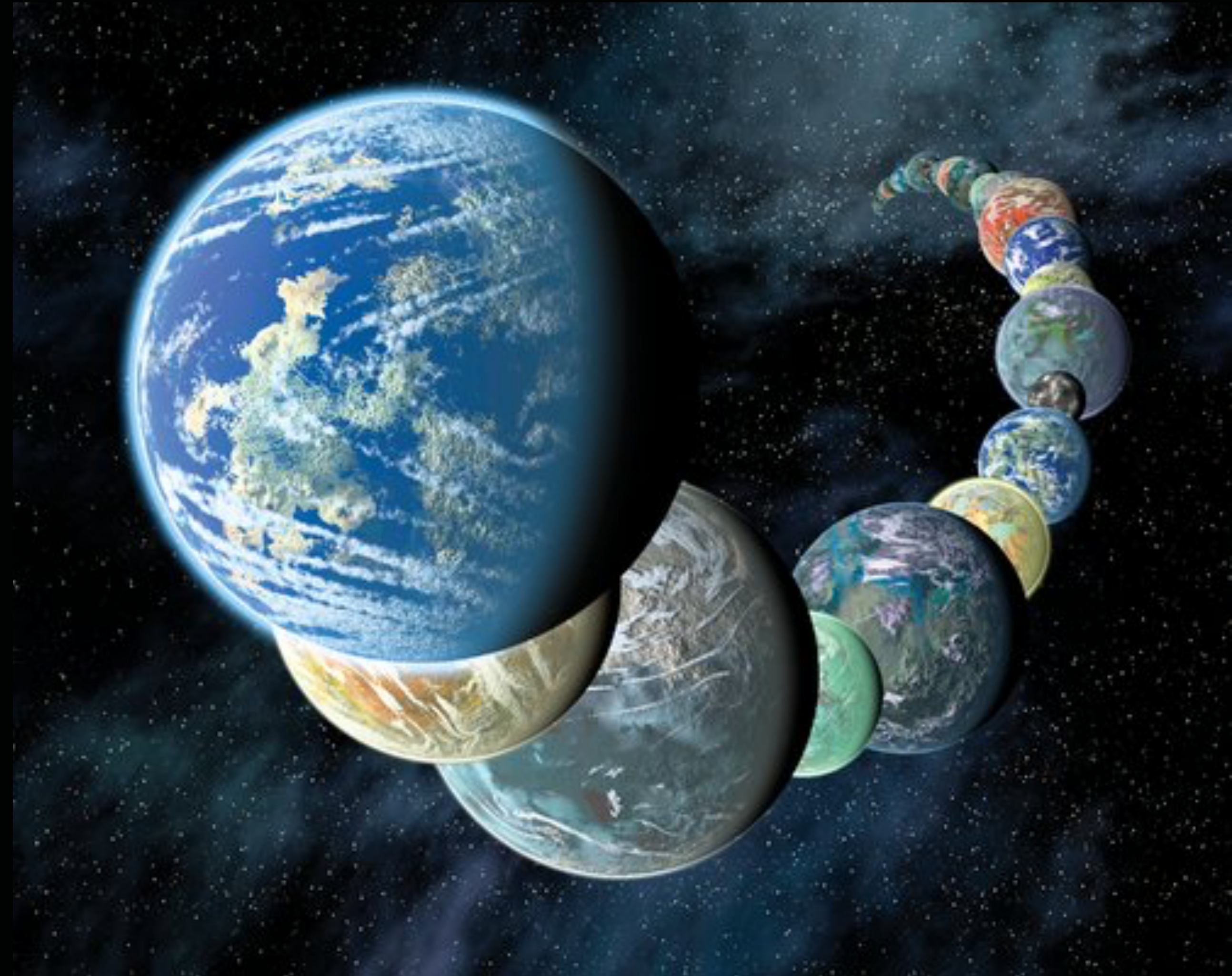


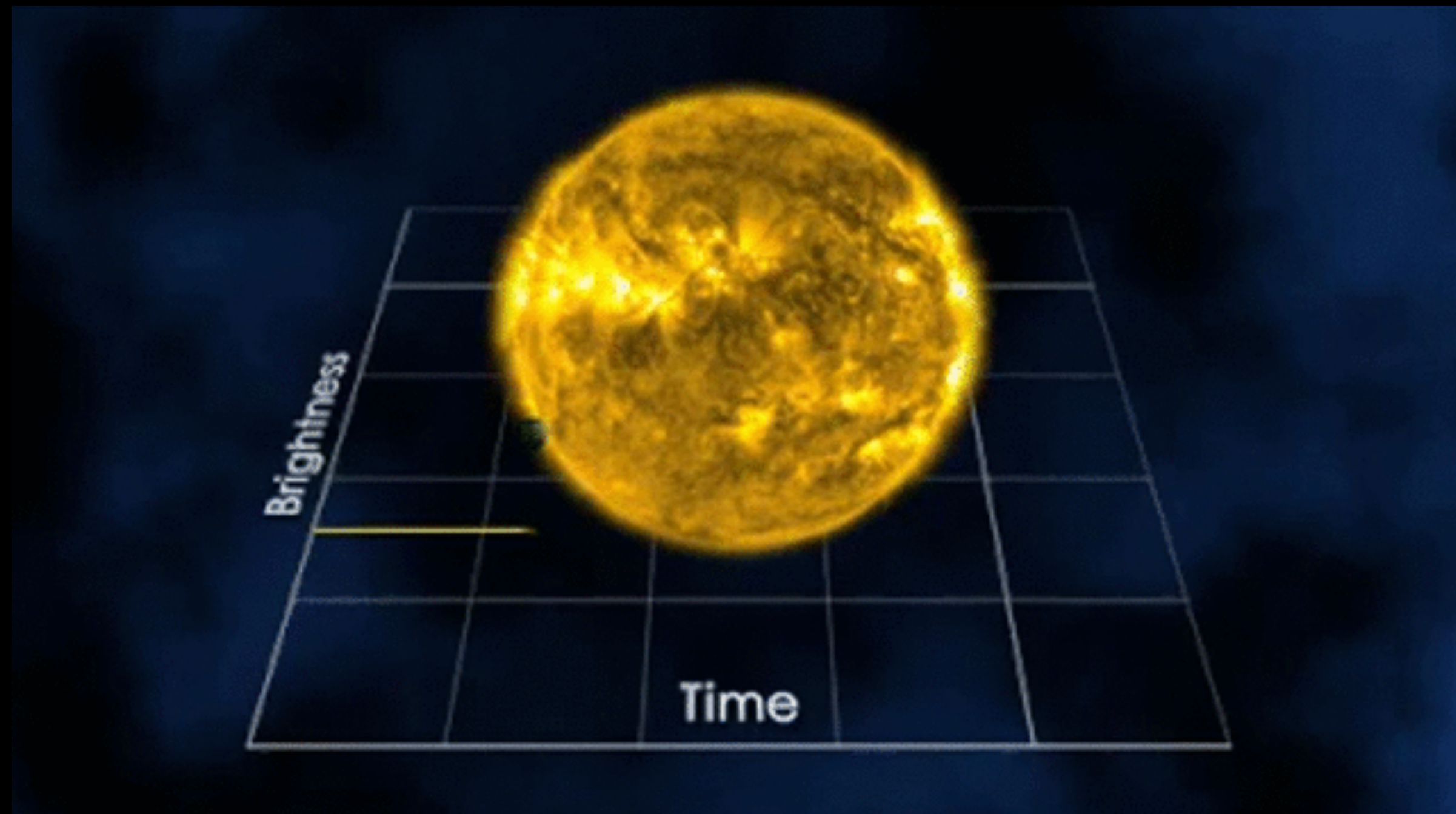
LA RECHERCHE D'AUTRES MONDES

QUELLES LEÇONS POUR
L'ASTROBIOLOGIE ?



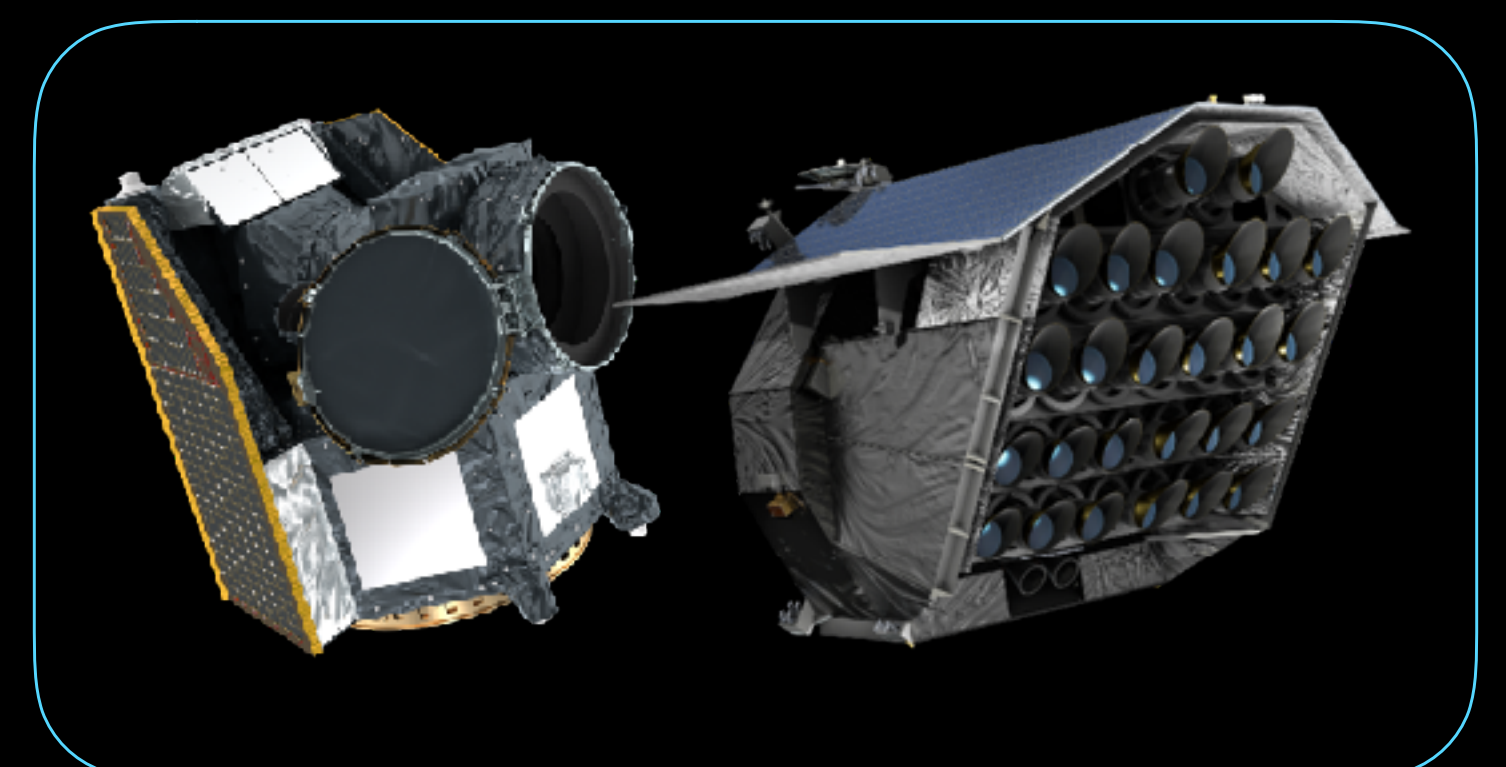
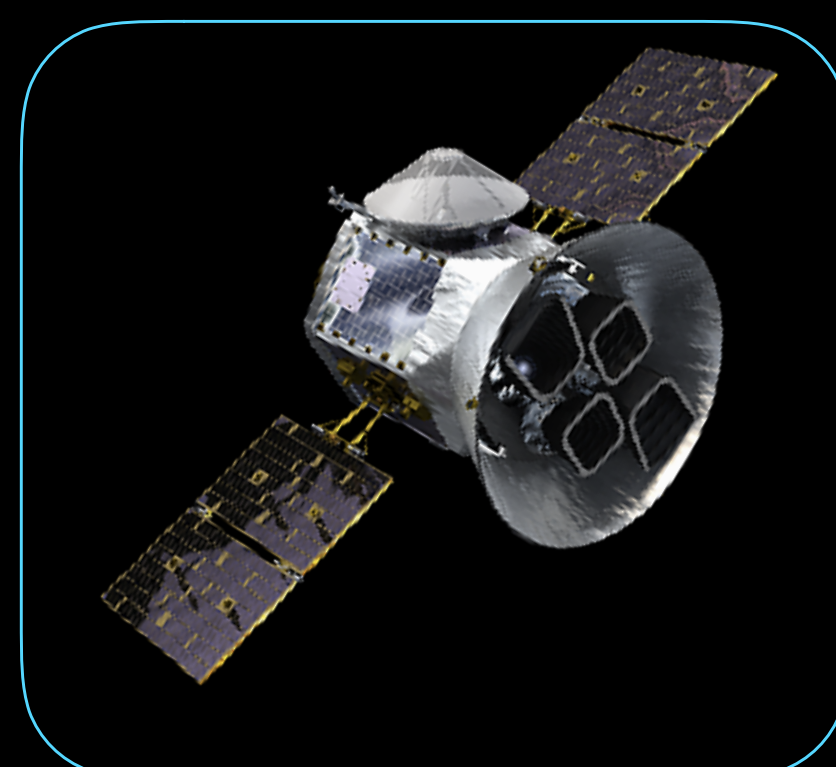
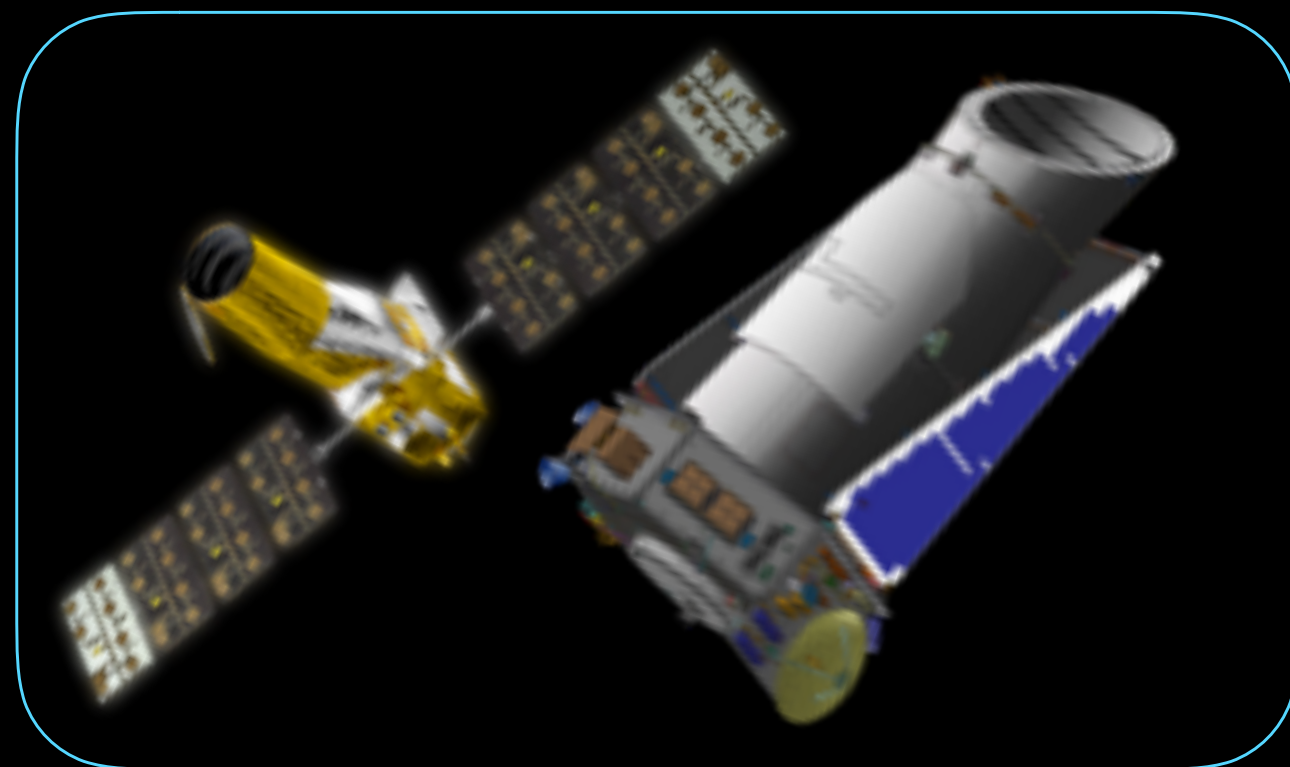
ALEXANDRE SANTERNE - LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE DE MARSEILLE - AIX-MARSEILLE UNIVERSITY
SESSION SFE - 15 MAI 2019 - JOURNÉES DE LA SF2A 2019 - NICE

