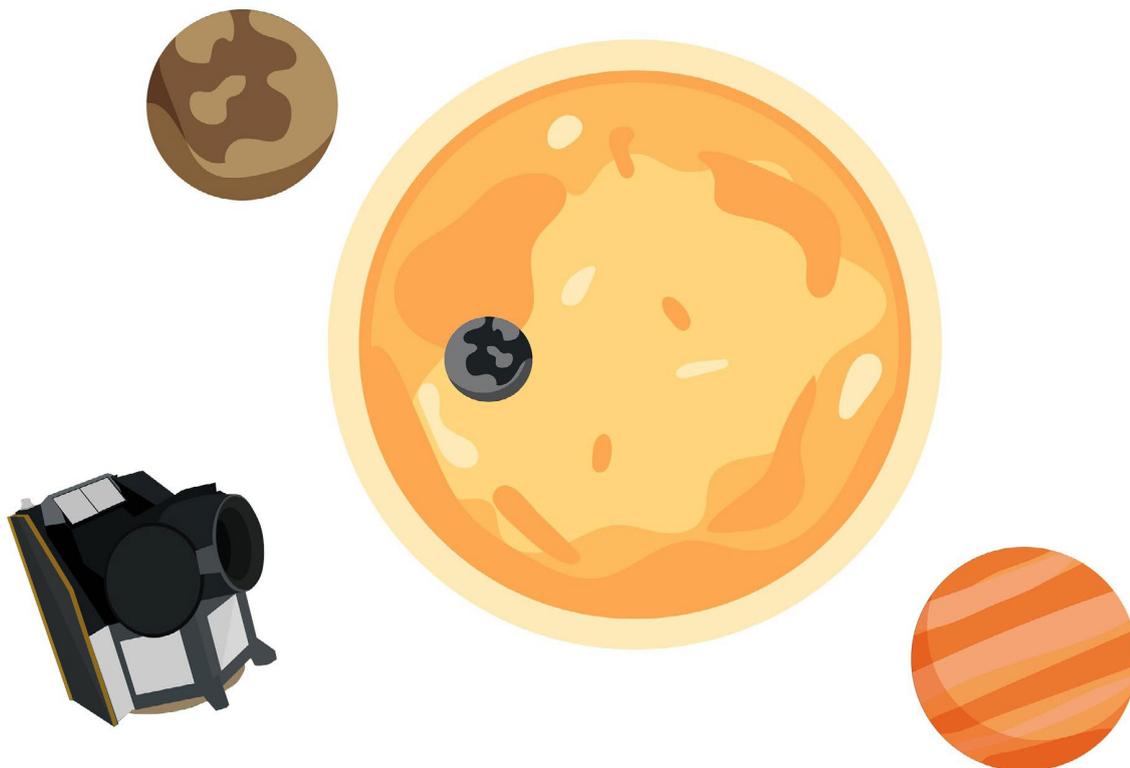
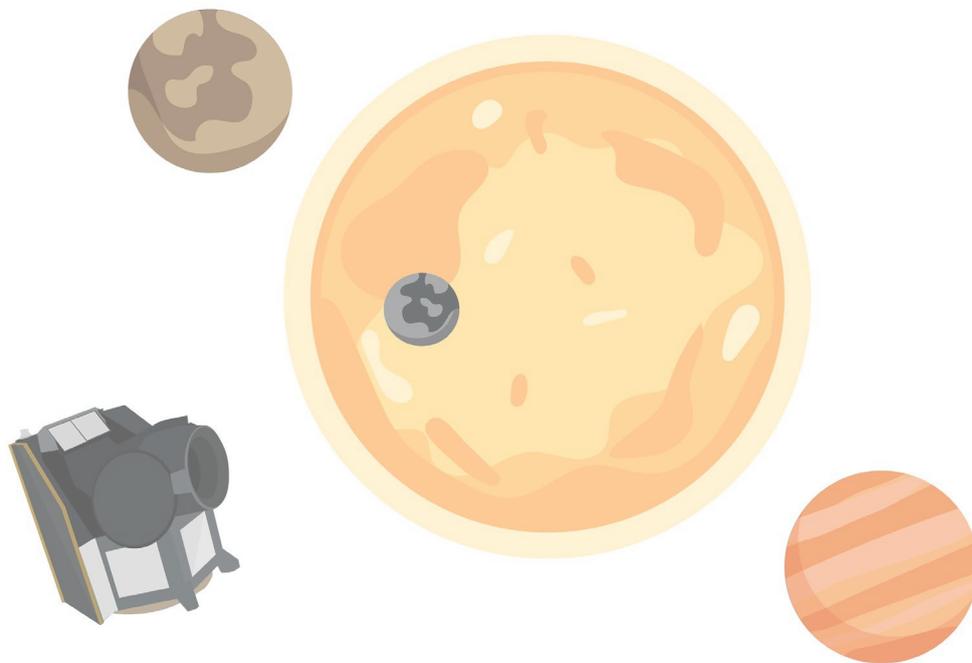


