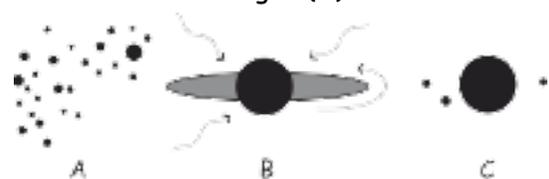


La confirmation de la position de la Terre, non pas au centre de tout, mais en orbite autour du Soleil avec 7 autres planètes, a révolutionné notre conception de l'Univers. La première découverte d'une planète en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil en 1995 a été une seconde révolution et, début 2022, près de 5000 exoplanètes, généralement très différentes des planètes du Système Solaire, ont été observées.

Comprendre comment s'est formé le Système Solaire et découvrir s'il y a d'autres planètes capables d'abriter la vie, sous quelque forme que ce soit, sont une forte motivation pour continuer la recherche d'exoplanètes.

Comment se forment les planètes ?

On pense que les étoiles et les planètes se forment à la suite de l'effondrement de nuages interstellaires de gaz et de poussière en rotation. Ces nuages (A) se contractent sous l'effet de leur propre gravité et donnent naissance



à une étoile centrale entourée d'un disque de matière (B). Les particules de poussière et de gaz de ce disque

peuvent finalement former les planètes qui seront en orbite autour de l'étoile centrale (C).

Les planètes telluriques du Système Solaire (Mercure, Venus, la Terre, Mars) sont principalement constituées de roches et de métaux. On pense qu'elles se sont formées suite au regroupement de particules de poussière, formant des objets de plus en plus massifs, les planétésimaux, donnant naissance aux planètes par collisions successives.



Les planètes géantes (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune), plus éloignées du Soleil sont constituées d'un centre solide entouré d'une enveloppe gazeuse. L'accrétion de planétésimaux semble également être à l'origine de ces régions centrales, autour desquelles du gaz provenant du disque d'accrétion aurait été retenu.

Les planètes extrasolaires de masse comprise entre 0,1 et 10 fois celle de Jupiter ont fréquemment une orbite très proche de leur étoile avec une excentricité importante. Les théories de formation planétaire ont dû être révisées car elles prévoyaient au contraire des orbites quasi-circulaires et des planètes géantes

Les Petits Livres de **Gaia**

LA RECHERCHE DE PLANETES



éloignées de leur étoile, comme c'est le cas dans notre Système Solaire. Un phénomène appelé migration orbitale a été avancé pour rendre compte du déplacement de ces planètes depuis leur lieu de formation initial vers des orbites plus centrales.

Plus grands seront le nombre et la variété d'exoplanètes observées et caractérisées (nature, masse, paramètres orbitaux, type d'étoile autour de laquelle la planète est en orbite), mieux nous comprendrons comment ces systèmes planétaires ont pu se former.

D'autres planètes que la Terre peuvent-elles abriter la vie ?

On pense que toute forme de vie a besoin d'eau liquide pour se développer. Ce n'est possible que sur les planètes telluriques situées dans la *zone habitable*, c'est à dire, séparées de leur étoile par une distance permettant la présence d'eau liquide. La présence simultanée d'au moins une planète massive sur une orbite éloignée de l'étoile et d'une planète tellurique située dans la zone habitable pourrait être un facteur favorable à la

présence de vie évoluée sur celle-ci, car la planète intérieure est alors protégée des collisions de comètes, susceptibles de détruire la vie.

Aucune planète satisfaisant tous ces critères n'a encore été trouvée mais les techniques de détection deviennent de plus en plus sophistiquées et on peut maintenant envisager des télescopes capables de détecter des traces d'eau ou d'ozone dans les atmosphères planétaires.

Méthodes de détection



À ce jour, près de 5000 exoplanètes ont été découvertes. Parmi celles-ci, plus de 3500 l'ont été par la méthode des transits et près d'un millier par celle des vitesses radiales. L'observation directe, par imagerie, n'a pu être réalisée que pour moins de 200 systèmes, la détection par microlensing pour 170 et la détection astrométrique pour seulement 15 planètes.

Chacune de ces méthodes a ses biais observationnels : un transit sera d'autant plus marqué que la taille de l'exoplanète sera grosse comparée à celle de l'étoile et que la planète sera proche de l'étoile ; une variation de vitesse radiale sera d'autant



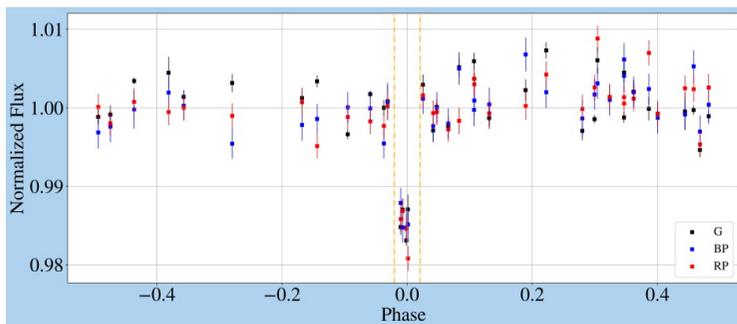
plus facile à observer que la planète sera plus massive et plus proche de son étoile. Par contre, la perturbation du mouvement d'une étoile sur le ciel sera d'autant plus grande que l'exoplanète sera plus massive et plus loin de son étoile.

