



# MISSION JUICE

1. Vidéo décollage
2. Pourquoi cette mission ?
3. La fusée et sa charge utile
4. La sonde spatiale
5. Jupiter et ses satellites
6. IO
7. Ganymède
8. Europe
9. Callisto
10. Conclusions

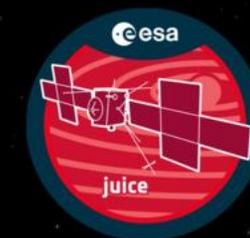
**Montage de Jupiter réalisé à partir des images de la sonde Juno. En haut à gauche, le satellite Europe ; au milieu, la sonde Juice (représentation d'artiste). © ESA**



juice

LAUNCH KIT

#ESAJuice #ExploreFarther



# C'est quoi et pourquoi cette mission?

- C'est une sonde d'exploration de Jupiter et trois de ses satellites galiléens (Europe, Ganymède, Callisto) supposés océaniques, lo volontairement n'étant pas l'objectif de cette mission.
- Décidée par l'ESA en 2012 et conçue par elle. Lancement depuis Kourou le 14 avril 2023 par une fusée Ariane 5. La dernière Ariane 5 est partie en juillet 2023.
- Mieux comprendre Jupiter, planète géante.... Et aussi étudier de près les 3 gros satellites qui ont des caractéristiques qui permettent de croire au développement d'une forme de vie. Evidemment Jupiter fascine depuis l'antiquité.
- L'astronome Galileo Galilei a observé Jupiter en 1610 à travers un « télescope » pour la première fois et découvrant ses lunes en orbite.



# Comment aller vers Jupiter?

- **Oui mais le voyage va durer 8 ans! Pourquoi si long? Il faudra être patient car elle devrait arriver sur l'orbite de Jupiter en juillet 2031**
- **Ou pourrait y aller directement en moins de deux ans avec beaucoup de comburant.... Trop lourd et trop cher. En effet il faut grimper jusqu'à l'orbite de Jupiter et ce n'est pas à côté (distance moyenne du soleil 780 Millions de kms)**
- **Donc on se sert de l'assistance gravitationnelle des autres planètes. D'où cet itinéraire long et compliqué. Il y aura 4 manœuvres gravitationnelles autour de la Terre et de Venus.**
- **Et puis pas question d'arriver trop vite, car il faut freiner pour se mettre en orbite autour de Jupiter.**
- **Donc économiser du carburant (ou plutôt du propergol).**

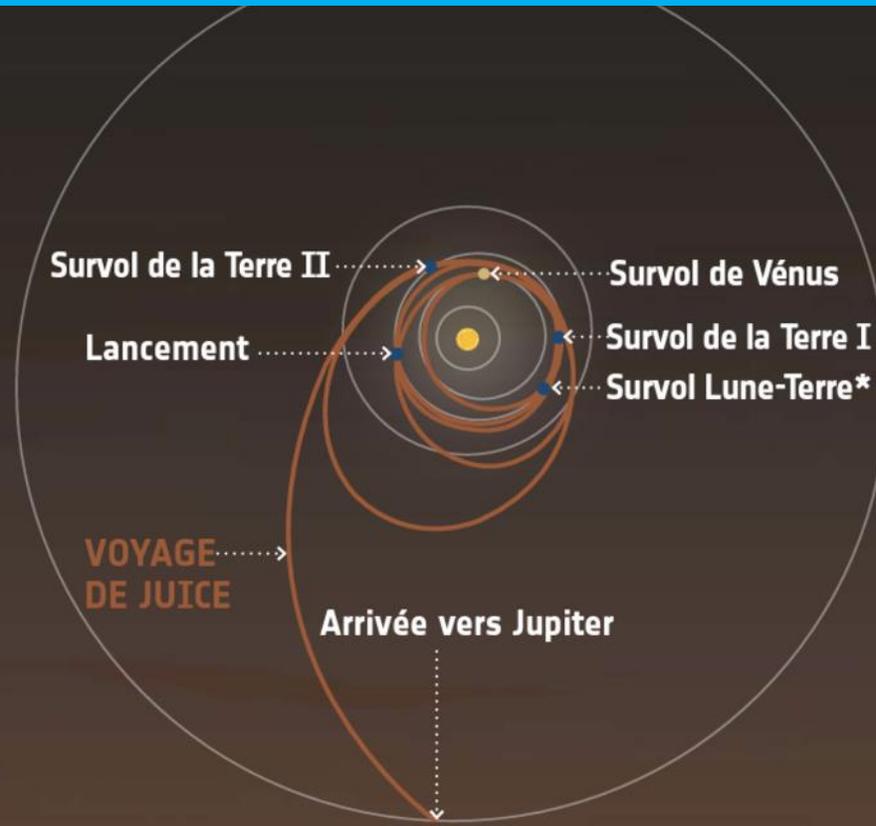
# Comment aller vers Jupiter?



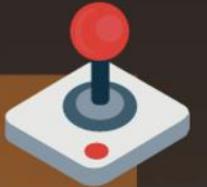
## VOYAGE VERS JUPITER



Juice sera surveillé par des contrôleurs de mission à ESOC de l'ESA (Allemagne)



### Un voyage périlleux



La gravité sera un allié capricieux, donnant des coups de pouce réguliers tout en menaçant de dérailler à tout moment. Une fois que Juice aura effectué un record de 35 survols d'Europe, Ganymède et Callisto, les contrôleurs de mission utiliseront ingénieusement l'énorme gravité de Jupiter pour diriger le véhicule spatial en orbite autour de la plus grande lune du système solaire, Ganymède, de la taille d'une planète.



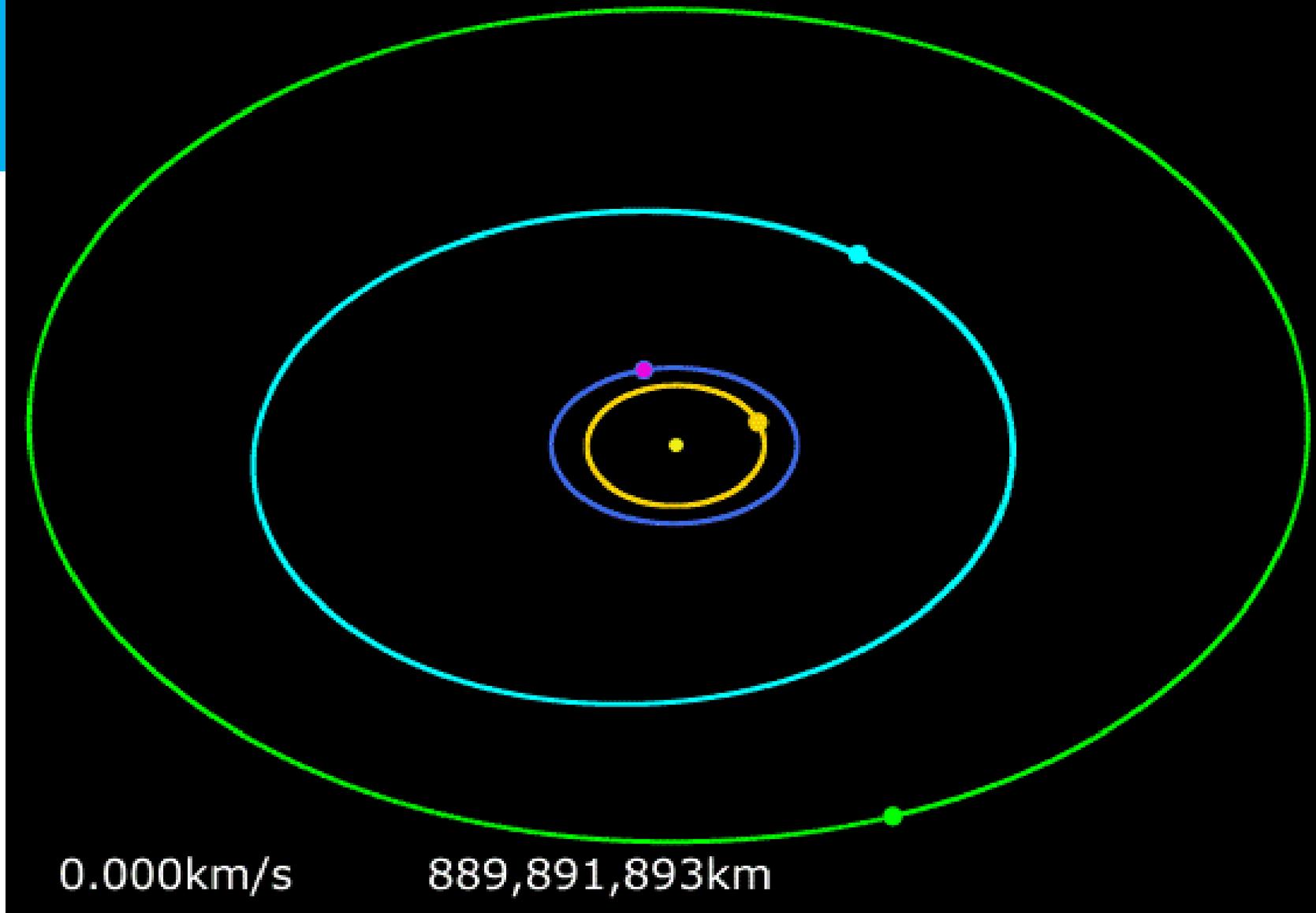
\*À remplacer par un survol de la Terre si Juice est lancé après le 18 avril 2023



# Comment aller vers Jupiter?

2023-04-05

JUICE



Par Phoenix7777 — Travail personnelData source: HORIZONS System, JPL, NASA, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=117012378>

