

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Relazione per la prova finale
«Descrizione e Analisi delle manovre
orbitali della missione Cassini-
Huygens»***

Tutor universitario: Prof. Bettanini Fecia di Cossato Carlo.

Laureando: Tussardi Chiara.

Padova, 13/09/2022

- Descrizione della missione. pagina 3
- Descrizione delle manovre precedenti l’inserzione in orbita. pagina 4
- Descrizione dei passaggi effettuati nel sistema saturniano. pagina6
- Distacco del *lander* Huygens. pagina 7
- Prolungamenti della missione. pagina 9
- Il Gran Finale. pagina 10
- Risultati e Conclusione. pagina 12
- Bibliografia. pagina 13

Cassini-Huygens è stata una missione robotica, congiunta NASA, ESA e ASI.

Gli obiettivi della missione erano suddivisi in 5 categorie: Saturno, i suoi anelli, la magnetosfera del pianeta, le lune ghiacciate e Titano.

La sonda Cassini Huygens è stata lanciata dal razzo Titan IVB/Centaur.

Partita dal complesso 40 del J. F. Kennedy, Cape Carneval, Florida, il 15 ottobre 1997, è entrata in orbita saturniana solo il 1 luglio 2004.



Figura 1. La sonda Cassini-Huygens [08].



Figura 2. Titan IV/B [01].

Troppo pesante per essere lanciata direttamente su un'orbita per Saturno sono stati effettuati una serie di passaggi ravvicinati atti a sfruttare l'effetto di fionda gravitazionale.

Fionda gravitazionale: la sonda si avvicina ad un pianeta e la sua velocità viene aumentata dall'attrazione gravitazionale dello stesso.

Rispetto all'adozione di un trasferimento alla Hohmann, questo sistema ha permesso di ridurre il delta V di circa 14 km/s.

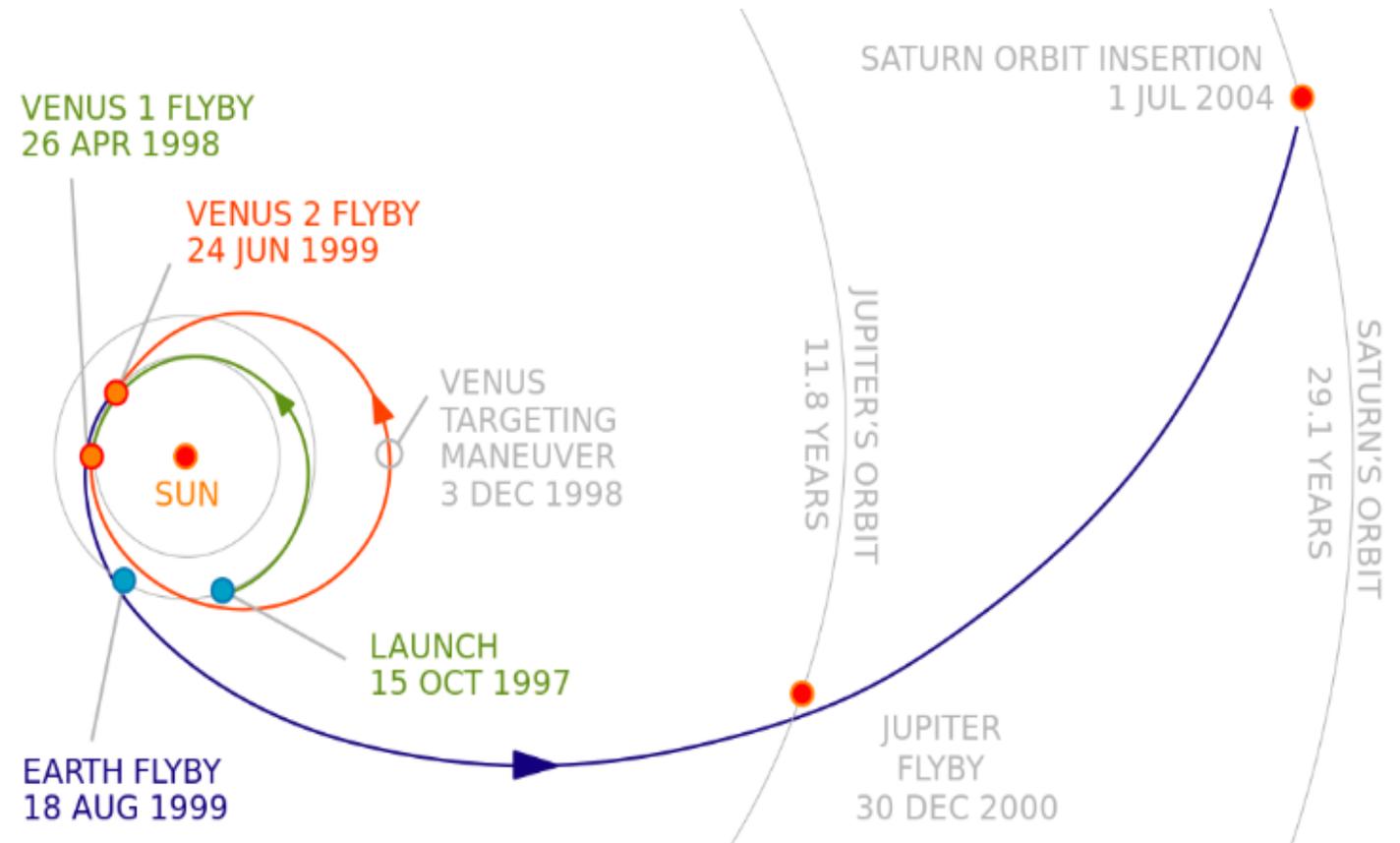


Figura 3. Schema manovre di fionda gravitazionale [06].