Gaia et la recherche d'exoplanètes

Avec ses observations systématiques de l'ensemble du ciel et sa remarquable précision tant astrométrique que photométrique, Gaia va changer la donne. On estime que l'analyse de 10 années de données Gaia pourrait permettre la détection astrométrique de quelques 70 000 ($\pm 20\ 000$) exoplanètes de masses 1 à 15 masses de Jupiter et d'un très grand nombre de *transits* photométriques. Gaia pourrait aussi jouer un rôle dans la recherche de mondes habitables en observant la présence de planètes géantes en orbite éloignée autour d'une étoile de type solaire, ce qui augmenterait les possibilités de découvrir une planète de type Terre habitée près de cette étoile. La publication des prochains catalogues Gaia permettra une estimation plus précise des capacités de Gaia dans ce domaine.

Détection d'exoplanètes par transit

Gaia observe en trois bandes photométriques : G, la plus large qui recouvre à peu près les mêmes longueurs d'onde que l'œil, BP et RP qui observent respectivement dans le bleu et dans le rouge. La figure ci-contre montre le premier *transit* détecté dans les données de Gaia : la planète n'émet pas de lumière mais, quand elle passe devant l'étoile, la luminosité de l'étoile baisse légèrement et la grande précision photométrique de



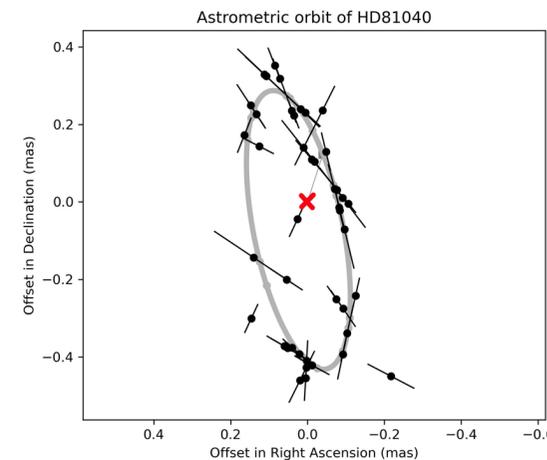
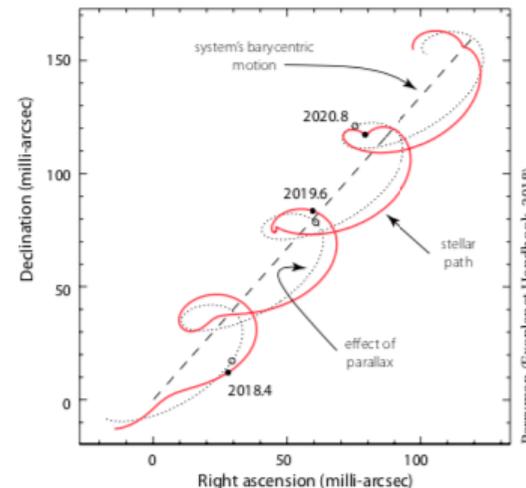
Gaia (1 à quelques millièmes de magnitude selon la luminosité de l'étoile) permet de détecter facilement ces baisses de luminosités.

Détection astrométrique d'exoplanètes

Les observations répétées de chaque étoile au cours du temps et l'extrême précision astrométrique de Gaia permet de distinguer les différentes composantes de son mouvement : un mouvement presque rectiligne, qui est le mouvement de l'étoile par rapport au Soleil ; une première perturbation en forme de bouclettes

qui est due au mouvement de Gaia (qui accompagne celui de la Terre) autour du Soleil ; et enfin, éventuellement, une perturbation due à la présence d'une autre étoile ou d'une exoplanète en orbite autour de l'étoile observée. Cette perturbation, en rouge sur la figure, est infime dans le cas d'une exoplanète et est très fortement exagérée ici pour être visible.

Les Catalogues Gaia successifs



reposent sur l'analyse de plus en plus de données, ce qui permet de détecter de plus en plus de détails. Pour la première fois, les données du prochain catalogue Gaia, Gaia DR3, vont permettre d'analyser les mouvements complexes des systèmes d'étoiles et des étoiles avec exoplanète(s). La figure ci-contre en est un exemple. Elle montre l'orbite d'une exoplanète environ 8 fois plus massive que Jupiter en orbite autour

d'une étoile proche similaire au Soleil : HD 81040 située à un peu plus de 100 années-lumière du Soleil.

Nous vivons une période passionnante, où il est maintenant à notre portée de découvrir des mondes similaires au nôtre, de comprendre la formation du Système Solaire et même d'observer des planètes pouvant abriter la vie.

Des informations plus détaillées sont disponibles sur les sites web de Gaia :

<http://gaia.obspm.fr> (en français)

<https://gaia.obspm.fr/la-mission/les-resultats/article/gaia-et-les-exoplanetes>

<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia> (en anglais)

Mise à jour : C. Turon, mars 2022

Version originale : A. Colorado-McEvoy, 1999

