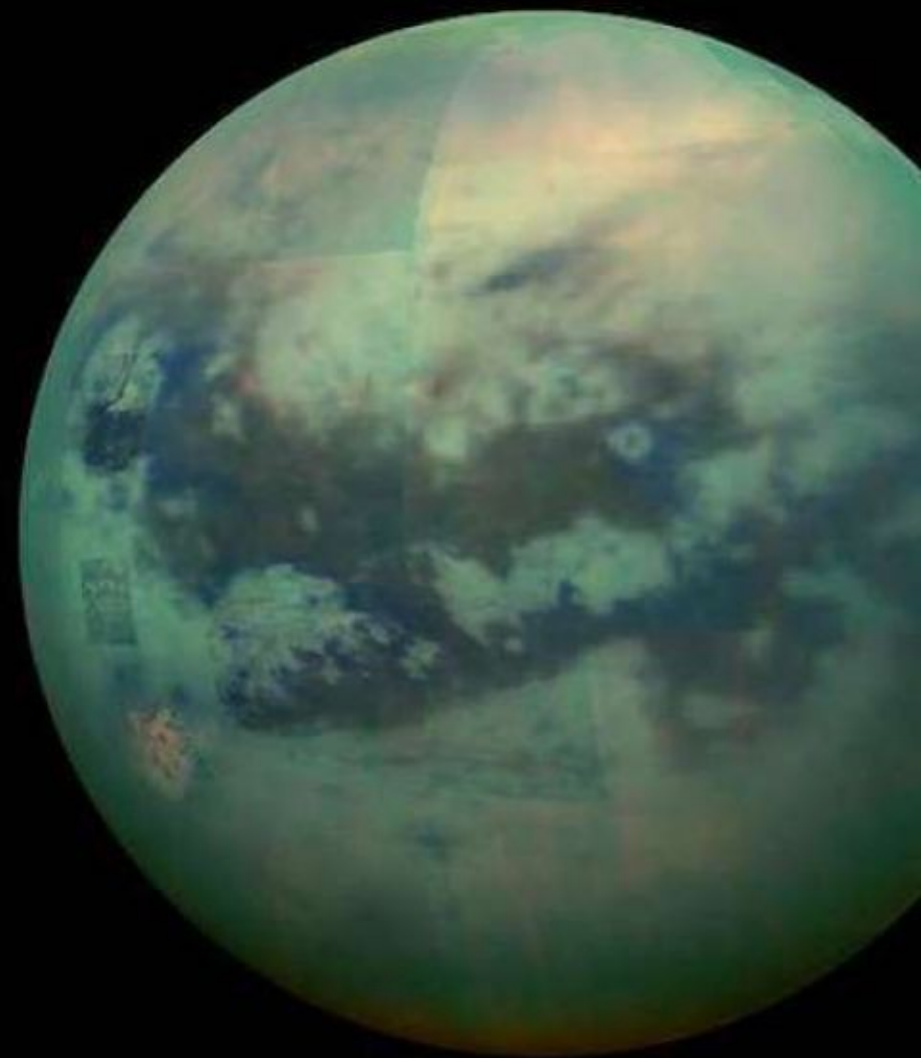


Titan



Titan

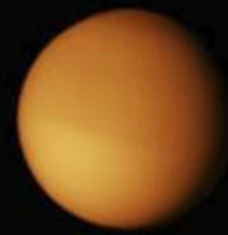
- Plus gros satellite de **Saturne**
- Deuxième plus gros satellite du système solaire après **Ganymède**
- Cette lune est plus grosse que **Mercure** d'environ 6%
- C'est le seul satellite à posséder une atmosphère dense



Mercury
4880 km



Ganymede
5262 km

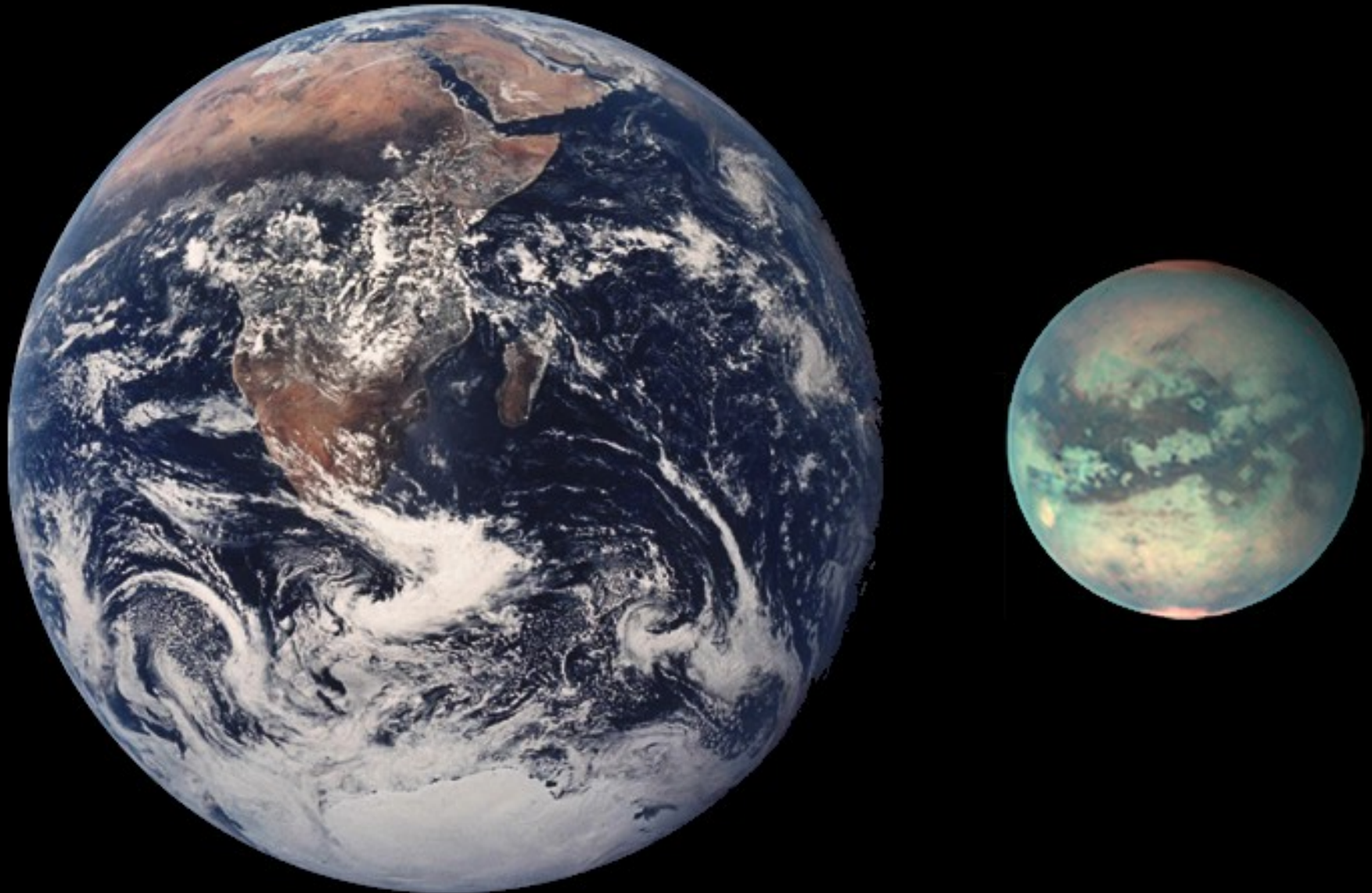


Titan
5150 km



Moon
3476 km

Titan, comparé à la Terre



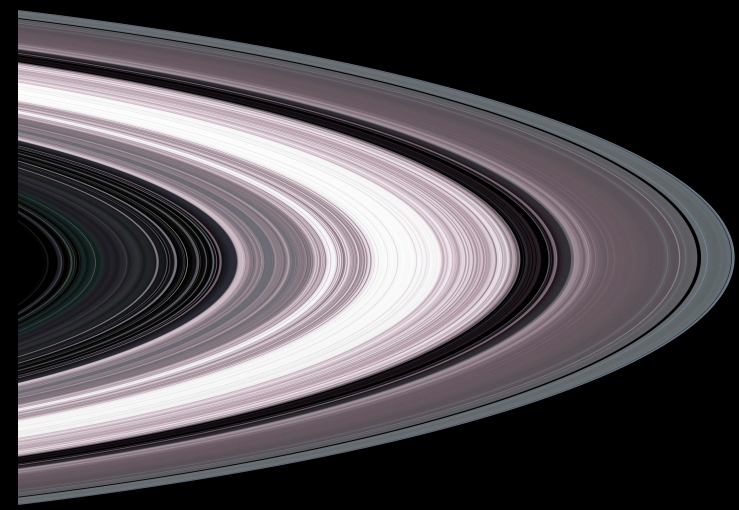
Christiaan Huygens

(1629-1695)



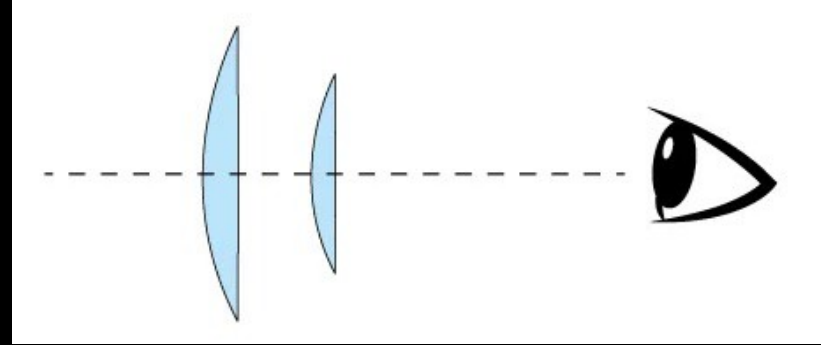
- **Titan** est la première lune à être observée autour de **Saturne**
- Découverte par **Christiaan Huygens** en 1655
- Il publia sa découverte dans l'ouvrage « **De Saturni Luna Observatio Nova** » la même année
- Puis, il décrit **Titan** dans « **Le système de Saturne** » paru en 1659
- Dans cette œuvre, il fait une description exhaustive du système solaire à six planètes et six lunes (**lesquelles à votre avis ?**)

Les anneaux de Saturne



- En juillet 1610, **Galilée** observe avec une de ses lunettes de mystérieux appendices de part et d'autre de **Saturne**, appendices dont l'aspect change au cours du temps
- Bénéficiant d'une meilleure lunette que **Galilée**, le Hollandais **Christiaan Huygens** va établir qu'il s'agit en fait d'un anneau

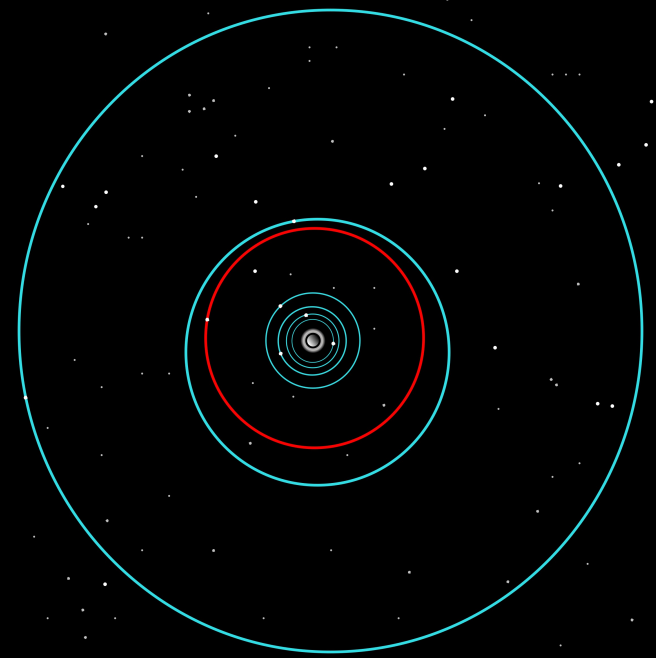
Optique



- **Christiaan Huygens** invente également un nouveau type d'oculaire, qui porte à présent son nom, composé de deux lentilles plan-convexes
- Relisez notre présentation sur les oculaires : <https://www.astroclub-andromede.fr/uploaded/Tutoriels/les-oculaires.pdf>

Orbite

- Titan orbite à une distance de 1 222 000 km de **Saturne** (soit 20,2 rayons saturniens)
- Excentricité : 0,0288
 - 1 186 675 km au périhélie
 - 1 257 055 km à l'aphélie
- Période orbitale : 15 j 22 h 41 mn 24 s
- L'orbite de **Titan** a une inclinaison de $0,33^\circ$ par rapport au plan équatorial de **Saturne**
- **Titan** est en rotation synchrone avec **Saturne**
- Les orbites de **Titan** et d'**Hypérion** sont en résonance 3:4



