

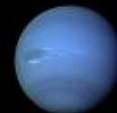
Les Planètes



Georges Kordopatis

(gkordo@oca.eu)

Observatoire de la Côte d'Azur.



Définition PLANÈTE par l'UAI



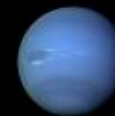
Une planète est un corps céleste qui

(a) est en orbite autour du Soleil

(b) a une forme sphérique (gravité dominante)



(c) qui a “nettoyé” le voisinage de son orbite.



Il y a 8 planètes dans le système solaire.

Définition PLANÈTE NAIN



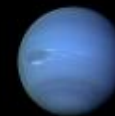
Une planète naine est un corps céleste qui

(a) est en orbite autour du Soleil

(b) a une forme sphérique



(gravité dominante)



Exemple : Cères, Pluton, Éris...

BILAN SYSTÈME SOLAIRE



BILAN SYSTÈME SOLAIRE

Soleil

Planètes telluriques

Mercury

Venus

Earth

Mars

Jupiter

Saturn

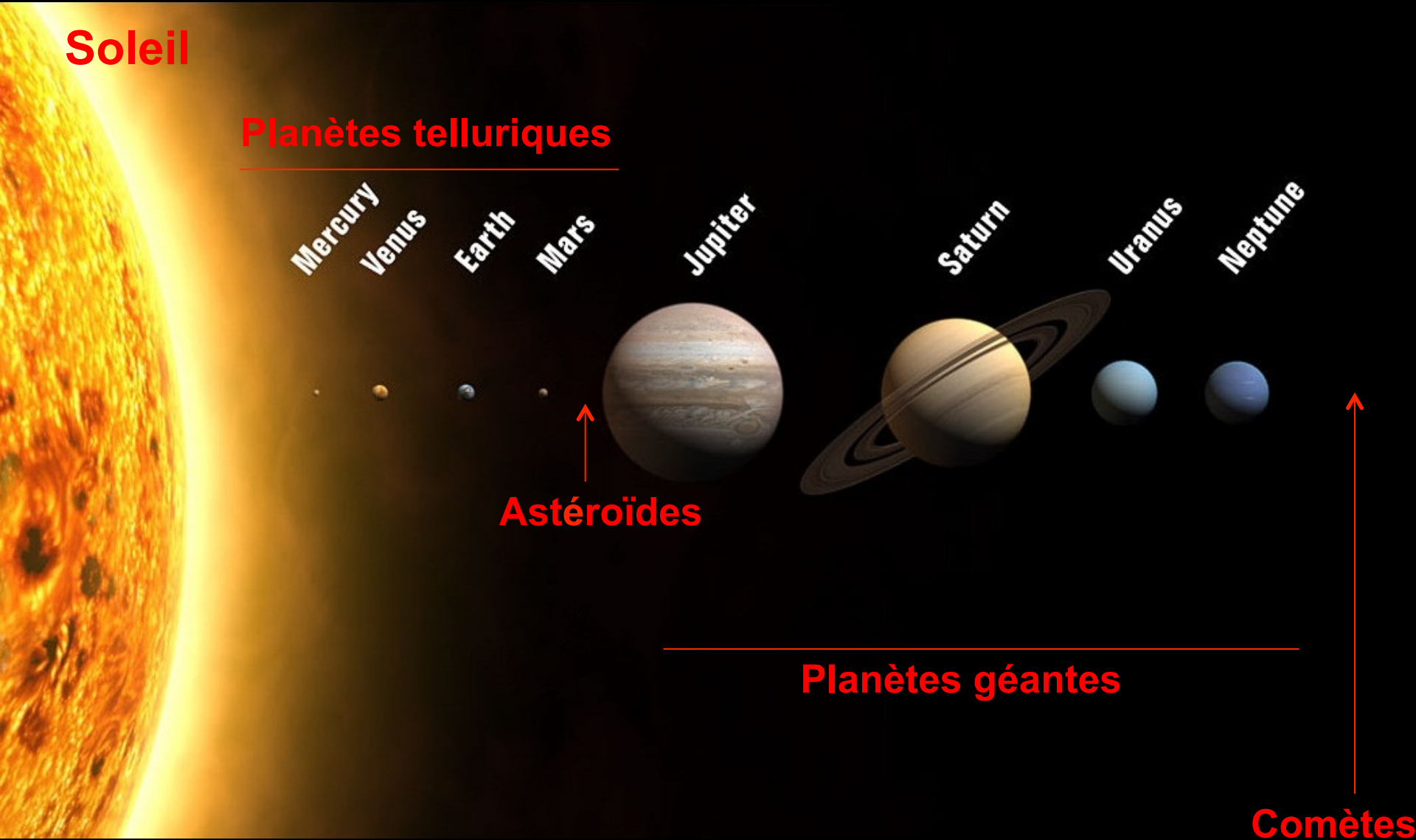
Uranus

Neptune

Astéroïdes

Planètes géantes

Comètes



Le Soleil

Notre étoile !

Étoile banale dans notre galaxie, la Voie Lactée.

Masse : 2×10^{30} kg

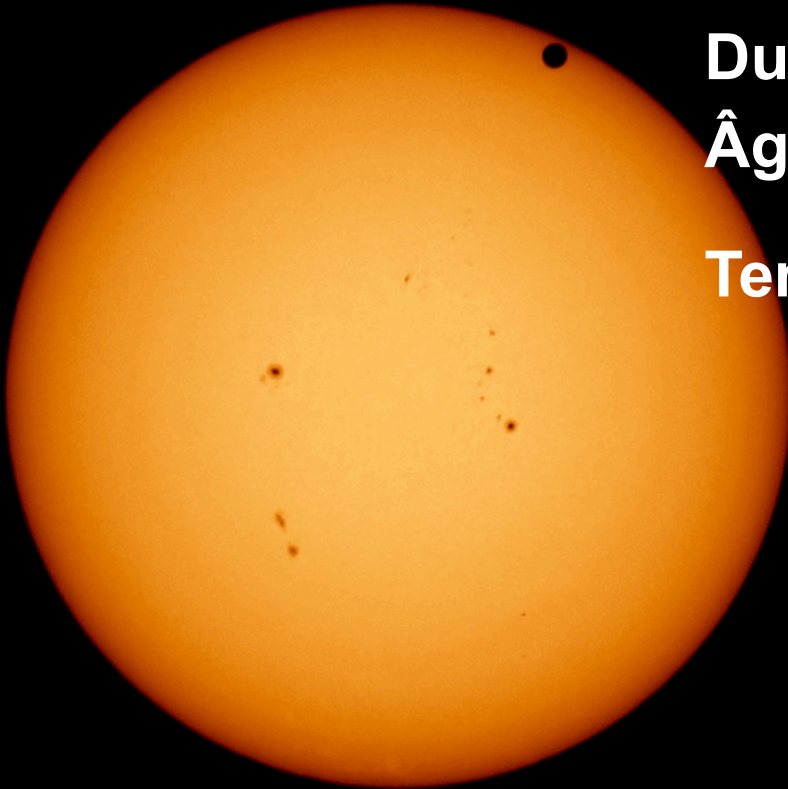
Durée de vie : ~ 10 milliards d'années.

Âge actuel : 4,5 milliards d'années.

Température au centre : 14 millions °C.

Température de surface: 5800 °C.

Température des tâches: ~4500 °C.



Le Soleil

Notre étoile !

Étoile banale dans notre galaxie, la Voie Lactée.

Masse : 2×10^{30} kg

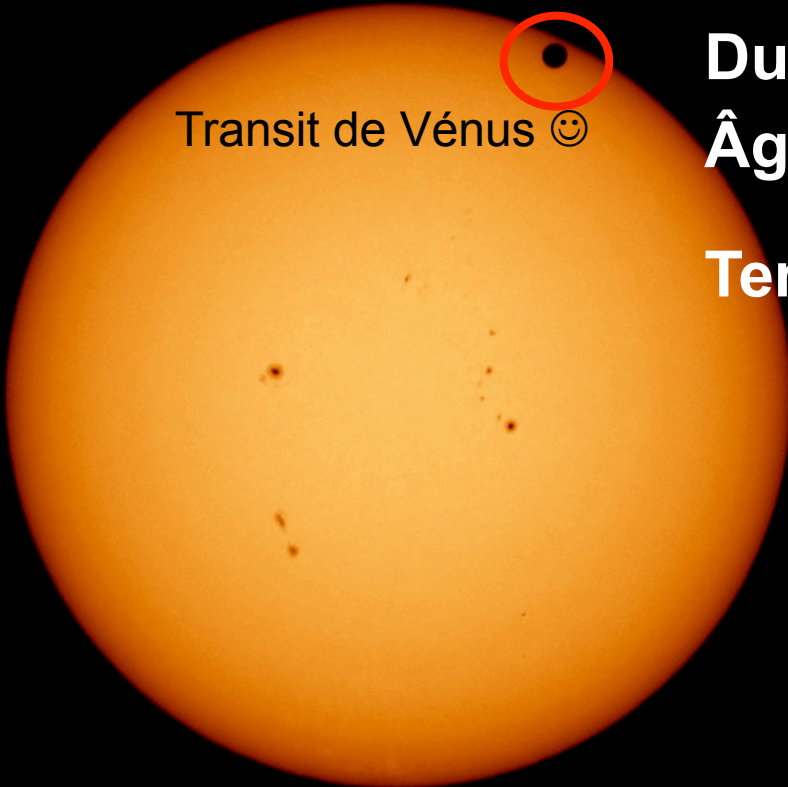
Durée de vie : ~ 10 milliards d'années.

Âge actuel : 4,5 milliards d'années.

Température au centre : 14 millions °C.

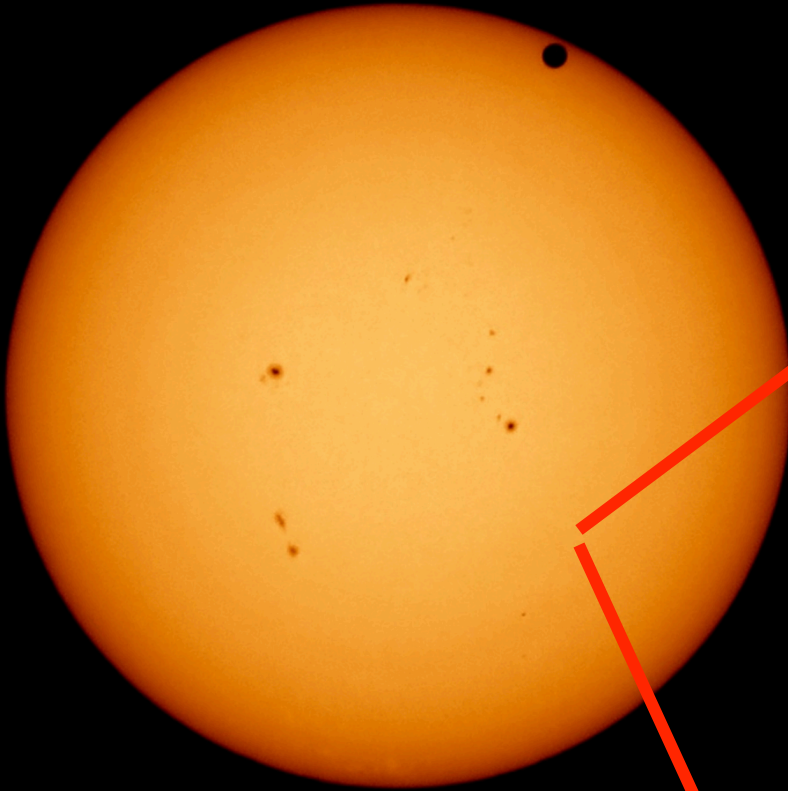
Température de surface: 5800 °C.

Température des tâches: ~4500 °C.

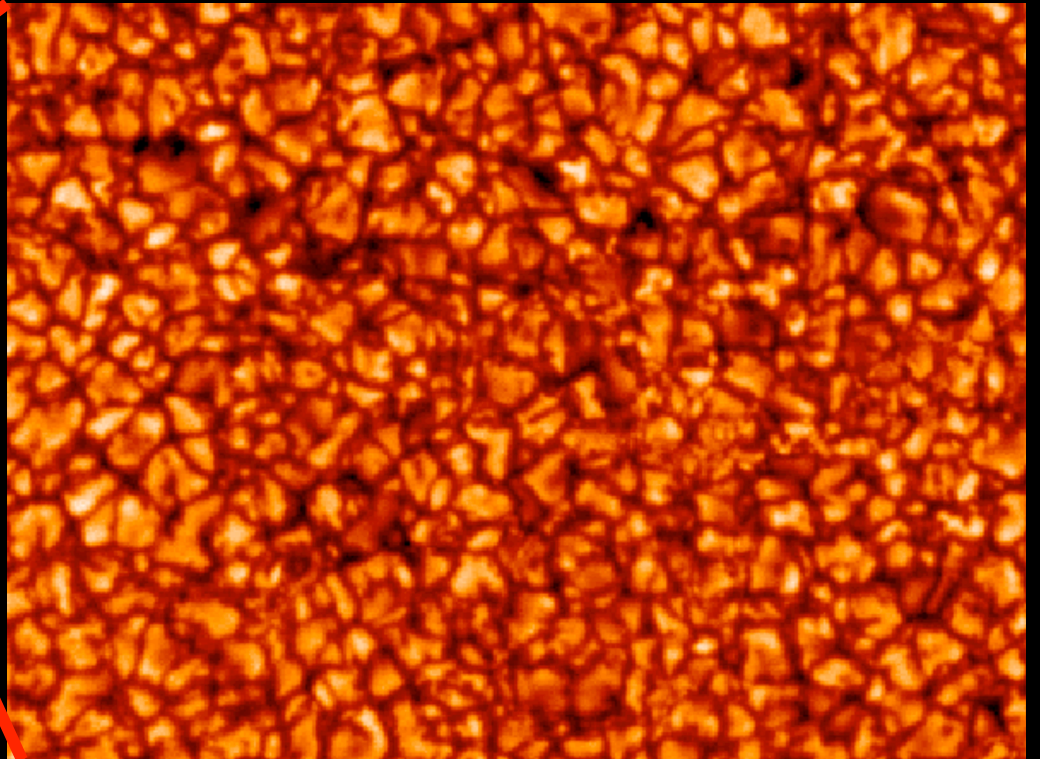


Transit de Vénus ☺

Le Soleil



Surface grannulée



Le Soleil

Notre étoile !

Étoile banale dans notre galaxie, la Voie Lactée.

Masse : 2×10^{30} kg

Durée de vie : ~ 10 milliards d'années.

Âge actuel : 4,5 milliards d'années.

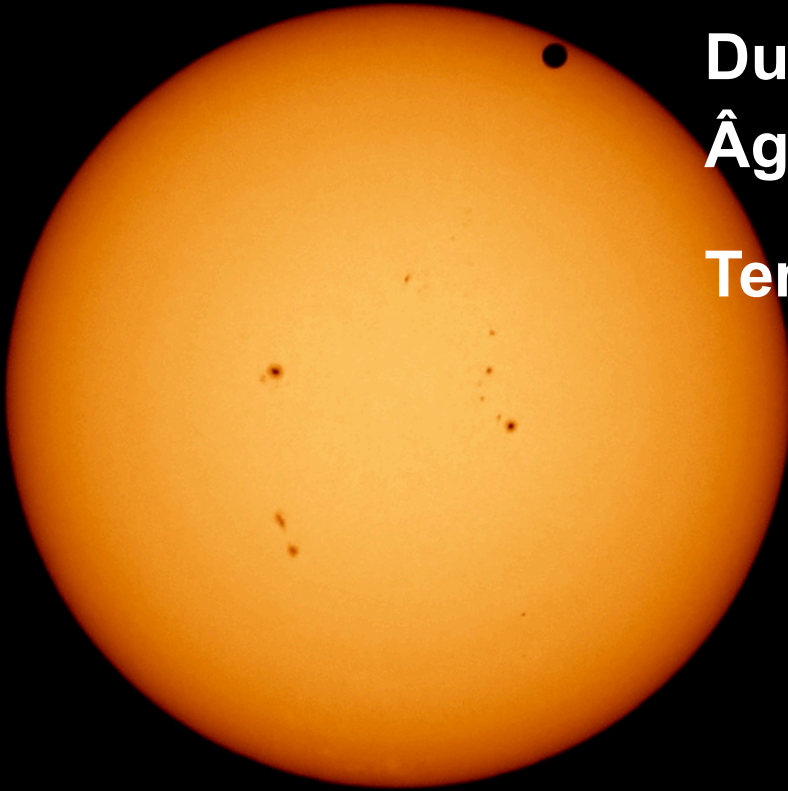
Température au centre : 14 millions °C.

Température de surface: 5800 °C.

Température des tâches: ~4500 °C.

Composition :

75% H , 25% He + traces d'autres éléments.



Le Soleil

Fonctionnement :

Pression et température si élevées au centre que la fusion nucléaire est possible :

$4 \text{ H} \rightarrow \text{He} + \text{énergie}$

600 millions de tonnes de H sont brûlées par seconde !

(= 10 milliards de bombes H)

$E = m c^2$: 4 millions de tonnes perdues par seconde.

Puis, $4 \text{ He} \rightarrow \text{O}$, synthèse de C, N, O.

Puis synthèse d'autres éléments lourds, toute la table de Mendeliev jusqu'au Fer.

À la fin de sa vie, le Soleil deviendra une géante rouge, puis soufflera ses couches externes, formant une nébuleuse planétaire.

**Cela enrichit
le milieu
inter-stellaire
en éléments
lourds.**

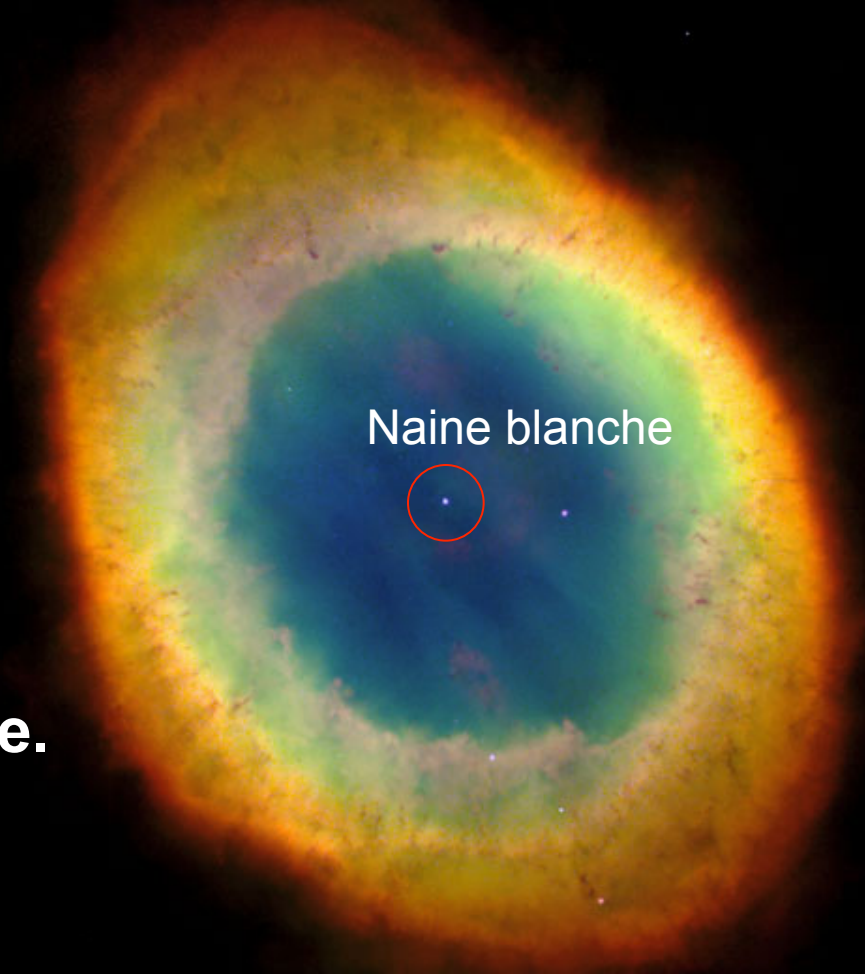
**Il ne reste qu'une naine
blanche au centre, inerte.**



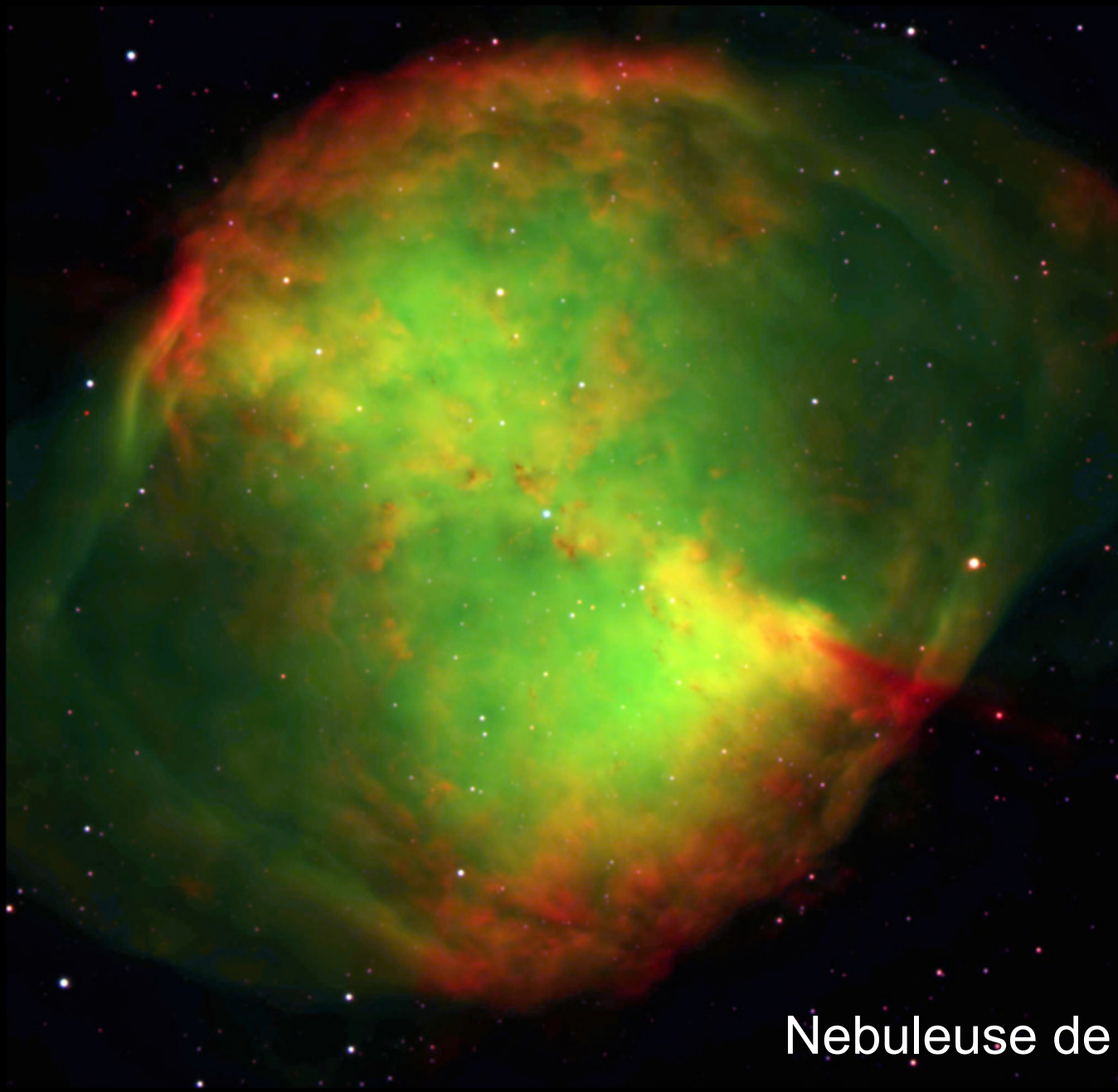
À la fin de sa vie, le Soleil deviendra une géante rouge, puis soufflera ses couches externes, formant une nébuleuse planétaire.

Cela enrichit le milieu inter-stellaire en éléments lourds.

Il ne reste qu'une naine blanche au centre, inerte.



Nébuleuse de la Lyre (vents à ~20 km/s)



Nebuleuse de Dumbel

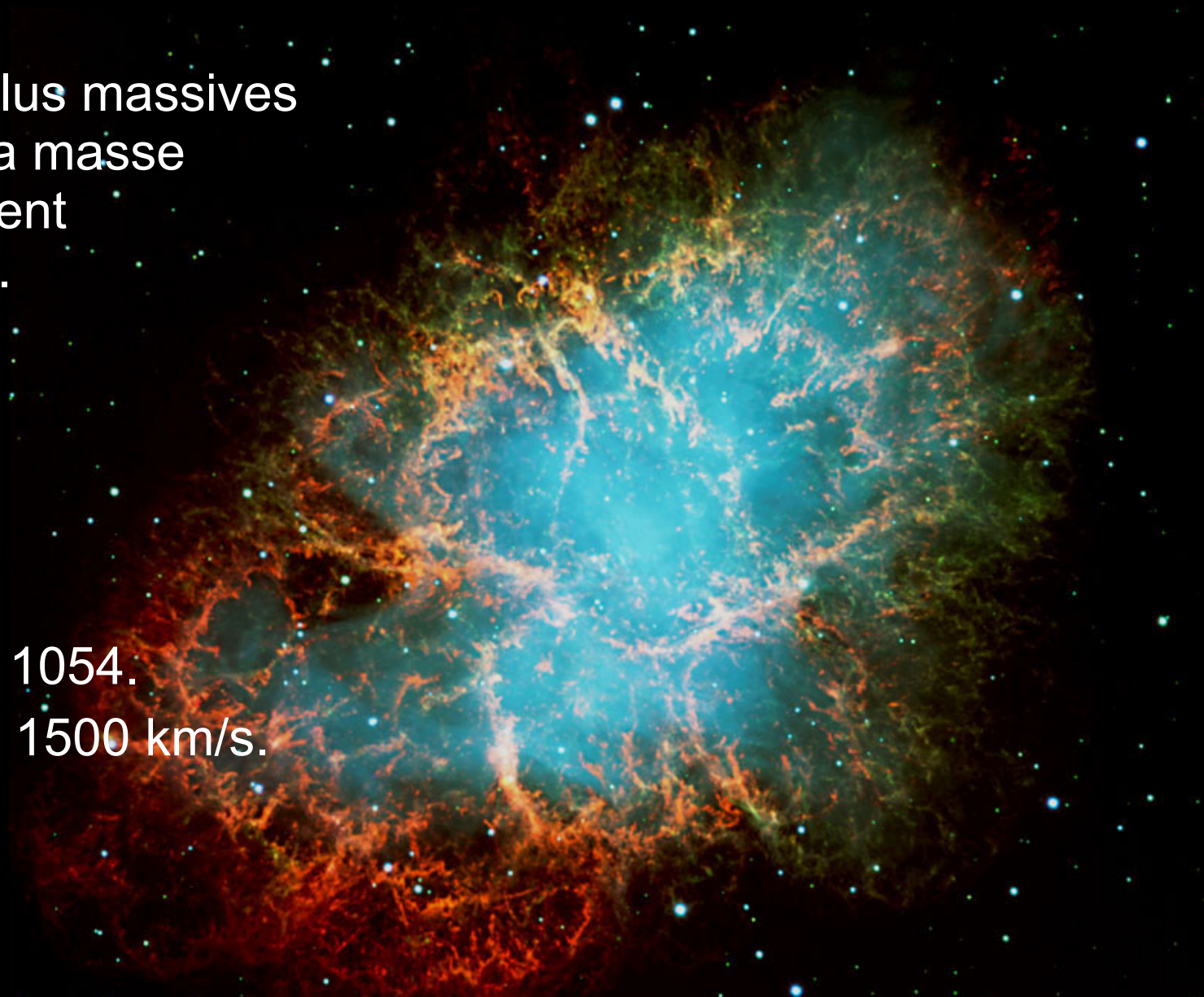


Nebuleuse de l'Esquimau

Les éléments plus lourds que le Fer sont synthétisés lors d'explosions de supernovae.