# La fusée ARIANE 5

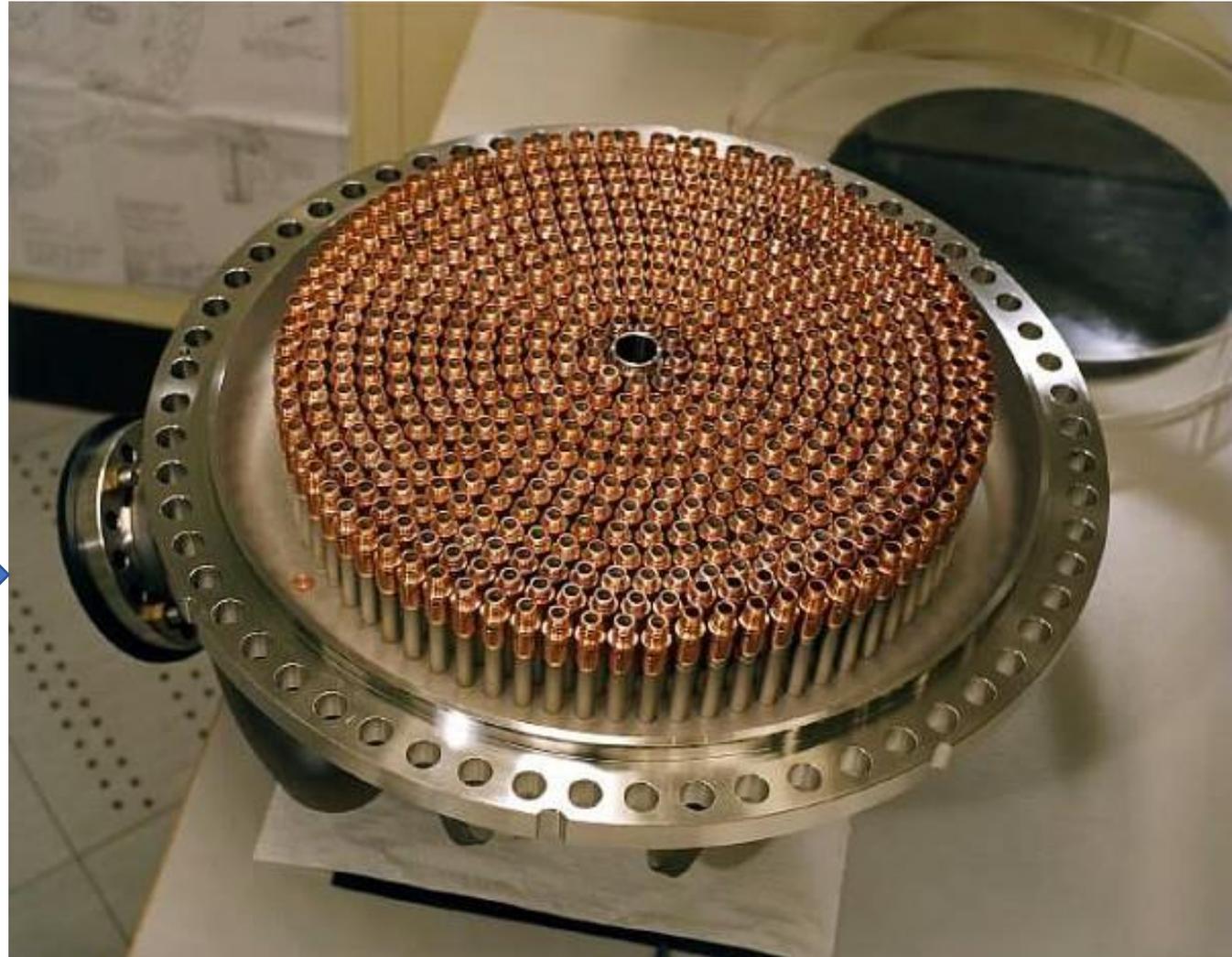
- La fusée est constituée de plusieurs parties:
- Une partie inférieure qui assure la poussée au décollage avec un Etage Principal Cryotechnique (EPC) à moteur Vulcain et deux Etages d'Accélération à Poudre (EAP) appelés aussi boosters
- Un étage supérieur cryotechnique qui assure la mise en place sur la bonne trajectoire
- Une case à équipements qui assure le contrôle et le guidage de l'ensemble
- La coiffe qui contient et protège le ou les satellites
- Poids total de la fusée: de 760 à 780 t
- Hauteur totale: 56m



# La fusée et sa charge utile

- L'étage principal est équipé d'un moteur Vulcain dont les caractéristiques sont reprises ci-dessous

Plaque d'injection avec 516 injecteurs

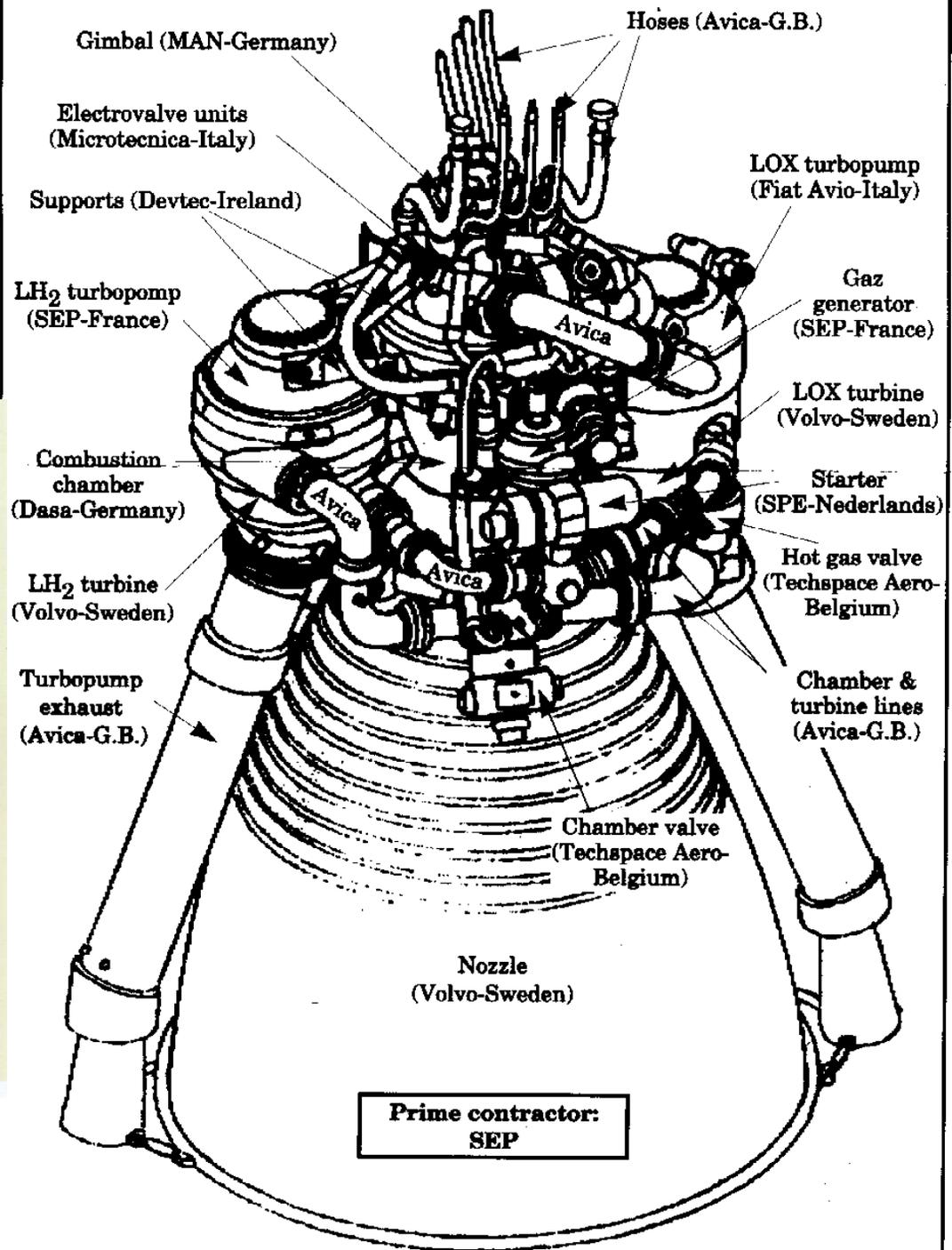
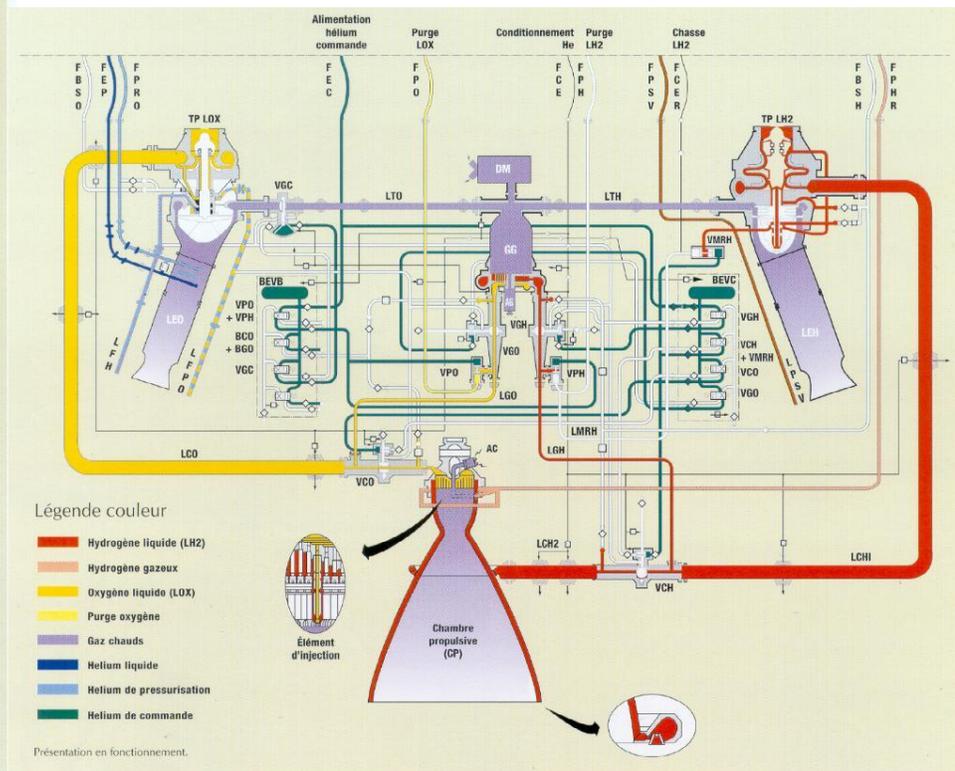
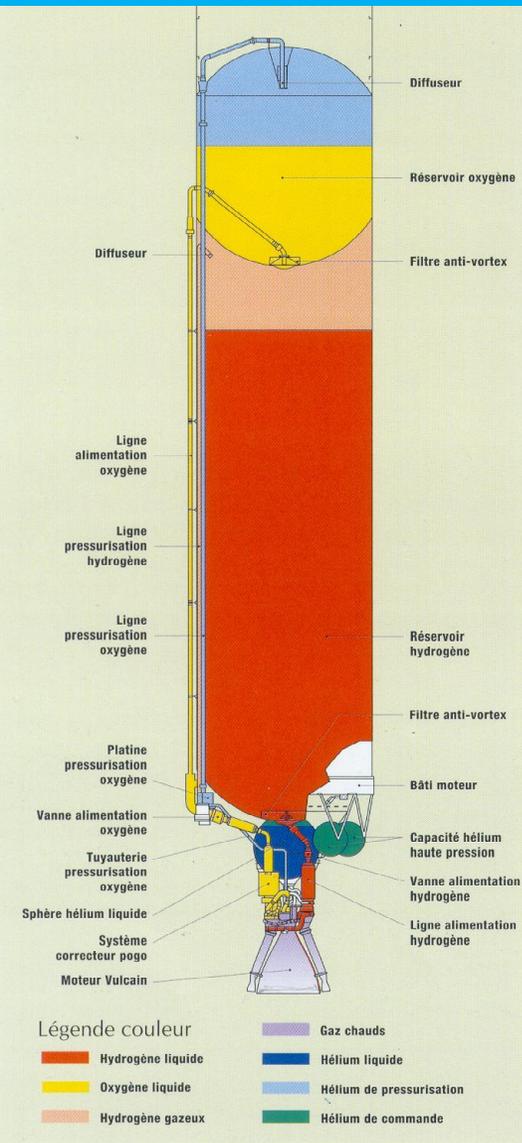


# Ariane 5: Le moteur Vulcain

- 2 Turbines:
- 1 de 15 MW pour l'hydrogène qui tourne à 33000tr/mn,
- 1 de 3,7 MW pour l'oxygène qui tourne à 13000tr/mn
- Débit de gaz 1250 kg/s à 3300°C
- Vitesse des gaz en sortie de tuyère: 4 km/s
- Poussée environ 115 tonnes!
- La tuyère est refroidie par un serpentin ext. d'oxygène
- Le moteur et sa tuyère mesure 3 m de haut et 1,76 m de diamètre pour 1685 kg.
- Durée de fonctionnement: environ 10mn
- Financement par l'ESA, développement par le CNES,
- Direction technique moteurs: Snecma



# Ariane 5: Le moteur Vulcain



# Ariane 5: Les boosters (EAP)

- Ce sont 2 cylindres fixés de chaque côté du corps principal et contenant chacun 237t de propergol solide (ou résine).
- Ils fournissent 90% de la poussée au décollage.
- Une fois allumés ils ne peuvent plus être éteints.
- Poussée moyenne 700t unitaire
- Durée de fonctionnement 130s
- Largage vers 70km d'altitude. Ils retombent ensuite en mer.
- Petits détails pas anodins: le son mesuré de 125 à 135 décibels à des kms selon le lanceur mais aussi les vibrations dans le sol mesurées par sismomètres à des centaines de kms...!