Gravité

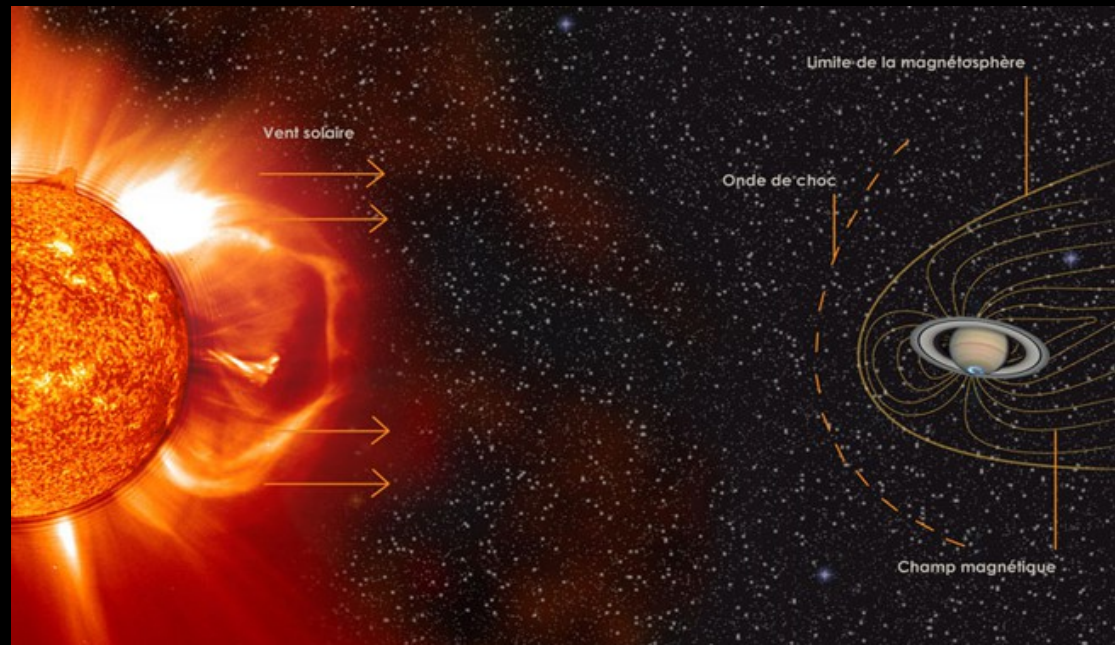


- La gravité de surface de **Titan** est de $1,354 \text{ m/s}^2$
- Comparé à la force de gravité sur **Terre**, la gravité de **Titan** ne représente que 13,81% de la gravité terrestre
- Une masse de 100 kg sur **Terre** ne pèserait que 13,81 kg sur **Titan**
- La vitesse de libération est de 9 507 km/h
- C'est 23,60% de la vitesse de libération terrestre soit 77% de moins que pour la **Terre** (40 284 km/h)

Champ magnétique

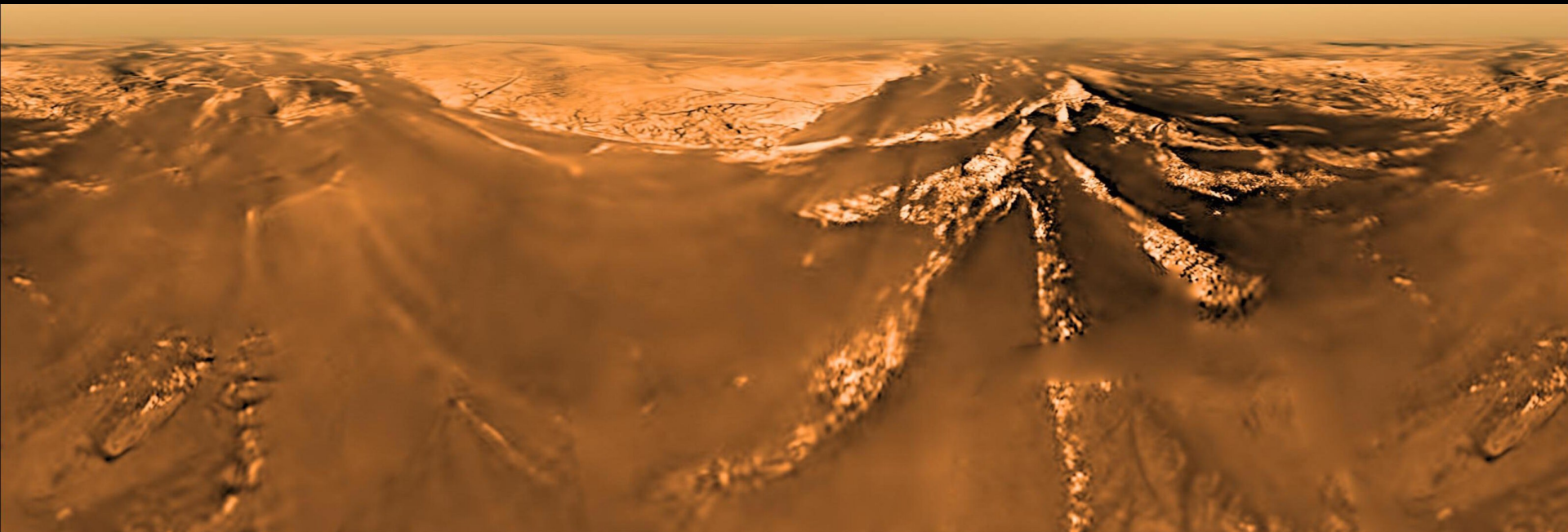
- **Titan** n'a aucun champ magnétique et orbite parfois en dehors de la magnétosphère de **Saturne**, l'exposant directement au vent solaire

- Le champ magnétique de **Saturne** est 540 fois supérieur à celui de la **Terre**



Composition

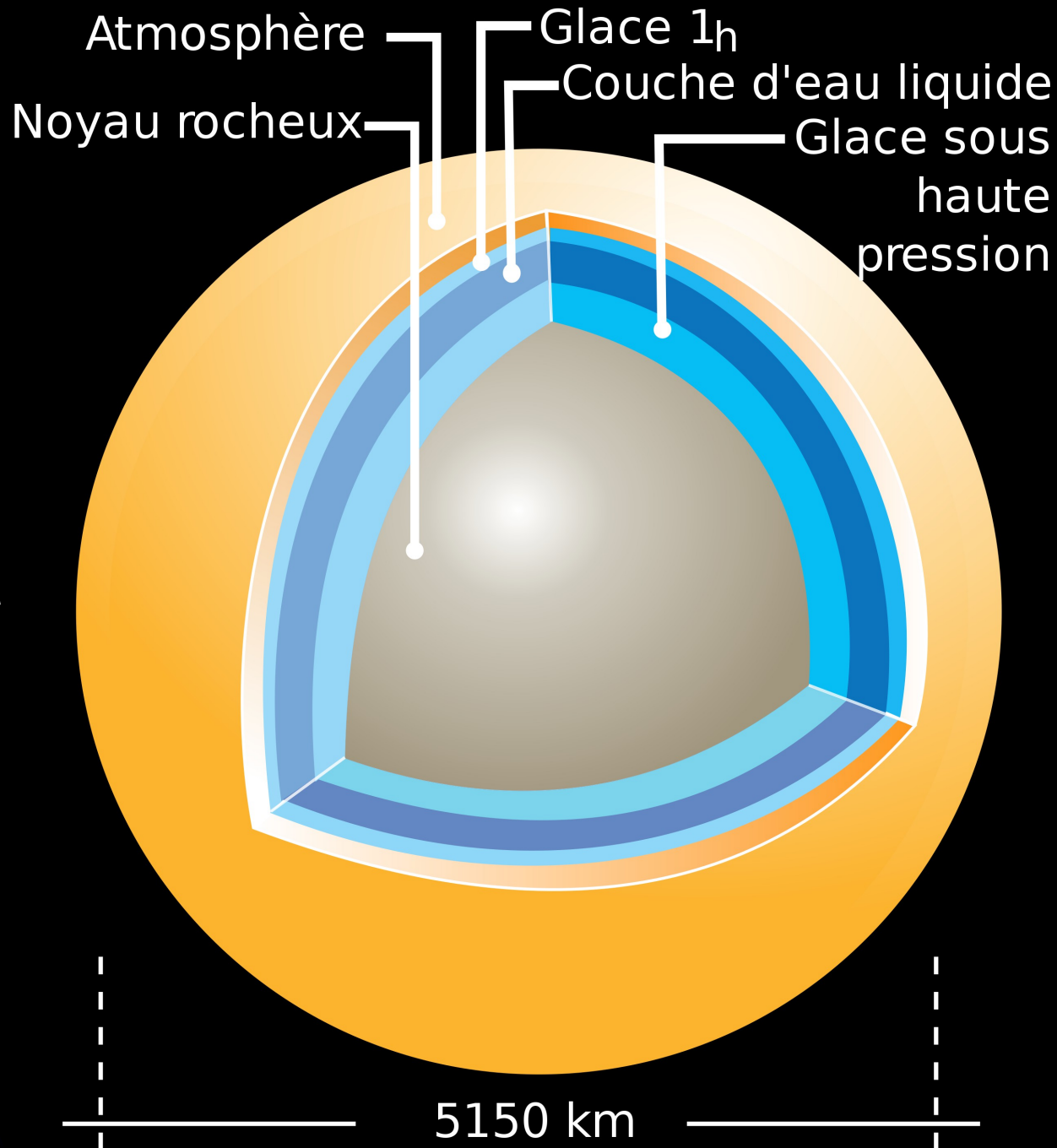
- **Titan** est composé de roche et d'eau gelée
- Géologiquement, la surface de **Titan** est jeune
 - ▣ Quelques montagnes et cryovolcans
- Sa surface demeure relativement plate et lisse
- Elle présente peu de cratères d'impact



Structure interne

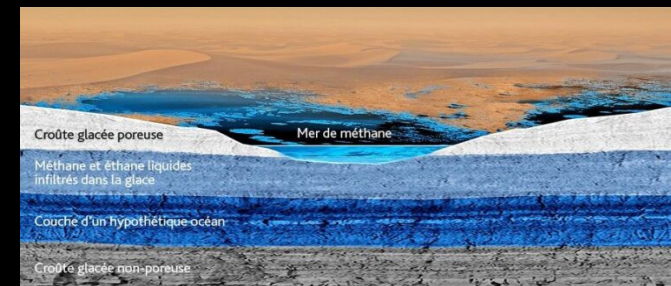
Composé à moitié de glace d'eau et à moitié de roches (silicates et fer)

Masse volumique :
 $1,88 \text{ g cm}^{-3}$



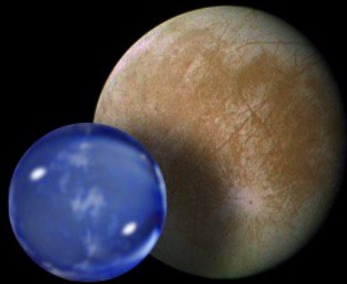
Un océan dans le sous-sol ?

- Les clichés pris par **Cassini** lors de deux passages au-dessus de la même zone ne se superposent pas
- Certains points se sont déplacés d'environ 30 km
- Après des calculs, la rotation serait en avance de $0,36^\circ$ par rapport aux prévisions établies au préalable
- La croûte de **Titan** tournerait légèrement plus vite que son cœur
- Ce déplacement pourrait être dû au glissement de la croûte sur un océan situé à 100 km de profondeur

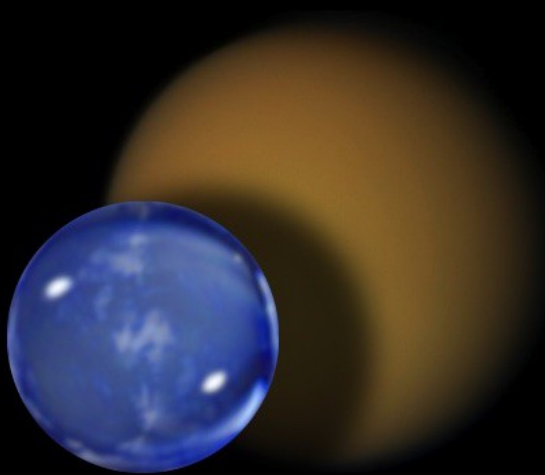


L'eau dans le système solaire

<https://www.astroclub-andromede.fr/uploaded/Tutoriels/l-eau-dans-le-systeme-solaire.pdf>



