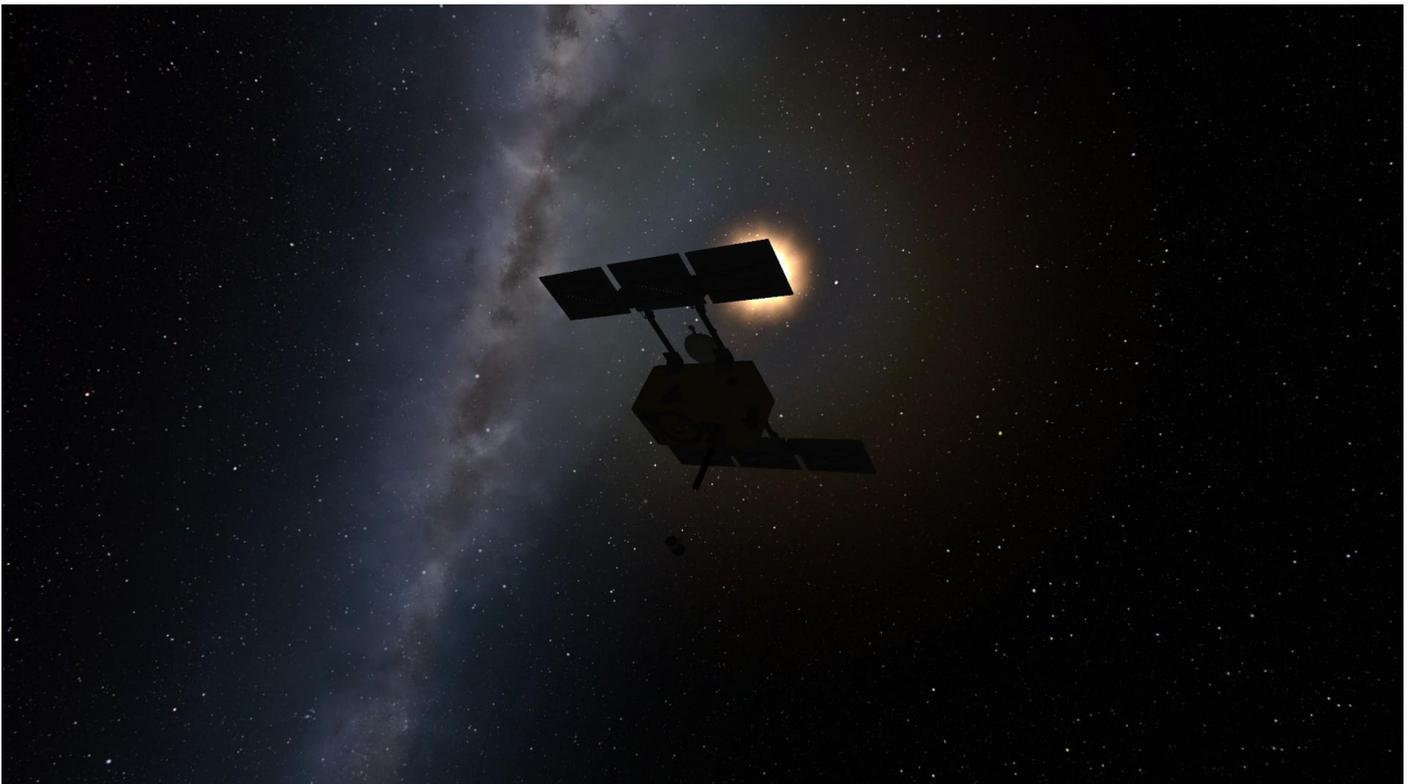
La flamme est bien visible comparé à la taille de l'astéroïde.