- Dopo 7 anni di volo e 3,5 miliardi di km percorsi la sonda è arrivata su Saturno, ma nel viaggio ha dovuto effettuare varie manovre di correzione tra cui:
- Due flyby di Venere il 26 aprile 1998 e il 24 giugno 1999.
 - Una manovra di fionda gravitazionale con la Terra il 18 agosto 1999.
 - Un passaggio ravvicinato di Giove il 30 dicembre 2000.

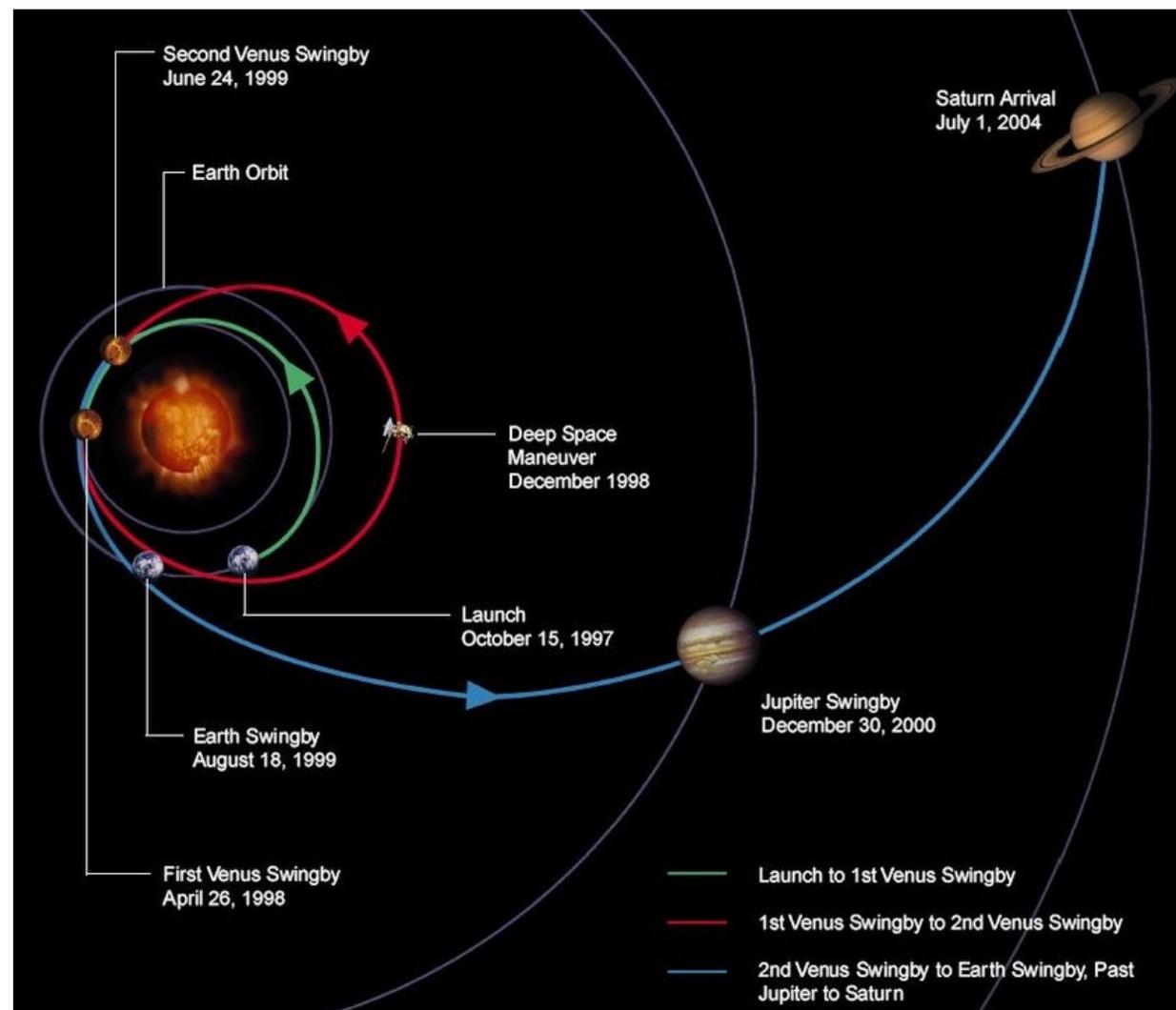


Figura 4. Schema manovre interplanetarie [07].

Dopo 7 anni di viaggio interplanetario all'interno del Sistema solare, Cassini-Huygens ha effettuato un flyby di Febe, per poi entrare in orbita attorno a Saturno il 1 luglio 2004.

Da qui ha iniziato il suo viaggio attorno al sistema saturniano, della durata prevista di 4 anni, effettuando: 75 orbite attorno al pianeta, 45 flyby di Titano, 4 di Encelado, e uno di Febe, Iperione, Dione, Rea and Giapeto.

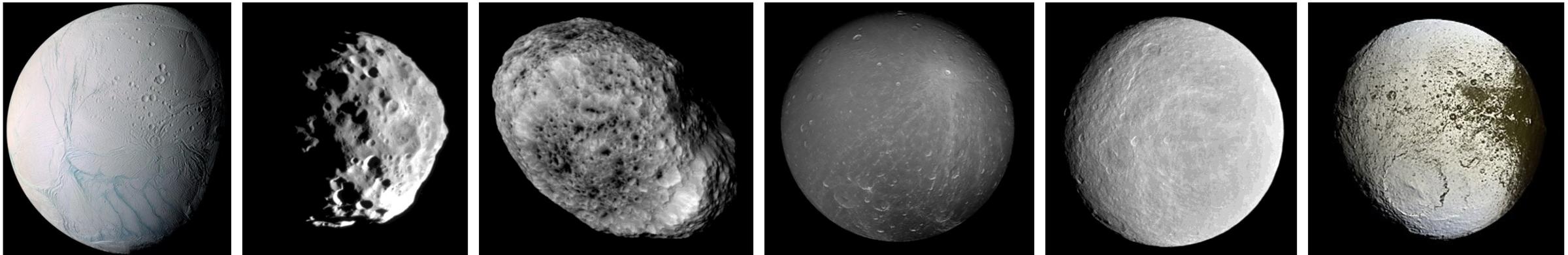


Figure 5,6,7,8,9,10. Le lune di Saturno (in ordine: Encelado [09], Febe [10], Iperione[13], Dione[14], Rea [11] e Giapeto[12]).

