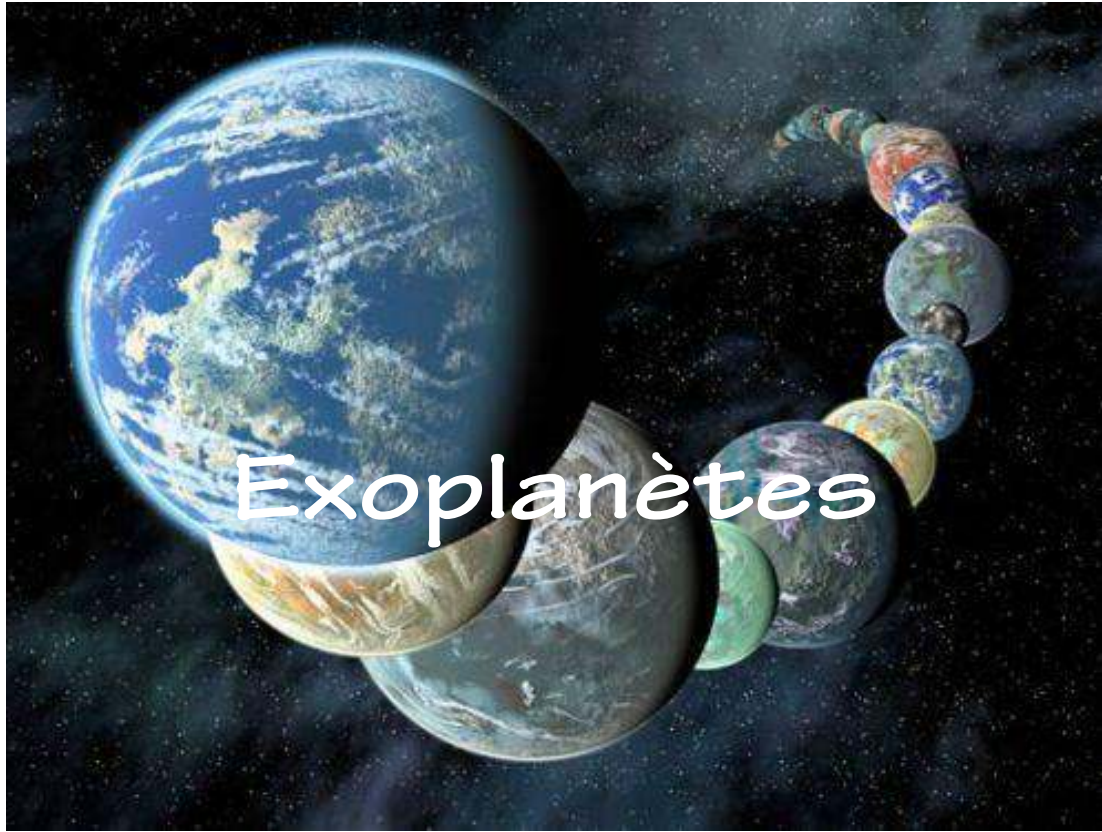


L'Univers dans ma poche



# Exoplanètes



Jean Schneider  
Grażyna Stasińska

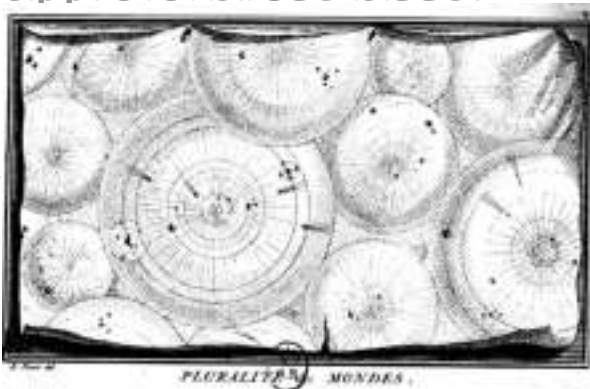
Observatoire de Paris

L'idée qu'il existe d'« autres mondes » au-delà du Système Solaire se trouve déjà chez le philosophe grec Epicure, il y a 2300 ans.

