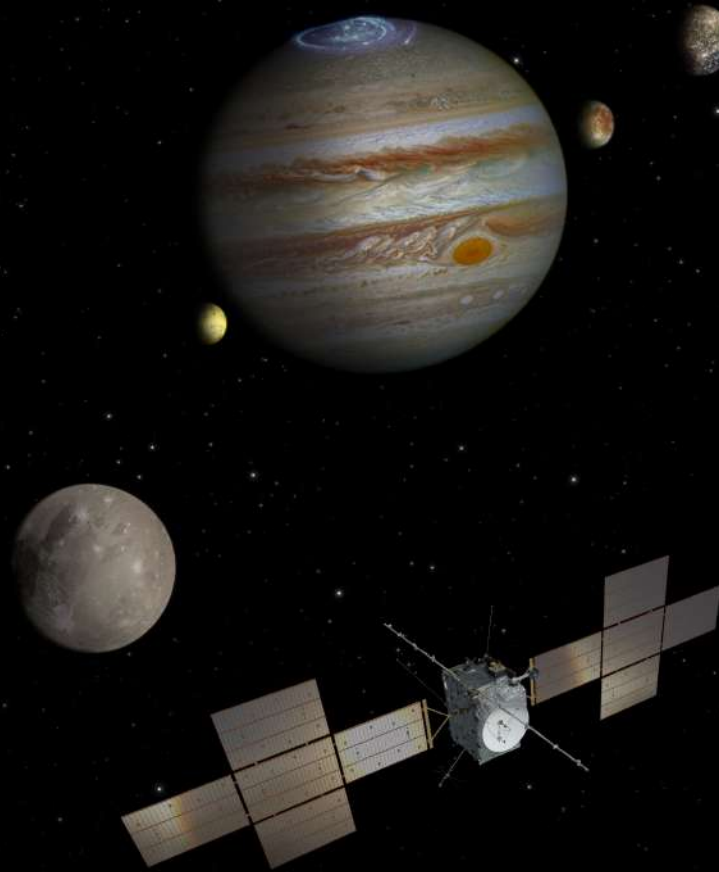
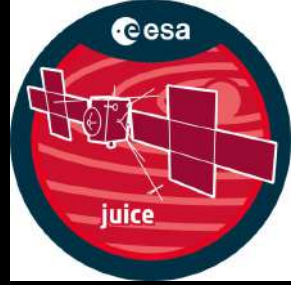


# Jupiter Icy Moons Explorer

*Une mission européenne pour explorer Jupiter  
et ses lunes glacées*



Thibault Cavalié (Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux)

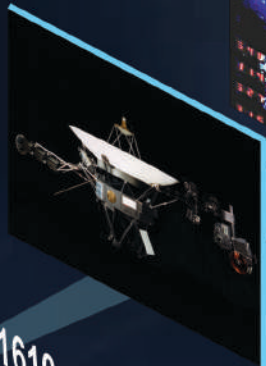
[thibault.cavalié@u-bordeaux.fr](mailto:thibault.cavalié@u-bordeaux.fr)





1610

Discovery



1974

Insight



1985

Deep habitats on Earth



1995

Exploration



2004

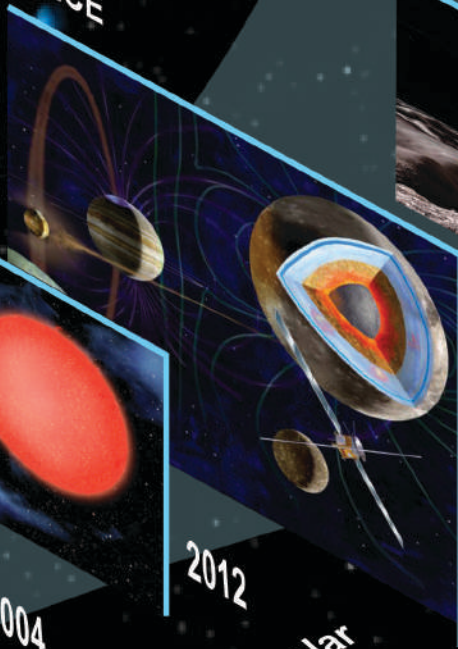
First extra-solar waterworld



JUICE

2012

Characterisation



Future Landings



2030

# Plan de l'exposé

---

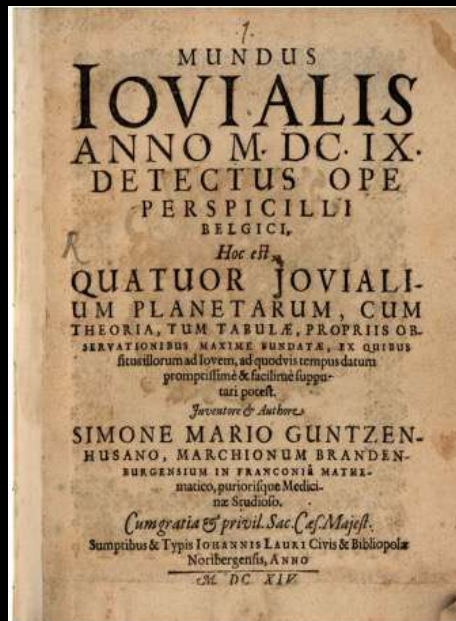
- Introduction
  - Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter
  - L'exploration moderne de Jupiter
- Quelques grandes questions scientifiques
- La mission JUICE

# Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter

Observations de Galilée  
en janvier 1610

Découverte des satellites galiléens

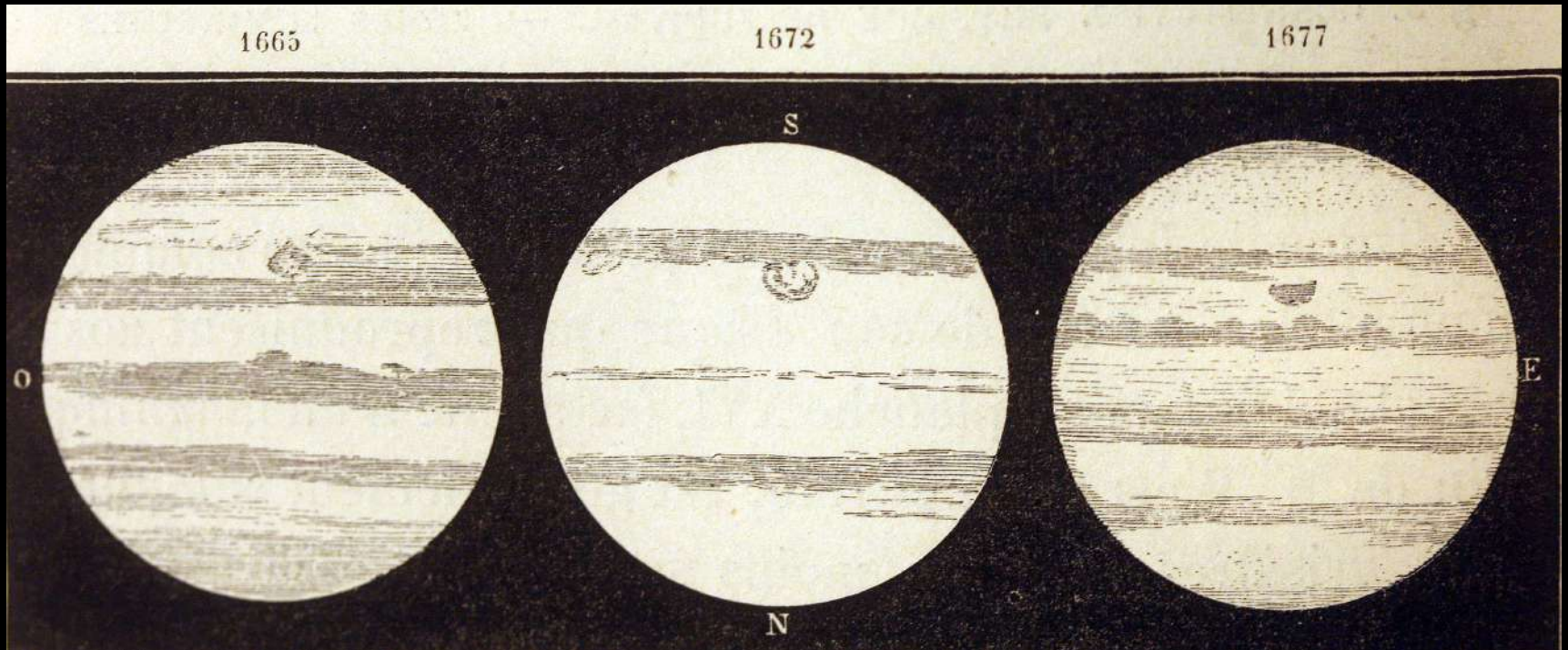
Leur nom vient de  
Simon Marius



*Observationes Iovialis*  
1610

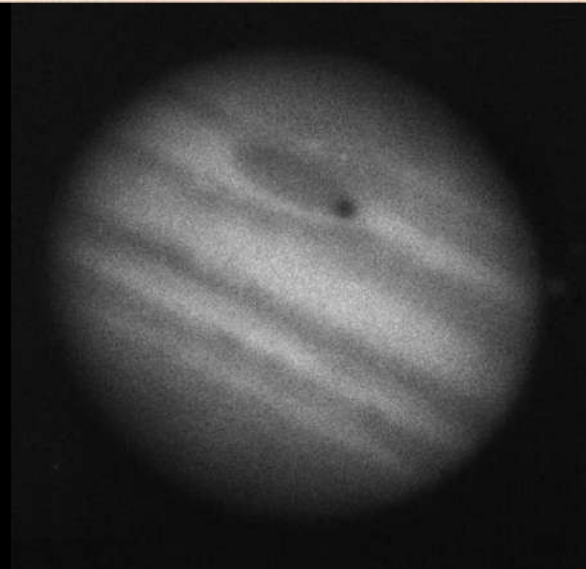
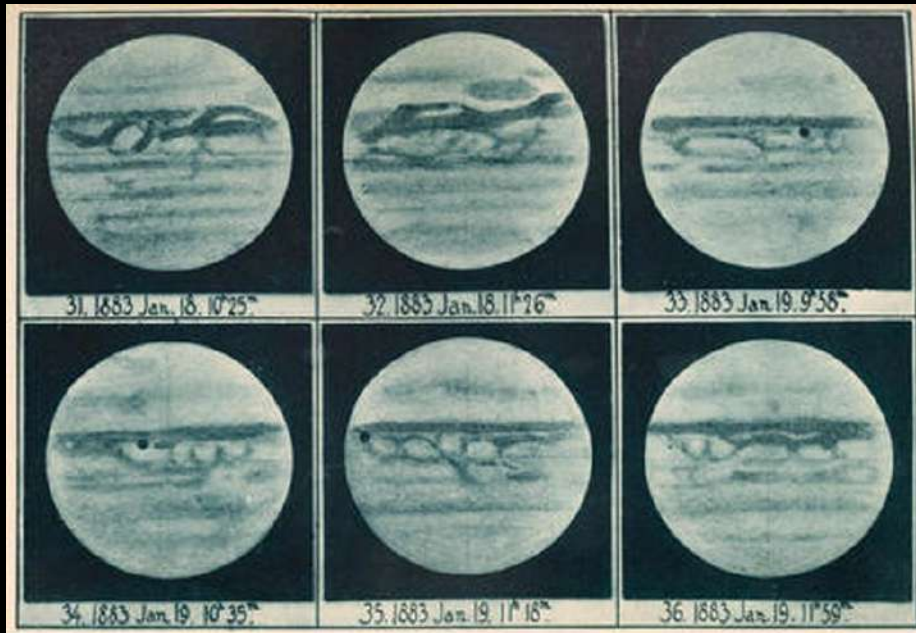
20. Janis. mart H. 12	○ **
30. marc'	** ○ *
2. Febr.	○ ** *
3. marc'	○ * *
3. Ho. 5.	* ○ *
4. marc'	* ○ **
6. marc'	** ○ *
8. marc' H. 13.	* * * ○
10. marc'	* * * ○ *
11.	* * ○ *
12. H. 4. Febr.	* ○ *
13. marc'	* ** ○ *
14. Marc'	* * * ○ *

# Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter



Observations de Cassini  
1<sup>ère</sup> observations de la grande tâche rouge ?

# Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter



Lick Observatory  
1891

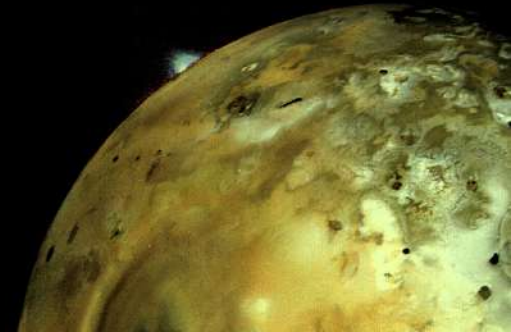
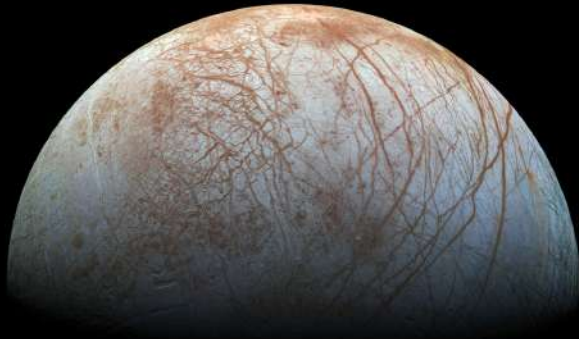
# L'exploration moderne de Jupiter : Pioneer

Les 1<sup>ers</sup> survols par des sondes spatiales  
Pioneer 10 et 11 en 1973 et 1974



# L'exploration moderne de Jupiter : Voyager

Voyager 1 et 2 en 1979



Quelle diversité !

Il faut envoyer une sonde en orbite dans ce système !



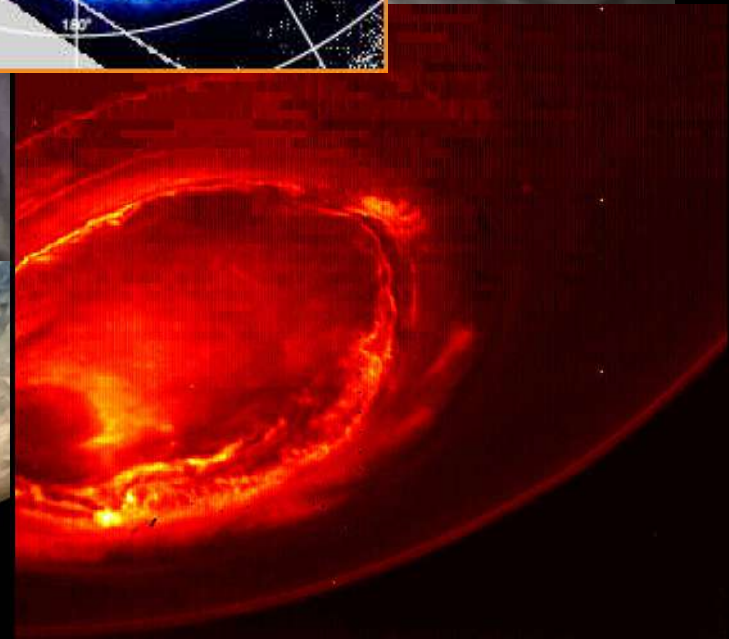
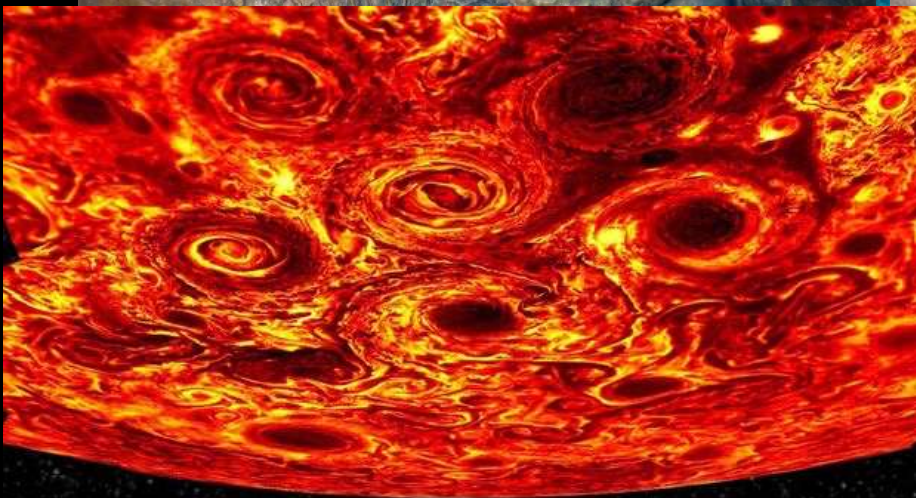
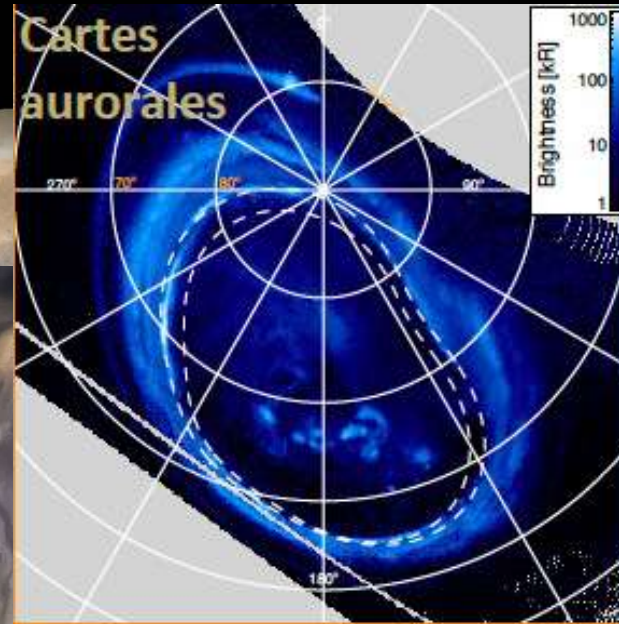
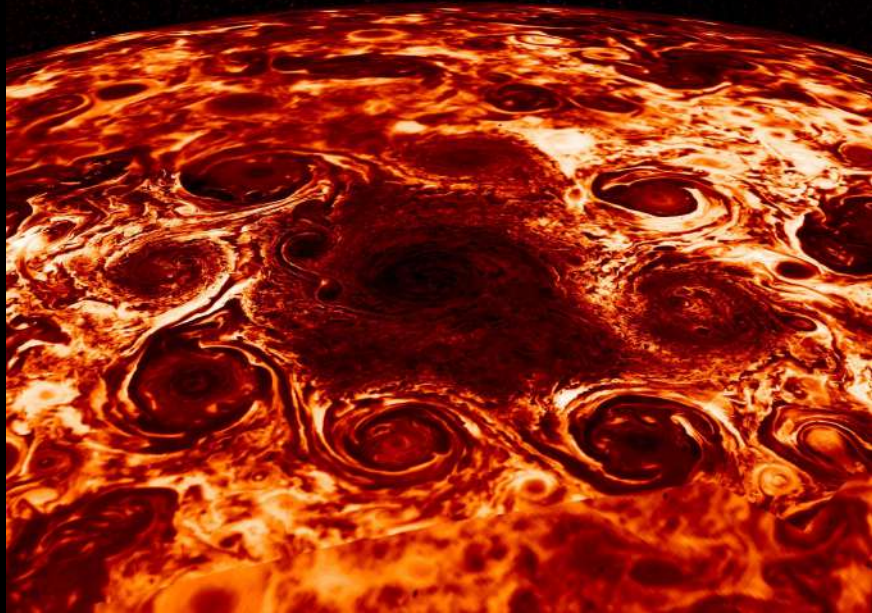
# L'exploration de Jupiter : Galileo (1995-2003)