LES PLANÈTES EN TRANSIT

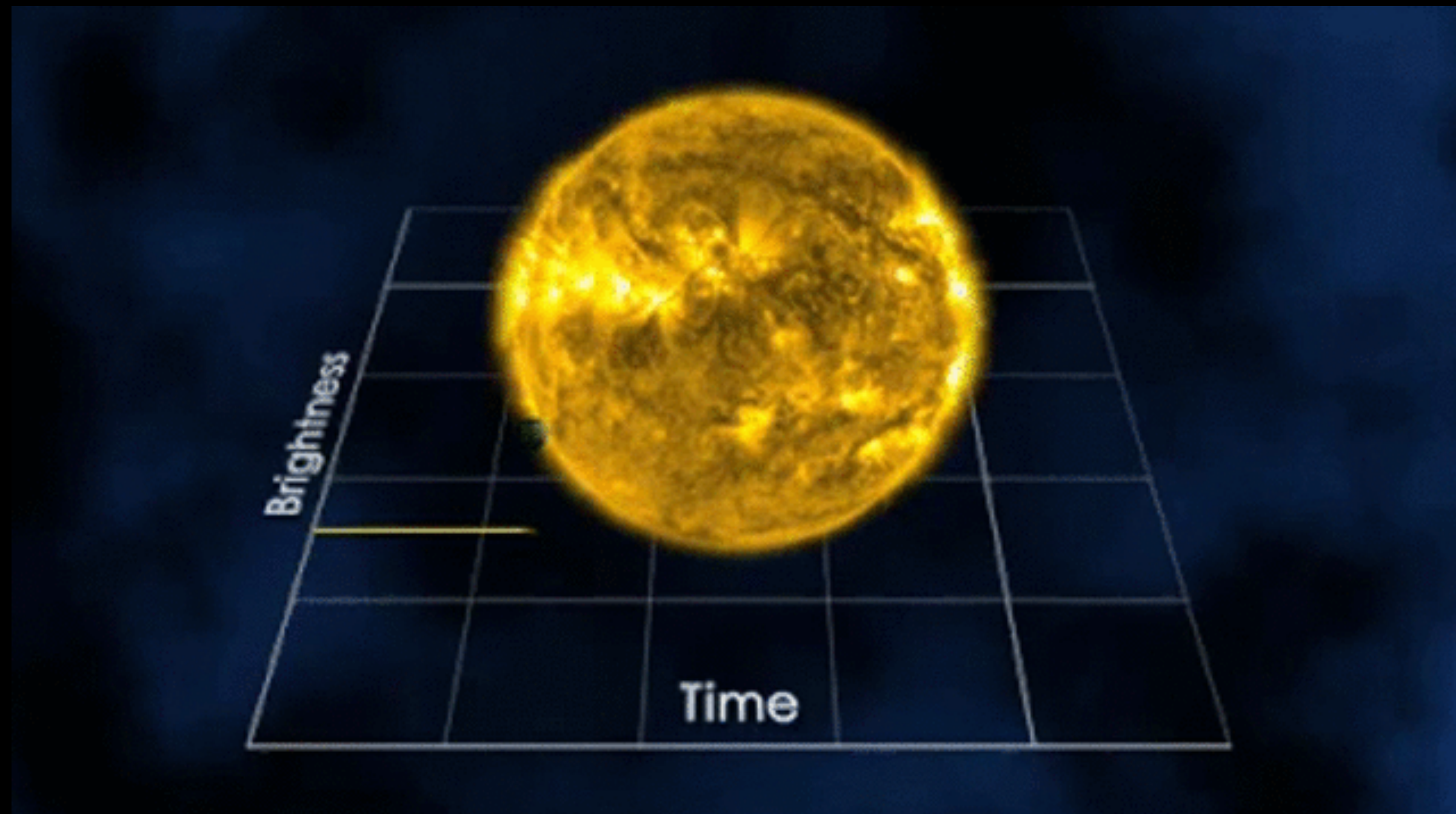


$$\delta F = \left(\frac{R_p}{R_s} \right)^2$$

TRANSIT D'UNE TERRE:
PROFONDEUR = 85PPM
DURÉE = 12H
PÉRIODE ORBITALE = 365 JOURS

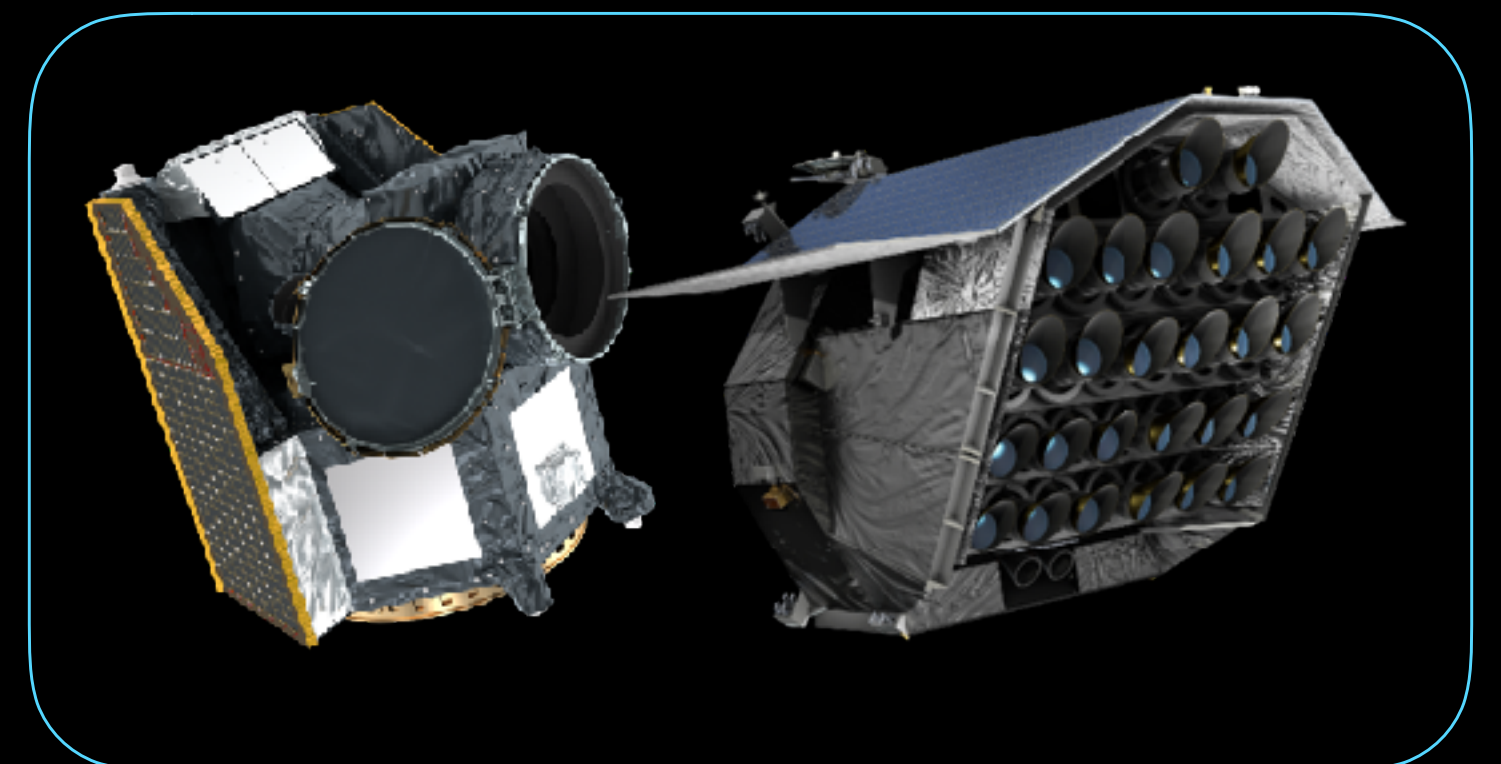
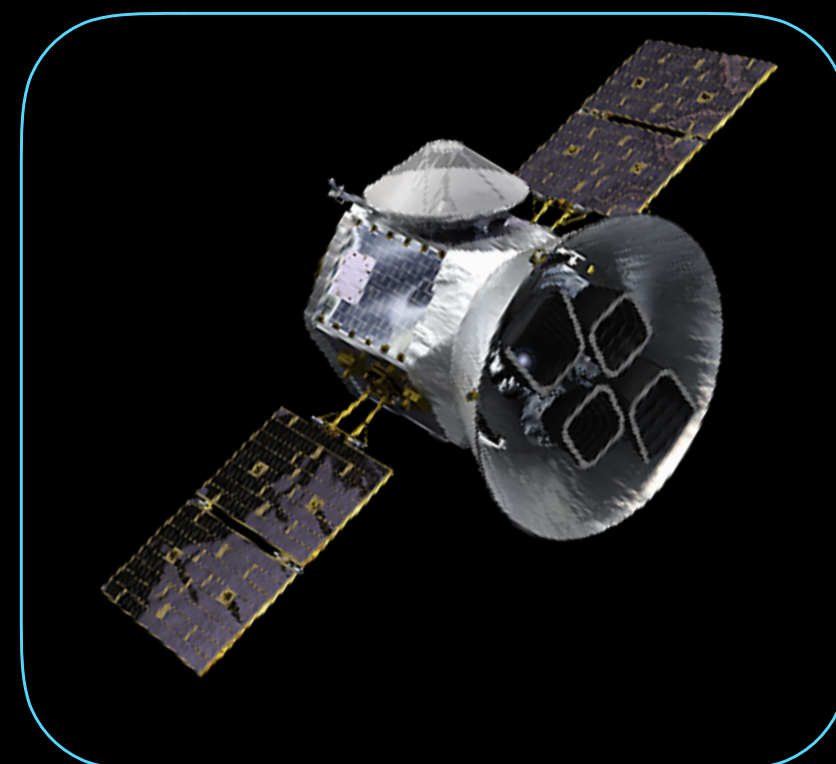
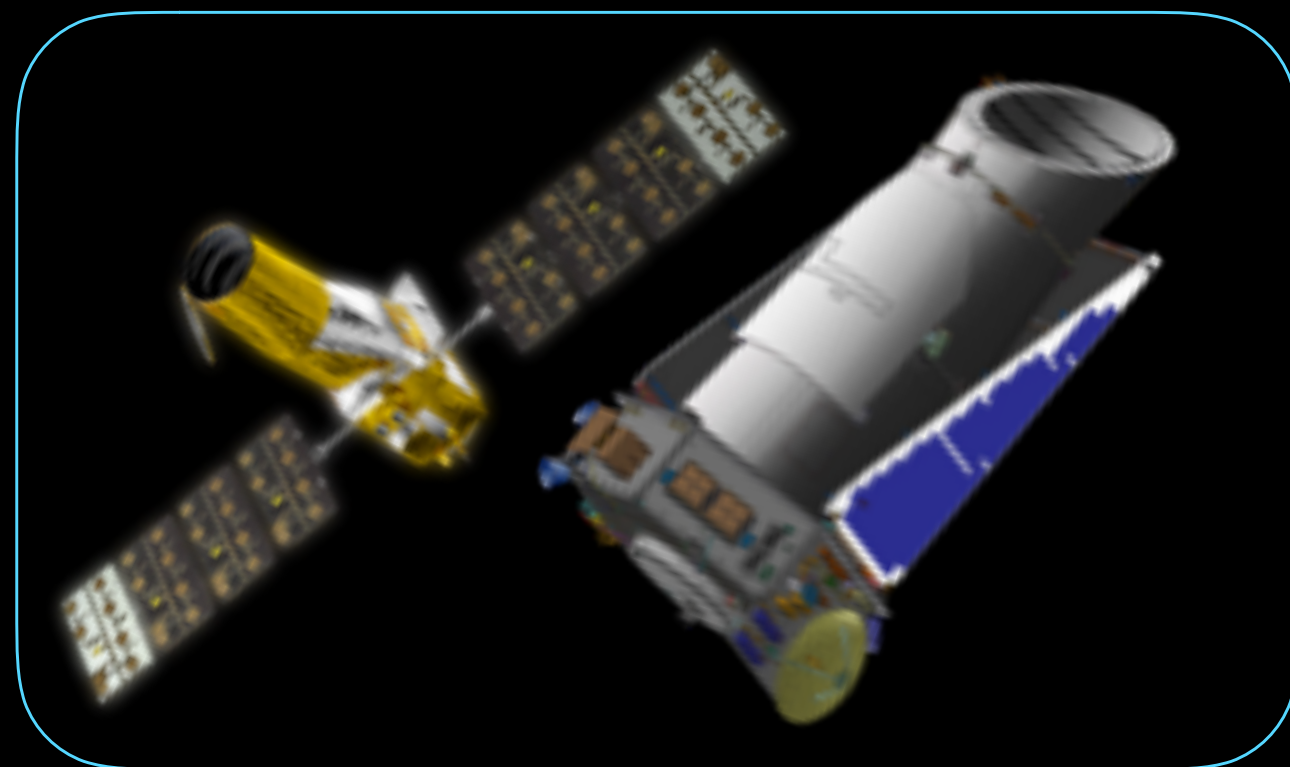


LES PLANÈTES EN TRANSIT

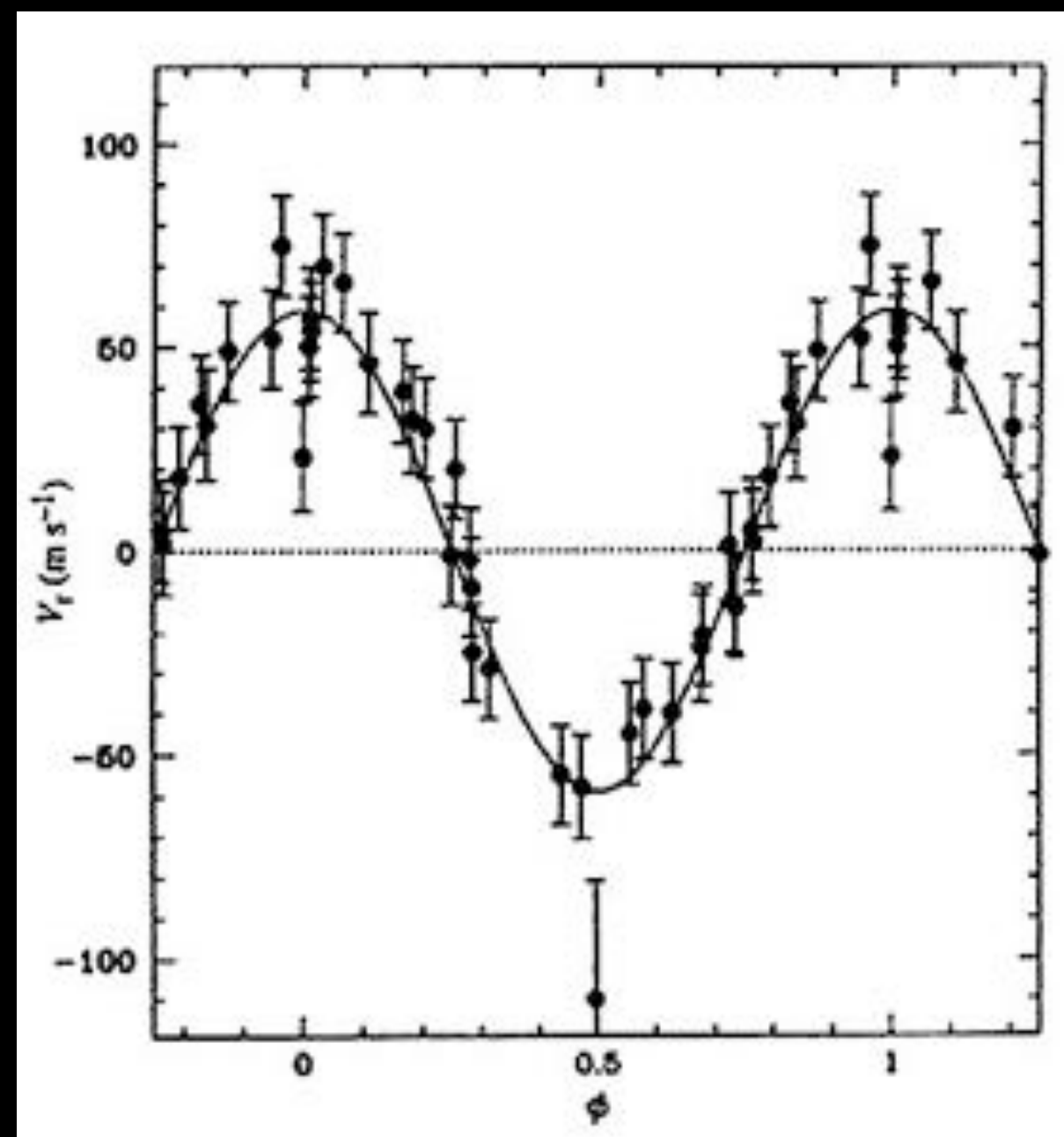
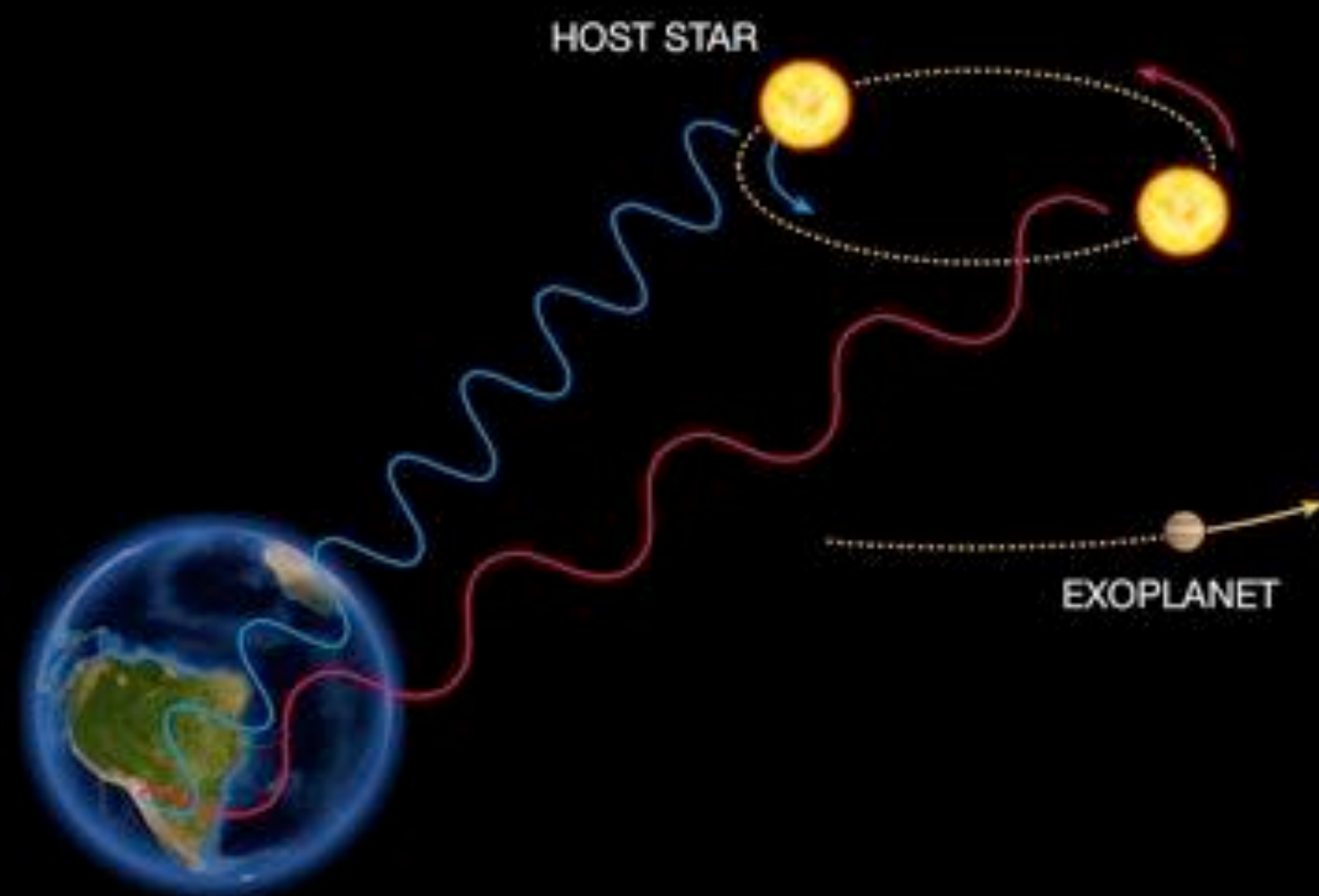