Verso la fine della terza rivoluzione attorno a Saturno, il 17 dicembre 2004, la sonda Cassini-Huygens si è portata su una traiettoria di impatto con Titano. Il 25 dicembre 2004, Huygens si è separata dalla sonda principale con una velocità relativa di 0.35m/s , ed è atterrata sulla luna il 14 gennaio 2005, rallentata dapprima da un paracadute e successivamente da razzi frenanti.

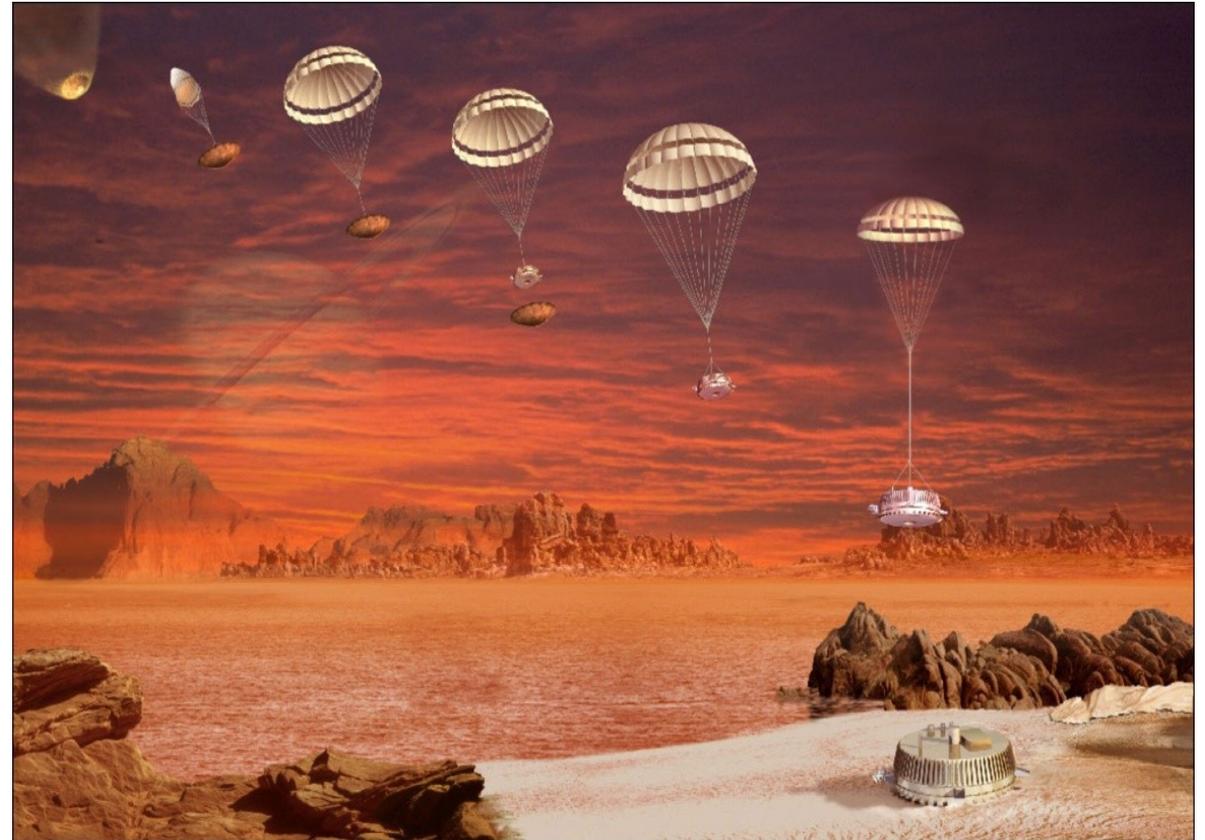


Figura 11. Raffigurazione della discesa di Huygens [04].

Durante la discesa di Huygens su Titano, Cassini ha orbitato attorno alla luna. La sonda ha effettuato prima una manovra di deviazione per sfuggire all'attrazione di Titano, poi un flyby di Giapeto, per tornare infine verso Titano. Quando, il 14 gennaio, Huygens ha raggiunto la quota di 1270 km la fase di trasmissione con la sonda madre ha avuto inizio. Cassini ha quindi orbitato attorno a Titano per mantenere il contatto fino all'impatto del lander con la superficie.