En 1584 le philosophe Giordano Bruno a exprimé l'idée que les étoiles ne sont que des soleils comme le nôtre.

Aux XVIIème et XVIIIème siècles, des savants et philosophes (comme Charles Huygens et Emmanuel Kant) ont approfondi ces idées.

Un dessin représentant « la pluralité des mondes » imaginée par le Français Fontenelle en 1686.



Version colorée d'une gravure de Camille Flammarion parue en 1888. Elle représente un pèlerin découvrant d'autres mondes.



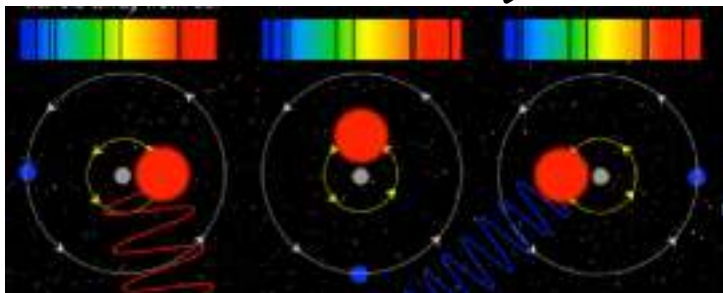
Les premières tentatives pour détecter des exoplanètes ont débuté en 1938. Mais jusqu'en 1989 il n'y eut que des fausses alertes. 2

# Pourquoi les exoplanètes ?

Il y a environ 100.000.000.000 étoiles dans notre Galaxie, la Voie Lactée. Combien sont entourées de système planétaires? Qu'est-ce qui fait qu'une étoile est entourée de planètes ? Ces systèmes planétaires sont-ils semblables au nôtre ? Se forment-ils comme le nôtre ? Voilà quelques-unes des questions qui motivent l'étude des exoplanètes.

Certaines exoplanètes pourraient avoir les bonnes propriétés (intensité et qualité de la lumière de l'étoile, température, composition de l'atmosphère ...) pour permettre l'existence d'une chimie organique complexe, et peut-être pour le développement d'une forme de vie (qui pourrait être très différente de la nôtre).

# Méthodes dynamiques :

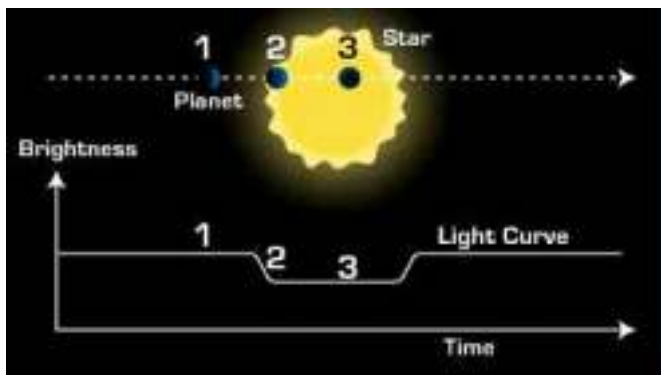


La planète et l'étoile tournent autour de leur centre de gravité

commun. Le mouvement de l'étoile autour ce centre est détecté par le déplacement des raies dans son spectre (voir TUIMP 2 et 10).

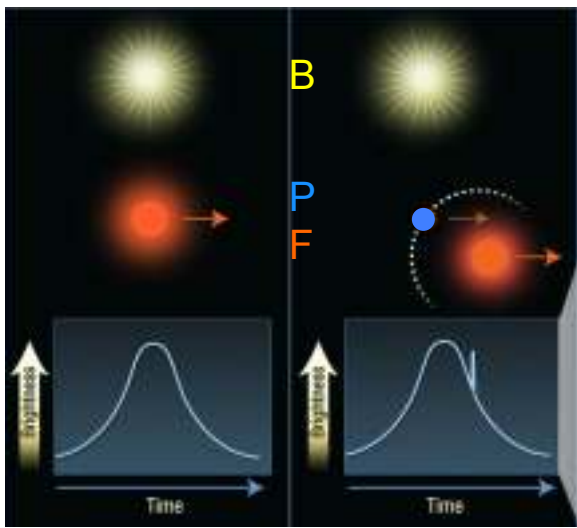
## Transits:

Si une planète passe devant son étoile elle produit une petite éclipse.