$$\delta F = \left(\frac{R_p}{R_s} \right)^2$$

TRANSIT D'UNE TERRE:
PROFONDEUR = 85PPM
DURÉE = 12H
PÉRIODE ORBITALE = 365 JOURS

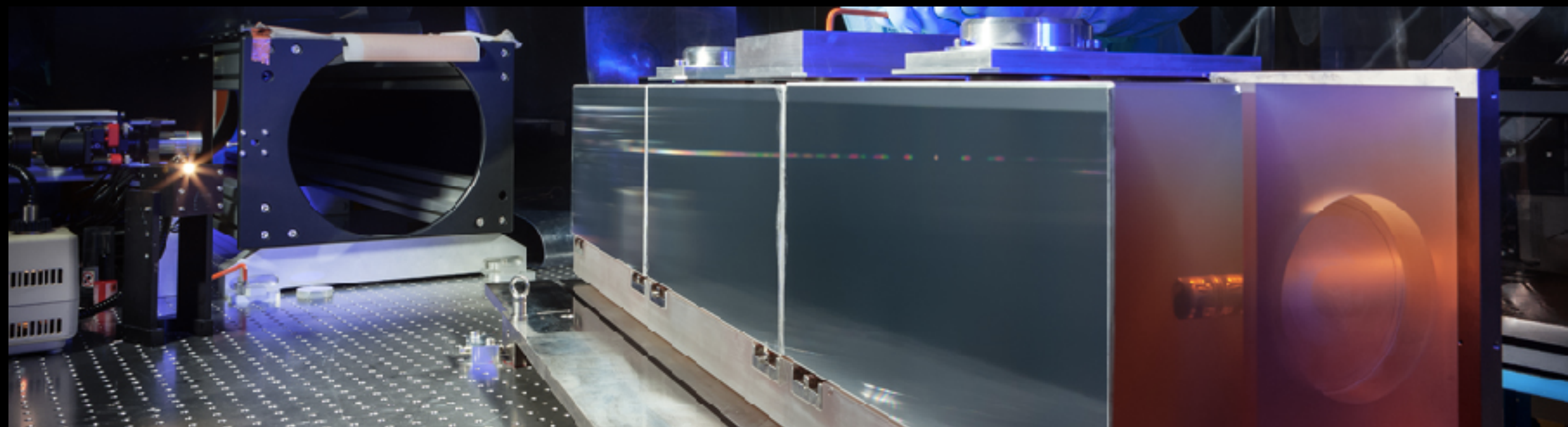


LES VITESSES RADIALES

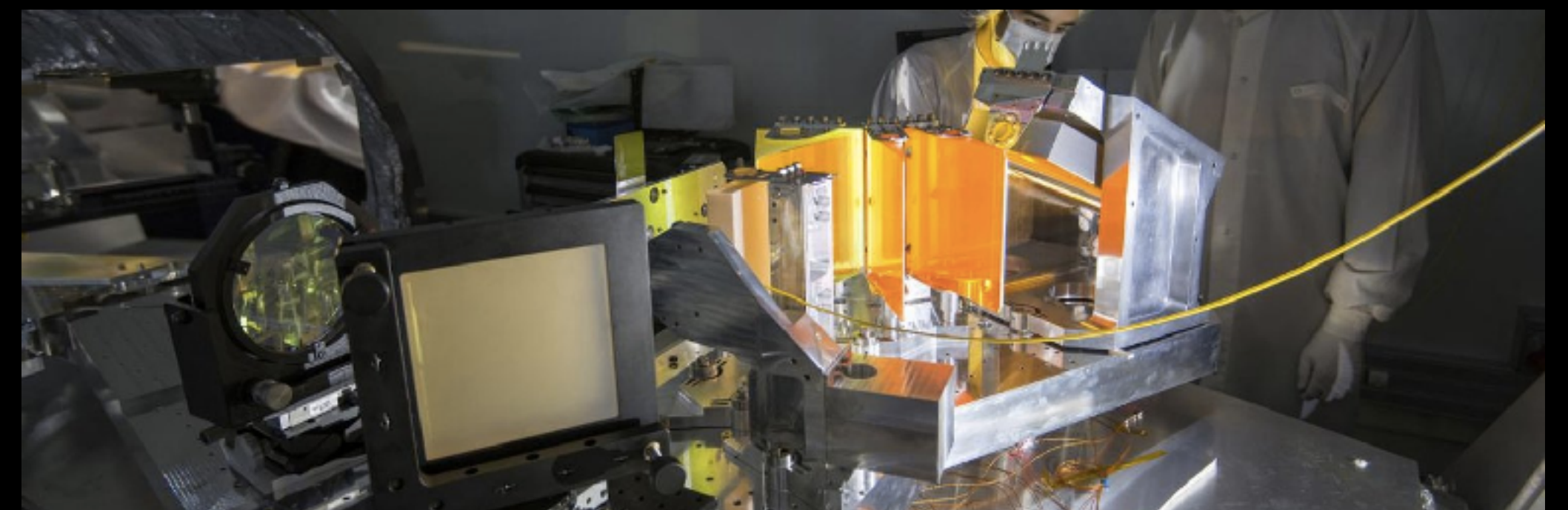


$$K \propto \frac{m_p \sin i}{M_s^{2/3} P^{1/3} \sqrt{1-e^2}}$$

VITESSE RADIALE D'UNE TERRE:
AMPLITUDE = 9CM/S (0.3KM/H)

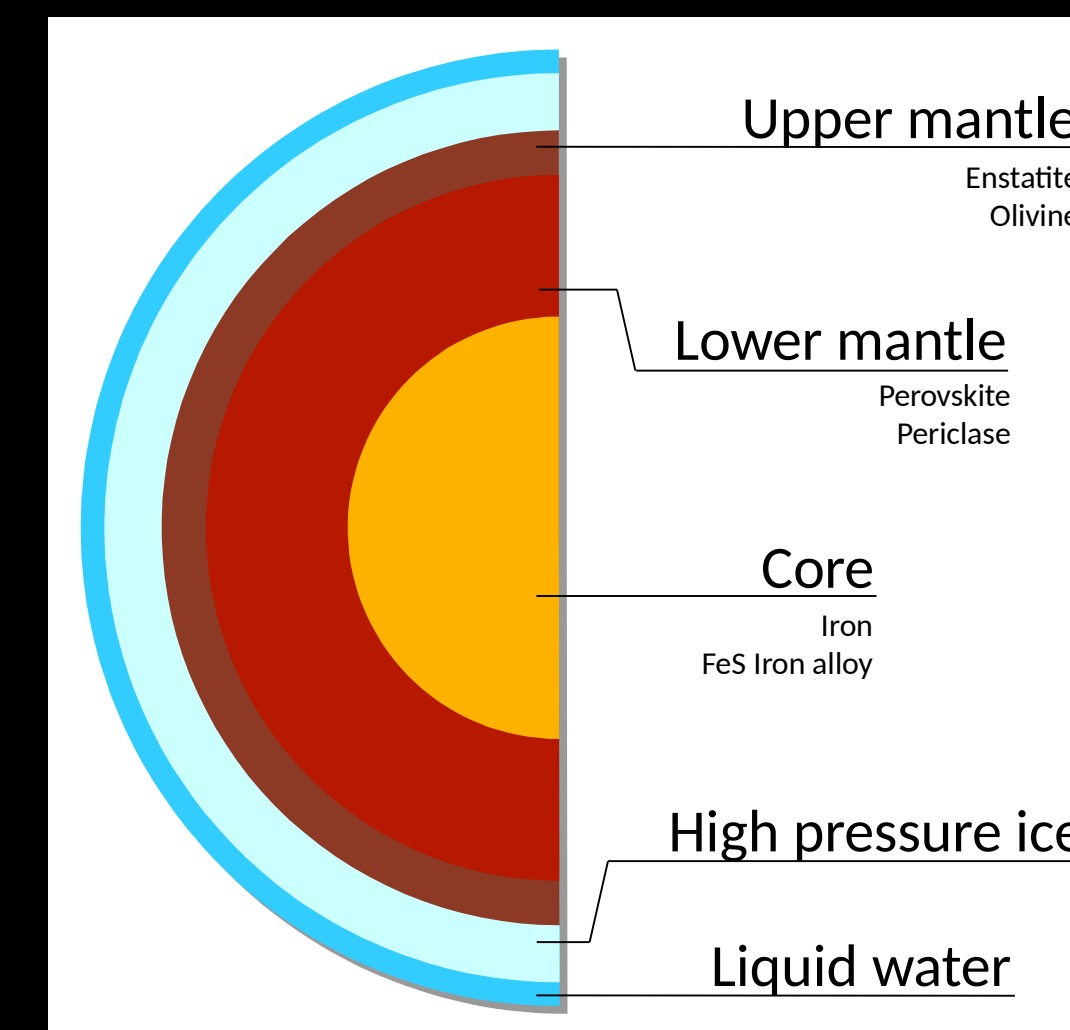
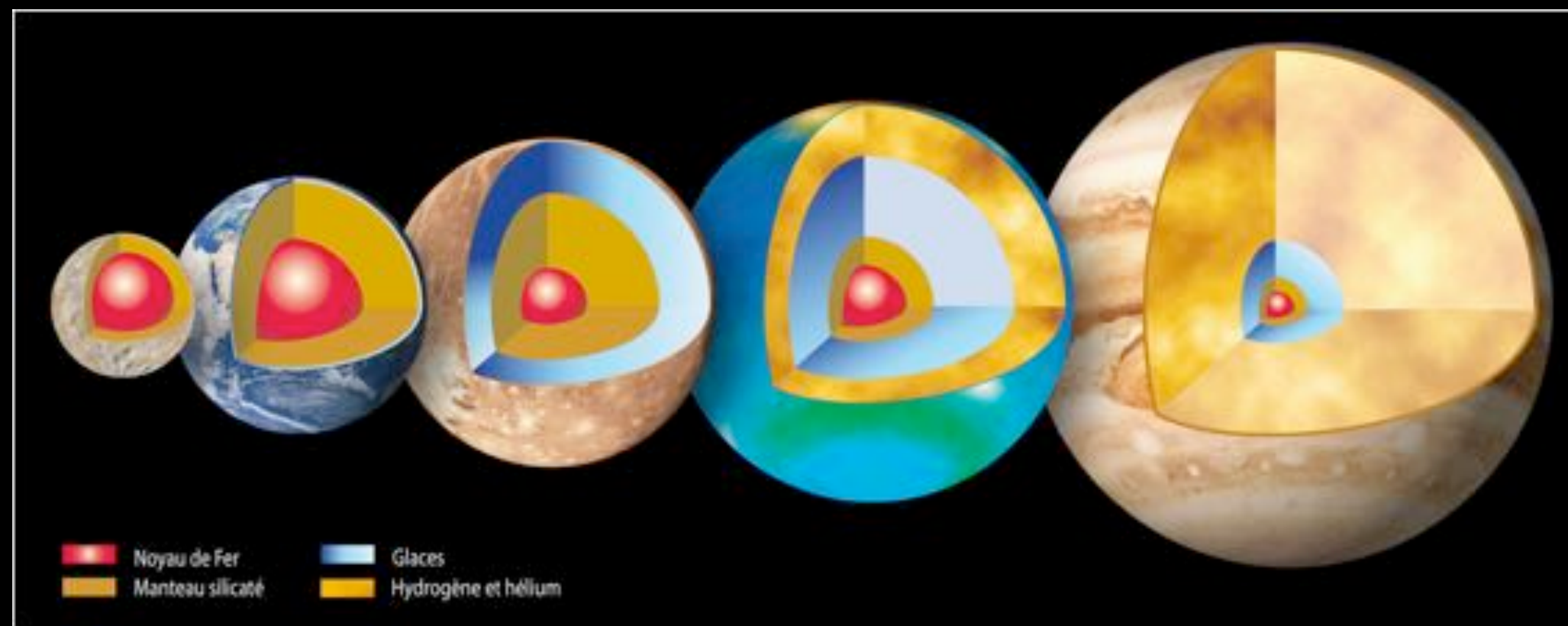
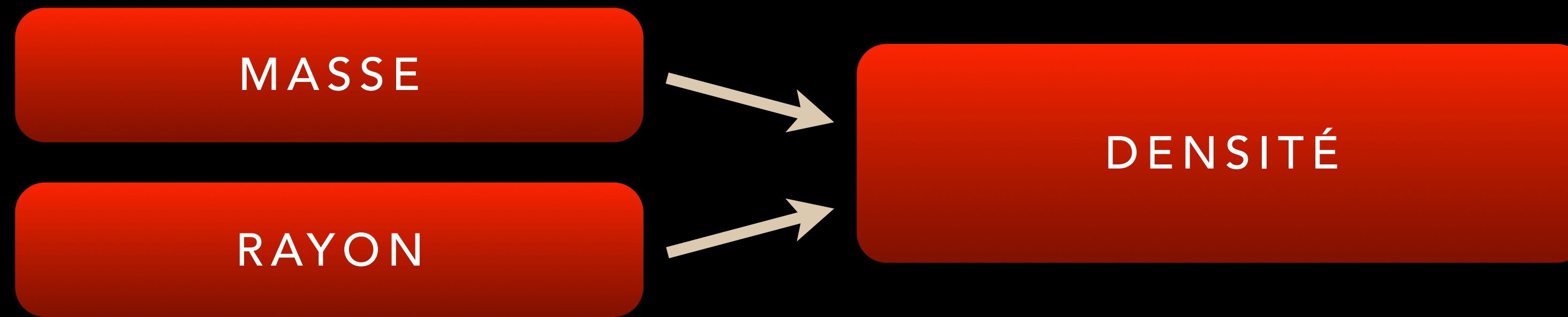


ESPRESSO @ VLT



SPIRou @ CFHT

LA DENSITÉ DES PLANÈTES : SONDER LEUR INTÉRIEUR

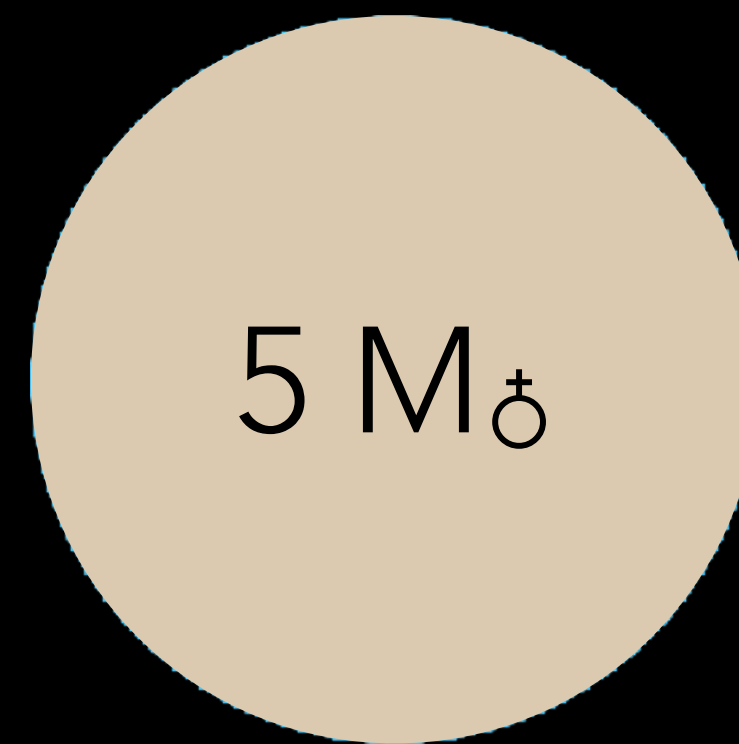
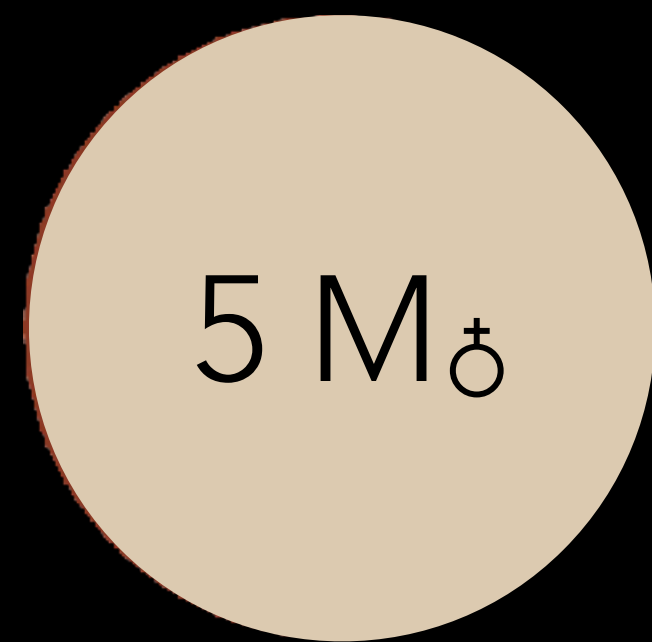
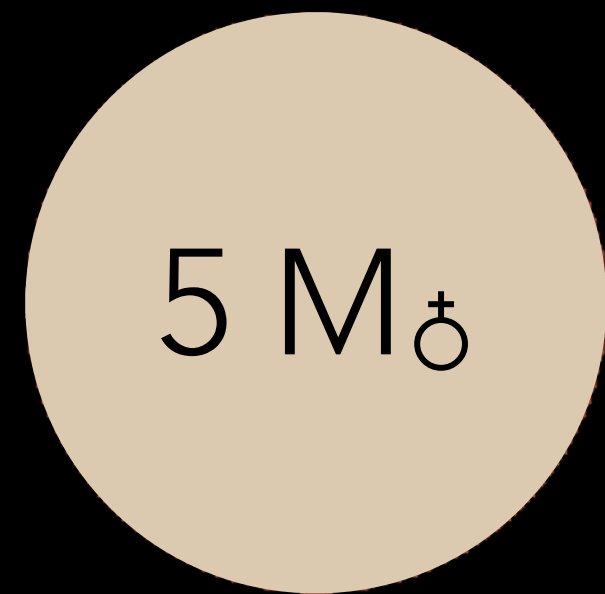


Brugger et al. (2017)

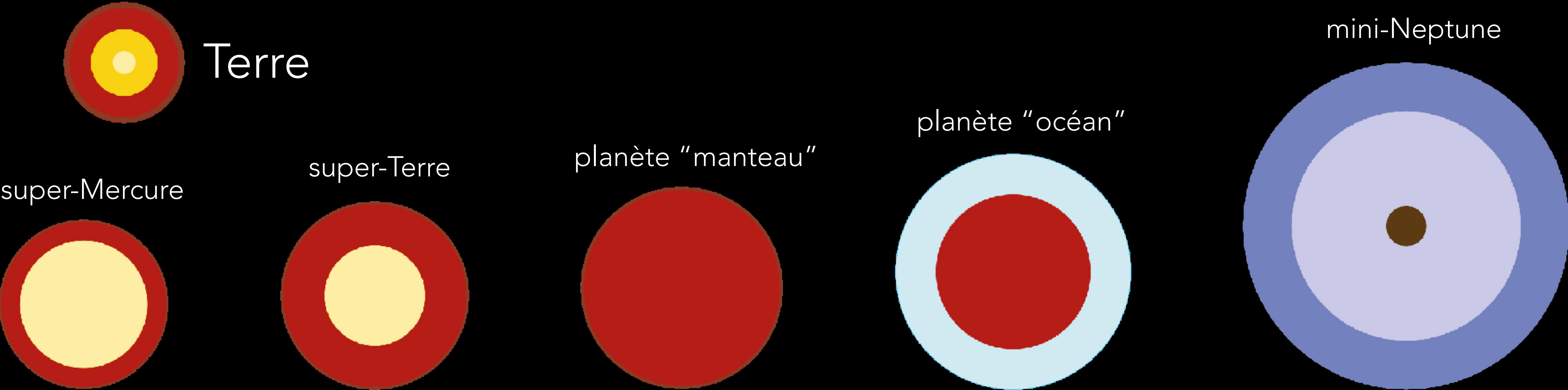
COMPOSITION DES PETITS MONDES



Terre



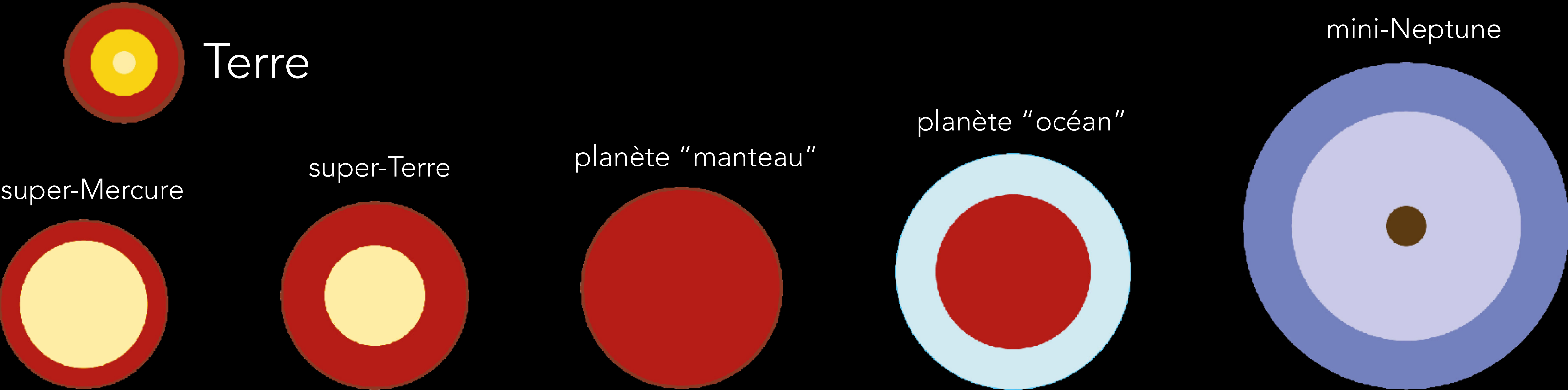
COMPOSITION DES PETITS MONDES



Modèle: Brugger et al. (2017)

