

Compte rendu de la mission Cassini



Retour sur le vol, les performances et expériences scientifiques

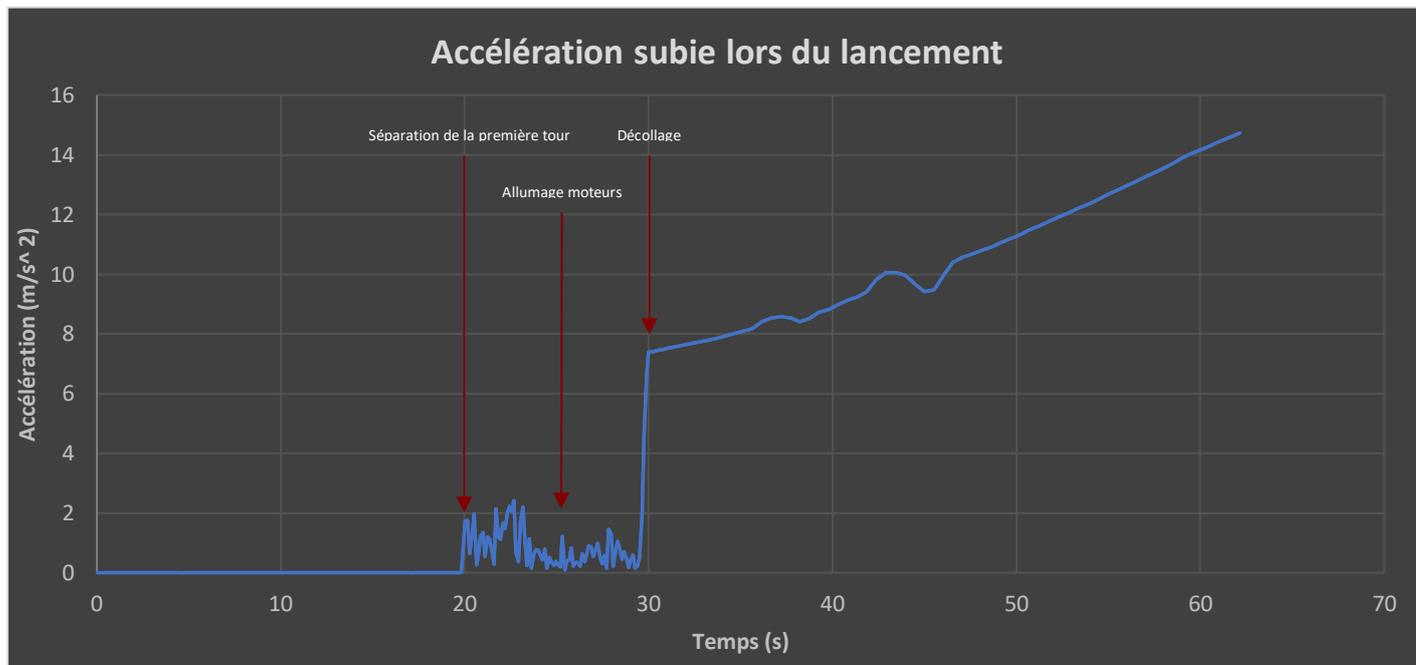
Conclusion concernant à la mission

I. Retour sur le vol

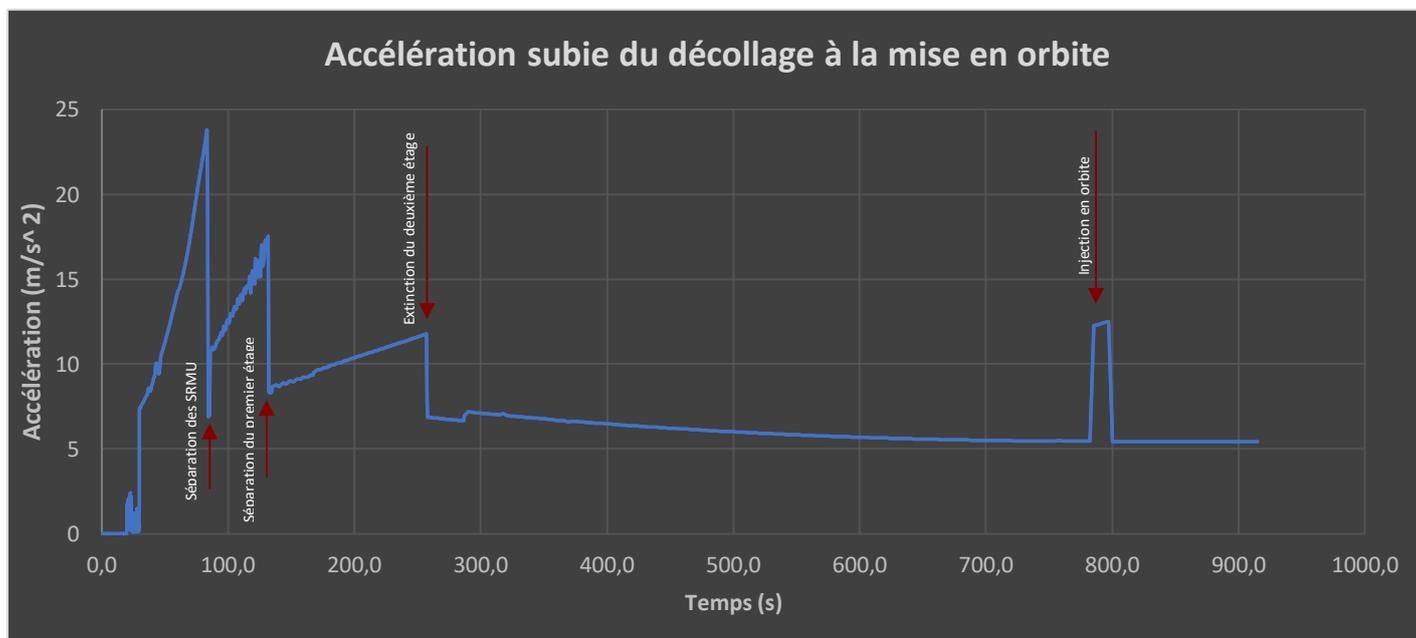
Résumé et commentaire des étapes clés du vol. Une chronologie complète suivra.