## Microlentille:

Si une étoile **F** passe devant une étoile **B**, elle crée une « amplification gravitationnelle » de **B**. Si une planète **P** orbite **F**, elle **aussi** amplifie **B**, sur une durée plus courte.

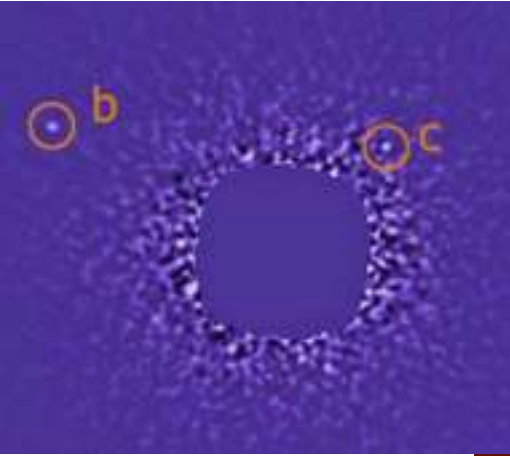


# Méthodes indirectes de détection

Les premières détections se basaient sur les effets que la planète produit sur son étoile (voir page de gauche). De nombreuses propriétés des planètes furent ainsi découvertes.

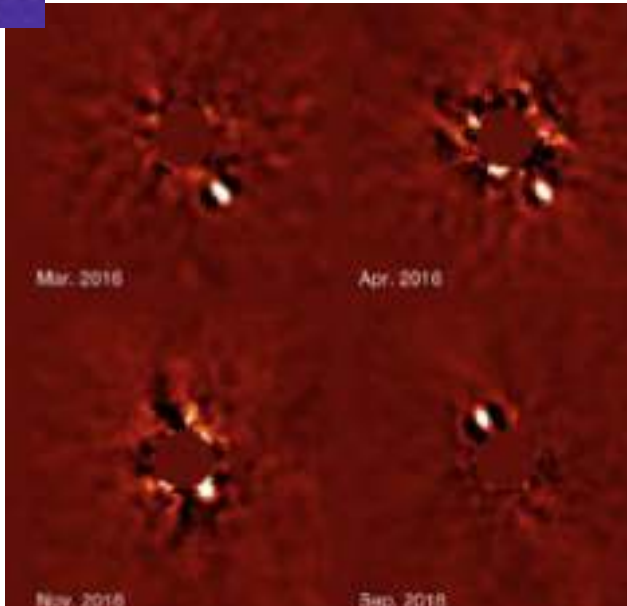
- Avec les méthodes dynamiques, les variations de vitesse radiale de l'étoile donnent la taille, la période et l'excentricité de l'orbite et une limite inférieure de la masse. La vraie valeur de la masse et l'orientation de l'orbite sont déduites de la variation de position de l'étoile par rapport à celle de ses voisines (obtenue par astrométrie).
- Les transits donnent la taille de la planète par la profondeur de l'éclipse et sa période de révolution par leur périodicité.
- La méthode des microlentilles donne la masse de la planète et sa distance à l'étoile. 5

Deux planètes de l'étoile HR 8799 découvertes en 2008 avec un coronographe sur le télescope Gemini North à Hawaii.

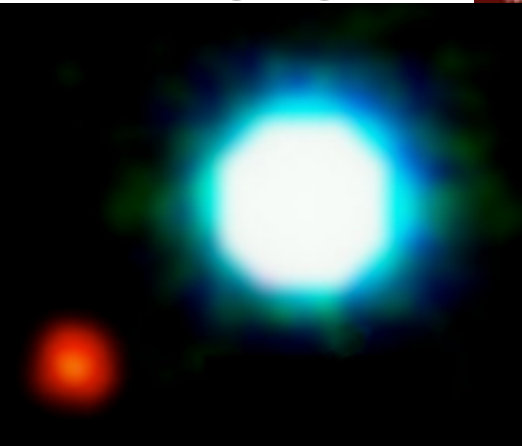


Séquence de 4 images prises au Très Grand Télescope (VLT) de l'ESO au Chili. Elle montre comment la planète  $\beta$  Pictoris b tourne autour de son étoile.