# La sonde Juice

- **JUICE est l'acronyme de Jupiter Icy Moons Explorer,**
- **Mission de l'ESA pour explorer Jupiter et surtout étudier trois des lunes de Jupiter: Callisto, Europe et Ganymède**
- **Déterminer si ces lunes peuvent accueillir la vie! En effet on pense que ces lunes ont d'énormes océans sous terrains.**
- **Masse de la sonde: environ 6 t dont 3,3 t de propergols.**
- **Panneaux solaires: 85m<sup>2</sup>**
- **Puissance électrique: 725w au niveau de Jupiter**
- **10 instruments pour étudier et observer**
  - l'étendue des océans internes sur les lunes glacées,**
  - les caractéristiques des nuages et les constituants atmosphériques sur Jupiter**

# JUICE

- Et puis mesurer le niveau des rayonnements subis par la sonde et ses instruments

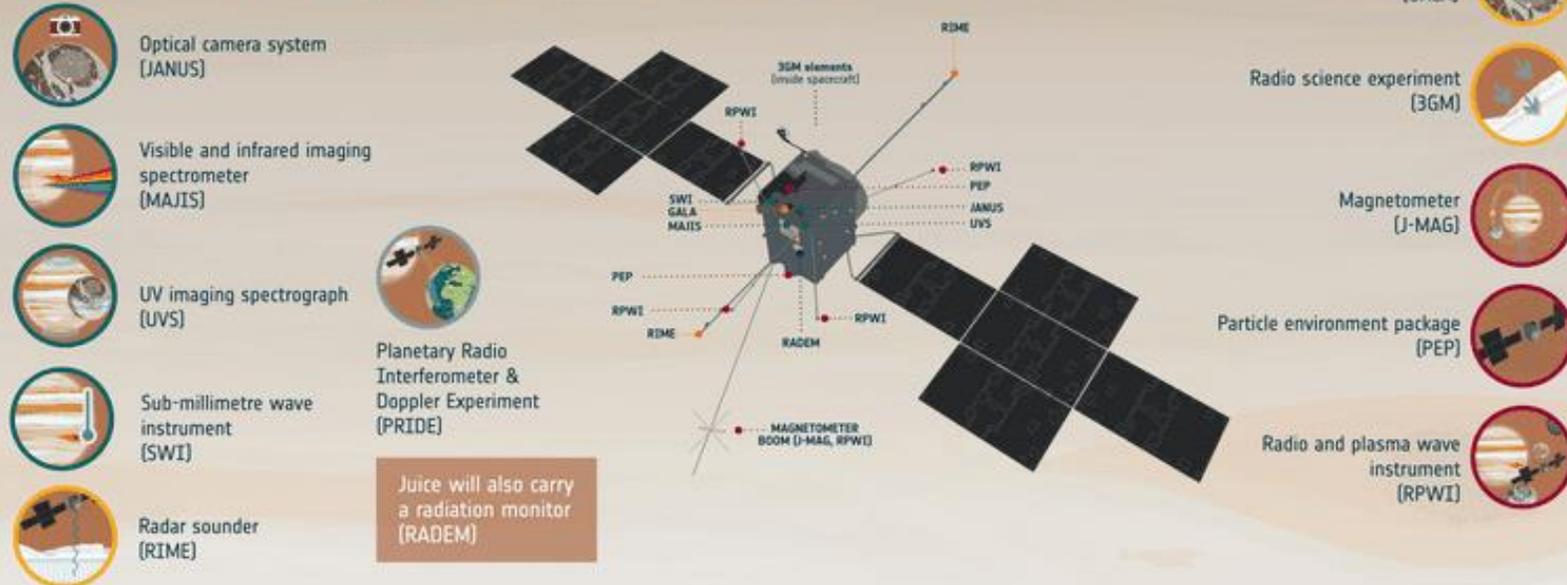
## Principaux instruments

|       |   |
|-------|---|
| UVS   | Spectromètre imageur <a href="#">ultraviolet</a>                            |
| J-MAG | <a href="#">Magnétomètre</a>  |
| MAJIS | <a href="#">Spectromètre imageur <a href="#">infra rouge</a> et visible</a> |
| JANUS | Caméra  |
| GALA  | Altimètre laser   |
| PEP   | Analyse particules et plasma  |
| PRIDE | Interférométrie radio   |
| RIME  | Radar sondeur   |
| RPWI  | Analyse ondes radio et plasma   |
| SWI   | Spectrographe submillimétrique  |

### JUICE'S SCIENCE INSTRUMENTS

Juice will carry ten state-of-the-art instruments, including the most powerful remote sensing, geophysical and in situ payloads ever flown to the outer Solar System. Nine of the instruments are led by European partners, and one by NASA. Juice also includes an experiment called PRIDE, which will perform precise measurements using radio telescopes on Earth.

● In situ instruments ● Remote sensing instruments ● Geophysical instruments ● Experiment



# Les instruments de la sonde Juice

- Les 4 premiers correspondent à des instruments de télédétection dont l'objectif est d'imager et de contraindre la composition de l'atmosphère de Jupiter et de la surface de ses lunes:
- JANUS (Jovis, Amorum ac Natorum Undique Scrutator), une caméra qui permet d'obtenir des images dans le domaine visible
- MAJIS (Moons and Jupiter Imaging Spectrometer), un imageur hyperspectral visible et infrarouge
- UVS (UV Imaging Spectrograph), un spectrographe d'imagerie ultraviolet
- SWI (Submillimetre Wave Instrument), un spectromètre submillimétrique



# Les instruments de la sonde Juice

- Le deuxième type d'instruments va fournir des mesures de type géophysique en caractérisant la structure interne de Ganymède avec une précision sans précédent et, dans une moindre mesure, celle d'Europe: Il s'agit de:
- L'altimètre laser Gala (Ganymede Laser Altimeter),
- Du radar RIME (Radar for Icy Moons Exploration)
- Et de l'instrument 3GM (Gravity & Geophysics of Jupiter and Galilean Moons), conçu pour mesurer le champ de gravité des corps célestes survolés.



# Les instruments de la sonde Juice

- Enfin, trois instruments (constituant le dernier type de mesures) vont effectuer des investigations in situ des caractéristiques de l'environnement de Jupiter et ses lunes galiléennes :
- le magnétomètre J-MAG (Magnetometer for Juice) ;
- PEP (Particle Environment Package), un ensemble de détecteurs de particules chargées et neutres ;
- et le détecteur d'onde radio et de plasma RPWI (Radio & Plasma Wave Investigation)
- Ce n'est pas tout:
- Pride: Planetary radio instrument and Doppler experiment
- Et en tout petit (sur l'image) Radem: radiation monitor.



# JUICE à propos de rayonnements



## OPÉRER DANS UN ENVIRONNEMENT EXTRÊME

Les ingénieurs ont mis au point des solutions technologiques avancées pour que Juice puisse fonctionner dans des environnements extrêmes. Pour aider à assurer la sécurité du véhicule spatial dans ces situations difficiles, des **contrôleurs de mission** le surveilleront en permanence pendant son voyage vers et autour de Jupiter.

### HAUT NIVEAU DE RADIATION

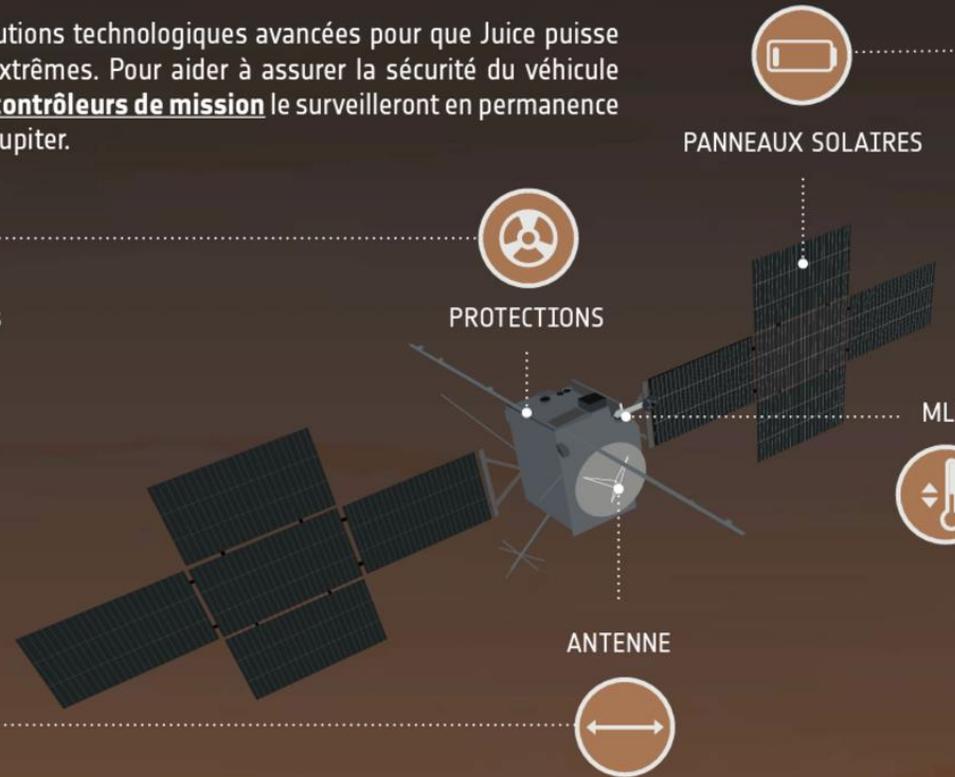
**Défi :** L'un des environnements radiatifs les plus intenses du système solaire

**Solution :** Protections pour protéger les appareils électroniques sensibles

### LONGUE DISTANCE

**Défi :** À des centaines de millions de kilomètres de la Terre

**Solution :** Une antenne de 2,5 m pour renvoyer les données et un ordinateur de bord puissant qui résout certains problèmes de manière autonome