Les étoiles plus massives
que 10 fois la masse
solaire finissent
leur vie ainsi.

Nébuleuse
du Crabe:
supernova
observée en 1054.
Gaz éjecté à 1500 km/s.

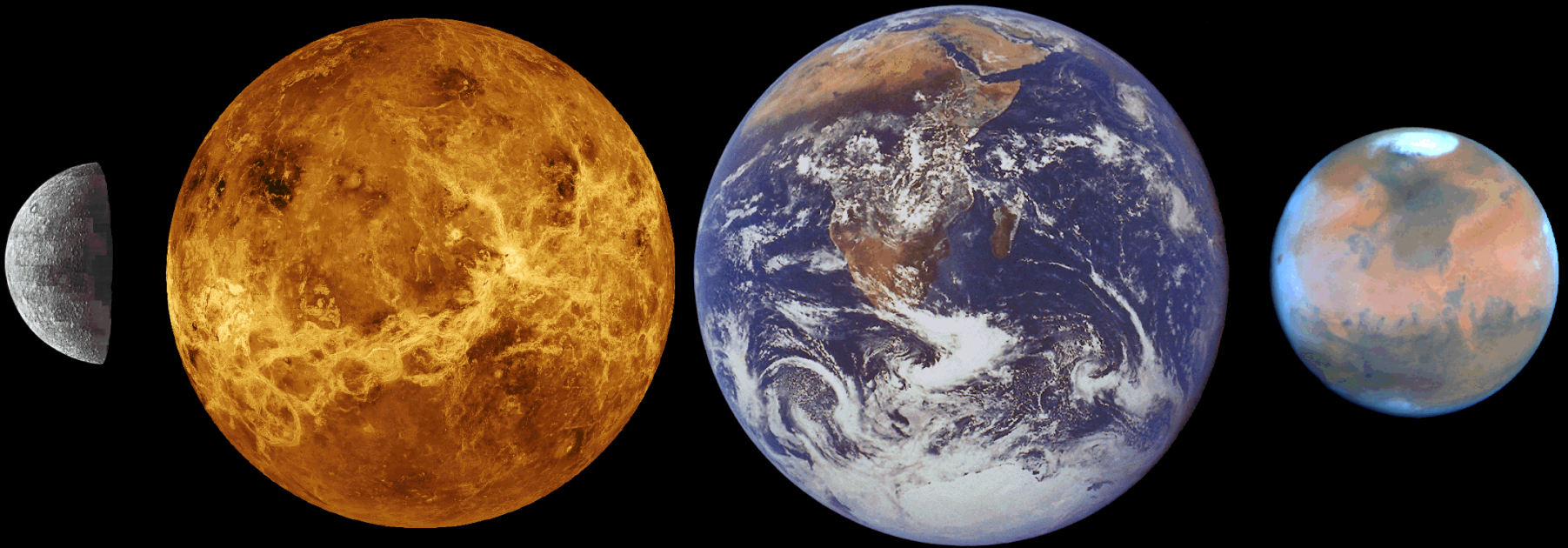




Interaction du gaz avec le milieu interstellaire

I. Les planètes telluriques

Petite masse, haute densité, proches du Soleil, rocheuses.



Nommer les planètes

Mercure

- Planète la plus intérieure (0,4 UA) et la plus petite (4880km)
- Toujours proche du soleil dans le ciel



- Lente rotation sur elle même : 3 tours en 2 ans mercuriens.
- Explorée par Mariner 10 dans les années 1970.
- Fortement cratérisée



Mercure



Vénus

-Voisin intérieur de la Terre
(0,7 UA).

-Diamètre: 12 400 km.

-Elle aussi toujours proche du
Soleil dans le ciel :

au lever ou au coucher,
c'est l'étoile du Berger !

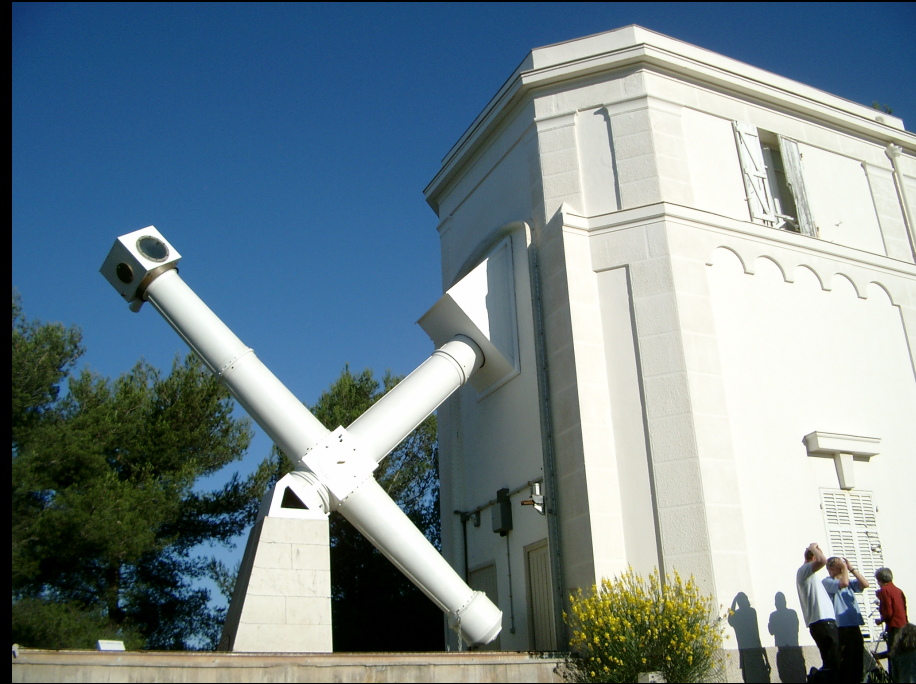
Tres brillante en ce moment!



Venera 7 image

Vénus

- Parfois devant le Soleil : transit de Vénus.



*Image faite à l'observatoire de Nice,
sur le grand équatorial coudé
lors du transit du 8 juin 2004*

Vénus

- Atmosphère de 95 bars!
- Nuages épais.
- L'atmosphère tourne plus vite que la planète.
- Effet de serre extrême.

Température: 460 C
(Mercure: 420C)



Venera 7 image

Vénus

- Surface chaude (400°C)
- Topographie révélée par imagerie radar
- Surface travaillée par volcanisme
- Pas de tectonique des plaques
- Pas de champ magnétique à grande échelle



Venera 14



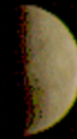
Magellan

Terre - Lune

- Diamètre de la Lune: 3 400 km
~1/4 du diamètre de la Terre

- Masse : 1/80 masse Terre

Où est le centre de masse
du système ?



Galileo image



Terre - Lune



$$m_L = 1/80 m_T$$

$$TL \sim 384\,399 \text{ km}$$

$$R_T = 6400 \text{ km}$$

$$R_L = 1700 \text{ km}$$

Terre - Lune



$$m_L = 1/80 m_T$$

$$TL \sim 384\,399 \text{ km}$$

$$R_T = 6400 \text{ km}$$

$$R_L = 1700 \text{ km}$$

$$m_L \times GL = m_T \times GT$$

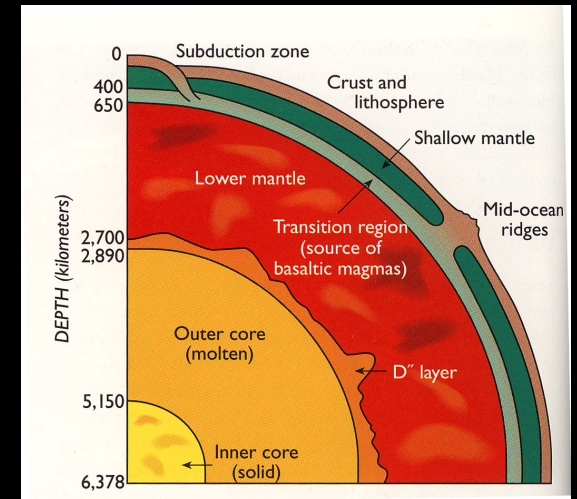
$$GL = 80 \times GT$$

$$TL = (GT + GL) \Rightarrow GT = TL/81 \Rightarrow GT = 4740 \text{ km}$$

Barycentre Terre - Lune se trouve dans la Terre

Terre

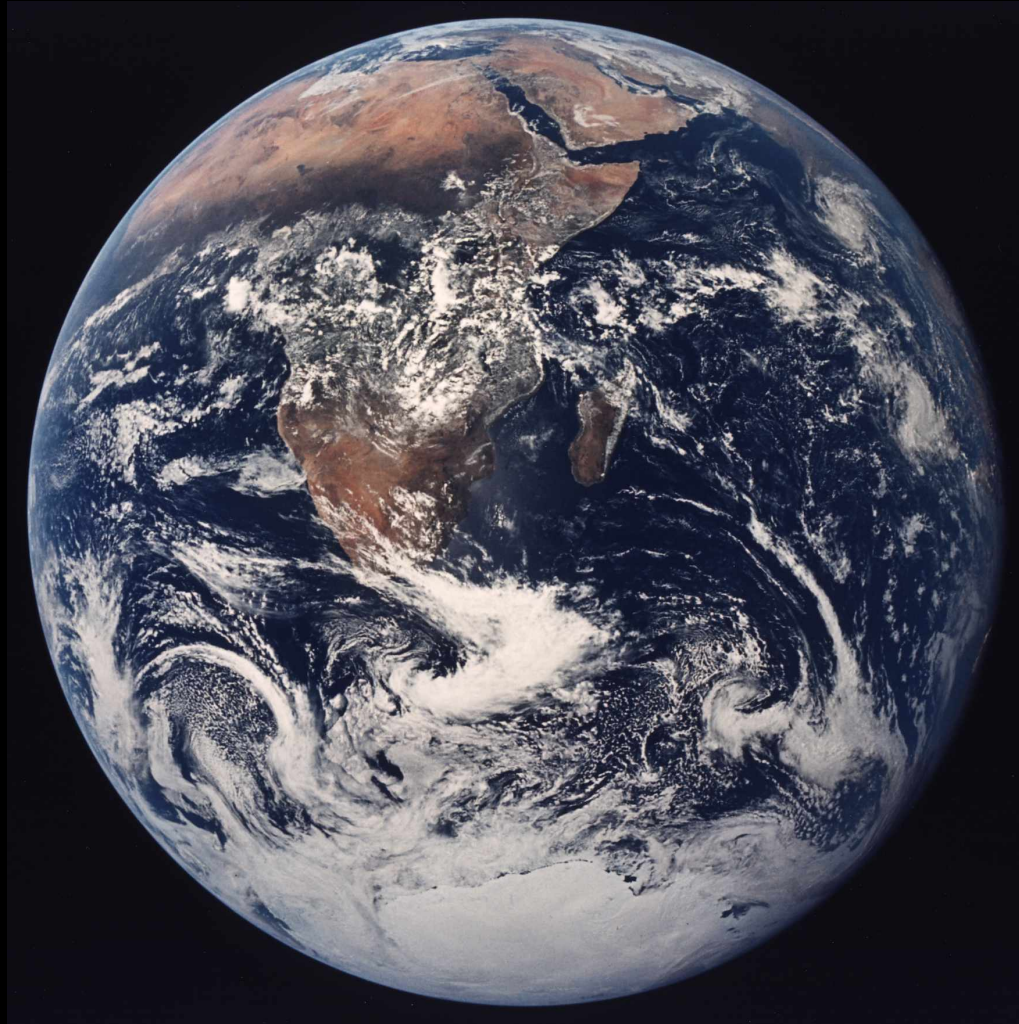
- Surface recouverte à 70 % d'eau
- Tectonique des plaques
- Intérieur assez bien connu grâce aux éruptions volcaniques et les mesures sismiques



Terre

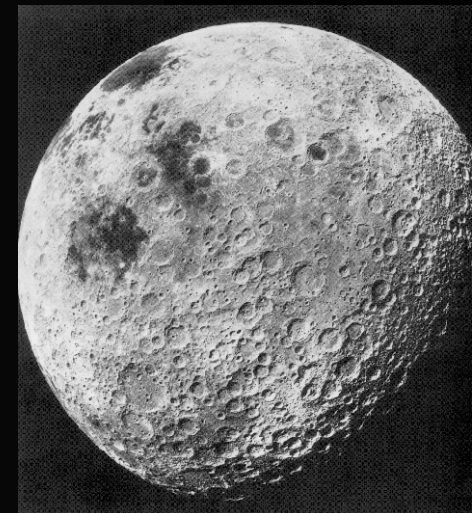
Seule planète sur laquelle l'eau existe sous ses 3 états :

- Solide**
- Liquide**
- Gazeux**



Lune

- Crée les marées sur Terre
- Rotation limitée, on voit toujours la même face (58% visible)
- Face cachée différente : pas de mers
- Surface très cratérisée



Lune

Seul objet du Système
Solaire visité par l'homme :

Tintin dès 1957 !!

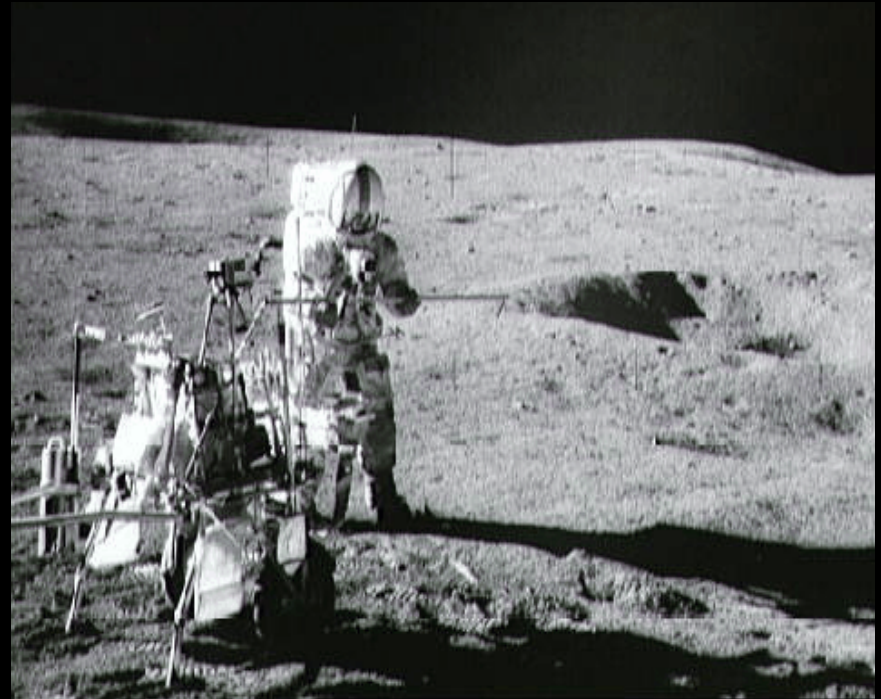


Lune

**Seul objet du Système
Solaire visité par l'homme :**

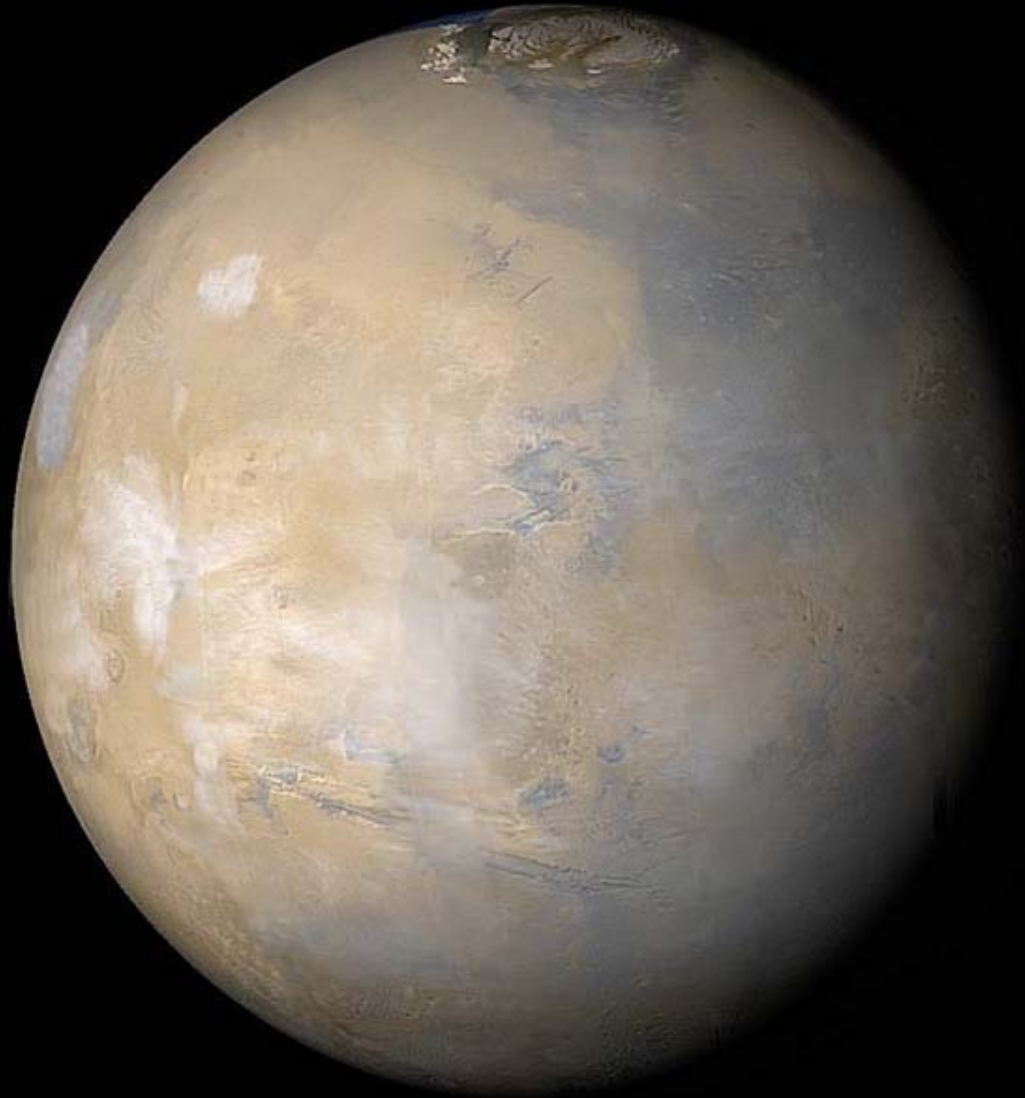
**Missions Apollo ont permis
datation et caractérisation
minéralogique +
renseignements sur
l'intérieur.**

**382Kg de roches lunaires
(50 000 euros/Kg) 7 sites**



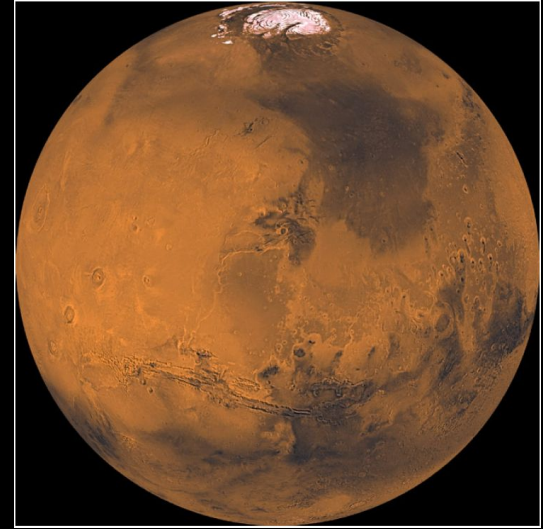
Apollo 14 astronaute Alan Shepard

Mars



Mars

- Voisin extérieur de la Terre
- Diamètre = Diamètre Terre / 2,
Masse = 1/10 Masse Terre
- Jour = un peu plus de 24 h.
- Fine atmosphère, surface sèche
et poussiéreuse
- Subsurface: glace et parfois de
l'eau liquide
- traces d'érosion éolienne très
marquées



HST image



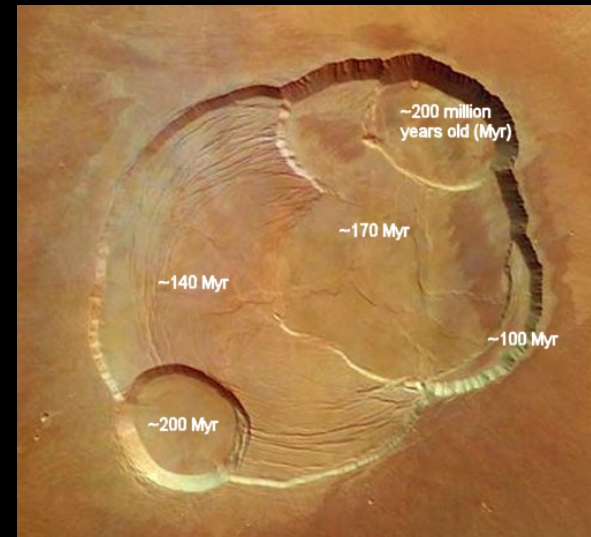
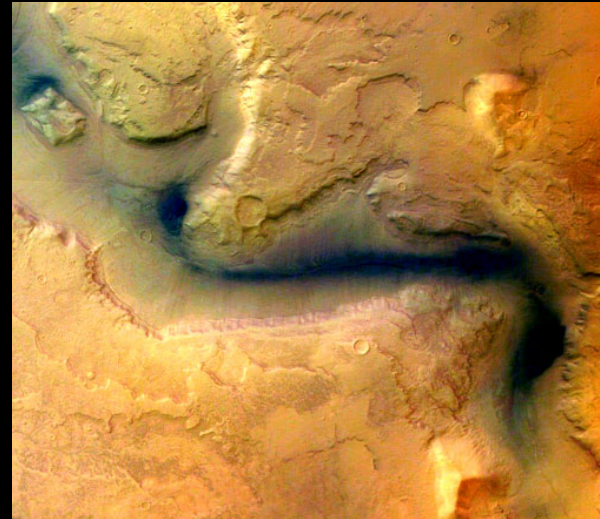
Mars Pathfinder

Mars

Vallées Marineris:
système de canyons géants

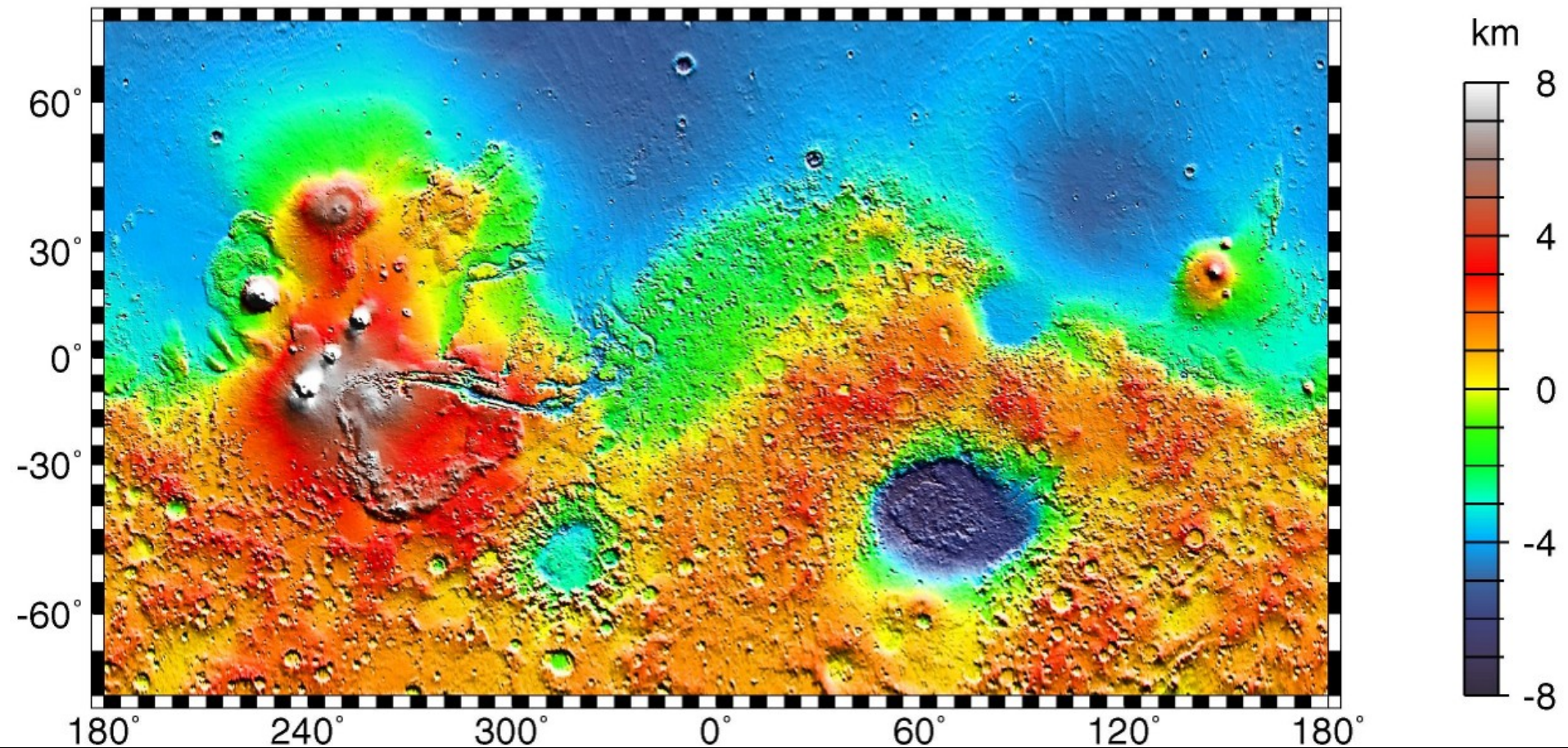
Bouclier Tharsis:
structure volcanique géante
avec le plus grand volcan du
Système Solaire :
Olympus Mont, 27km !

Volcanisme toujours actif ?