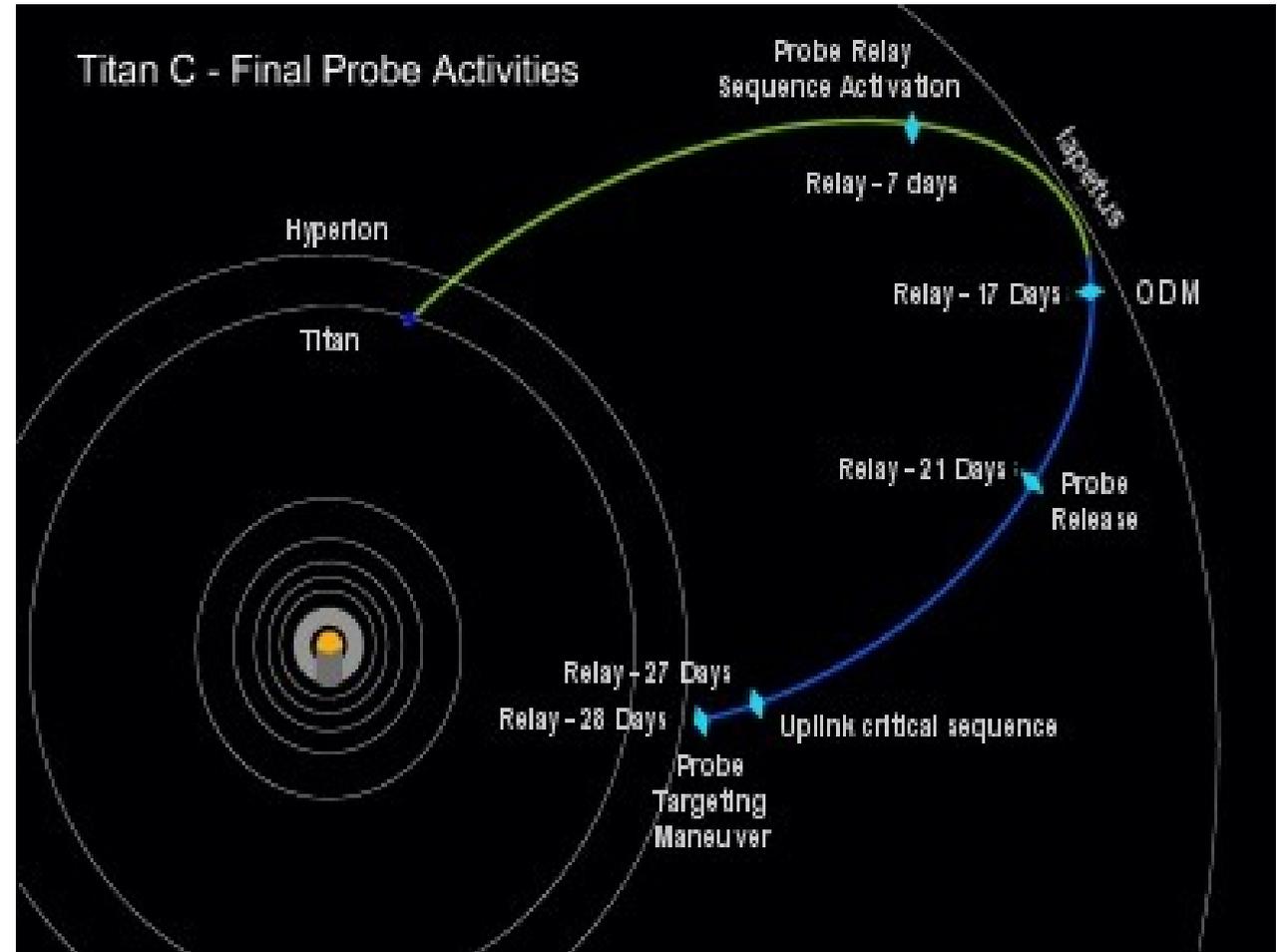


Figura 12. Schema operazioni svolte durante la discesa [05].

La Missione inizialmente programmata per 4 anni, è stata prolungata 2 volte:

- Cassini Huygens Mission:
dal giugno 2004 a maggio 2008.
- Cassini Equinox Mission:
estesa fino a settembre 2010.
- Cassini Solstice Mission:
allungata di altri sette anni.