### FAIBLE PUISSANCE

**Défi :** Lumière du soleil 25 fois plus faible que sur Terre

**Solution :** Panneaux solaires d'une superficie de 85 m<sup>2</sup> afin de recueillir un maximum de photons solaires

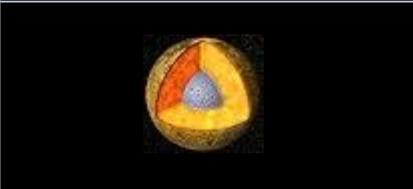
### TEMPÉRATURES EXTRÊMES

**Défi :** +250 °C pendant le survol de Vénus, -230 °C vers Jupiter

**Solution :** Une couverture à isolation multicouche (MLI) innovante pour maintenir stable la température interne



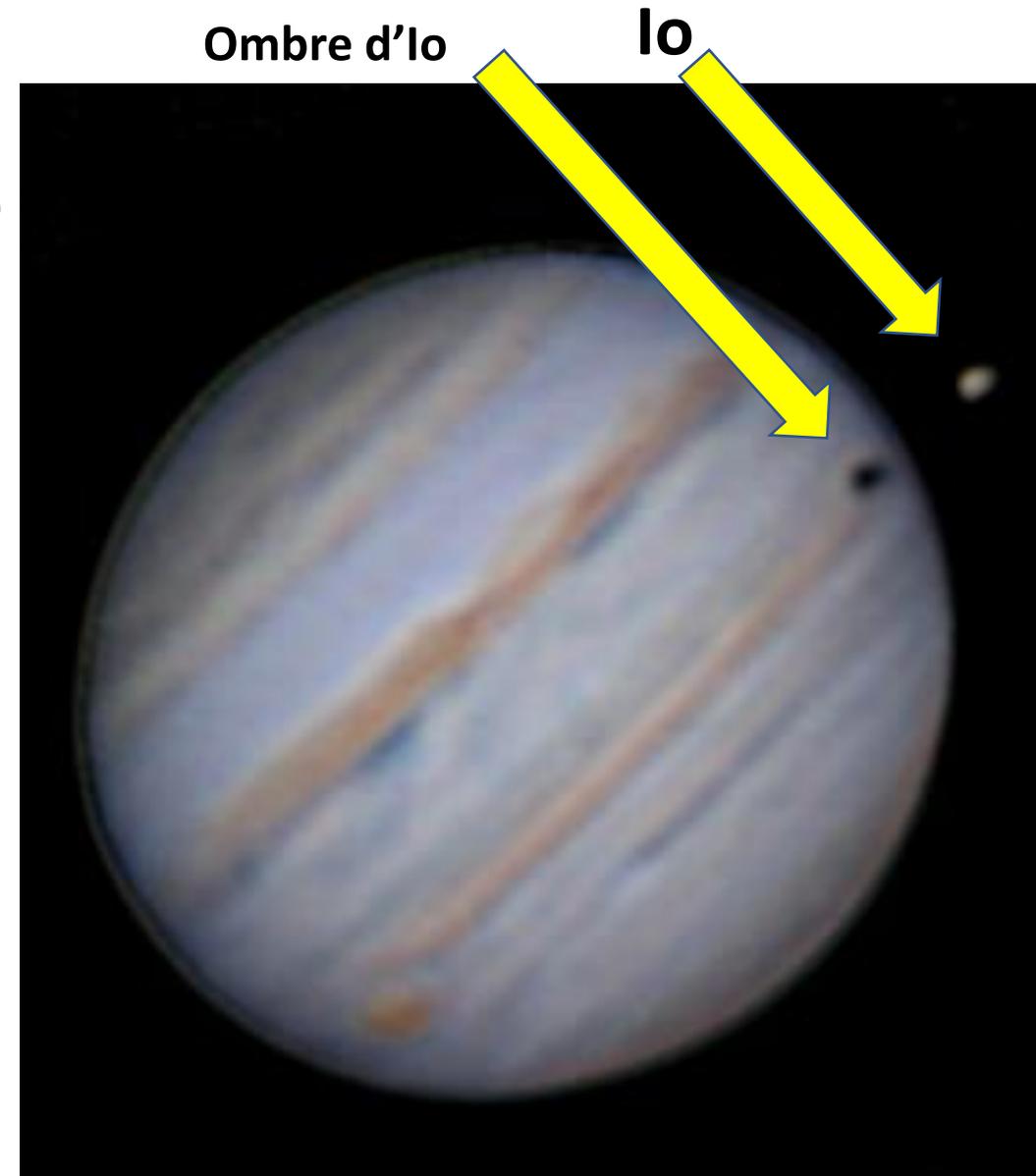
# Les Lunes de Jupiter

| Principales caractéristiques des lunes galiléennes   |  |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
|  | <u>Io</u>  | <u>Europe</u>   | <u>Ganymède</u>   | <u>Callisto</u>   |
| <b>Photographie</b><br>(par <u>Galileo</u> )         |  |  |  |  |
| <b>Structure interne</b>                             |  |  |  |  |
| <b><u>Rayon moyen</u></b><br>(km)                    | 1 821,5  | 1 560,8   | 2 631,2   | 2 410,3   |
| <b><u>Densité</u></b><br>(g/cm <sup>3</sup> )        | 3,530  | 3,010   | 1,940   | 1,830   |
| <b><u>Demi-grand axe</u></b><br>(km)                 | 421 800  | 671 100   | 1 070 400   | 1 882 700   |
| <b><u>Période orbitale</u></b><br>(jours terrestres) | 1,769 138  | 3,551 181   | 7,154 553   | 16,689 017  |

Pour comparaison la lune a un rayon de 1740km et une densité de 3,34 et mercure un rayon de 2440km et une densité de 5,43

# JUPITER

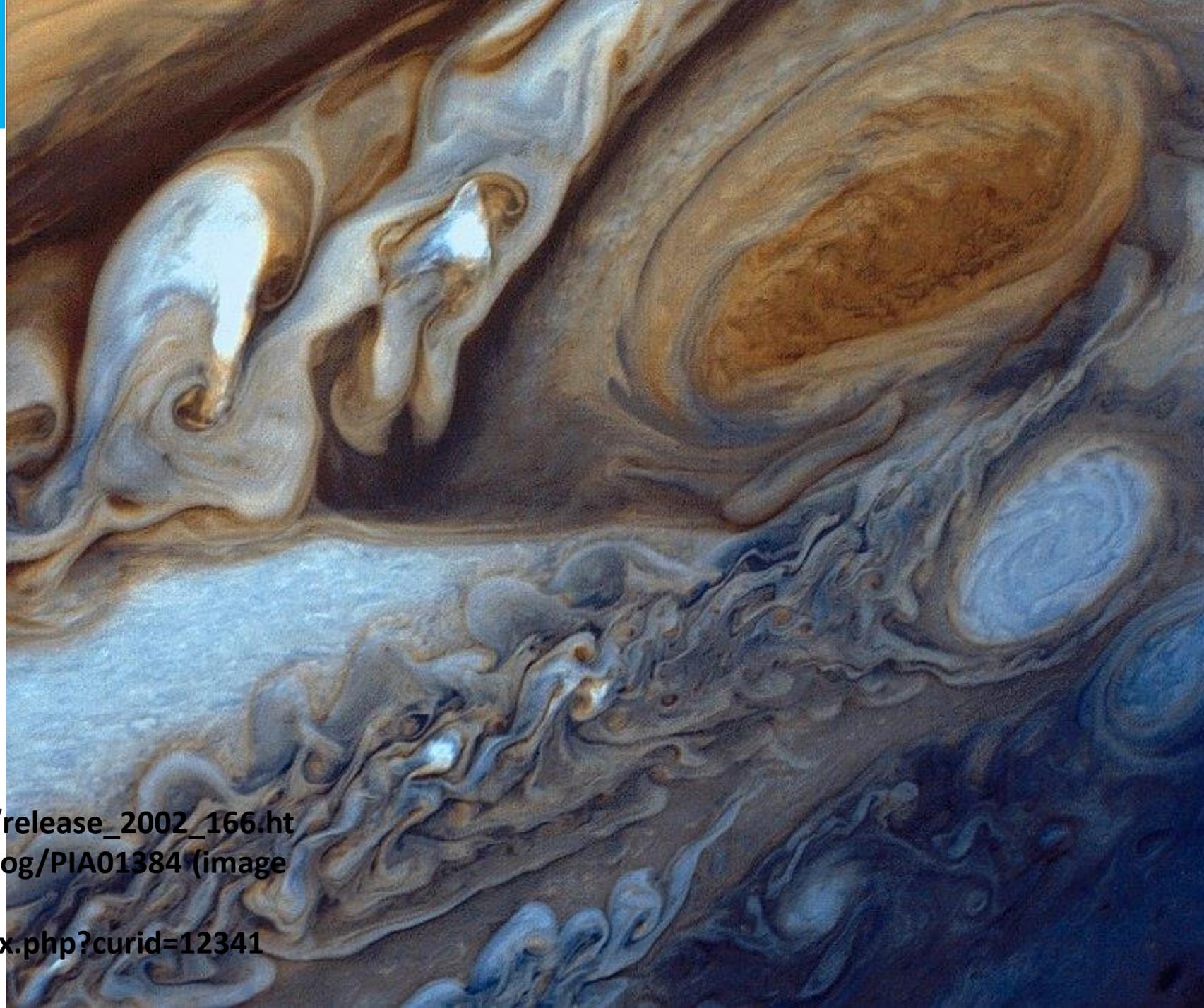
- diamètre 143 000 km soit 11,2 fois la Terre
- Révolution: 4335 j (presque 12 ans)
- durée du jour: 9h56mn
- Masse 318 fois la Terre
- Gravité à sa surface théorique: 2,52 g
- Dist. moy au Soleil 5,2 ua soit 780 Mkms
- 1ere planète géante gazeuse
- Température: Jusqu'à -160°C
- 92 stellites connus dont: Io, Europe, Ganymède, Callisto.



Jupiter par Bruno Cravic

# JUPITER (suite)

- Dans son atmosphère des vents atteignant 500 km/h et la Grande tache rouge (forme oblongue, de 15 à 12000 km) qui pourrait contenir la Terre



Par NASA, Caltech/JPL —

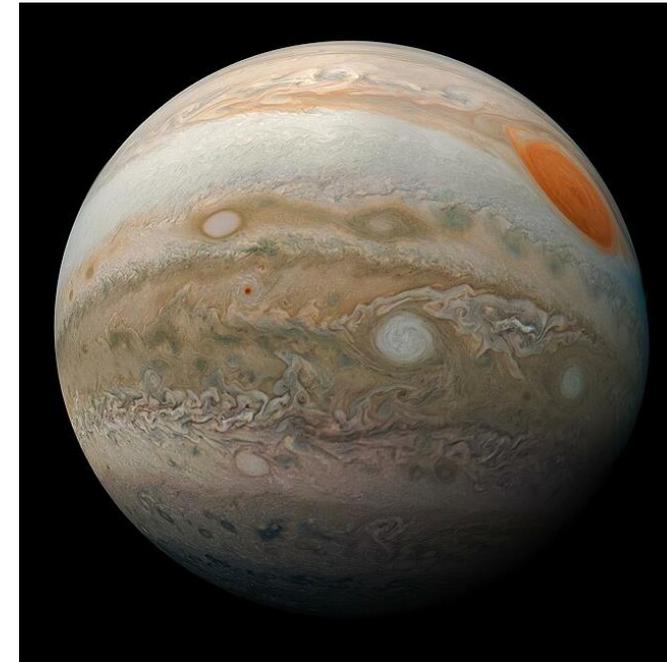
[http://www.jpl.nasa.gov/releases/2002/release\\_2002\\_166.htm](http://www.jpl.nasa.gov/releases/2002/release_2002_166.htm)

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01384> (image link), Domaine public,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12341>