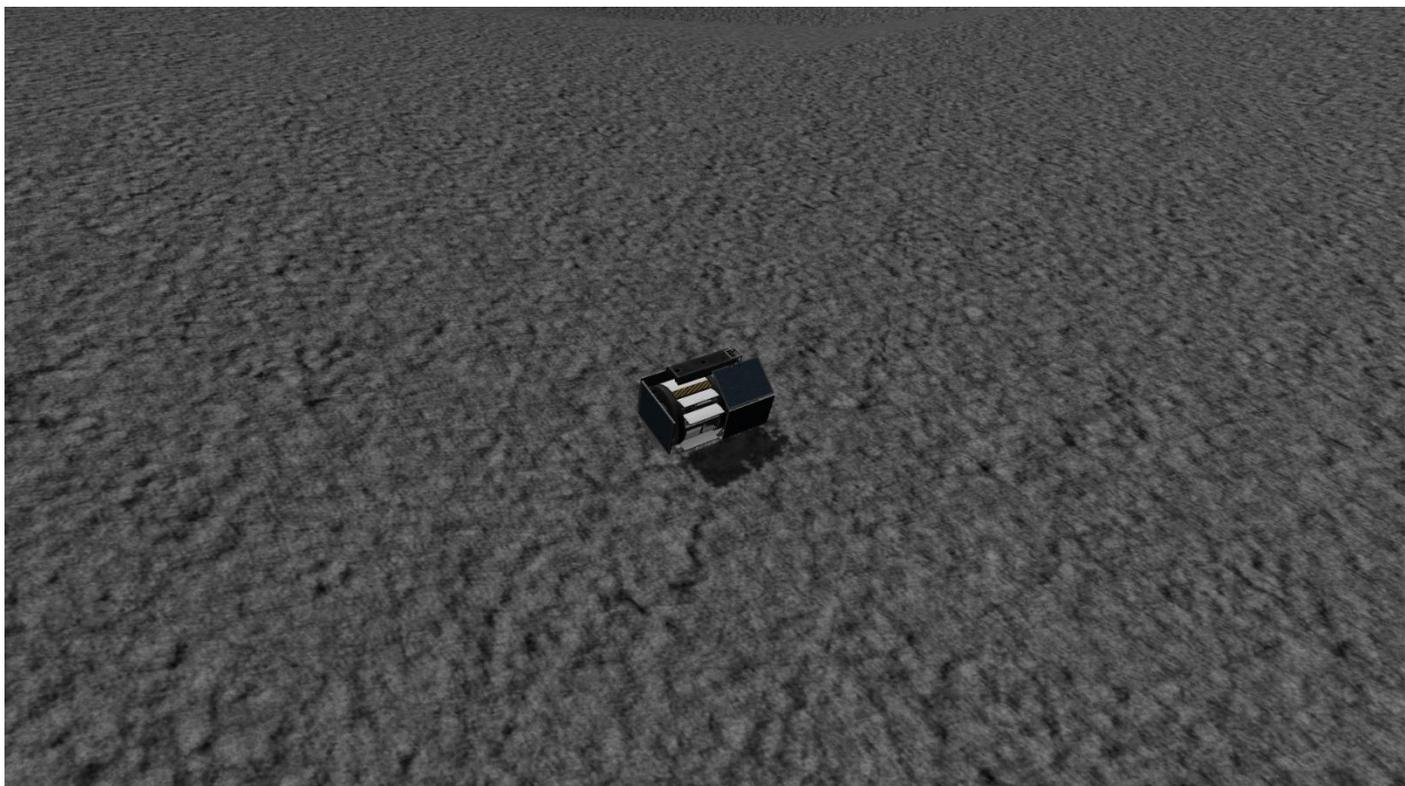


Pooffffff

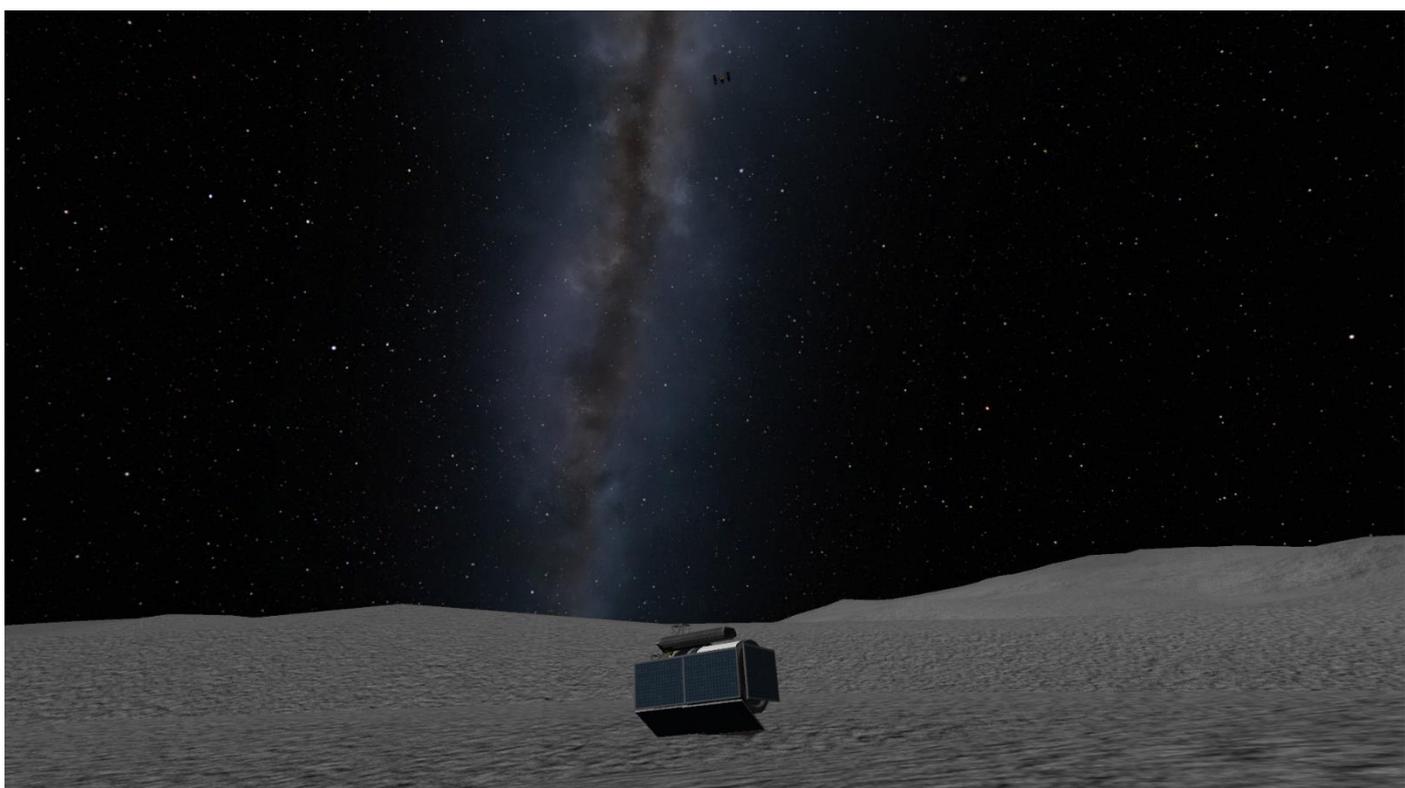


Hayabusa, elle, va maintenant larguer Minerva-II2.





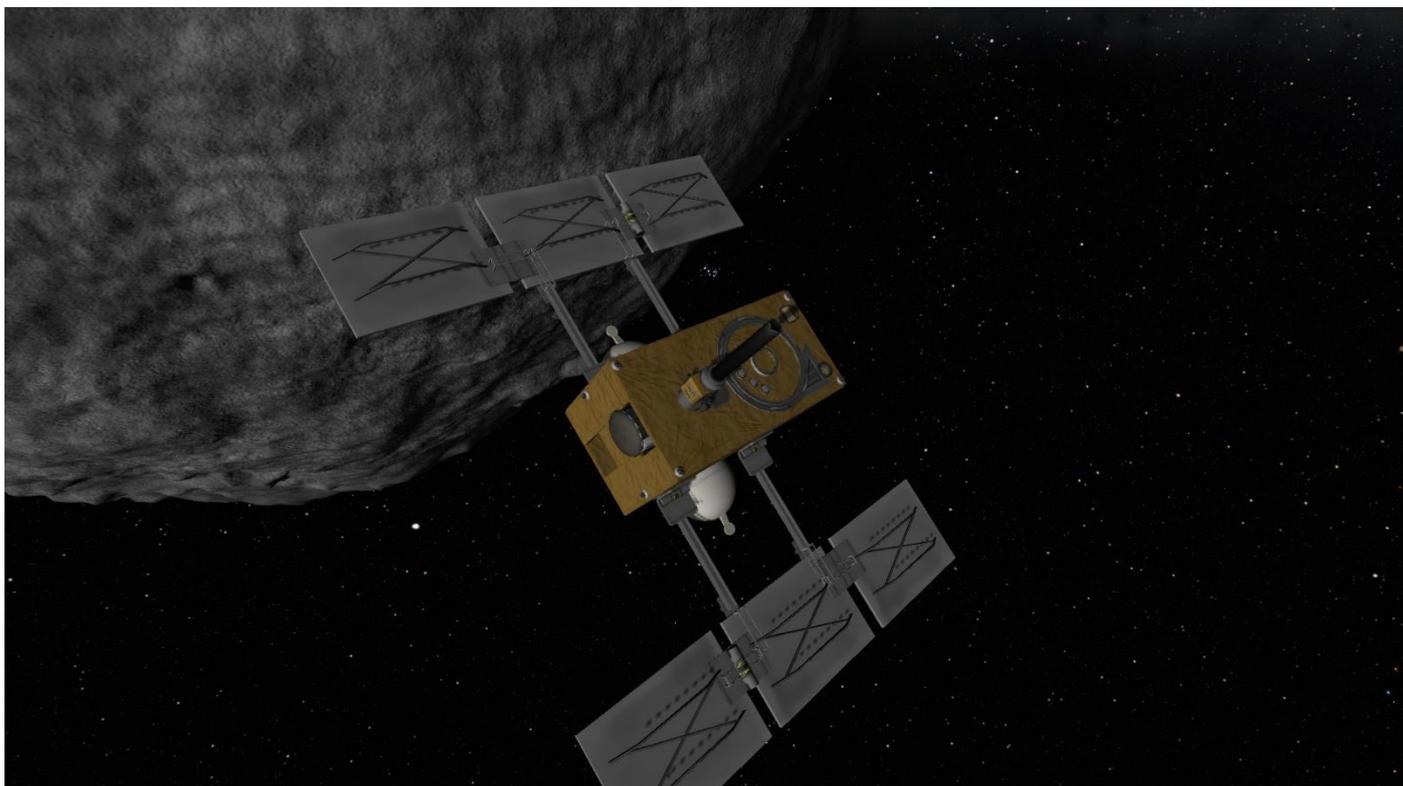
Atterrissage de Minerva-II2 !