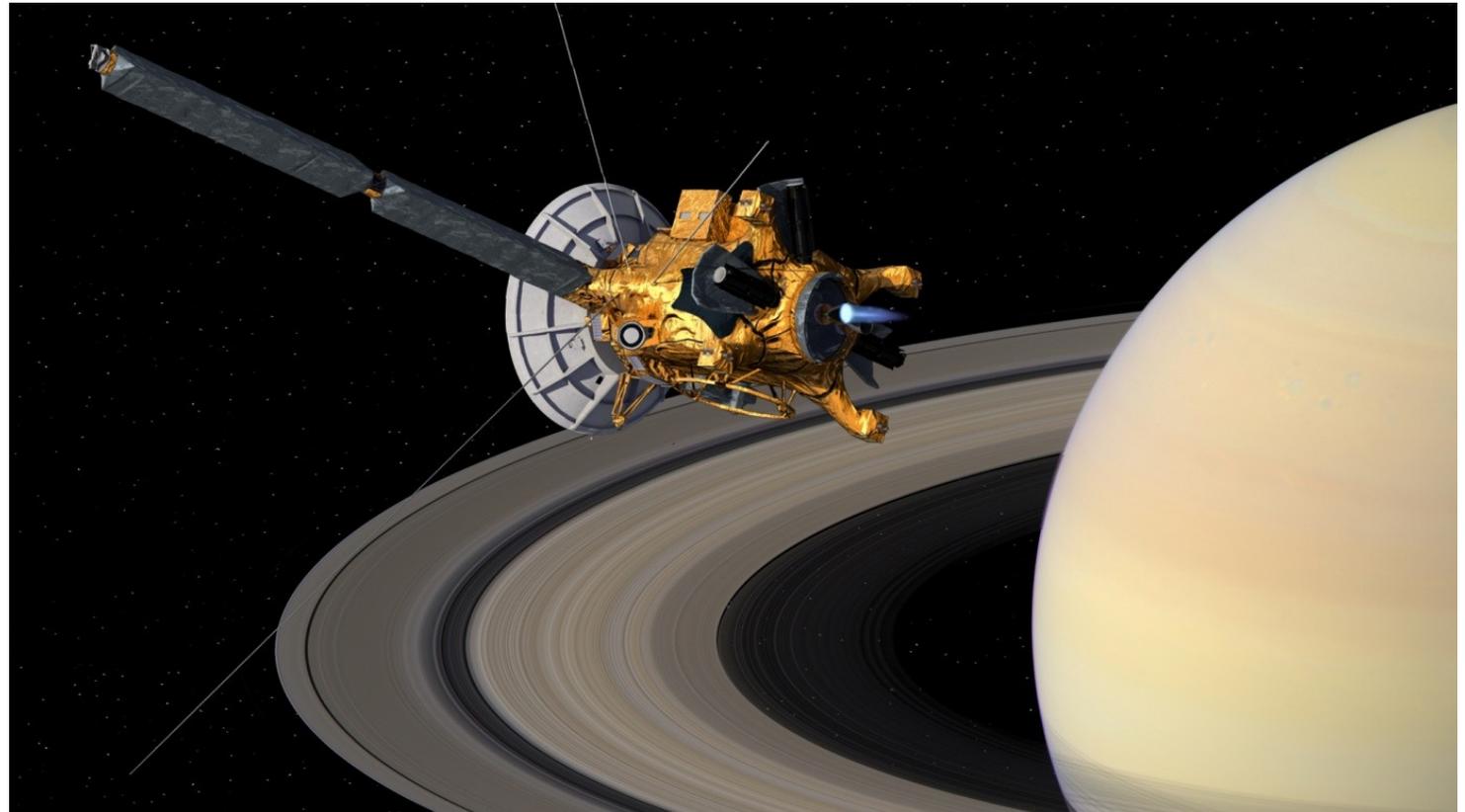
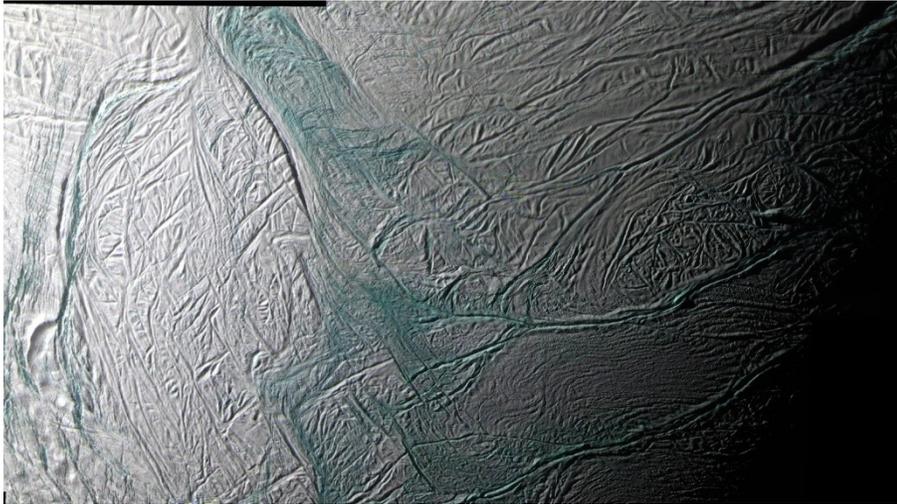
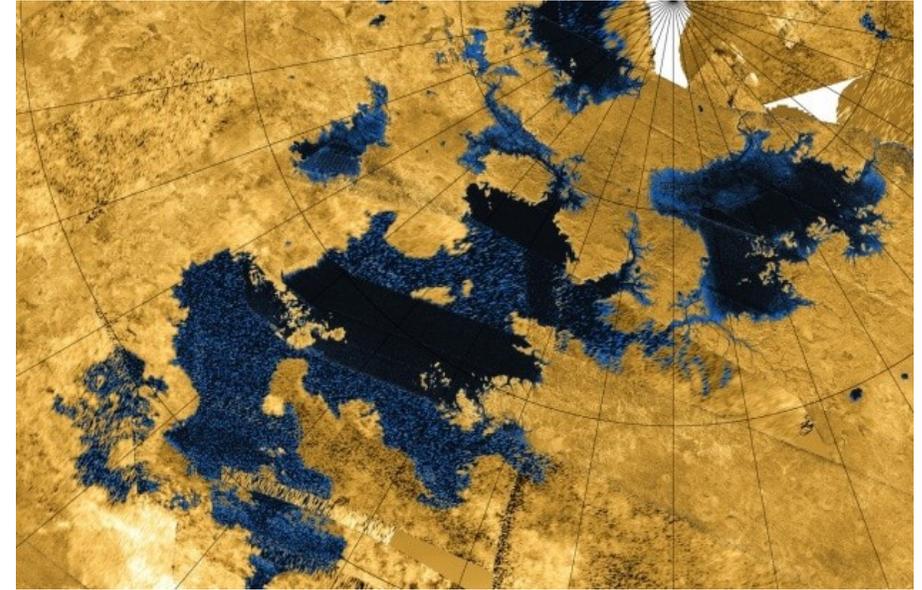


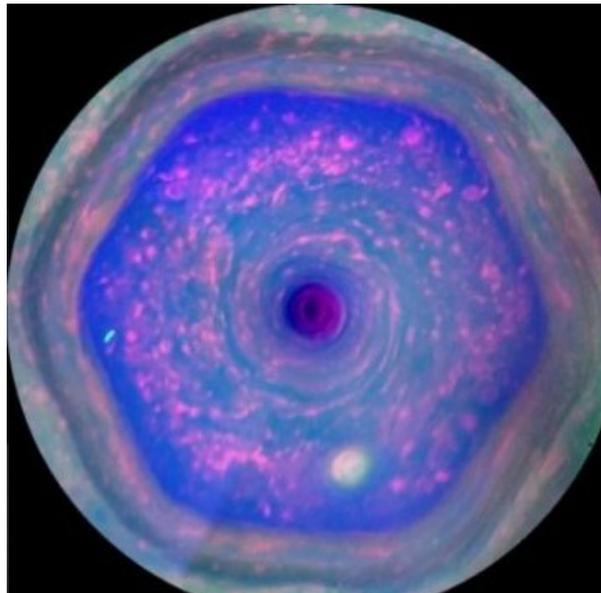
Figura 13. Raffigurazione della sonda in orbita attorno a Saturno [15].