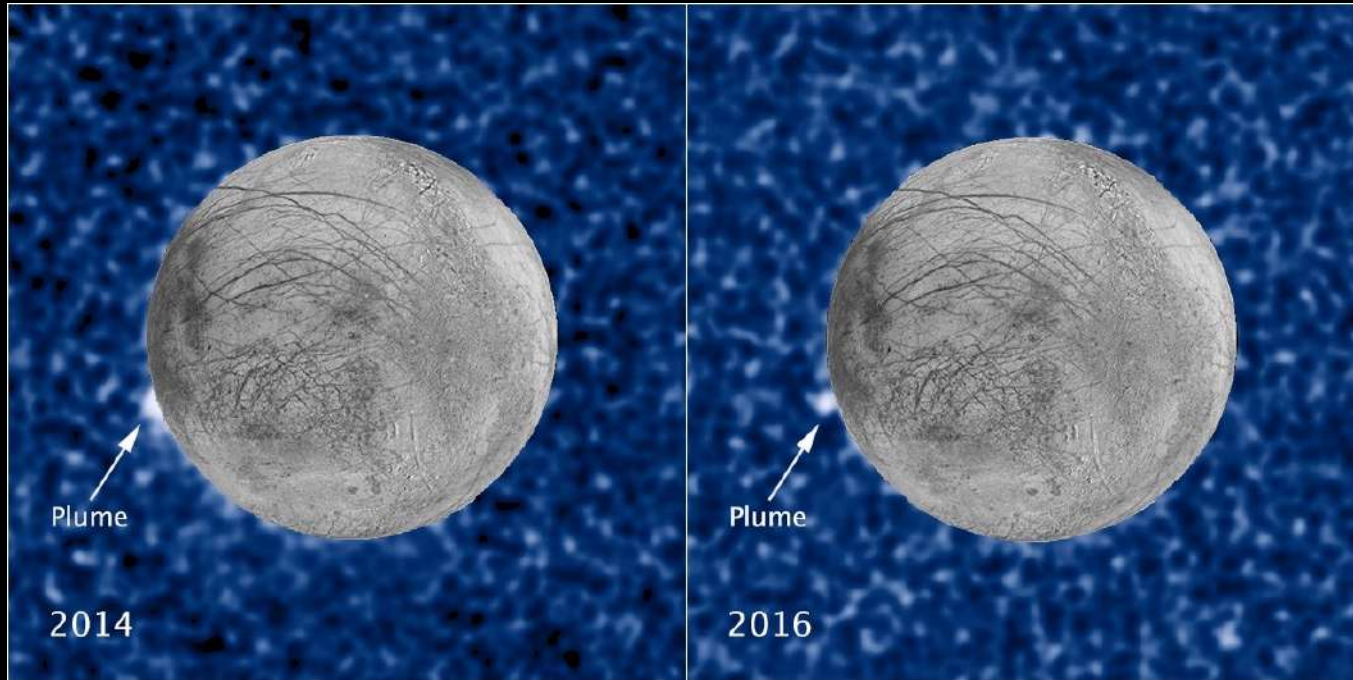
L'antenne de communicati



# L'exploration de Jupiter : Juno (2017-2025 ?)



# L'exploration de Jupiter : les geysers d'Europe

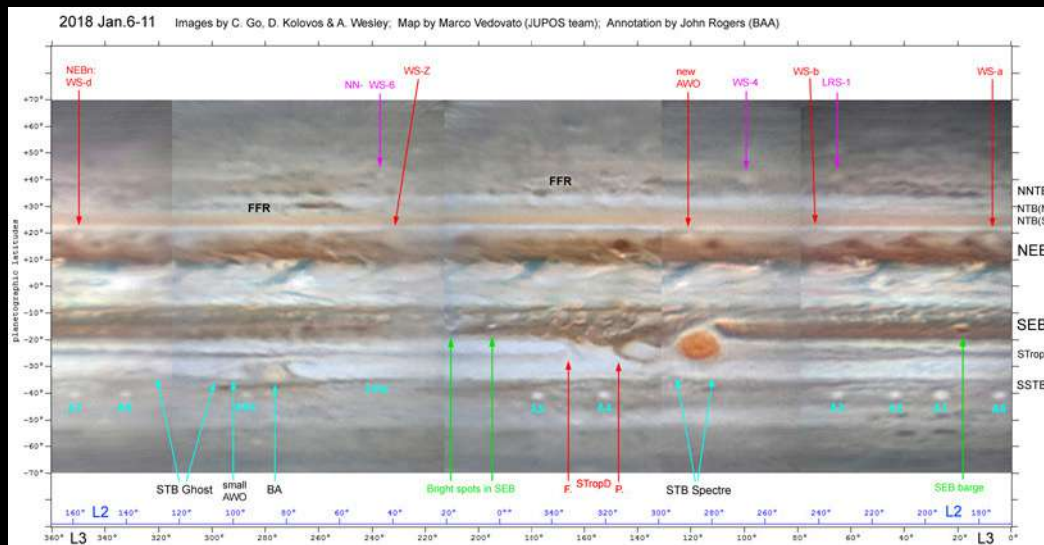


Détection de geysers d'eau sur Europe ?



Ils semblent similaires aux geysers d'Encelade

# L'exploration de Jupiter par la communauté amateur



Jupiter + Fireball

Anthony Wesley, Broken Hill Australia  
3 Jun 2010 20:31.6 Z CMI 299 CMII 33 CMIII 209

<http://pvol2.ehu.es/pvol2/>

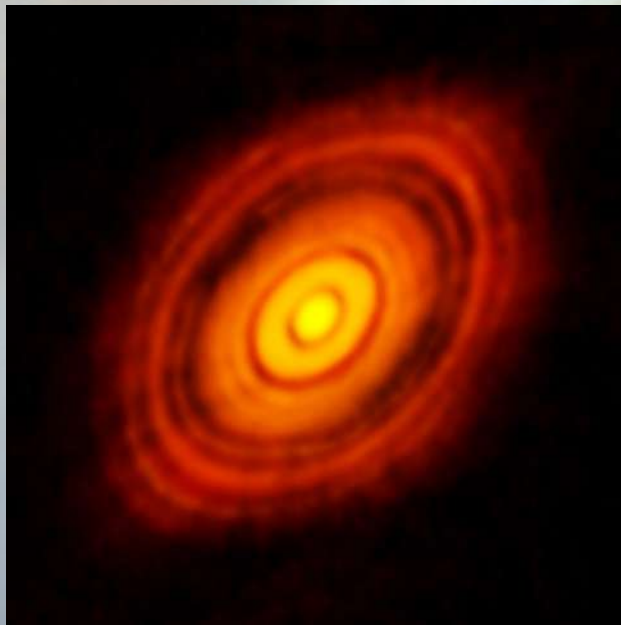
# Plan de l'exposé

---

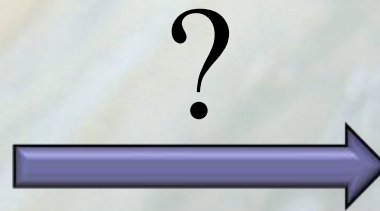
- Introduction
  - Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter
  - L'exploration moderne de Jupiter
- Quelques grandes questions scientifiques
- La mission JUICE

# Quelques grandes questions scientifiques

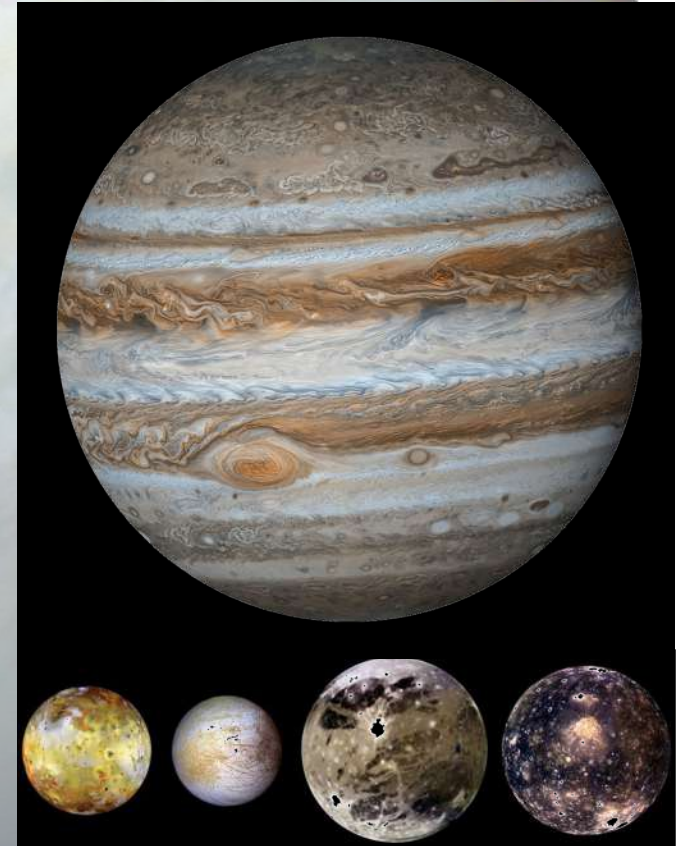
- Comment Jupiter et les satellites galiléens se sont-ils formés ?



Disque protoplanétaire



Échelle de temps,  
composition,  
migration



Jupiter et son système

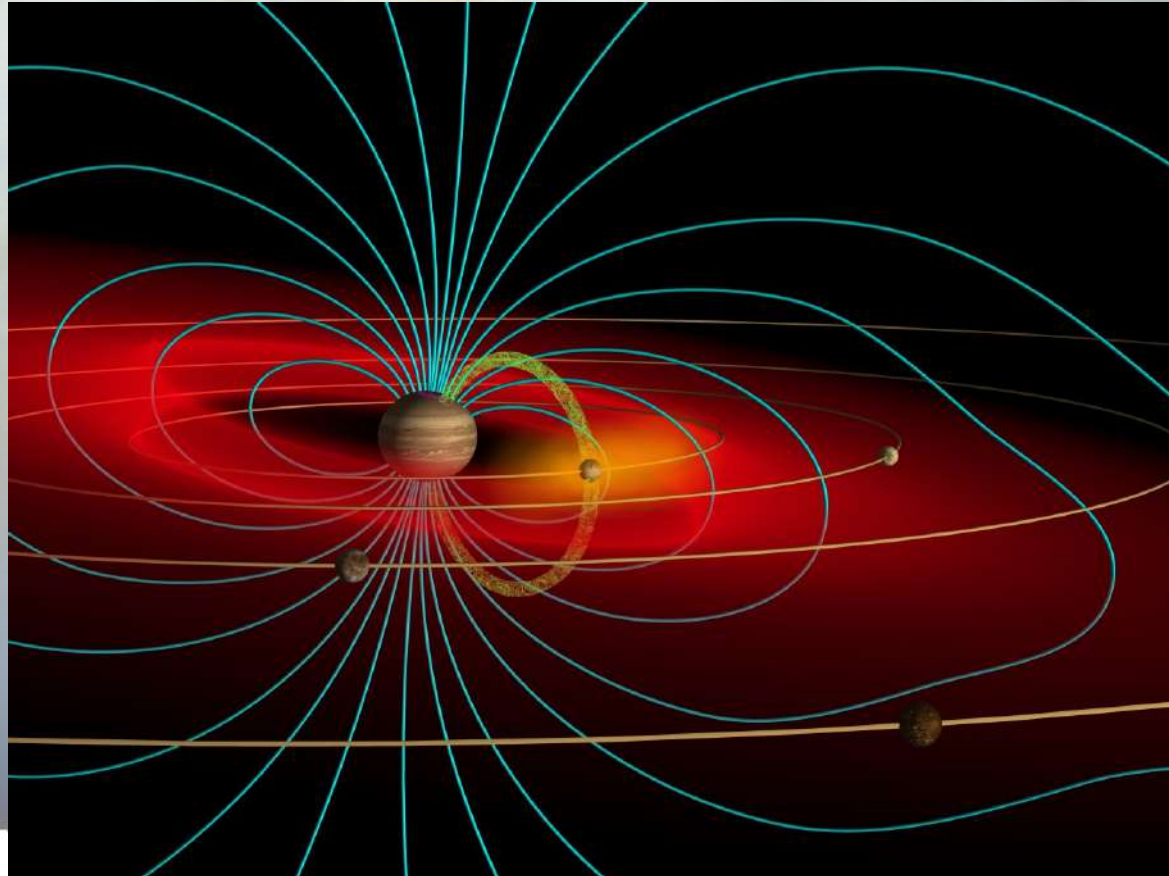
# Quelques grandes questions scientifiques

- Comment Jupiter et les satellites galiléens se sont-ils formés ?
- Comment l'atmosphère de Jupiter fonctionne-t-elle ?