Le décollage s'est déroulé parfaitement, à l'exception de légères perturbations au moment de la séparation des SRMU qui n'ont eu aucune conséquence sur la mission. Cet élément doit être pris en compte pour éviter de futurs problèmes, il semble que les propulseurs chargés d'éloigner les boosters du corps principal manquaient de puissance.

On remarque que la sonde a par moment subi d'importantes contraintes, liées à des commandes agressives.

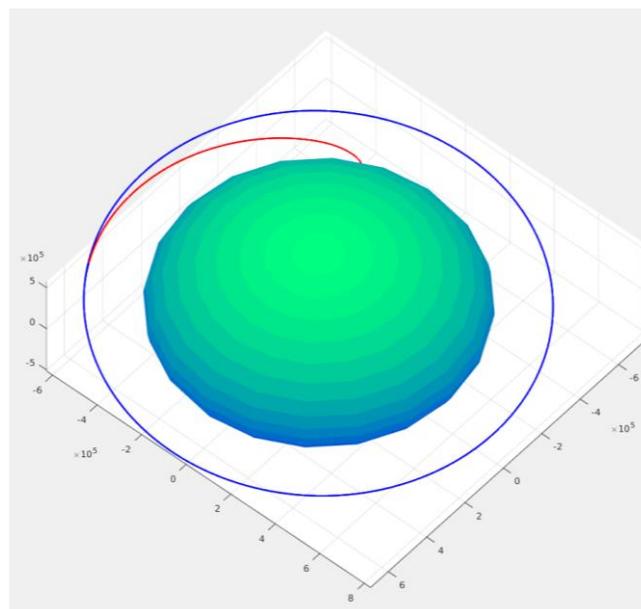
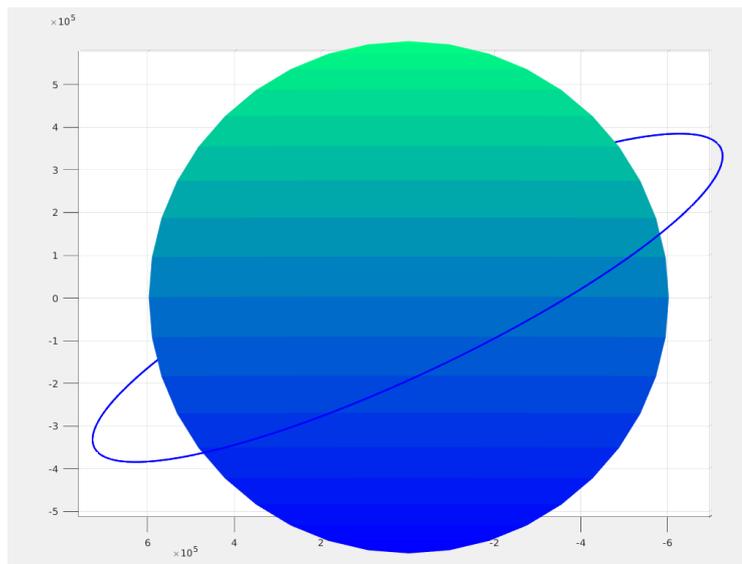


1 - Relevés de télémétrie lors du décollage de Cassini

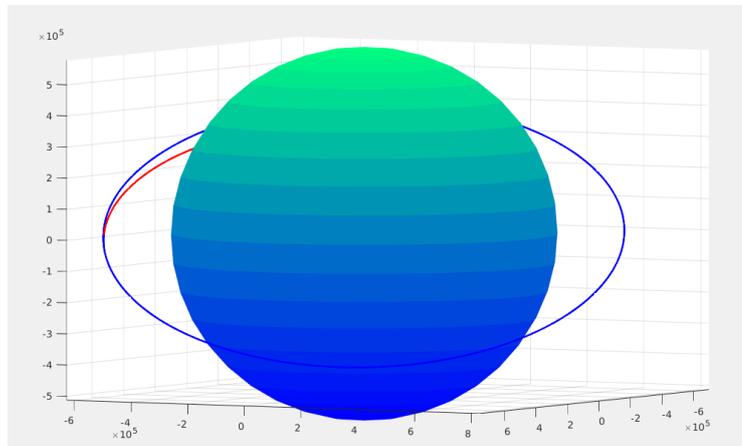


Ces relevés montrent des instabilités lors du lancement, les corriger garantirait plus de fiabilité concernant l'orbite atteinte.