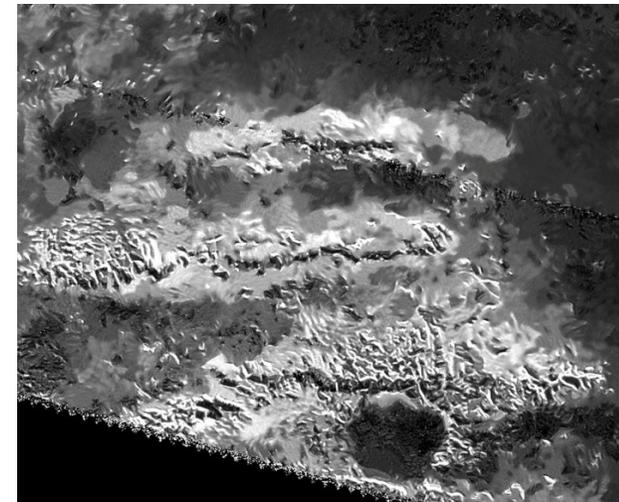
14. Superficie di Encelado [18].



16. Laghi e Oceani di Titano [20].



15. Esagono su Saturno [21].



17. Montagne di Titano [19].

Il 4 dicembre 2016, la sonda ha accesso il motore principale per attraversare il piano degli anelli.

Cassini non farà più ritorno ad un'orbita vicino al piano equatoriale; la sonda, infatti, ha lentamente aumentato la sua inclinazione. Ha poi compiuto 20 orbite sopra ai poli del pianeta, chiamate *F-ring orbit*.

L'ultimo passaggio ravvicinato di Titano è avvenuto il 22 aprile 2017, il quale ha modificato la traiettoria della sonda, portandola a compiere le ultime 22 orbite attraverso lo spazio tra Saturno e gli anelli interni.

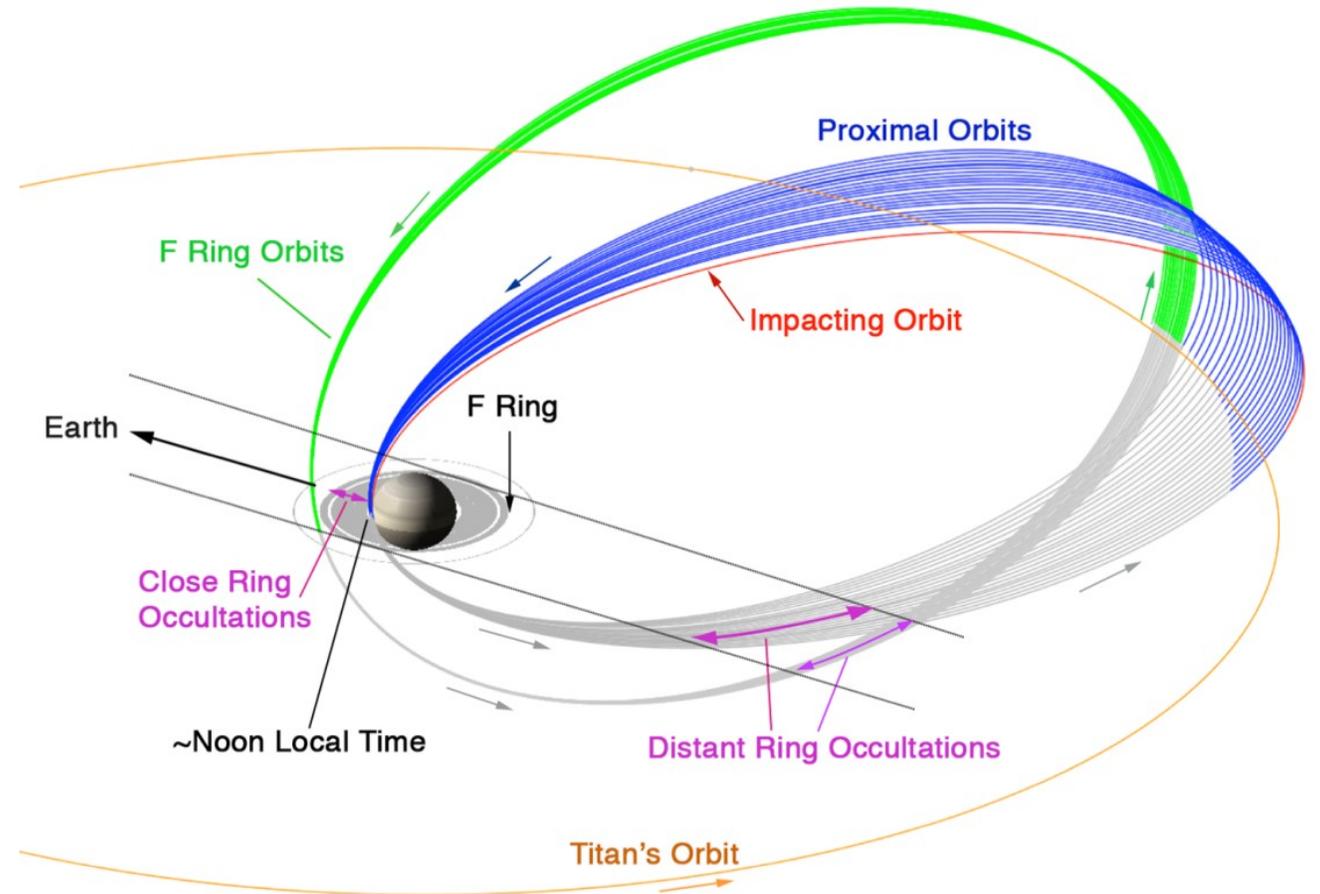


Figura 18. Schema delle orbite precedenti il Gran Finale [16].