EUROPA

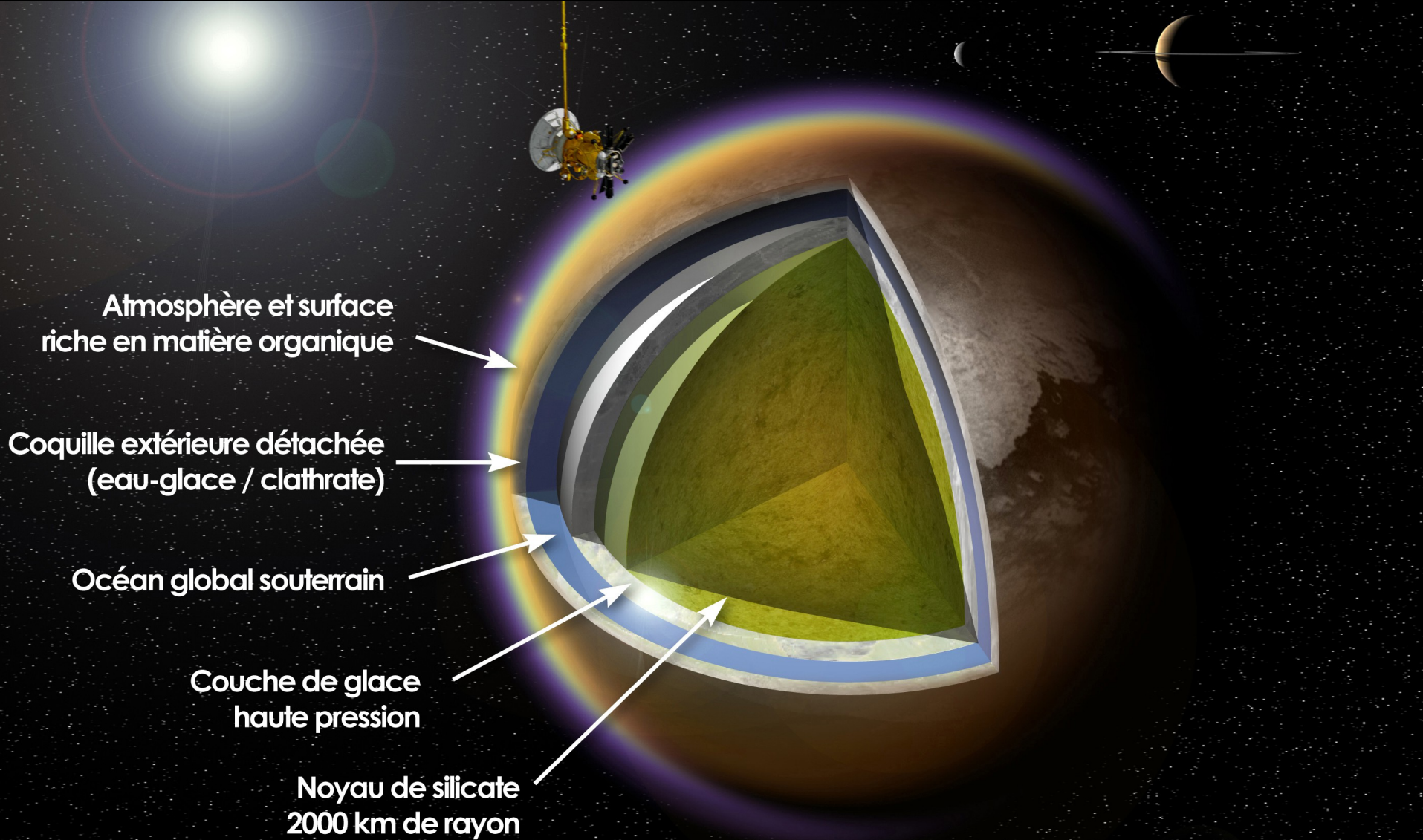


TITAN



EARTH

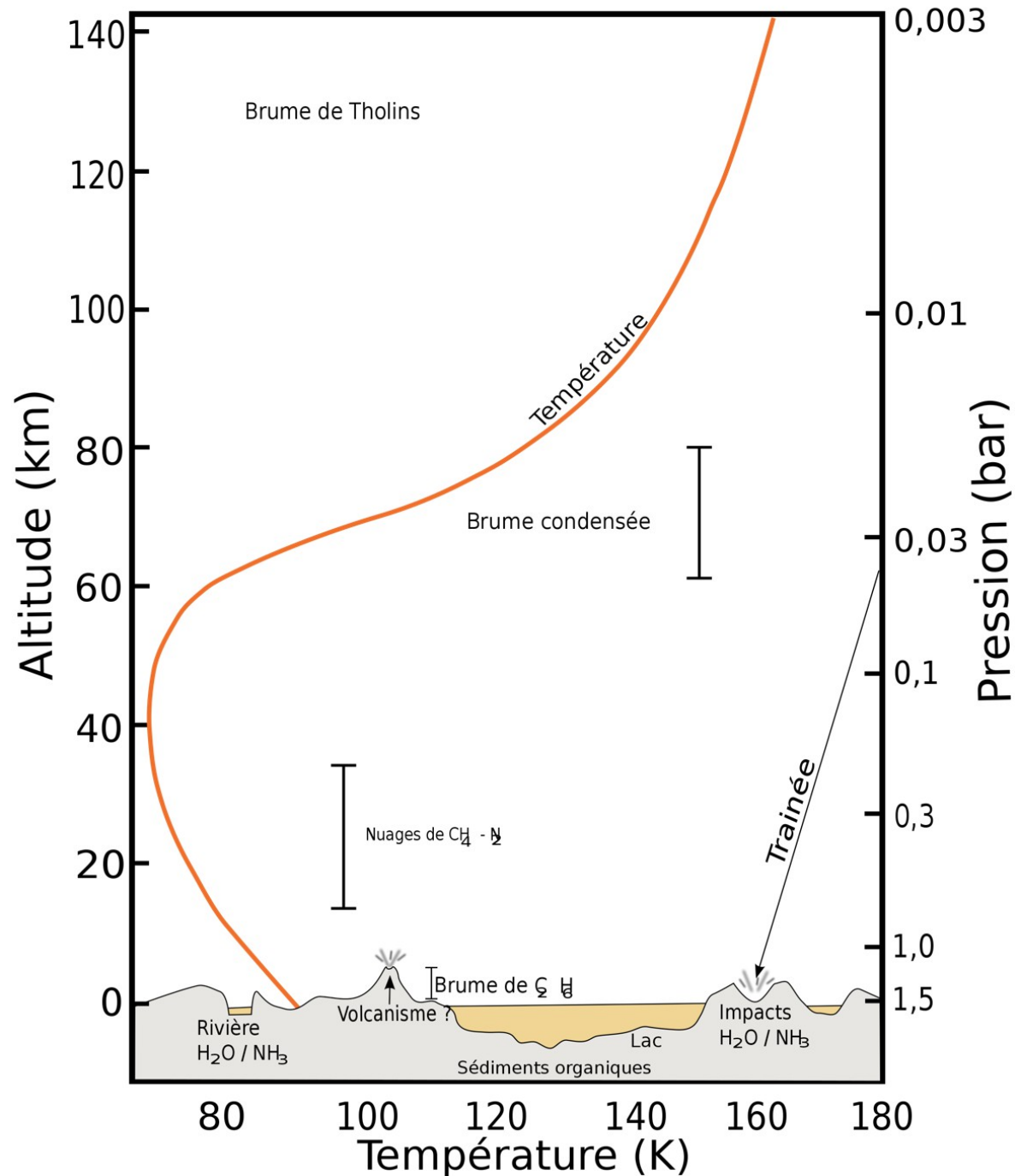
Les indices d'un océan sous-terrain



L'atmosphère

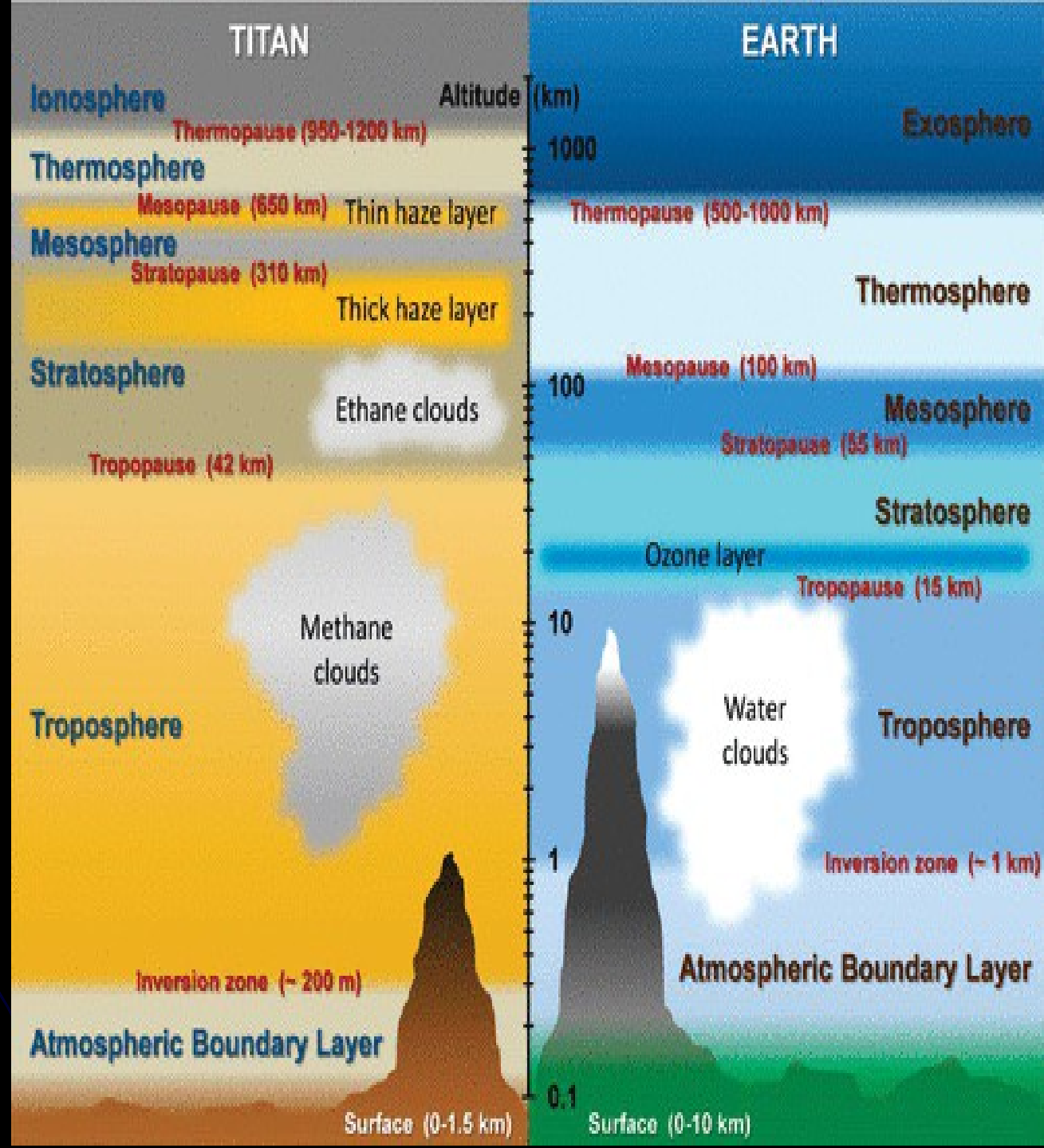
Composition :

- 98,4 % de diazote
- 1,6 % de méthane et d'éthane

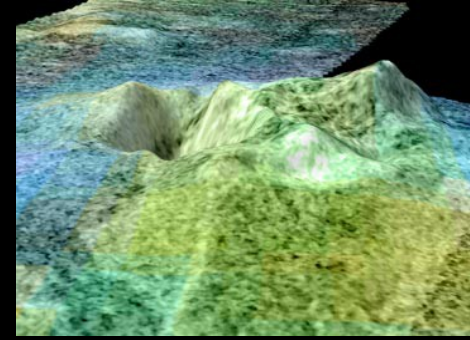


L'atmosphère de Titan comparée à l'atmosphère de la Terre

L'existence d'une atmosphère fut découverte par Gerard P. Kuiper en 1944 par spectroscopie



Origine

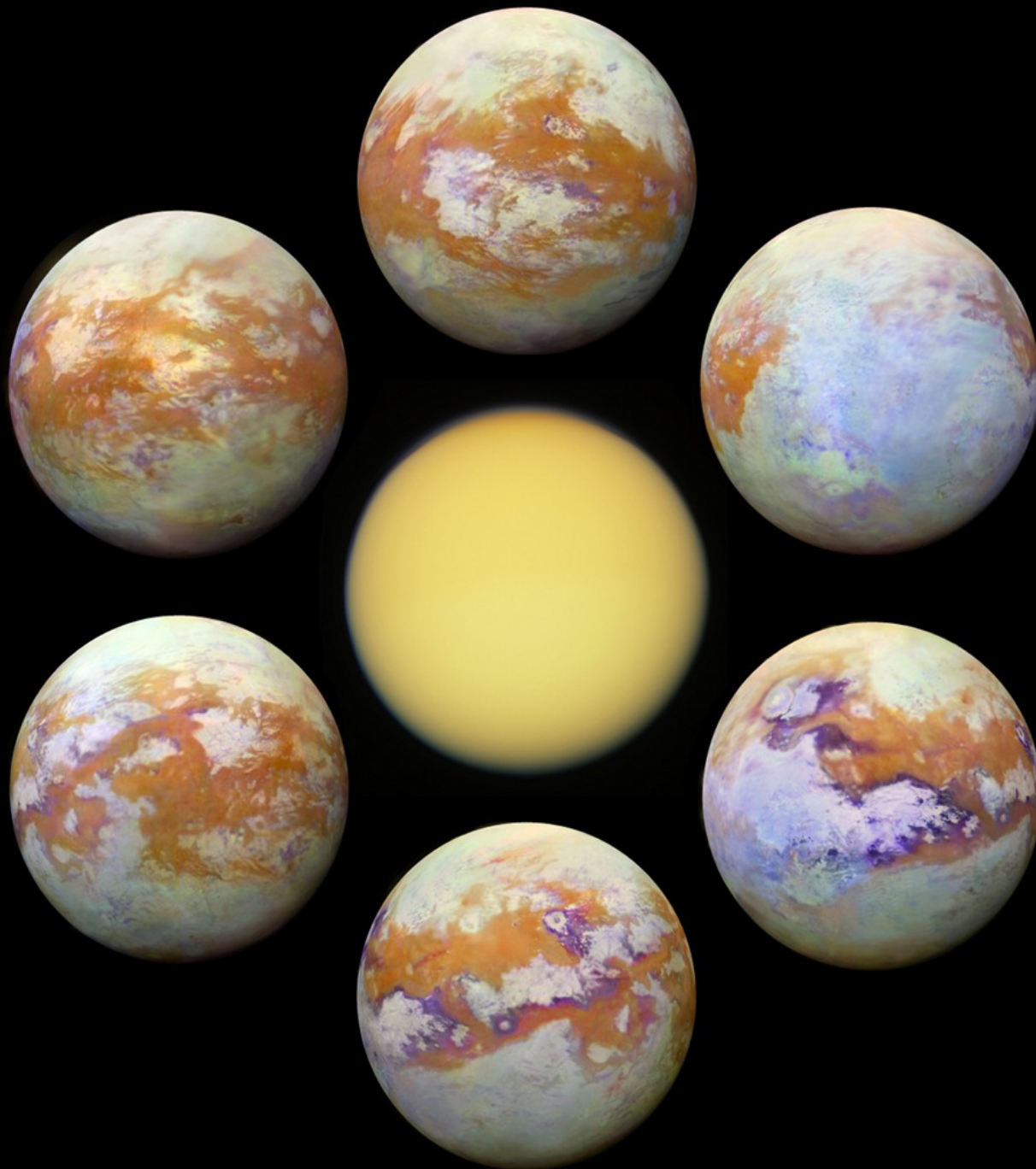


- L'énergie solaire aurait dû avoir converti l'intégralité du méthane de l'atmosphère en hydrocarbures en 50 millions d'années
- La quantité actuelle de méthane dans l'atmosphère de **Titan** devrait être quasiment nulle
- Il doit donc exister un réservoir de méthane sur ou dans **Titan** permettant de réalimenter l'atmosphère
- La découverte de cryovolcanisme sur **Titan** pourrait expliquer l'origine du méthane dans son atmosphère