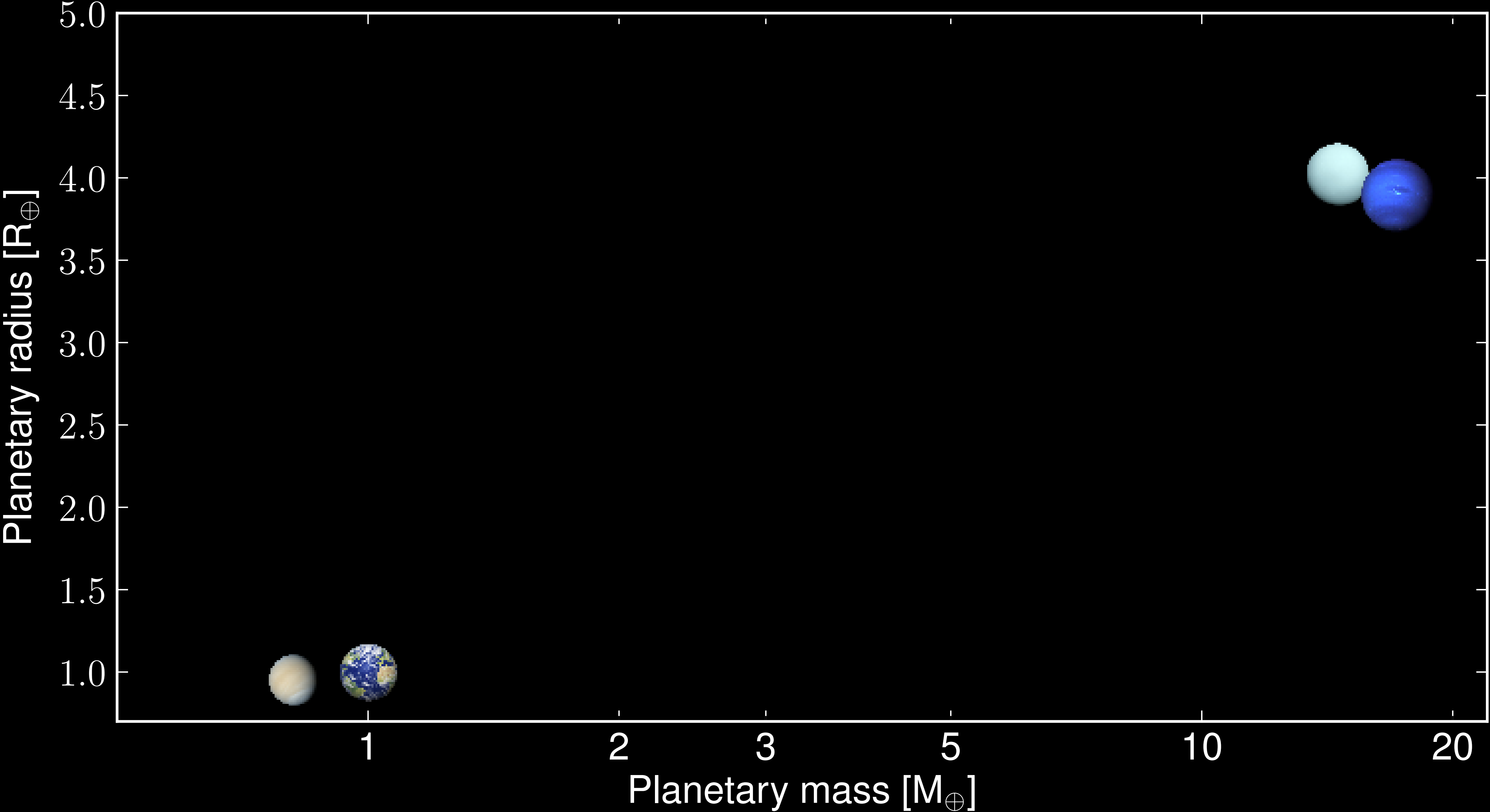
COMPOSITION DES PETITS MONDES

CF POSTERS:
MAËVA LEVESQUE
JOSEPH NAAR

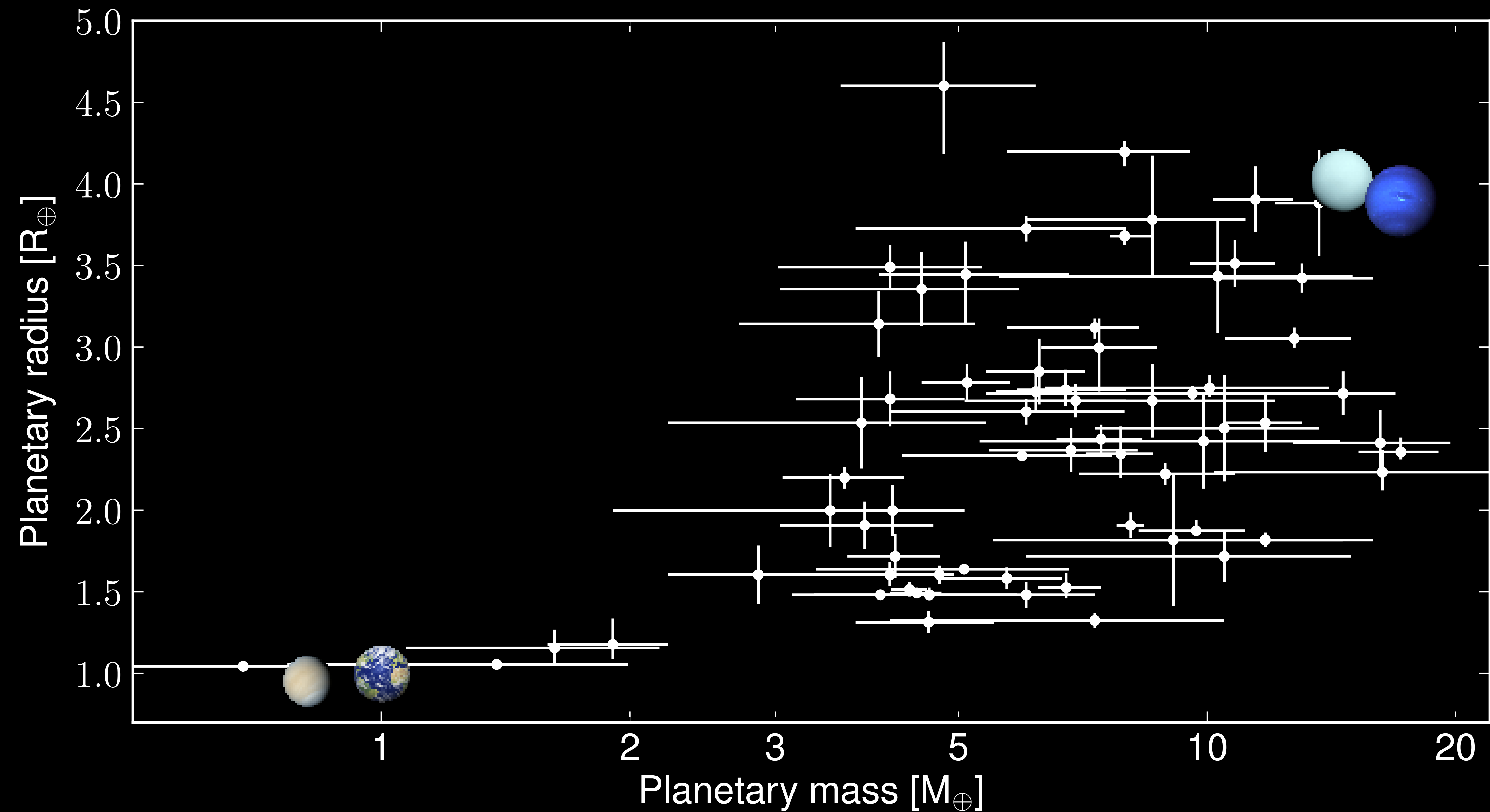


Modèle: Brugger et al. (2017)