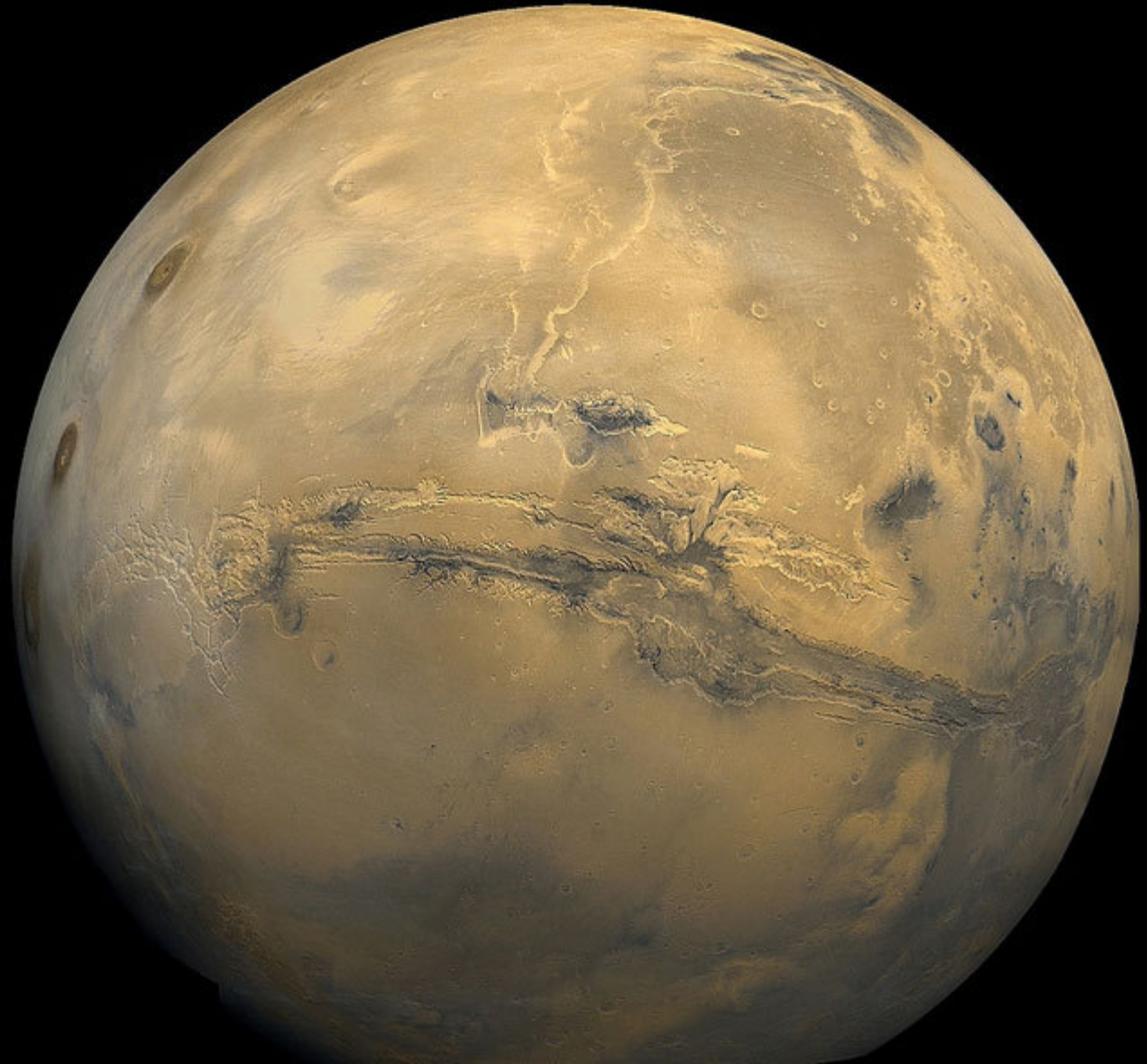


Mars

Dichotomie Nord - Sud



Mars



Mars

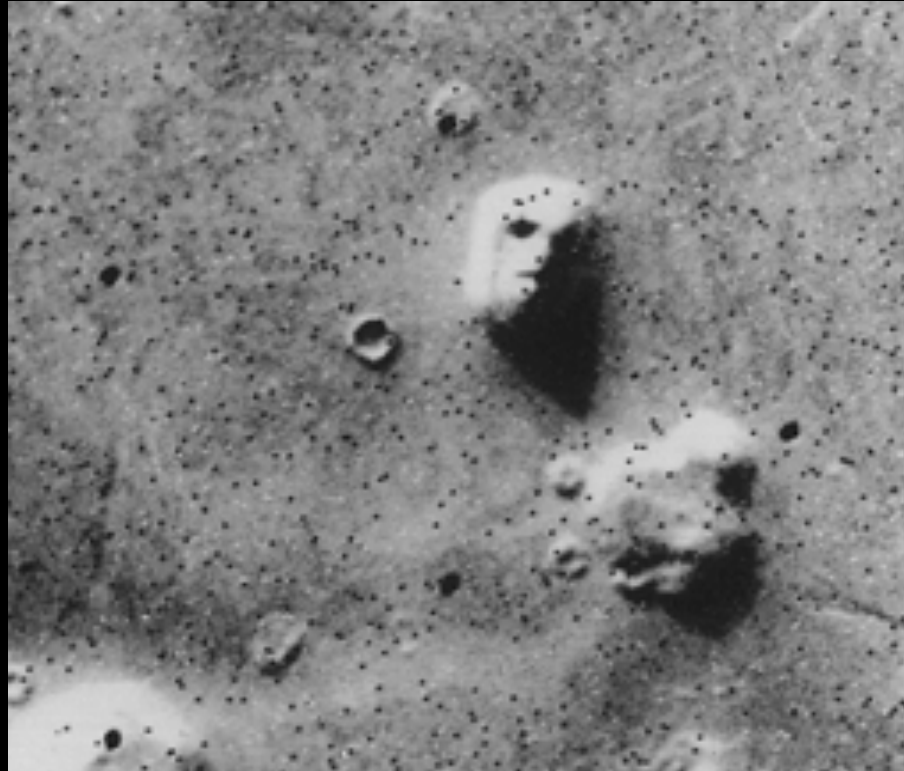


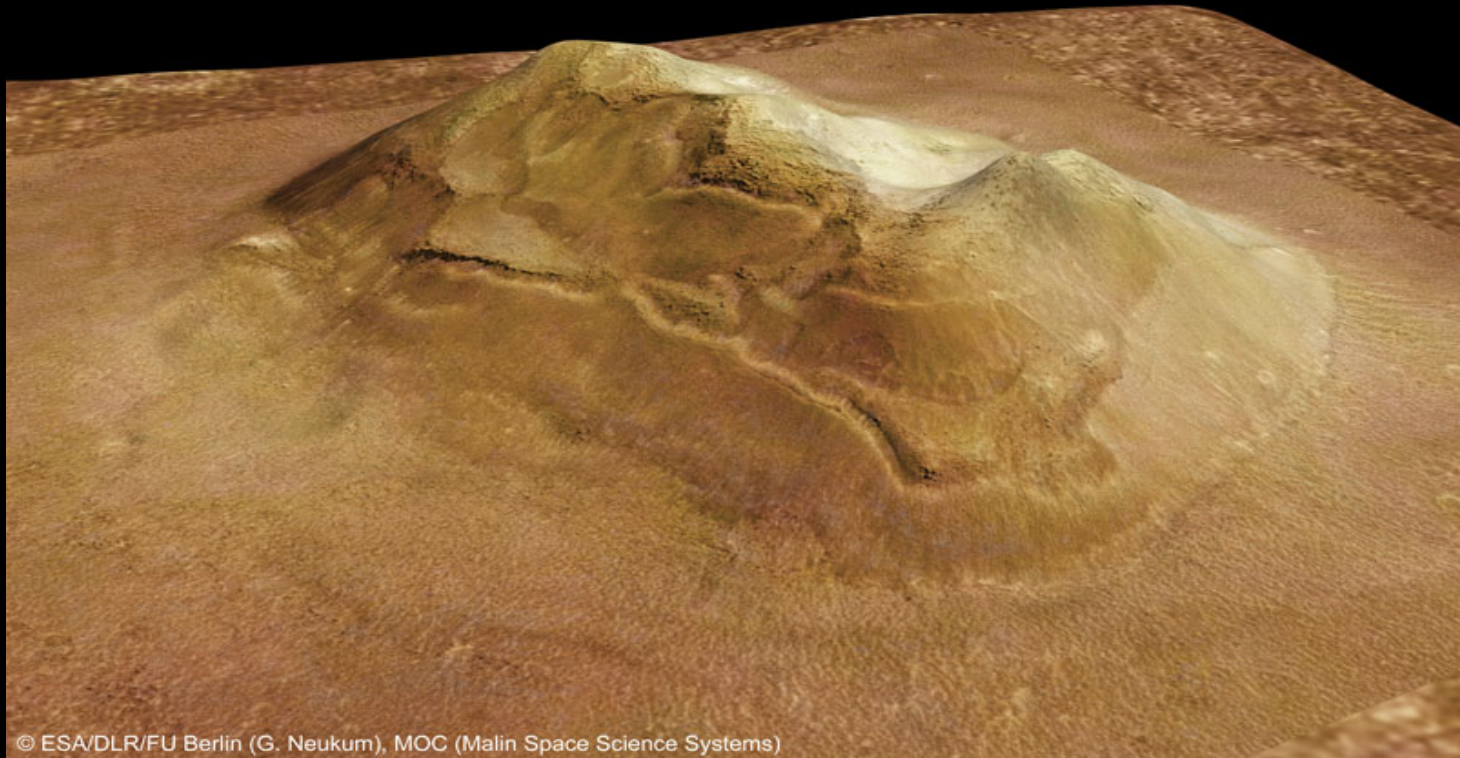
Image de Viking

Mars



Image plus récente.

Mars



© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), MOC (Malin Space Science Systems)

Reconstitution 3D.

Mars



II. Petits corps

Reliquats de la formation du systeme Solaire

+ impact possible avec la Terre!

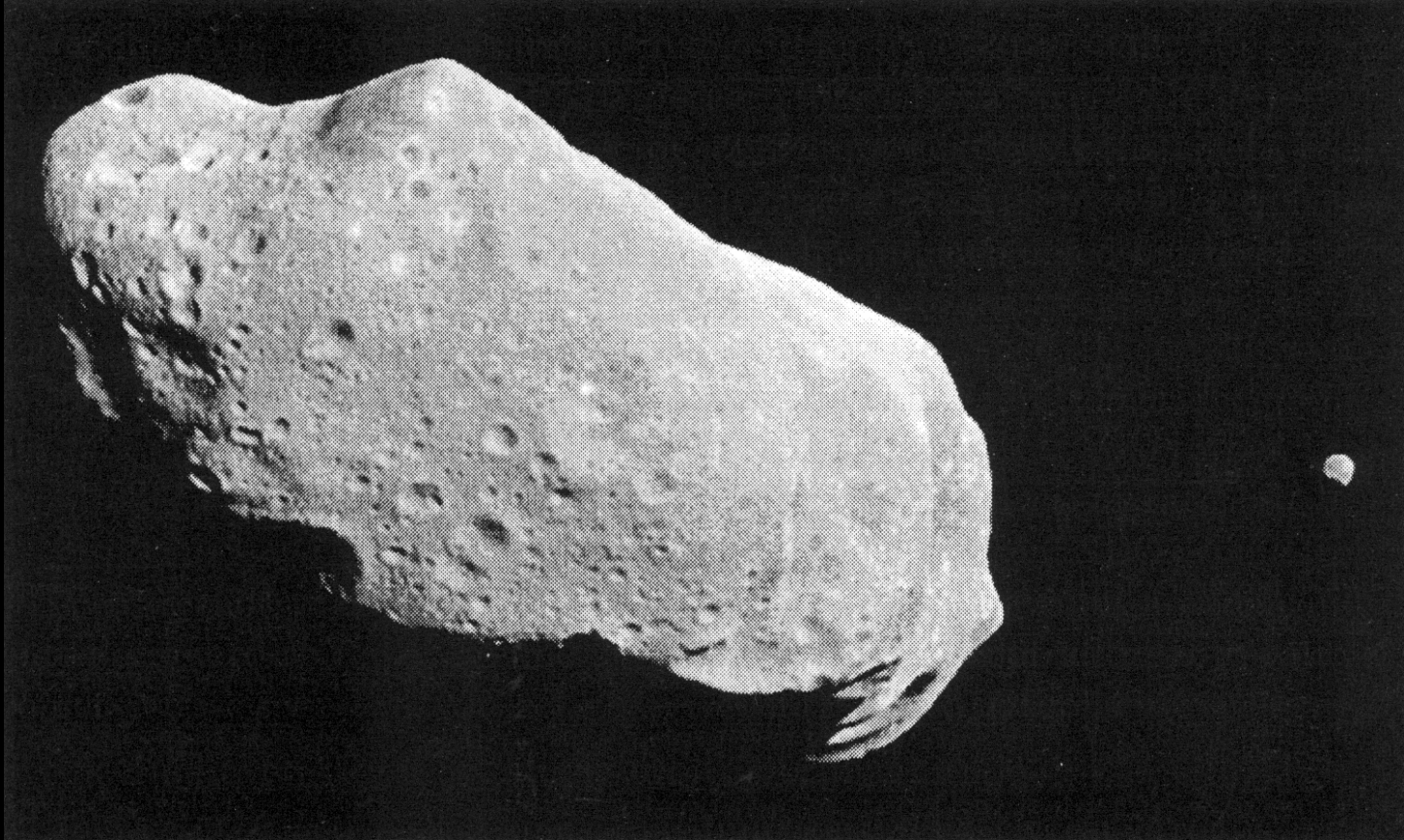
=> Reseaux de surveillance (ex: Gaia)

Astéroïdes



Gaspra

Astéroïdes



Ida & Dactyl

Astéroïdes



Mathilde

Astéroïdes



Éros

Astéroïdes



Itokawa

Astéroïdes

(25143) Itokawa

$a = 1,7 \text{ UA}$

$e = 0.28$

$i = 1,6^\circ$

$\sim 607 \times 287 \times 264 \text{ m}$

$\sim 3 \times 10^{10} \text{ kg.}$

Asteroid Itokawa



Astéroïdes



4 Vesta



21 Lutetia



253 Mathilde



243 Ida / 1 Dactyl



433 Eros



951 Gaspra



2867 Šteins



5535 Annefrank



25143 Itokawa

Astéroïdes

(1) Ceres

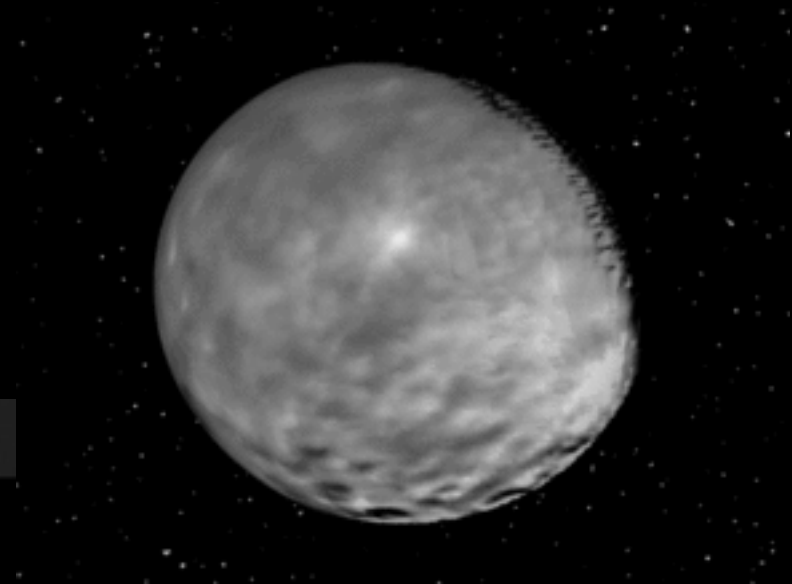
$a = 3 \text{ UA}$

$e = 0.079$

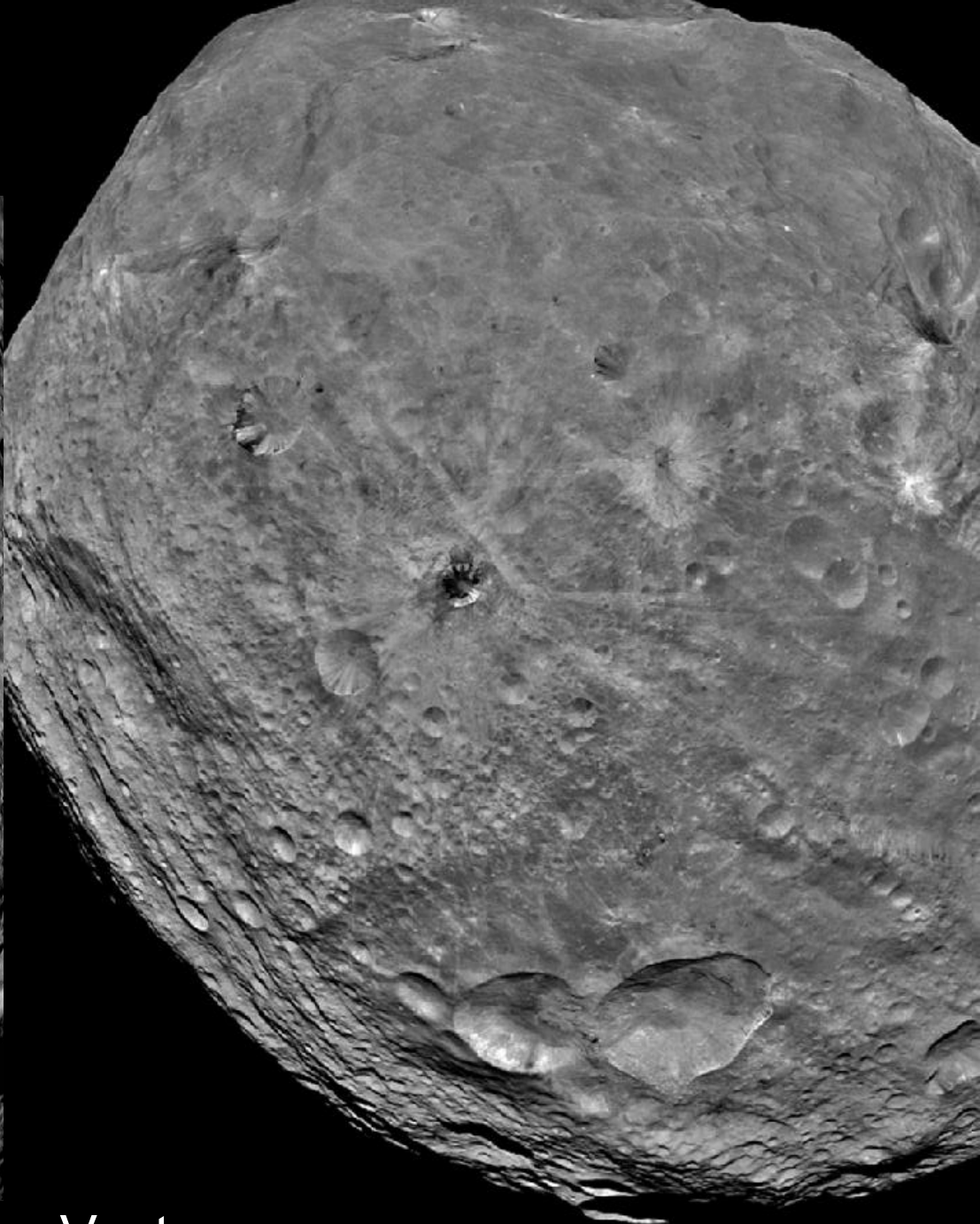
$i = 10,6^\circ$

$\sim 454 \times 487 \text{ m}$

$\sim 9,5 \times 10^{20} \text{ kg.}$



Astéroïdes



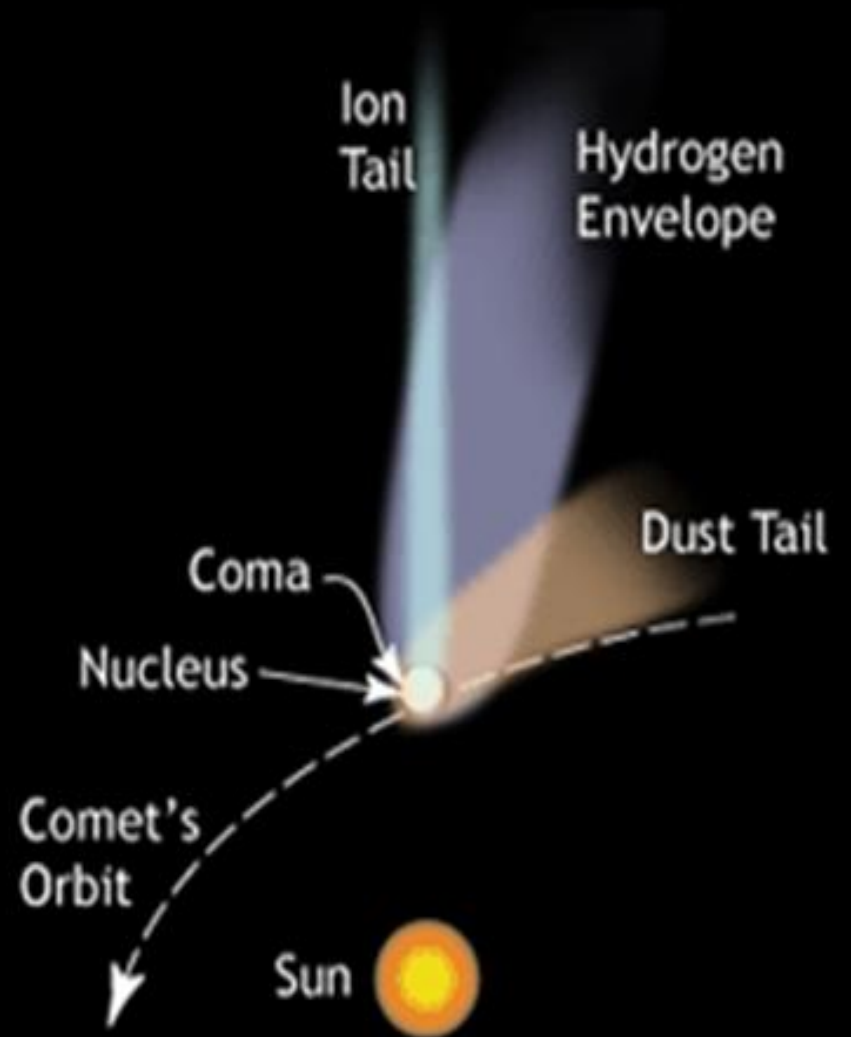
Vesta

Comètes

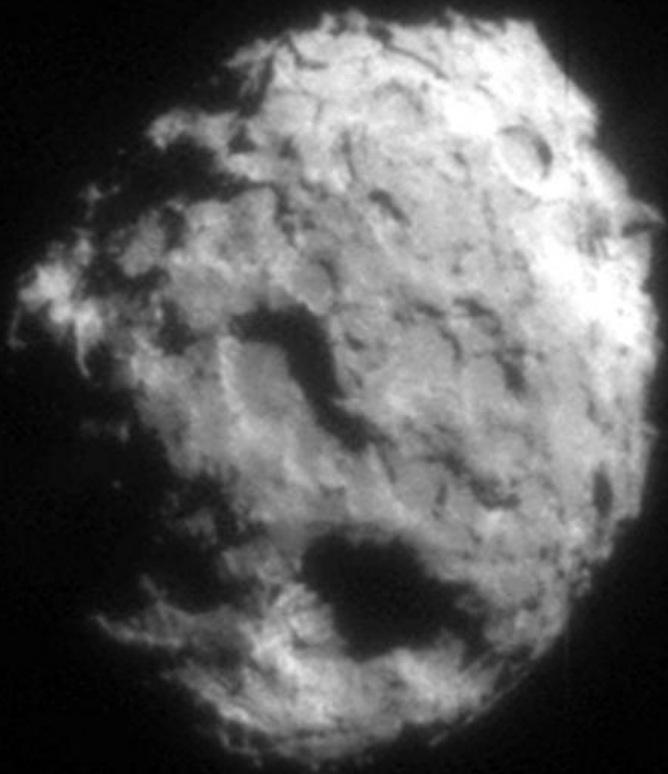


Orbite de la comète?
Pourquoi deux queues?
Nature des queues?
Où se trouve le Soleil?

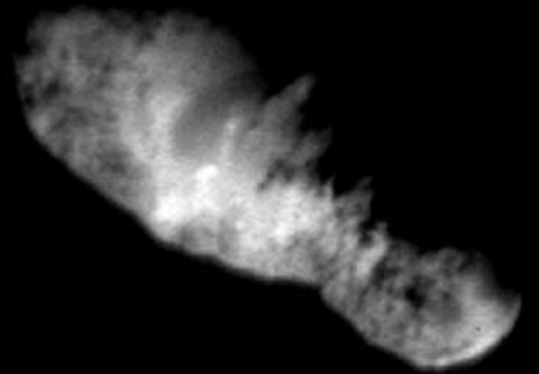
Comètes



Comètes



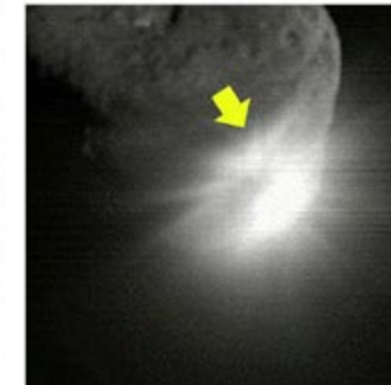
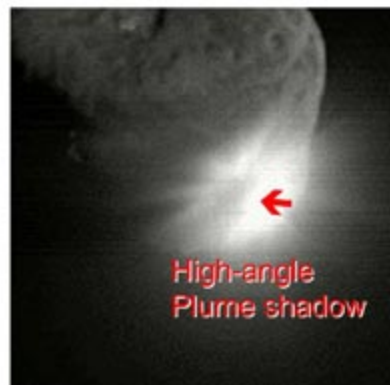
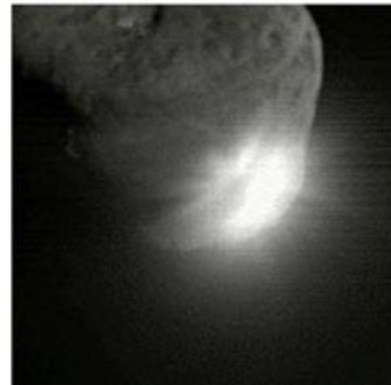
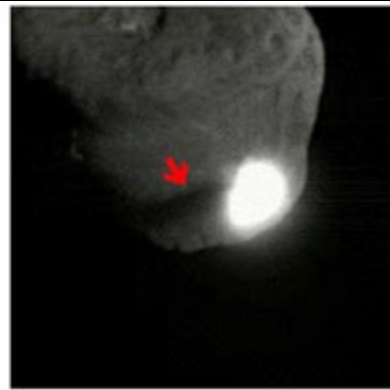
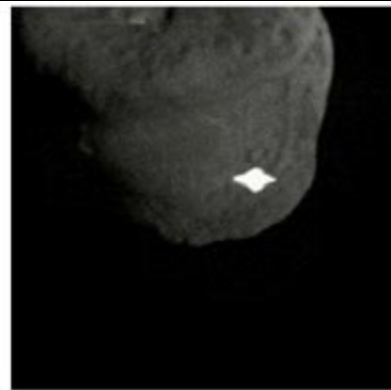
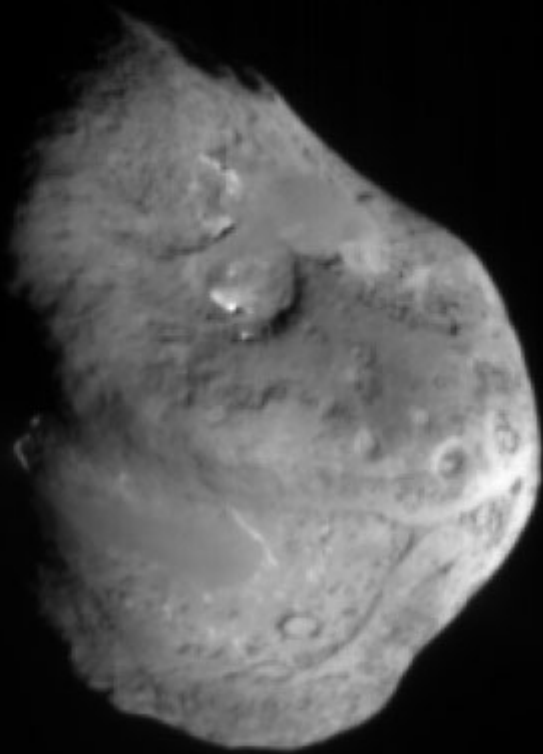
Wild 2