teach with space

→ EXOPLANÈTES EN MOUVEMENT

Construire votre propre système exoplanétaire





Guide de l'enseignant

En bref	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction	page 5
Activité 1 : Introduction aux exoplanètes	page 6
Activité 2 : Modèle d'exoplanète en transit	page 7
Fiche élève	page 11
Liens	
Annexe 1 : Edition table tournante	page 18
Annexe 2 : Edition Rover	page 20
Annexe 3 : Edition imprimée en 3D	page 24

teach with space - Exoplanètes en mouvement | P32
www.esa.int/education

Le bureau de l'éducation de l'ESA est ouvert aux réactions et aux commentaires
teachers@esa.int
Vos retours possibles également à esero.france@cnes.fr

Une production de l'ESA Education
Copyright 2023 © Agence spatiale européenne
Traduit et adapté par ESERO France et le CNES, 2023

→ EXOPLANÈTES EN MOUVEMENT

Modélisation des transits d'exoplanètes

En bref

Sujet : Mathématiques, Physique, Astronomie

Tranche d'âge : 10-18 ans

Type : Activité élève, modélisation pratique

Complexité : Moyenne

Durée du cours : 60 minutes

Coût : Faible (0-10 euros) - moyen (10-30 euros)

Emplacement : Salle de classe

Comprend l'utilisation de : Application de mesure de la lumière ou enregistreur de données, composants imprimés en 3D (facultatif), rover (facultatif)

Mots-clés : Physique, mathématiques, astronomie, exoplanètes, courbes lumineuses, transits, orbites, mise à l'échelle, graphiques, période, robotique, impression 3D

Aperçu

Dans cette série d'activités, les élèves apprendront comment les scientifiques étudient les exoplanètes avec des satellites comme Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite), en utilisant la méthode des transits. Les élèves construiront leur propre modèle de système exoplanétaire, puis observeront et interpréteront les courbes de lumière du modèle.

Des instructions d'assemblage pour trois modèles de transit différents sont fournies : plateau tournant (simple), rover (intermédiaire) et imprimé en 3D (avancé).

Cette activité fait partie d'une série qui comprend "**Détective d'exoplanètes**", où les élèves analysent des données réelles provenant du satellite Cheops de l'ESA, et "**Exoplanètes en boîte**", où les élèves construisent un modèle de transit dans une boîte à chaussures et calculent la taille d'une exoplanète.

Objectifs d'apprentissage

- Comprendre ce que sont les exoplanètes et comment les satellites les étudient.
- Comprendre comment la méthode des transits est utilisée pour la détection et la caractérisation des exoplanètes.
- Améliorer les compétences expérimentales en observant et en interprétant les courbes de lumière mesurées.
- Développer les compétences de travail en équipe par la résolution collaborative de problèmes.
- Communiquer les résultats scientifiques et mathématiques à ses pairs.

→ Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Résultat	Exigences	Temps
1	Introduction aux exoplanètes	Activité d'introduction explorant les bases des exoplanètes et de la méthode des transits.	Apprenez ce que sont les exoplanètes et comment la méthode des transits permet d'obtenir des informations sur les exoplanètes pour les trouver et en apprendre davantage sur elles.	Aucun	20 minutes
2	Modèle d'exoplanète en transit	Les élèves créeront leur propre modèle de système exoplanétaire et l'utiliseront pour explorer la méthode de transit en prenant des mesures à l'aide d'une application de mesure de la lumière et d'un enregistreur de données.	Suivez les instructions pour créer un modèle de système exoplanétaire. Dessinez et interprétez des graphiques et comprenez comment la taille du modèle peut être modifiée. Les exoplanètes affecteront la lumière mesurée par le détecteur.	Connaissances de l'activité 1	40 minutes, selon le modèle de transit utilisé, cela peut prendre plus de temps

→ Introduction

Les exoplanètes sont des planètes situées en dehors de notre propre système solaire, en orbite autour d'une étoile autre que notre Soleil. Les exoplanètes sont détectées et étudiées à l'aide de télescopes sur Terre et dans l'espace.

