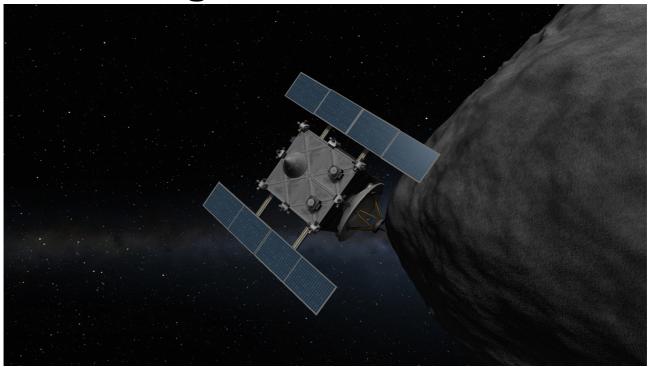
# Challenge KSC 3 – esmenard



Pseudo: esmenard

Catégorie : DeVinci (je vais tenter de me rapprocher le plus possible des objectifs de la catégorie historique, mais je préfère choisir cette catégorie pour plus de liberté)

Ce dossier sera complété par une vidéo qui sortira plus tard sur ma chaine youtube (pas la vidéo que j'avais l'intention de sortir au début, voir en bas pour plus d'infos). J'enverrai un message sur le forum KSC quand elle sortira.

Plan de vol	Conception	2
Capsule de réentrée	Plan de vol.	2
L'atterrisseur MASCOT	La sonde Hayabusa 2	4
Les atterrisseurs Minerva II-1	Capsule de réentrée	4
L'atterrisseur Minerva II-2	L'atterrisseur MASCOT	5
L'impacteur	Les atterrisseurs Minerva II-1	6
Le vaisseau mère	L'atterrisseur Minerva II-2	6
Le lanceur H-IIA9	L'impacteur	7
	Le vaisseau mère	8
Tests	Le lanceur H-IIA	9
	Tests	10

## Conception

### Plan de vol

Étant donné qu'il n'existe aucune documentation (date de lancement ou delta-v map) sur Ryugu, c'est impossible de simplement lancer à la date indiquée, avec le delta-v indiqué, et réfléchir ensuite au plan de vol. Le plan de vol sera donc ce qui devra être fait en premier, puisqu'il sera déterminant pour le reste de la conception.

J'ai décidé de suivre dans les grandes lignes le plan de vol utilisé par Hayabusa 2 : lancement sur une orbite héliocentrique excentrique avec la même période que la Terre, puis assistance gravitationnelle de la Terre pour le gros du transfert. On rejoint ensuite Ryugu en ajustant l'orbite pour avoir une bonne intersection, puis l'approche finale en replaçant constamment le prograde sur la cible (comme un rendez-vous classique en somme, mais plus compliqué et plus cher). Pour des raisons de commodité, plutôt que d'envoyer la sonde directement en orbite héliocentrique comme dans la réalité, elle est d'abord envoyé sur une orbite de parking sur le plan de l'écliptique, puis injectée sur une orbite héliocentrique d'une période de 1 an.

Pour la date du survol de la Terre, trois possibilités, qui entraîneront chacune un plan de vol différent. Les valeurs données proviennent de simulations réalisées sur une charge factice avec Hyperedit.

#### Selon l'angle entre la Terre et Ryugu:

Proposition abandonnée : l'orbite et la petite taille de Ryugu rendent un transfert de Hohmann non rentable