# Quelques grandes questions scientifiques

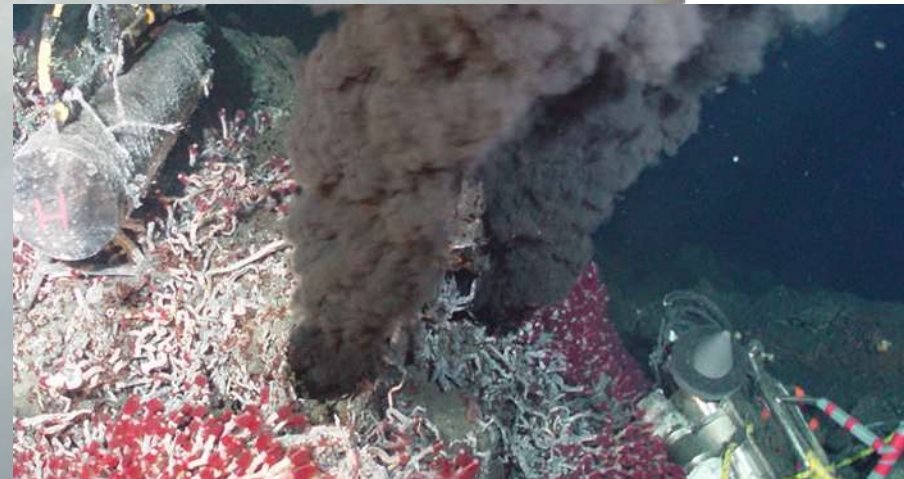
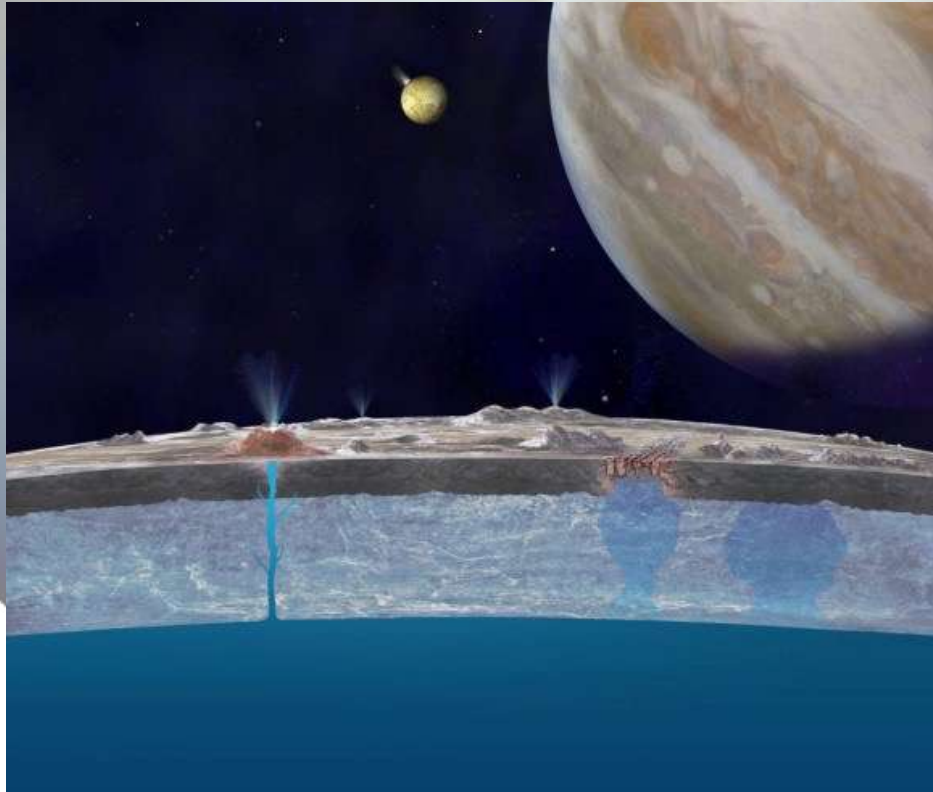
- Comment Jupiter et les satellites galiléens se sont-ils formés ?
- Comment l'atmosphère de Jupiter fonctionne-t-elle ?
- Comment Jupiter interagit-elle avec son environnement ?





# Quelques grandes questions scientifiques

- Comment Jupiter et les satellites galiléens se sont-ils formés ?
- Comment l'atmosphère de Jupiter fonctionne-t-elle ?
- Comment Jupiter interagit-elle avec son environnement ?
- Les satellites galiléens constituent-ils des zones habitables ?



# Plan de l'exposé

---

- Introduction
  - Les 1<sup>ères</sup> observations de Jupiter
  - L'exploration moderne de Jupiter
- Quelques grandes questions scientifiques
- La mission JUICE



Io



Europa



Ganymede



Callisto



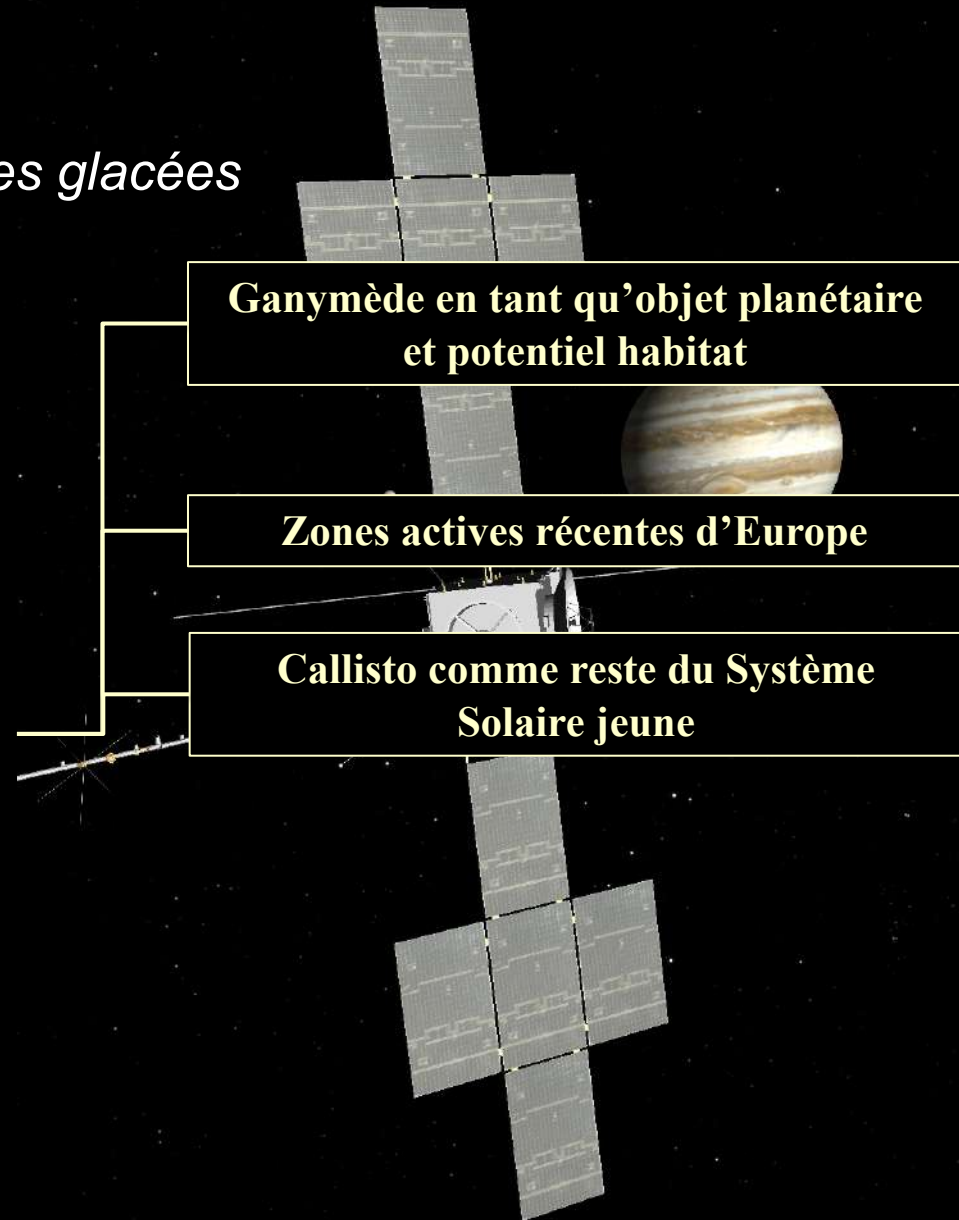
*Émergence de mondes habitables autour de géantes gazeuses  
Le Système de Jupiter en tant qu'archétype de géante gazeuse*