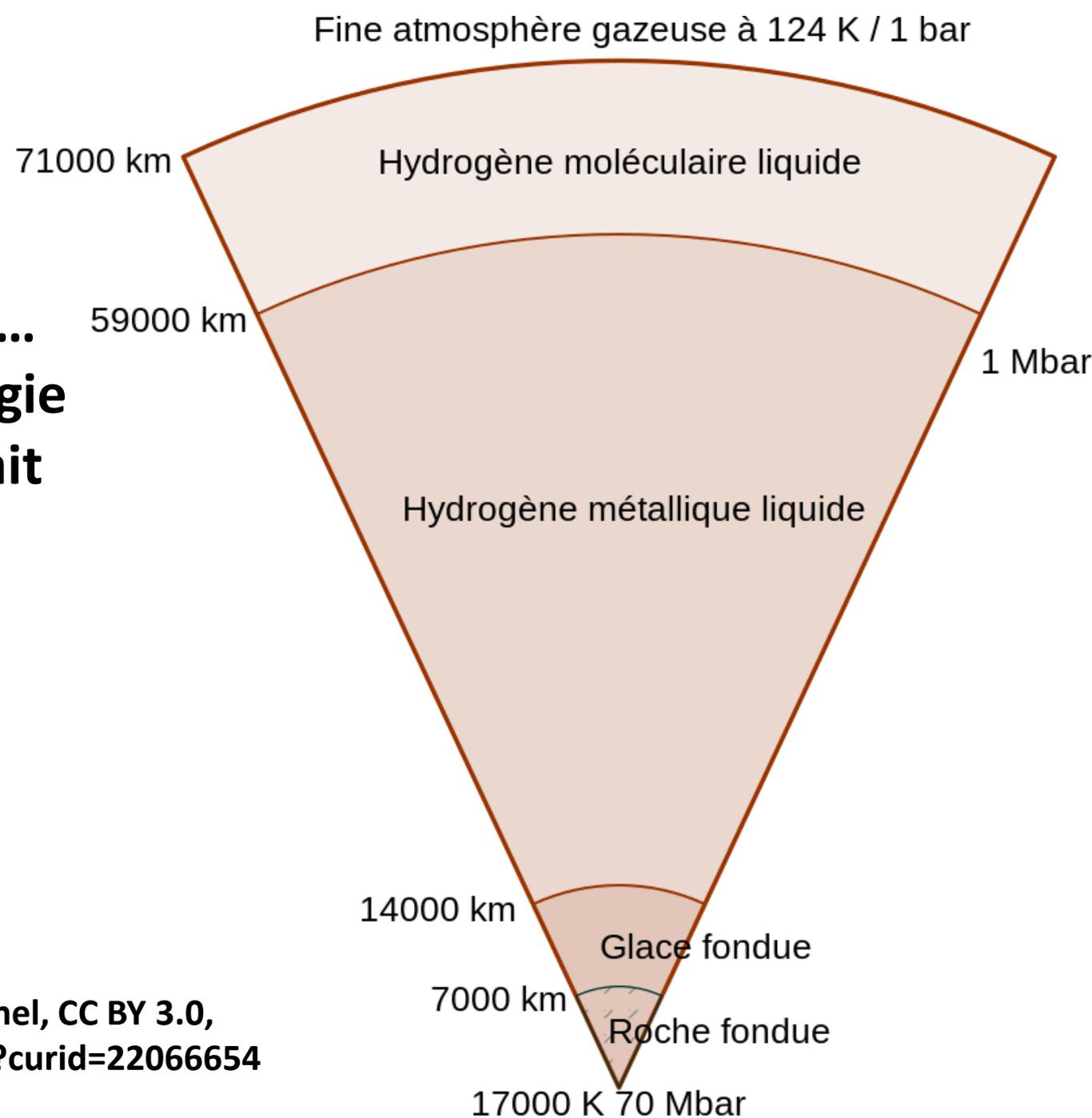
# JUPITER (suite)

- Et puis son environnement particulièrement dangereux: un énorme champ magnétique de 10 à 14 fois celui de la Terre. Ce champ magnétique est produit par effet dynamo dans la masse gigantesque d'hydrogène métallique en mouvement au sein de Jupiter.
- Les particules ionisées et les électrons y sont piégés. Un intense rayonnement synchrotron est émis par les électrons ultrarelativistes près de la planète appelés aussi **électrons tueurs**.... Le rayonnement synchrotron, ou rayonnement de courbure, est un rayonnement électromagnétique émis par une particule chargée qui se déplace dans un champ magnétique et dont la trajectoire est déviée par ce champ magnétique.
- Tout cela ne paraît pas sympathique notamment pour l'électronique des instruments embarqués et des ordinateurs. Il faut des composants durcis, des protections et des blindages.
- Notre belle sonde saura-t-elle résister à cet environnement?



# JUPITER (suite)

- **Atmosphère: 86% d'hydrogène et 13% d'hélium, nuages d'ammoniac...**
- **Dernier mot: elle émet plus d'énergie qu'elle n'en reçoit du soleil: ce serait due à la lente contraction de son atmosphère.... Car il n'y a pas de réactions de fusion en son centre.**



Par Jean-Christophe BENOIST — Travail personnel, CC BY 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22066654>

# Io

- Lune galiléenne la plus proche de Jupiter. Présente toujours la même face à Jupiter
- Période de révolution: 42 h,
- Demi grand axe: 421 000 km
- Diamètre: 3640 km
- Densité: 3,53
- Plus de 100 montagnes avec des sommets plus hauts que l'Everest
- Plus de 400 volcans actifs , tectonique des plaques importante.
- C'est l'objet le plus volcanique du système solaire.
- Donc activité géologique intense due à la proximité de Jupiter.
- En résonance orbitale avec Europe et Ganymède.

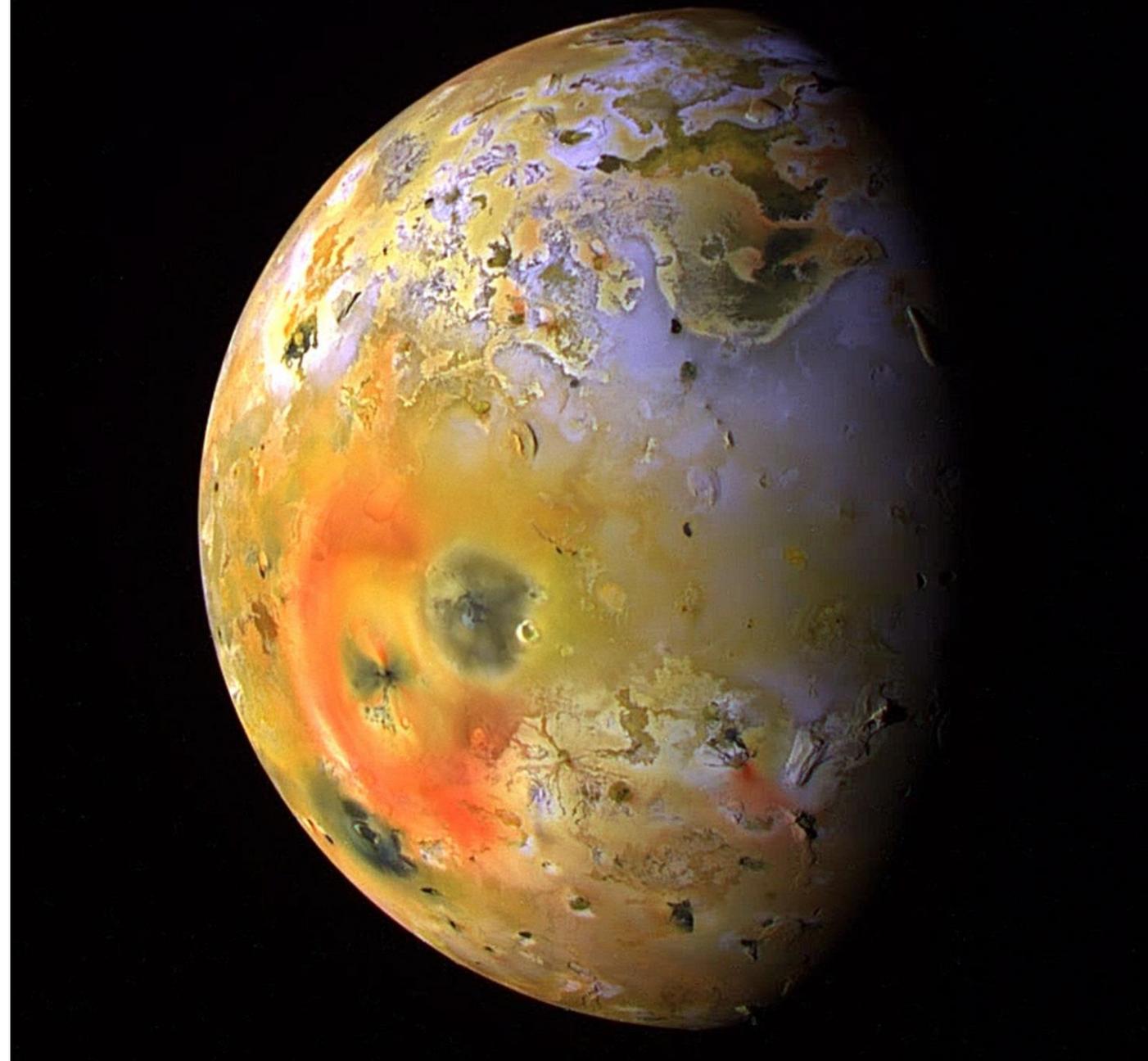
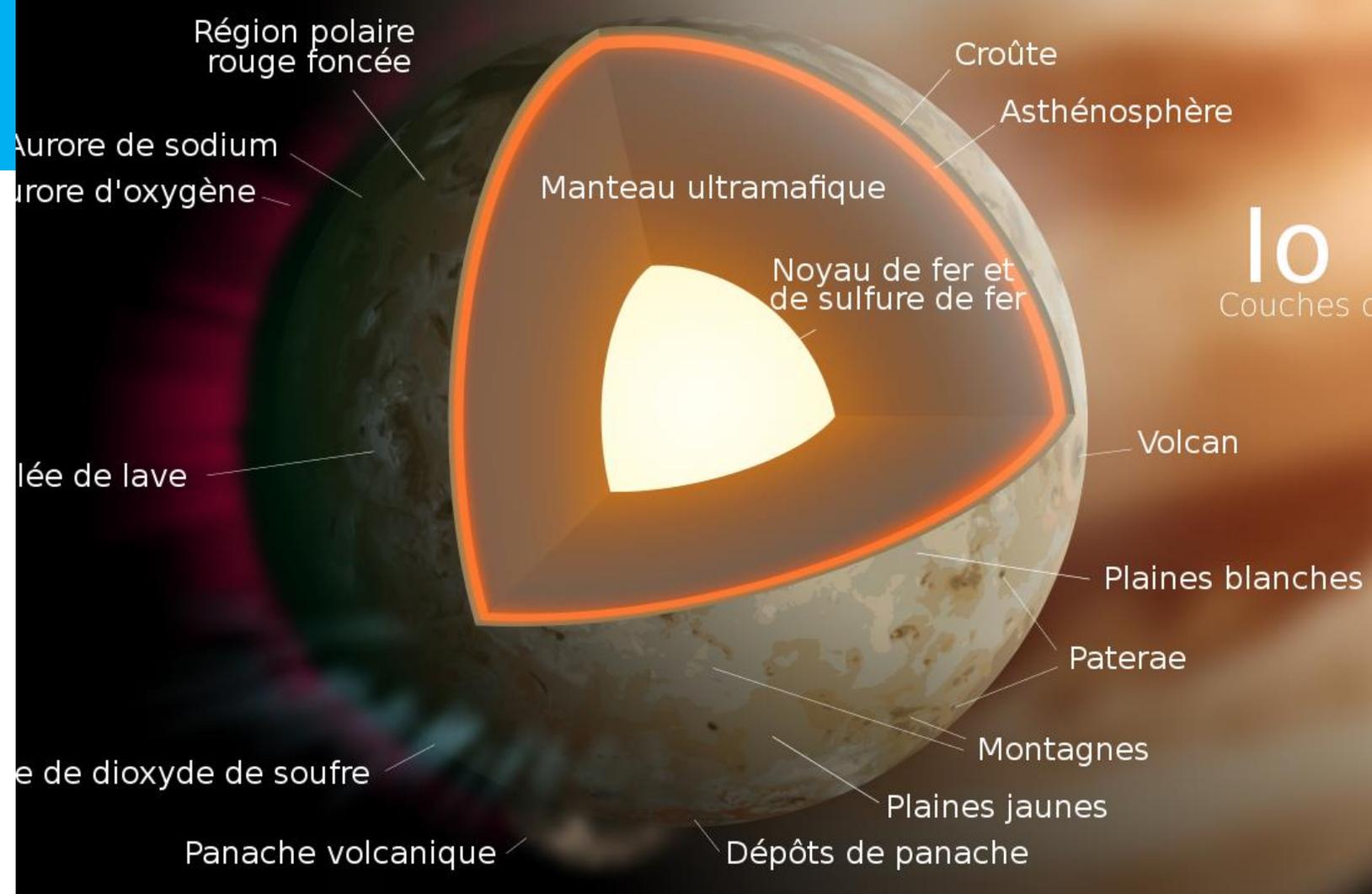