Source: Lagrange et al.



Première image d'une exoplanète, prise au VLT de l'ESO en 2004. Elle tourne autour de la « naine brune » 2M1207 (ici en blanc), une étoile froide de faible masse.



Source: Chauvin et al.



# Méthode de détection directe

La détection directe (par image) d'une exoplanète est difficile car les planètes sont pâles et très proches de leur étoile qui est au moins 10 millions de fois plus brillante. Il faut donc bien masquer l'étoile par un « coronographe ».

L'image directe, si elle est possible, est très utile car des images successives donnent l'orbite de la planète.

La spectroscopie de la planète révèle la composition moléculaire de son atmosphère et même son climat et sa météo.

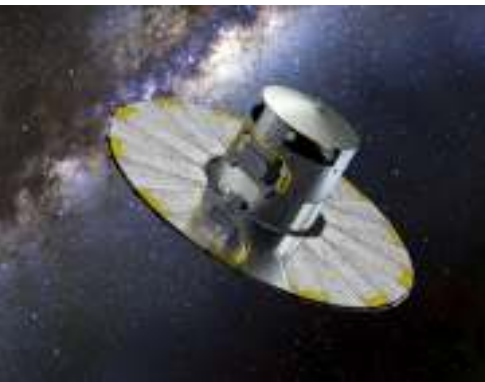
Sa surveillance photométrique donne sa période de rotation (la durée du jour).

Mais la taille et la masse ne peuvent être obtenues que par des méthodes indirectes.



Le satellite CoRoT a découvert 36 planètes. 600 candidats restent à confirmer.

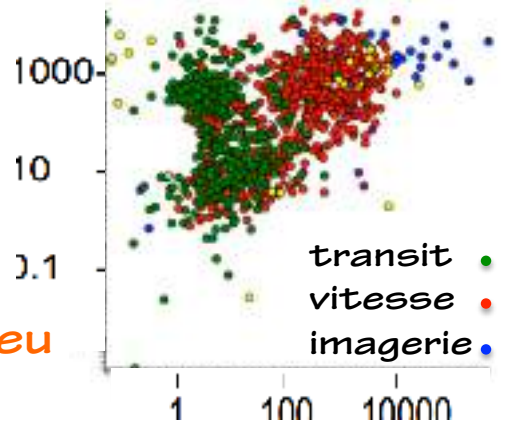
La mission Kepler a observé 530.000 étoiles et trouvé 2500 planètes à ce jour. 2500 candidats attendent confirmation.



Le satellite européen Gaia (lancé en 2013) fonctionnera jusqu'en 2022. Il aura mesuré la position et le mouvement d'un milliard d'étoiles avec une extrême précision.

Les masses des planètes (par rapport à la Terre) en fonction de leur année (en jours terrestres).

Données de [exoplanets.eu](http://exoplanets.eu)





# Brève histoire des découvertes

Les premières exoplanètes ont été découvertes par **vitesse radiales** avec des spectrographes de haute précision (HD 114762 b en 1989, puis d'autres). En 1992, 3 planètes furent trouvées autour d'un pulsar. Depuis, les détections s'accumulent. Au début de 2019, plus de 800 planètes et 600 systèmes multiplanètes avaient été trouvés par cette méthode.

En 2006 le satellite CoRoT (France-ESA) a été lancé, suivi en 2009 par Kepler (NASA). Les deux ont utilisé la méthode des **transits**. CoRoT a le premier détecté une planète rocheuse, puis Kepler a découvert des milliers de planètes.