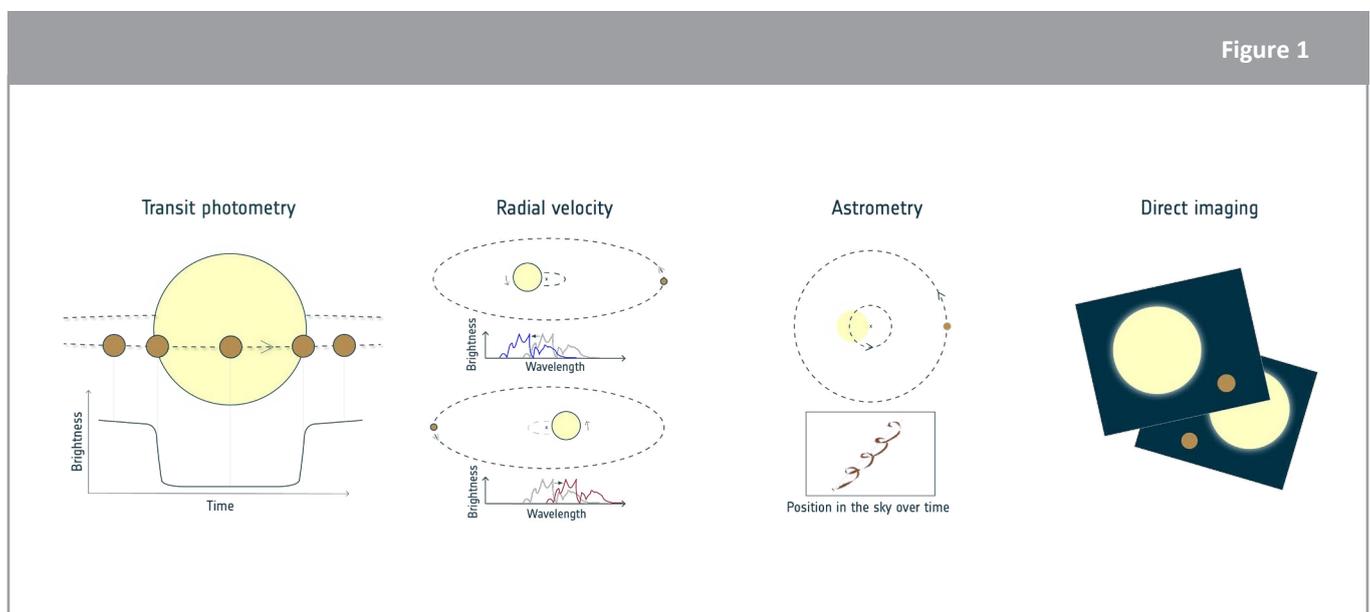
Les exoplanètes sont difficiles à détecter, car le signal que nous recevons d'elles est faible par rapport au signal beaucoup plus important provenant de leurs étoiles hôtes plus grandes et plus brillantes. Généralement, il est bien inférieur à 1 %.

Il existe plusieurs méthodes principales utilisées pour rechercher et trouver des exoplanètes, voici les principales :

- **Imagerie directe** - comme son nom l'indique, l'exoplanète est directement imagée. C'est la seule méthode qui permet de détecter l'exoplanète et de mesurer directement sa lumière.
- **Photométrie de transit** - l'exoplanète est détectée en mesurant une diminution de la lumière provenant de l'étoile.

Lorsqu'une exoplanète orbite autour d'une étoile, l'étoile et l'exoplanète gravitent autour du centre de masse de l'ensemble du système. Le petit mouvement orbital de l'étoile est utilisé par les deux méthodes suivantes pour caractériser les exoplanètes qui orbitent autour d'elle.

- **Vitesse radiale** - l'exoplanète est détectée en mesurant les décalages dans le profil spectral de l'étoile.
- **Astrométrie** - l'exoplanète est détectée en mesurant l'oscillation de la position de l'étoile.



↑ Méthodes de détection des exoplanètes.