Vraies
couleurs

Vs

Infrarouge

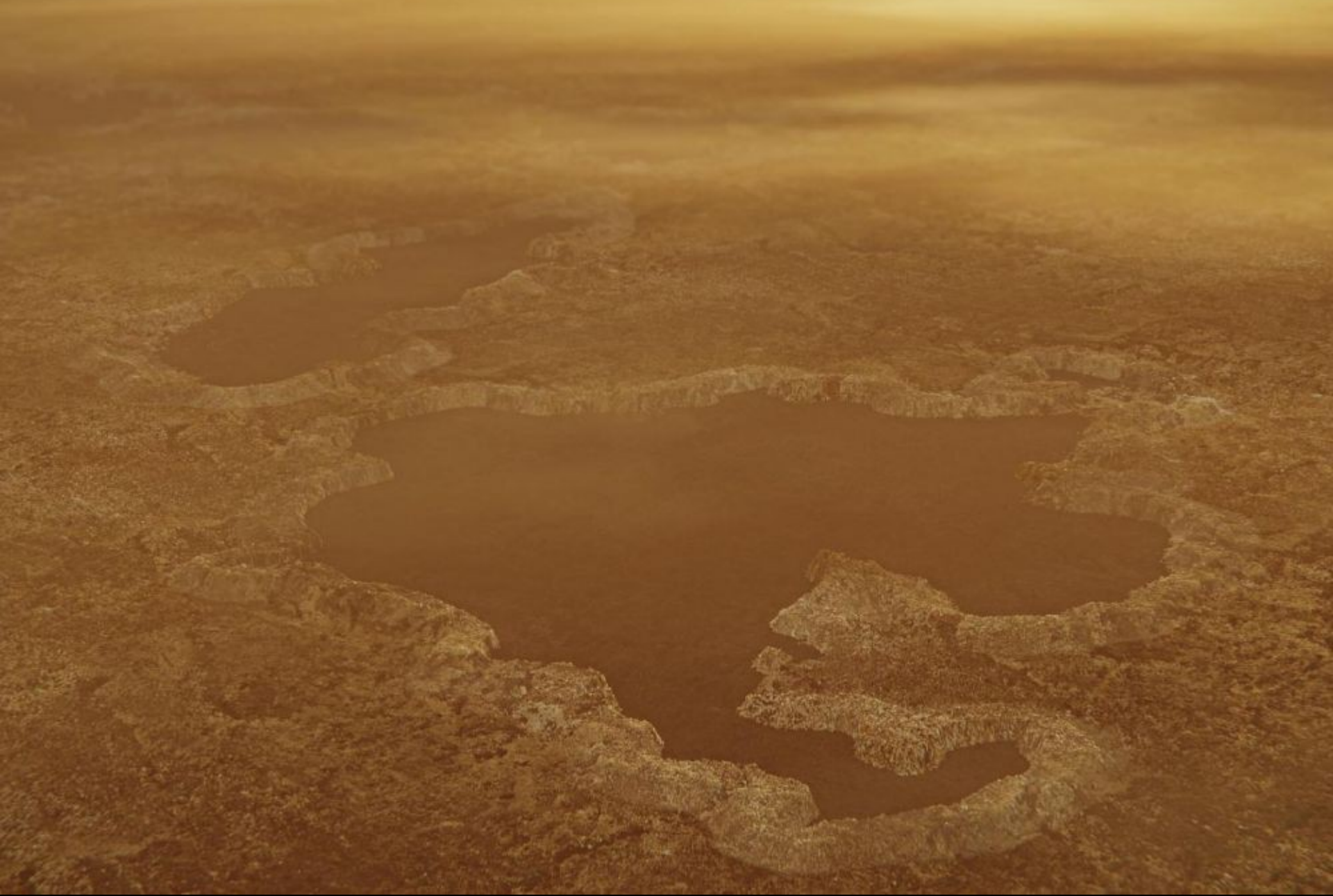


Le climat sur Titan

- Comprend vents et pluies de méthane
- Possède des saisons
- Des tempêtes saisonnières engendrent des taches visibles en orbite
- Les températures y oscillent autour de **-179 °C**
- Il fait si froid que la glace d'eau est dure comme de la roche
- La circulation atmosphérique suit la direction de la rotation de **Titan**, d'ouest en est
- Les observations de l'atmosphère effectuées par la sonde **Cassini** suggèrent que l'atmosphère tourne plus rapidement que la surface

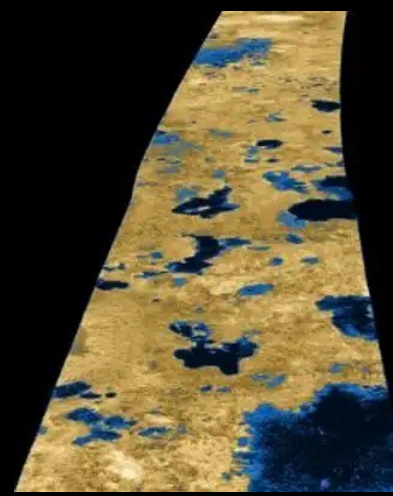


Des mers et des lacs

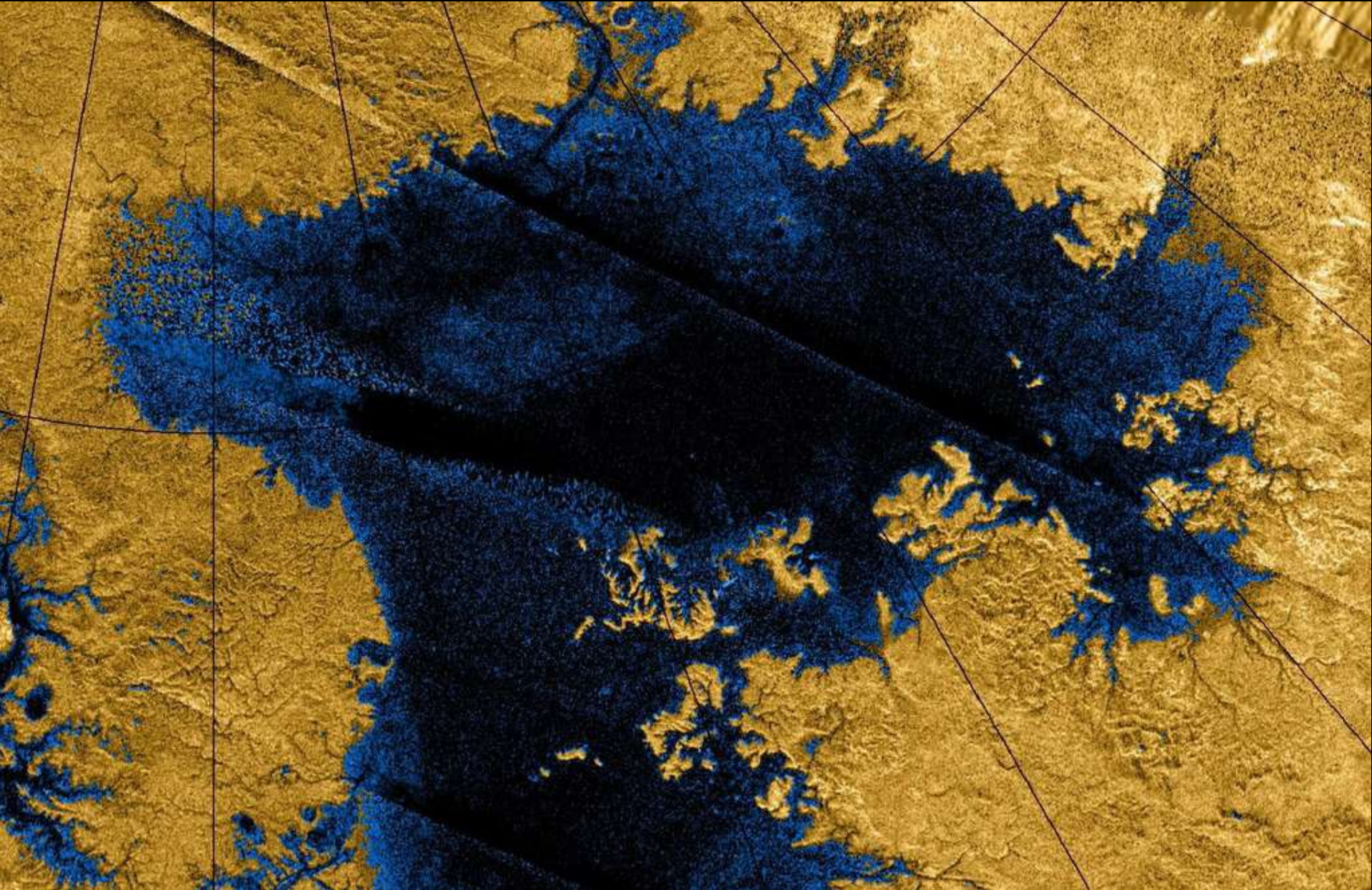


Des mers et des lacs

- Les zones liquides sur **Titan** recouvrent près de 2 % de sa surface totale
- **Titan** est le seul endroit du système solaire, à l'exception de la **Terre**, à posséder des liquides stables sur sa surface
- Ces liquides coulent sous forme de rivières et de ruisseaux, s'accumulent sous forme de lacs et de mers, sculptent des littoraux et entourent des îles
- Ce n'est pas de l'eau qui coule sur **Titan**
- **Titan** est saturée d'hydrocarbures
- Méthane et éthane, substances gazeuses sur **Terre**, sont liquides sur la surface glaciale de **Titan**



Kraken Mare par Cassini



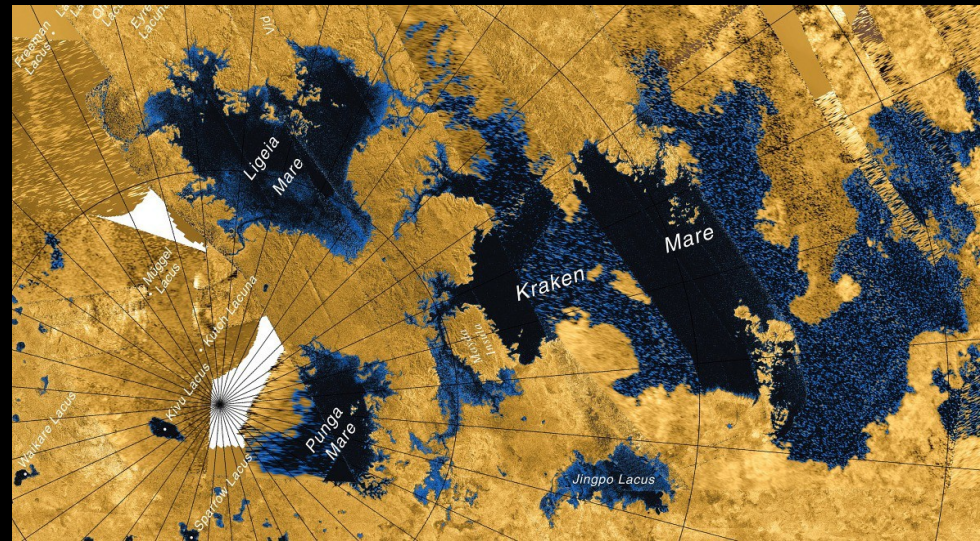
Que savons nous des fonds marins ?