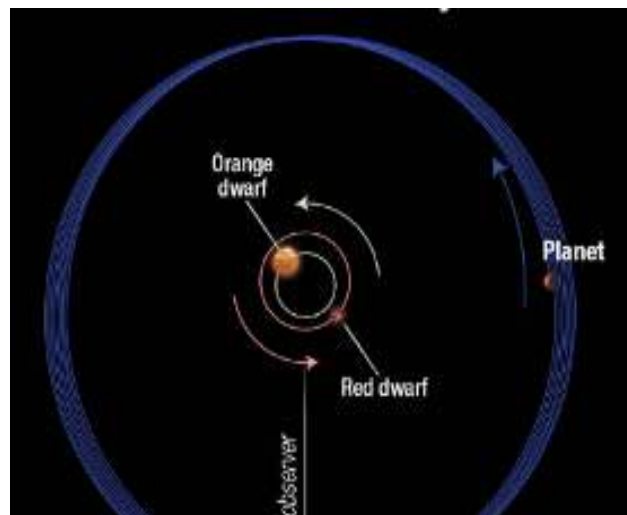
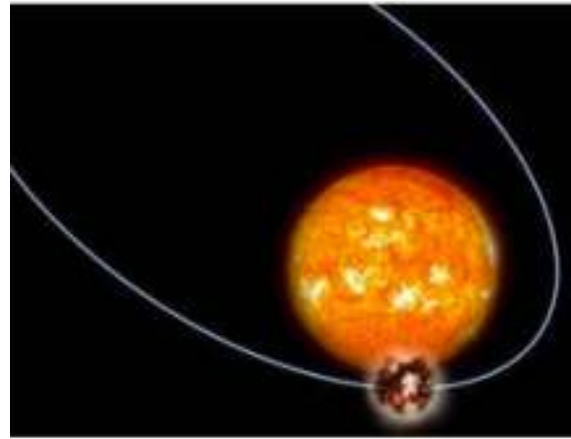
Depuis 2004, 90 planètes ont été trouvées par **microlentilles** et depuis 2008, 100 par **imagerie**.

Par **astrométrie** Gaia devrait découvrir des milliers de nouvelles planètes.



Une vue imaginaire (qui n'est pas à l'échelle) de la super-terre très chaude CoRoT-7 b.

Une vue d'artiste de la planète Kepler-432 b sur son orbite très excentrique, qui est à l'origine de saisons extrêmes. (auteur: G.Thimm)



La planète Kepler-413 b qui tourne autour de deux étoiles : une orange et une rouge.

# La diversité des mondes

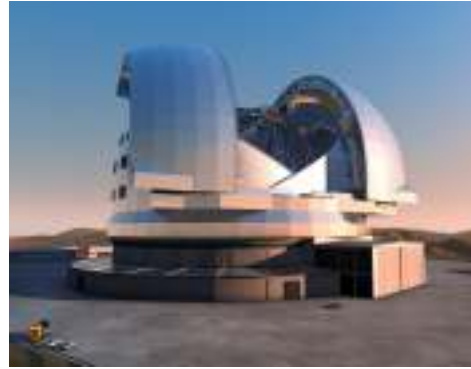
En 2019, plus de 4000 planètes ont été confirmées et plus de 3000 attendent confirmation.

Bien des planètes étranges ont été découvertes, qui n'existent pas dans le Système Solaire :

- Des planètes avec une température de plus de  $1000^{\circ}\text{C}$ , faisant le tour de leur étoile en 2 à 5 jours (à comparer avec 365 jours pour la Terre).
- Des planètes qui s'évaporent.
- Des « super-terres », grandes comme 2 fois la Terre, avec des saisons extrêmes ( $-100^{\circ}\text{C}$  en hiver,  $+100^{\circ}\text{C}$  en été).
- Des planètes avec deux soleils.
- Des systèmes de planètes très resserrés autour de leur étoile.

Le futur chasseur d'exoplanètes Plato (ESA, lancement en 2026). Il cherchera des transits pour près de 200.000 étoiles.

Une vue d'artiste du futur télescope européen E-ELT (démarrage en 2025 au Chili). Il collectera 13 fois plus de lumière que les plus grands télescopes existants et produira des images 16 fois plus piquées que celles du Télescope Spatial Hubble.