Durante le ultime 5 orbite, Cassini è passata sul bordo più esterno dell'atmosfera di Saturno, prima di lanciarsi verso il pianeta il 15 settembre 2017. La sonda è entrata nell'atmosfera di Saturno in posizione 9.4° N e 53° W. Denominata *the Grand Finale*, la fase finale ha portato ad osservazioni imparagonabili di Saturno e dei suoi anelli.

Questa soluzione fu adottata perché essendo a secco di carburante la sonda non sarebbe più stata controllabile. Si è voluto dunque evitare possibili anche se improbabili collisioni, che avrebbero contaminato le lune di Saturno.

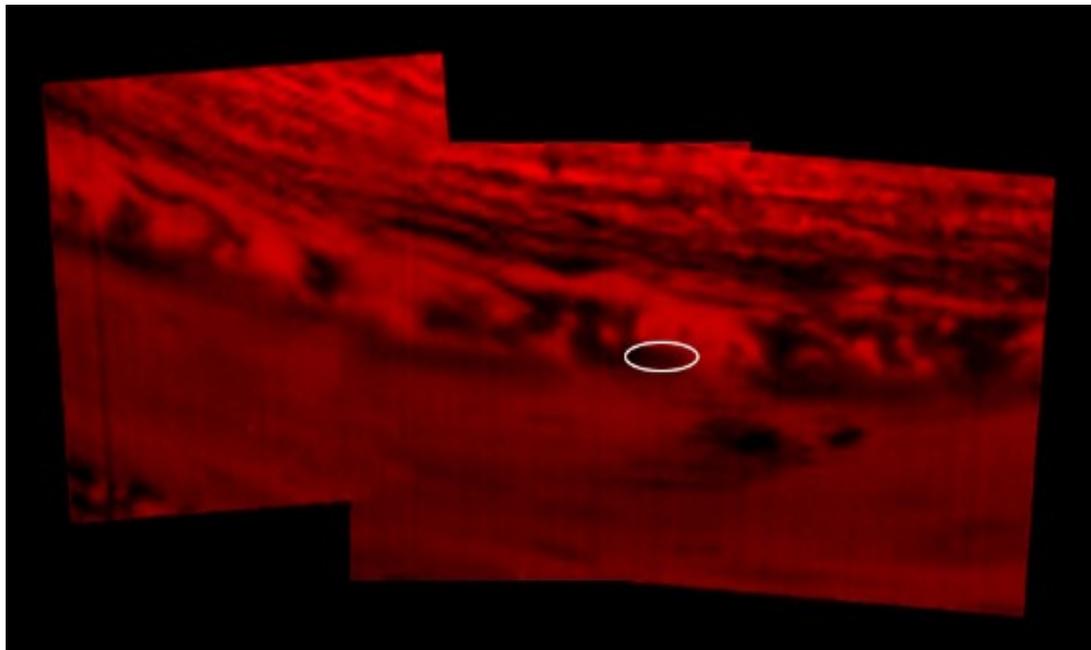


Figura 19. Luogo di entrata nell'atmosfera [02].

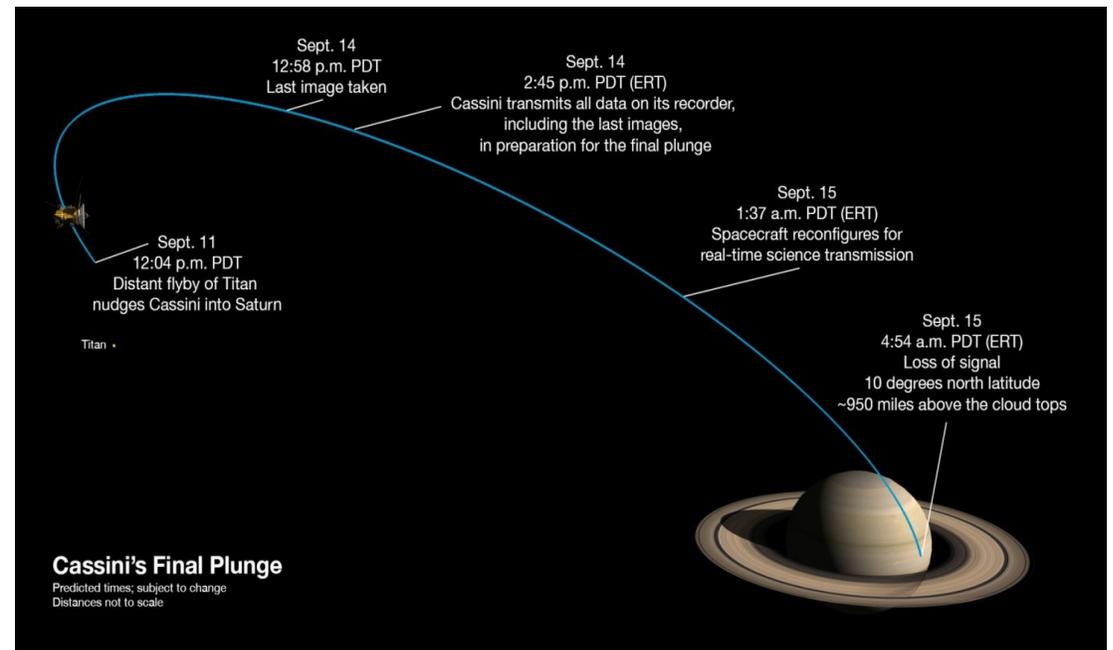


Figura 20. Schema del tuffo finale [03].

Fino alla fine, Cassini ha continuato a esplorare e raccogliere dati, che continueranno a portare nuove scoperte per almeno 20 anni dopo la sua conclusione del 15 settembre 2017.