Image Nationalgeographic

# Io

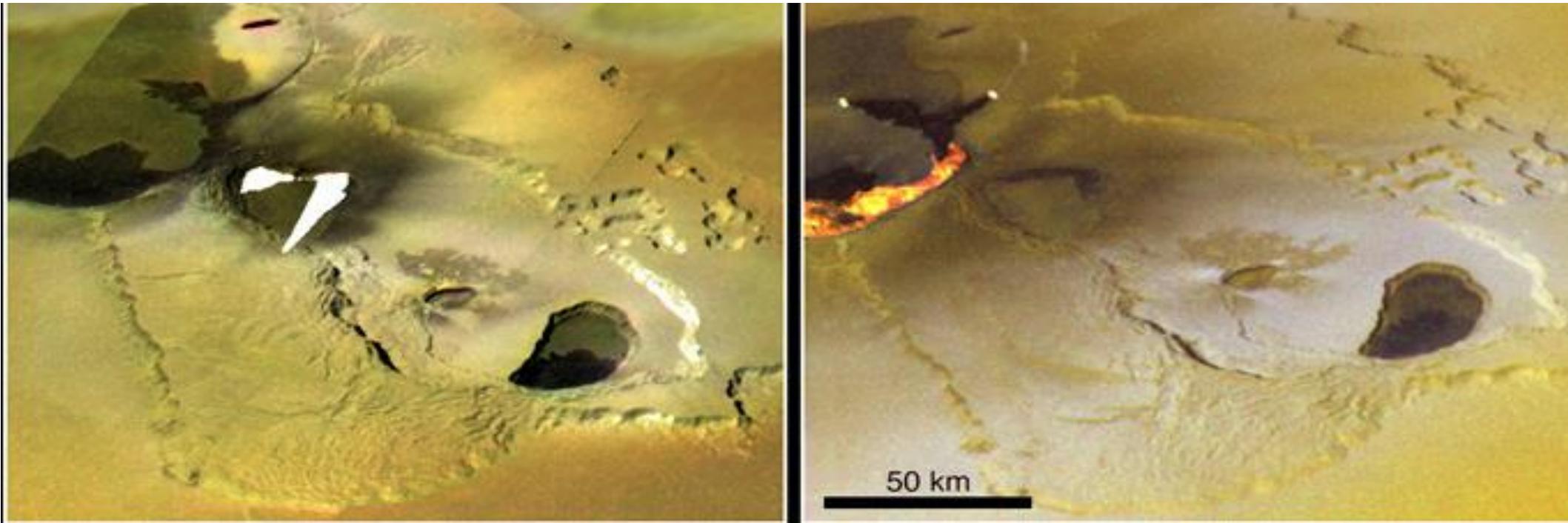
- Le noyau serait composé de silicates ferreux et contiendrait sans doute aussi des isotopes radioactifs
- Les éruptions volcaniques remodelent sans cesse le paysage de cette lune.
- Pas d'eau.



Par Original work : Kelvinsong French translation : Charlestpt —  
File:Io\_diagram.svg, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=94967447>

Io

- **Faible atmosphère. D'énormes émissions de matières dues aux éruptions volcaniques, en partie reprise sous forme de plasma par Jupiter**
- **Car en effet Io est en plein dans le champ magnétique de Jupiter et son champ de plasma....**
- **Pas vraiment fréquentable....**



NASA/JPL/Galileo

# Europe

- 2<sup>e</sup> lune de Jupiter située en moyenne à 671000 km
- Diamètre 3120 km
- Gravité 1,31 m/s<sup>2</sup>
- Période de révolution: 3,51j
- Présente toujours la même face à Jupiter
- Temp moy en surf : -183 °C mais – 220°C aux pôles
- Densité: 3,01
- Constituée principalement de roches silicatées
- Probable noyau de fer et de nickel

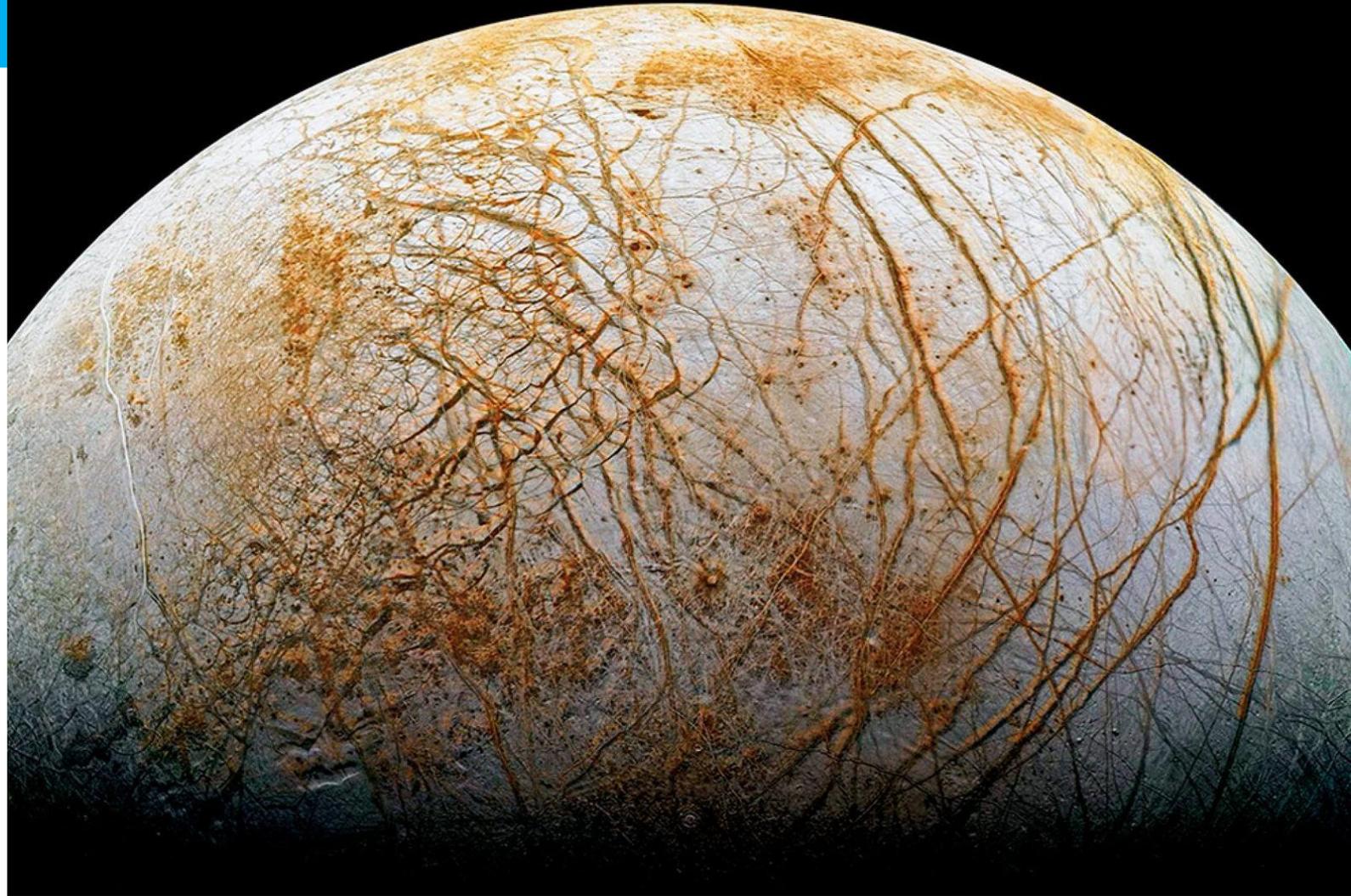


Image Nationalgeographic

# Europe

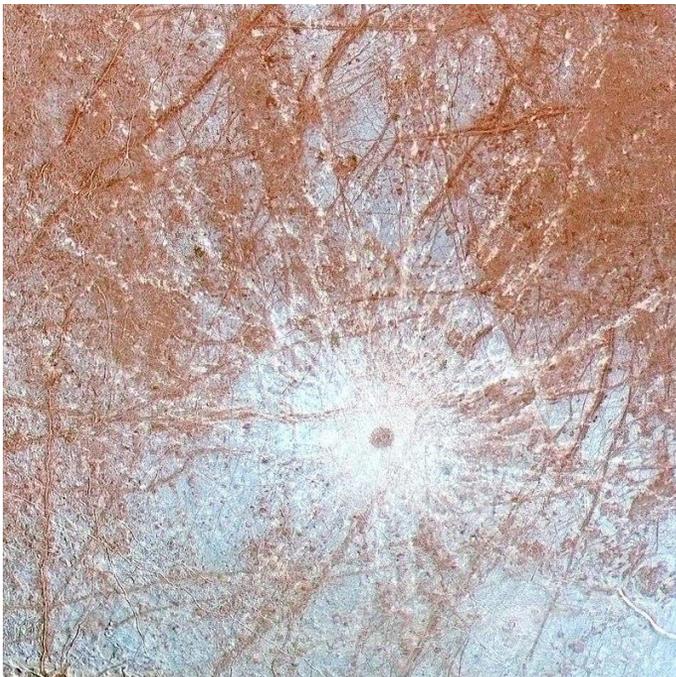
- Surface glacée très lisse mais couvertes de stries et de fissures
- Surface rapidement renouvelée (peu de cratères d'impacts)
- Des geysers jaillissent de ces fissures ce qui laisse supposer un océan sous-terrain
- L'épaisseur de cet océan atteindrait 100 km
- Chauffé en interne par les effets de marée et peut être par un peu de radioactivité
- Les fissures colorées montrent des dépôts de NaCl, sulfates hydratés de magnésium et de sodium et/ou de l'acide sulfurique