- En mai 2013, la sonde **Cassini** a orienté son radar vers les fonds de **Ligeia Mare**, la deuxième mer la plus profonde de **Titan**
- Le fond de la mer a été cartographié (bathymétrie)
- **Ligeia** descend jusqu'à 160 m de profondeur
- Le fond marin dans le nord de la mer est plus lisse que dans le sud
- Le sud est parsemé de vallées inondées et de sommets abruptes

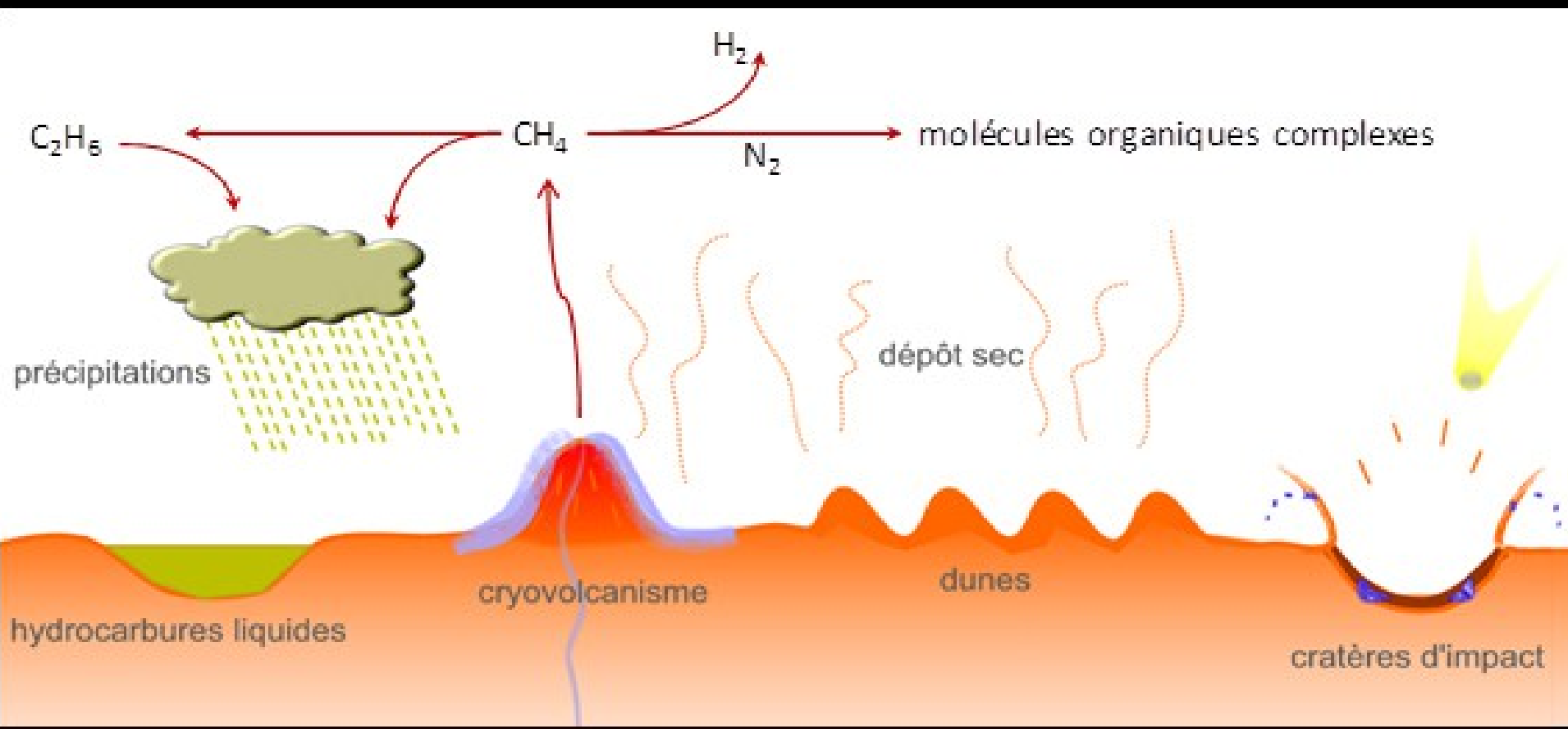


Pétrole, pétrole...

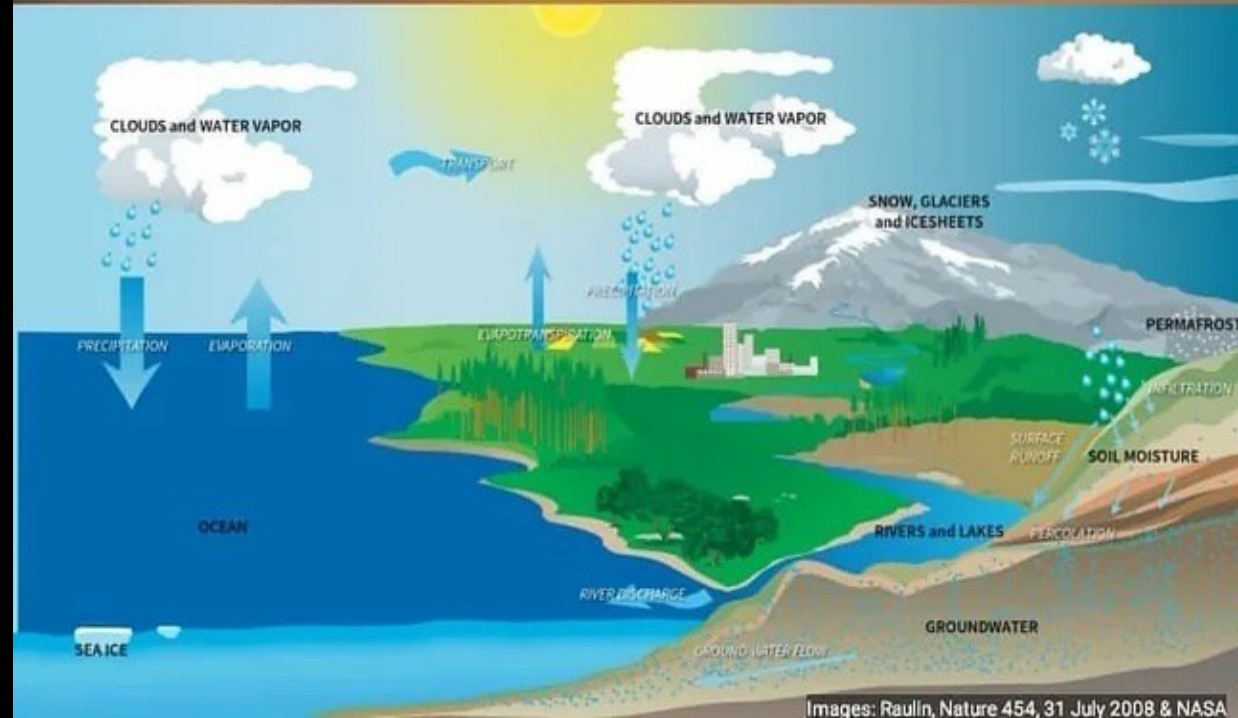
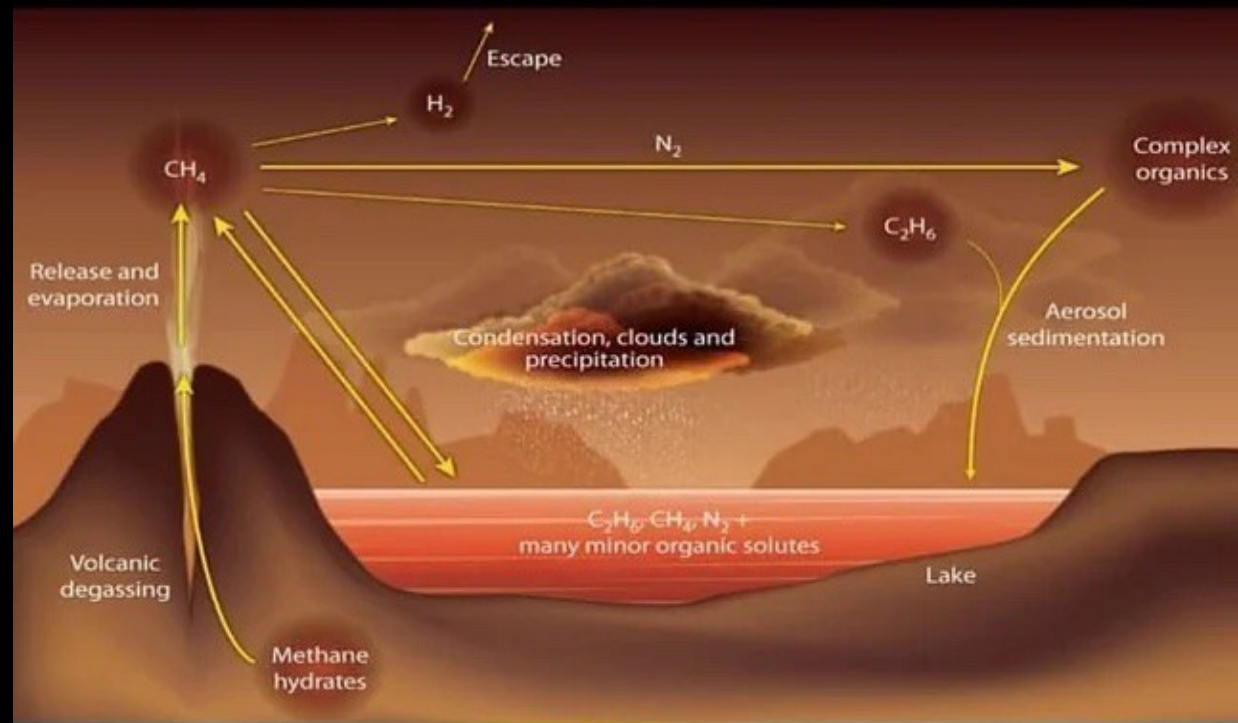
- Les scientifiques ont pu estimer la quantité d'hydrocarbures liquides présents dans **Ligeia Mare**
- Au moins 100 fois plus que les réserves de pétrole et de gaz sur l'ensemble de la Terre



Le cycle du méthane et les différentes structures géologiques présentes à la surface pouvant induire de la chimie

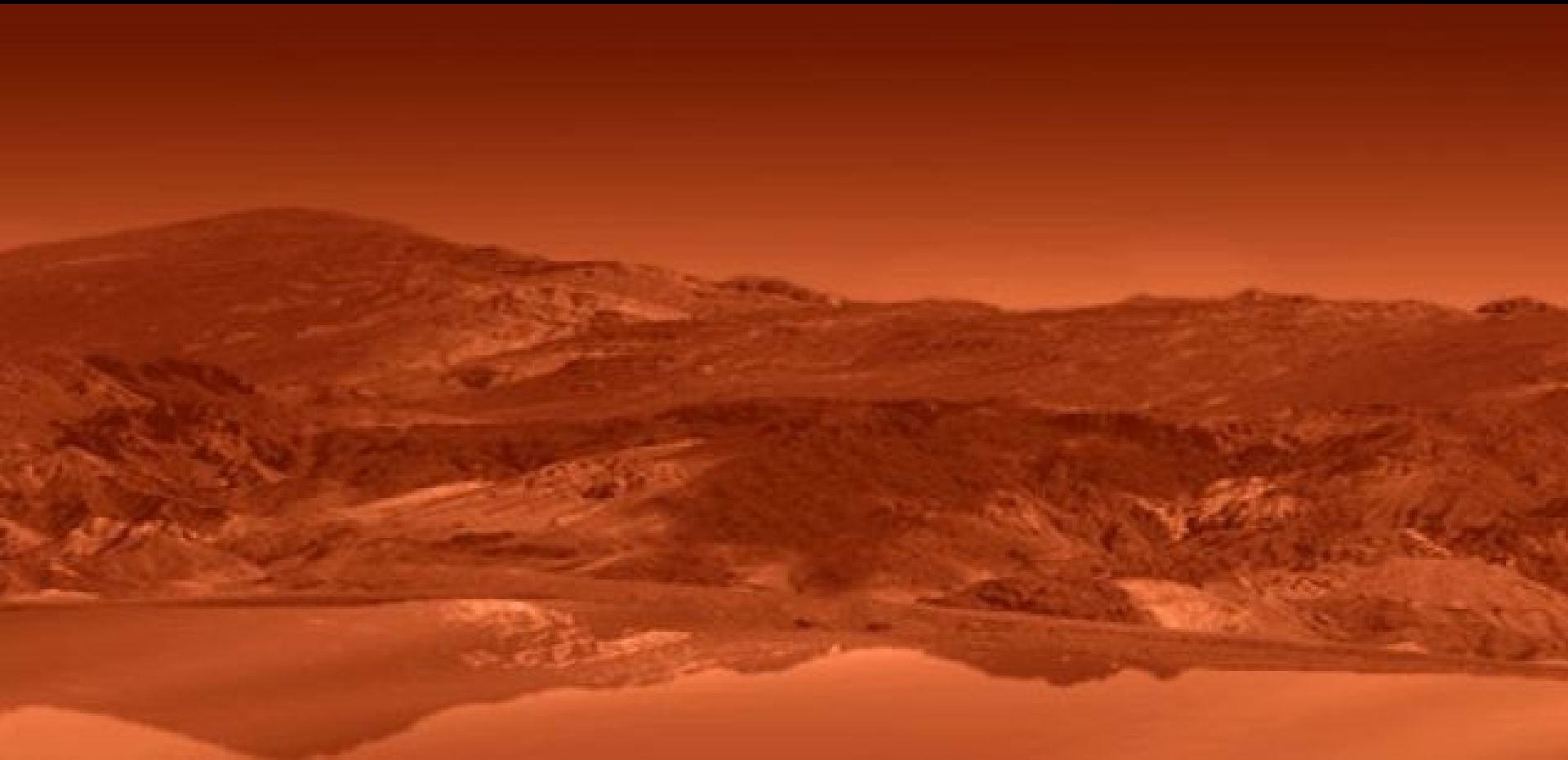


La cycle du méthane sur Titan comparé au cycle de l'eau sur Terre

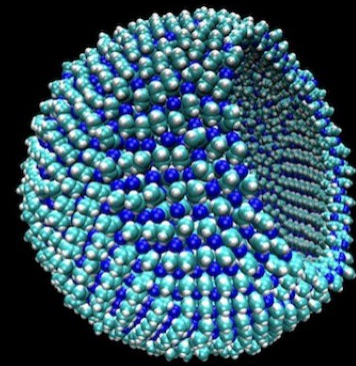


Une vie possible dans le méthane ?