19P/Borrelly

Comètes

Tempel-1



Comètes

Comet 9P/Tempel 1 • July 4-5, 2005

HST • ACS/HRC



Rosetta:
Rendez-vous avec une comète



Rosetta: la plus ambitieuse des missions européennes

lancement en 2004

10 ans de voyage

survol de 2,5 planètes, 3 astéroïdes

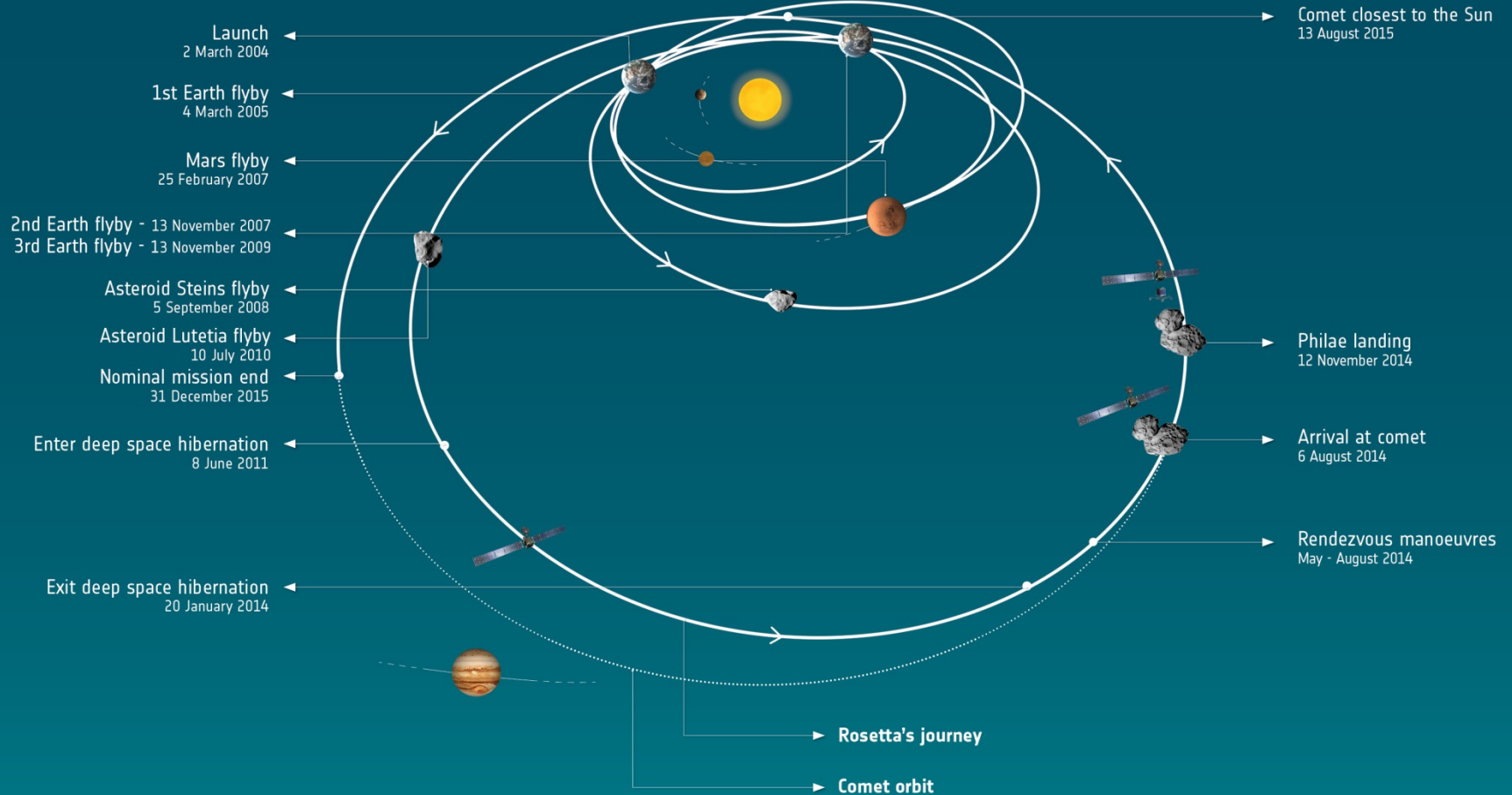
rendez-vous avec 1 comète en 2014

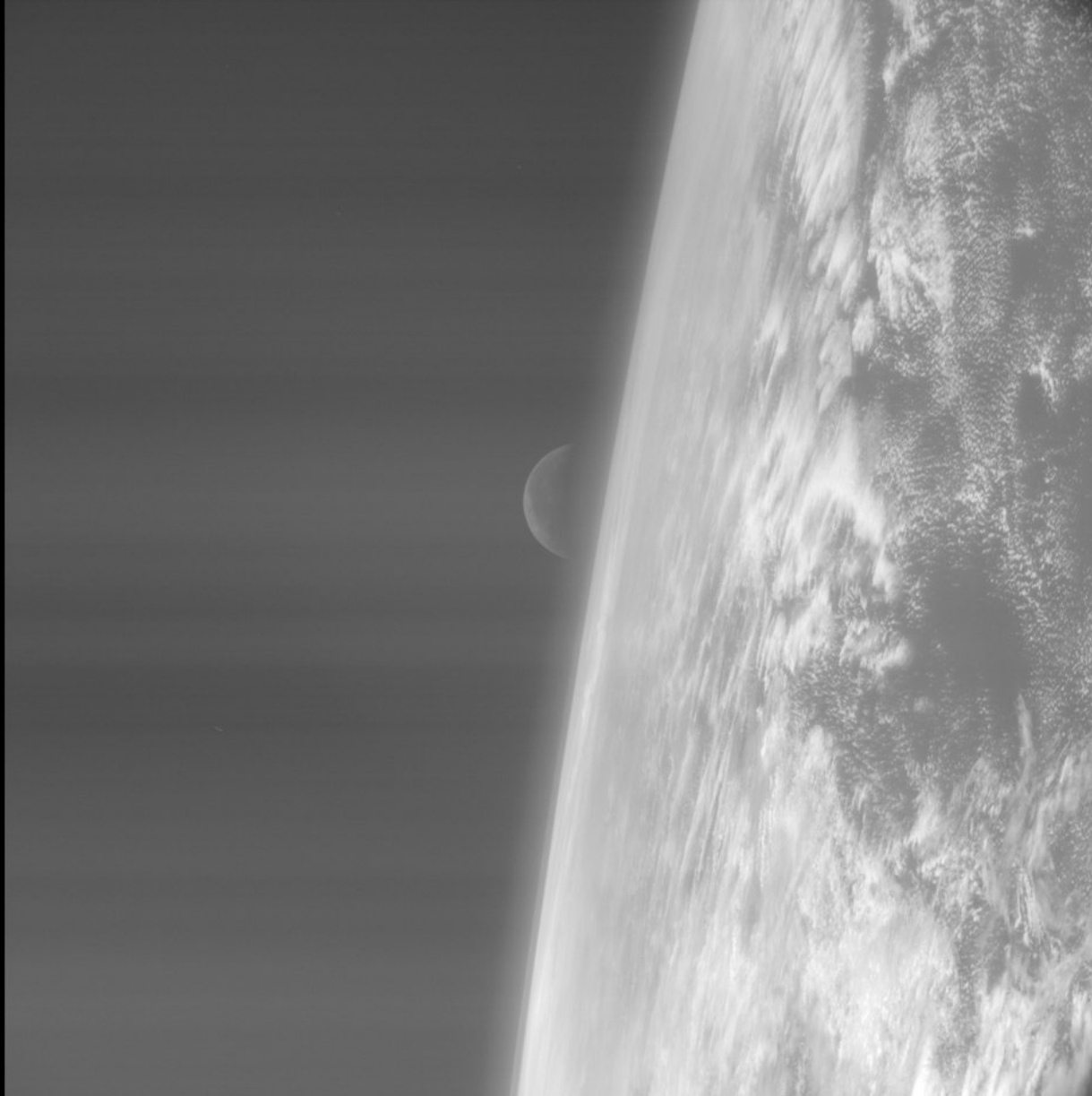
11 instruments + 1 lander

1,4 milliard d'euros

une révolution scientifique !

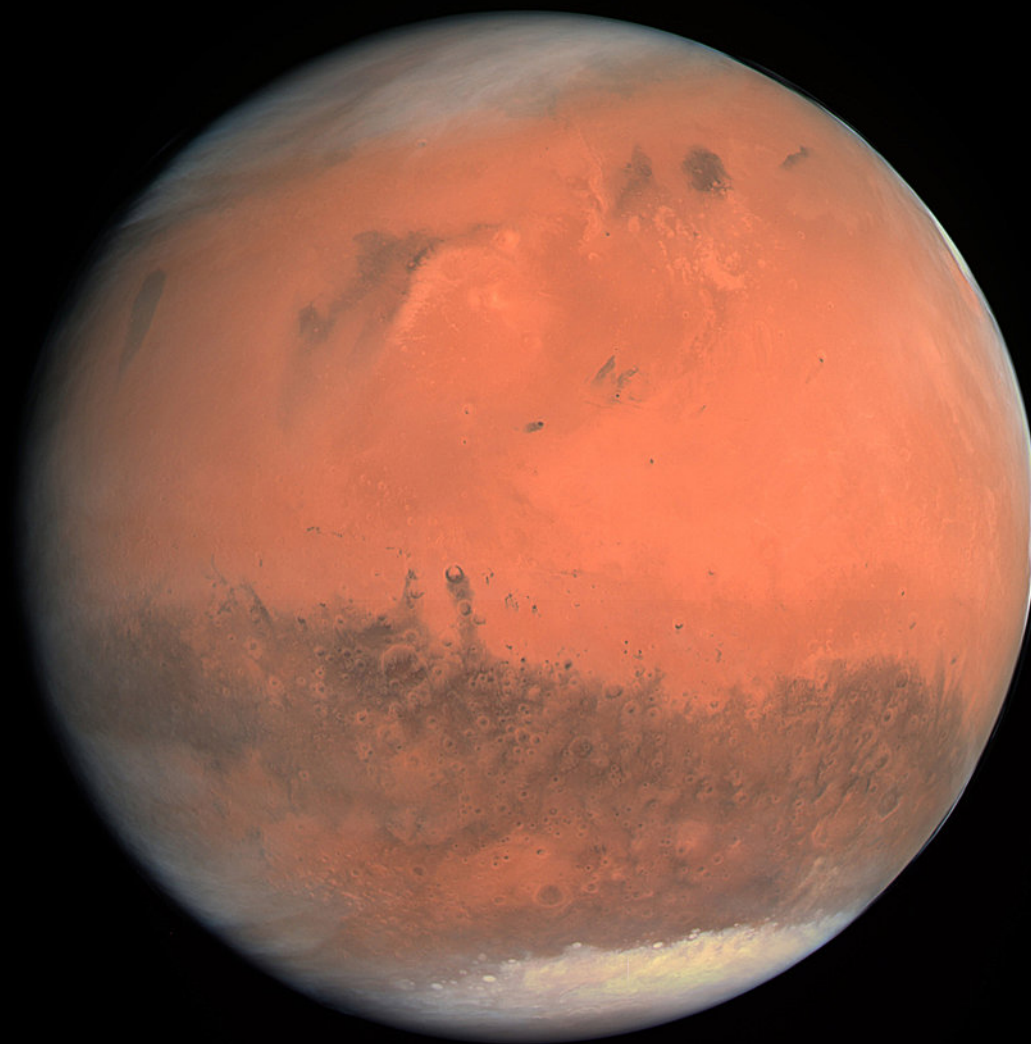
10 ans de voyage



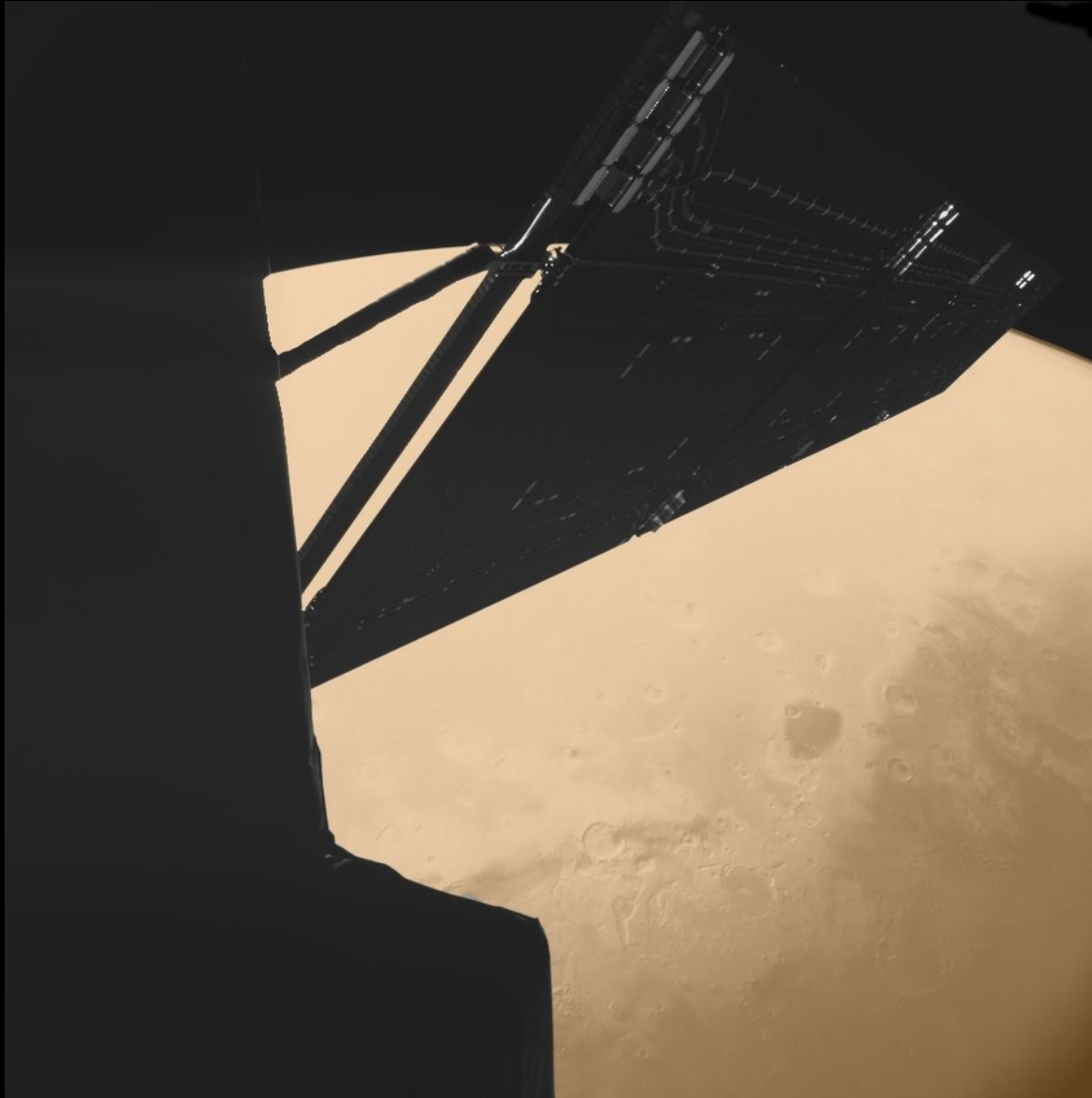


2004: Décollage !

2005: 1^{er} survol de la Terre



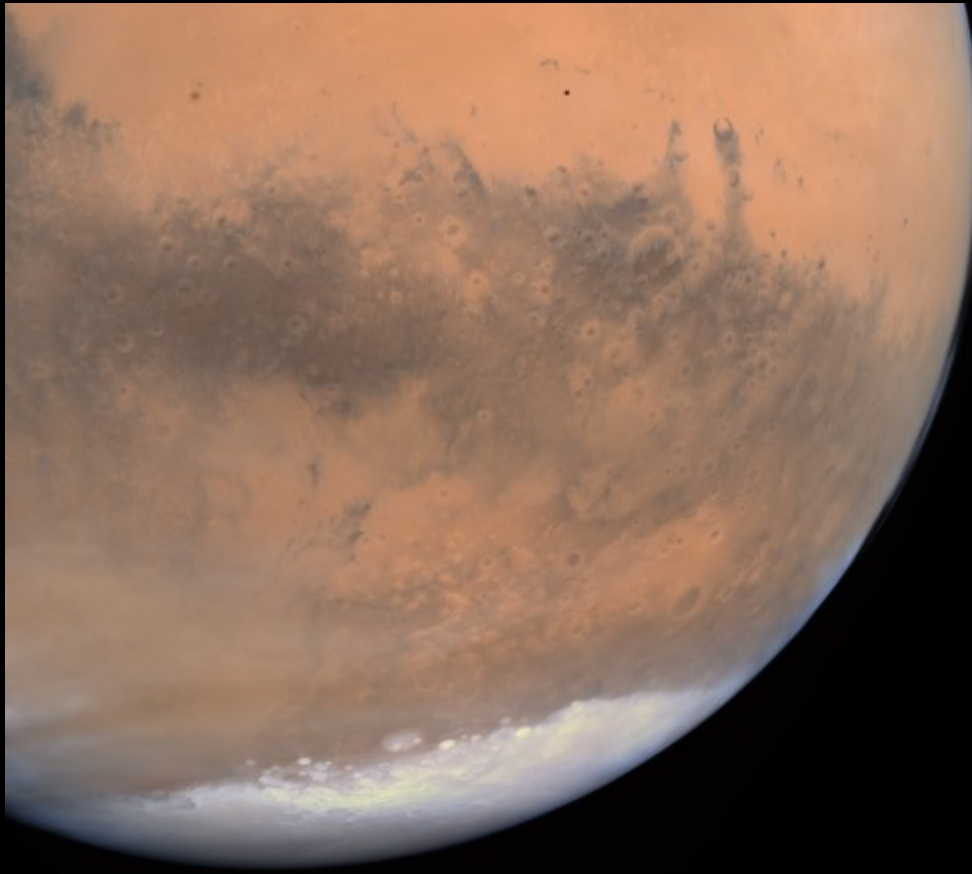
2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars !



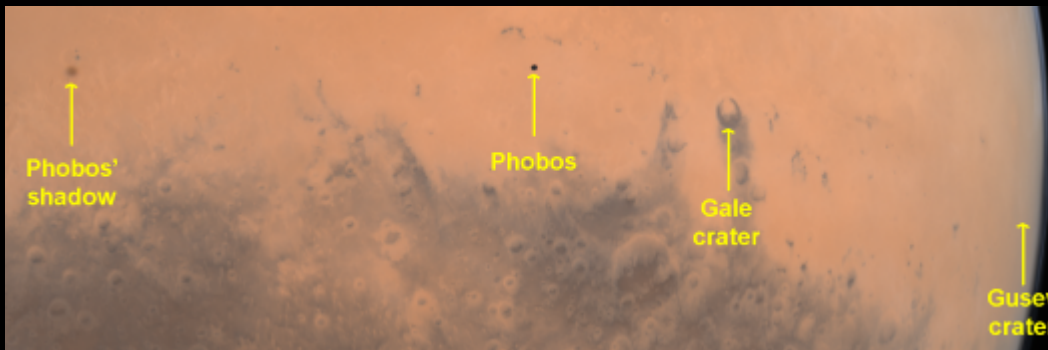
2004: Décollage !

2005: 1^{er} survol de la Terre

2007: Mars !



2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !



2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune

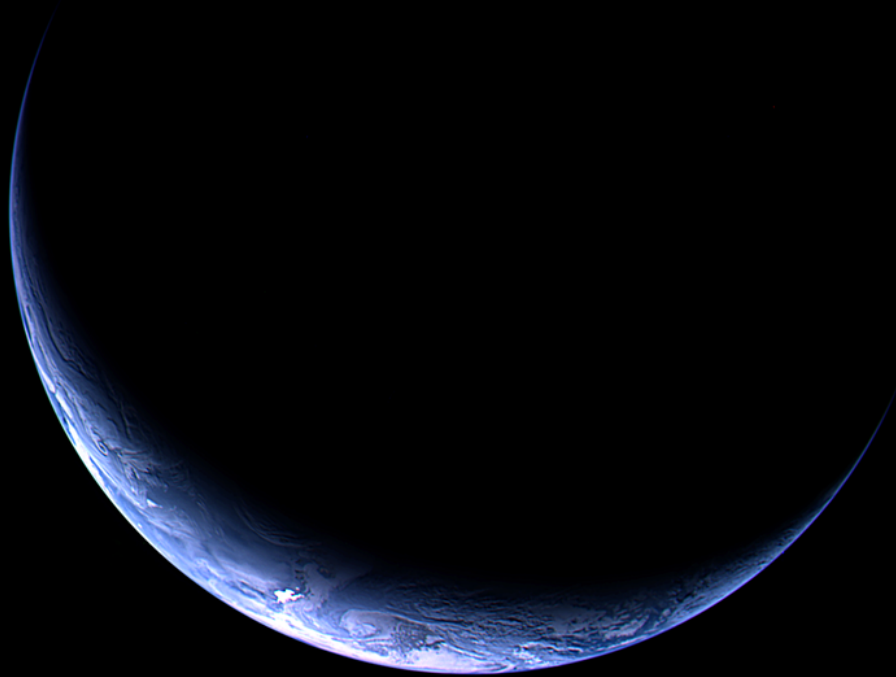




2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins



Diamètre 5 km
Rubble-pile en forme de
"diamant"

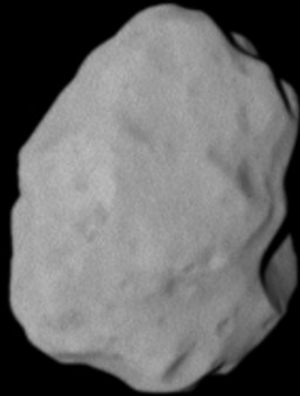


2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins
2009: 3^e survol Terre/Lune



2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins
2009: 3^e survol Terre/Lune
2010: (21) Lutetia

Diamètre 120 km
Peut-être différencié
Morphologie de surface
très complexe
(linéaments, fractures,
cratères, avalanches)



2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins
2009: 3^e survol Terre/Lune
2010: (21) Lutetia

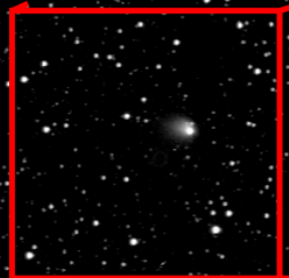


2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins
2009: 3^e survol Terre/Lune
2010: (21) Lutetia
2011: Mise en hibernation



2004: Décollage !
2005: 1^{er} survol de la Terre
2007: Mars & Phobos !
2007: 2^e survol Terre/Lune
2008: (2867) Šteins
2009: 3^e survol Terre/Lune
2010: (21) Lutetia
2011: Mise en hibernation
2014: Réveil !

Churyumov- Gerasimenko est active !

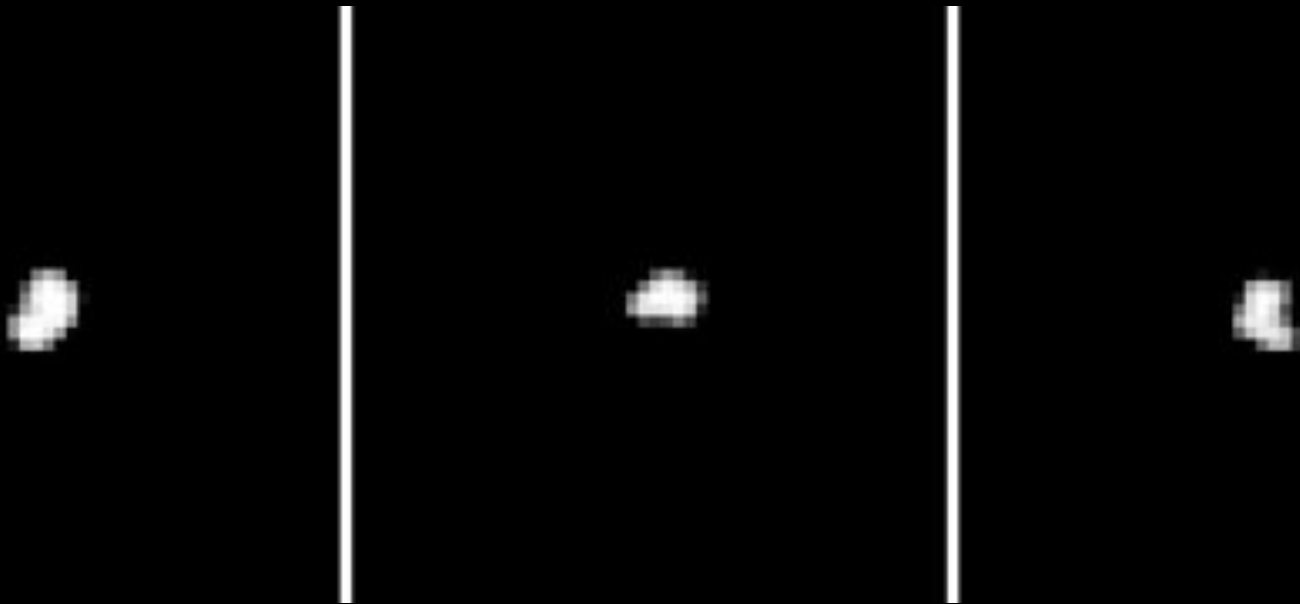


NAC images à 2 millions de km

03/07/2014 - 40 000 km



10/07/2014 - 37 000 km



1 noyau... ou 2 lobes ? 3 lobes ?