Illustration Larousse

# Europe

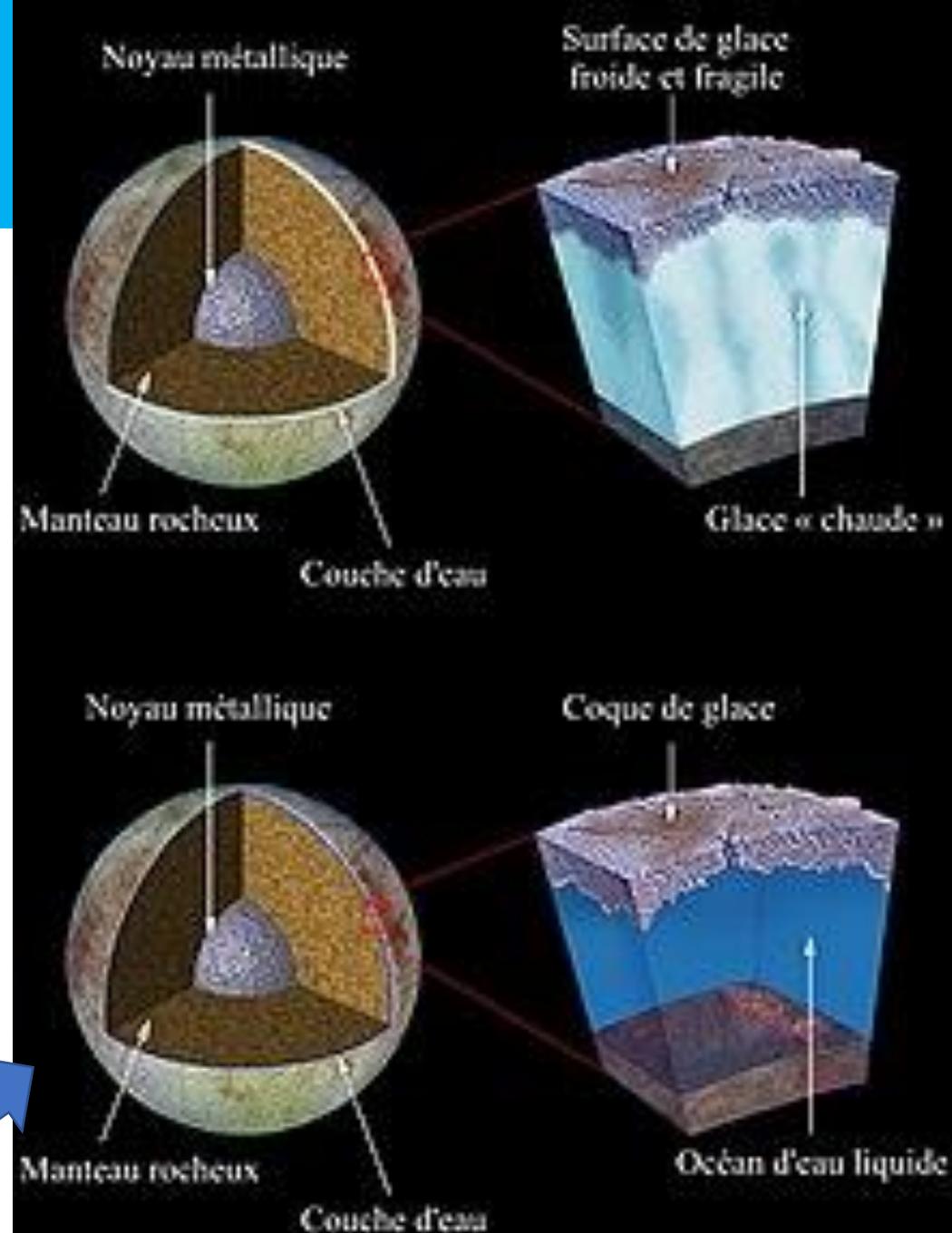
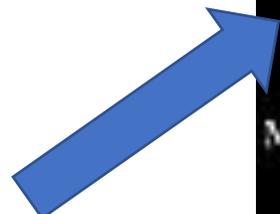
- On le comprend tout de suite: les physiciens rêvent d'une forme de vie dans cet océan!
- Oui mais, l'acide sulfurique.... Et puis ne pas oublier que sur Terre la vie est apparue dans des conditions bien plus propices.



**Cratère d'impact de  
45 km**

*photojournal.jpl.nasa.gov*

Wikipédia



# Europe

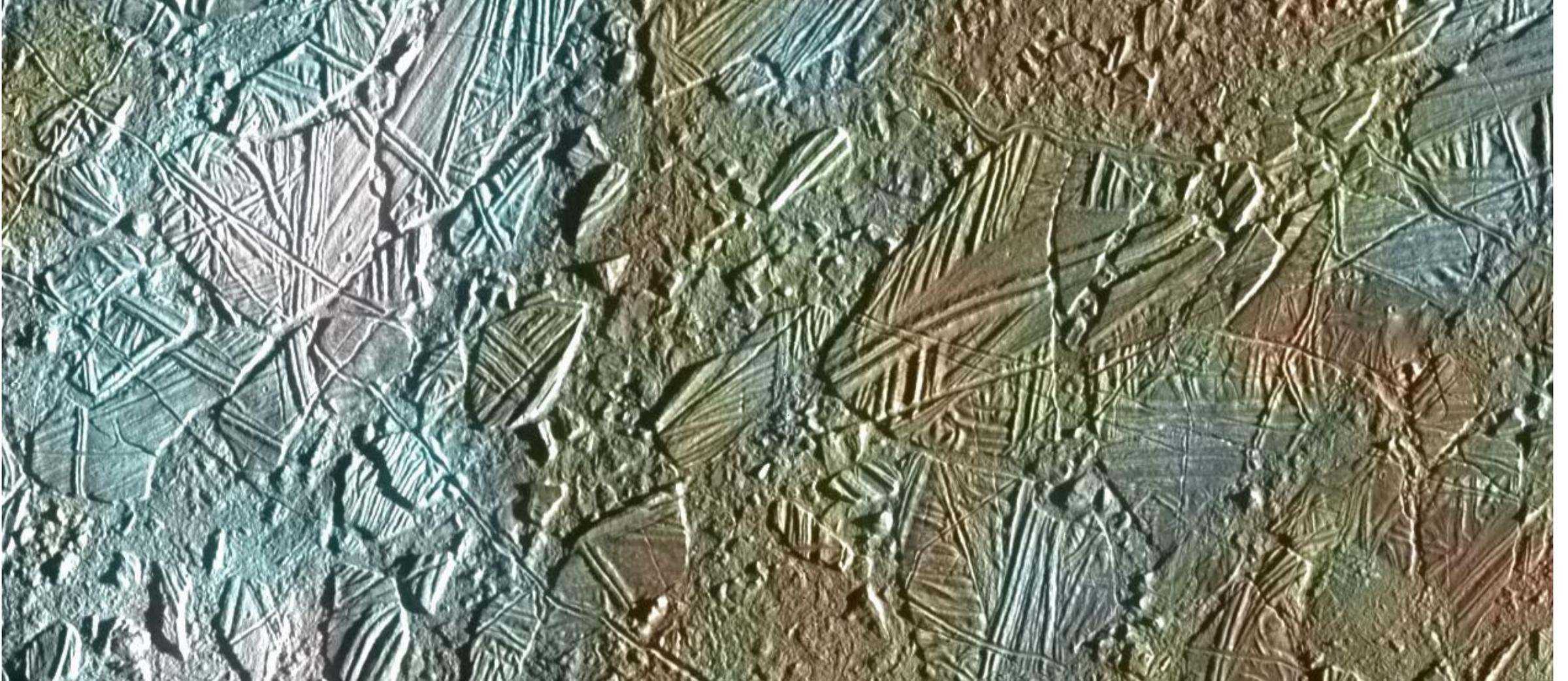


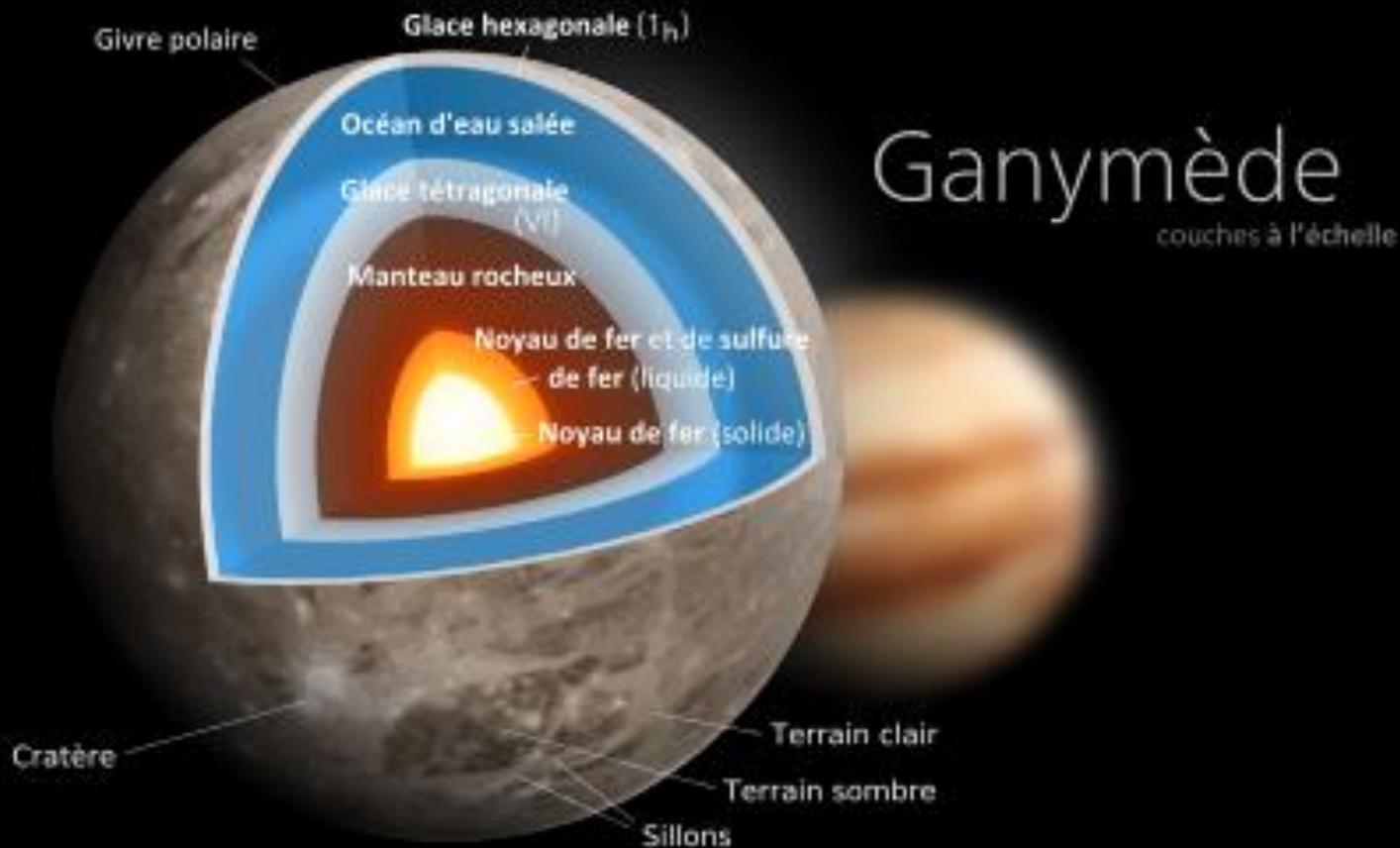
Image de 70x30 km *photojournal.jpl.nasa.gov*

# Ganymède

- 3<sup>e</sup> lune de Jupiter à 1070000 km
- Montre toujours la même face à Jupiter
- Diamètre: 5264 km, plus grosse que Mercure mais moitié moins lourde
- Gravité: 1,428 m/s<sup>2</sup> soit 0,146g
- Période de révolution: 7,15 j
- Temp. moy. en surf: -163°C
- Densité: 1,936
- Composée à parts égales de roches et de glace / eau



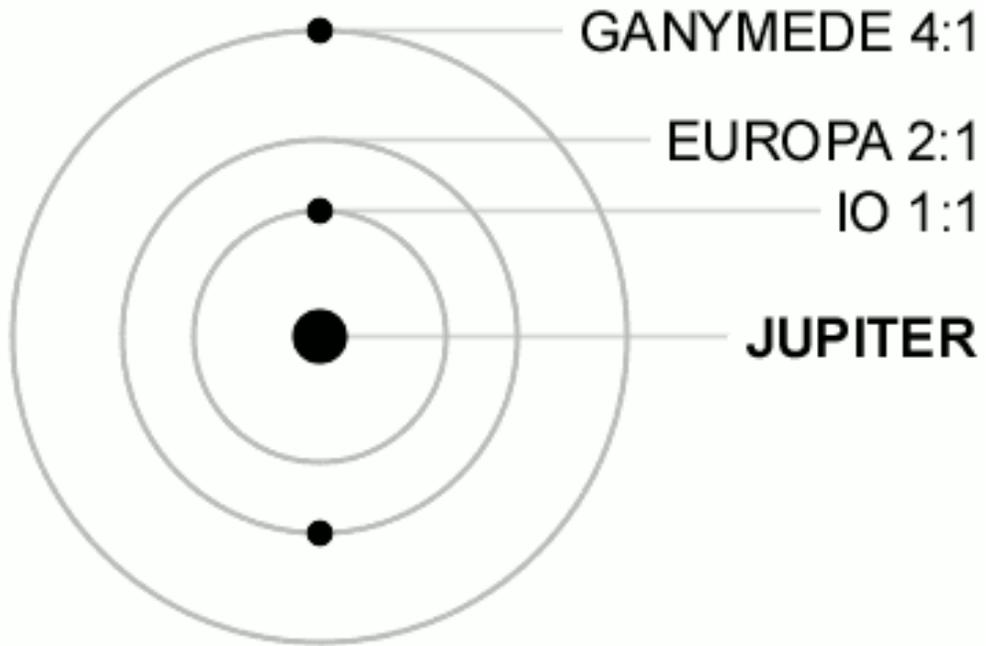
# Ganymède



Wikipédia: ép. des couches à l'échelle

- Structure très différenciée avec un noyau de fer et sulfure de fer et un manteau silicaté. Le noyau serait liquide ce qui expliquerait un fort champ magnétique.
- Mais aussi beaucoup d'eau avec un gigantesque océan sous-marin salé d'environ 800 km de profondeur!
- Les effets gravitationnels sont soupçonnés de maintenir liquide cet océan
- Evidemment on pense à l'apparition de la vie dans cet océan.....