Le projet d'hyper-télescope de A. Labeyrie. Un futur interféromètre spatial extrêmement étendu pour cartographier des exoplanètes avec une résolution de 100 m.



# L'avenir

D'ici 10 ans, des télescopes de 30-40m de diamètre seront installés au sol pour détecter des planètes par imagerie ou vitesses radiales. Des satellites seront lancés pour chercher des transits : Cheops, JWST, Plato, Ariel. JWST fera aussi de l'imagerie.

Des télescopes de 8-18m de diamètre (LUVOIR, Habex, ...) sont à l'étude à la NASA pour détecter des signes de vie sur des exoplanètes d'ici 2050.

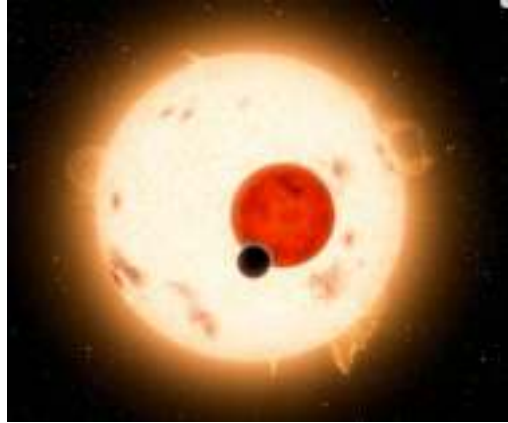
A plus long terme, d'immenses interféromètres spatiaux feront des cartes détaillées d'exoplanètes. Et sans doute des sondes interstellaires partiront vers les exoplanètes les plus intéressantes. Des ingénieurs y travaillent déjà.



# Quiz

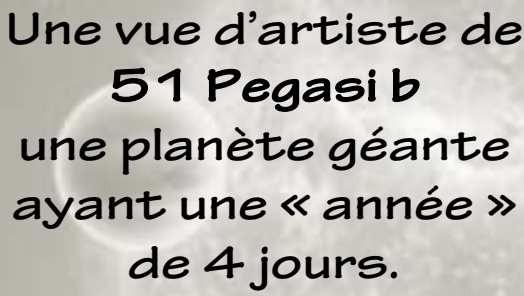


Laquelle de ces images représente une planète du Système Solaire ?

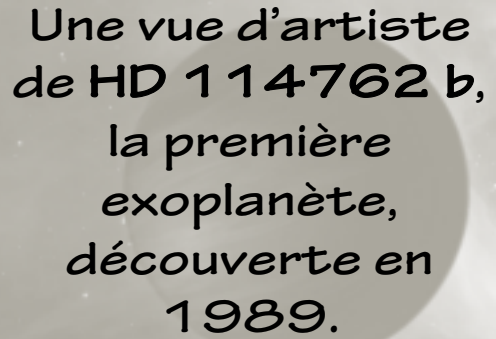


Réponses au verso






Une vue d'artiste de  
**51 Pegasi b**  
une planète géante  
ayant une « année »  
de 4 jours.



Une vue d'artiste  
de **HD 114762 b**,  
la première  
exoplanète,  
découverte en  
1989.



Une image de Jupiter  
prise par la mission  
Juno (NASA) et  
post-traitée par  
David Marriott.

NASA / JPL-Caltech / SwRI /  
MSSS / Marriott



Une vue d'artiste  
de **Kepler-16b**,  
une planète  
tournant autour  
de deux étoiles.

## L'Univers dans ma poche N° 8

Ce mini-livre a été écrit en 2019 per Jean Schneider et Grażyna Stasińska (Observatoire de Paris , France).

Nr 1

Image de couverture : illustration de la richesse et de la diversité attendues des « autres mondes » (source JPL). Toutes les images d'exoplanètes et de télescopes dans ce mini-livre sont des vues d'artistes (sources NASA, ESA and ESO).



Pour en savoir plus sur cette collection et sur les thèmes présentés dans ce mini-livre tu peux visiter

<http://www.tuimp.org>

TUIMP Creative Commons