# JUICE

*Une mission vers Jupiter et ses lunes glacées*

## JUICE : Thèmes scientifiques

- *Émergence de mondes habitables autour de géantes gazeuses*

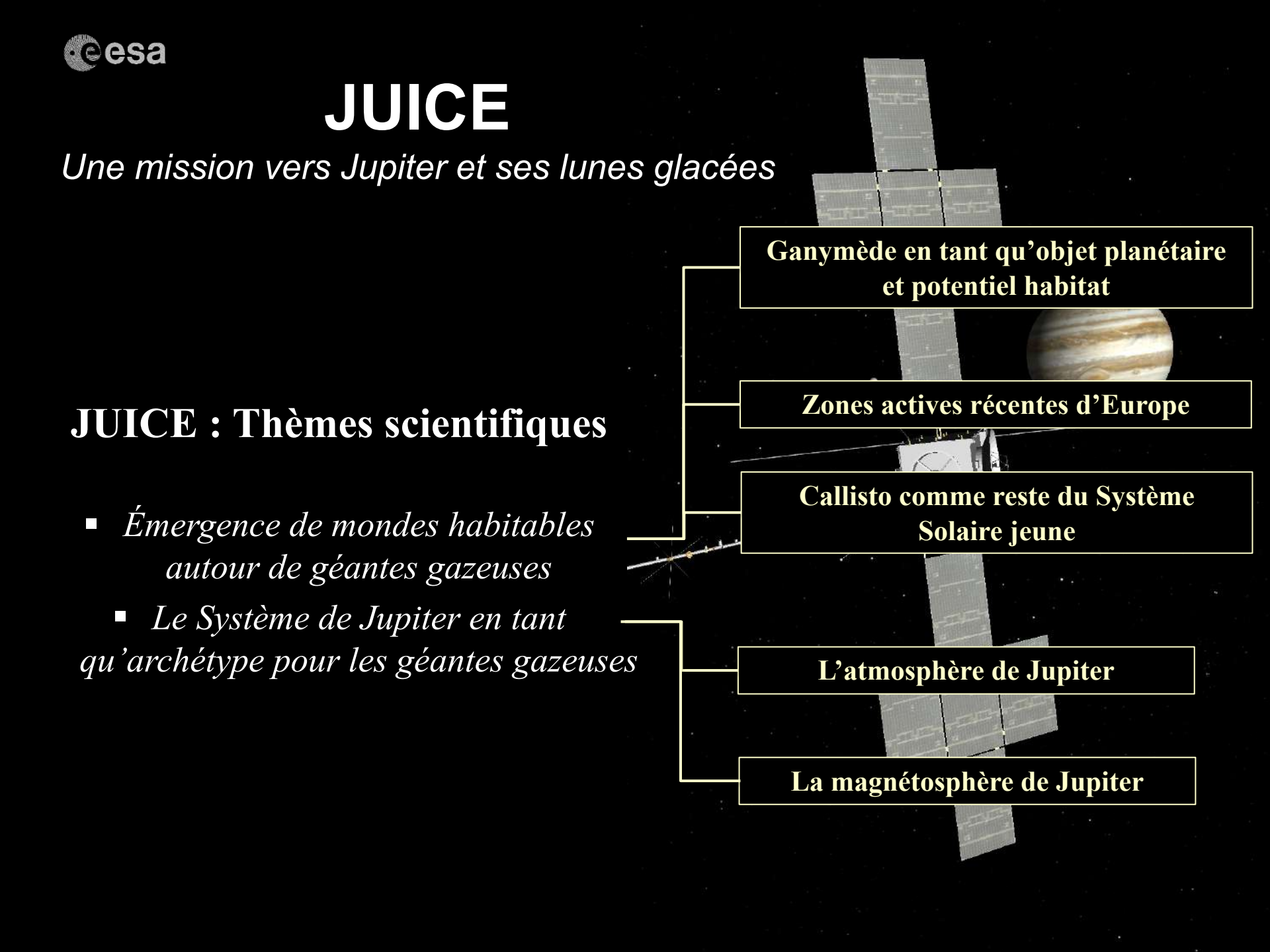


# JUICE

*Une mission vers Jupiter et ses lunes glacées*

## JUICE : Thèmes scientifiques

- *Émergence de mondes habitables autour de géantes gazeuses*
- *Le Système de Jupiter en tant qu'archétype pour les géantes gazeuses*



**Ganymède en tant qu'objet planétaire et potentiel habitat**

**Zones actives récentes d'Europe**

**Callisto comme reste du Système Solaire jeune**

**L'atmosphère de Jupiter**

**La magnétosphère de Jupiter**

La magnétosphère de Jupiter, si on pouvait la voir dans le ciel depuis la Terre  
C'est le plus grand objet astrophysique dans notre ciel !



# Design de la mission



Design du vaisseau

Instruments

Phases de la mission

**Masse au lancement**

5264 kg

**Ergols**

2857 kg

**Instruments**

219 kg

80-180 W (pics à 350 W)