#### Lorsque la Terre est au point où l'orbite de Ryugu croise l'écliptique :

- -Année 2, jour 291 : lancement et injection sur une orbite héliocentrique d'une période de 1 an  $(\Delta v = 1, 1 \text{ km/s})$
- -Les corrections de trajectoire nécessaires pour intercepter à nouveau la Terre sur la bonne trajectoire ( $\Delta v = 60 \text{ m/s}$ )
- -Année 4, jour 50 (T + 1 a 185 j) : survol de la Terre à 2800 km, orbite finale de 13,1 par 14,1 Gm, sur la même inclinaison que Ryugu
- -Année 4, jour 169 (T + 1 a 304 j) : la sonde annule totalement sa différence d'inclinaison avec Ryugu ( $\Delta v = 60 \text{ m/s}$ )
- -Année 6, jour 333 (T + 4 a 41 j) : la sonde monte son apoastre à 17,4 Gm ( $\Delta v = 600 \text{ m/s}$ )
- -Année 7, jour 139 (T + 4 a 273 j) : la sonde baisse son périastre à 12,5 Gm ( $\Delta v = 170 \text{ m/s}$ )
- -Année 7, jour 386 (T + 5 a 94 j) : la sonde monte son apoastre à 19,1 Gm ( $\Delta v = 200 \text{ m/s}$ )
- -Année 9, jour 42 (T + 6 a 177 j) : mise en orbite autour de Ryugu ( $\Delta v = 900 \text{ m/s}$ )
- -Année 13, jour 164 (T + 10 a 299 j) : départ de Ryugu et transfert vers la Terre ( $\Delta v = 150 \text{ m/s}$ )
- -Année 14, jour 38 (T + 11 a 173 j) : réentrée atmosphérique à 3,7 km/s et atterrissage

#### Lorsque la Terre est au point correspondant au périastre de Ryugu :

- -Année 1, jour 267 : lancement et injection sur une orbite héliocentrique d'une période de 1 an  $(\Delta v = 1, 1 \text{ km/s})$
- -Les corrections de trajectoire nécessaires pour intercepter à nouveau la Terre sur la bonne trajectoire ( $\Delta v = 250 \text{ m/s}$ )
- -Année 2, jour 293 (T + 1 a 26 j) : survol de la Terre à 2000 km, orbite finale de 13,7 par 21,7 Gm
- -Année 2, jour 389 (T + 1 a 121 j) : la sonde se place sur la même inclinaison que Ryugu ( $\Delta v = 750 \text{ m/s}$ ).
- -Année 3, jour 213 (T + 1 a 372 j) : la sonde baisse son périastre à 12,7 Gm ( $\Delta v = 150 \text{ m/s}$ )
- -Année 4, jour 94 (T + 2 a 252 j) : la sonde baisse son apoastre à 18,4 Gm ( $\Delta v = 300 \text{ m/s}$ )
- -Année 4, jour 356 (T + 3 a 89 j) : la sonde baisse son périastre à 12,4 Gm ( $\Delta v = 50 \text{ m/s}$ )
- -Année 5, jour 412 (T + 4 a 144 j) : la sonde monte son périastre à 12,7 Gm ( $\Delta v = 50$  m/s)
- -Année 6, jour 305 (T + 5 a 37 j) : mise en orbite autour de Ryugu ( $\Delta v = 1.8$  km/s)
- -Année 13, jour 164 (T + 11 a 323 j) : départ de Ryugu et transfert vers la Terre ( $\Delta v = 150 \text{ m/s}$ )
- -Année 14, jour 38 (T + 12 a 197 j) : réentrée atmosphérique à 3,7 km/s et atterrissage

<u>Lorsque Ryugu passe à proximité de la Terre :</u> (j'ai découvert par hasard que Ryugu passe à 1,1 Gm de la Terre année 14, jour 32, rendant un tel plan de vol a priori très avantageux)