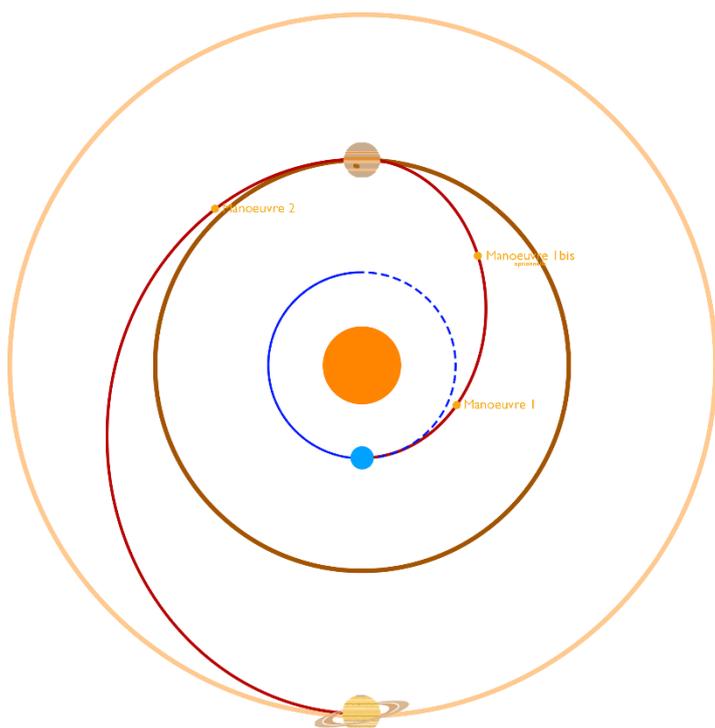
Le deuxième étage s'est séparé avec succès après avoir injecté la charge utile sur une orbite de parking circulaire de 205 kilomètres, inclinée à 28,67 degrés.



Trajectoire empruntée jusqu'à l'orbite



Une fois en orbite, le dernier étage est allumé pour envoyer la charge utile directement vers Jupiter pour l'assistance gravitationnelle.

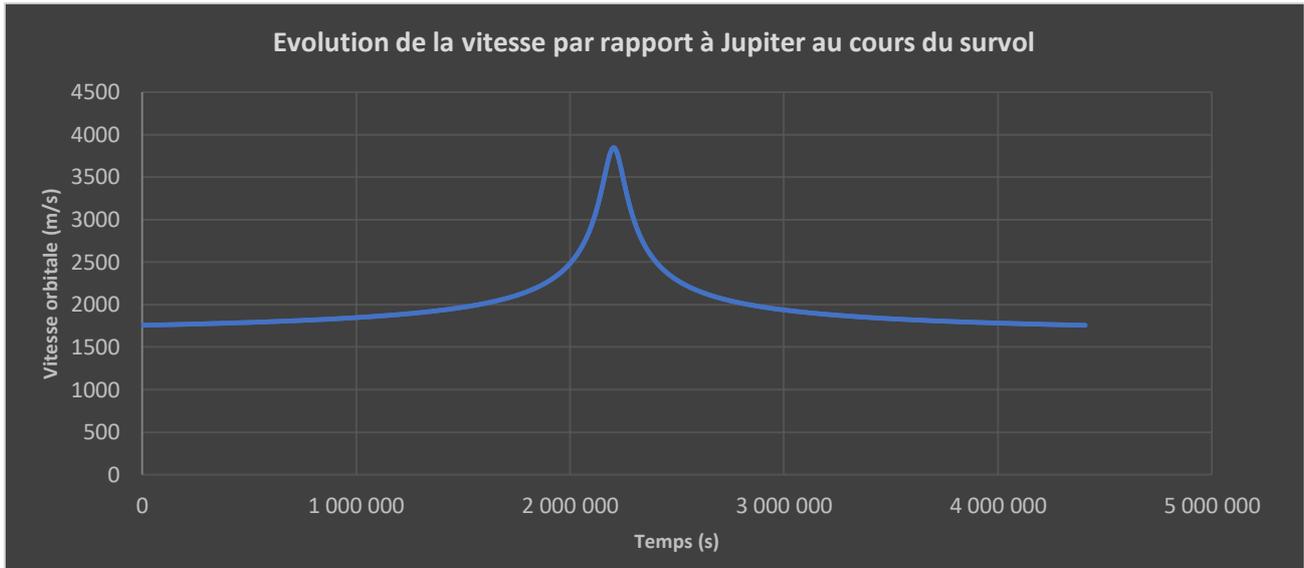


- Trajectoire de Cassini
- Orbite de la Terre
- Orbite de Jupiter
- Orbite de Saturne

Cette manœuvre coute l'entiereté du carburant du Centaur, pour un Δv de 2028 m/s.