- Une vie sur **Titan** pourrait exister, mais pas sous la forme que l'on connaît



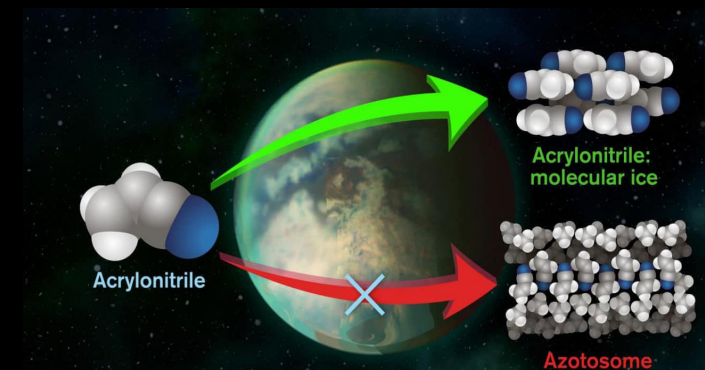
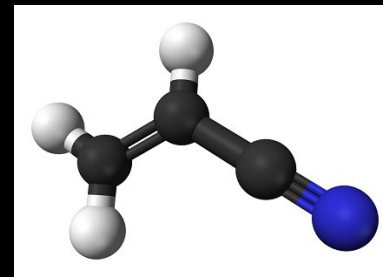
Hypothèse



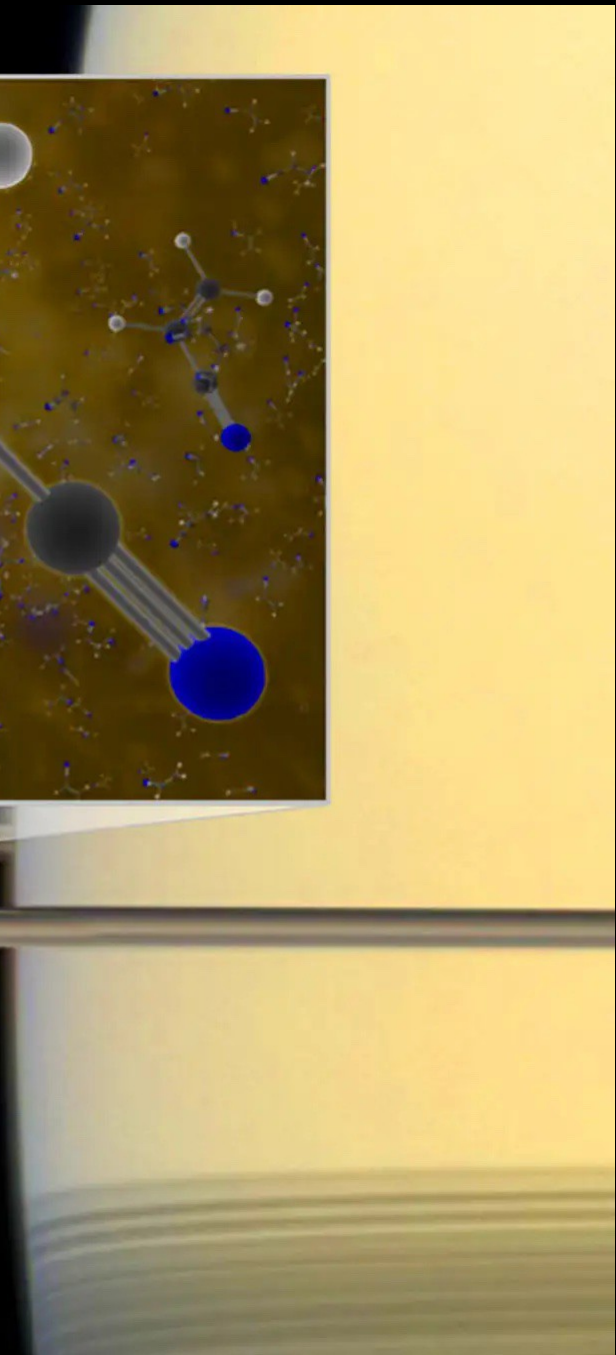
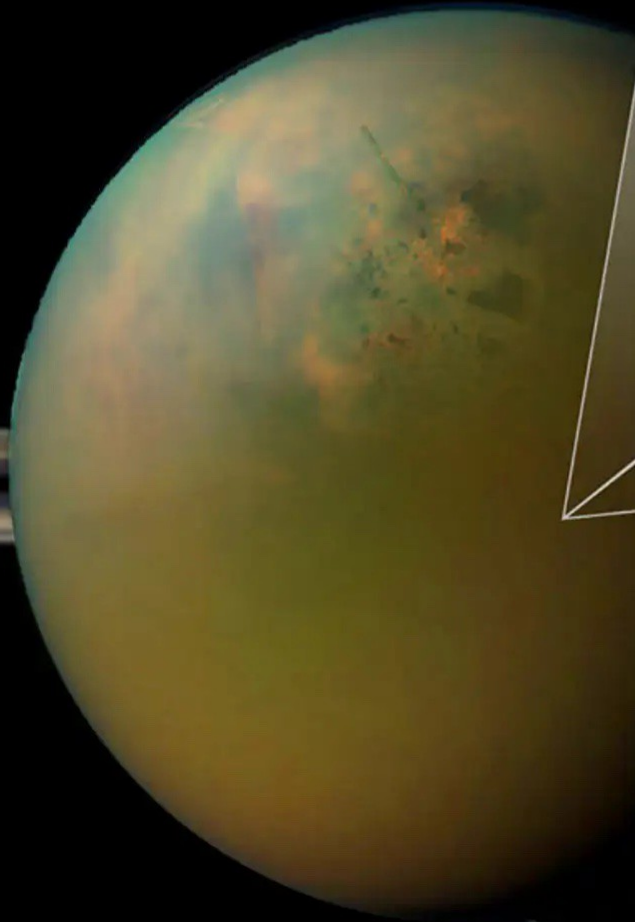
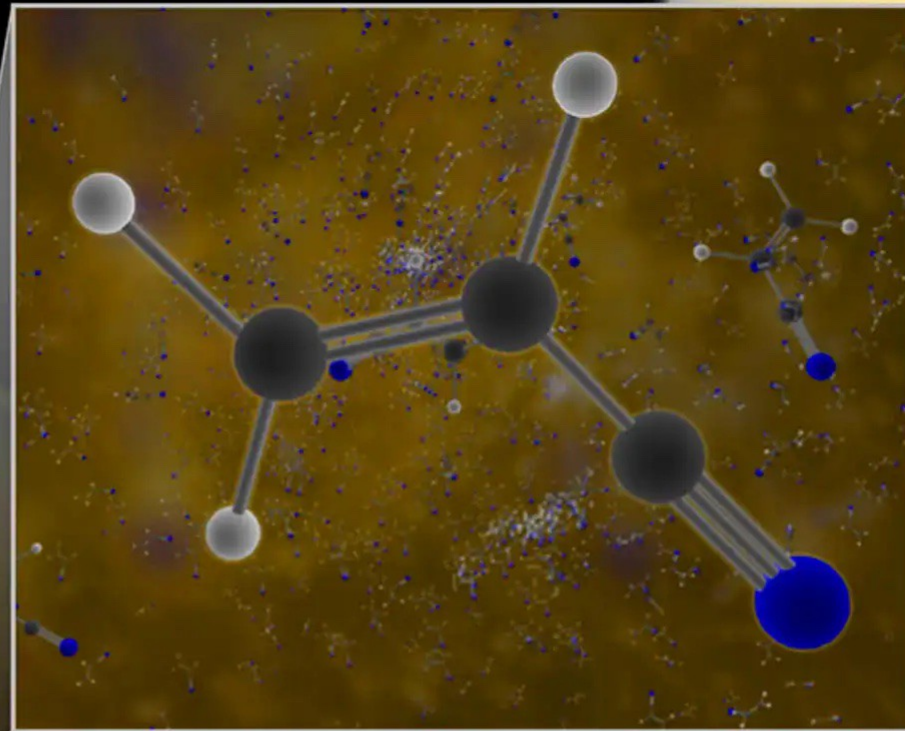
- Les chercheurs d'une équipe de recherche de l'université **Cornell** ont développé, dans un article publié dans la revue **Science Advances**, une hypothèse qui pourrait être plausible
- Ils ont modélisé des cellules qui pourraient survivre dans les températures très basses du méthane liquide
- Ces cellules auraient une membrane composée de carbone, d'hydrogène et d'azote
- Les scientifiques l'ont baptisée **azotozome**

Vous avez dit azotosomes ?

- Les **azotosomes** supposent l'existence d'importantes quantités d'une molécule baptisée **acrylonitrile** ou cyanure de vinyle
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$
- La présence de cette molécule dans l'atmosphère de **Titan** a été suggérée grâce aux données collectées par la sonde **Cassini**
- Cependant, elle n'est pas formellement établie



L'acrylonitrile, présent dans l'atmosphère de Titan

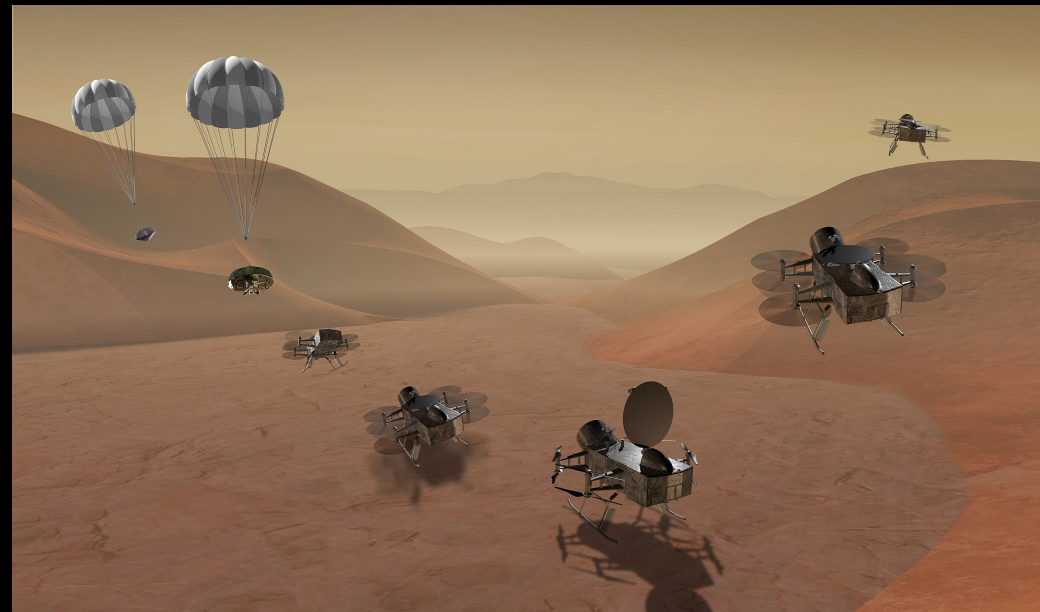


Exploration de Titan

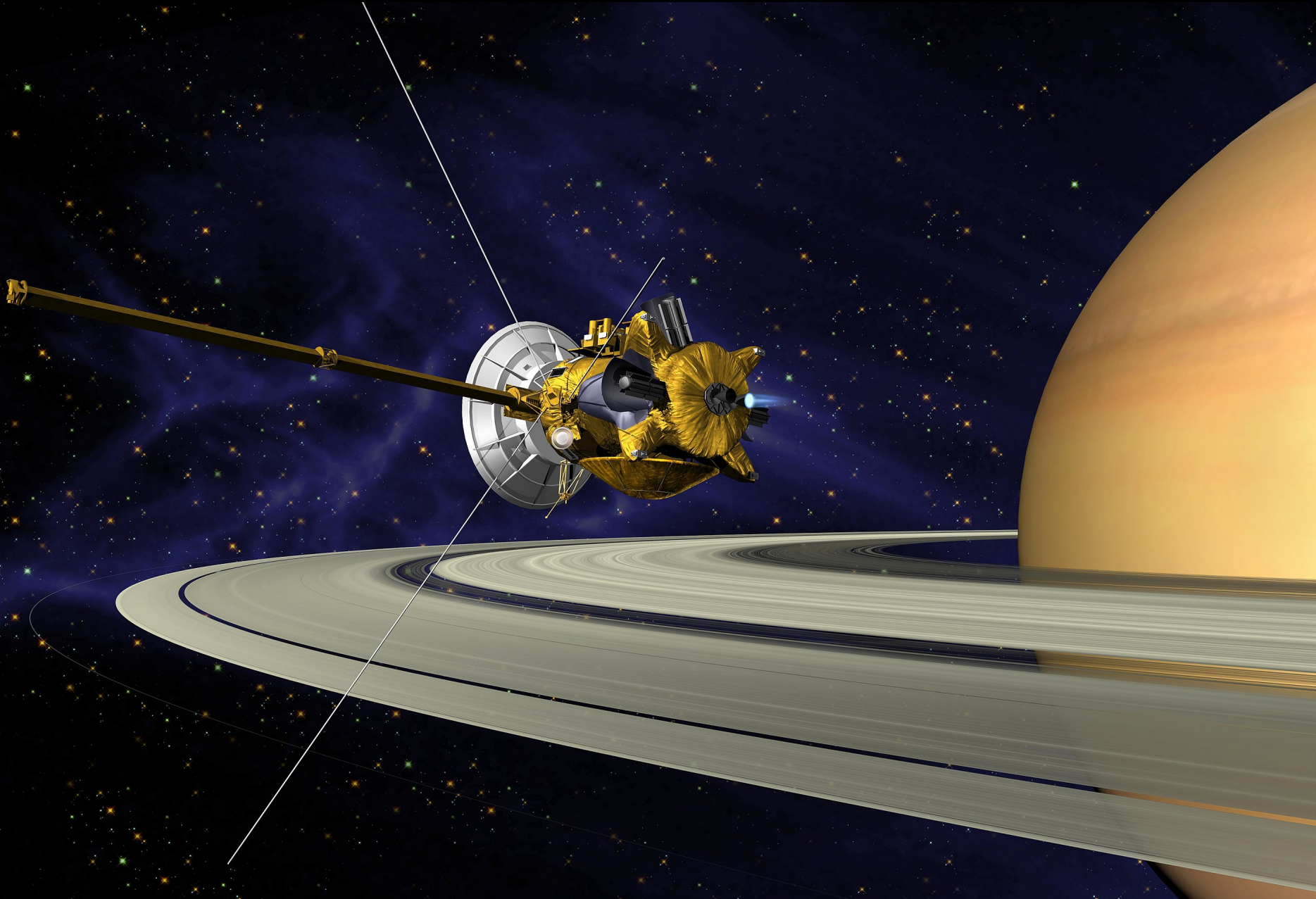


Les sondes Pioneer 11, Voyager et Cassini-Huygens

- 1979 : Pioneer 11
- 1980 : Voyager 1
- 1981 : Voyager 2
- 2004 : Cassini
- 2005 : Huygens
- 2034 : Dragonfly