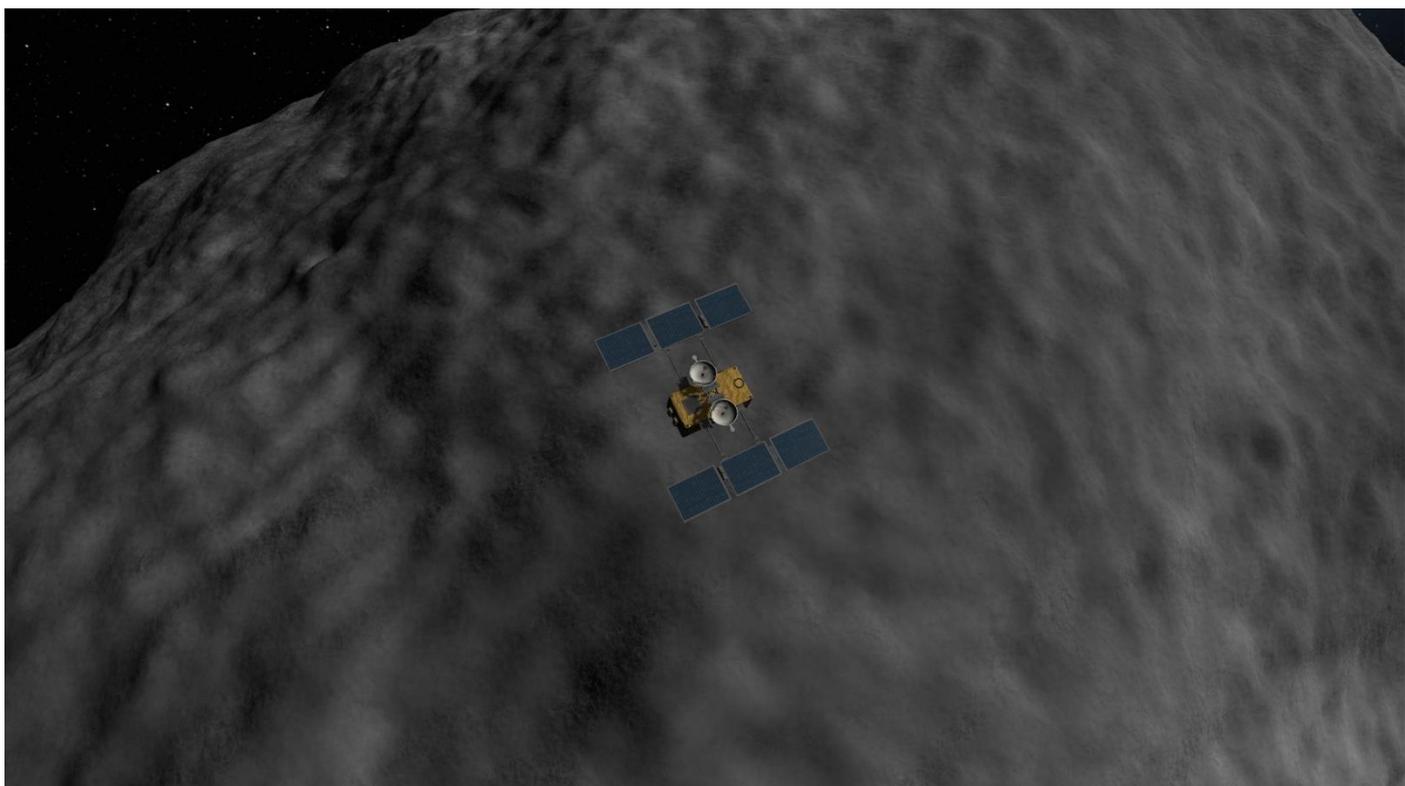
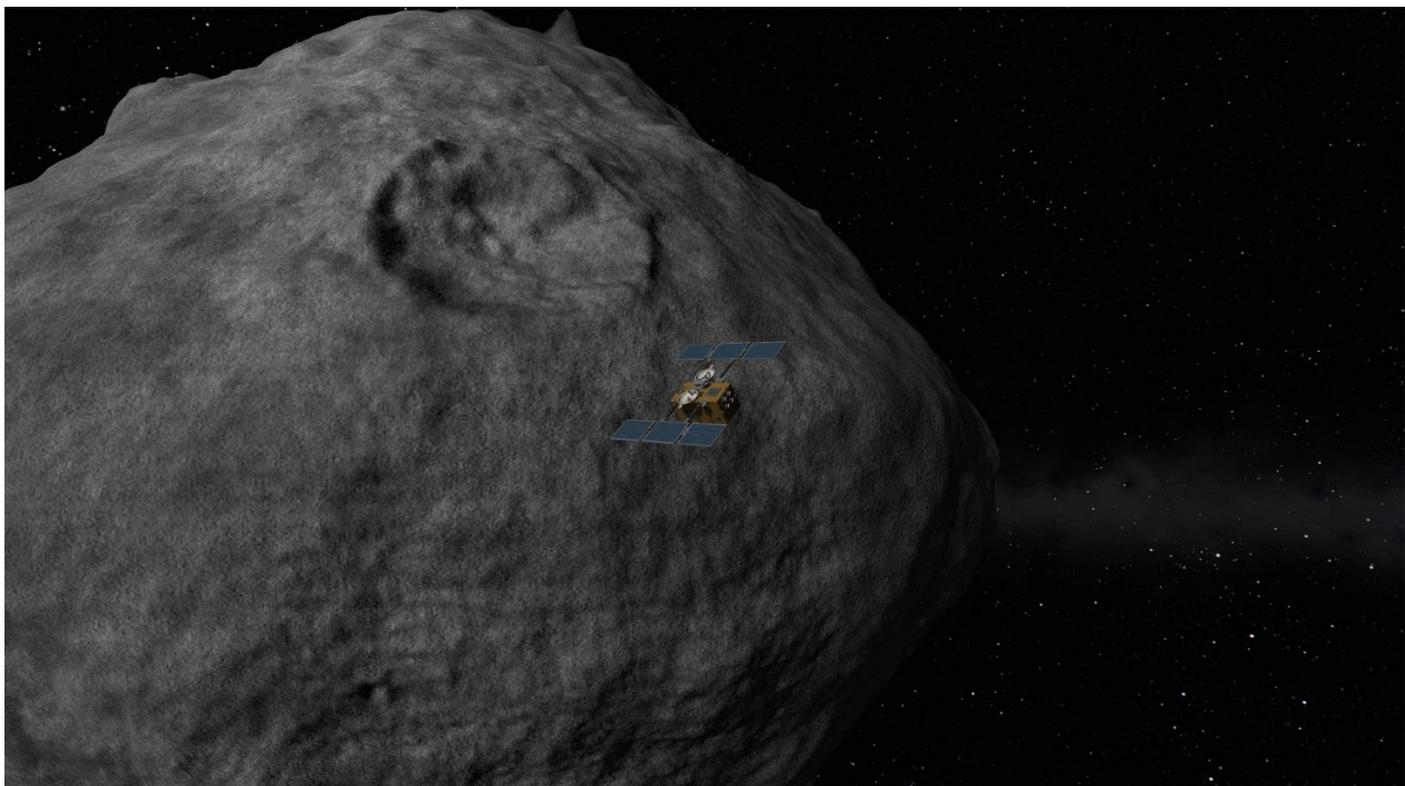
Screen avec Hayabusa visible dans le fond !