- -Année 12, jour 278 : lancement et injection sur une orbite héliocentrique d'une période de 1 an  $(\Delta v = 1, 1 \text{ km/s})$
- -Les corrections de trajectoire nécessaires pour intercepter à nouveau la Terre sur la bonne trajectoire ( $\Delta v = 40 \text{ m/s}$ )
- -Année 14, jour 41 (T + 1 a 188 j) : survol de la Terre à 1 900 km, orbite finale sur la même inclinaison que Ryugu, 13,3 par 14,7 Gm
- -Année 14, jour 103 (T + 1 a 251 j) : la sonde monte son apoastre à 18,2 Gm ( $\Delta v = 500 \text{ m/s}$ )
- -Année 14, jour 388 (T + 2 a 109 j) : la sonde baisse son périastre à 12,5 Gm ( $\Delta v = 150 \text{ m/s}$ )
- -Année 15, jour 237 (T + 2 a 385 j) : mise en orbite autour de Ryugu ( $\Delta v = 600 \text{ m/s}$ )
- -Année 19, jour 307 (T + 7 a 28 j) : départ de Ryugu et transfert vers la Terre ( $\Delta v = 170 \text{ m/s}$ )
- -Année 20, jour 170 (T + 7 a 317 j) : réentrée atmosphérique à 3,7 km/s et atterrissage

Après la mission, la vaisseau mère doit dans la réalité rejoindre un des points de Lagrange du système Terre-Soleil. Dans KSP, pas de points de Lagrange, mais s'il reste du carburant, le vaisseau mère pourra aller... quelque part.

Tableau comparatif des trois plans de vol et de Hayabusa 2

10.01000 001110011011 0.00 01010 0	100110 000 101 00 000	1100 ) 000 000 00		
	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Hayabusa 2
Δv (sans l'injection initiale en orbite héliocentrique)	2,2 km/s	3,5 km/s	1,5 km/s	2 km/s
Temps total	11 ans 5 mois	12 ans 6 mois	7 ans 9 mois	6 ans
Temps aller	6 ans 5 mois	5 ans 1 mois	2 ans 11 mois	3 ans 7 mois
Temps sur place	4 ans 3 mois	6 ans 8 mois	4 ans 2 mois	1 an 6 mois
Temps retour	8 mois	8 mois	8 mois	1 an

Au vu des caractéristiques des différents plans de vol, c'est évidemment le plan 3 qui est choisi sans aucune hésitation.

## La sonde Hayabusa 2

#### Capsule de réentrée



Rien de très exceptionnel ici : un probe core, un bouclier thermique, un parachute, quelques batteries, et deux réservoirs de minerai pour stocker les échantillons. La coiffe provient du mod Decoupler Shroud.

#### Caractéristiques:

**Masse**: 110 kg

Taille: 70 cm de diamètre, 60 cm de haut

**Propulsion**: aucune **Alimentation**: batteries

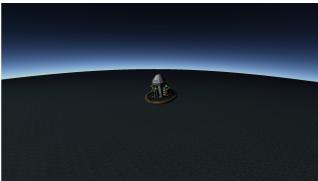
Autonomie: 30 min en activité, 50 h en hibernation

Capacité en échantillons : 2 kg

#### Profil de réentrée (simulations réalisées avec Hyperedit):

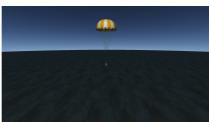


Réentrée sous bouclier thermique

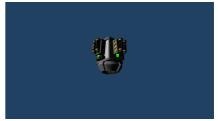


Largage de la coiffe à 10 km d'altitude





1 km d'altitude, et largage du bouclier thermique



Ouverture partielle du parachute Ouverture totale du parachute à Atterrissage à 2,5 m/s, quelques problèmes de flottaison

#### L'atterrisseur MASCOT



Encore une fois, un design assez simple : un probe core, quelques batteries, une roue de réaction pour permettre les bonds sur Ryugu (environ 20 m d'altitude et 50 m de distance parcourue), et un module de scan de surface (c'est ce que j'ai trouvé qui se rapproche le plus du microscope embarqué par MASCOT).