14/07/2014 - 12 000 km

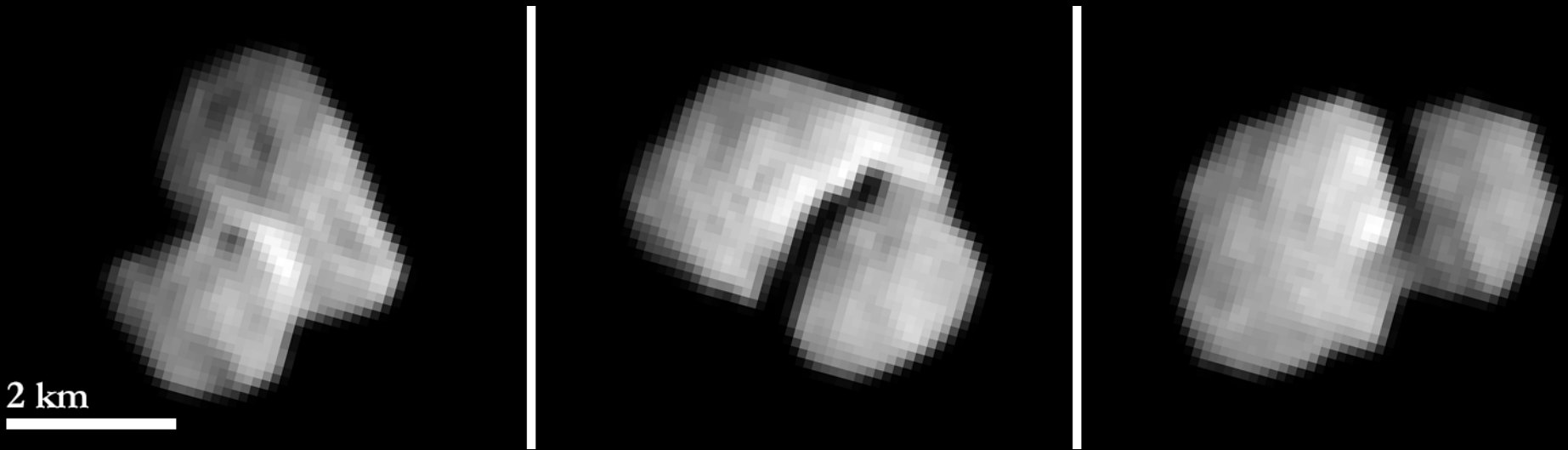
14 July 2014
Rot = 0 deg



5 km

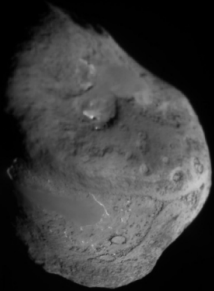
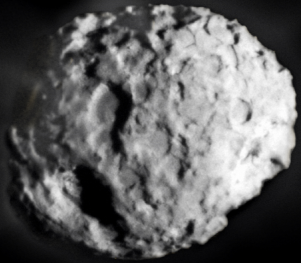


24/07/2014 – 5 500 km



2 lobes: collision ou érosion ?
Variations d'albedo et de morphologie

02/08/2014 – 1 000 km



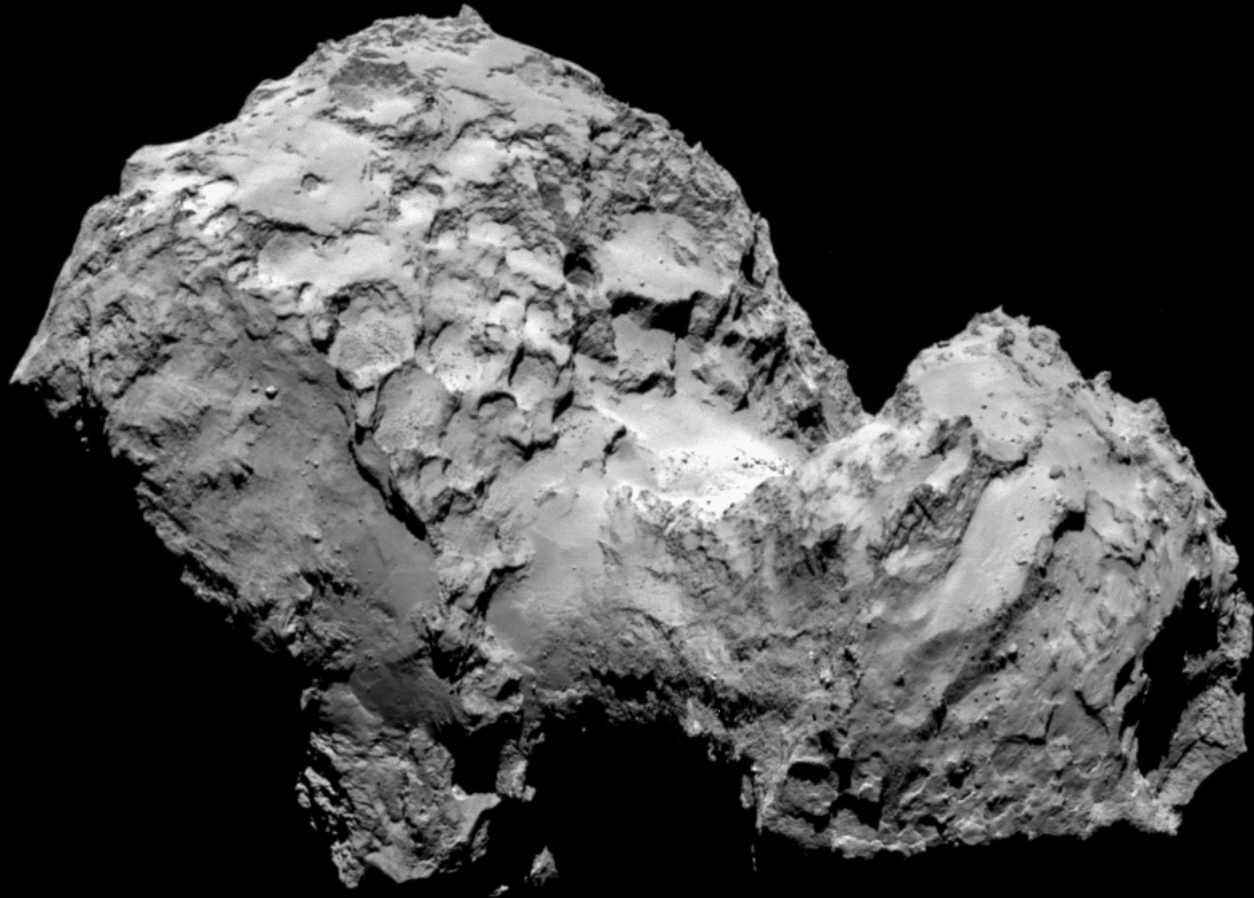
Résolution comparable aux missions précédentes
(~10 m/px)

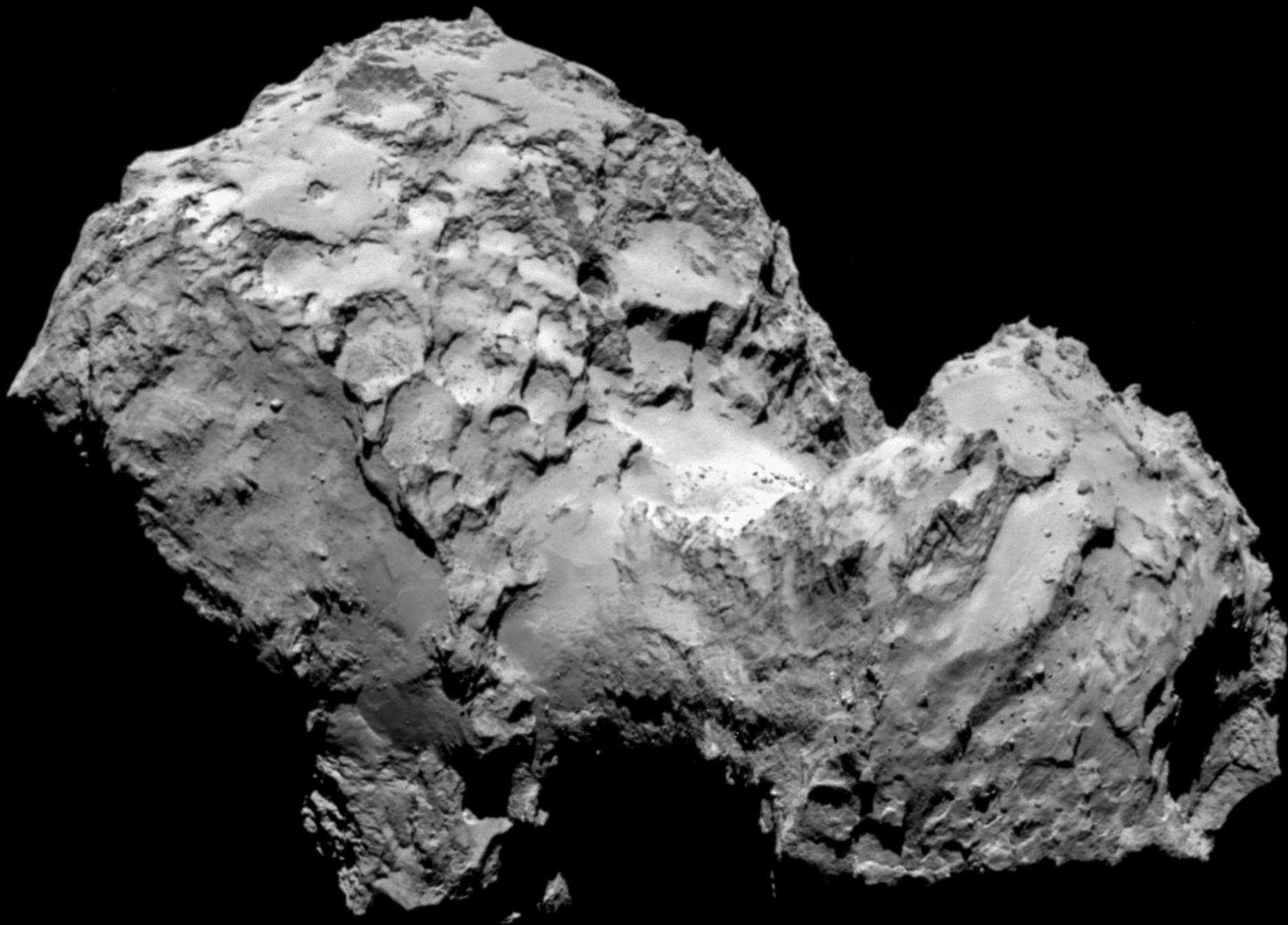
67P/Churyumov-Gerasimeno
ressemble à 9P/Tempel 1 ou
81P/Wild 2

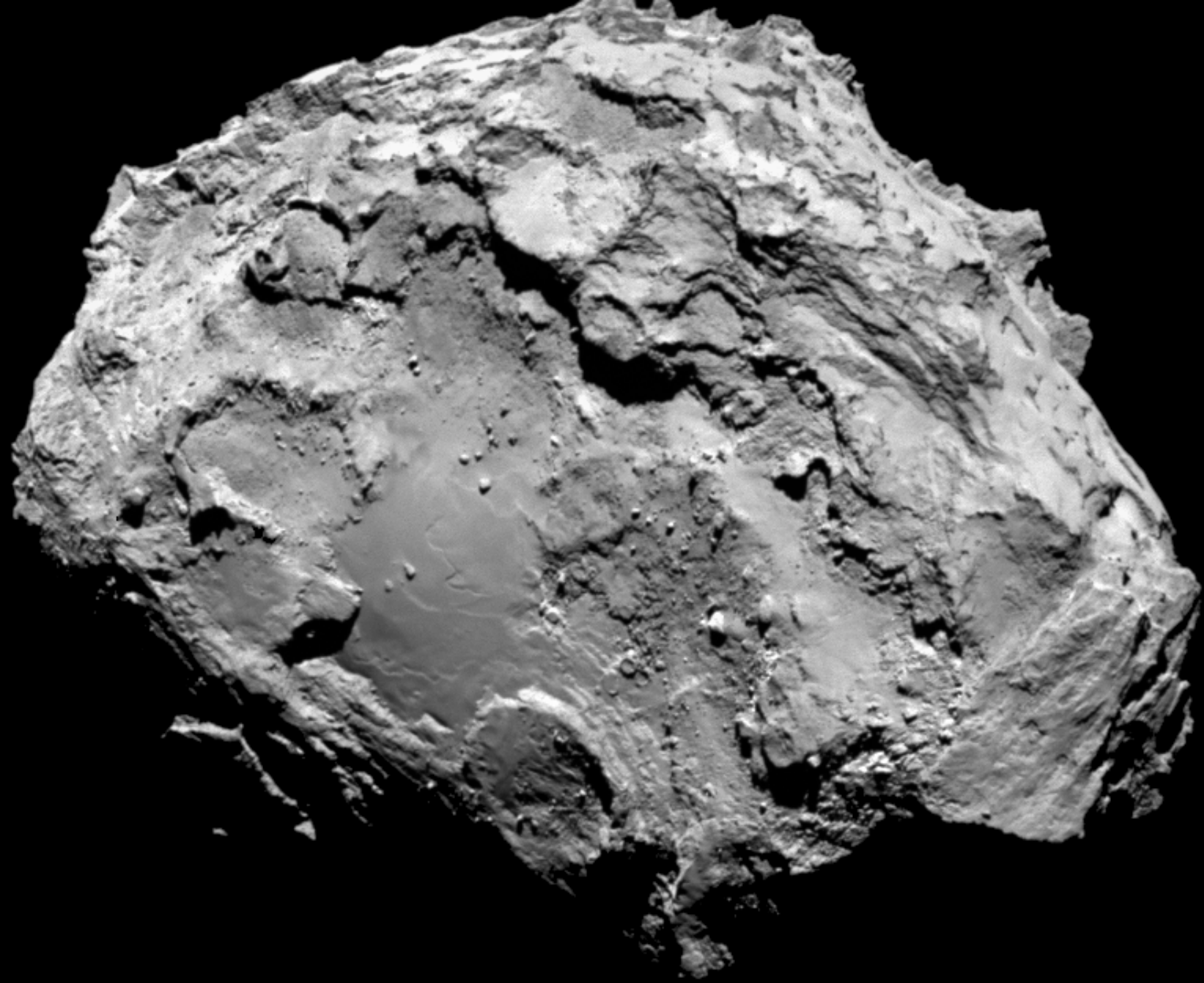
Morphologie/albedo/spectres/
couleur similaires

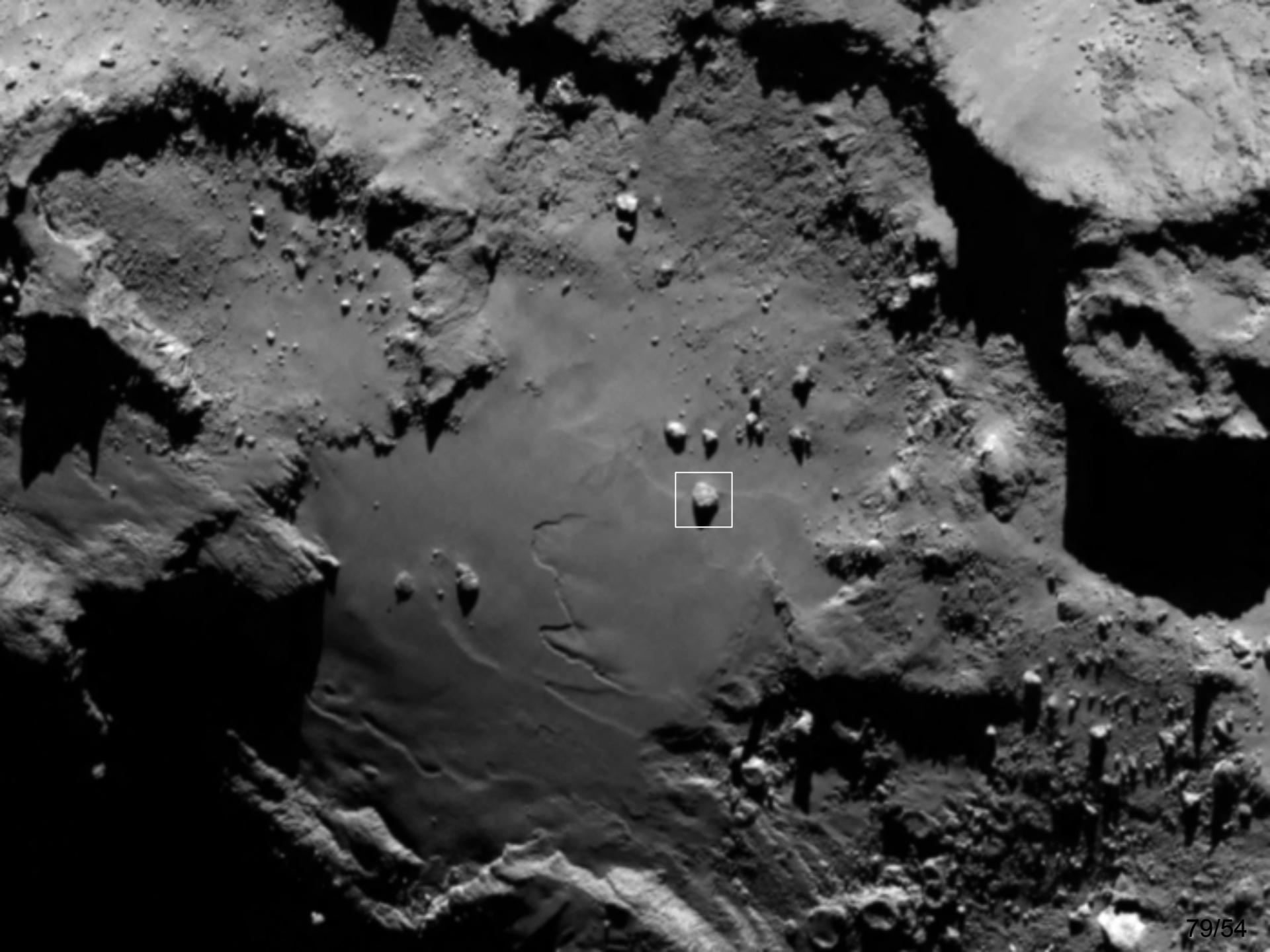
La forme bi-lobée n'est pas
une surprise (Hartley 2,
Borrelly, Tuttle, ...)