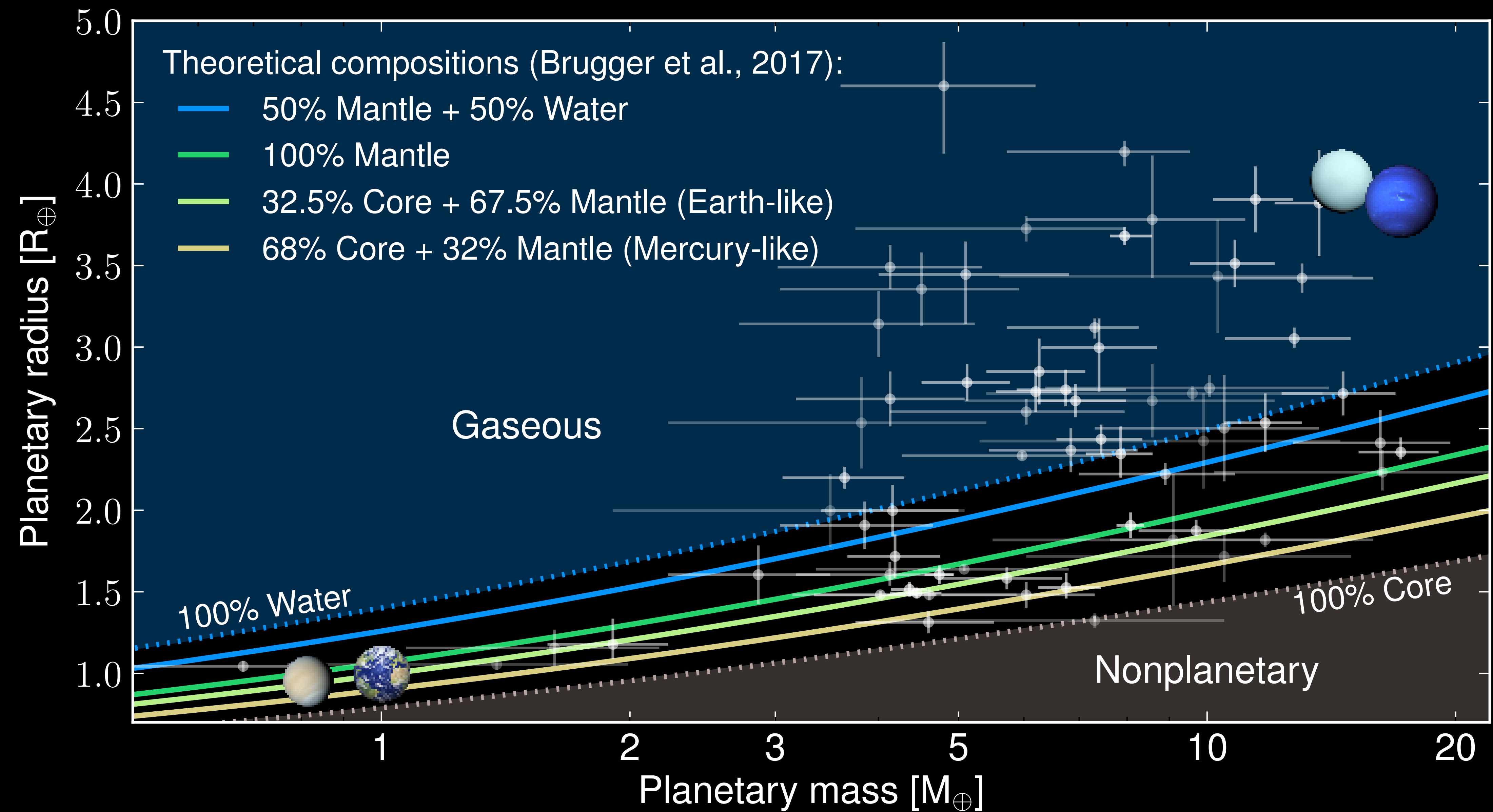
DIVERSITÉ DES PETITS MONDES



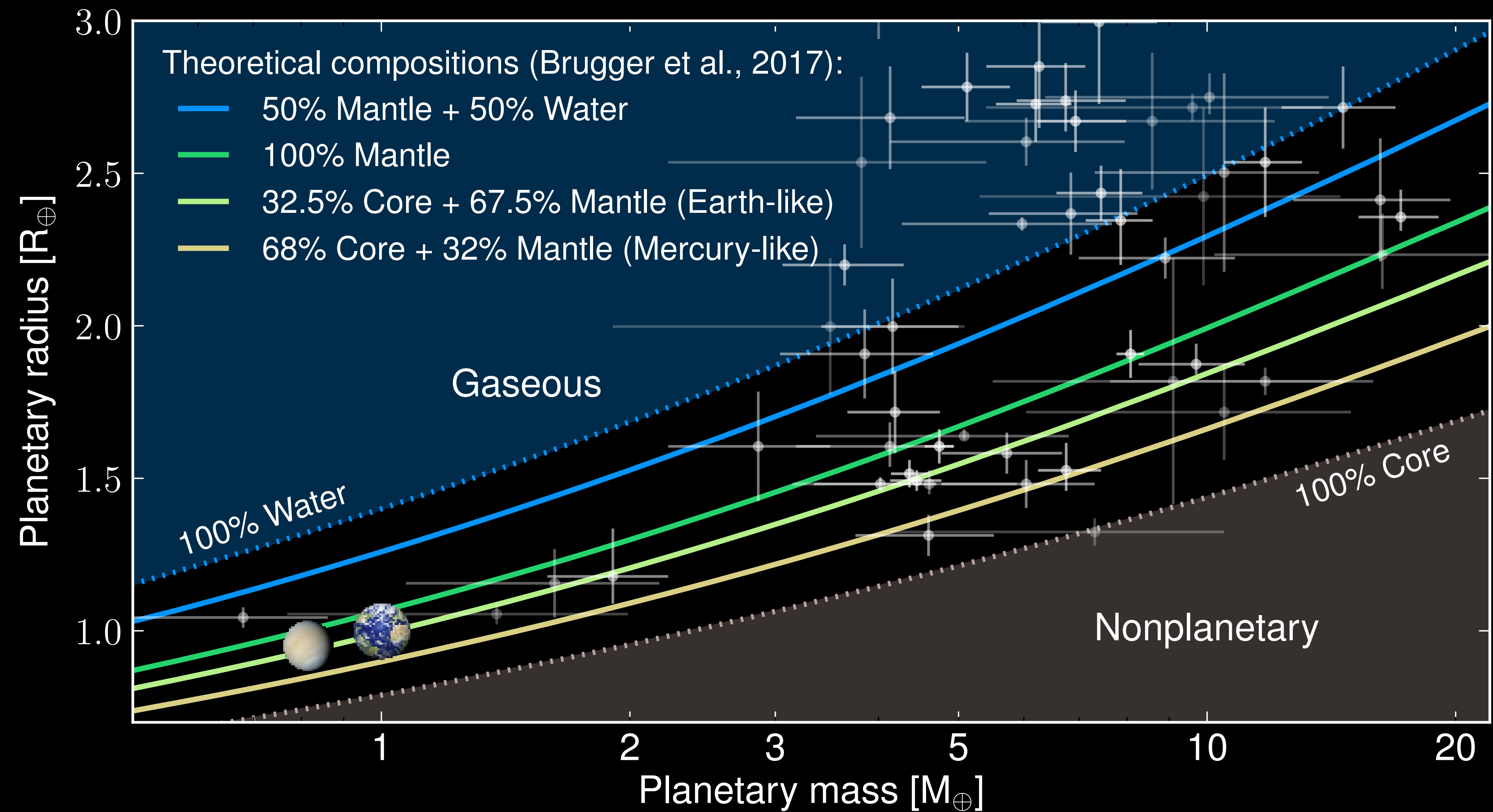
DIVERSITÉ DES PETITS MONDES



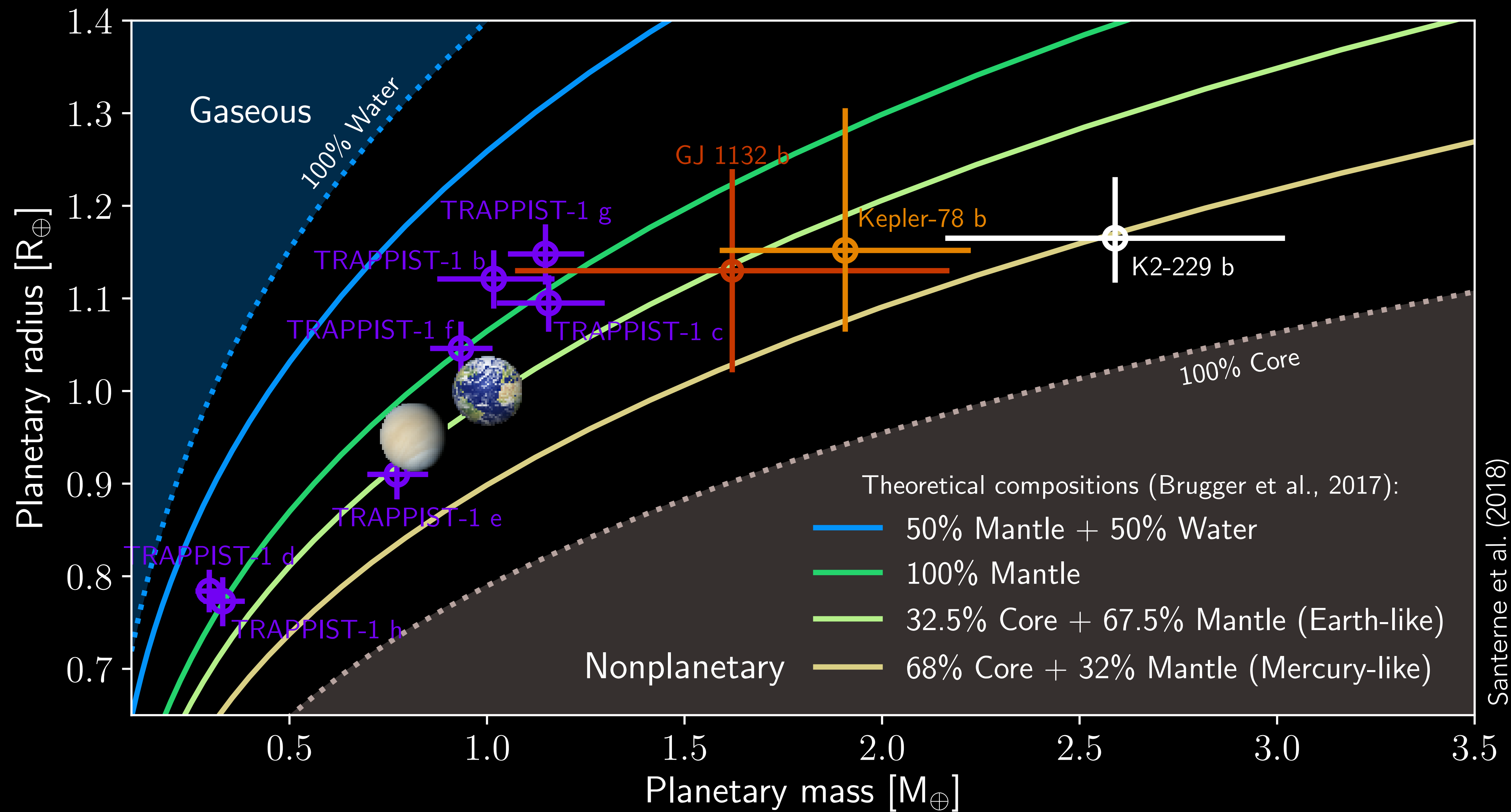
DIVERSITÉ DES PETITS MONDES



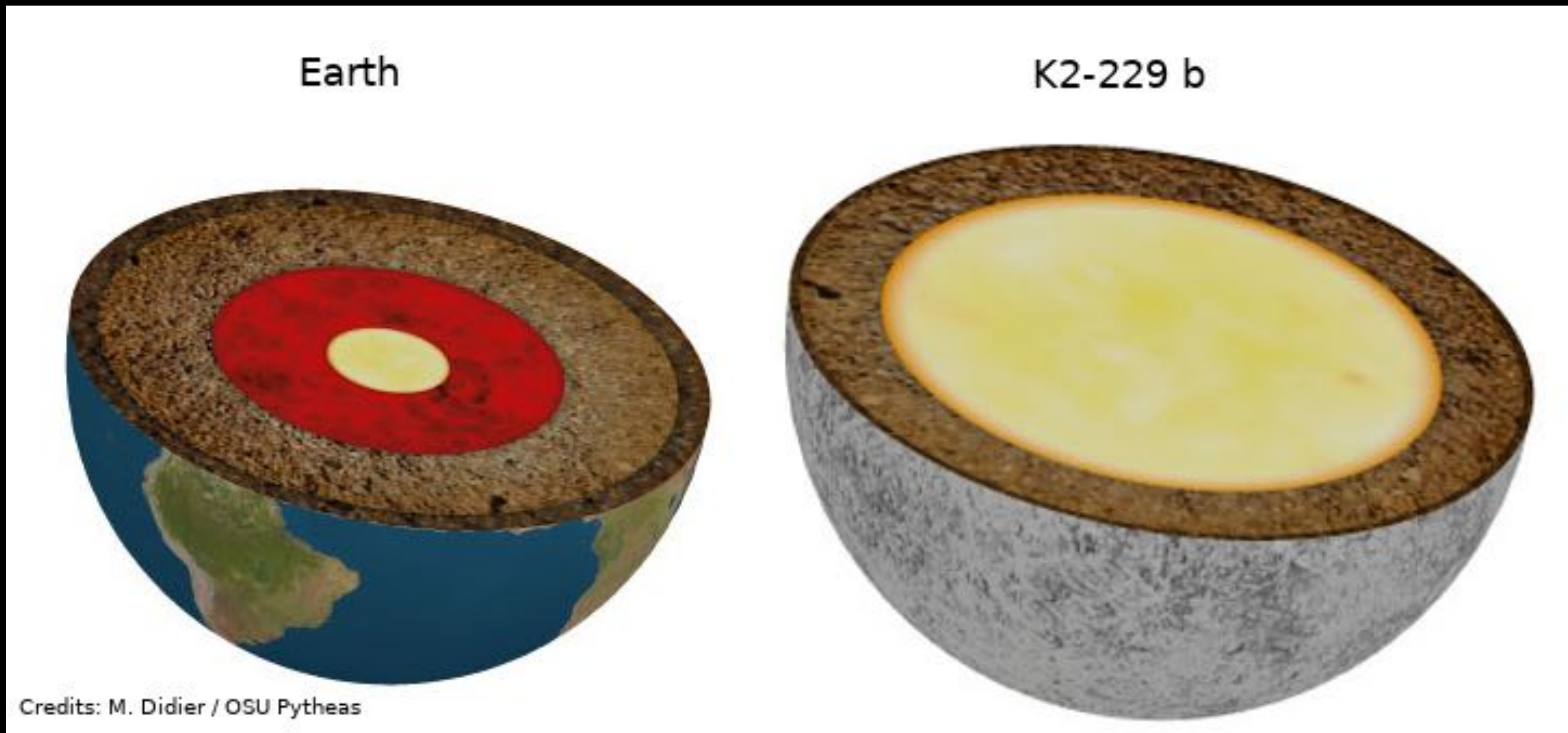
DIVERSITÉ DES PETITS MONDES



DIVERSITÉ DES PETITS MONDES



K2-229 B (OU FREDDIE)



SONDER LEUR ATMOSPHÈRE

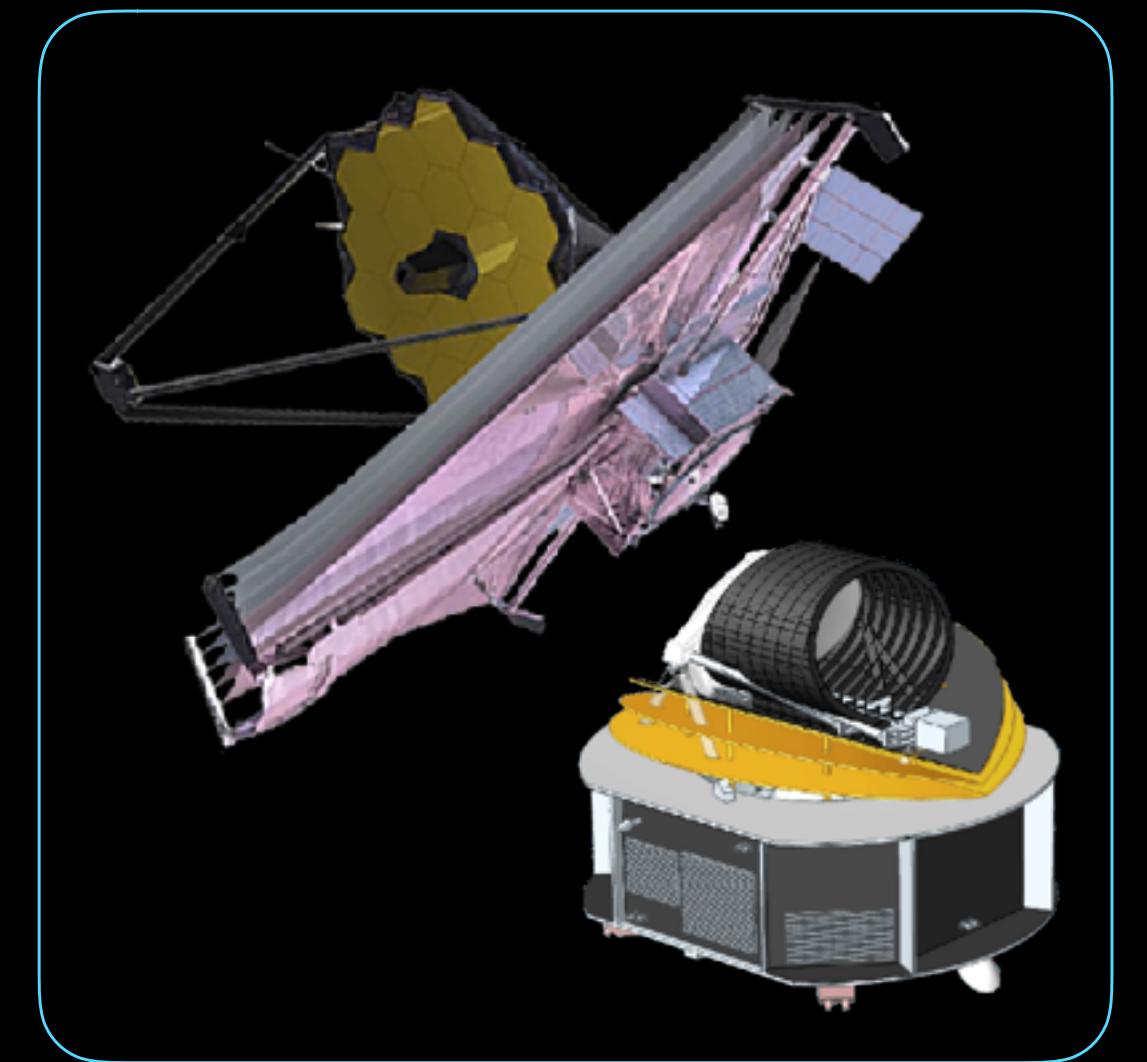
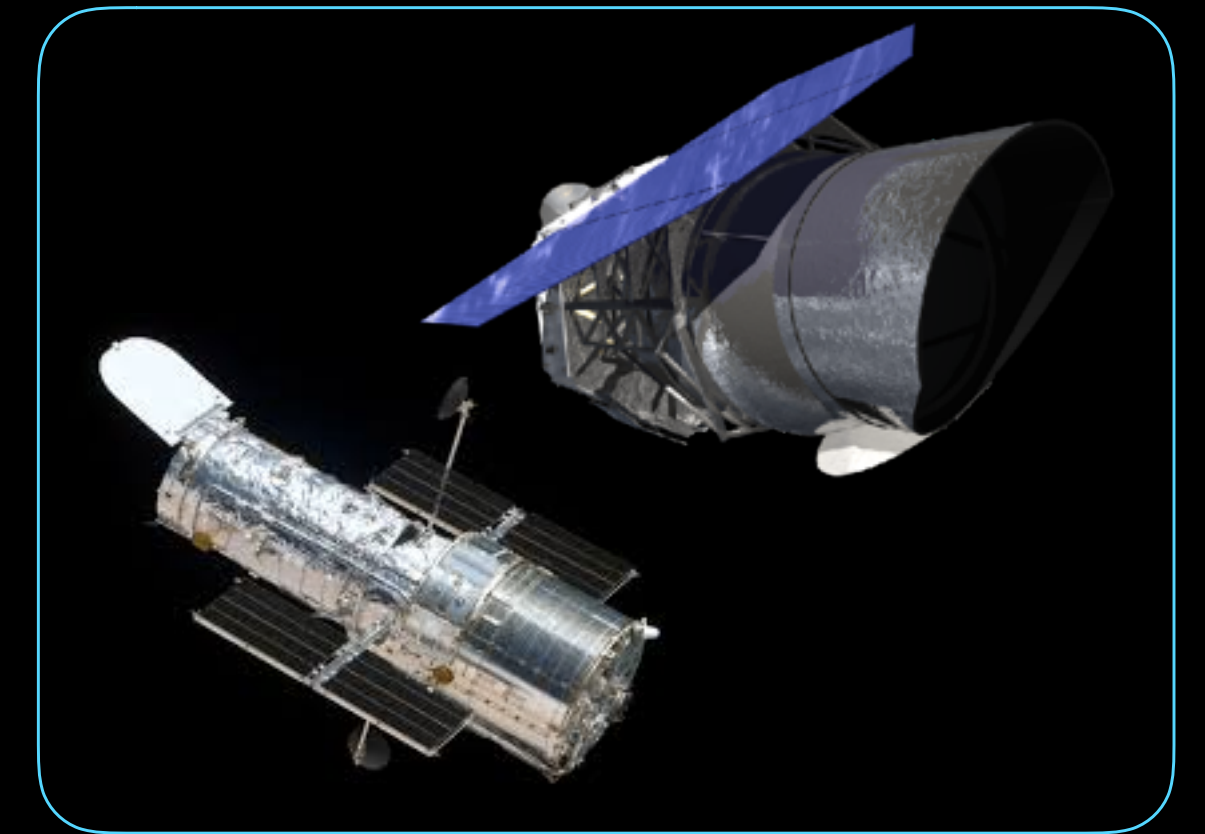
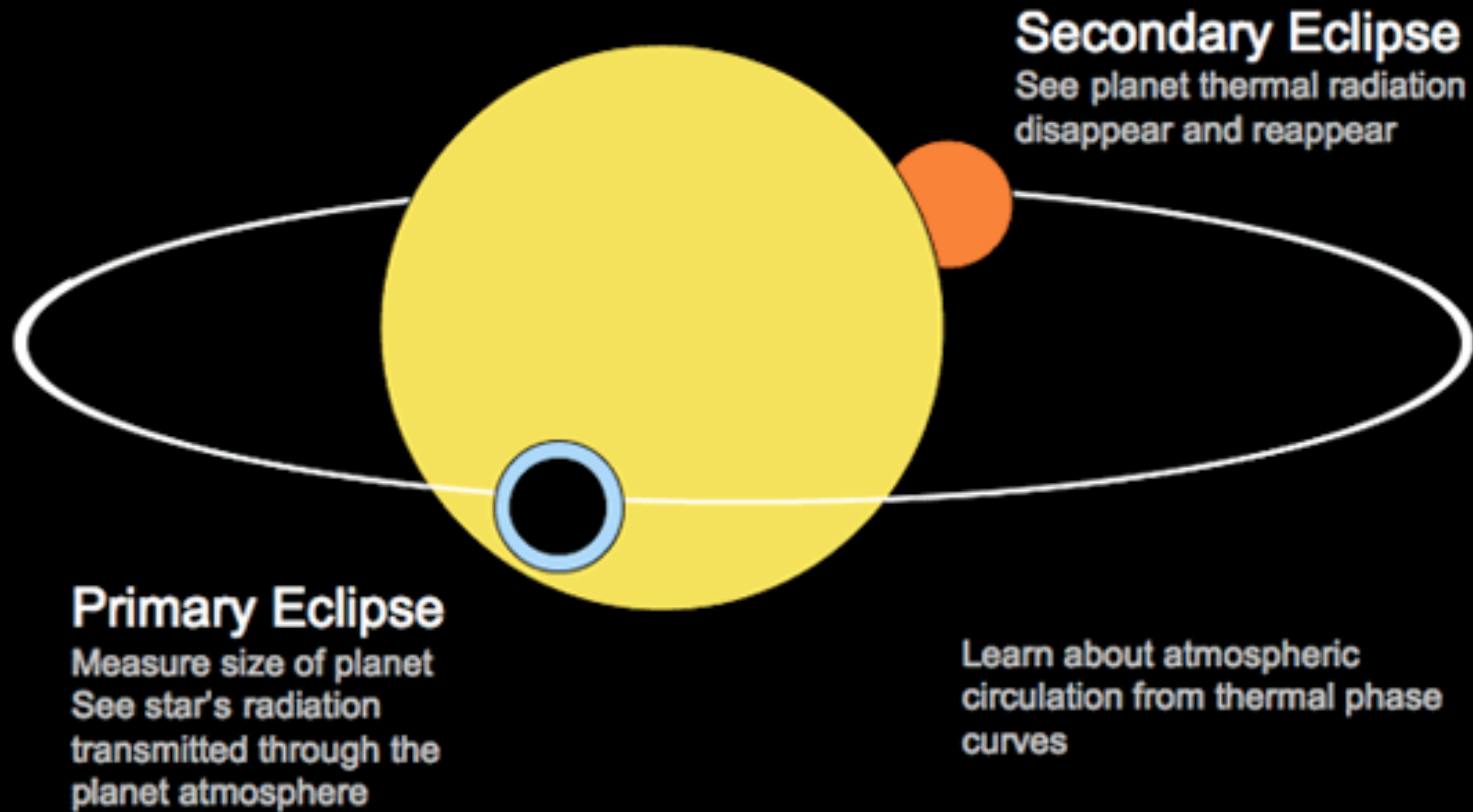
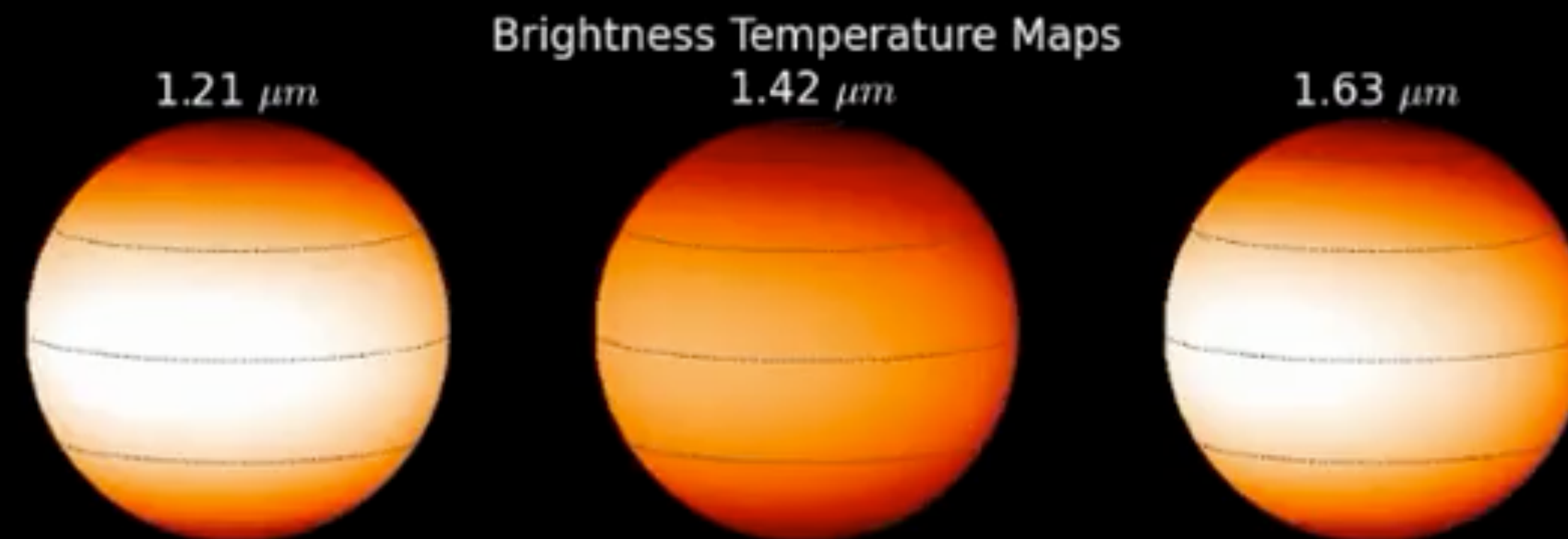
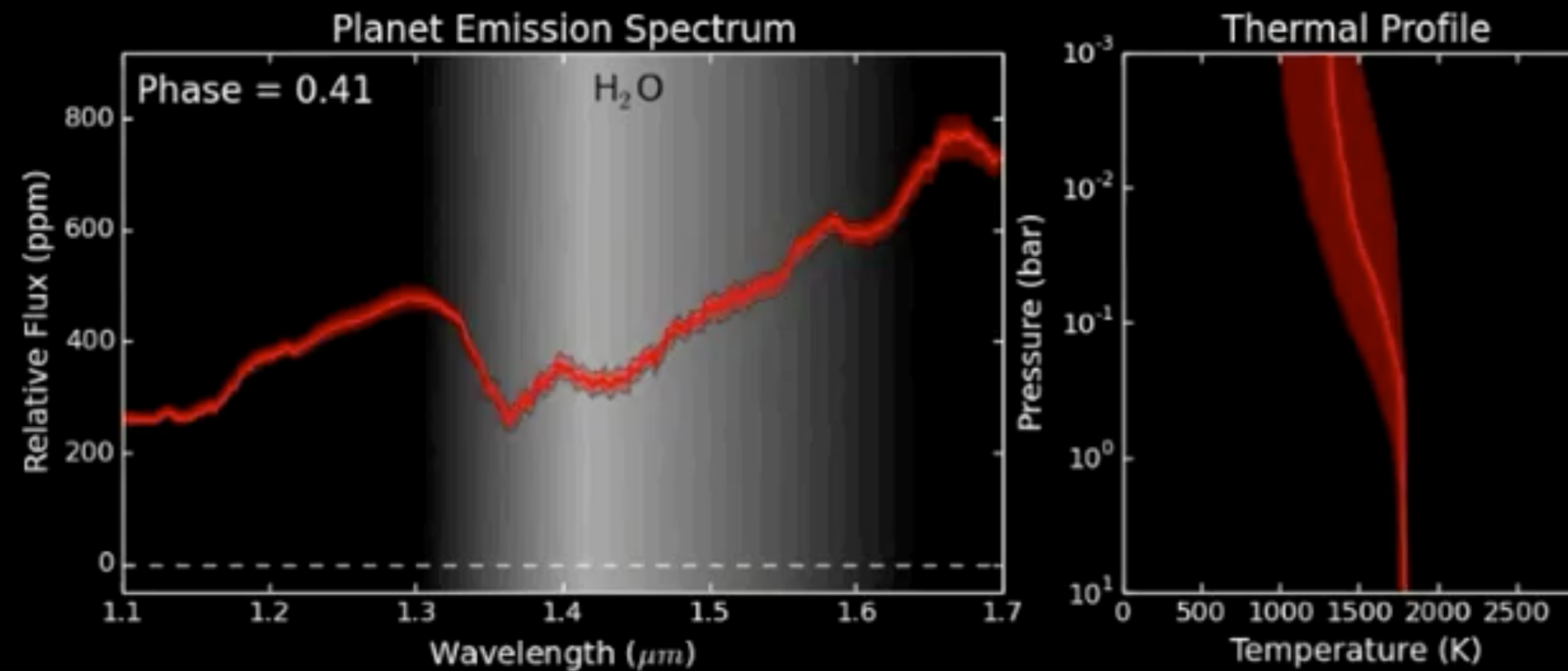