Dans cette série d'activités, les élèves construiront un système exoplanétaire à l'aide d'un modèle de transit. La profondeur du creux dépend directement du pourcentage de la lumière de l'étoile qui est bloqué par l'exoplanète qui passe devant, ce qui dépend de la taille de l'exoplanète par rapport à l'étoile. Plus la planète est grande par rapport à l'étoile, plus elle « bloque » sa lumière. Si nous connaissons la taille de l'étoile, nous pouvons déterminer la taille de la planète.

→ Activité 1 : Introduction aux exoplanètes

Pour présenter aux élèves le sujet des exoplanètes, vous pouvez utiliser le matériel vidéo disponible dans les liens ci-dessous ou utiliser les informations de base comme ressource complémentaire.

Vous trouverez ci-dessous quelques suggestions de matériel vidéo de l'ESA :

- Série "Meet the Experts" - Autres mondes :

[ESA - Meet the Experts: Other worlds](#)

- Rencontrez Cheops, le satellite de caractérisation des exoplanètes :

[ESA - Meet Cheops, the Characterising Exoplanet Satellite](#)

- Paxi explore les exoplanètes !

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets

Une fois que les élèves ont été initiés aux exoplanètes, à la méthode des transits et à Cheops, ils peuvent réaliser l'activité 1 de la fiche de travail de l'élève.

Exercice 1 - Notions de base sur les exoplanètes

Vous trouverez ci-dessous les réponses possibles aux questions 1 et 2 de la fiche de travail de l'élève.

1.1 Les exoplanètes sont des planètes situées en dehors du système solaire. De la même manière que les planètes, y compris la Terre, gravitent autour du Soleil, d'autres étoiles peuvent avoir des planètes en orbite autour d'elles.

1.2 Lumière

Informations supplémentaires : Cheops n'a qu'un seul instrument scientifique à bord : une caméra spécialisée appelée photomètre. La lumière des étoiles atteint le photomètre via un télescope de 32 centimètres de diamètre. Cheops est sensible à la lumière optique (que nous pouvons également détecter avec nos yeux) ainsi qu'à la lumière plus bleue et plus rouge, plus précisément aux longueurs d'onde de la lumière dans la région de 350 nm à environ 1100 nm.

Exercice 2 - La méthode du transit

Vous trouverez ci-dessous une réponse possible à la question 2.1.

2.1 Avec cette méthode, nous mesurons directement la quantité de lumière que la planète bloque lorsqu'elle passe devant l'étoile, et indirectement, nous pouvons calculer la taille de la planète. Si le télescope observe deux creux consécutifs dans la courbe de lumière, nous pouvons également en déduire la période orbitale de la planète, qui correspond au temps nécessaire à la planète pour effectuer une orbite complète autour de son étoile hôte.

Informations supplémentaires : En combinaison avec d'autres mesures, nous pouvons également calculer la densité de la planète et en déduire des informations sur son atmosphère. Cheops sera également en mesure de déterminer la courbe de phase et l'albédo de certaines exoplanètes, qui donnent un aperçu de leur température, de leur réflectivité et de leur climat.

Discussion

Après avoir réalisé les activités, les élèves doivent être encouragés à discuter de leurs réponses. Vous pouvez d'abord répartir la classe en paires ou en groupes, avant de discuter des réponses avec l'ensemble de la classe.

Avant de commencer l'activité 2, où les élèves construiront un modèle de transit, vous pouvez discuter avec eux de propositions sur la façon dont ils créeraient un système de modèle exoplanétaire.

→ Activité 2 : Modèle d'exoplanète en transit

Dans cette activité, les élèves construisent et testent leur propre modèle de système exoplanétaire en orbite autour d'une étoile, représentée par une ampoule. Les instructions de montage de trois modèles différents de transit d'exoplanètes sont disponibles dans les annexes : plateau tournant (simple), rover (intermédiaire) et imprimé en 3D (avancé). Choisissez le modèle de transit d'exoplanète qui convient le mieux à vos élèves.

- **Édition table tournante (simple)** : une table tournante est utilisée pour créer le mouvement circulaire du modèle d'exoplanète et simuler une orbite. La version table tournante du modèle de système exoplanétaire est le plus simple des trois modèles possibles pour cette ressource.

Lien vers les instructions de montage : <https://youtu.be/0TibvYu3vvyA>

- **Édition Rover (intermédiaire)** : un rover est utilisé pour créer le mouvement circulaire de l'exoplanète modèle et simuler une orbite. La version rover peut être combinée avec la programmation, la robotique et l'analyse du mouvement.