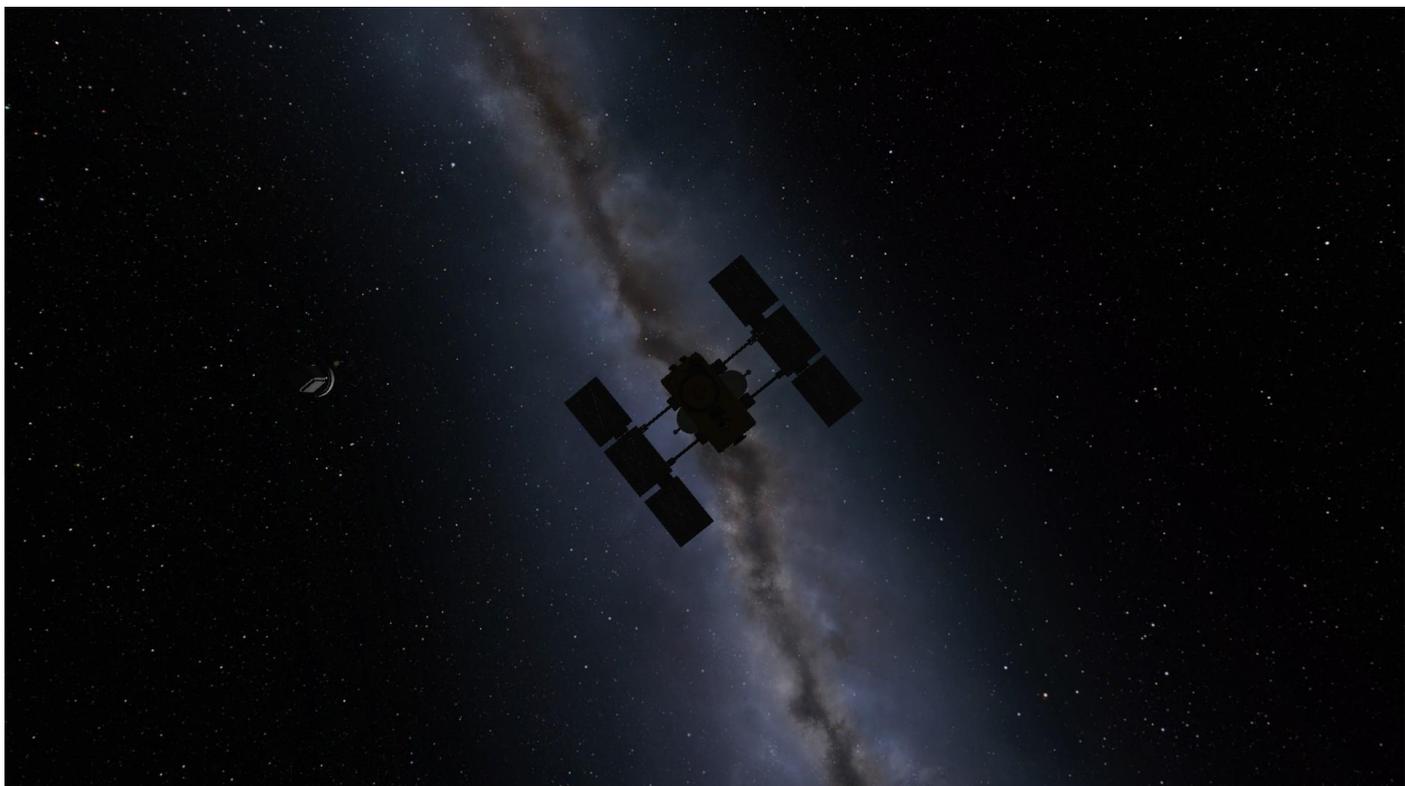
Un mystère à ce jour non résolu : lors du retour sur Hayabusa 2, cette dernière s'est crashée sur Jool ! Alors même que KSRSS est installé ??? Ce n'est pas grave, F5 et on y retourne.