NUMERI DELLA MISSIONE

- 2.5 milioni** di comandi eseguiti
- 7.9 miliardi di chilometri** percorsi
- 635 GB** di dati scientifici raccolti
- ~4,000 articoli scientifici** pubblicati
- 6 lune** scoperte e nominate
- 294 orbite** completate
- 162 flyby** delle lune di Saturno
- 453'048 immagini** prese
- 27 nazioni** partecipanti
- 360 manovre** completate

10 Ways Cassini Mattered

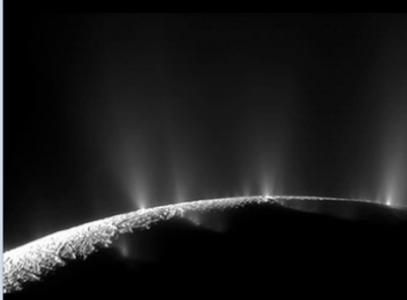
| | | |
|--|---|---|
| <p>1</p> <p>Cassini-Huygens was a mission of firsts. First to orbit Saturn. First landing in the outer solar system. First to sample an extraterrestrial ocean.</p> | <p>2</p> <p>Cassini expanded our understanding of the kinds of worlds where life might exist.</p> | <p>3</p> <p>Cassini-Huygens revealed Titan to be one of the most Earth-like worlds we've encountered and shed light on the history of our home planet.</p> |
|  | <p>4</p> <p>Cassini was, in a sense, a time machine. It revealed the processes that likely shaped the development of our solar system.</p> | <p>5</p> <p>Cassini's long mission enabled us to observe weather and seasonal changes on another planet.</p> |
| <p>6</p> <p>Cassini revealed Saturn's moons to be unique worlds with their own stories to tell.</p> | <p>7</p> <p>Cassini showed us the complexity of Saturn's rings and the dramatic processes operating within them.</p> | <p>8</p> <p>What Cassini found at Saturn prompted scientists to rethink their understanding of the solar system.</p> |
| <p>9</p> <p>Cassini represented a staggering achievement of human and technical complexity, finding innovative ways to use the spacecraft.</p> | <p>10</p> <p>Cassini revealed the beauty of Saturn, its rings and moons, inspiring our sense of wonder.</p> |  |

Figura 21. Risultati della missione [17].

- https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main/index.html
- <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/mission/quick-facts/>
- <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/mission/grand-finale/overview/>
- <https://www.nasa.gov/feature/jpl/saturn-plunge-nears-for-cassini-spacecraft>
- <https://web.archive.org/web/20150518093211/http://saturn.jpl.nasa.gov/mission/saturntourdates/saturntourdates2015/>
- <https://solarsystem.nasa.gov/news/13032/nasa-spacecraft-dives-between-saturn-and-its-rings/>

- https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cassini-Huygens
- <https://sci.esa.int/web/cassini-huygens/-/33415-summary>
- <https://sci.esa.int/web/cassini-huygens/-/43032-start-of-the-cassini-equinox-mission>
- https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Italy/La_sonda_Cassini-Huygens_in_orbita_attorno_al_pianeta_degli_anelli
- <https://sci.esa.int/web/cassini-huygens/-/34962-cassini-tour-prime-mission>

- https://web.archive.org/web/20090425172653/http://planetary.org/explore/topics/cassini_huygens/tour.html#xm

1. https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2004/06/titan_ivb_centaur/10072215-2-eng-GB/Titan_IVB_Centaur_pillars.jpg
2. https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2017/09/cassini_impact_site_infrared_image/17155050-1-eng-GB/Cassini_impact_site_infrared_image_pillars.gif
3. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/09/Cassini_s_last_week
4. https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2005/11/huygens_descent_and_landing_overview/9919813-2-eng-GB/Huygens_descent_and_landing_overview_pillars.jpg
5. <https://cdn.sci.esa.int/documents/33648/35362/1567218150914-Huygens-mission-4101.jpg>
6. https://www.passioneastronomia.it/wp-content/webp-express/webp-images/doc-root/wp-content/uploads/2020/03/1024px-Cassini_interplanet_trajectory.svg_.png.webp
7. <https://www.researchgate.net/profile/Sam-Taylor-6/publication/336261978/figure/fig20/AS:810277188694034@1570196544678/Cassini-Huygens-mission-trajectory-from-Earth-to-Saturn-including-an-Earth-two-Venus.jpg>
8. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/61/Cassini_assembly.jpg/370px-Cassini_assembly.jpg
9. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/PIA17202_-_Approaching_Enceladus.jpg/260px-PIA17202_-_Approaching_Enceladus.jpg
10. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9b/Phoebe_closeup_cassini_NASA.jpg/220px-Phoebe_closeup_cassini_NASA.jpg
11. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/02/Rhea_true_color.jpg/220px-Rhea_true_color.jpg
12. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c9/lapetus_as_seen_by_the_Cassini_probe_-_20071008.jpg/800px-lapetus_as_seen_by_the_Cassini_probe_-_20071008.jpg
13. https://www.focus.it/site_stored/imgs/0004/033/hyperion11.1020x680.jpg
14. <https://www.meteoweb.eu/wp-content/uploads/2018/03/Dione-luna-Saturno.jpg>
15. <https://www.asi.it/wp-content/uploads/2019/03/pia03883-nohuygens.jpg>
16. https://planetary.s3.amazonaws.com/web/assets/pictures/20140903_proximal-orbits.png
17. <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/overview/>
18. https://solarsystem.nasa.gov/internal_resources/1791
19. https://solarsystem.nasa.gov/system/news_items/main_images/10021_PIA20023_FigA_denoised_1280.jpg
20. https://www.focus.it/site_stored/imgs/0003/016/titan_lakes.630x360.jpg
21. https://solarsystem.nasa.gov/internal_resources/1490