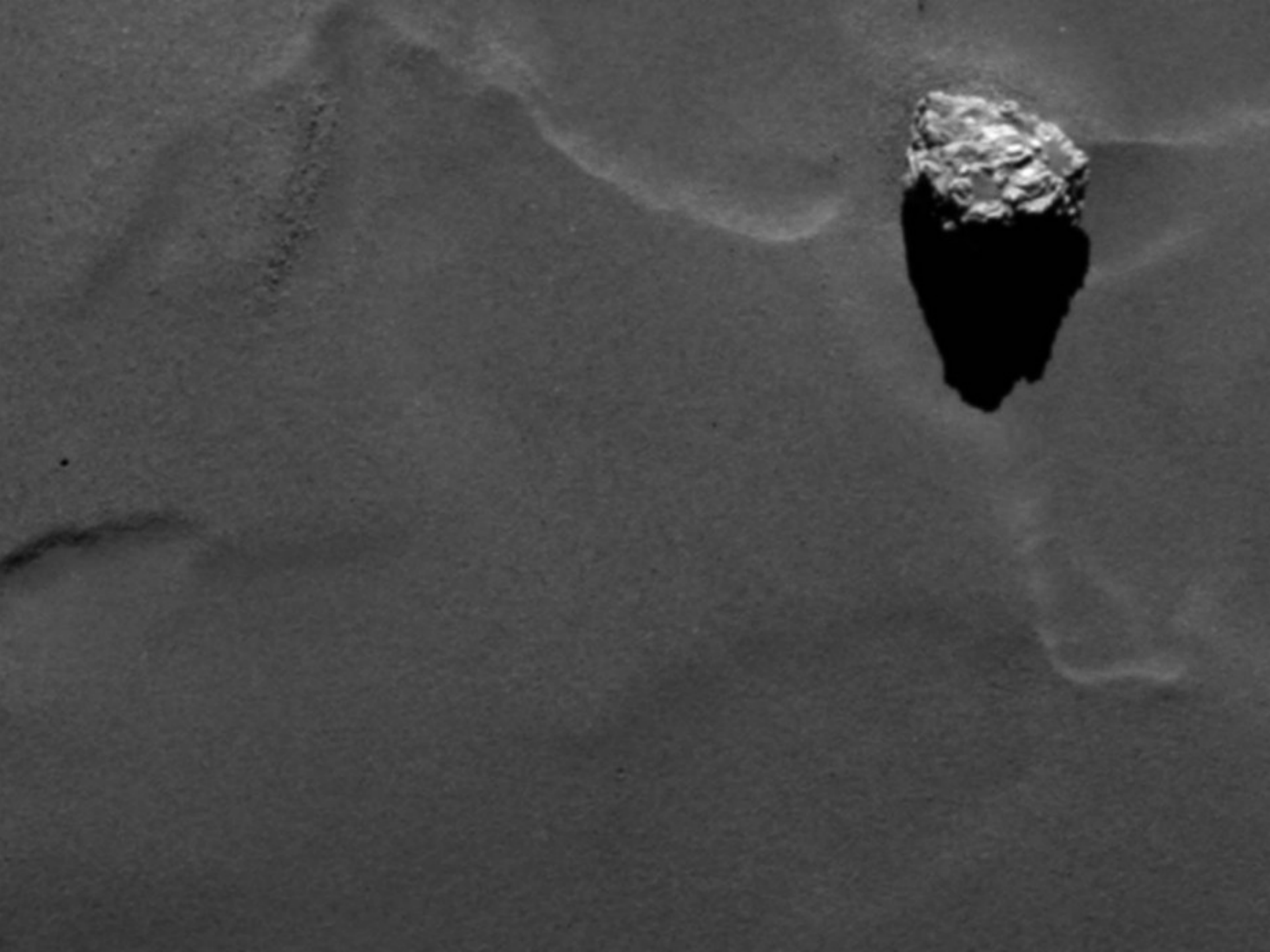
06/08/2014 - Rendez-vous



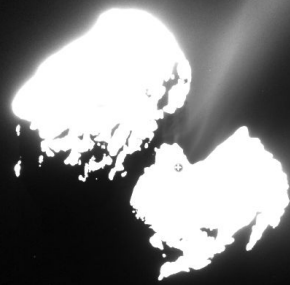








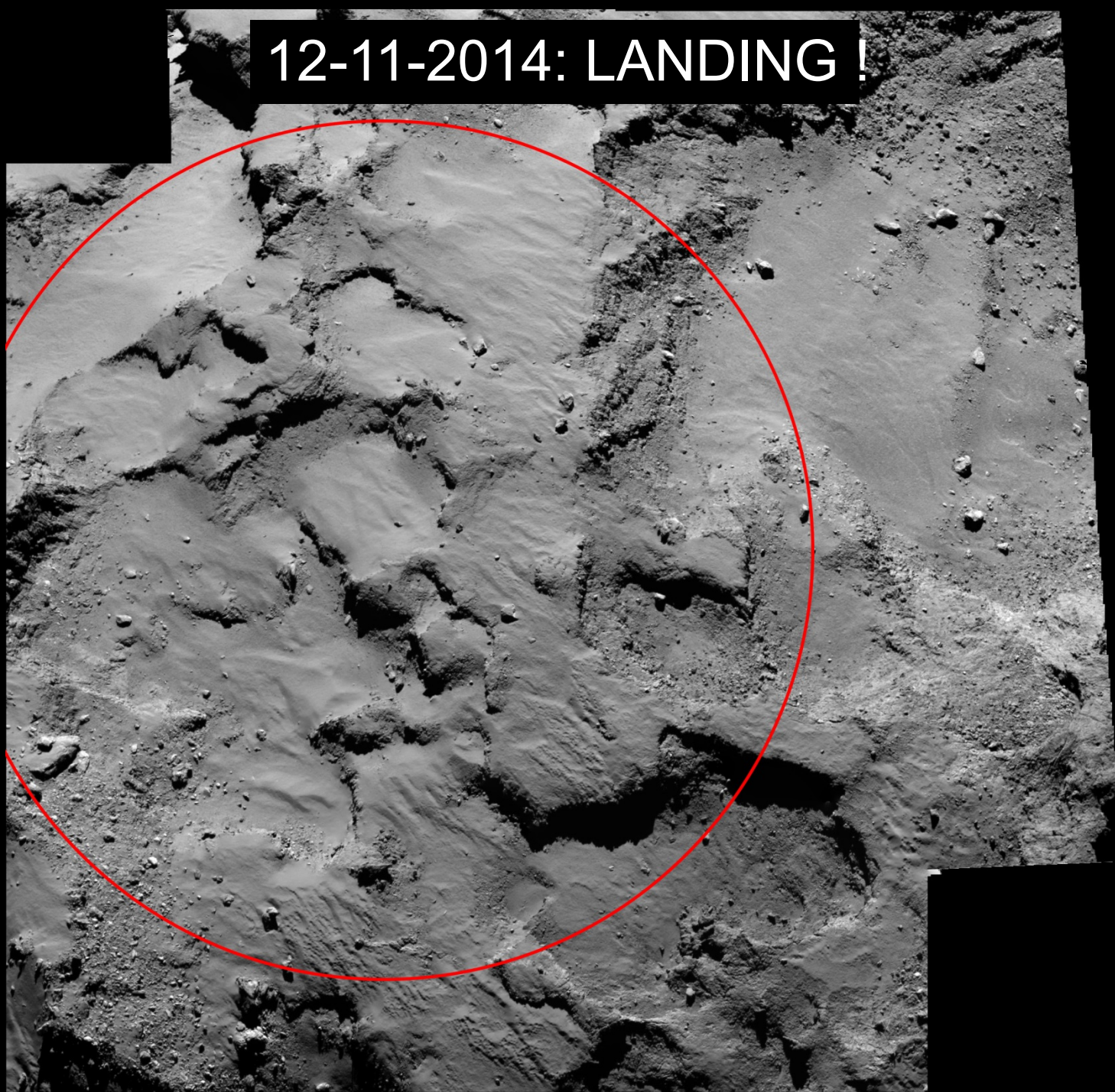
Étude de l'activité

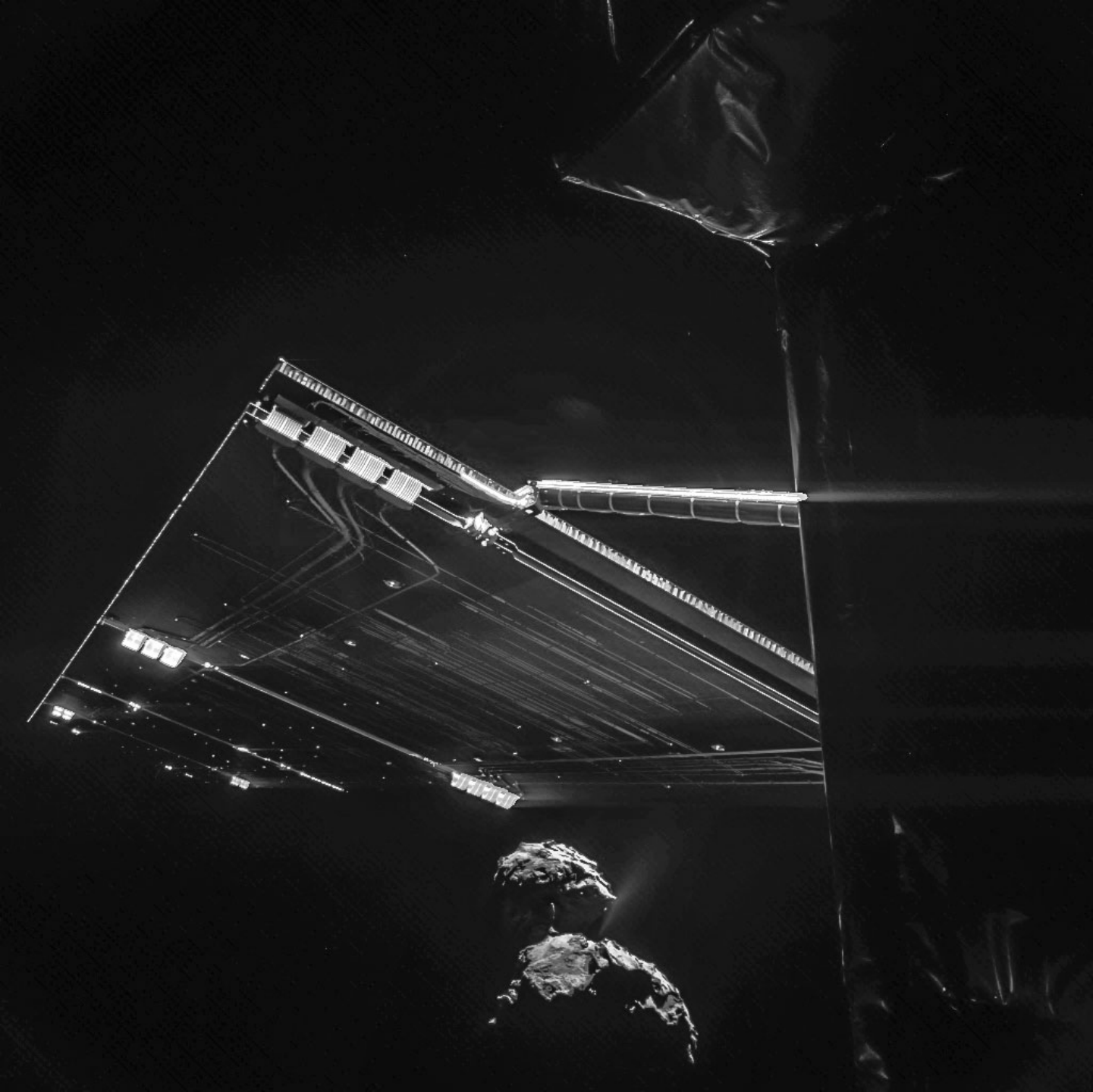


... à différentes
échelles



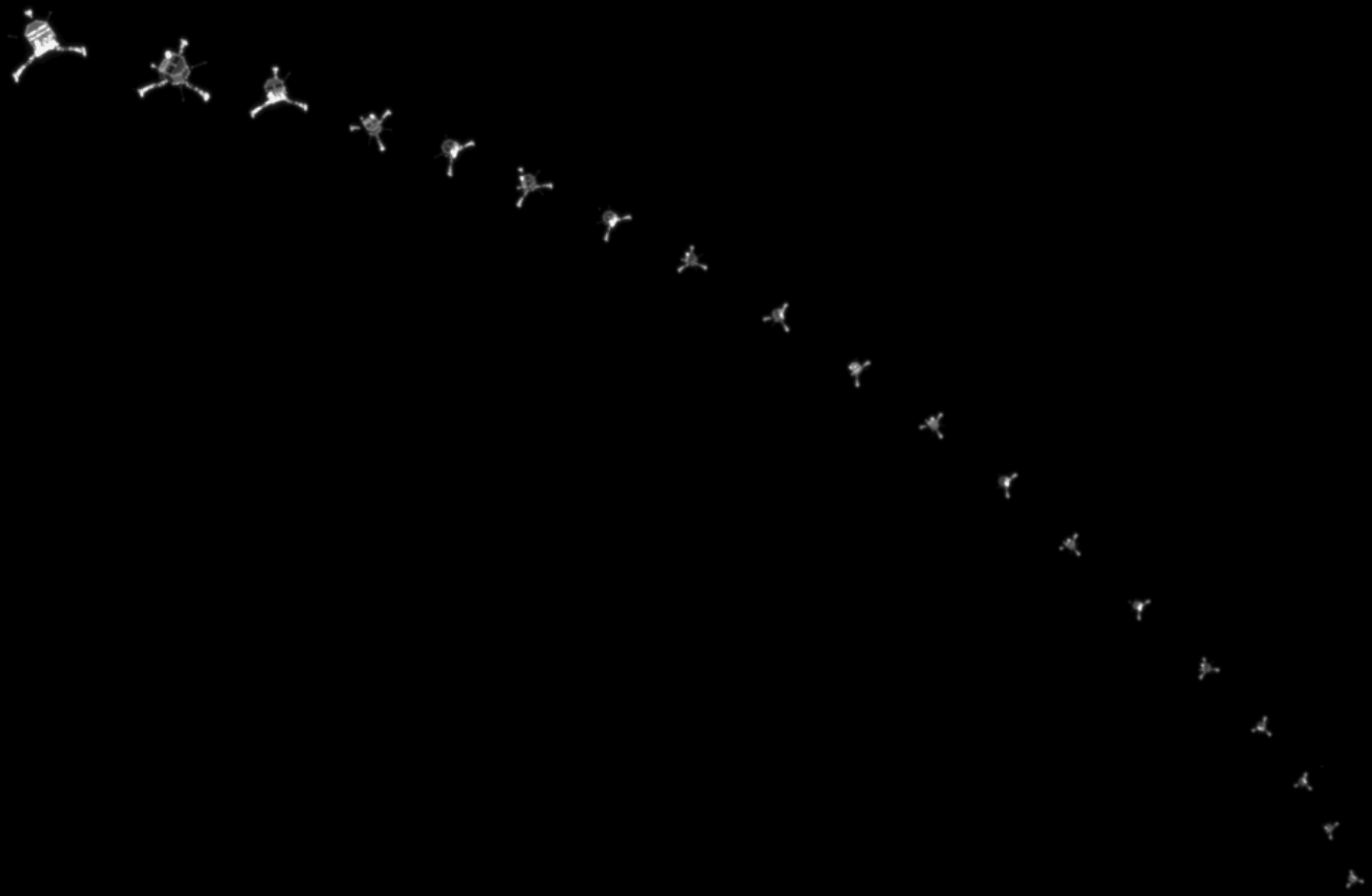
12-11-2014: LANDING !





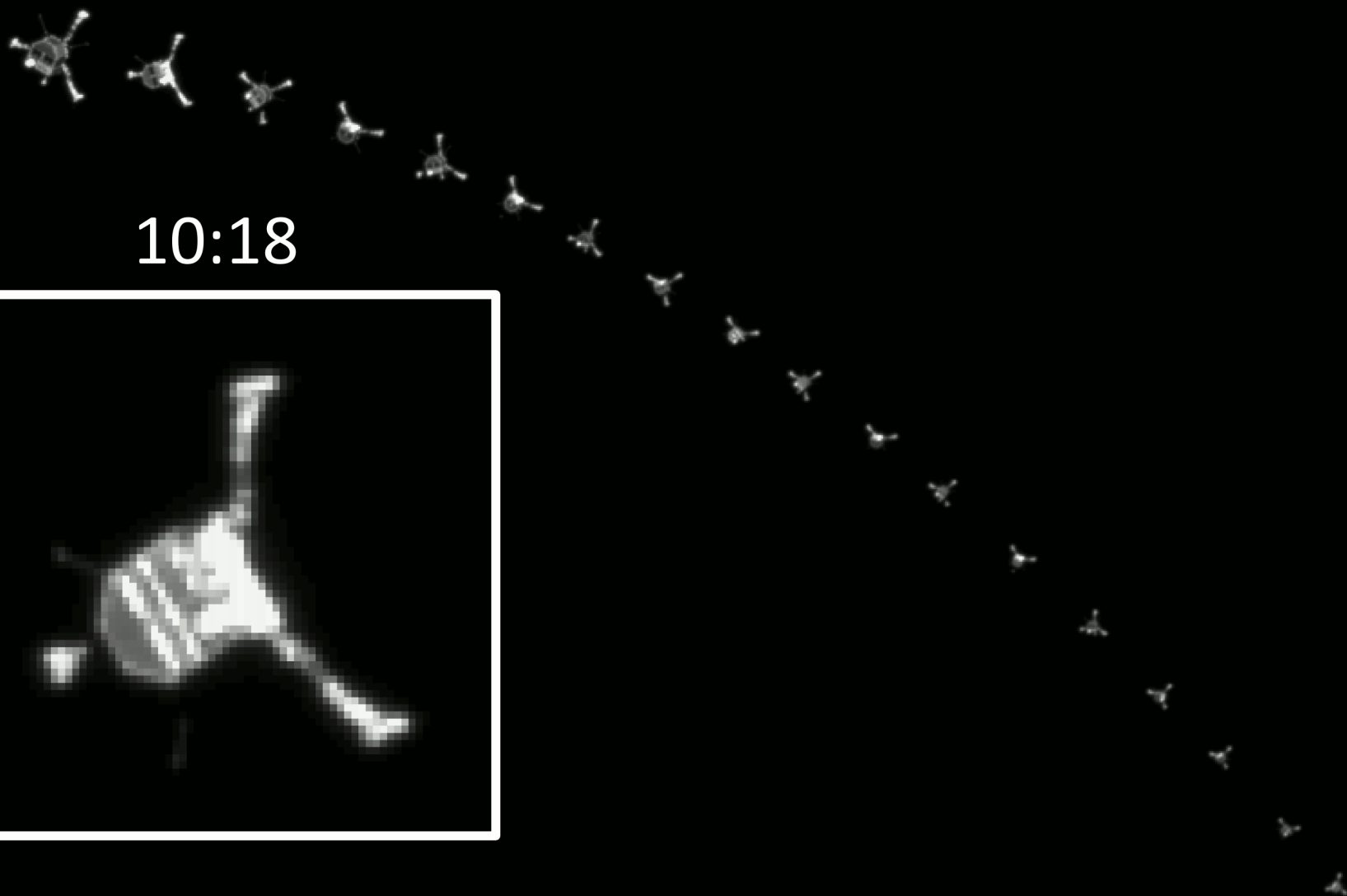
12-11-2014: LANDING !

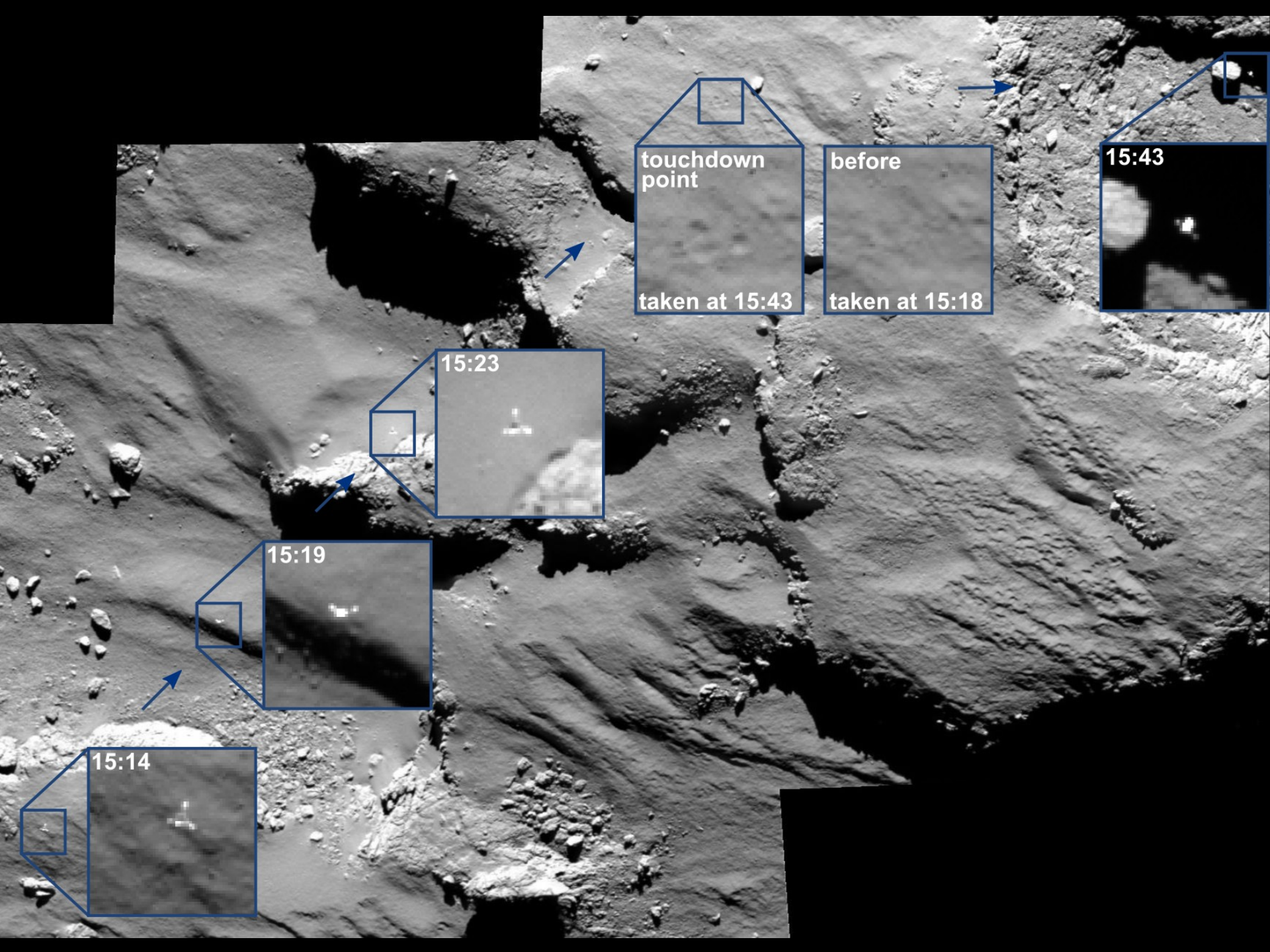






10:18





touchdown
point

taken at 15:43

before

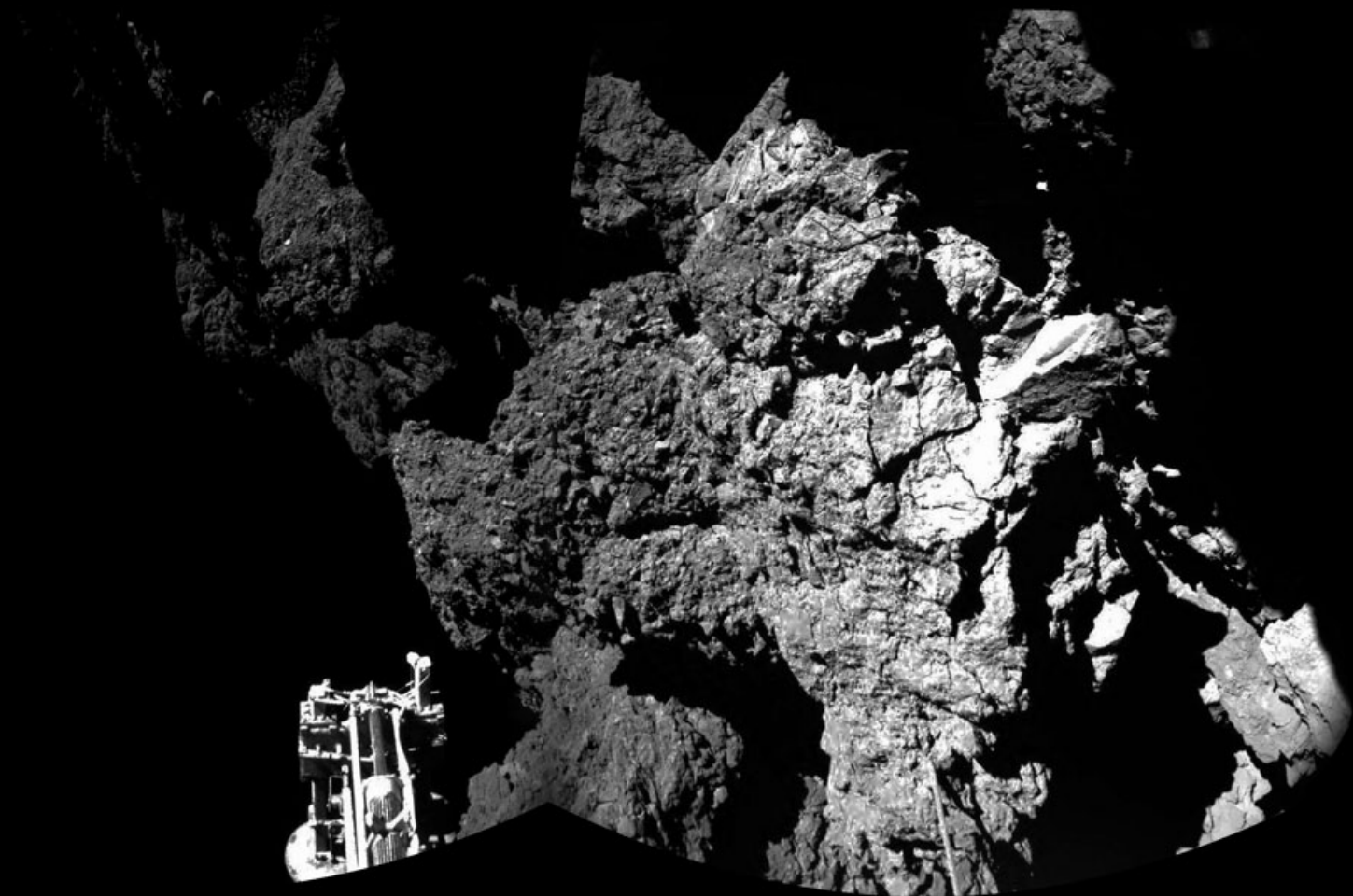
taken at 15:18

15:43

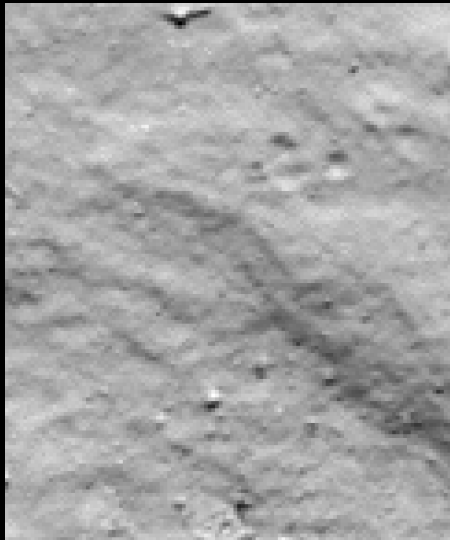
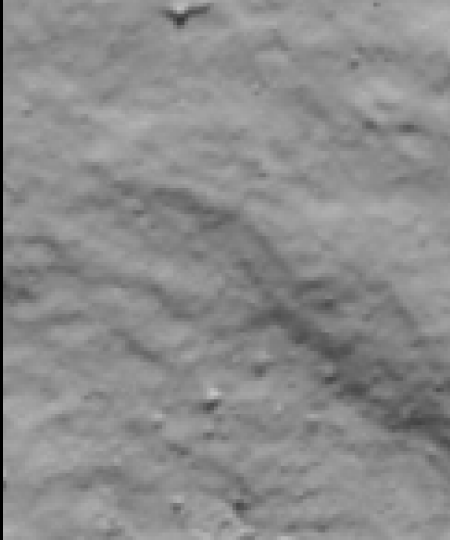
15:23

15:19

15:14



before



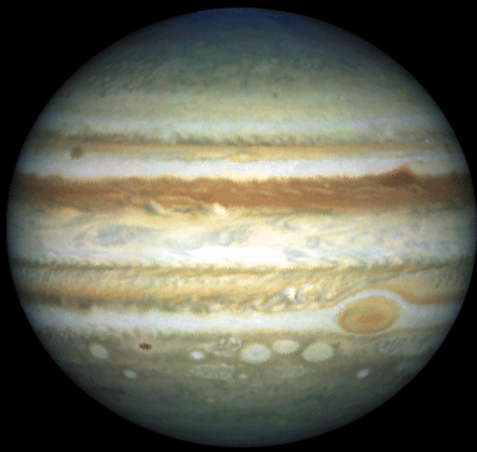
after



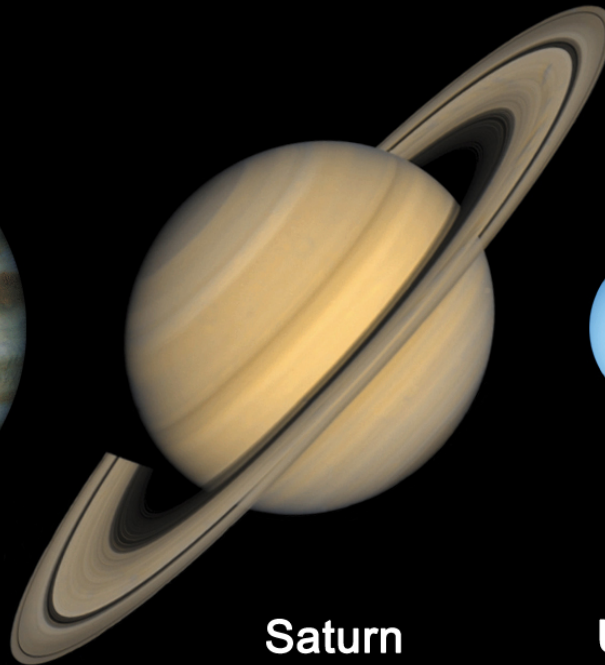
difference

III. Les planètes géantes

**Plus massives, plus loin du Soleil, gazeuses.
Avec des anneaux, et plein de satellites**



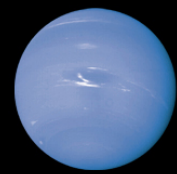
Jupiter



Saturn



Uranus



Neptune

Géantes gazeuses

-**Jupiter & Saturne**,
les 2 plus grosses planètes:

Diamètre Jupiter = 140 000 km

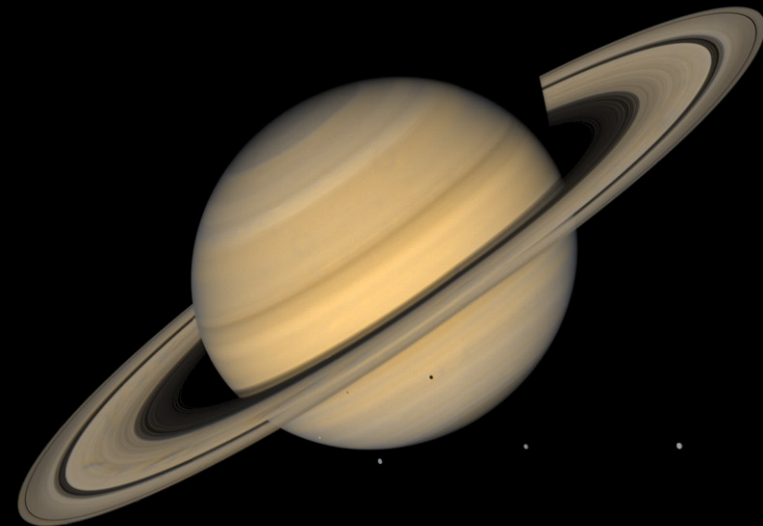
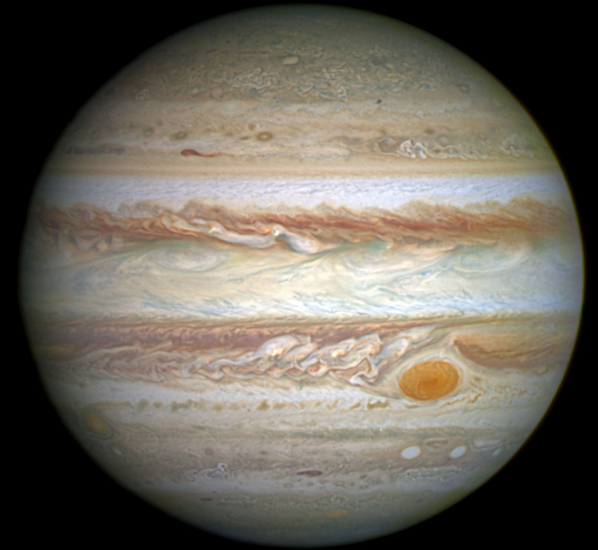
Diamètre Saturne = 120 000 km.

$M_{\text{Jupiter}} = 300 M_{\text{Terre}} = 0,001 M_{\text{Soleil}}$

$M_{\text{Saturne}} = 100 M_{\text{Terre}}$

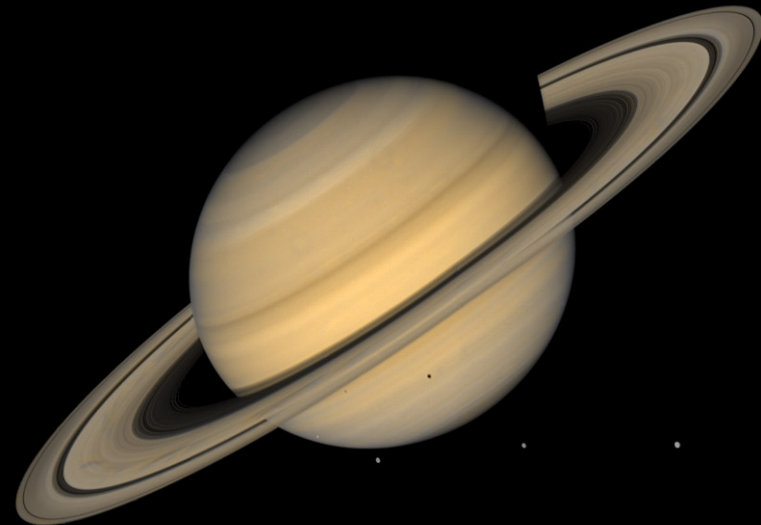
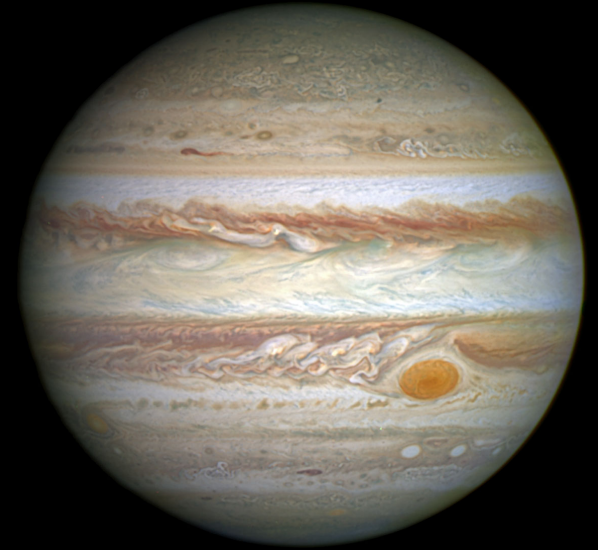
-Essentiellement H et He,
composition semblable au Soleil.