<u>Caractéristiques / Comparaison avec la réalité :</u>

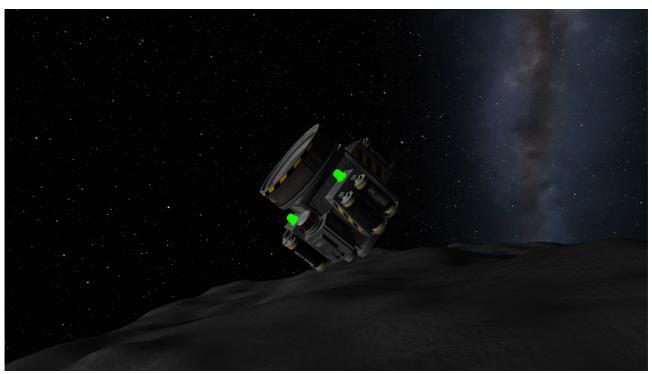
**Masse**: 26 kg / 10 kg

**Taille**: 40\*50\*50 cm / 30\*30\*20 cm

Propulsion : roue de réaction / bras articulé

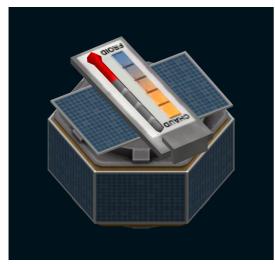
**Alimentation**: batteries

Autonomie: 30 min en activité, 50 h en hibernation / 16 h



Pour une vidéo complète d'un bond, voir le fichier bond mascot.mp4 joint au dossier

#### Les atterrisseurs Minerva II-1



Encore une fois, un probe core, beaucoup de panneaux solaires pour l'électricité, et un thermomètre pour la science. Les deux atterrisseurs sont attachés ensemble par un séparateur. Des petits bonds sur Ryugu sont possibles grâce à la roue de réaction intégrée au probe core.

Caractéristiques / Comparaison avec la réalité :

**Masse**: 9 kg / 1,5 kg

**Taille**: 30\*30\*20 cm / 17\*17\*7 cm

Propulsion : roue de réaction / masse en rotation

**Alimentation**: panneaux solaires

#### L'atterrisseur Minerva II-2



Je ne vais pas entrer dans les détails, c'est le même design que Minerva II-1 mais avec un accéléromètre en plus.

#### L'impacteur



En un mot, MOAR SEPATRONS! Le fonctionnement est très simple : on attend que l'impacteur soit au dessus du site d'impact, on pointe vers le sol, on s'éloigne un peu et on appuie sur espace. Et 5 secondes plus tard, il s'écrase sur Ryugu à 350 m/s.

Caractéristiques: Masse: 1 kg

**Taille**: 10\*10\*10 cm

**Propulsion**: 8 sépatrons (réduits à 10%)

TWR = 16,4 $\Delta v = 1.16 \text{ km/s}$ 

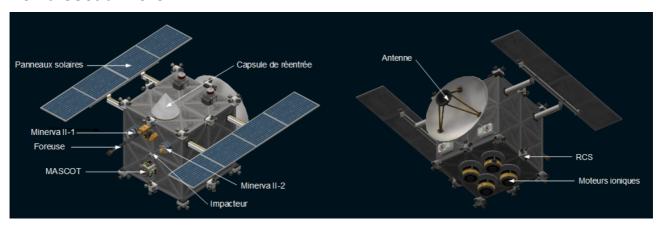
**Alimentation**: batteries

Autonomie: 27 s en activité, 45 min en hibernation



Pour la version animée, voir le fichier impacteur.gif joint au dossier

#### Le vaisseau mère



Sans surprise, cette phase est la plus complexe de la conception. Le corps principal de la sonde est un cube de parts structurelles, sur lequel sont attachés tous les autres éléments. L'antenne permet à la fois de communiquer avec la Terre et d'assurer un rôle de relais pour l'impacteur et les trois atterrisseurs. La foreuse attachée sur le côté permet, après un atterrissage sur Ryugu, de récupérer les échantillons. Les panneaux solaires, qui sont la source principale d'énergie de la sonde, ont un système de déploiement particulièrement complexe permis par les capacités d'Infernal Robotics. Deux systèmes différents assurent la propulsion : 4 moteurs ioniques sont utilisés pour les manœuvres interplanétaires, tandis que les manœuvres orbitales à proximité de Ryugu sont effectuées par 16 RCS placés tout autour de la sonde. Enfin, le carburant, les batteries et quelques éléments mécaniques sont cachés à l'intérieur de la structure.