425 jours (2550 heures) après le lancement, la premiere correction de trajectoire est effectuée pour ajuster l'approche de Jupiter. Celle-ci est assurée par le système de propulsion de la sonde. Les deux moteurs sont allumés pendant 2 minutes 45s, soit un Δv de 75,9 m/s.

L'ensemble Cassini-Snegyuh rentre dans la sphère d'influence de Jupiter 1 année (kerbal) et 381 jours après cette manœuvre. Sa trajectoire est très fortement impactée par ce survol, qui lui fournit la vitesse nécessaire pour atteindre l'orbite de Jupiter, comme c'est illustré sur le schéma.



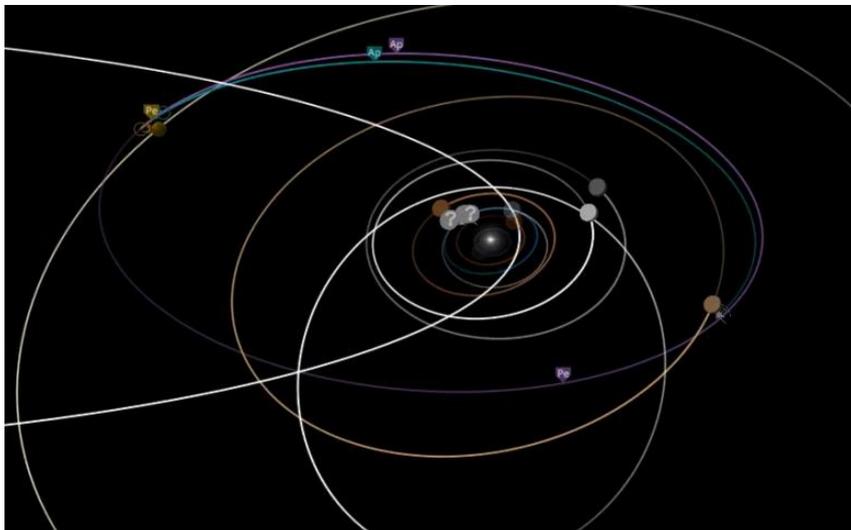
Elle passe au plus près de la planète 2 ans et 294 jours (temps Kerbal*) après le décollage, à une altitude de 155 000 kilomètres.



2 - Jupiter et ses quatre principales lunes, par Cassini

Ce survol n'a pas pu fournir autant de données qu'une mise en orbite, mais il a permis des observations à courte distance.

Grace aux appareils de Cassini la masse de Jupiter est calculée et est d'environ $1,479 \cdot 10^{25}$ kg.



Après le survol, Cassini-Snegyuh est sur une trajectoire de rencontre avec Saturne.

En bleu sur l'image ci contre : la trajectoire de Cassini-Snegyuh à l'issue de l'assistance gravitationnelle. Après une demi orbite, elle rencontre Saturne.

Une manœuvre permet d'ajuster l'arrivée dans la sphère d'influence de la planète pour obtenir le périégée souhaité de 2700 km. Elle coûte 161,6 m/s et dure 5 minutes 39, avec les deux moteurs allumés.

16 ans et 417 jours* après son lancement, Cassini-Snegyuh fait son entrée dans le système de Saturne. 146 jours* plus tard, ses moteurs s'allument pour une durée de 4 minutes et 59 secondes. L'orbiteur et son compagnon sont en orbite de Saturne. L'orbite est extrêmement elliptique et fortement inclinée : Un périégée de 2 687 kilomètres pour une apogée à 896 610 kilomètres (soit une excentricité de 0,98225) et une inclinaison de 117,68°.

A l'apogée, une manœuvre est effectuée pour placer l'ensemble sur une trajectoire de collision avec la première cible : Titan. A trois semaines de l'impact, elle relâche ensuite Snegyuh, qui se retrouve en autonomie, avant de rallumer ses moteurs pour éviter la fin prématurée de la mission. Durant le survol, l'orbiteur allume ses instruments pour réaliser des relevés, et relaie vers la Terre les informations transmises par Snegyuh. Il passe à 161 kilomètres de la surface. La trajectoire nécessaire pour que Snegyuh atterrisse de jour n'est pas optimale et l'orbiteur est freiné par Titan lors du survol.

Le deuxième survol permet d'augmenter l'apogée de l'orbite autour de Saturne. Cassini passe à 117 kilomètres du sol, ce qui permet de monter l'apogée de la trajectoire de 632 000 kilomètres à 773 990 kilomètres.