-Coeur solide de $\sim 10 M_{\text{Terre}}$



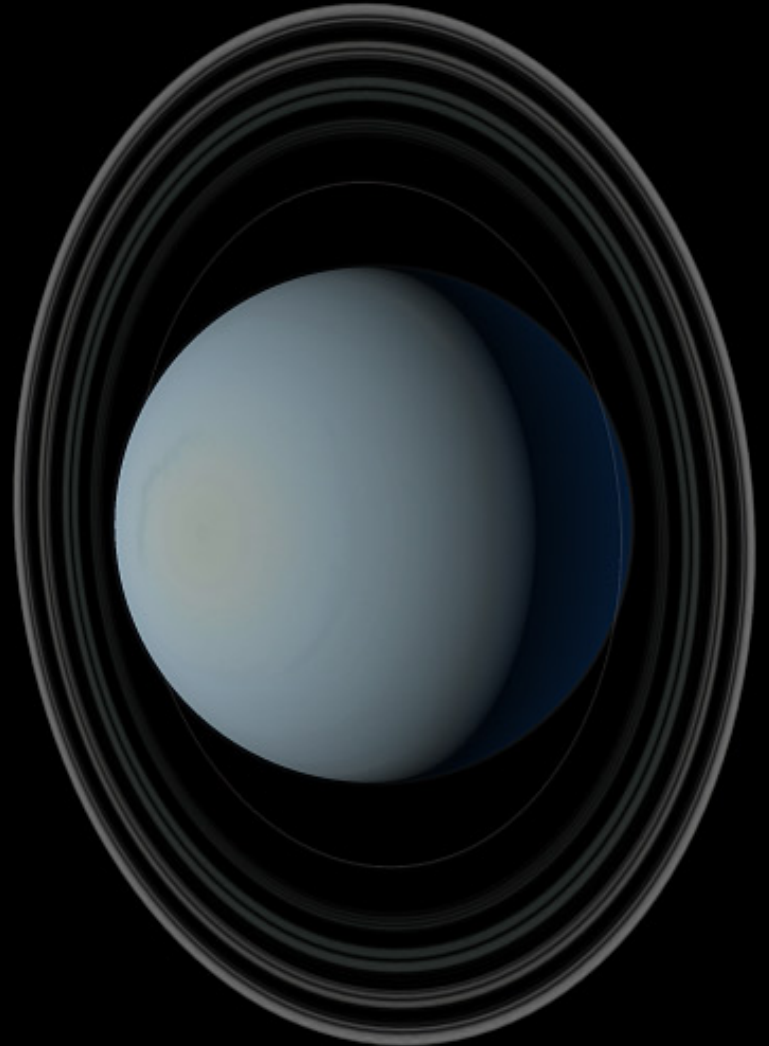
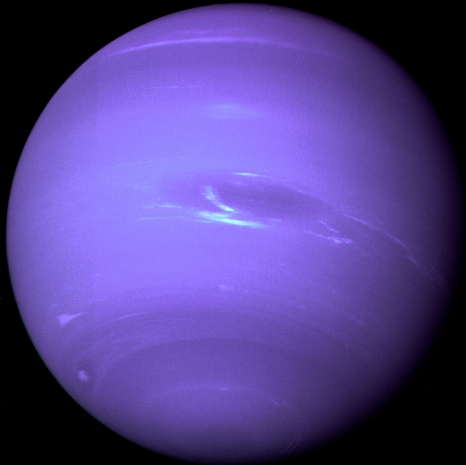
Géantes gazeuses

- faible densité : 1,4 et 0,7.
- Atmosphère très opaque:
on ne voit que la couche externe
- Rotation rapide et
fort champ magnétique



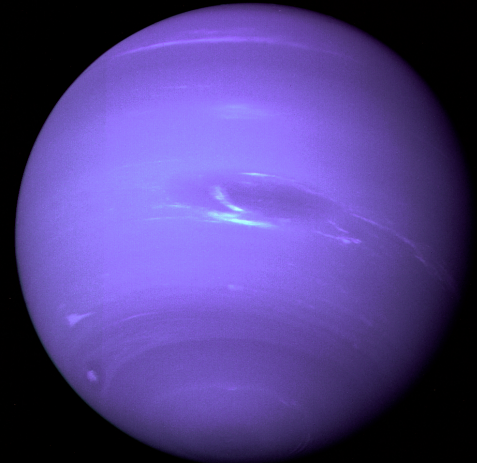
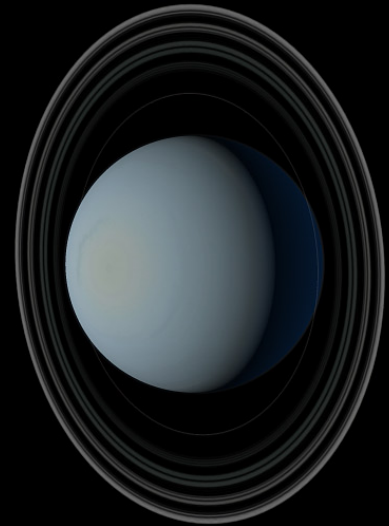
Géantes de Glace

- Uranus et Neptune,
planètes les plus externes
- Beaucoup plus petites que les
gazeuses, $\sim 15 M_{\text{Terre}}$

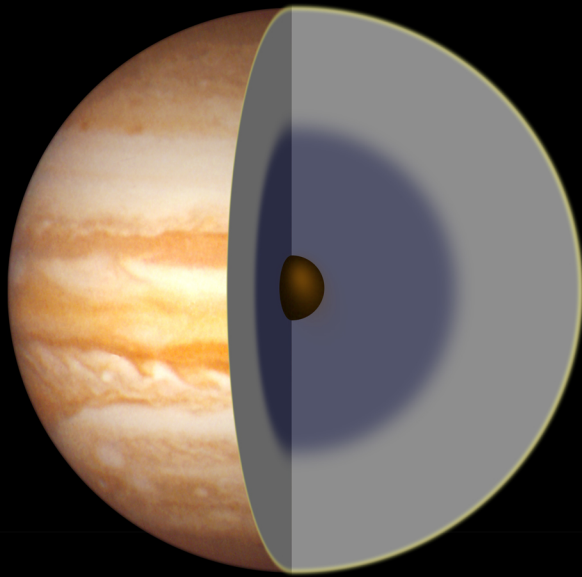


Géantes de Glace

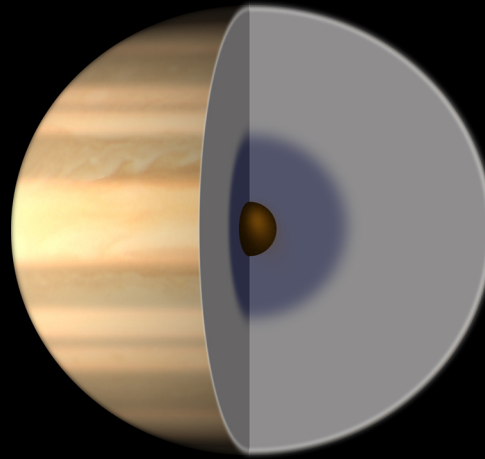
- Uranus et Neptune, planètes les plus externes
- Beaucoup plus petites que les gazeuses, $\sim 15 M_{\text{Terre}}$
- Essentiellement composées de “glaces” d'éléments volatils (H_2O , CO_2)
Nuages de méthane dans des atmosphères froide de H-He.



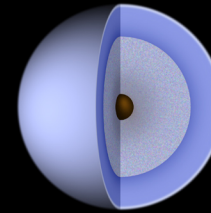
Les géantes



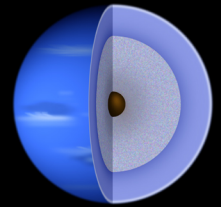
JUPITER



SATURN



URANUS



NEPTUNE



■ Molecular hydrogen

■ Metallic hydrogen

■ Hydrogen, helium, methane gas

■ Mantle (water, ammonia, methane ices)

■ Core (rock, ice)

Les géantes: leurs satellites



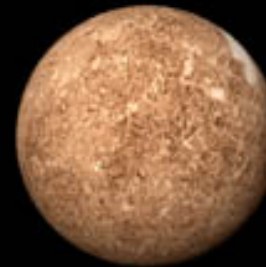
Ganymede

5262 km



Titan

5150 km



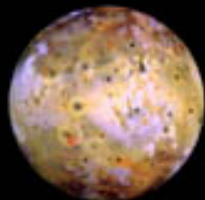
Mercury

4880 km



Callisto

4806 km



Io

3642 km



Moon

3476 km



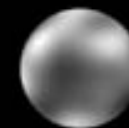
Europa

3138 km



Triton

2706 km



Pluto

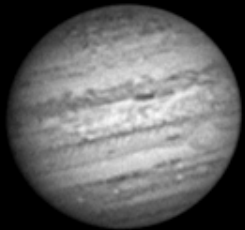
2300 km



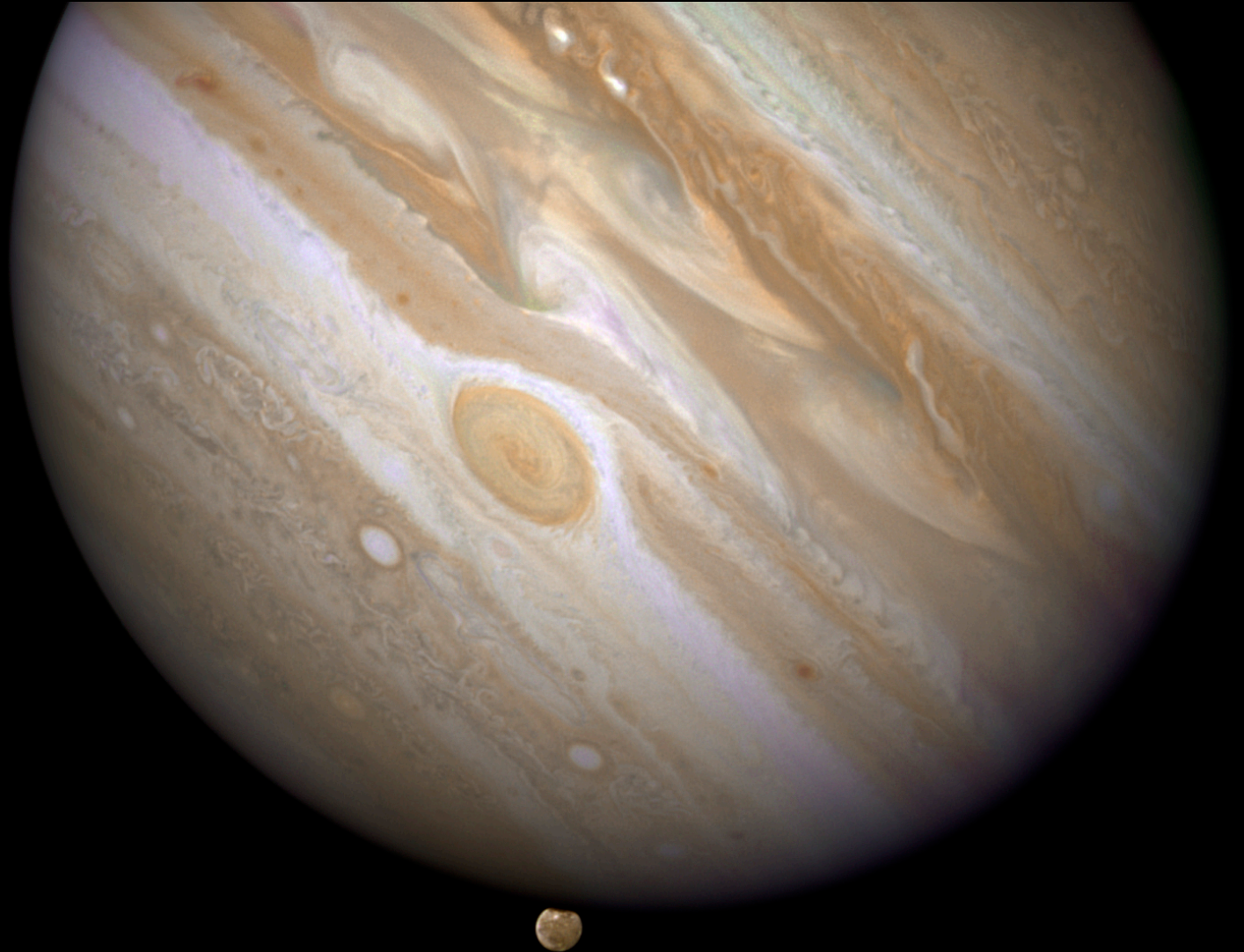
Titania

1580 km

Le monde de Jupiter



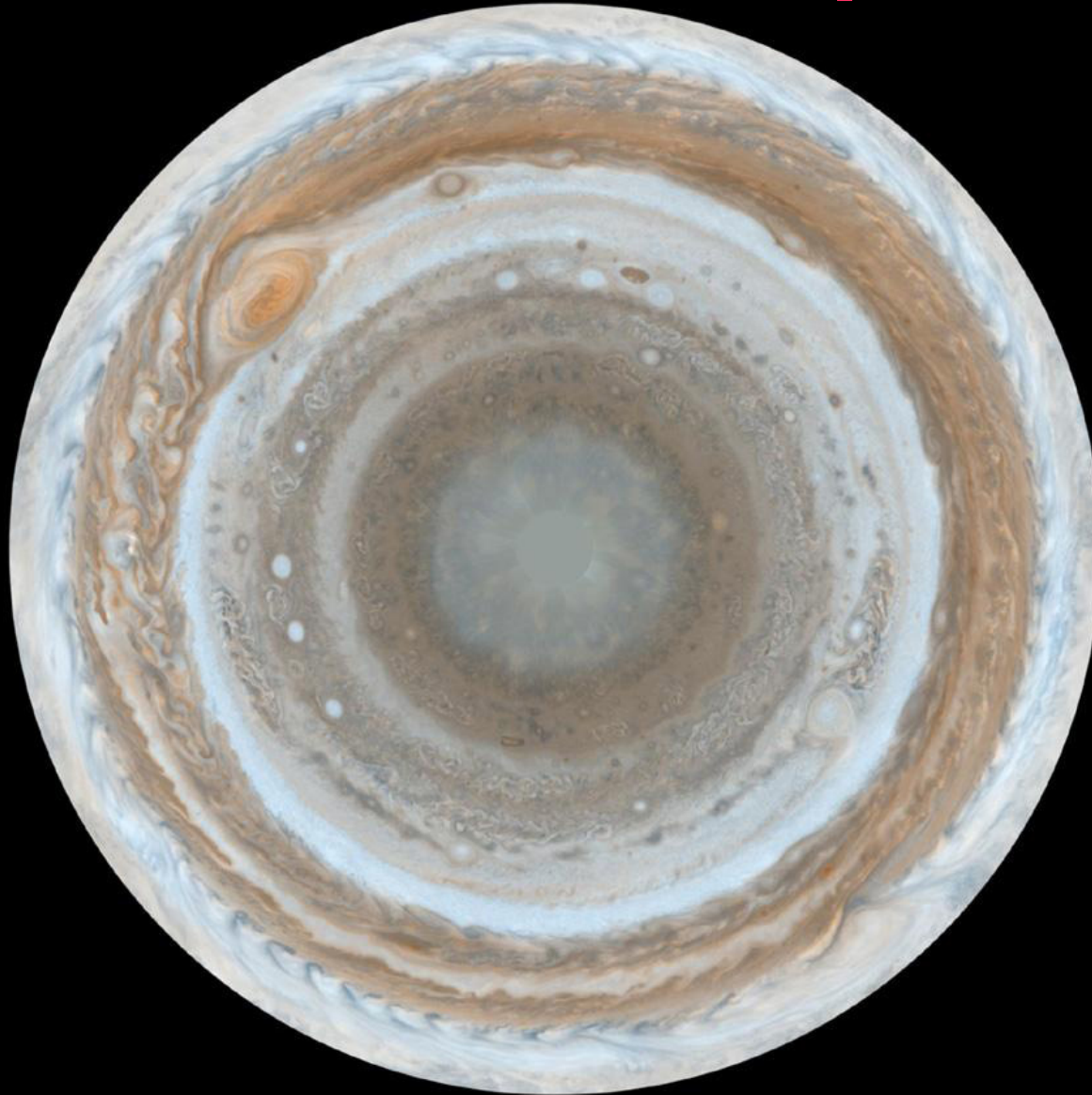
Le monde de Jupiter



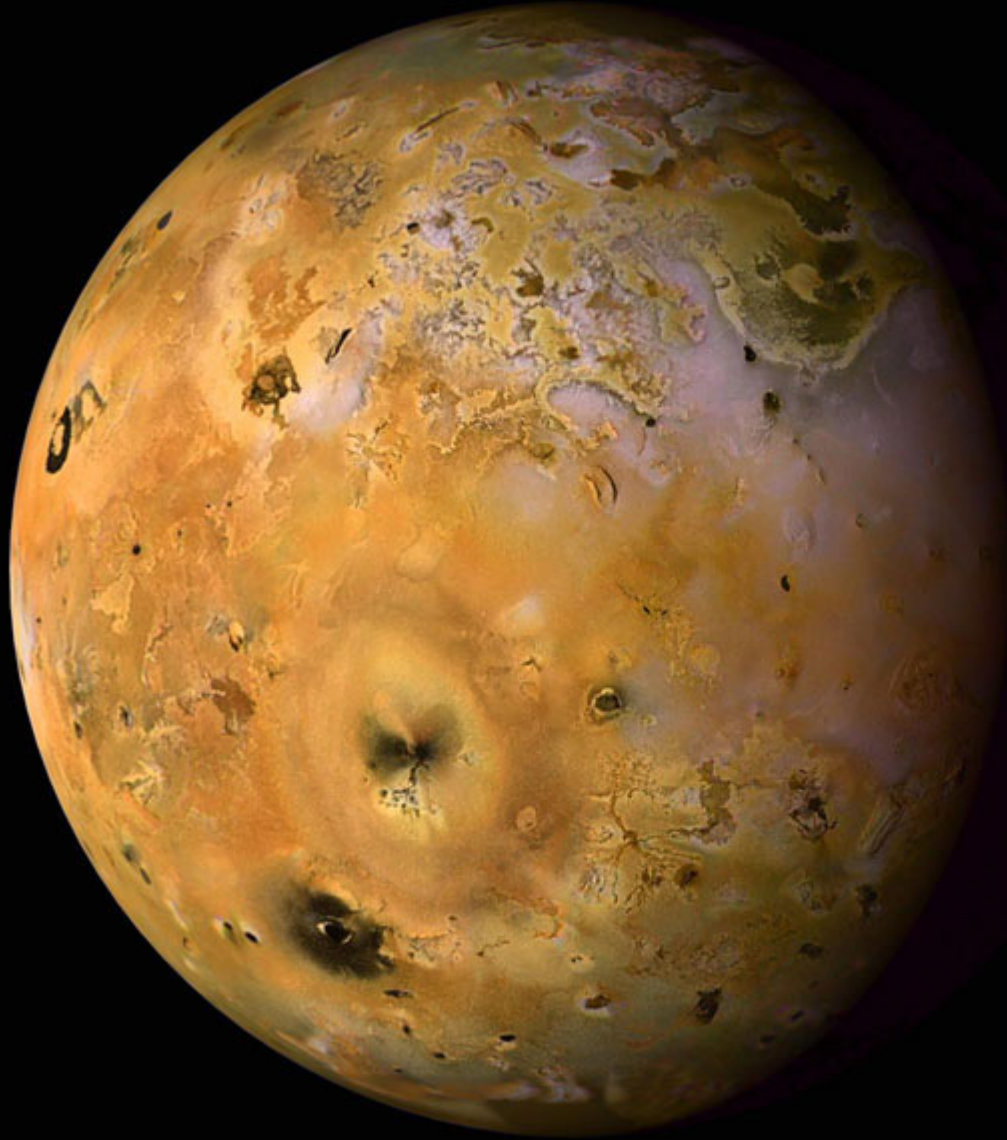
Le monde de Jupiter



Le monde de Jupiter



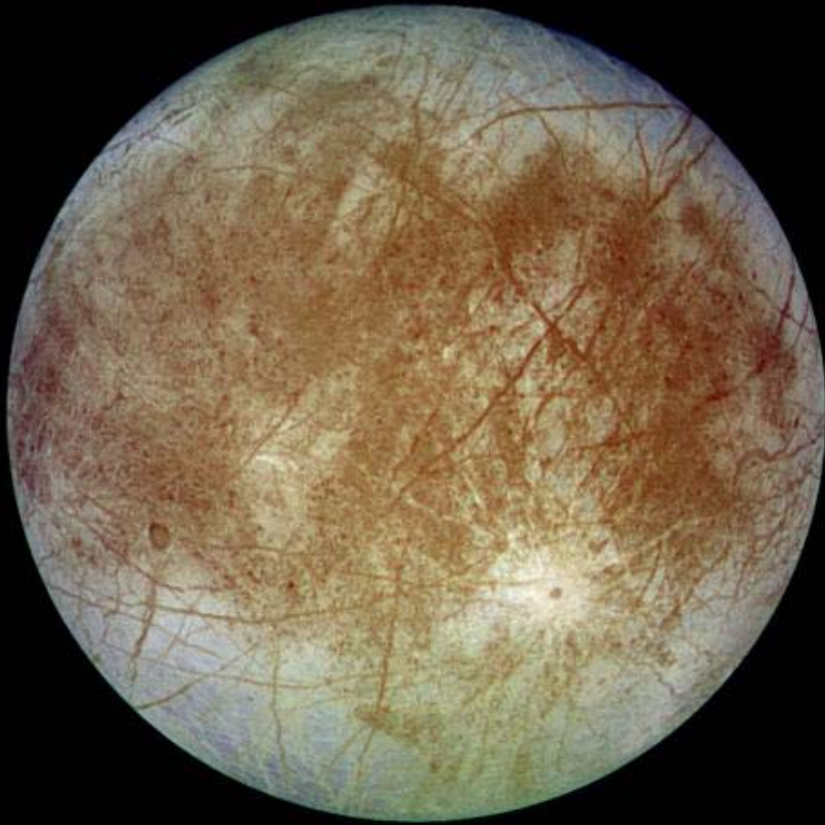
Le monde de Jupiter



Io

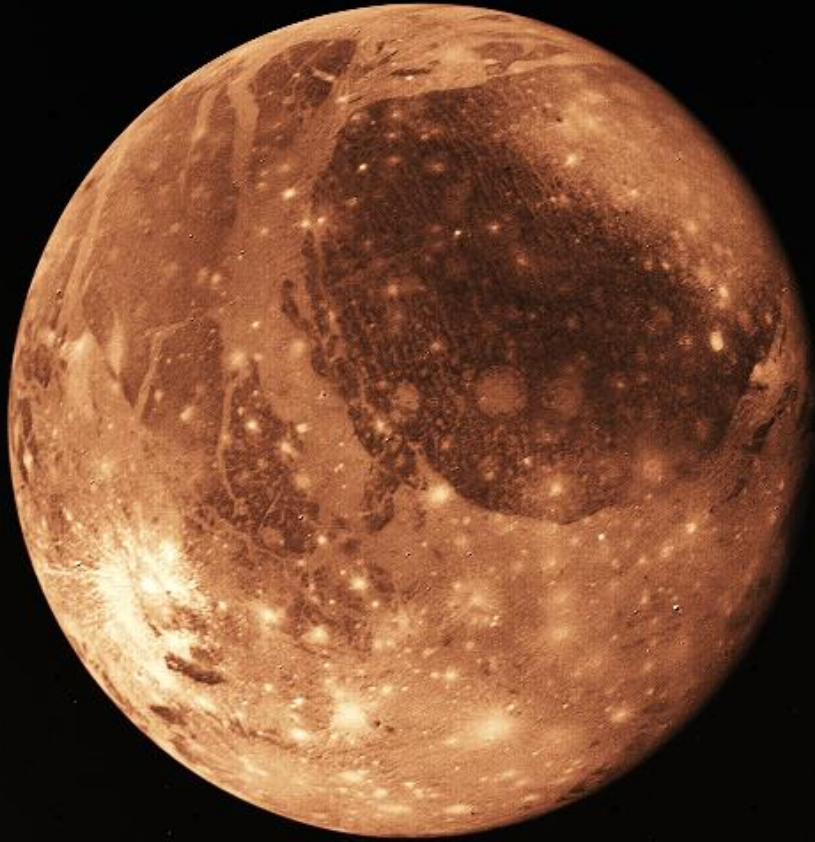


Le monde de Jupiter



Europe

Le monde de Jupiter



Ganymède

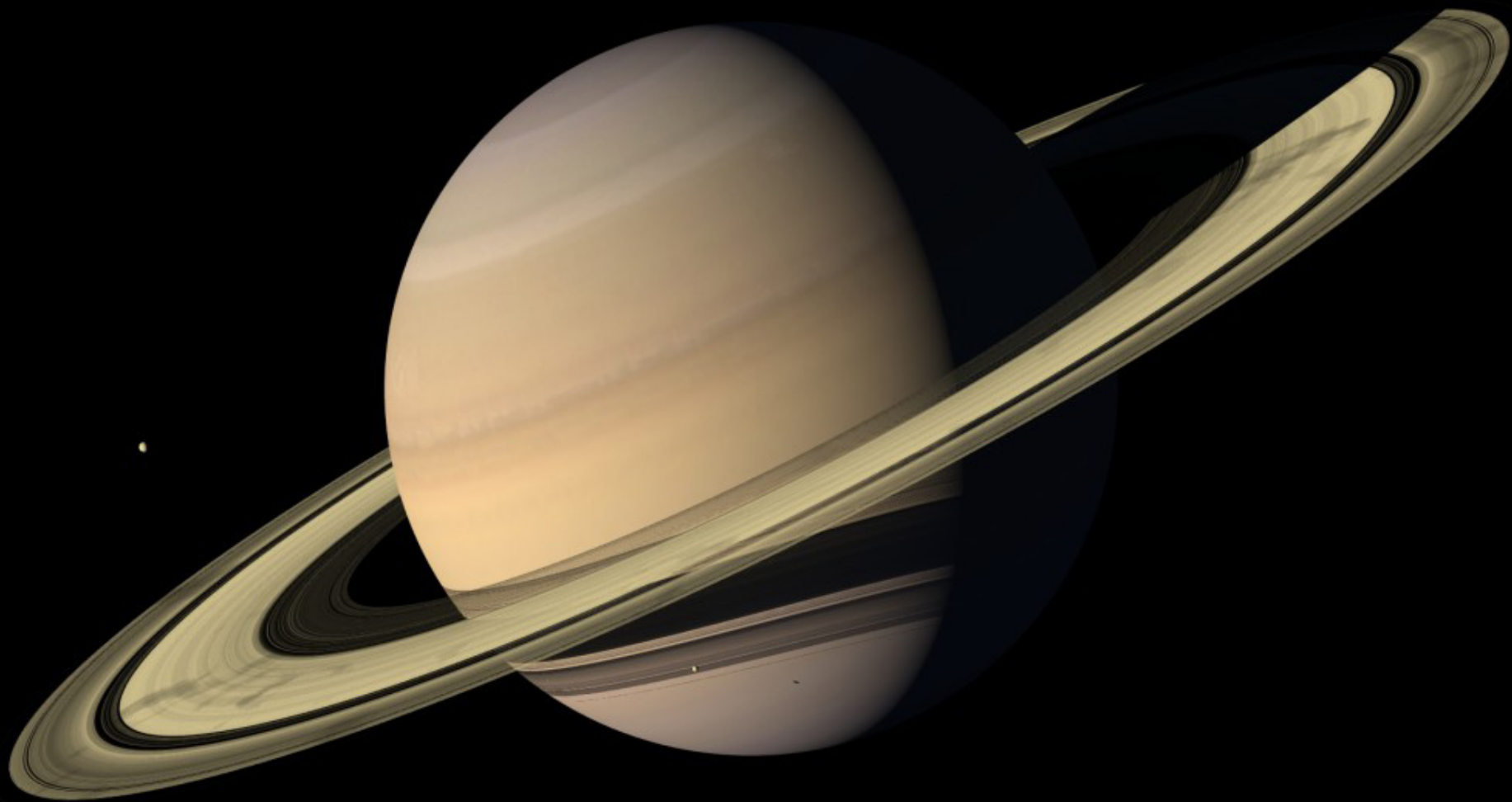


Le monde de Jupiter



Callisto

Le monde de Saturne



Le monde de Saturne



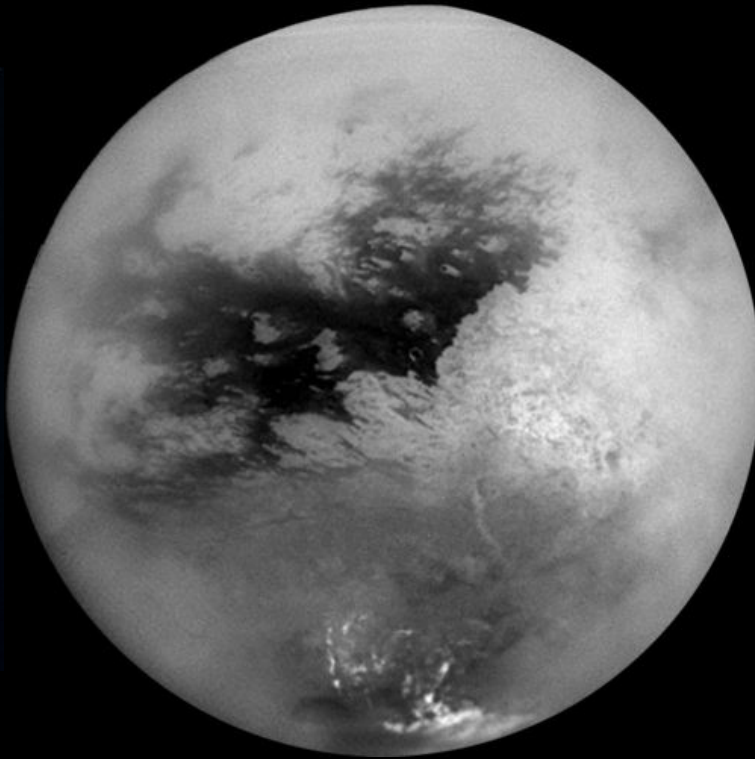
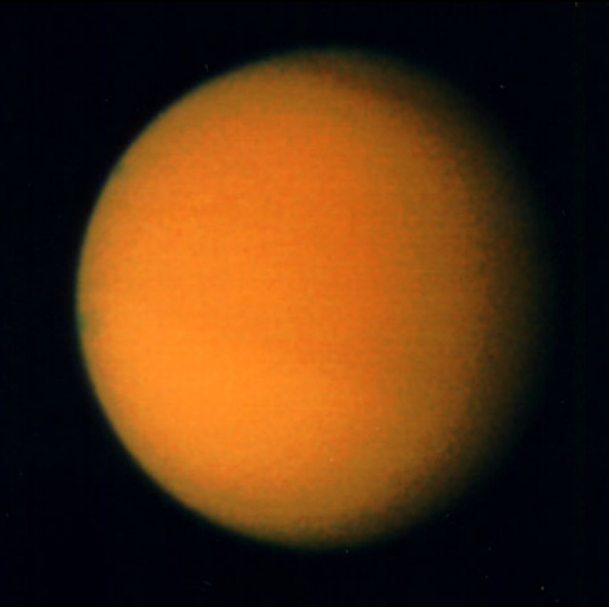
Phoebe