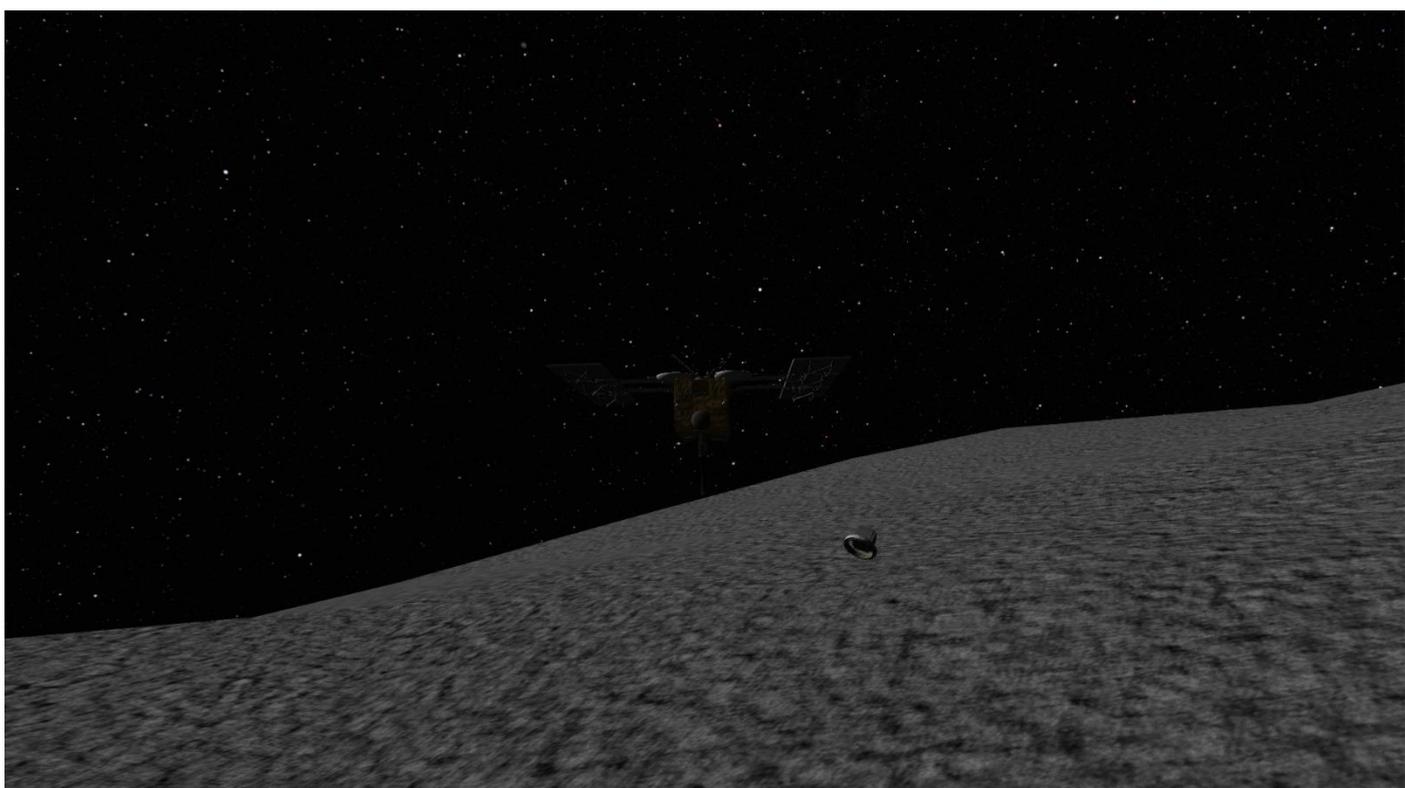
Il ne reste plus aucun atterrisseur à larguer sur Ryugu (comme si ça n'était pas suffisant) mais il reste tout de même une collecte d'échantillons à effectuer dans le cratère créé précédemment.



Descente vers Ryugu (pas exactement dans le coin du cratère mais bon pas facile de savoir ou a-t-il eu lieu précisément sans aucune trace à la surface).



Largage du marqueur de cible



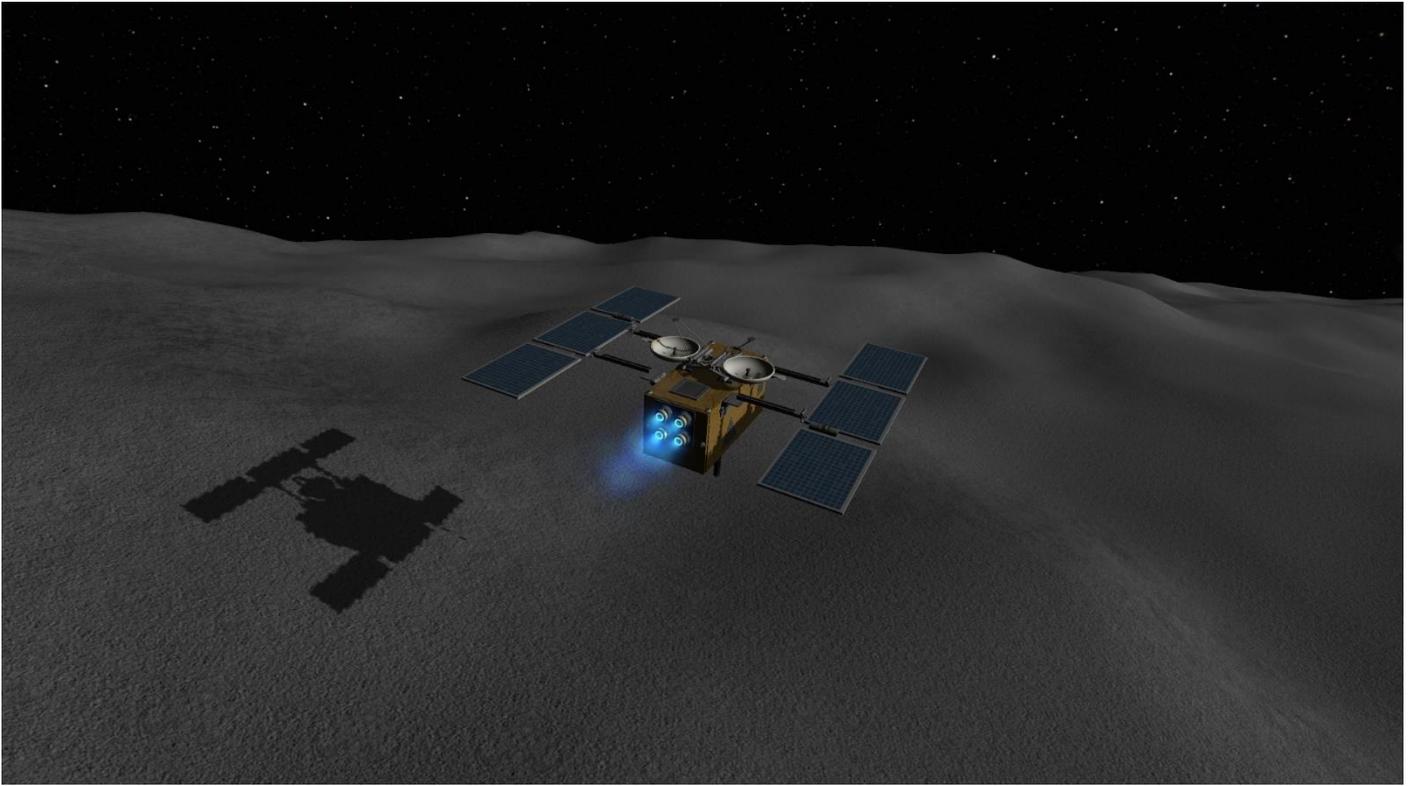
Et touchdown !