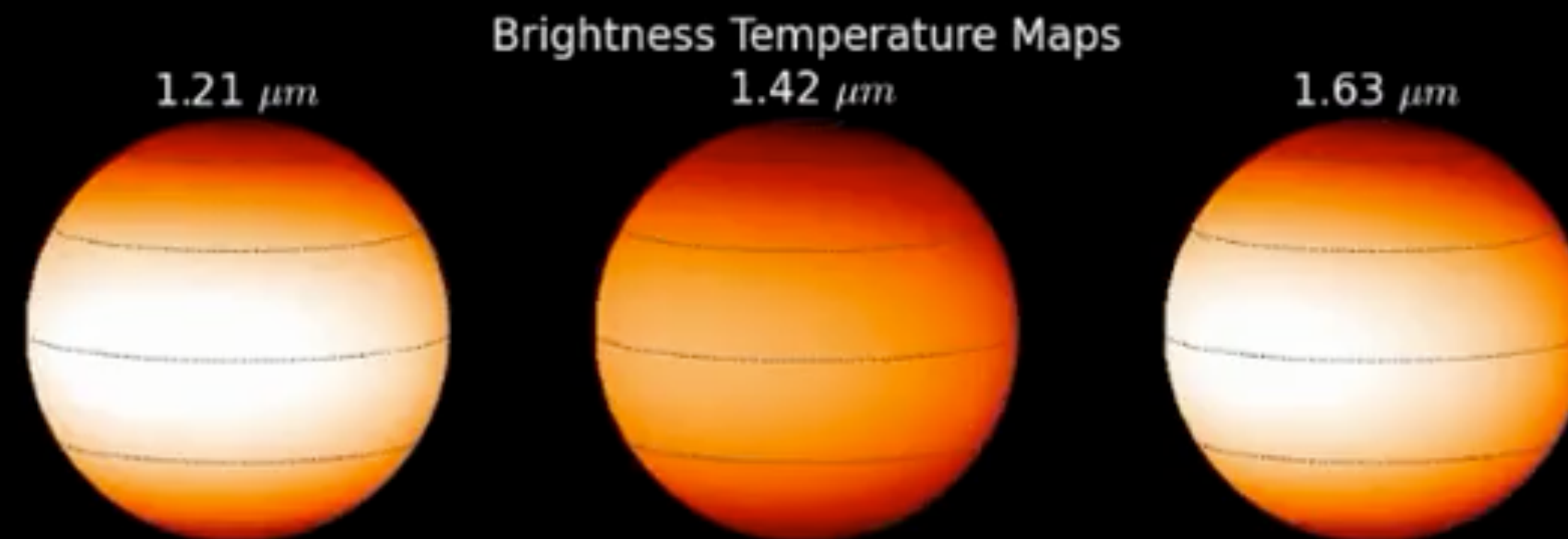
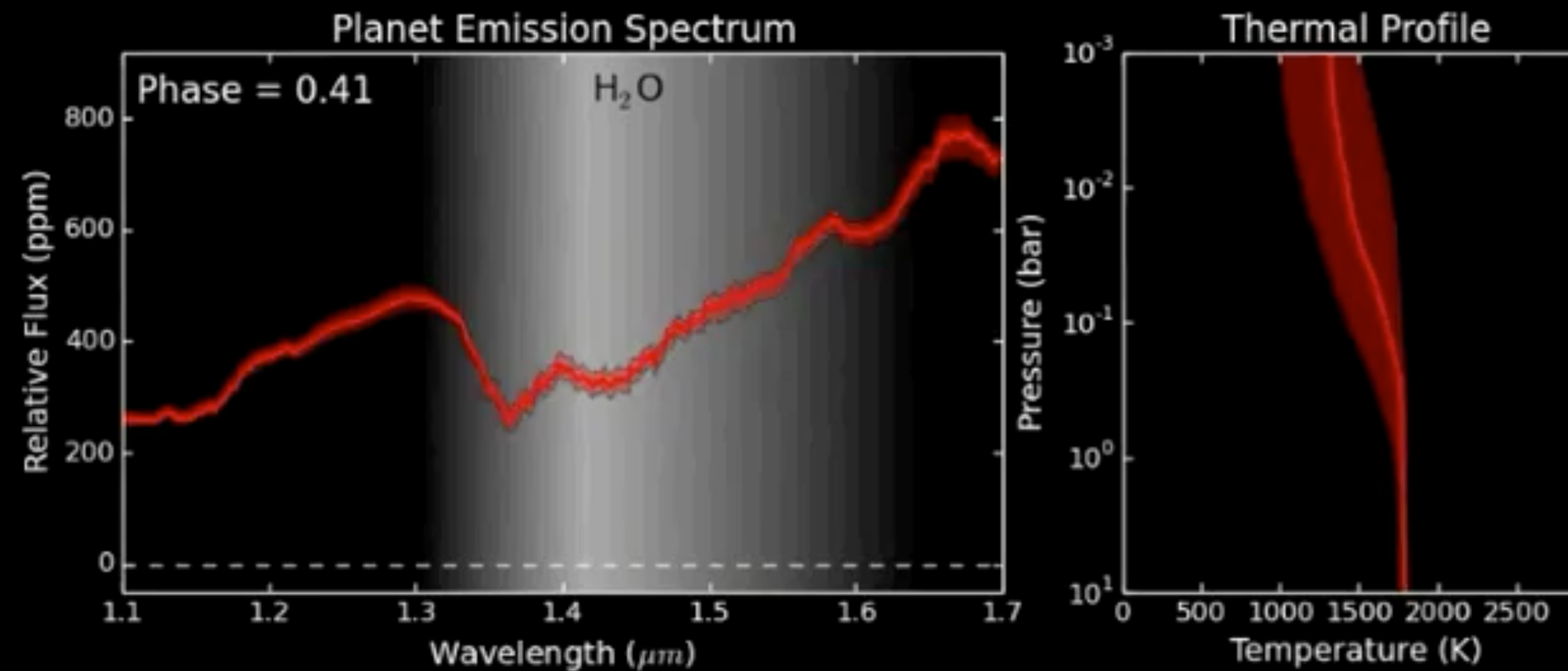
Figure by S. Seager

EXEMPLE DE DÉTECTION DE COURBE DE PHASE AVEC HST (WASP-43)



K. B. Stevenson (2014)

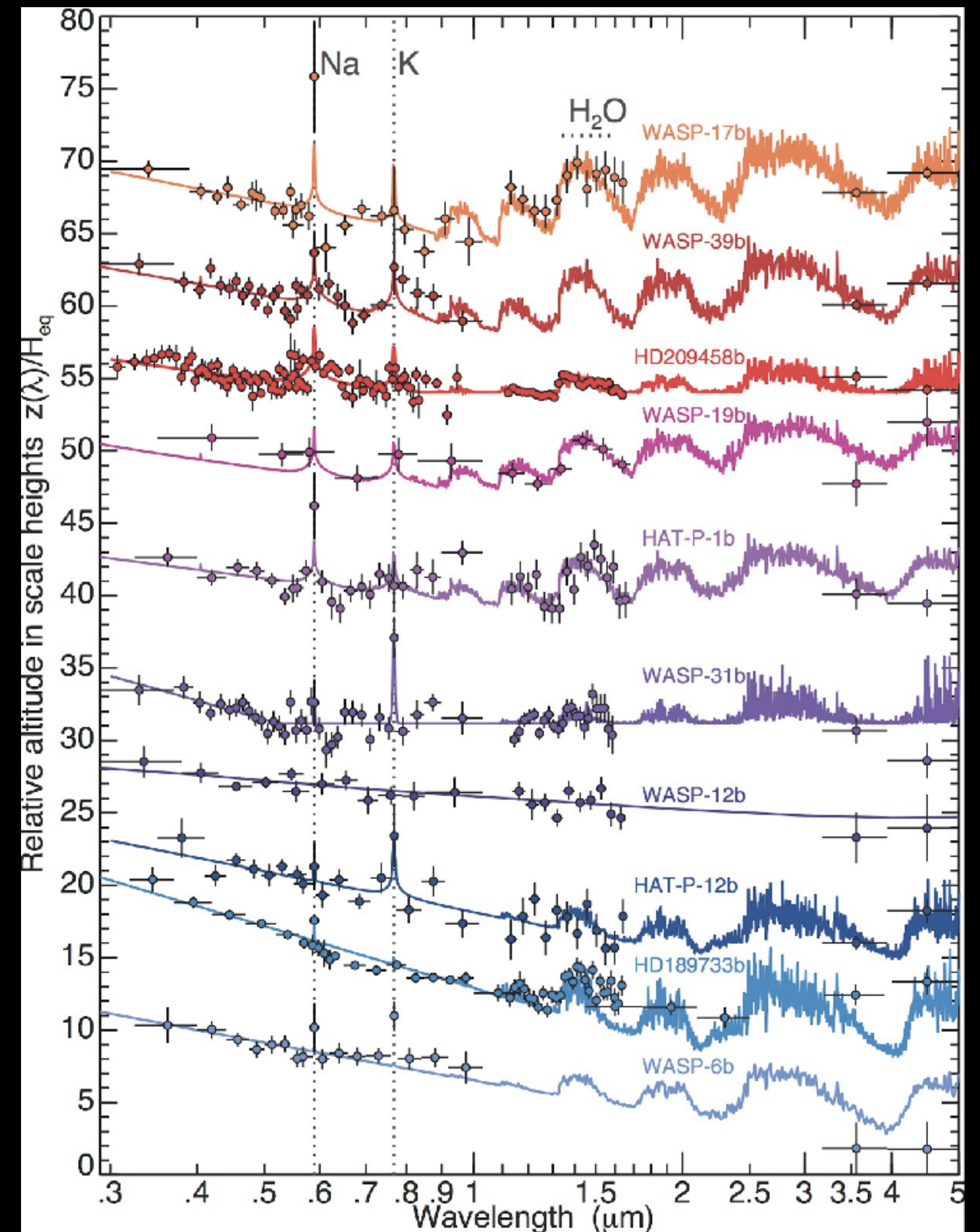
EXEMPLE DE DÉTECTION DE COURBE DE PHASE AVEC HST (WASP-43)



K. B. Stevenson (2014)

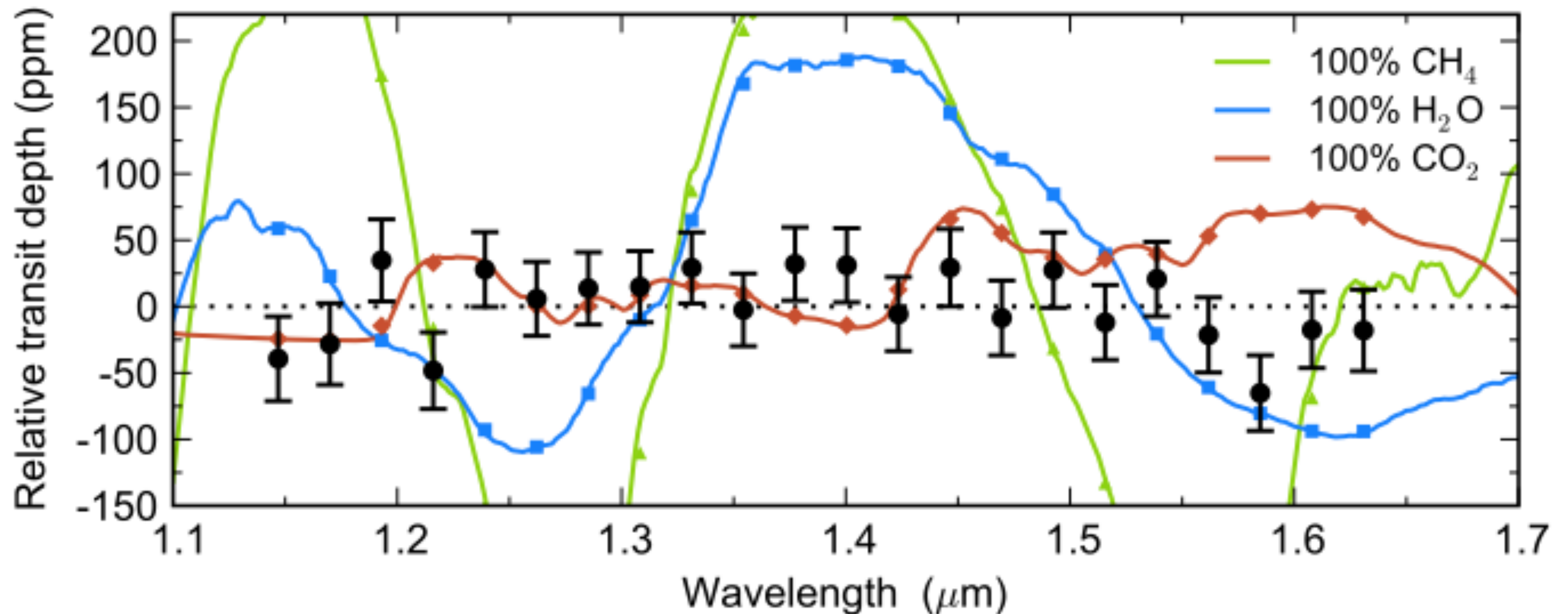
DIVERSITÉ DE COMPOSITION CHIMIQUE

UN ZOO D'ATMOSPHÈRES DE PLANÈTES GÉANTES

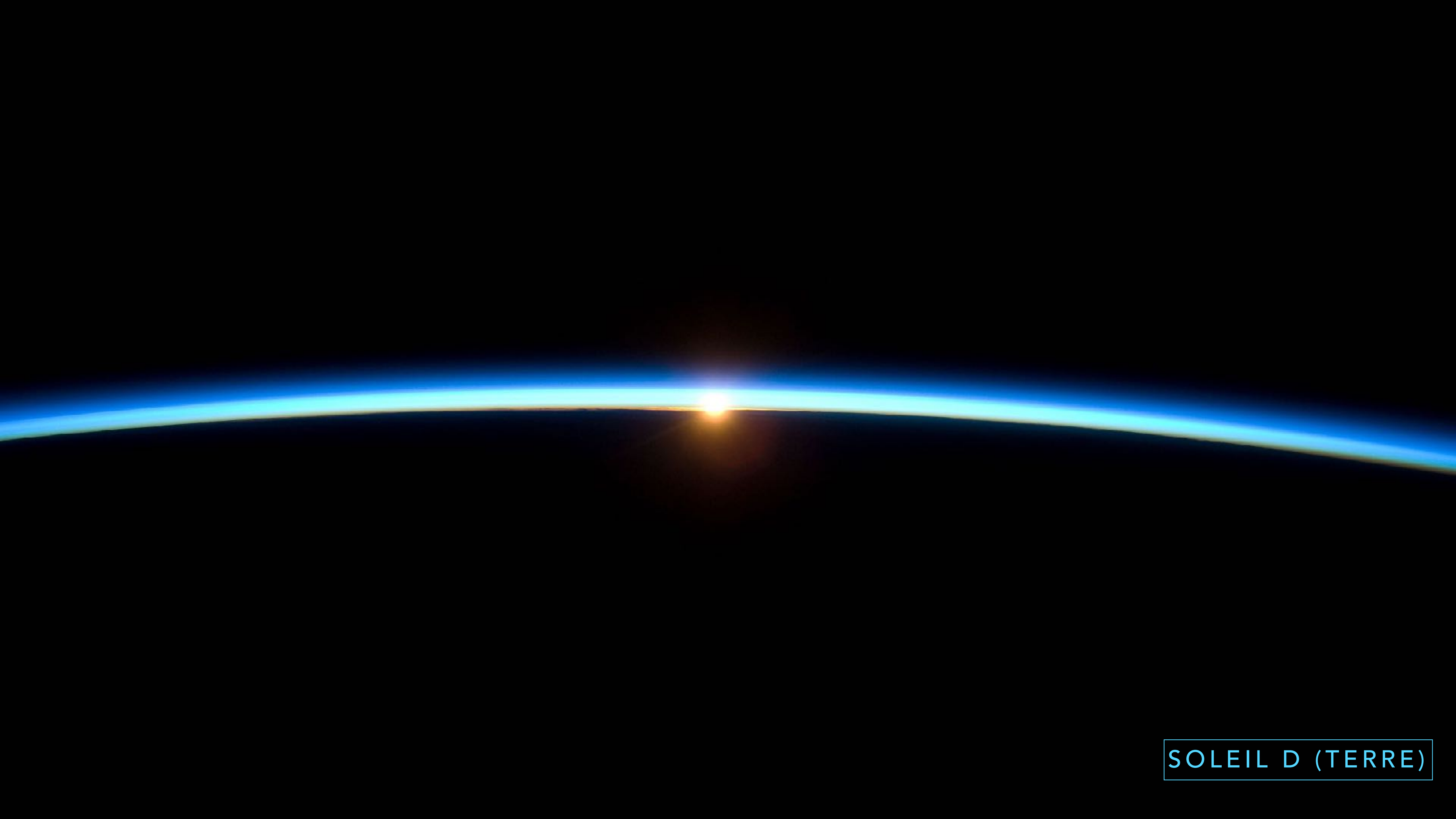


Sing et al. (2016)

Premier spectre en transmission d'une planète de type mini-Neptune (GJ1214)