Lien vers les instructions de montage : <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>

- **Édition imprimée en 3D (avancée)** : un mécanisme personnalisé à code source ouvert imprimé en 3D est utilisé pour créer le mouvement circulaire de l'exoplanète modèle et simuler une orbite. La version imprimée en 3D du modèle de système exoplanétaire nécessite l'accès à une imprimante 3D pour imprimer le modèle. Le mécanisme est personnalisable et peut être modifié pour répondre à vos propres besoins.

Lien vers les instructions de montage : <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Fichiers 3D préparés à l'avance : esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

Après avoir installé le modèle, les élèves mesureront la lumière de l'ampoule pendant que les exoplanètes du modèle orbitent et observeront l'effet de la taille et de la vitesse des exoplanètes du modèle sur la courbe de lumière mesurée.

Cette activité peut être réalisée soit sous la forme d'une démonstration à la classe, soit sous la forme d'une activité collective à réaliser en groupes de 3 à 5 élèves.

Extra : Bien qu'il ne soit pas exploré dans cette série d'activités, le modèle de système exoplanétaire peut être utilisé pour introduire les lois de Kepler sur le mouvement des planètes. Une planète sur une orbite circulaire se déplace à une vitesse constante (deuxième loi de Kepler). Cette vitesse est déterminée par la masse de l'étoile et la distance entre la planète et l'étoile (troisième loi de Kepler).

Équipement

Liste du matériel :

- montage et support des ampoules électriques
- ampoule à haute luminosité
- plasticine/argile à modeler
- règle
- brochettes en bois
- un posemètre (par exemple, un téléphone avec une application de posemètre, ou un enregistreur de données)
- Matériel supplémentaire pour le modèle de transit des exoplanètes par groupe :
 - o **Édition platine** : platine (par exemple tourne-disque, plateau de service rotatif, roue de bicyclette)
 - o **Édition imprimée en 3D** : moteur, pièces du modèle imprimées en 3D
 - o **Édition Rover** : Rover (par exemple, WeDo 2.0)
 - o **Applications suggérées** : Android et IOS : Physics Toolbox Sensor Suite et Phyphox

Exercice 1 : Fabrique tes exoplanètes

Dans cet exercice, les élèves utiliseront de la plasticine ou de la pâte à modeler pour créer 2 ou 3 modèles différents d'exoplanètes. Le paramètre qui aura le plus d'impact sur le transit est la taille de l'exoplanète, mais veillez à ce que les planètes ne soient pas trop grandes ou trop lourdes afin qu'elles puissent fonctionner avec les mécanismes. Les élèves sont également invités à donner un nom original à leurs planètes.

Vous pouvez fixer votre propre limite de temps pour cette activité afin de vous assurer qu'il reste suffisamment de temps pour réaliser les autres exercices.

Exercice 2 : Construisez votre modèle de transit d'exoplanète

Dans cet exercice, les élèves vont mettre en place le modèle de système exoplanétaire, le tester et analyser la courbe de lumière mesurée avec le posemètre. Choisissez le modèle de transit d'exoplanète qui convient le mieux à vos élèves. Les instructions de montage de trois modèles différents de transit d'exoplanètes sont disponibles dans des documents séparés : plateau tournant (simple), rover et impression 3D (avancé).

La fiche de travail de l'élève est valable pour les trois modèles.

Exercice 3 : Analysez un transit avec votre modèle de transit d'exoplanète

Comme il est demandé aux élèves de décrire leurs observations avec leurs propres mots, les réponses suivantes ne sont que des exemples. Il est possible que certains élèves décrivent leurs résultats en se référant au modèle, et d'autres au système réel d'exoplanètes, il est donc important de faire ici la distinction entre observation et modèle.

Il est important que l'exoplanète modèle soit mise en rotation à un rythme régulier, quelle que soit la vitesse. En fonction de la vitesse de rotation du modèle, le creux de la courbe de lumière peut apparaître sous la forme d'un "v" plus net ou d'un "u" plus large.