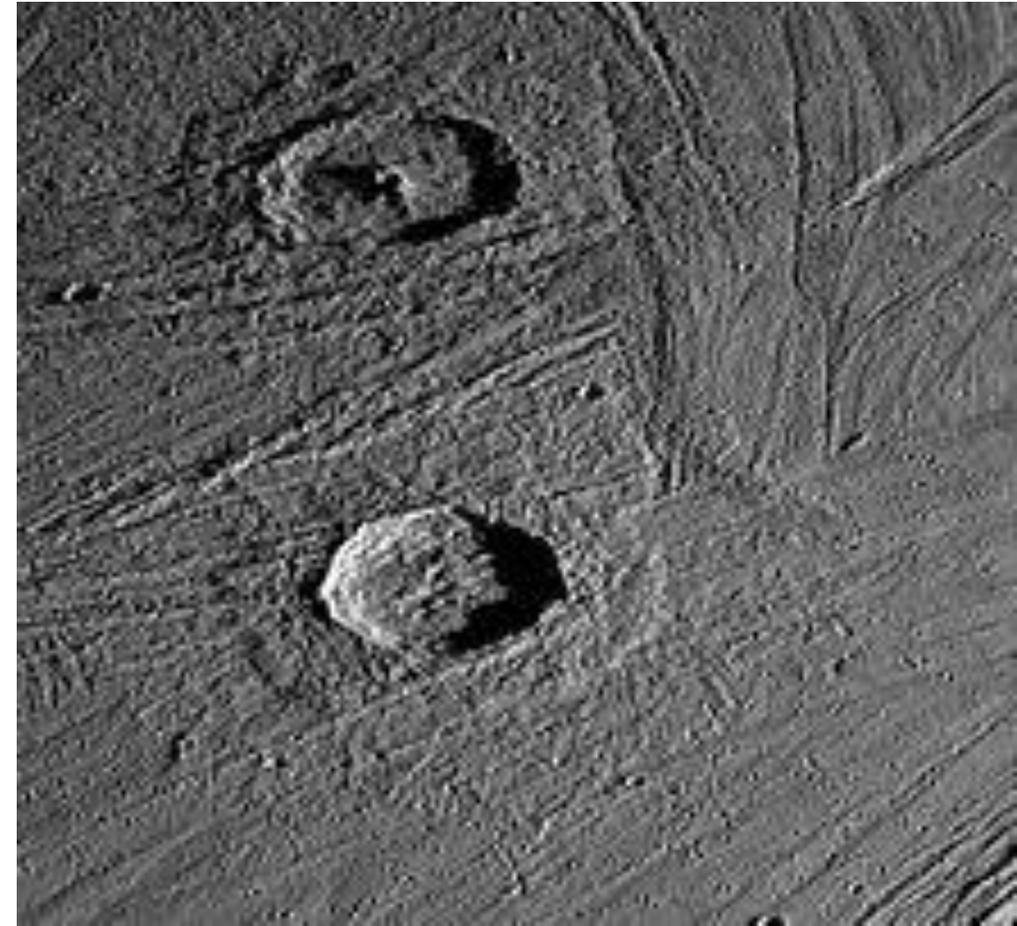
# Ganymède



**Résonnance. grav. avec Io et Europe 1/2/4**

Par User:Matma Rex — based on earlier version of this file, avail. below, Domaine public,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1334890>

- En surface des zones anciennes très foncées et très cratérisées et des zones claires beaucoup plus jeunes
- De nombreuses questions sur le processus de formation et sur l'origine de ces deux zones.



# Callisto

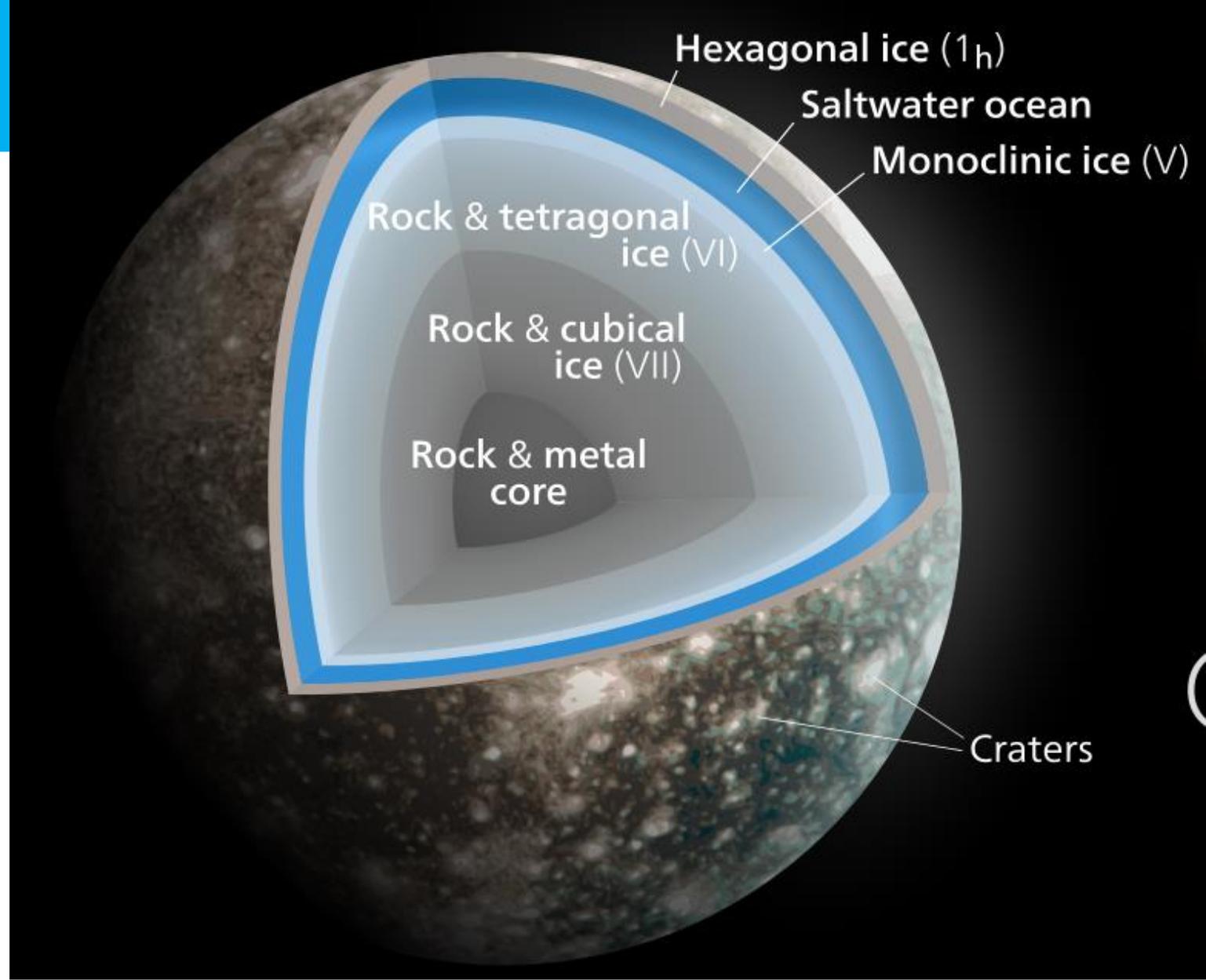
- Lune galiléenne la plus éloignée de Jupiter
- N'est pas en résonance orbitale
- Présente toujours la même face à Jupiter
- Composée à parts égales de glace et de roches, un noyau peu différencié mais contenant des métaux fissiles
- Peu affectée par la magnétosphère de Jupiter
- Pas d'activité tectonique mais une surface très vieille et très cratérisée
- Atmosphère très ténue
- Rayon: 2410 km, densité 1,8



Callisto prise par Voyager 2

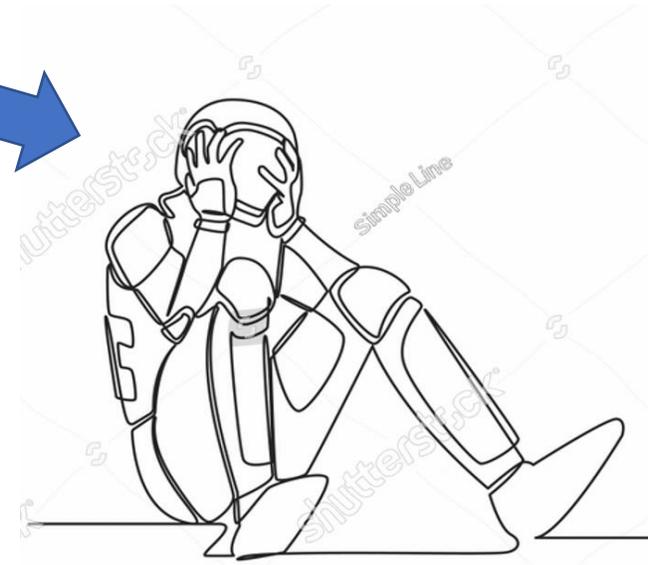
# Callisto

- Demi grand axe: 1 880 000 Kms
- Période orbitale: 16,7 jours
- On suspecte un vaste océan sous-terrain de 10 à 100 kms d'épaisseur (!) peut être salé et contenant de l'ammoniac
- D'où l'idée qu'une forme de vie aurait pu s'y développer bien à l'abri de tous les rayonnements...
- Ce serait la lune qui serait la plus accueillante pour une mission habitée par l'homme



# Conclusions: Intérêts et difficultés

- **Gravité proche de la Lune, ce qui limite la dégénérescence musculosquelettique si les séjours ne sont pas trop longs.**
- **De plus voyage d'accès trop long. Pas de comité d'accueil pour vous porter à l'arrivée!**



Thomas Pesquet à l'arrivée d'une mission. AFP PHOTO / NASA / AUBREY GEMIGNANY

# Conclusions: Intérêts et difficultés

- Dépenses énergétiques limitées pour se poser ou redécoller
- La présence d'eau permet de générer l'oxygène nécessaire aux astronautes, faire de l'eau potable, et le carburant des fusées.
- Missions d'exploration très riches envisageables et recherche très prometteuse de formes de vie.
- En revanche l'environnement d'Europe est baigné par la puissante magnétosphère de Jupiter: guère compatible à la présence d'astronautes, celui de Ganymède se révèle meilleur car un peu protégé par sa propre magnétosphère. En fait c'est Callisto qui présente le moins de risque car suffisamment éloignée de Jupiter.
- Durée du voyage, technologie, risques vitaux non maîtrisés et coûts financiers immenses rendent la présence humaine irréaliste à court ou moyen terme.



# MISSION JUICE

## FIN

- Remerciements et contributions:
- ESA
- ARIANE ESPACE
- Wikipédia
- Futura sciences
- NASA
- LAROUSSE
- Encyclopédie Universalis
- etc