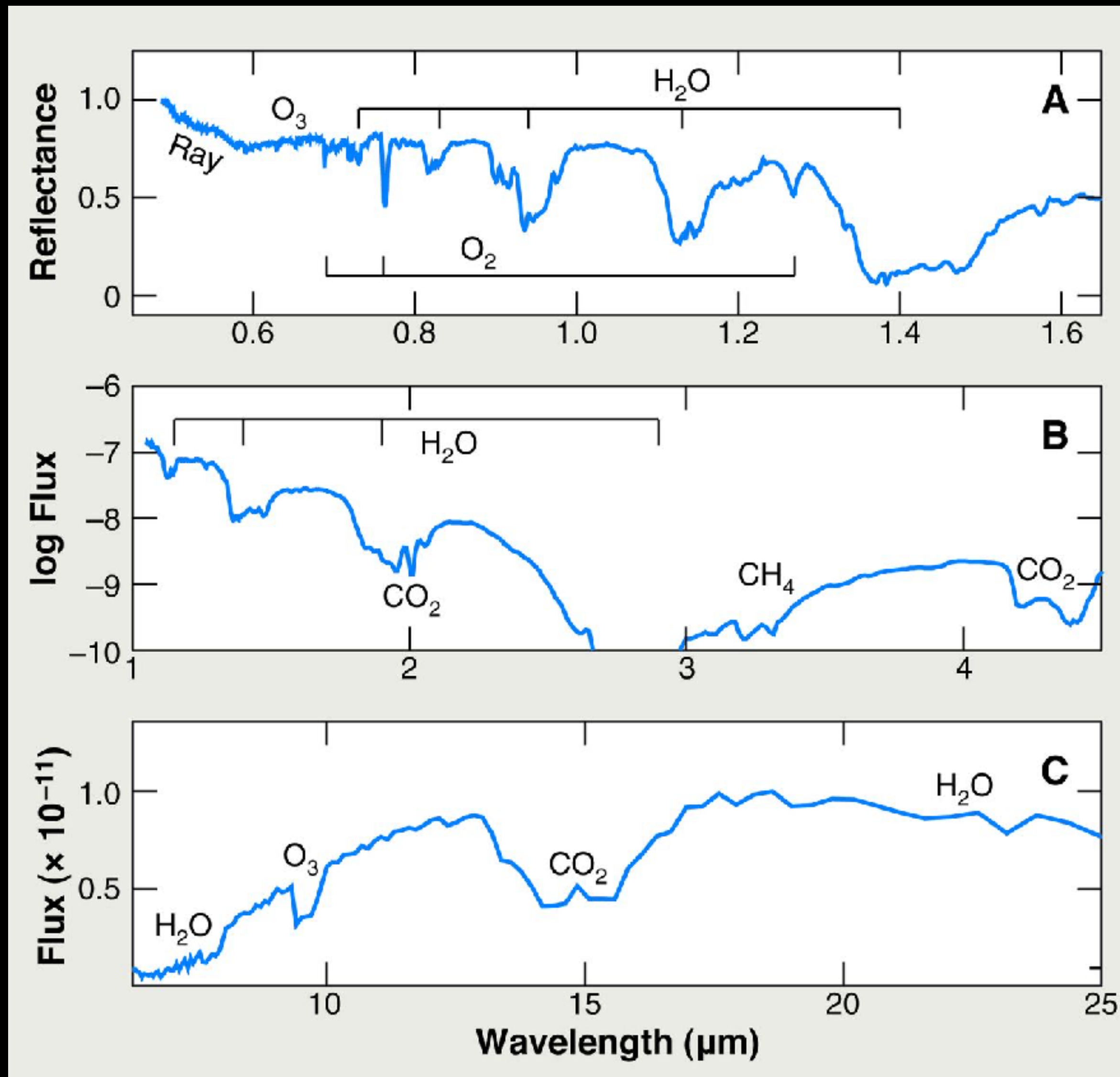


KREIDBERG ET AL (2014)



SOLEIL D (TERRE)

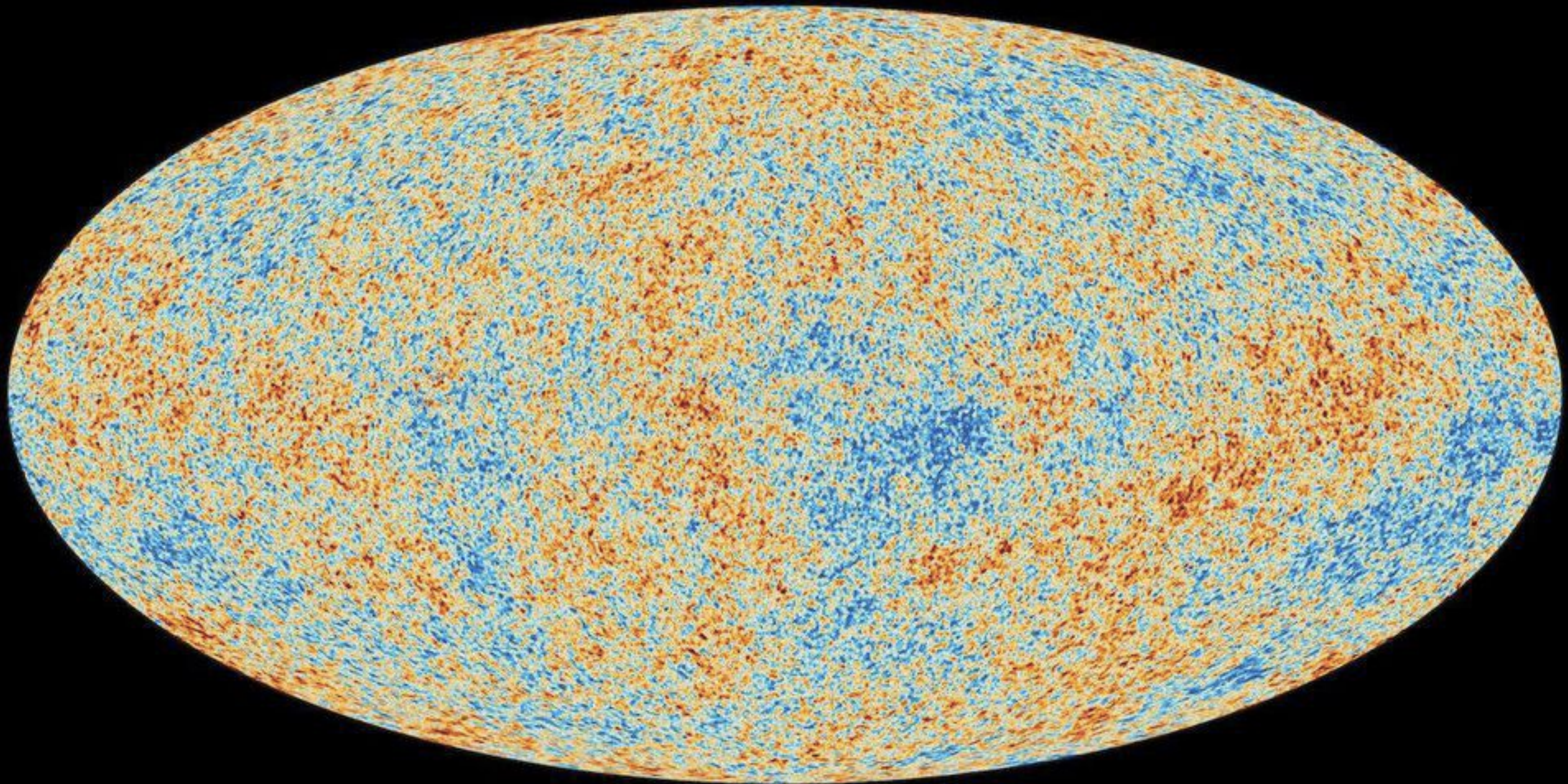
À LA RECHERCHE DE BIO-SIGNATURES ...



PRINCIPALES BIO-SIGNATURES :
H₂O, CO₂, O₂, O₃, CH₄

LA DIVERSITÉ ...

DANS LE FOND DIFFUS COSMOLOGIQUE



Résultat Planck

LA DIVERSITÉ...

CHEZ LES GALAXIES



LA DIVERSITÉ ...
CHEZ LES ÉTOILES

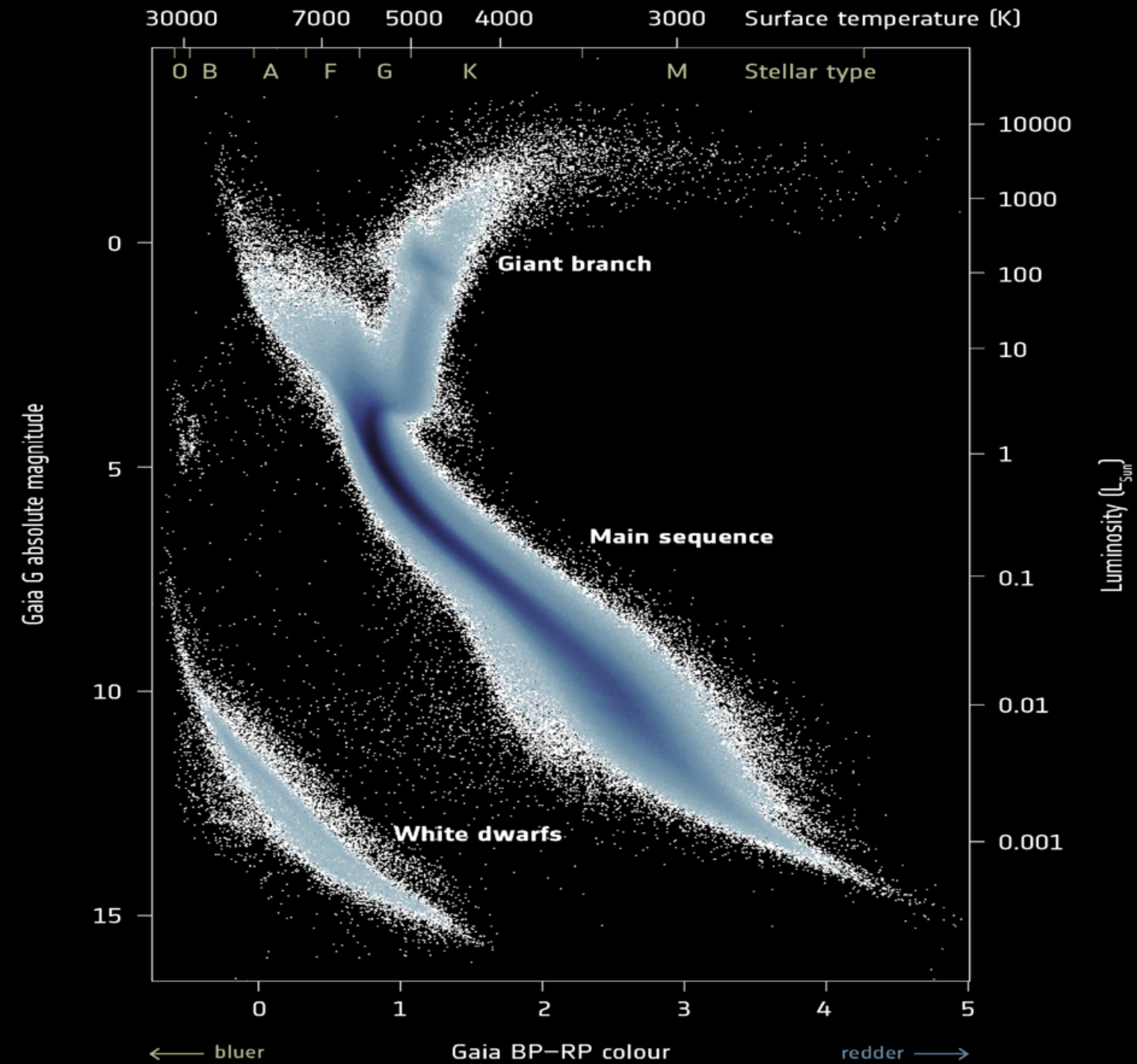
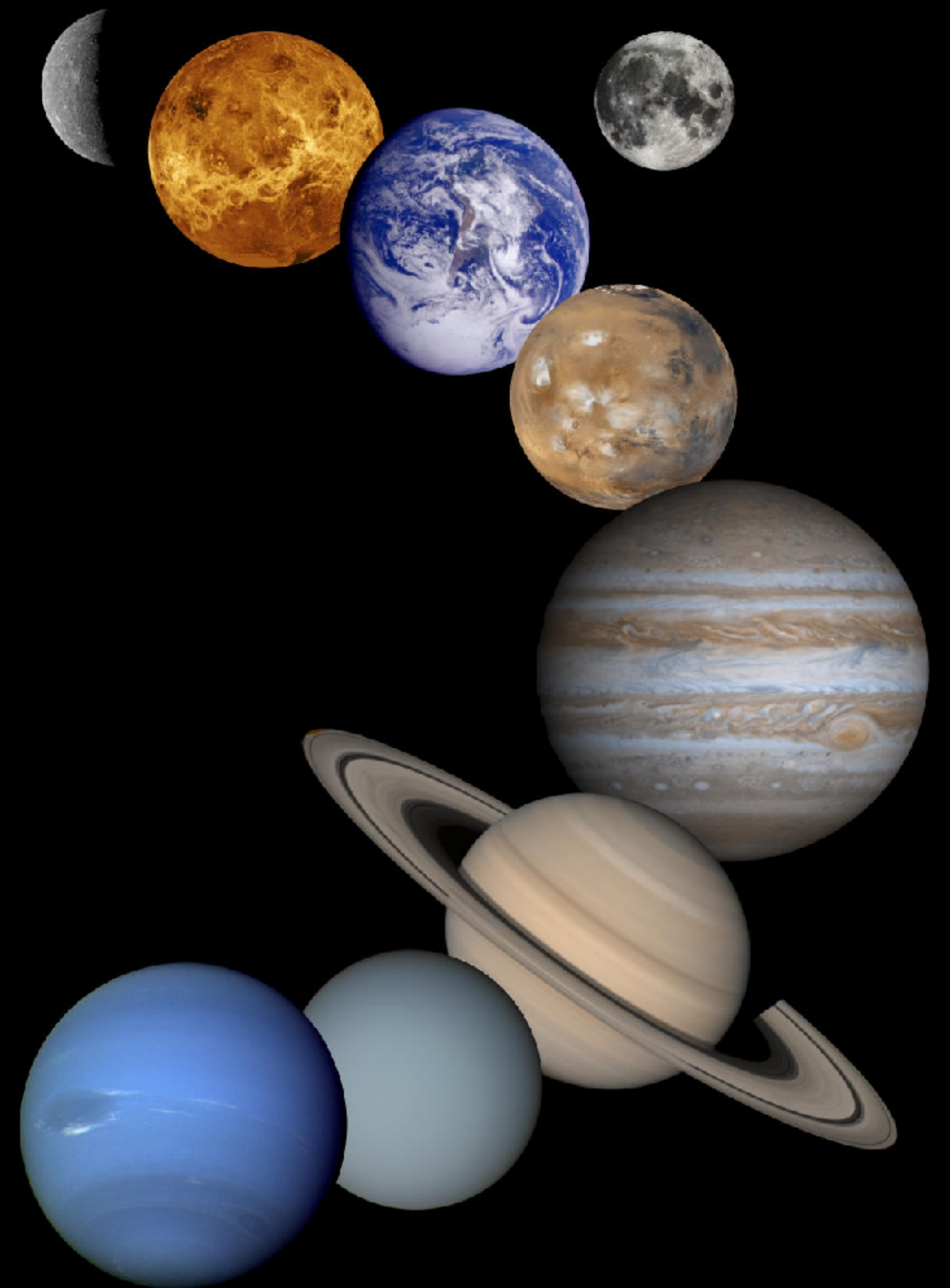


Diagramme HR Gaia

LA DIVERSITÉ ...
DANS LE SYSTÈME
SOLAIRE



LA DIVERSITÉ...

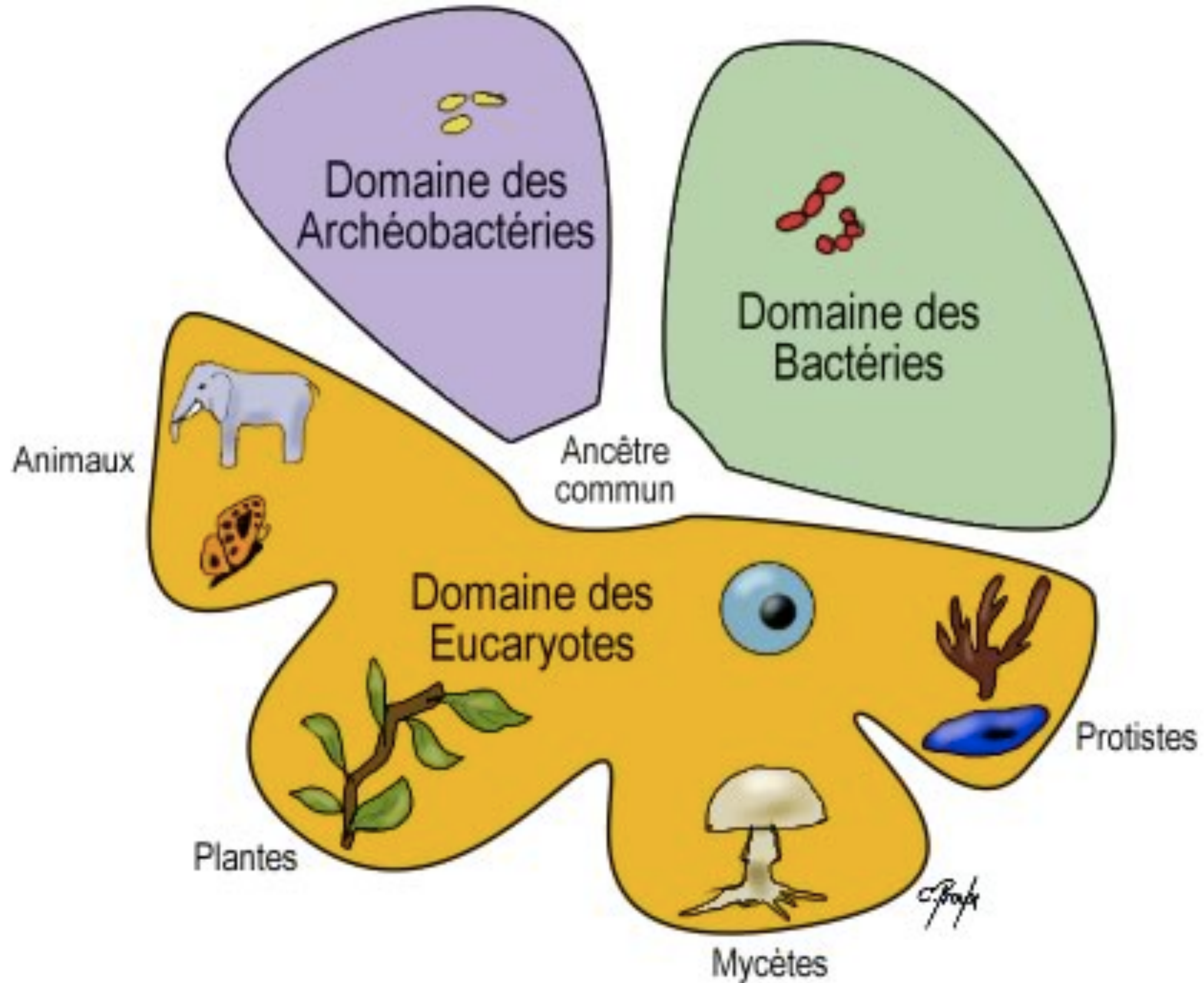
CHEZ LES ÊTRES HUMAINS



LA DIVERSITÉ ... DANS LE MONDE ANIMAL



LA DIVERSITÉ ...
AU
NIVEAU
DES
CELLULES



Si la **diversité** est présente partout dans la nature / l'univers ...

Si la **diversité** est présente partout dans la nature / l'univers ...

POURQUOI LA VIE DEVRAIT ÊTRE PARTOUT **LA MÊME** ?