La sonde Cassini (NASA)

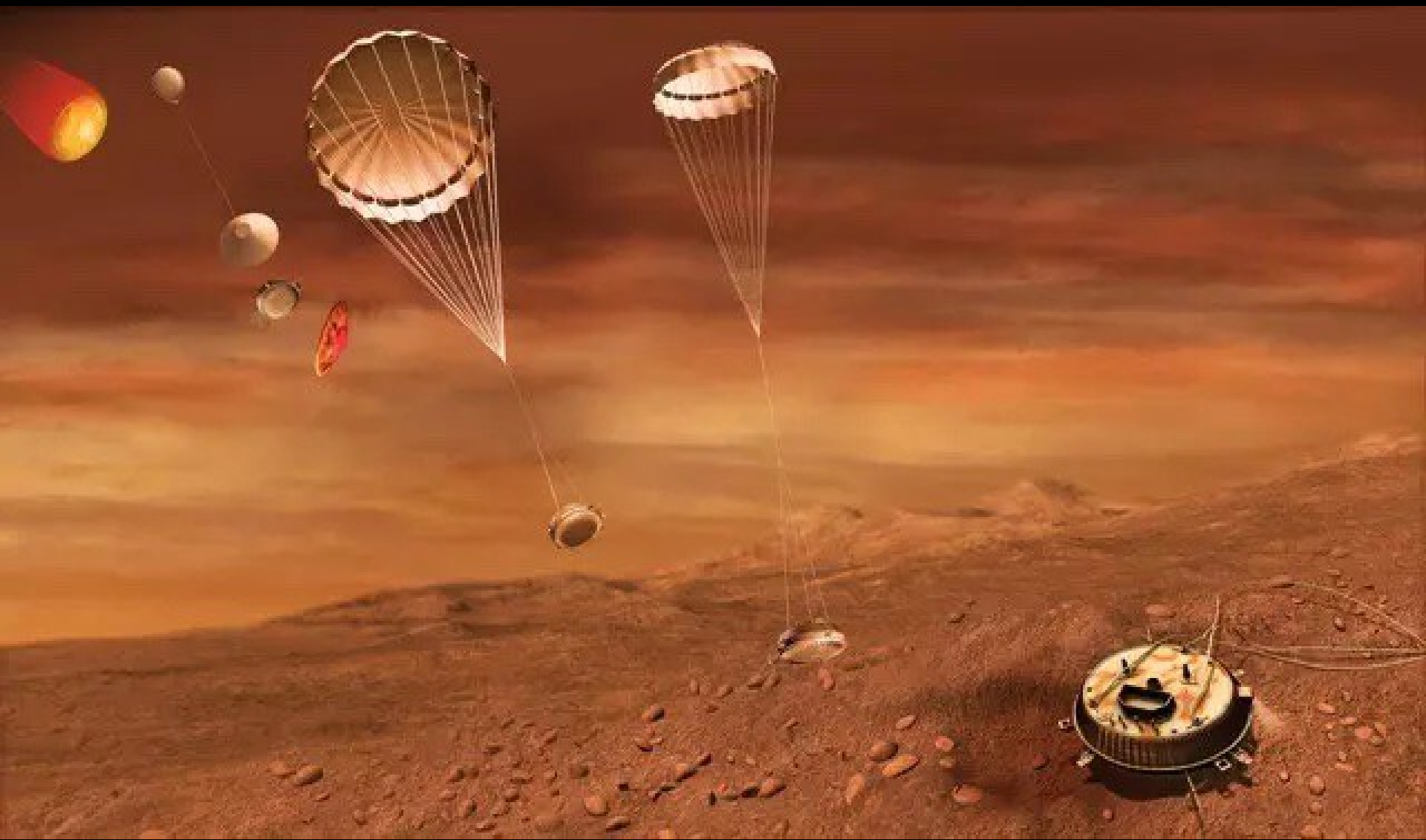


Cassini - Huygens (NASA - ESA)

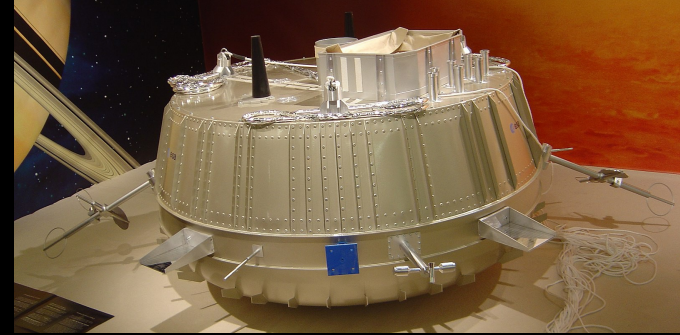
- 15 octobre 1997 : lancement de la sonde **Cassini-Huygens** par la NASA
- 2004 : mise en orbite autour de **Saturne**
- 2004 : **Cassini** commence à percer sous la couverture nuageuse de Titan
- 2005 : **Cassini** parachute la sonde **Huygens** au travers du brouillard pour rejoindre l'équateur de **Titan**
- 15 septembre 2017 : **Cassini** plonge dans l'atmosphère de **Saturne**



Séquence d'atterrissage de la sonde Huygens (ESA)



Le voyage de Huygens



- **Huygens** pénètre dans les couches denses de l'atmosphère, trois semaines après son largage
- Premier contact vers 1 200 km à la vitesse de 22 000 km/h
- Vers 170 km d'altitude, un parachute se déploie, freinant la descente
- 32 secondes plus tard, la sonde est à 160 km et libère son bouclier thermique
- Les instruments sont activés et les premières mesures sont prises :
 - Vitesse du vent, variable selon l'altitude
 - Pression atmosphérique qui augmente de façon constante mais à plus forte échelle à partir de 50 km
 - Température qui diminue aussi de façon constante jusque 50 km (-203°C) puis remonte régulièrement jusqu'à atteindre le sol (-180°C)
- Vers 15 km, les nuages sont dépassés et la surface commence à apparaître
- Les images montrent des chenaux servant au drainage d'hydrocarbure et se jetant dans des étendues plus vastes, sorte de lacs
- On y devine des rivages à l'instar de nos plages

Mission Time 6373 s

Universal Time



PARAMETERS:

- 13.1 km Altitude
- 23 km/h Huygens Speed
- 8 km/h Wind Speed
- 748 mb Air Pressure
- 192 °C Air Temperature
- 91 °C Optics Temperatur.
- 95 °C CCD Temperature

IMAGES:

- 69 High Resolution
- 79 Medium Resolut.
- 75 Side Looking
- 101 Side Strips
- 356 Solar Aureole

SPECTRA:

- 218 Visible Up
- 347 Infrared Up
- 348 Visible Down
- 371 Infrared Down

PHOTOMETRY, DATA:

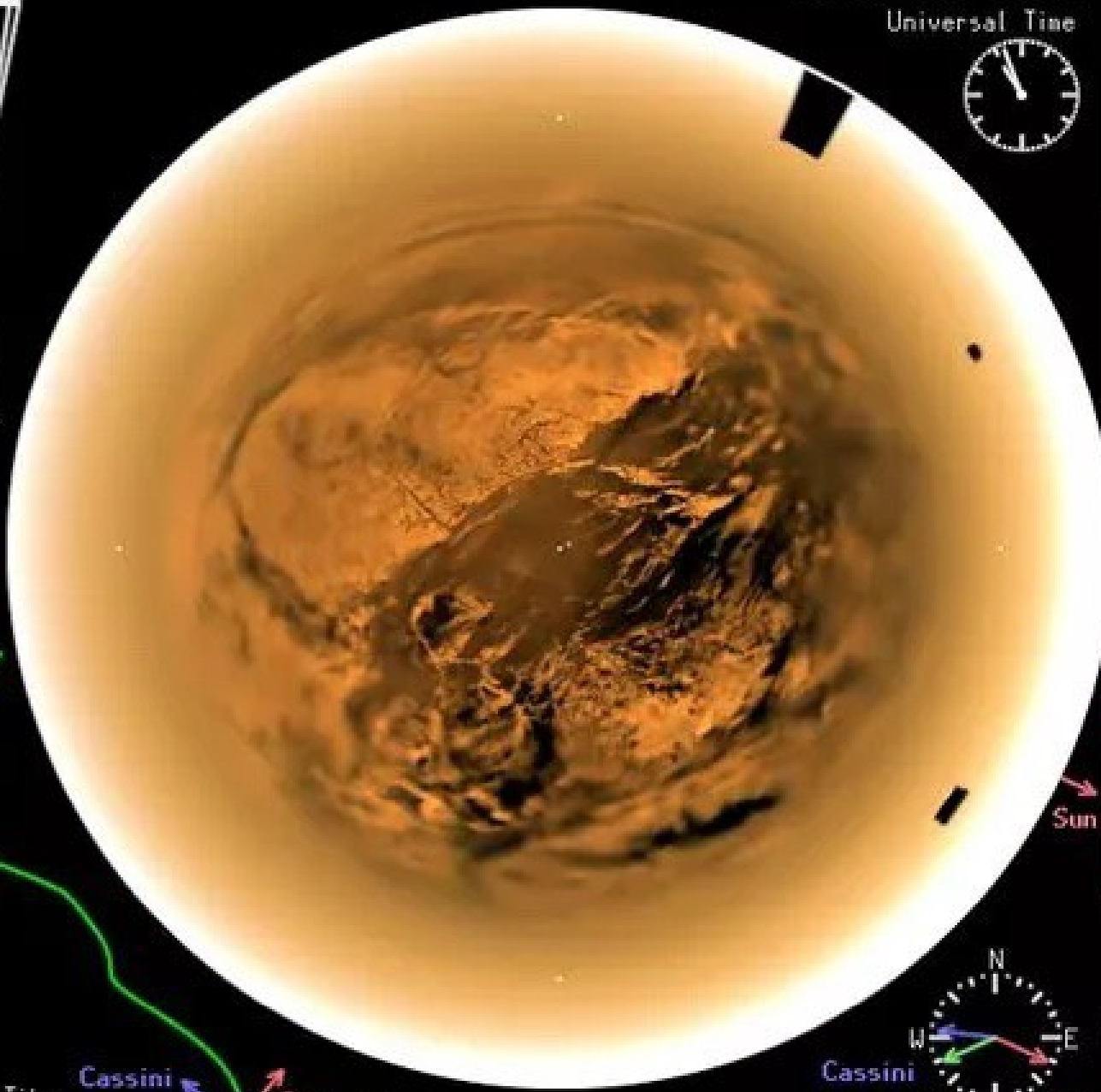
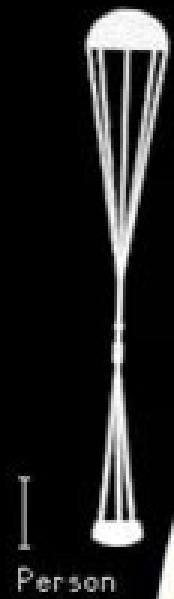
- 218 Violet Up
- 89 Violet Down
- 173 Sun Sensor Pulses
- 122 Calibration Data
- 3962 kbytes Received