**Puissance**

Panneaux solaires (97m<sup>2</sup>) – 840W

**Antenne haut gain**

3.2m, fixe, X and Ka

**Télémetrie**

>3.5 Gbits / 8h

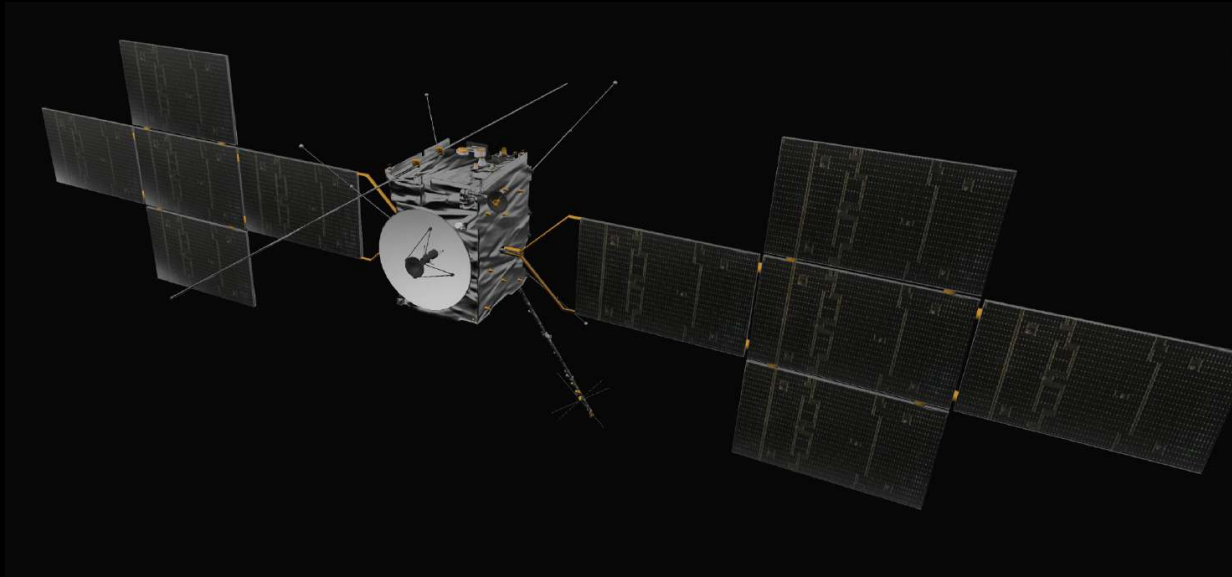


Photo credit: Airbus Defense and Space, Toulouse





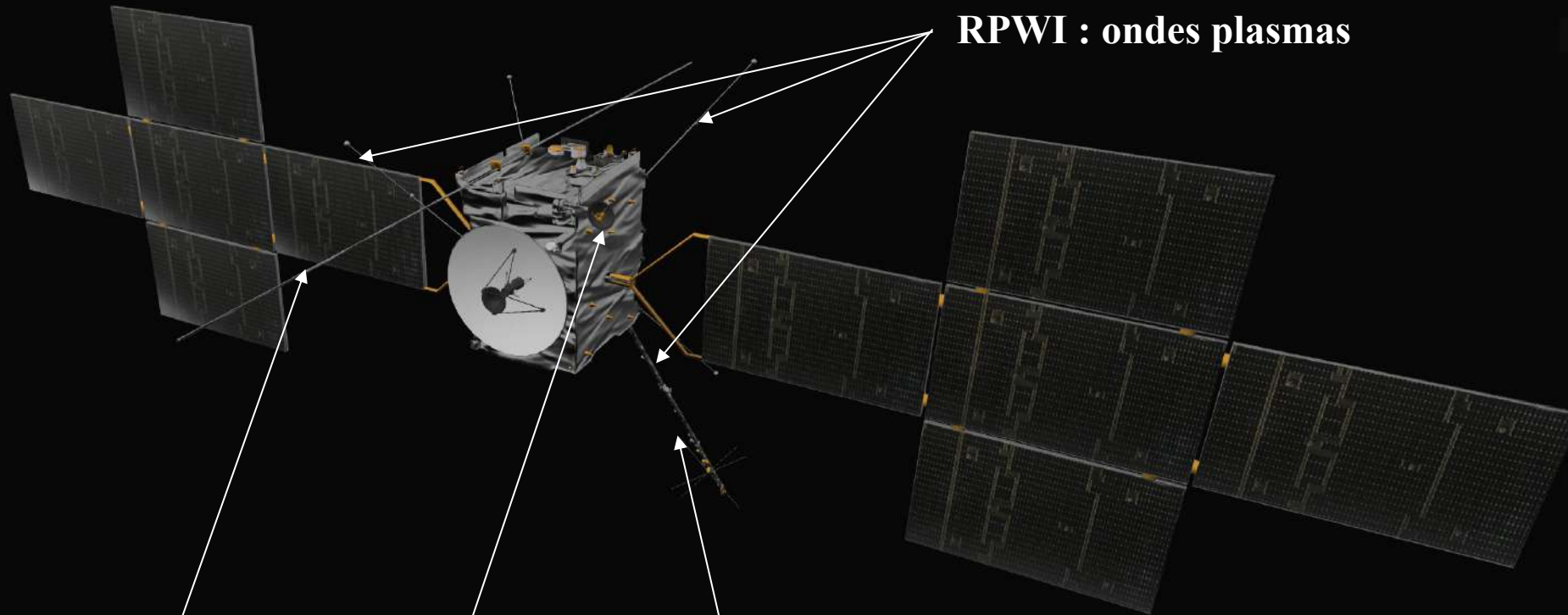
# Design de la mission



Design du vaisseau

Instruments

Phases de la mission



**RPWI : ondes plasmas**

**RIME : radar**

**3GM : champ  
de gravité**

**JMAG : champ magnétique**

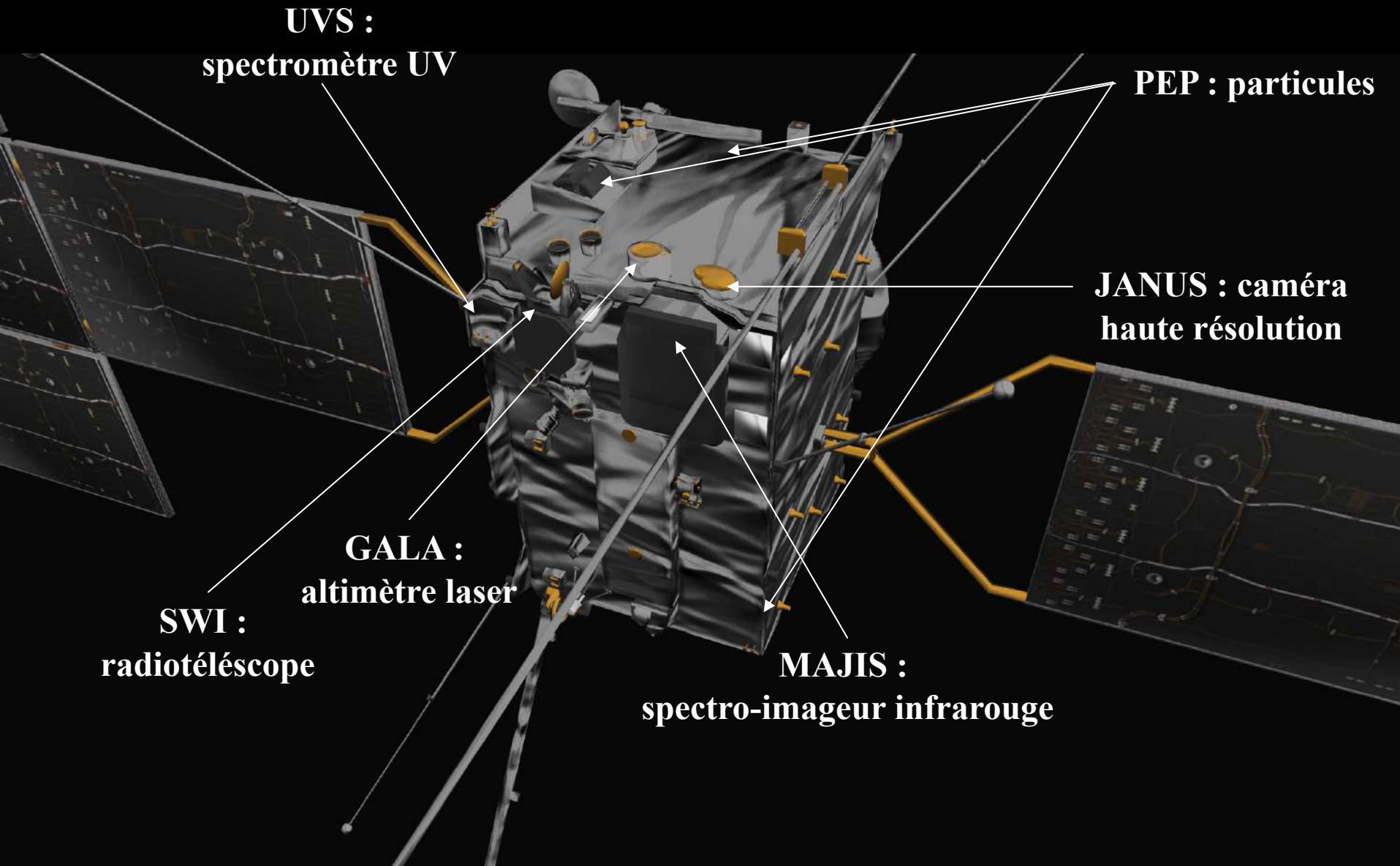
# Design de la mission



Design du vaisseau

Instruments

Phases de la mission



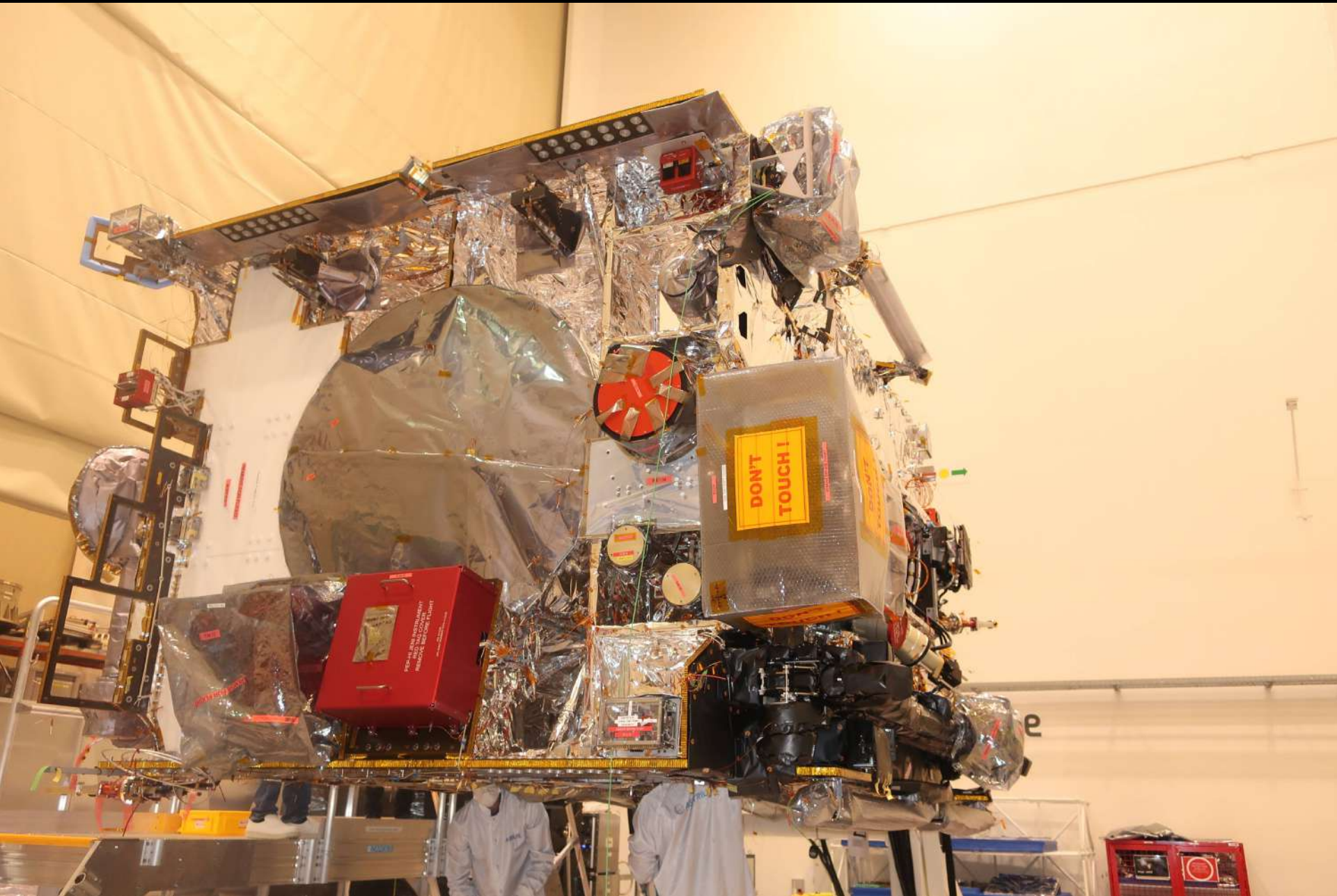
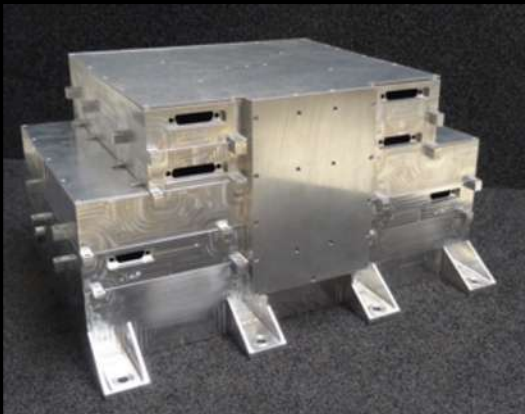
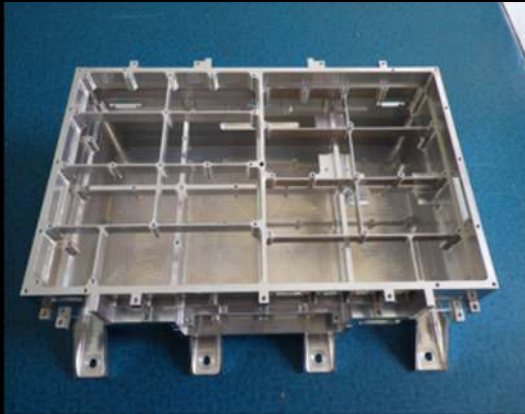


Photo credit: Airbus Defense and Space, Toulouse

### Contributions du Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux

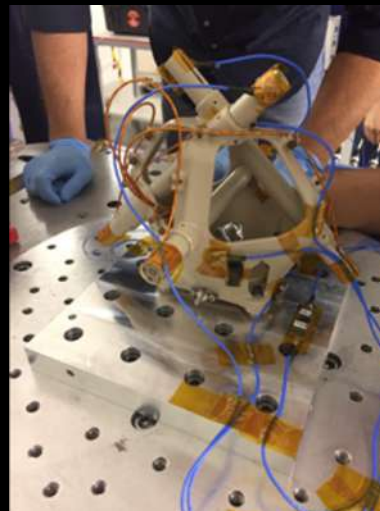
MAJIS : Boîtiers électroniques

Fabrication des modèles de qualification et de vol



RPWI : Magnétomètre

Conception, fabrication et qualification du châssis



SWI : Logiciel embarqué

Conception des modes d'observation, planification des observations



Photo credit: Max Planck Institute for Solar System Research, Göttingen, Germany

# Design de la mission



Design du vaisseau

Instruments

Phases de la mission

<b>Lancement</b>	<b>14 avril 2023</b>
<b>Transfert interplanétaire</b>	8 ans
<b>Insertion orbitale jovienne et premiers survols (Ganymède et Callisto)</b>	<b>Juillet 2031</b> 11 months
<b>2 survols d'Europe</b>	<b>Feb 2031</b> 36 days
<b>Orbite inclinée</b>	60 days
<b>Transfert de Callisto vers Ganymède</b>	<b>April 2031</b> 200 days
<b>Insertion orbitale autour de Ganymède</b>	<b>Nov 2031</b> 11 months
<b>Orbite polaire autour de Ganymède (5000 km puis 500 km d'altitude)</b>	<b>Sep 2032</b> 150 days 102 days
<b>Fin de mission</b>	<b>Mi-2036 ?</b>



# Design de la mission



## Design du vaisseau

## Instruments

## Phases de la mission

<b>Lancement</b>	<b>14 avril 2023</b>
<b>Transfert interplanétaire</b>	<b>8 ans</b>
<b>Insertion orbitale jovienne et premiers survols (Ganymède et Callisto)</b>	<b>Juillet 2031 11 months</b>
<b>2 survols d'Europe</b>	<b>Feb 2031 36 days</b>
<b>Orbite inclinée</b>	<b>60 days</b>
<b>Transfert de Callisto vers Ganymède</b>	<b>April 2031 200 days</b>
<b>Insertion orbitale autour de Ganymède</b>	<b>Nov 2031 11 months</b>
<b>Orbite polaire autour de Ganymède (5000 km puis 500 km d'altitude)</b>	<b>Sep 2032 150 days 102 days</b>
<b>Fin de mission</b>	<b>Mi-2036 ?</b>