Le troisième survol est encore une assistance gravitationnelle : en passant à 116 kilomètres du sol, l'apogée de l'orbite saturnienne passe à 1 078 000 kilomètres, en prévision du transfert vers Japet.



4 - Japet, par Cassini

Cassini survole Japet à 25 kilomètres du sol, ce qui apporte des vues détaillées de celui-ci, en particulier la séparation des deux couleurs. On remarque aussi une étonnante crête tout le long de l'équateur de la lune.

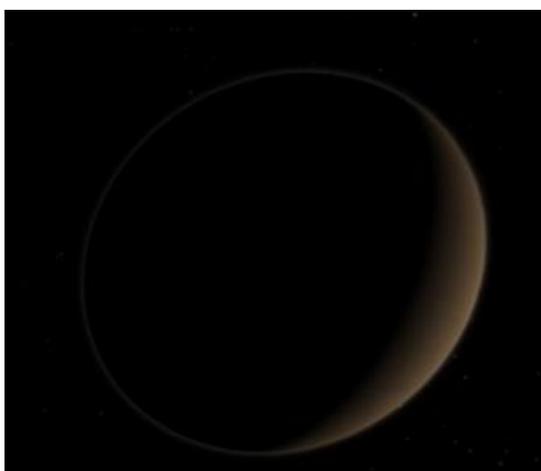
Après ce passage, Cassini va à la rencontre de Titan deux nouvelles fois pour abaisser son apogée rapidement, afin d'aller explorer les lunes plus proches de Saturne.

Cassini réalise une série de survols, tous précédés d'une manœuvre, de quatre autres lunes :

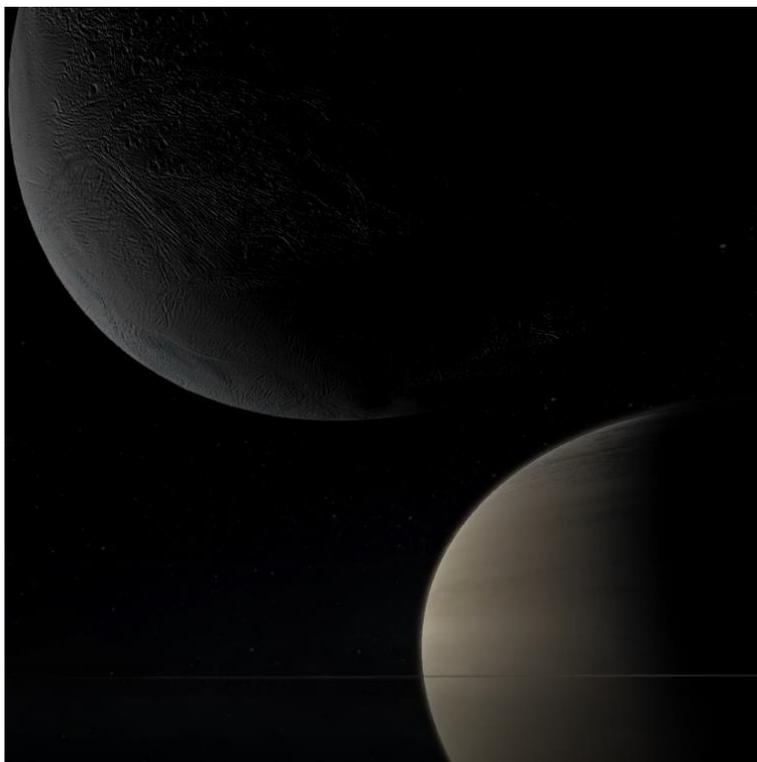
D'abord, elle survole Encelade à 27 000m, dévoilant sa surface glacée, blanche aux reflets bleutés.

Elle va ensuite vers Tethys à 8 839 m, vers Dioné à 12 900 m, Rhea à 7 400 m, puis Mimas à 4 365 m.

Les survols ont permis d'observer les surfaces des satellites, et de confirmer les masses respectives de ceux-ci.