On creuse



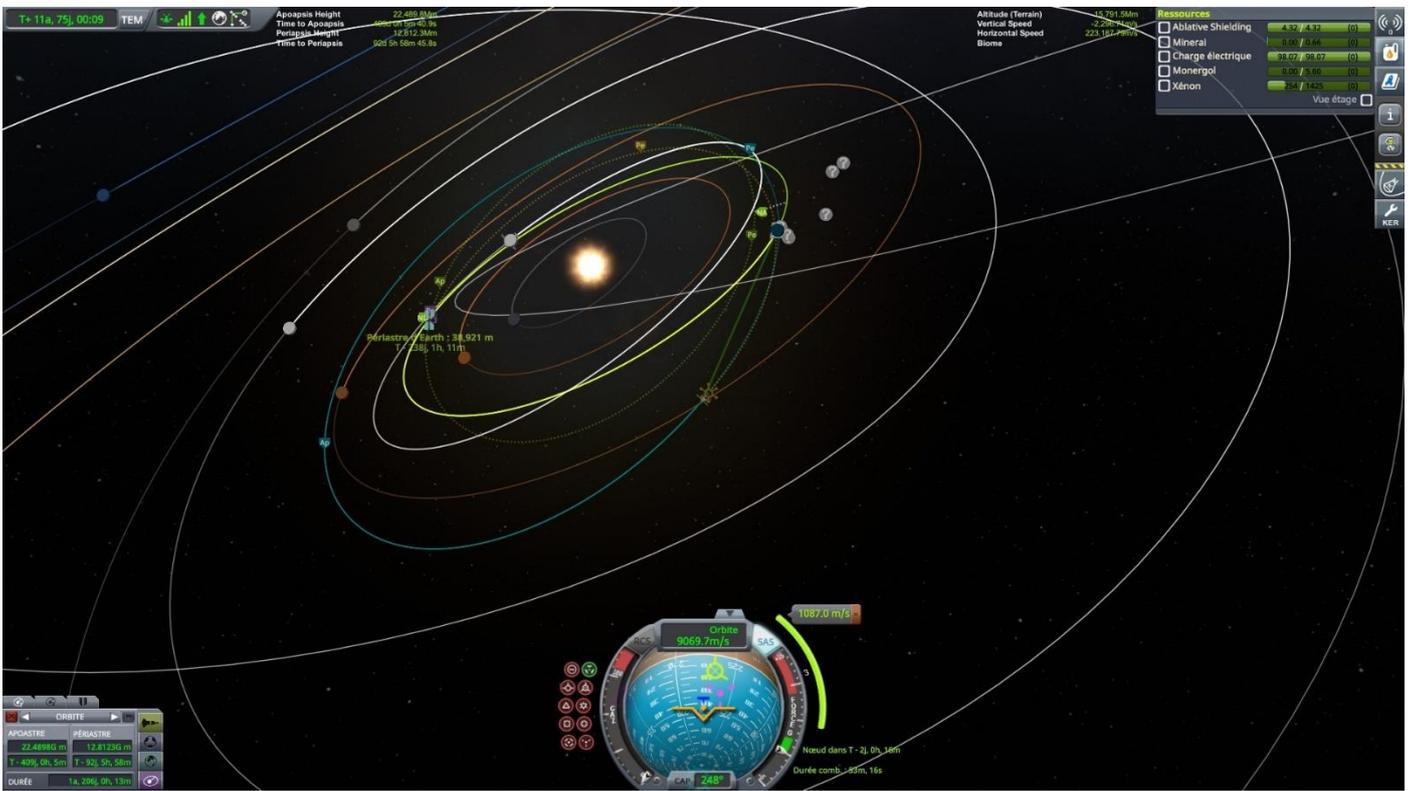
Et on utilise la dernière goutte de Monoergol disponible pour quitter la surface de l'astéroïde ! Si ça c'est pas une mission bien dimensionnée...



On rallume les moteurs ioniques, pleine puissance ! (Oops Jeb j'en ai allumé 4 au lieu de 3...)