# Design de la mission



Design du vaisseau

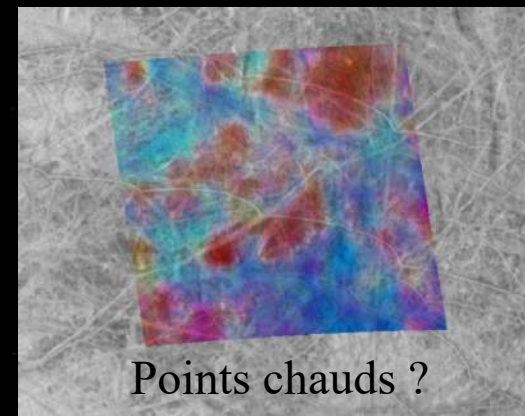
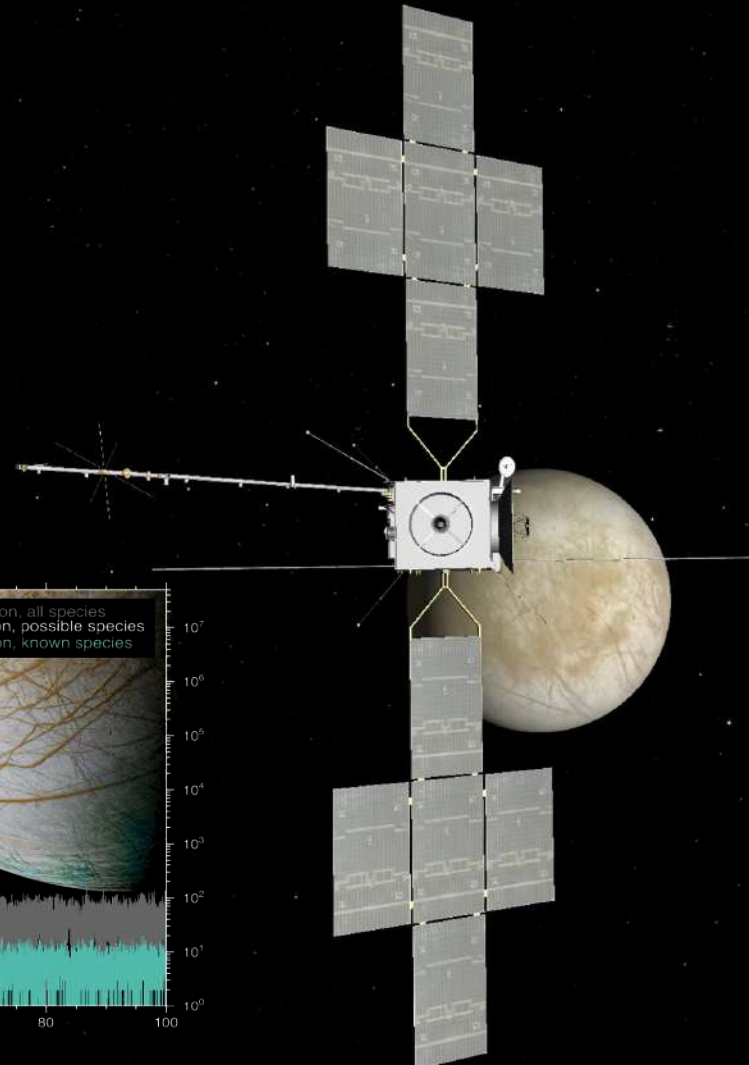
Instruments

Phases de la mission

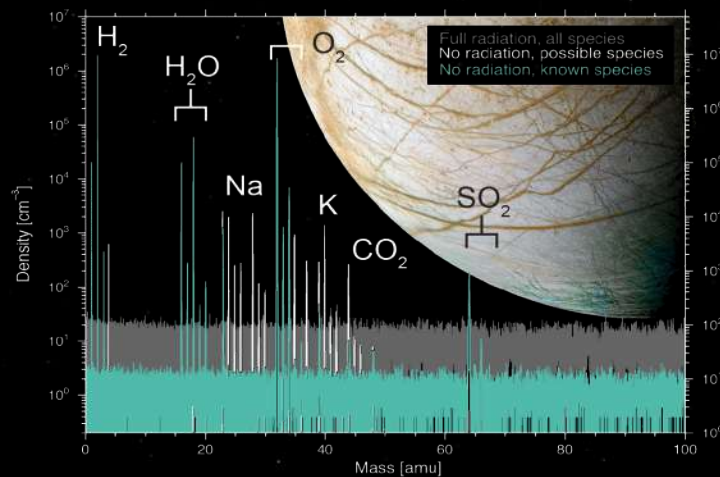
<b>Lancement</b>	<b>14 avril 2023</b>
<b>Transfert interplanétaire</b>	8 ans
<b>Insertion orbitale jovienne et premiers survols (Ganymède et Callisto)</b>	<b>Juillet 2031</b> 11 mois
<b>2 survols d'Europe</b>	<b>Juillet 2032</b> 1 mois
<b>Orbite inclinée</b>	<b>Août 2032</b> 16 mois
<b>Transfert de Callisto vers Ganymède</b>	<b>Novembre 2033</b> 13 mois
<b>Insertion orbitale autour de Ganymède</b>	<b>Décembre 2034</b> 13 mois
<b>Orbite polaire autour de Ganymède (5000 km puis 500 km d'altitude)</b>	<b>Janvier 2034</b> 100 jours 120 jours
<b>Fin de mission</b>	<b>Fin 2035 ?</b>



## 1<sup>er</sup> survol d'Europe en juillet 2032

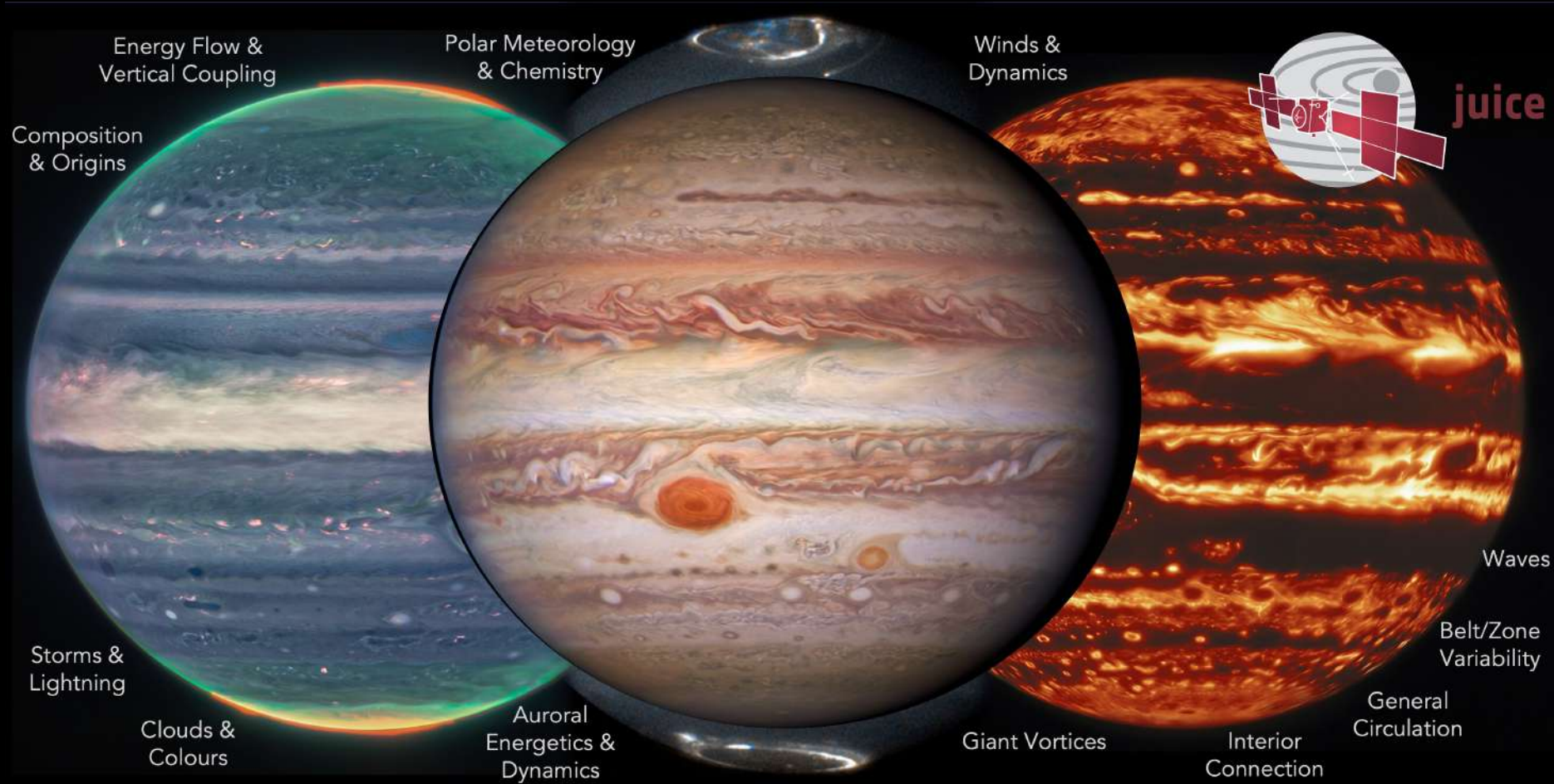


### Composition des jets





## Étude de l'atmosphère de Jupiter (2031-2034)



# Design de la mission

## Design du vaisseau

## Instruments

## Phases de la mission

<b>Lancement</b>	<b>14 avril 2023</b>
<b>Transfert interplanétaire</b>	8 ans
<b>Insertion orbitale jovienne et premiers survols (Ganymède et Callisto)</b>	<b>Juillet 2031</b> 11 mois
<b>2 survols d'Europe</b>	<b>Juillet 2032</b> 1 mois
<b>Orbite inclinée</b>	<b>Août 2032</b> 16 mois
<b>Transfert de Callisto vers Ganymède</b>	<b>Novembre 2033</b> 13 mois
<b>Insertion orbitale autour de Ganymède</b>	<b>Décembre 2034</b> 13 mois
<b>Orbite polaire autour de Ganymède (5000 km puis 500 km d'altitude)</b>	<b>Janvier 2034</b> 100 jours 120 jours
<b>Fin de mission</b>	<b>Fin 2035 ?</b>