3 - Titan par Cassini



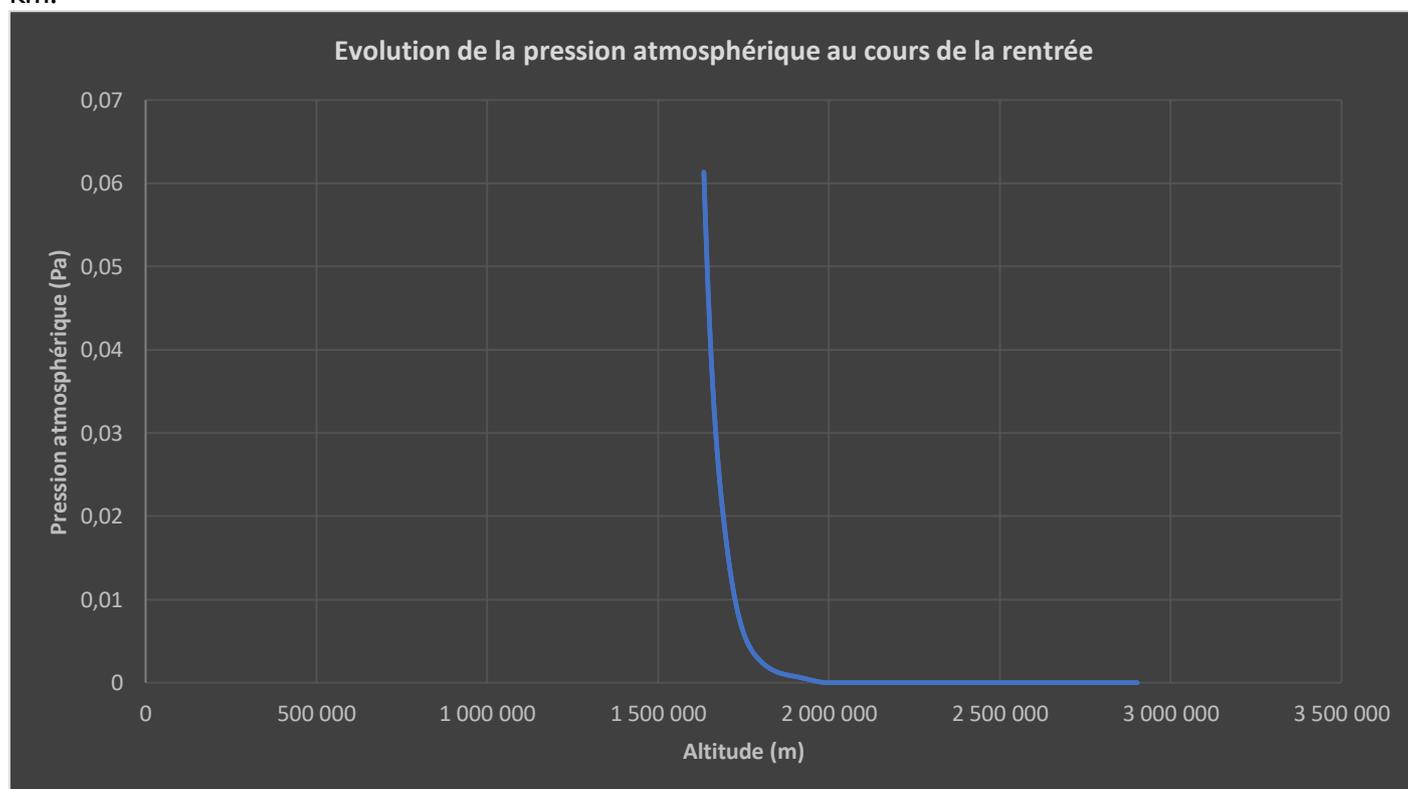
6 - Encelade et Saturne



5 - Rhea par Cassini

Kassini allume ensuite ses moteur pour la dernière fois, amenant son périégée dans l'atmosphère de Saturne, pour le Grand final de la mission.

Le grand final a donné à l'orbiteur une fin de mission spectaculaire, en plus de nous apporter quelques rapides informations sur Saturne. Cependant, la sonde a été détruite très rapidement, ce qui a limité la durée des observations. Elle a cessé de fonctionner lors de son entrée dans l'atmosphère, à une altitude de 1700 km.



7 - Une des données mesurées lors de la rentrée

II. Chronologie complète

Date*	Événement	Information
T – 10s	Séparation du premier bras de la tour de lancement	
T – 4s	Allumage des moteurs et des SRMU	
T – 0s	Décollage de la fusée	
T + 54s	Séparation des SRMU	Légère colision, aucun dommage notable
T + 1 min 43s	Séparation du Premier étage Allumage du deuxième étage	
T + 12 min 50s	Insertion réussie en orbite basse	Orbite circulaire, 205 km 18,67°
T + 1h 45 min	Ejection vers Jupiter	Δ_v 2028 m/s
T + 425j	Première correction de trajectoire	Δ_v 75,9 m/s L'approche de Jupiter est ajustée
T + 2 ans et 294 jours	Survol de Jupiter	Au plus proche à 162 233 km de la planète. Une rencontre est obtenue avec Saturne
T + 3 ans et 165 jours	Deuxième correction de trajectoire	Δ_v 161,6 m/s La rencontre avec Saturne est ajustée
T + 17 ans et 137 jours	Arrivée en orbite de Saturne	Orbite 2 687 x 896 610 km, 117,68°
T + 17 ans et 219 jours	Manœuvre – Rencontre Titan	Δ_v 87,7 m/s
T + 17 ans et 304 jours	Premier Survol de Titan par Cassini Atterrissage de Snegyuh	Survol à 161 000 m Atterrissage réussi dans une zone montagneuse
T + 17 ans et 310 jours	Manœuvre – 2eme survol de Titan	Δ_v 8,6 m/s
T + 17 ans et 408 jours	2° Assistance gravitationnelle de Titan	Survol à 117 000 m
T + 17 ans et 418 jours	Manœuvre – 3eme survol de Titan	Δ_v 47,2 m/s
T + 18 ans et 126 jours	3° Assistance gravitationnelle de Titan	Survol à 116 000 m
T + 18 ans et 230 jours	Manœuvre – Survol de Japet	Δ_v 161,6 m/s
T + 18 ans et 332 jours	Survol de Japet	Survol à 154 000 m
T + 19 ans et 68 jours	Manœuvre – 4eme survol de Titan	Δ_v 176,4 m/s
T + 19 ans et 153 jours	4° assistance gravitationnelle de Titan	Survol à 99 000 m
T + 19 ans et 170 jours	Manœuvre – 5eme survol de Titan	Δ_v 6,2 m/s
T + 19 ans et 277 jours	5° assistance gravitationnelle de Titan	Survol à 110 000 m
T + 19 ans et 309 jours	Manœuvre – Survol d'Encelade	Δ_v 137,1 m/s