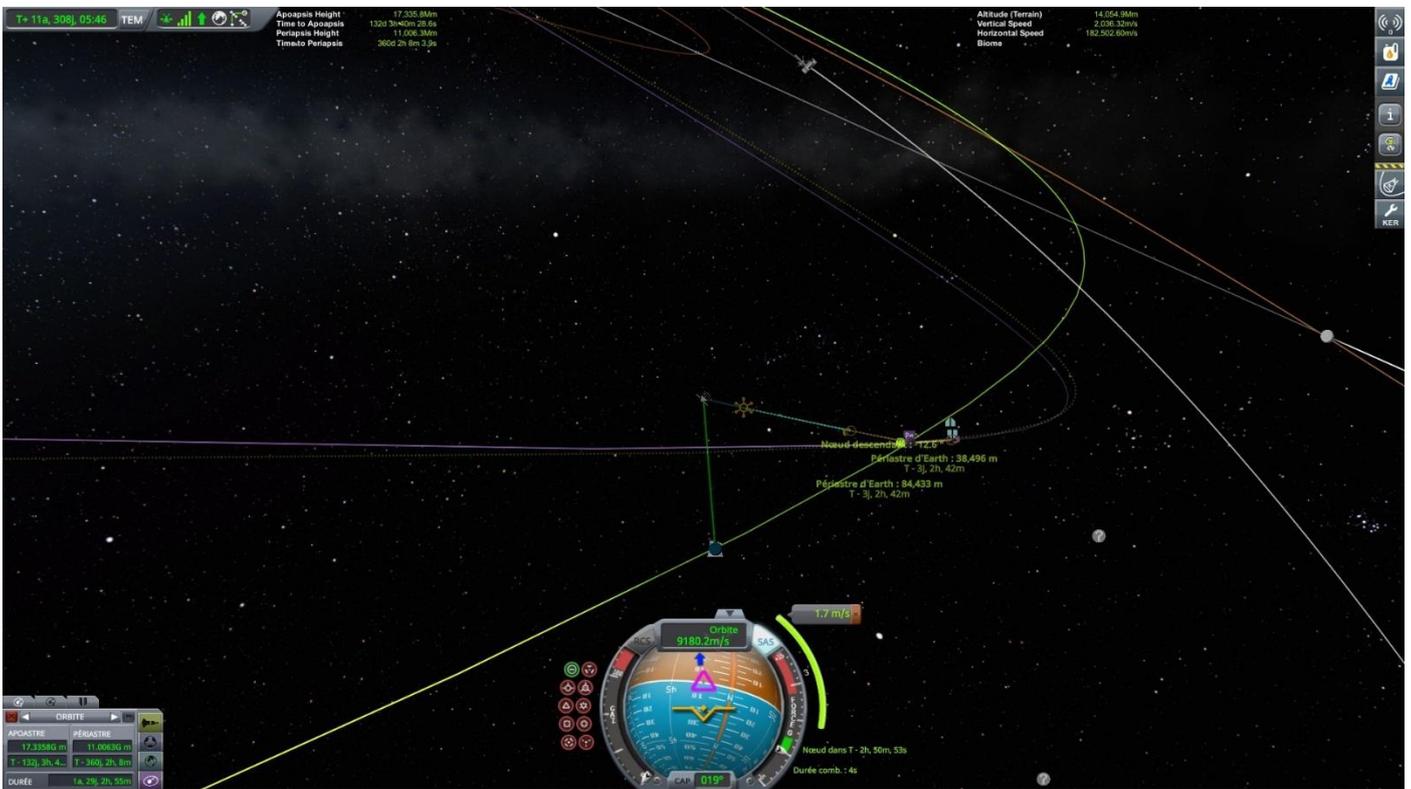
Ce n'est qu'un aurevoir...



On attend quelques années, et on adopte enfin une trajectoire de retour vers la Terre (moi-même je ne comprends pas mes manœuvres parfois...)



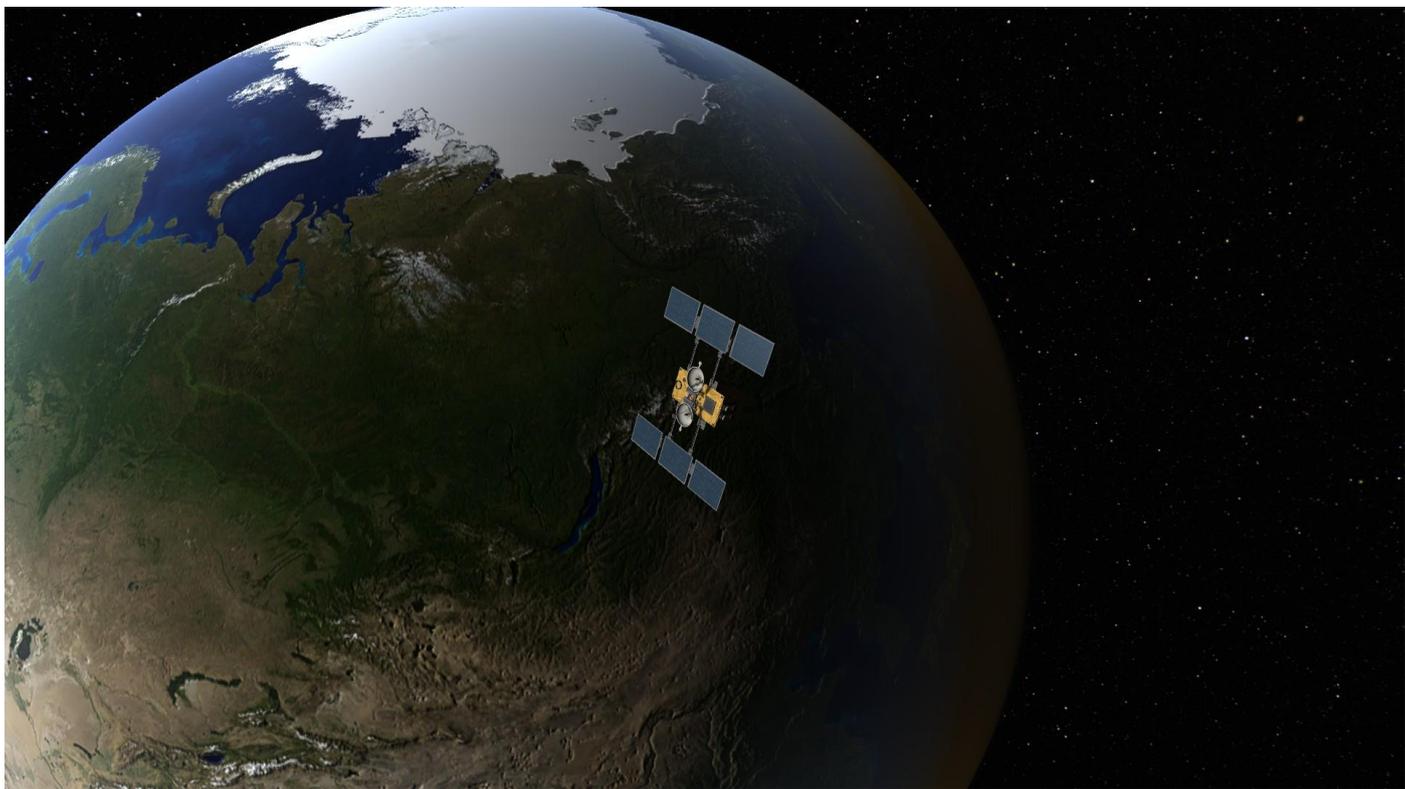
On ionise tout le carburant (vu qu'on ne le brûle pas ici) jusqu'à ne laisser que 60m/s de DeltaV (quand je vous parlais du dimensionnement de la mission...)