Caractéristiques / comparaison avec la réalité :

**Masse**: 6.3 t / 610 kg

**Taille (corps)**: 3.0\*3.7\*2.6 m / 1.0\*1.6\*1.3 m

**Taille (panneaux solaires)** : 3.0\*4.8\*5.2 m / 6\*4.2\*1.3 m

**Propulsion**: 4 moteurs ioniques + 12 RCS / 3+1 moteurs ioniques + 12 RCS

TWR =  $0.13 / 4.7*10^{-6}$  $\Delta v = 1.7 \text{ km/s} / 2 \text{km/s}$ 

**Alimentation**: panneaux solaires

## Le lanceur H-IIA



Cette fois, je n'ai pas tenté spécialement de reproduire H-IIA, juste de faire une fusée qui puisse lancer Hayabusa 2 sur la bonne trajectoire. Du coup ça donne une fusée très classique, Hammer-Skipper-Poodle (mais en même temps, KSP stock ne permet pas une diversité énorme au niveau des fusées). La fusée offre au total 4,6 km/s de delta-v, ce qui est amplement suffisant pour placer la sonde sur une orbite basse terrestre et effectuer un burn d'éjection de 1,1 km/s, et en bonus l'accélération ne dépasse jamais les 2,4 g.

#### Caractéristiques:

**Étages**: 2 + 2 boosters **Masse au décollage**: 60,4 t

Diamètre: 2,5 m + 2 boosters de 1,25 m

Hauteur: 19,5 m

#### Deuxième étage:

Masse au décollage : 16,6 t Propulsion : 1 Poodle

**TWR**: 1,11

**Delta-v** : 2,55 km/s

#### Premier étage:

Masse au décollage : 30,1 t Propulsion : 1 Mainsail

TWR (après séparation des boosters) : 1,20 Delta-v (après séparation des boosters) : 2,09 km/s

#### Boosters:

Masse au décollage : 10,4 t Propulsion : 2 Hammer

TWR (avec premier étage): 1,63

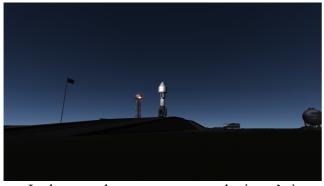
**Delta-v**: 500 m/s



## **Tests**

Eh oui, les tests c'est important pour vérifier que tout fonctionne bien! Ce test permettra de mettre à l'épreuve la fusée et certains des composants de la sonde dans des conditions proches des conditions réelles. Le test se déroulera de la manière suivante:

- -Lancement sur une orbite basse terrestre, sur le même plan que l'écliptique
- -Accélération jusqu'à une vitesse proche de la vitesse de libération
- -Une fois arrivé à l'apogée, la sonde utilise ses moteurs ioniques pour accélérer à une vitesse proche de la vitesse réelle au moment de la réentrée
- -Séparation de la capsule de réentrée, et manœuvre d'évitement de la Terre par le vaisseau mère
- -Réentrée et atterrissage de la capsule



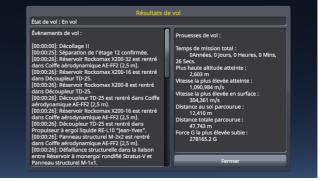
Le lanceur de test sur son pas de tir, prêt à décoller



Squalala nous sommes partis!



T+0:24 Séparation des boosters



Tous les paramètres propulsifs sont normaux, la trajectoire est normale

C'est à cet instant précis, 26 secondes après le lancement, que le Kraken frappa la mission. Rien de ce que j'ai essayé n'a permis de régler le problème, y compris cheater pour envoyer la sonde directement en orbite terrestre (par contre j'ai réussi à entièrement détruire le système solaire, et la sonde est un excellent Kraken drive :p). Cette mission ne pourra donc malheureusement jamais être terminée.