Date*	Événement	Information
T + 19 ans et 355 jours	Survol d'Encelade	Survol à 27 000 m
T + 19 ans et 392 jours	Manœuvre – Survol de Tethys	Δ_v 20,7 m/s
T + 20 ans et 5 jours	Survol de Tethys	Survol à 8 839 m
T + 20 ans et 42 jours	Manœuvre – Survol de Dioné	Δ_v 19,6 m/s
T + 20 ans et 81 jours	Survol de Dioné	Survol à 12 900 m
T + 20 ans et 121 jours	Manœuvre – Survol de Rhea	Δ_v 36,7 m/s
T + 20 ans et 157 jours	Survol de Rhea	Survol à 7400 m
T + 20 ans et 269 jours	Manœuvre - Survol de Mimas	Δ_v 95,5 m/s
T + 20 ans et 309 jours	Survol de Mimas	Survol à 4 365 m
T + 20 ans et 347 jours	Dernier allumage des moteurs	Abaissement du périégée pour désorbiter la sonde
T + 20A 384J 1H 33min 44s	Destruction totale de la sonde dans l'atmosphère de Saturne	FIN DE MISSION

*NOTE : Les dates sont différentes dans le système Kerbal. Dans ce système, un jour dure 6 heures et une année dure 426 jours.

BILAN PERSONNEL

C'est la fin de ma (longue ?) participation à ce 5^{ème} défi (3^e pour moi)

J'ai abandonné la catégorie Junior dans laquelle j'avais joué auparavant pour me jeter dans le Historique, façon pour moi de me dépasser, de voir plus loin, et de profiter au mieux de la mission Cassini Huygens qui me fascine. Pour faire vite, j'ai adoré participer à ce challenge, des premières heures dans le vab, au spectacle de la destruction de ma petite sonde chérie dans l'atmosphère de la géante Saturne, en passant par les heures nombreuses à tester toutes les trajectoires, un petit carnet à la main.

L'aspect « communautaire » de ce challenge, à travers le channel dédié où tout le monde partageait ses petites (parfois grandes) trouvailles, ses galères, ses anecdotes, m'a beaucoup plu encore une fois. Enfin, toute la partie « hors ksp », à savoir la composition des documents texte, des illustrations (vous avez vu, j'ai changé de style 😊) et la vidéo étaient très plaisantes !

Maintenant, j'ai quelques 'réserves' quant à ma participation. Même si je suis très content de ce que j'ai fait sur KSP, notamment l'assistance gravitationnelle de Jupiter qui était pour moi une première absolue, je n'ai pas entièrement rempli le cahier des charges (L'inclinaison orbitale lors de l'arrivée près de Saturne est ratée quoi), et certains points sont un peu douteux. J'ai du mal à trouver ma participation légitime à figurer en Historique, car il est clair que je suis un peu maladroit avec KSP et manque encore clairement de maîtrise, à côté de ce qu'on a pu voir auparavant par d'autres candidats dans cette catégorie. Au moins, ça m'a poussé à me dépasser et j'ai appris pas mal, je suis juste un peu déçu par rapport aux objectifs que je m'étais fixés ^^ (Pas de crainte, je suis content de ce que j'ai fait mais il y'a juste cette petite amertume, qui n'enlève rien au plaisir que j'ai pris !)

Merci beaucoup pour l'organisation du défi. Merci aux créateurs de KSRSS pour leur travail et leur patience, qui ont permis la réalisation du défi et l'exploration de la plus belle des planètes (Coucou, la team Jupiter :P). J'espère que la lecture n'était pas pénible !

Liste des mods :

- ClickTroughBlocker
- ToolbarControl
- Distant Object
- EngineLightRelit
- EnvironmentalVisualEnhancements
- KerbalEngineerRedux
- Kopernicus
- KOS
- KronalVesselViewer
- KSRSS
- KSRSS-Textures
- KSRSSVE
- ModularFlightIntegrator
- PlanetShine
- RealPlume
- RealPlume-Stock
- ReStock
- Scatterer
- SmokeScreen
- TweakScale
- Utilisation du DLC Breaking Ground.