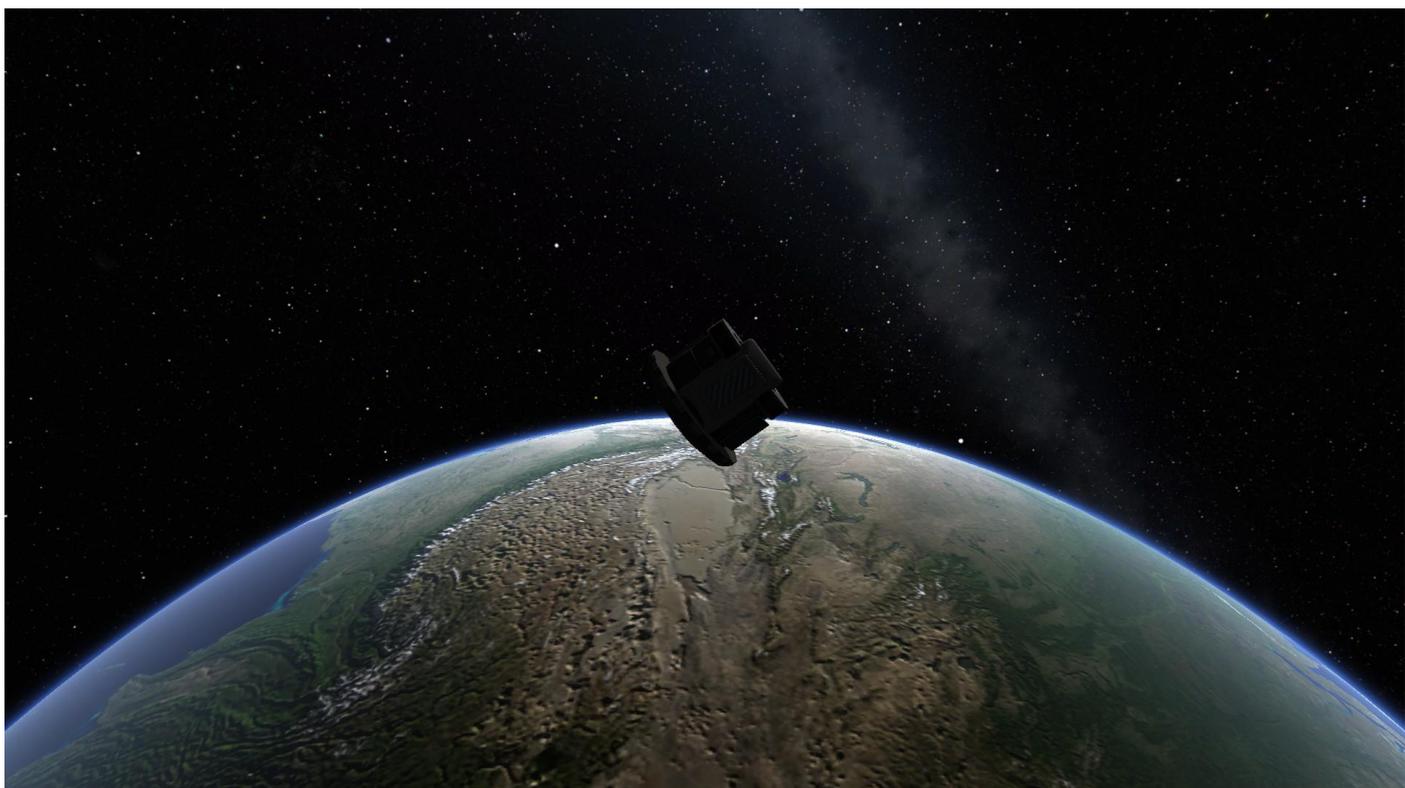
Une dernière correction



Et nous revoilà, planète bleue !



On arrive avec 4000m/s dans l'atmosphère tout de même...



Séparation du module de descente des échantillons



Un dernier coucou depuis l'espace...



Et la rentrée est trop brutale ! Seulement à 66km d'altitude, le module de descente explose tout de même... (Explication dans le Bilan)

終わり **Fin**

# 倒産 **Bilan**

Différences notables :

-petite pause en orbite terrestre avant l'arrivée en orbite héliocentrique.

-trajectoire de transfert très différente de celle originale ; après l'assistance gravitationnelle de la Terre, l'inclinaison est corrigée au nœud d'inclinaison suivant, et l'astéroïde est rejoint via un transfert de Hohmann coûteux en carburant.

-Les atterrisseurs n'ont pas pû être contrôlés suite a un problème d'antenne relais =/. L'antenne relais embarqué dans Hayabusa 2 (en plus des deux sur le dos de la sonde) n'était pas assez puissante pour assurer la communication avec la Terre en même temps que celle avec les atterrisseurs à cause de la distance à la Terre donc. Or, contrairement à ce que je pensais, les antennes relais ne sont pas combinables avec les antennes classiques pour les communications avec la Terre.

-la sonde n'avait pas le temps de se cacher derrière Ryugu avant le bombardement de l'astéroïde, donc il a eu avec Hayabusa du même côté.

-Explosion de la capsule de retour d'échantillons lors de la réentrée =/ Deadly reentry a fait des siennes. Quel que soit la trajectoire de réentrée effectuée, même après quelques passages d'aérofreinage, rien à faire ; lorsque la capsule passe sous les 40km d'altitude, le Probodobodyne QBE explose de lui-même alors qu'il se situe derrière le bouclier thermique. Cela étant, qui sait, peut-être que la réentrée atmosphérique de capsule dans la mission réelle sera elle aussi un échec (je ne l'espère pas) et rendra ma mission plus proche de la réalité =P.

# ソース Sources

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Hayabusa\\_2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hayabusa_2)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/H-IIA>

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/小惑星探査機\\_はやぶさ\\_2\\_CGモデル.jpg/1200px-小惑星探査機\\_はやぶさ\\_2\\_CGモデル.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/小惑星探査機_はやぶさ_2_CGモデル.jpg/1200px-小惑星探査機_はやぶさ_2_CGモデル.jpg)

<https://twitter.com/shikishima?s=09>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Hayabusa\\_\(sonde\\_spatiale\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hayabusa_(sonde_spatiale))

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Mission\\_de\\_retour\\_d%27échantillons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mission_de_retour_d%27échantillons)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/PROCYON>

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/procyon>

<https://spaceflightnow.com/2014/12/02/japan-set-to-launch-asteroid-sample-return-mission/>

<https://rees-d-espace.com/hayabusa-2-collecte-echantillons-reussie-sur-ryugu/>

<https://global.jaxa.jp/projects/sat/hayabusa2/instruments.html>

[https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/shinen-2.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/shinen-2.htm)

[https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/despach.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/despach.htm)

[http://www.hayabusa2.jaxa.jp/en/topics/20181002e\\_MSC/](http://www.hayabusa2.jaxa.jp/en/topics/20181002e_MSC/)