3.1 Étoile - Ampoule

Télescope - **Smartphone / détecteur**

Exoplanète - **Boule de plastiline**

3.2 Pour chaque scénario, les élèves doivent faire un croquis de la courbe de lumière qu'ils ont observée et la décrire avec leurs propres mots.

a) L'intensité lumineuse affichée sur le graphique sera approximativement constante, sauf lorsque l'exoplanète modèle passe entre le capteur et la source lumineuse. À ce moment-là, nous pouvons observer une chute de l'intensité lumineuse mesurée.



b) L'intensité lumineuse diminue chaque fois que l'exoplanète modèle passe entre le détecteur et la source lumineuse. La profondeur et la largeur de chacune des trois baisses sont les mêmes, et la distance entre les baisses consécutives ne change pas.



c) Un modèle d'exoplanète plus grand produit un creux plus profond dans l'intensité lumineuse, un modèle d'exoplanète plus petit produit un creux plus petit ou moins profond sur le graphique.



d) Chaque modèle d'exoplanète passant devant l'ampoule produit son propre creux dans l'intensité lumineuse. Le modèle d'exoplanète le plus grand crée un creux plus profond que le modèle d'exoplanète le plus petit, alors que la largeur du creux est similaire.



Discussion

Après avoir réalisé cette activité, chaque groupe doit présenter ses résultats à la classe. Les élèves doivent être capables de décrire les composants du modèle de transit et de comprendre l'importance de la taille de l'exoplanète dans cette expérience. Les élèves doivent également avoir une idée des limites du modèle.

En guise de conclusion à l'activité et pour favoriser la discussion, vous pouvez poser à vos élèves la question suivante pour introduire les liens entre le modèle et le système exoplanétaire réel :

Question : *Après avoir observé la lumière détectée par votre modèle de système exoplanétaire, que pensez-vous voir dans la courbe de lumière lorsque le satellite observe un transit d'exoplanète ?*

La réponse attendue serait : un creux dans la courbe de lumière.

En guise d'activité supplémentaire, vous pouvez demander aux élèves d'analyser quantitativement les données recueillies par le détecteur de lumière et, par exemple, de réaliser l'activité 3 de la ressource **Exoplanètes en boîte**.

Si vous souhaitez poursuivre l'analyse des courbes de lumière avec vos élèves, vous pouvez réaliser l'activité **P31-Détective d'exoplanètes**, dans laquelle les élèves peuvent comparer les données d'un modèle et d'un satellite réel de la mission Cheops de l'ESA.

→ EXOPLANÈTES EN MOUVEMENT

Construire votre propre système exoplanétaire

→ Introduction

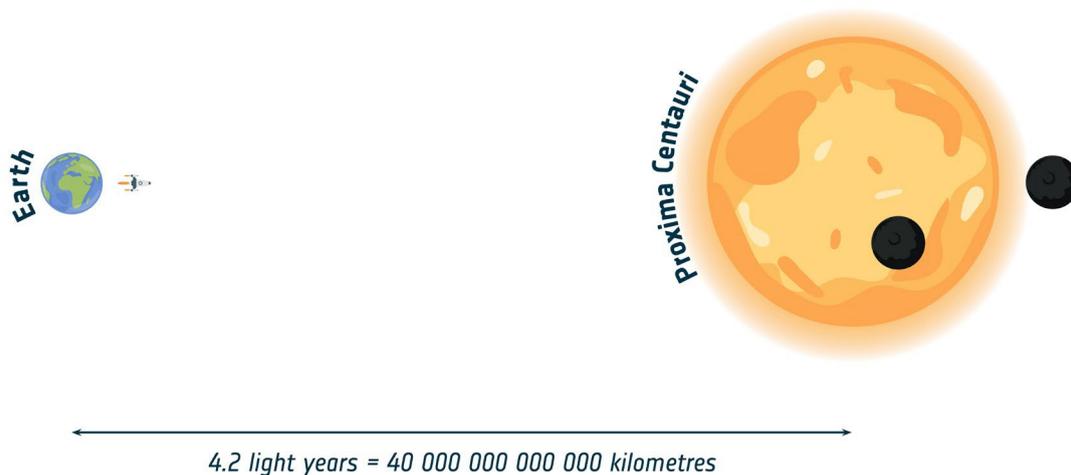
Tout comme les planètes de notre système solaire tournent autour de notre étoile, le Soleil, il existe dans l'univers d'autres planètes qui tournent autour d'autres étoiles ! Les exoplanètes sont des planètes situées en dehors de notre propre système solaire.

Depuis la première découverte d'une exoplanète en orbite autour d'une étoile similaire à notre Soleil en 1995, plus de 4000 exoplanètes ont été découvertes, et nous en trouvons encore. Chaque exoplanète est unique. Certaines sont grandes et gazeuses, comme Jupiter, d'autres sont petites et rocheuses, comme la Terre et Mars, et d'autres encore ne ressemblent à rien de ce que nous avons vu dans notre système solaire.