Hypérion

Le monde de Saturne

Titan



Le monde de Saturne

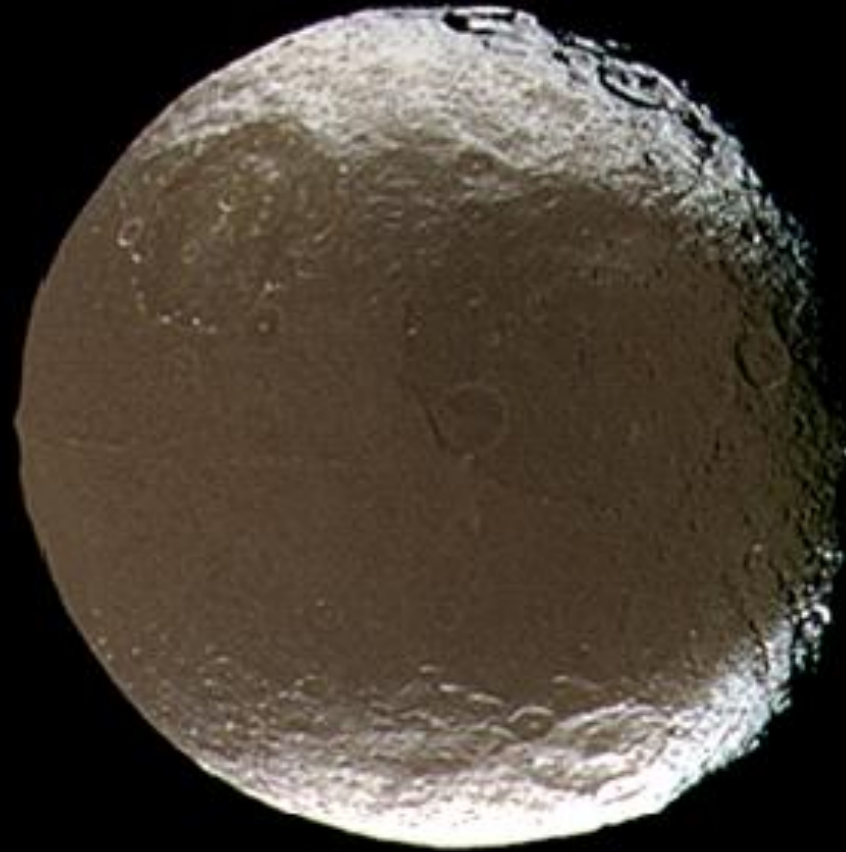
Voyager Flyby of Iapetus

Iapetus



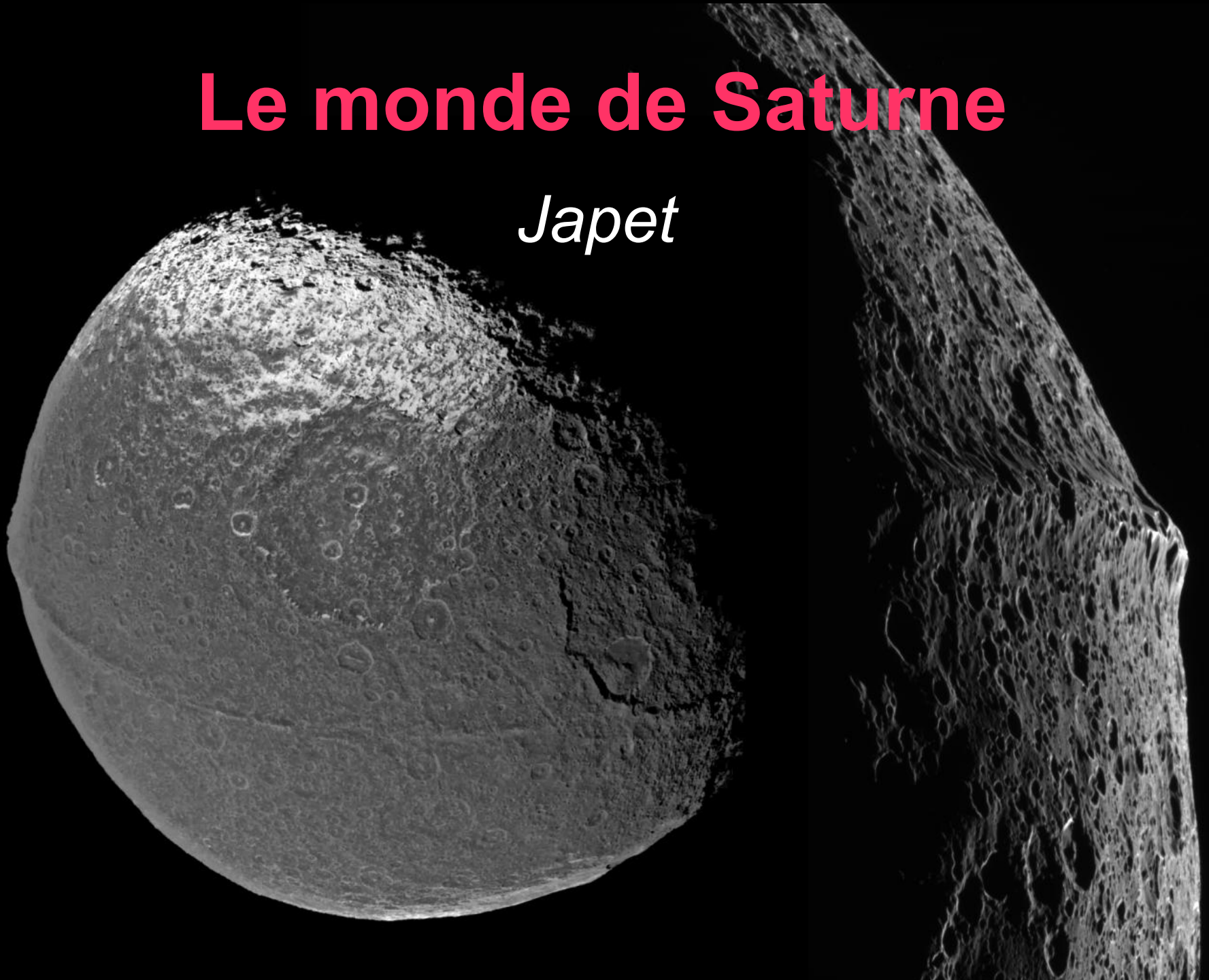
Le monde de Saturne

Japet



Le monde de Saturne

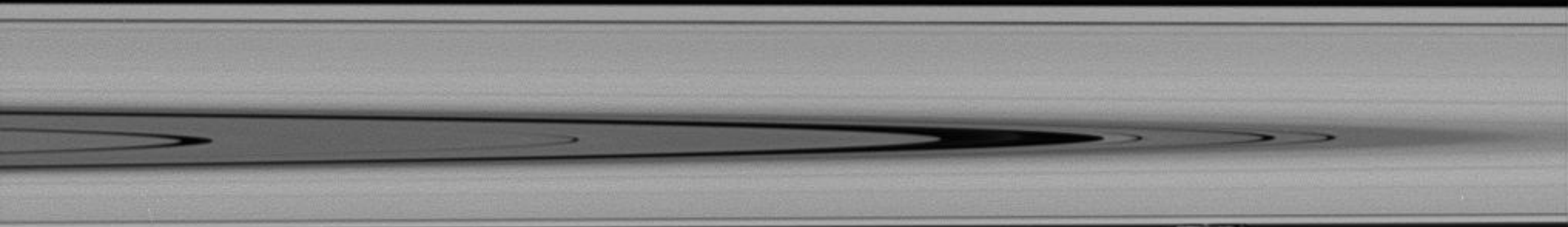
Japet



Le monde de Saturne

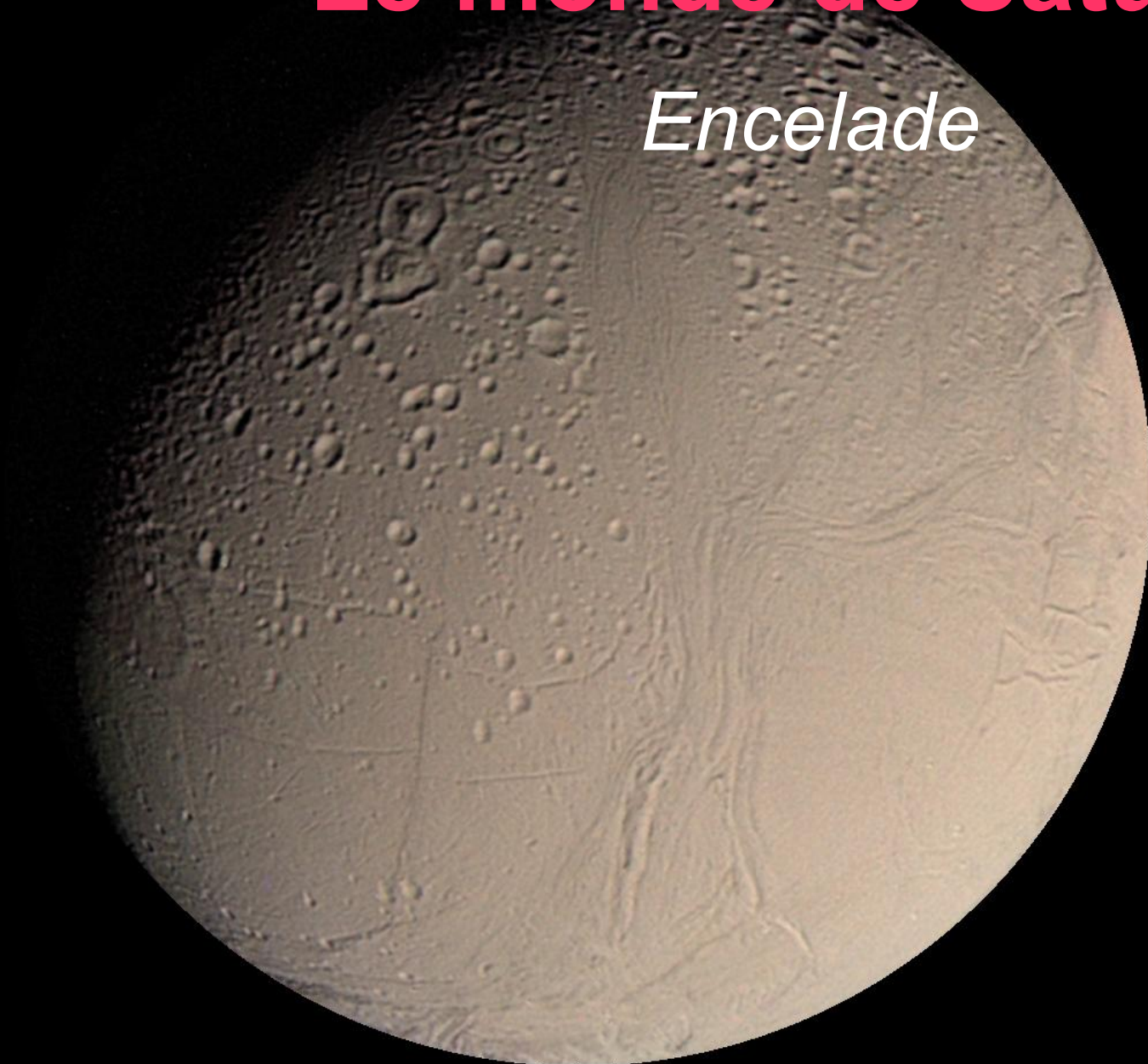


Janus et Prométhée



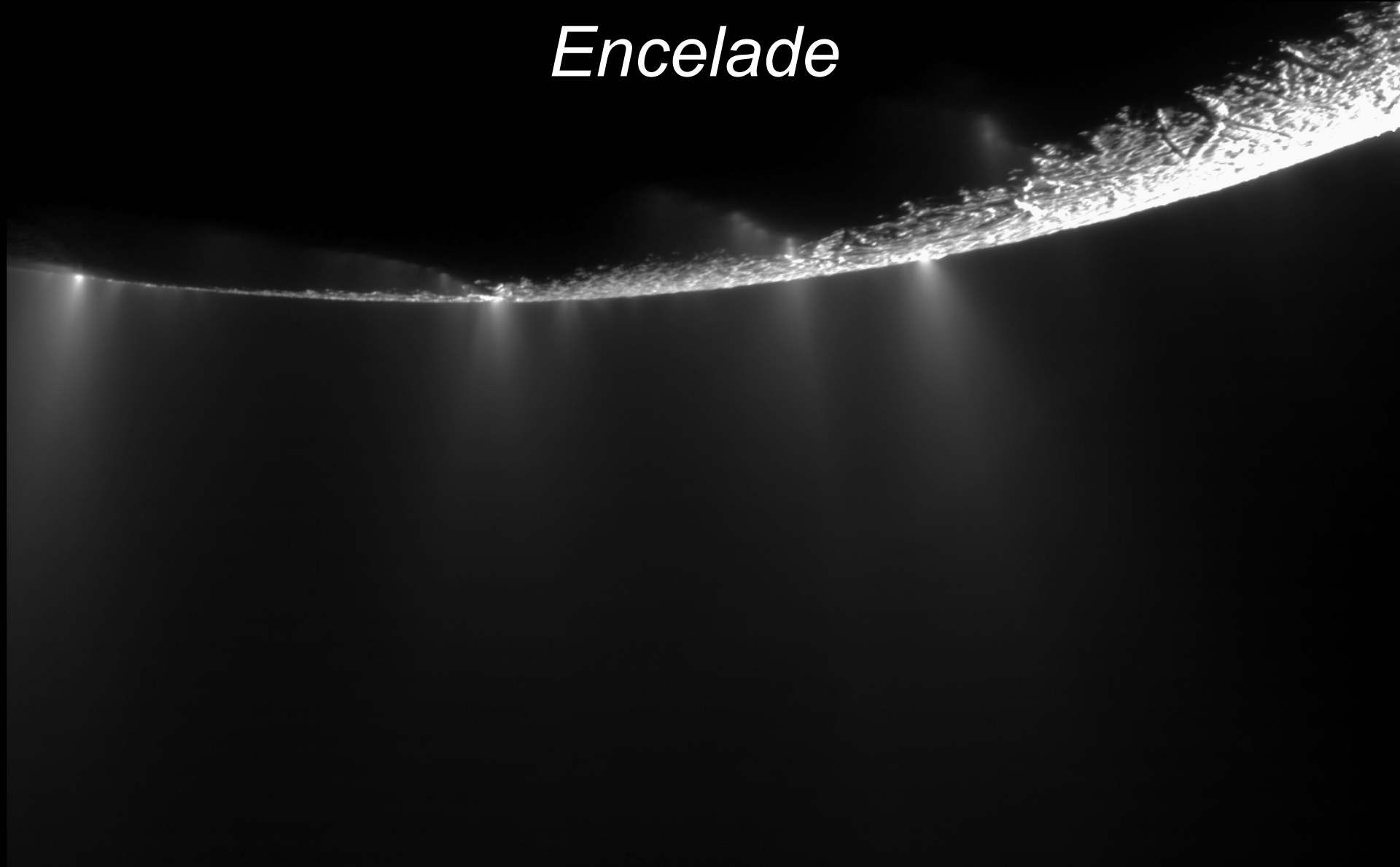
Le monde de Saturne

Encelade



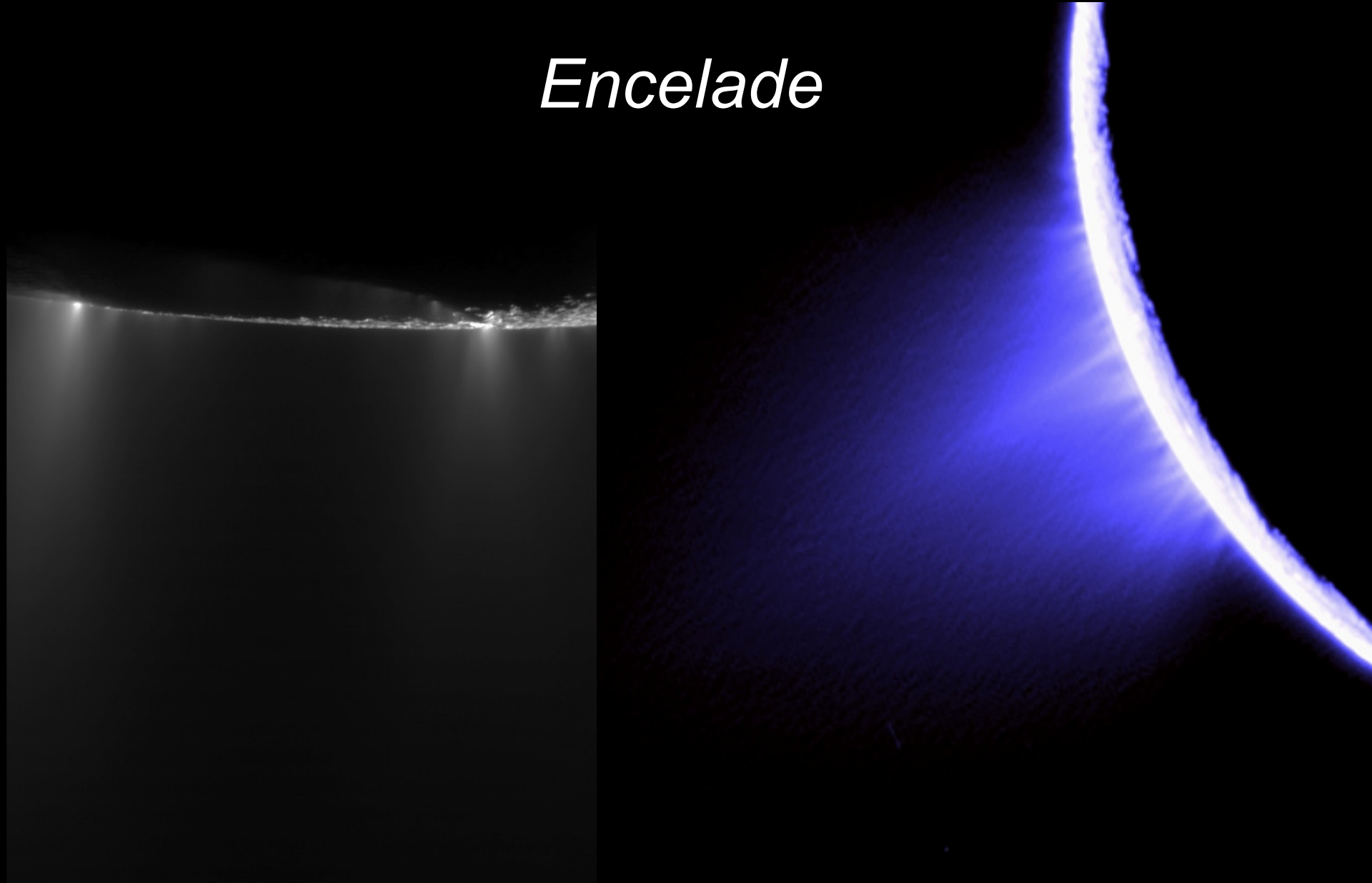
Le monde de Saturne

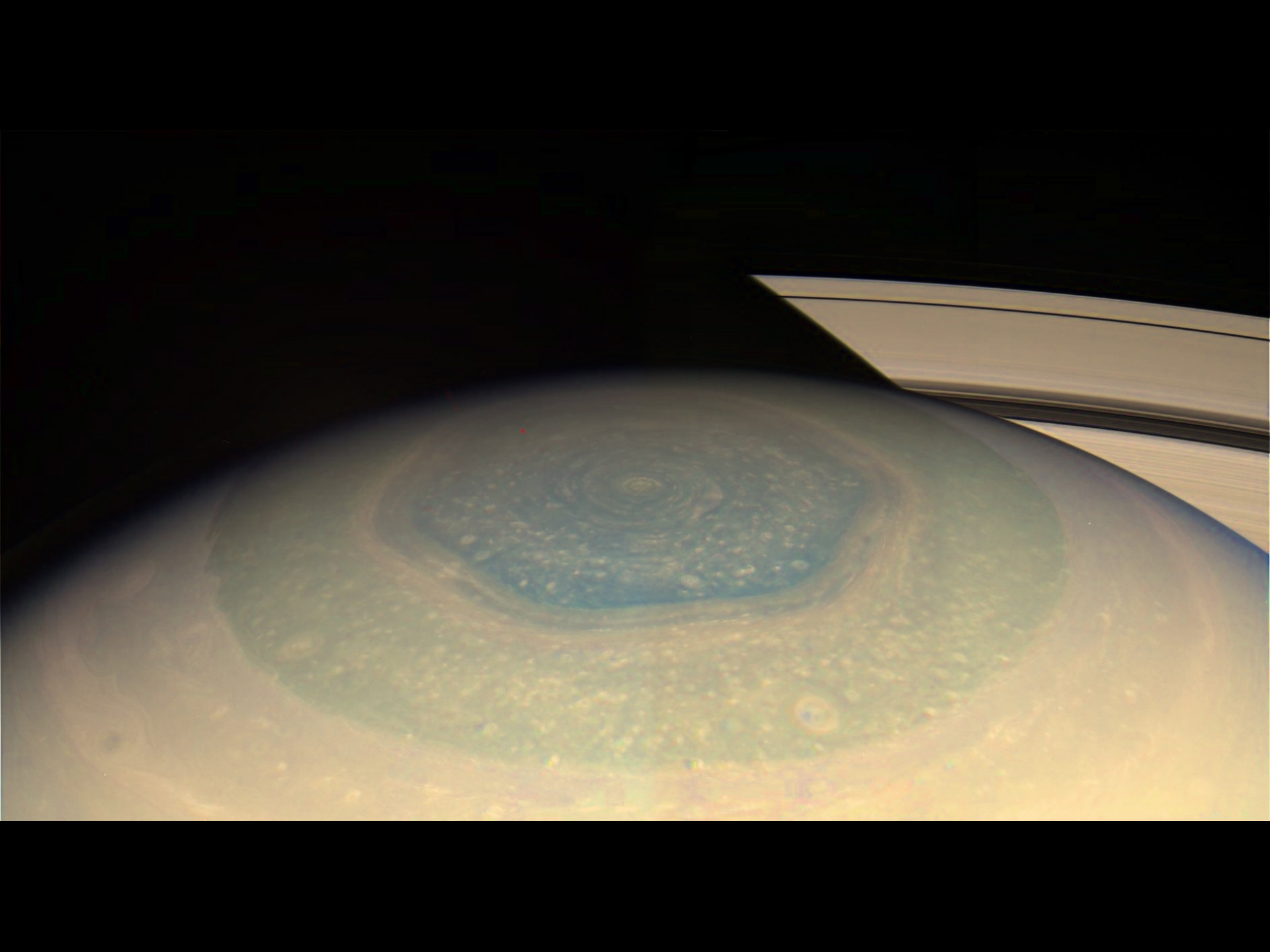
Encelade

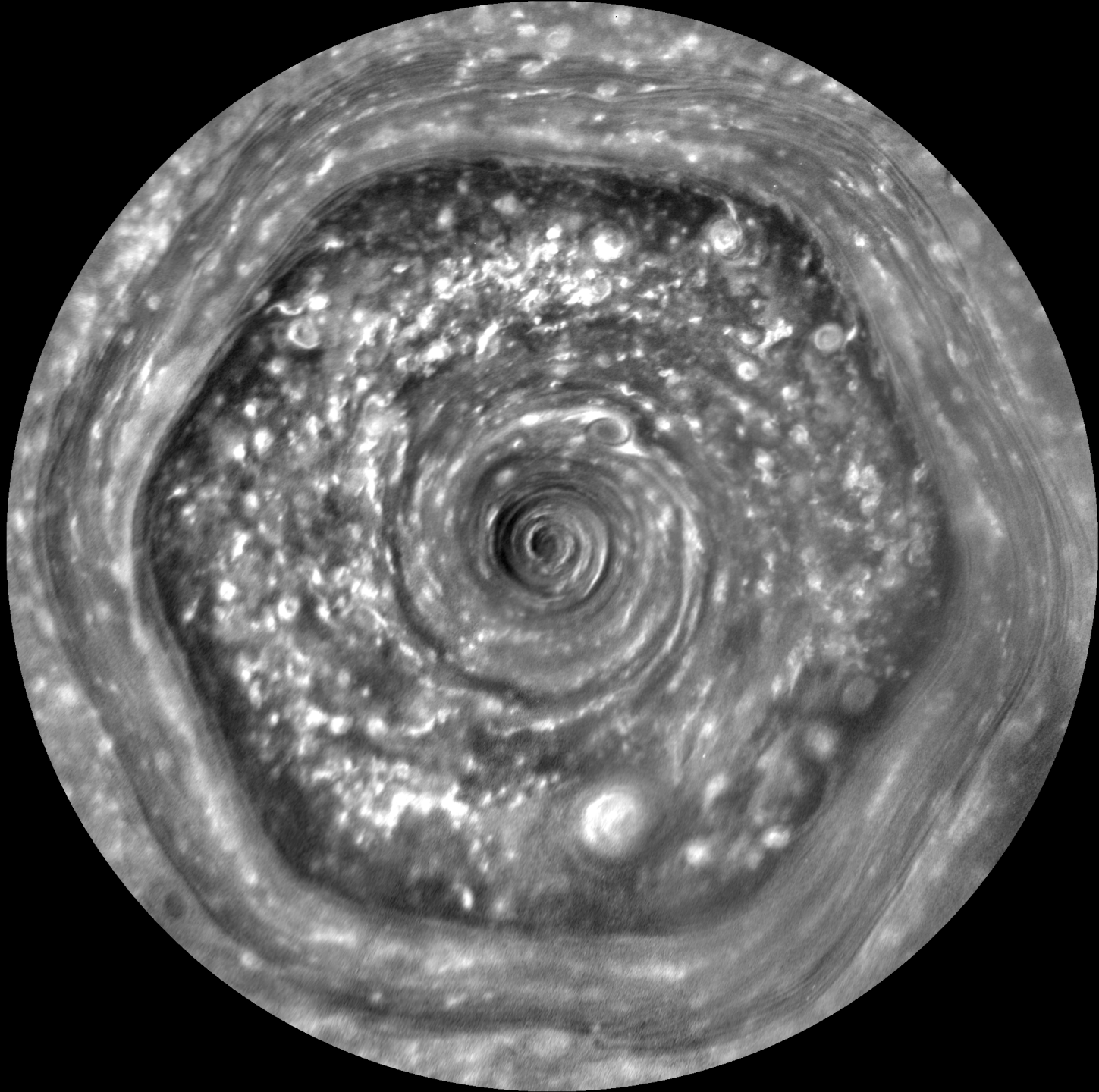


Le monde de Saturne

Encelade







Coucou !