Signal Strength to Cassini

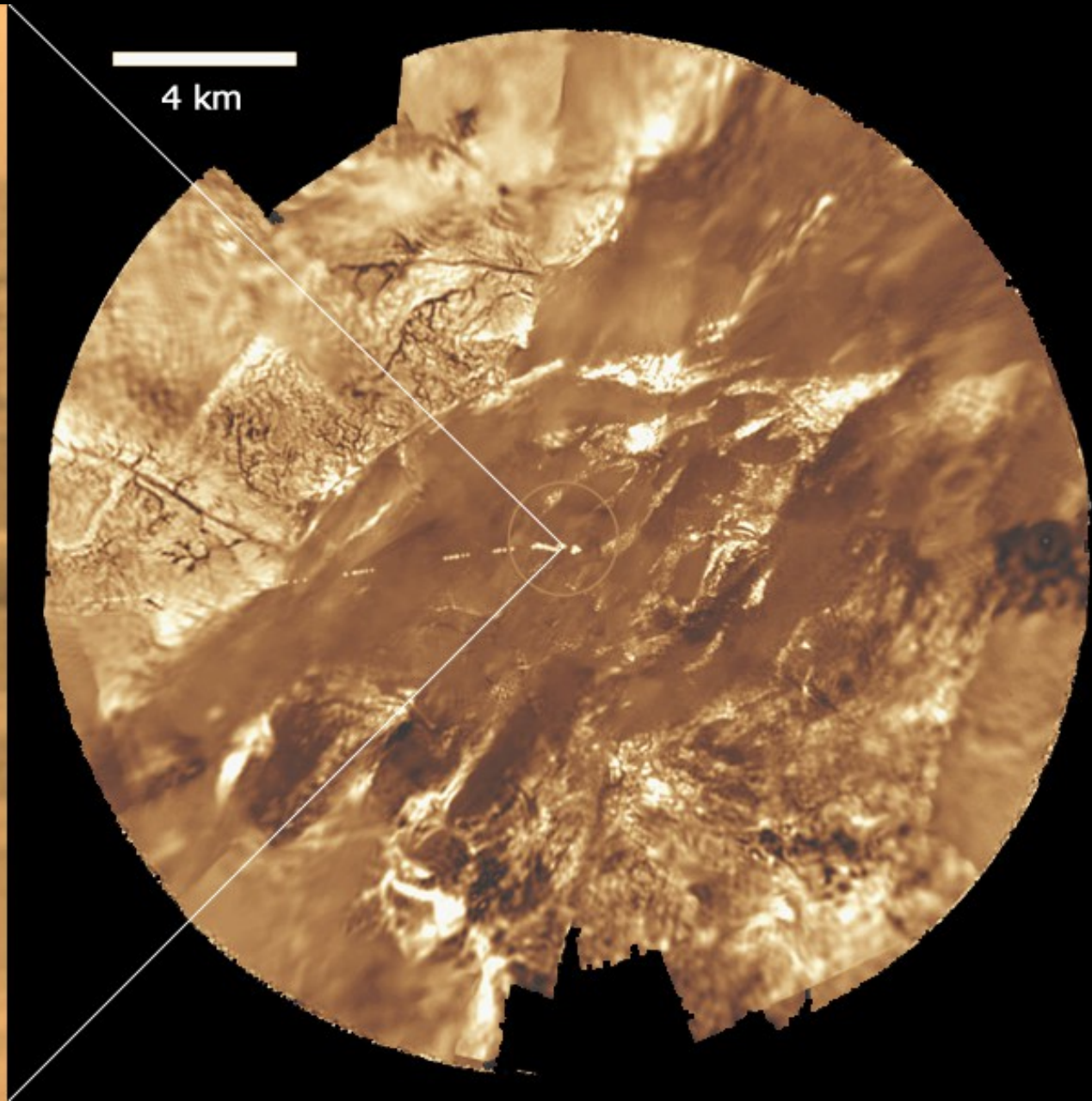


ROTATION:

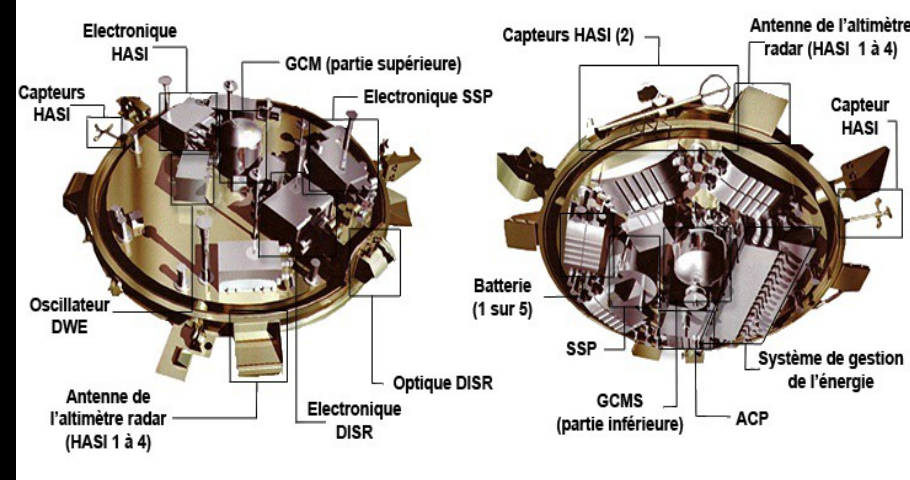
- 284 Rotation Number
- 1.4 Rotations per Minute



Site d'atterrissage de Huygens

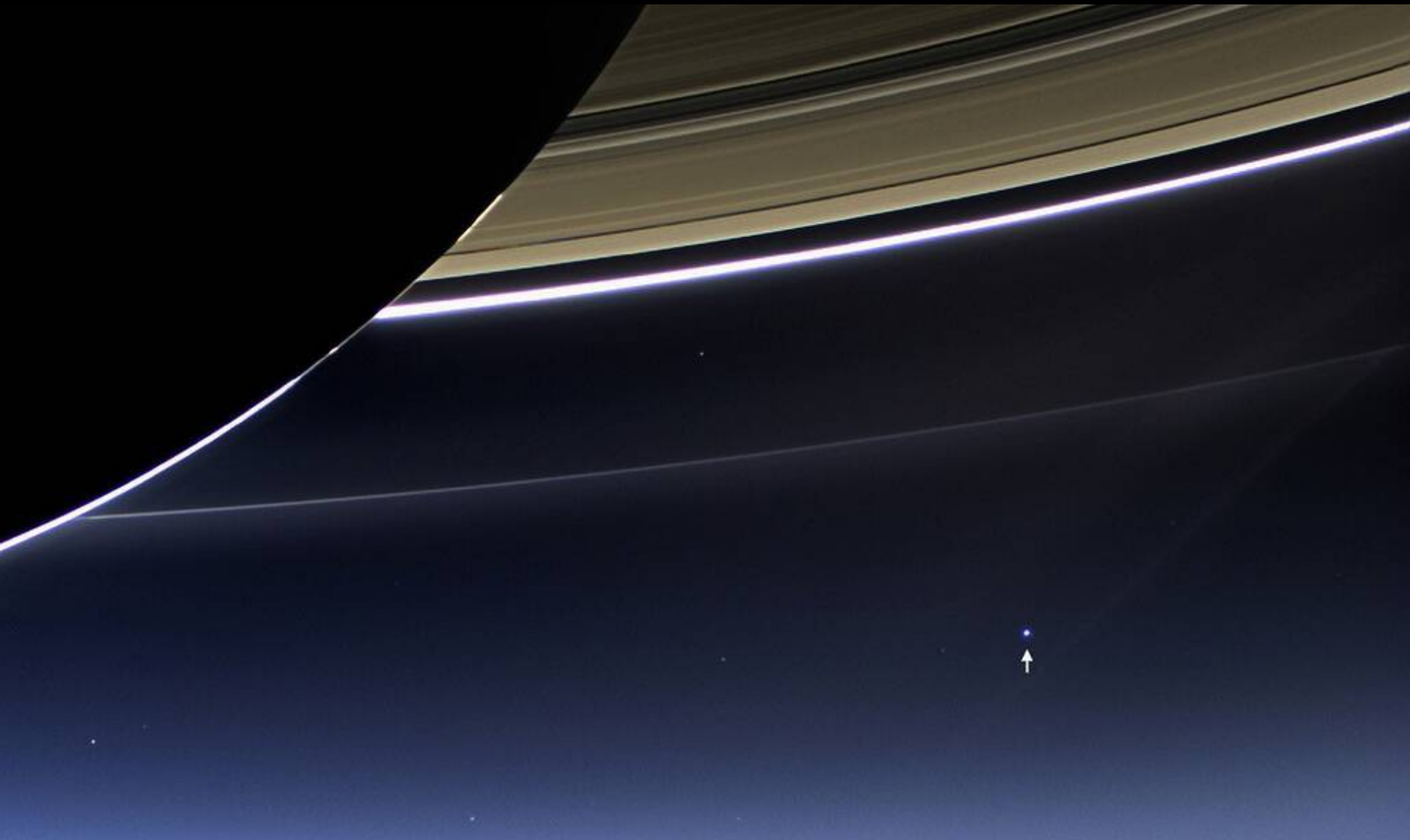


Les 6 instruments de Huygens

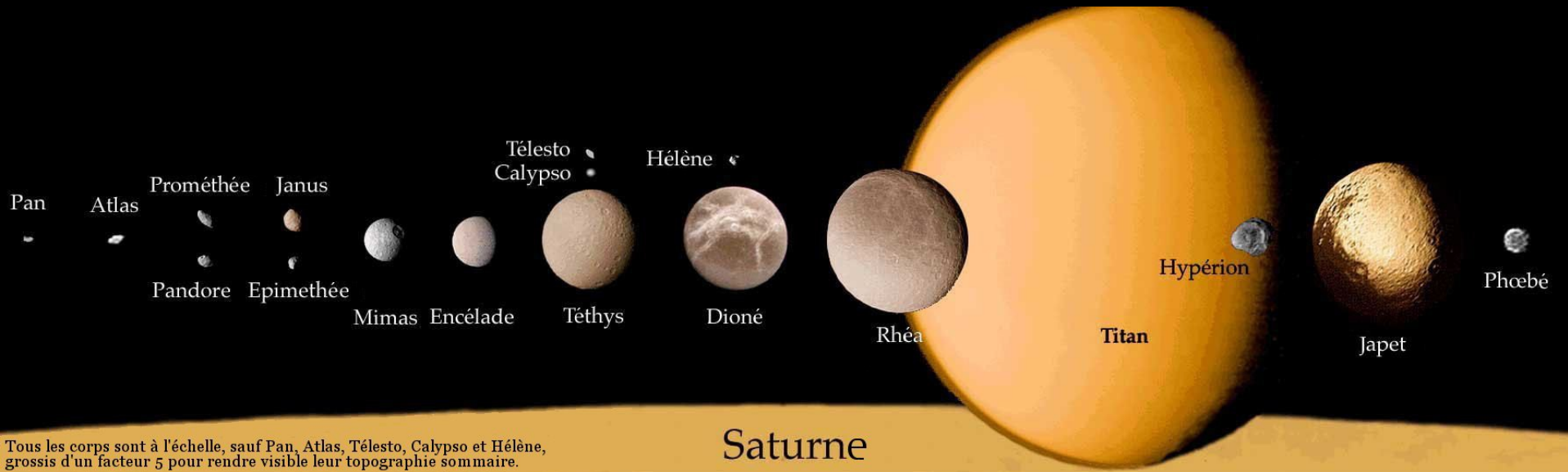


- **ACP (Aerosol Collector and Pyrolyser)** collecte des aérosols circulant dans l'atmosphère de Titan
- **DWE (Doppler Wind Experiment)** vitesse des vents par effet Doppler
- **GCMS (Gas Chromatograph and Mass Spectrometer)** composition chimique de l'atmosphère
- **HASI (Huygens Atmosphere Structure Instrument)** devait mesurer les propriétés physique de l'atmosphère et notamment détecter les décharges électriques des coups de tonnerre
- **SSP (Surface Science Package)** détermination des propriétés de la surface de Titan
- **DISR (Descent Imager/Spectral Radiometer)** prise de clichés durant le descente et à l'atterrissage

La Terre photographiée par Cassini

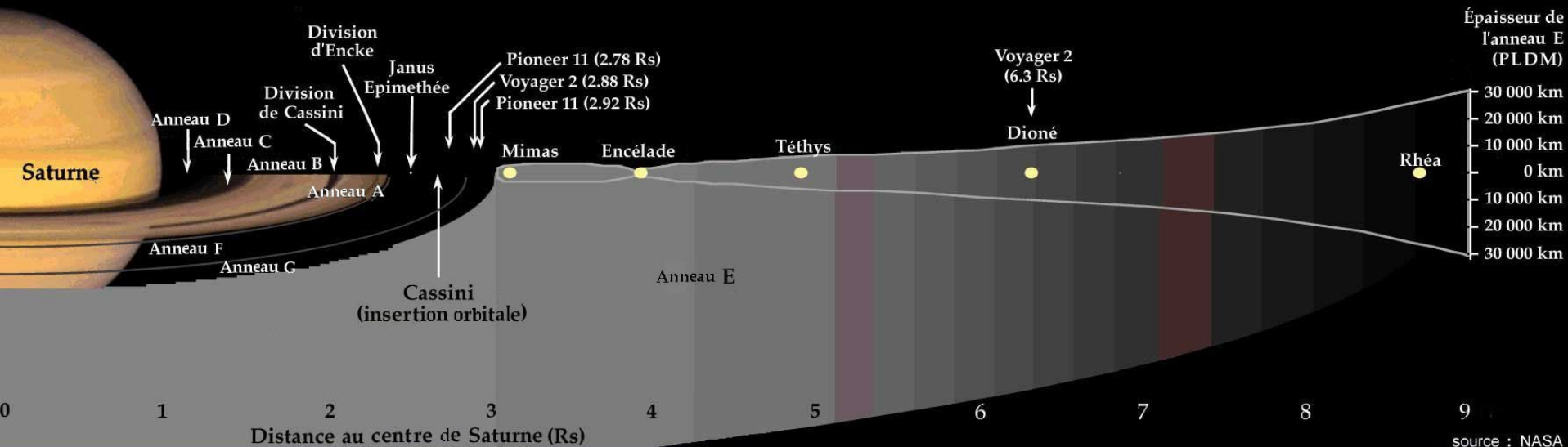


Les satellites de Saturne (82 en 2022)



Non représentés :

Pan	2.22 Rs	Titan	20.3 Rs
Atlas	2.28 Rs	Hyperion	24.6 Rs
Prométhée	2.31 Rs	Japet	59.1 Rs
Pandore	2.35 Rs	Phoebé	214.9 Rs



Questions ?