SOURCES

- *Attitude control of the Cassini spacecraft during propulsive maneuvers* – 1993 - <https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/35714/93-1439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- *Cassini* - MAJ le 25 Avril 2019- <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/mission/spacecraft/cassini-orbiter/>
- *Cassini-Huygens* – MAJ 31 mai 2020 - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cassini-Huygens>
- *Cassini-Huygens Periapsis raising manoeuvre* – MAJ 1^{er} septembre 2019 - <https://sci.esa.int/web/cassini-huygens/-/35709-status-report-no-10>
- *Cassini Launch Pres Kit* – Octobre 1997 - https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/cassini.pdf
- *Cassini, Unlocking Saturn's Secrets* – 27 mai 2005 - https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/timeline/orbit_insertion.html
- *Cassini, The journey* - <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/the-journey/>
- *Centaur (Etage de fusée)* – MAJ le 11 mai 2020 - [https://fr.wikipedia.org/wiki/Centaur_\(%C3%A9tage_de_fus%C3%A9e\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Centaur_(%C3%A9tage_de_fus%C3%A9e)) (FR) et [https://en.wikipedia.org/wiki/Centaur_\(rocket_stage\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Centaur_(rocket_stage)) (EN)
- *Centaur G* - <http://www.astronautix.com/c/centaurg.html>

- Chronologie de la mission Cassini-Huygens – MAJ 29 avril 2020 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_de_la_mission_Cassini-Huygens
- History of the Titan Centaur Launch Vehicle - <https://www.ulalaunch.com/docs/default-source/upper-stages/history-of-the-titan-centaur-launch-vehicle.pdf>
- Huygens – MAJ le 29 mai 2020 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Huygens_\(spacecraft\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Huygens_(spacecraft))
- Huygens trajectory spot on – 12 janvier 2005 - https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cassini-Huygens/Huygens_trajectory_spot_on
- Kerbol – 17 novembre 2019 - <https://wiki.kerbalspaceprogram.com/wiki/Kerbol>
- Lockheed Martin Titan IVB Rocket – 14 Mars 2016 - <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/692874/lockheed-martin-ivb-rocket/>
- Mission Information - https://pds.nasa.gov/ds-view/pds/viewMissionProfile.jsp?MISSION_NAME=CASSINI-HUYGENS
- Titan-4(01)B Centaur-T – MAJ le 12 décembre 2017 - https://space.skyrocket.de/doc_lau_det/titan-401b.htm
- Titan-IV - MAJ le 30 mai 2020 - https://en.wikipedia.org/wiki/Titan_IV
- Titan 4 Data Sheet – MAJ 30 octobre 2003 - <https://www.spacelaunchreport.com/titan4.html>

FIGURES

- Figure 1 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Saturn,_through_82%22_telescope,reprocessed.jpg
- Figure 2 - <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00348>
- Figure 3 – Modélisation avec Fusion 360
- Figure 4 – Modélisation avec Fusion 360
- Figure 5 - Modélisation sur Fusion 360
- Figure 6 - <https://trs.jpl.nasa.gov/handle/2014/45909>
- Figure 7 - <https://trs.jpl.nasa.gov/bitstream/handle/2014/35714/93-1439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figure 8 - Modélisation sur Fusion 360
- Figure 9 - https://www.researchgate.net/figure/Cassini-Configuration-at-Saturn-Arrival_fig1_269253890
- Figure 10 - Modélisation sur Fusion 360
- Figure 11 - https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F1-4020-4520-4_56 et screenshot du jeu
- Figure 12 – Screenshot du jeu
- Figure 13 – Screenshots du jeu
- Figure 14 - <https://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet92/b92hassa.htm>
- Figure 15 - <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20070014654.pdf>
- Figure 16 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Huygens_cutaway.jpg
- Figure 17 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032063307001171> et screenshot du jeu
- Figure 18 – Screenshots du jeu
- Figure 19 - http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_US/shuttle/annexes/5_etages_superieur_part2.htm
- Figure 20 - <https://www.ulalaunch.com/docs/default-source/upper-stages/history-of-the-titan-centaur-launch-vehicle.pdf>
- Figure 21 - http://www.alternatewars.com/BBOW/Boosters/Centaur/Centaur_T_Production.jpg
- Figure 22 - <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/692874/lockheed-martin-ivb-rocket/>
- Figure 23 - https://en.wikipedia.org/wiki/Titan_IV
- Figure 24 – Screenshot du jeu

- Figure 25 – Screenshot du jeu
- Figure 26 – Screenshot du jeu
- Figure 27 – Screenshot du jeu
- Figure 28 - <https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=2398.80> et screenshot du jeu
- Figure 29 – Screenshot du jeu
- Figure 30 - https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/cassini.pdf
- Figure 31 - Schéma de la trajectoire de Cassini
- Figure 32 - <https://sci.esa.int/web/cassini-huygens/-/34955-approach-and-arrival>