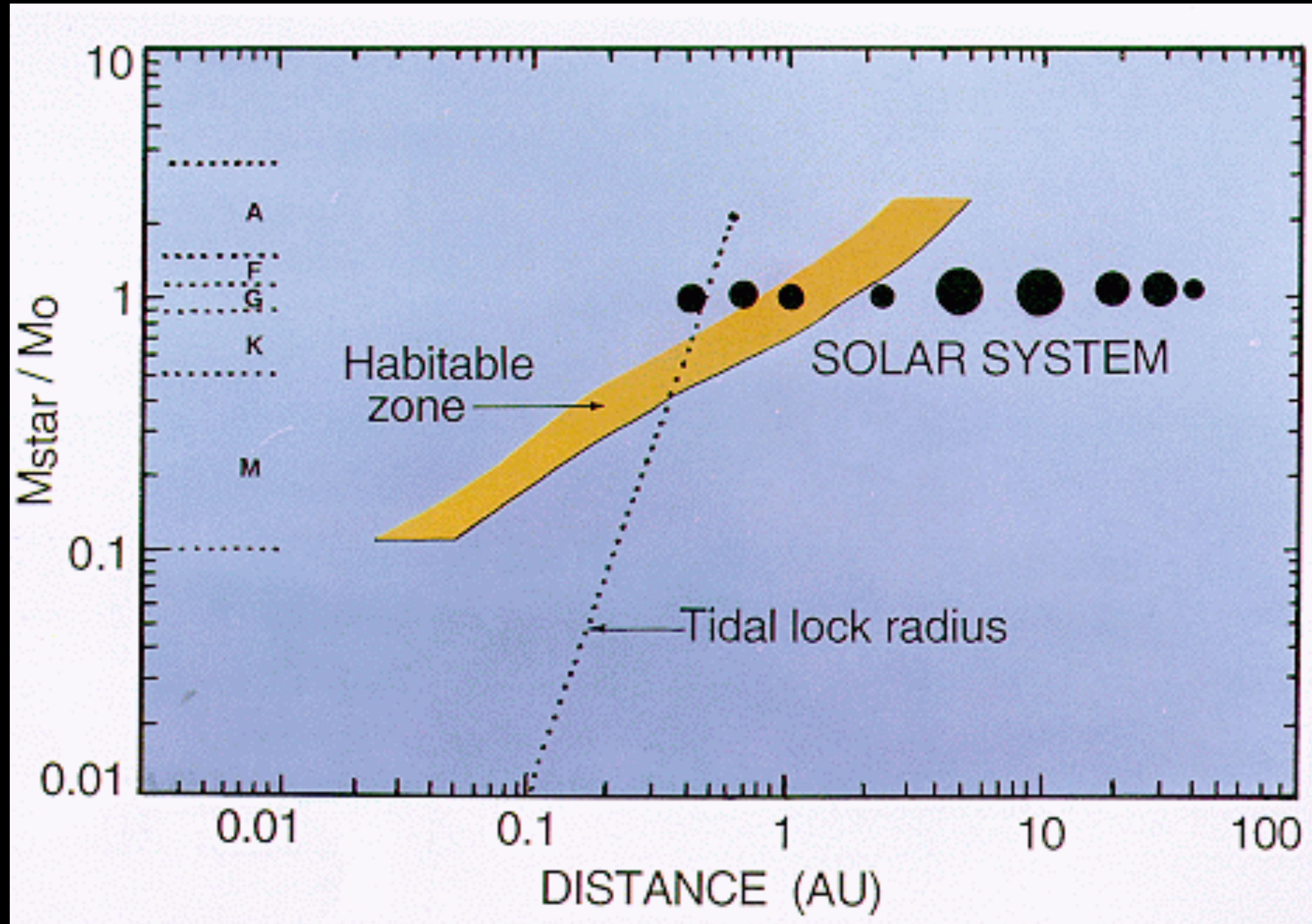
Si la **diversité** est présente partout dans la nature / l'univers ...

POURQUOI LA VIE DEVRAIT ÊTRE PARTOUT **LA MÊME** ?

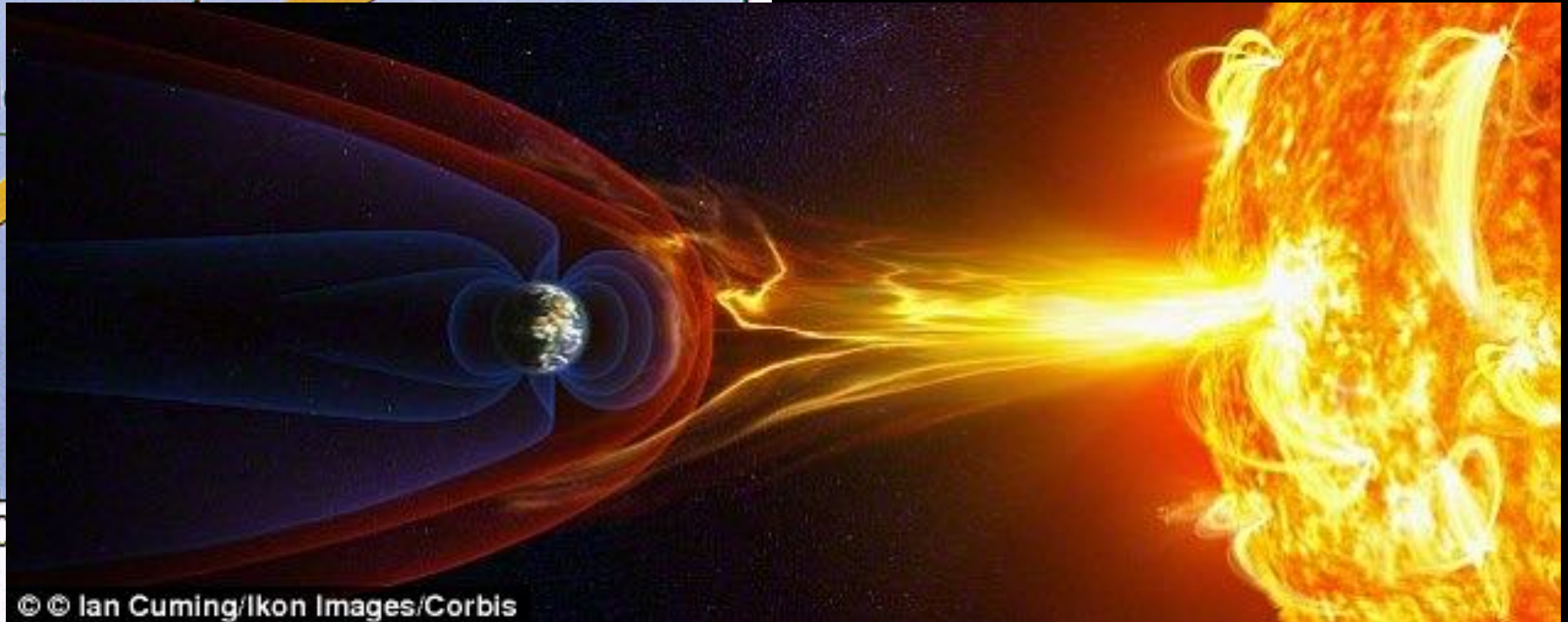
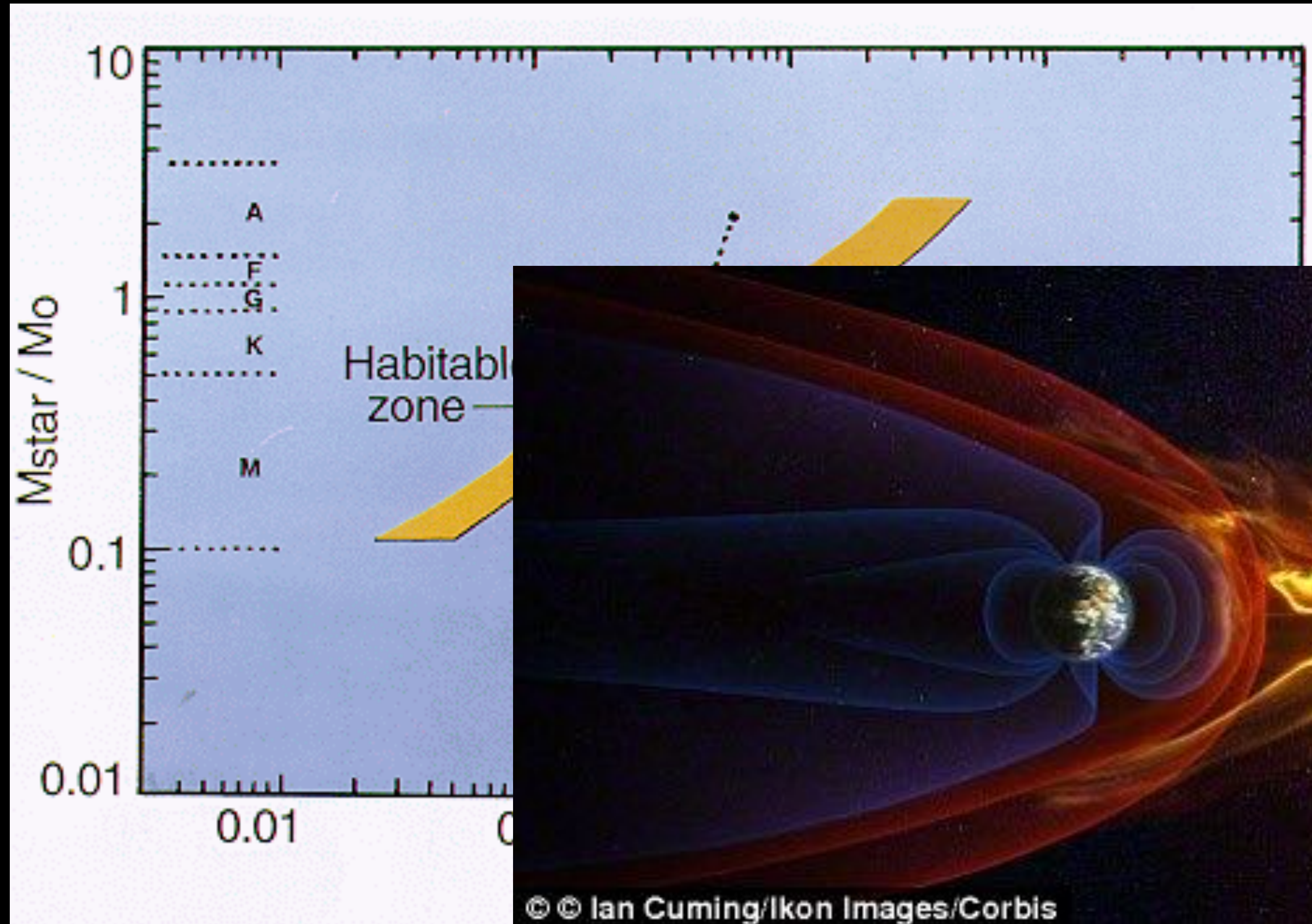


Comment **détecter** la présence de vie extra-terrestre ?

LE CONCEPT DE **ZONE HABITABLE** EST-IL VRAIMENT PERTINENT ?



LE CONCEPT DE **ZONE HABITABLE** EST-IL VRAIMENT PERTINENT ?

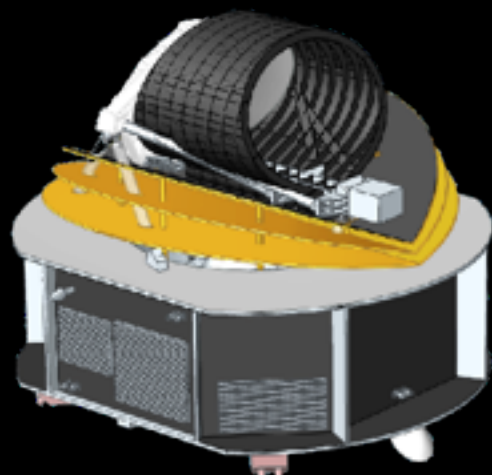


QUELS MOYENS SPATIAUX AVONS-NOUS BESOIN POUR DÉTECTER UNE VIE EXTRA-TERRESTRE ?

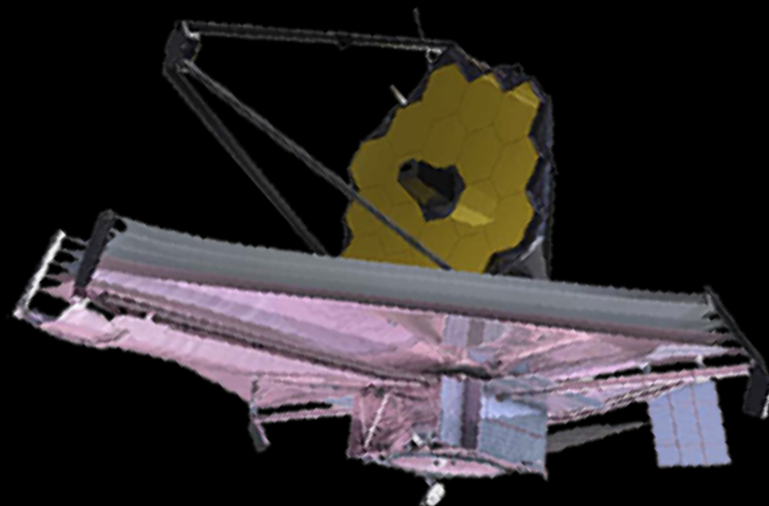
2020's



PLATO: fournisseur de planètes "habitables"

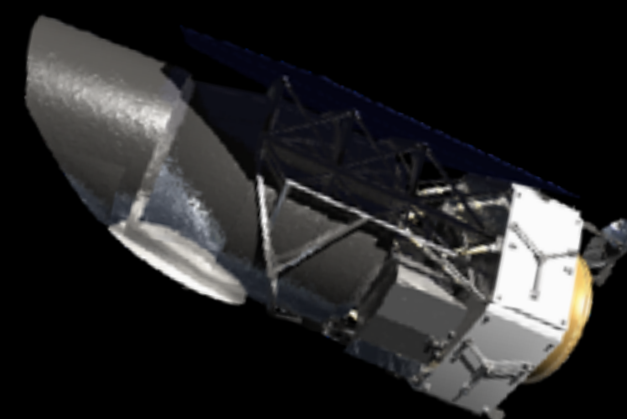


ARIEL: caractérisation d'atmosphère de planètes chaudes

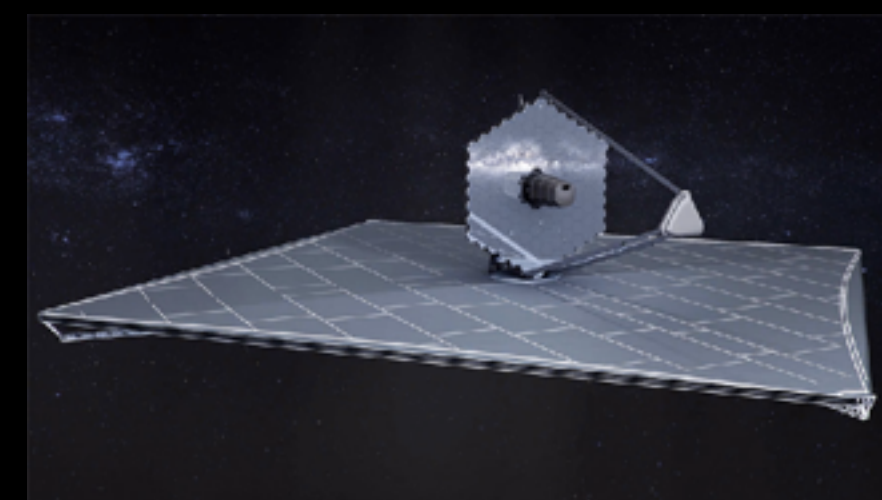


JWST: caractérisation d'atmosphère de planètes plus froides / plus petites ?

2030's, 2040's, ...



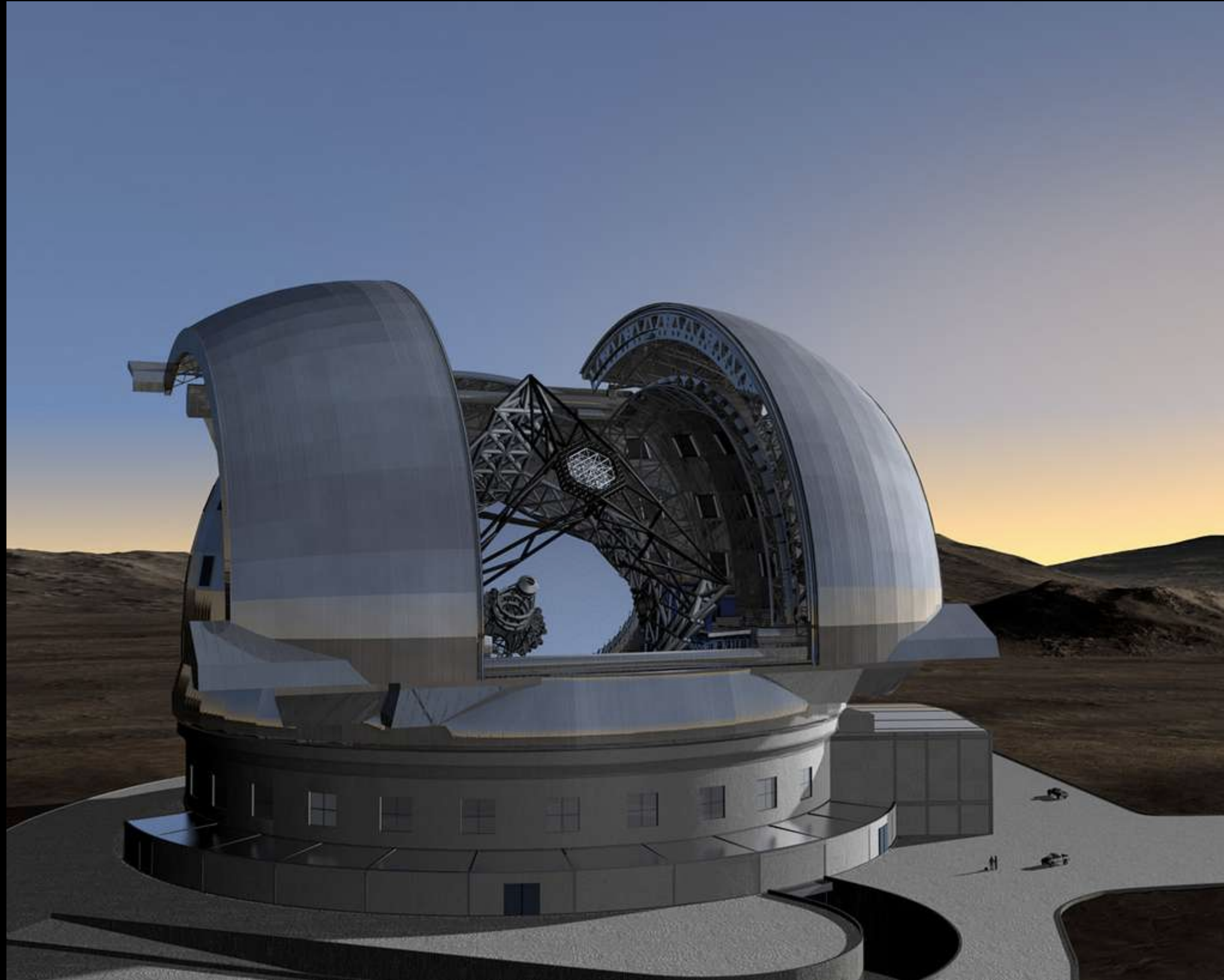
WFIRST



LUVOIR,
HaBeX, OST

ESA Voyage 2050 ?

QUE PEUT-ON FAIRE DEPUIS LE SOL ?



CONCLUSIONS

- Des dizaines de planètes telluriques découvertes = grande diversité de composition !
- Planètes telluriques chaudes mais nouveaux instruments pour détecter des planètes plus froides
- Grande diversité dans les atmosphères de planètes géantes ! Premières détection d'atmosphère de mini-Neptune.
- La diversité est universelle : que doit-on atteindre de l'astrobiologie ?
- Quels moyens sol - espace avons-nous besoin pour explorer la diversité de la vie extraterrestre ?

CONCLUSIONS

- Des dizaines de planètes telluriques découvertes = grande diversité de composition !
- Planètes telluriques chaudes mais nouveaux instruments pour détecter des planètes plus froides
- Grande diversité dans les atmosphères de planètes géantes ! Premières détection d'atmosphère de mini-Neptune.
- La diversité est universelle : que doit-on atteindre de l'astrobiologie ?
- Quels moyens sol - espace avons-nous besoin pour explorer la diversité de la vie extraterrestre ?

Merci !