1) Insertion orbitale et orbite elliptique



2) Orbite 5000 km



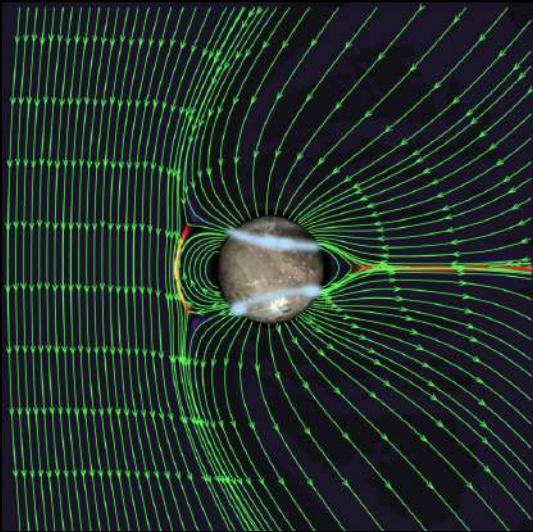
3) De 5000 km à 500 km



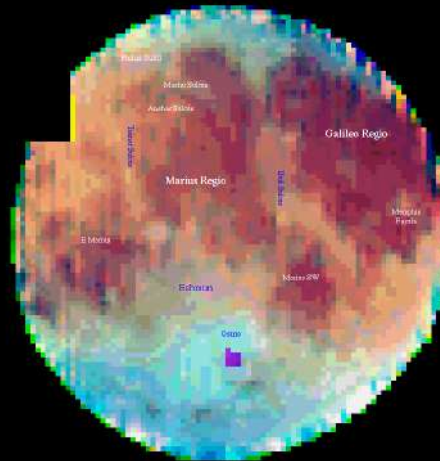
4) Orbite à 500 km



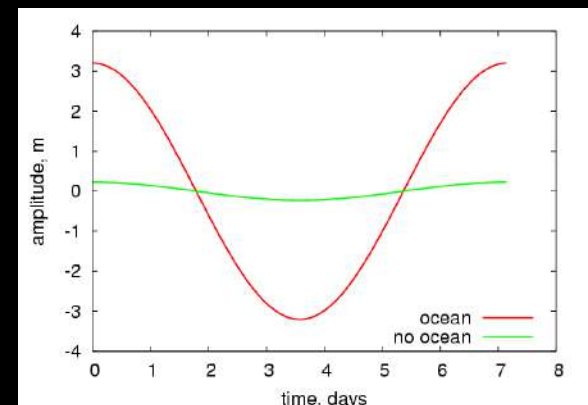
# Étude de Ganymède (2034-2035)



Champ magnétique induit



Composition de surface



Effets de marée  
sur la surface glacée ?

# Et maintenant, on fait quoi ?

- Préparation scientifique : observations depuis la Terre



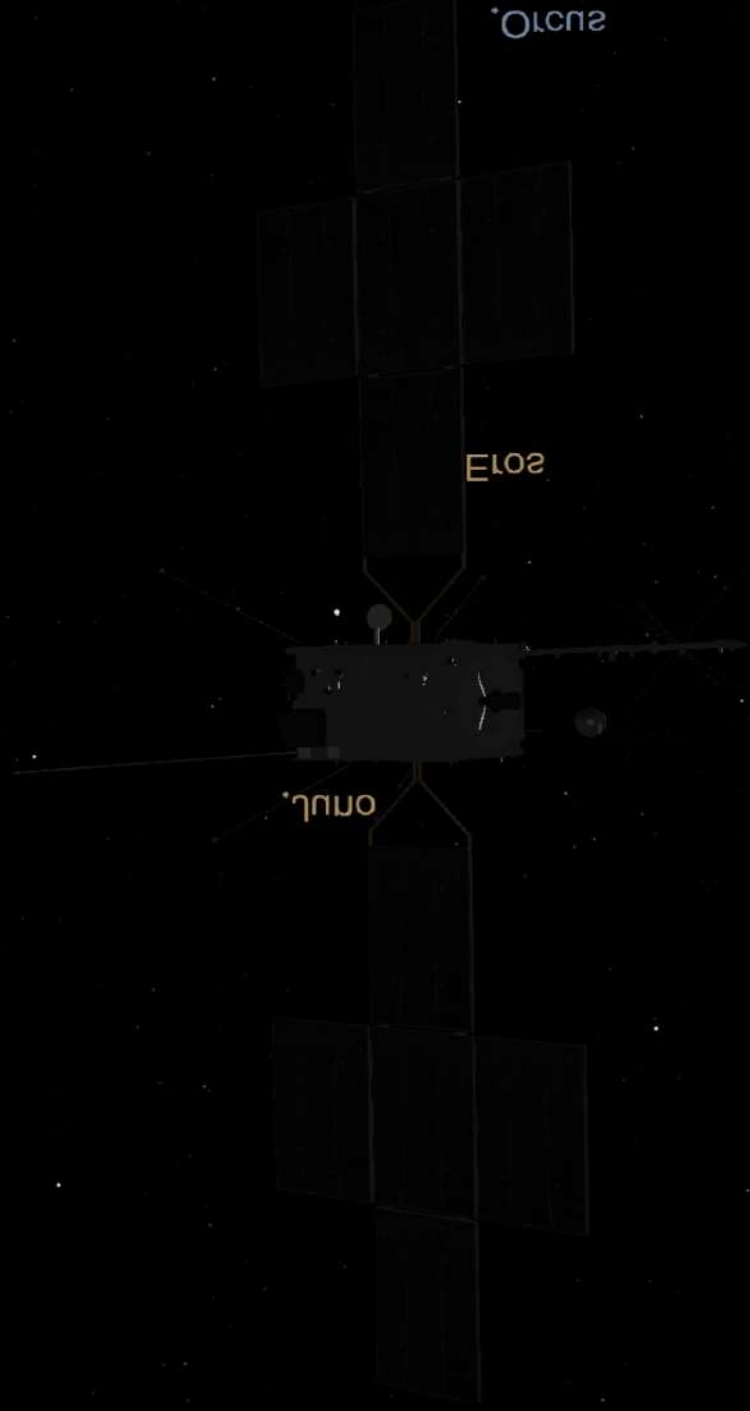
1<sup>ère</sup> observation de Jupiter avec le James Webb Space Telescope

- Préparation des opérations
  - 2 fenêtres de vérification des instruments tous les ans
  - 1<sup>er</sup> survol de la Terre en août 2024

# Et maintenant, on fait quoi ?

- 1<sup>ère</sup> journée de commissioning de l'instrument SWI au centre de contrôle mission de Darmstadt – 12 mai 2023





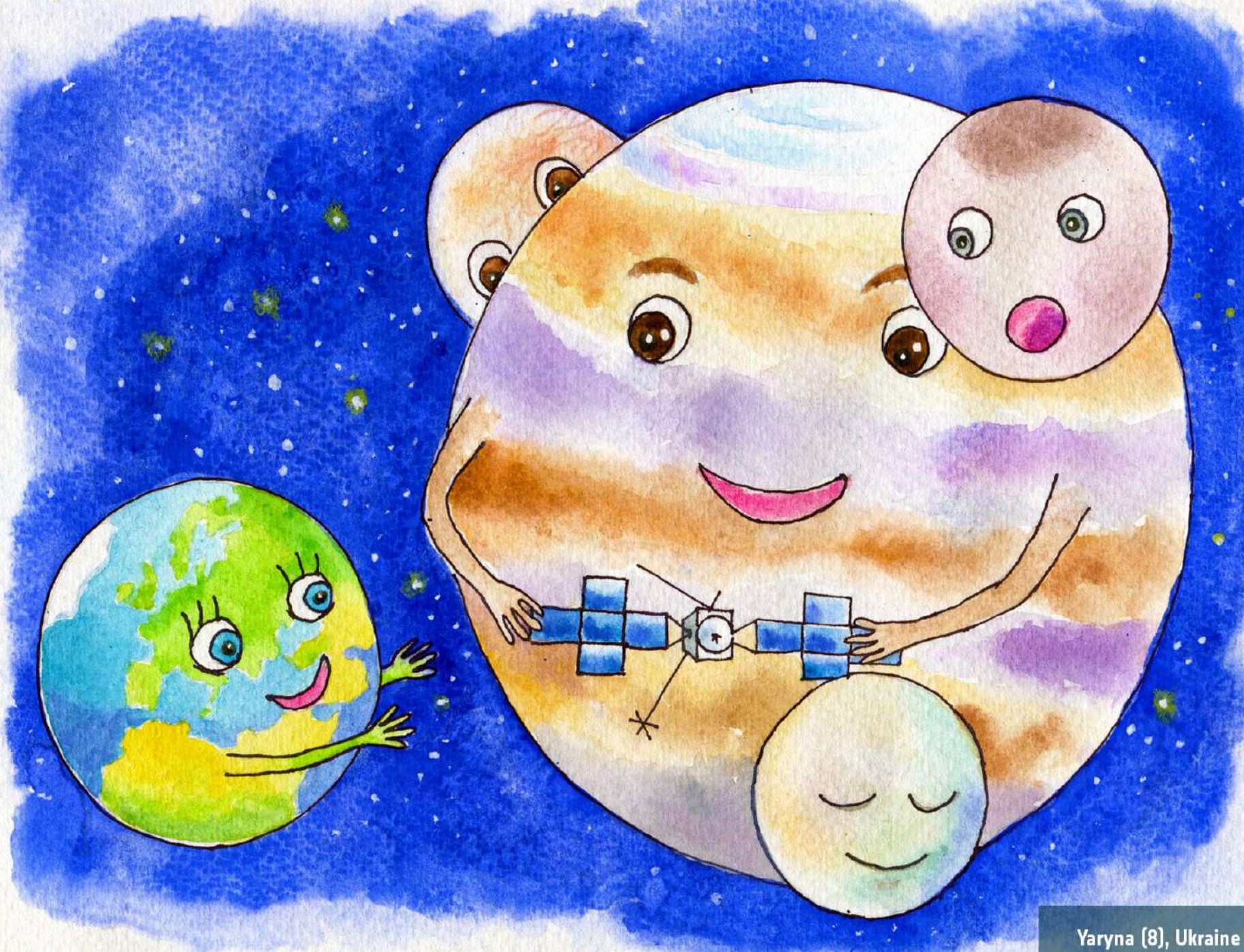
Orbit

ELOS

Leung  
Astris

onul

13000X 1



Yaryna (8), Ukraine