Dans cette activité, vous construirez votre propre système d'exoplanètes et apprendrez comment les scientifiques trouvent ces mondes inconnus très éloignés de nous dans l'espace.

Le saviez-vous ?

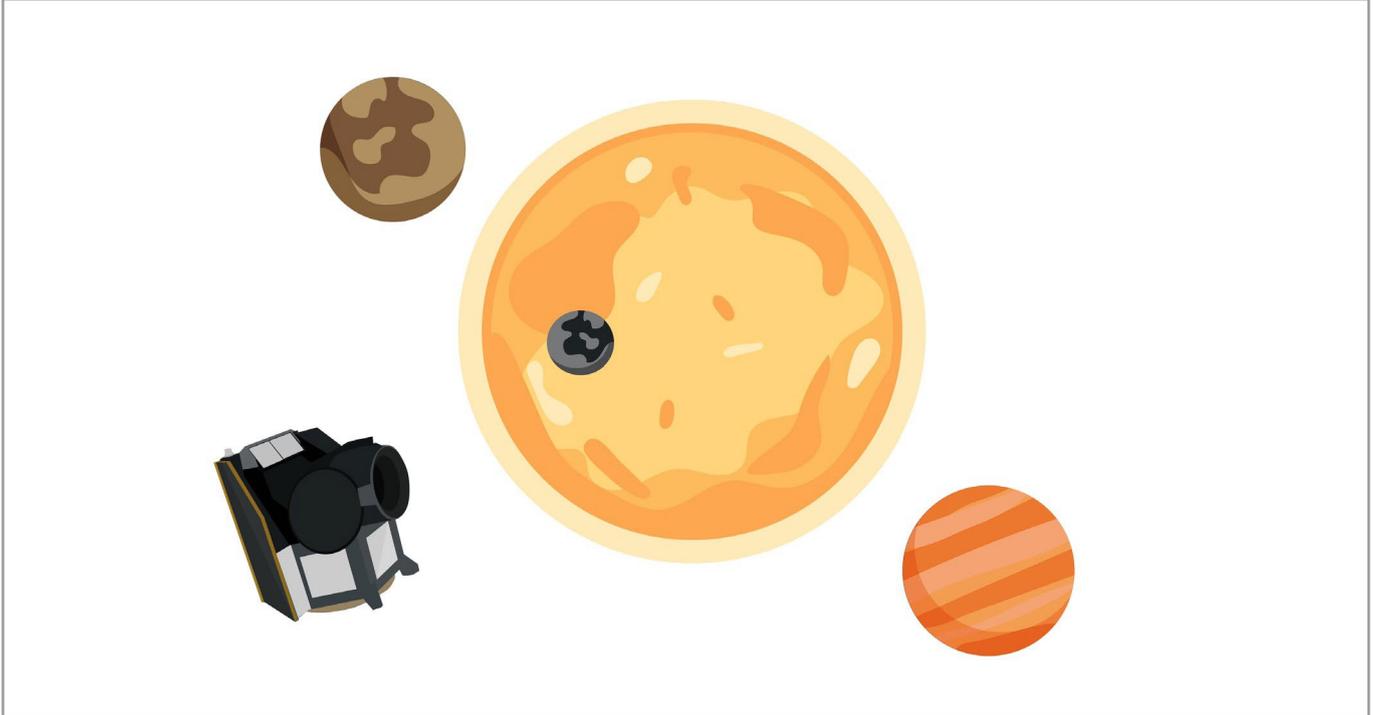
L'exoplanète la plus proche de nous est une planète en orbite autour de l'étoile Proxima Centauri. La lumière prend seulement 4,2 ans pour aller de Proxima du Centaure à la Terre, mais il faudrait plus de six millions d'années au vaisseau spatial le plus rapide qui existe actuellement pour atteindre cette exoplanète !



→ Activité 1 : Introduction aux exoplanètes

Dans cette activité, vous allez en apprendre davantage sur les exoplanètes.

Figure 1



↑ Impression artistique du satellite Cheops (CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE) de l'ESA.

Exercice 1 : les bases des exoplanètes

1.1. Dans vos propres mots, expliquez ce qu'est une exoplanète.

1.2 Cheops est un satellite qui étudie les exoplanètes. Que mesure Cheops ? Encerclez la bonne réponse :

Température

Couleur

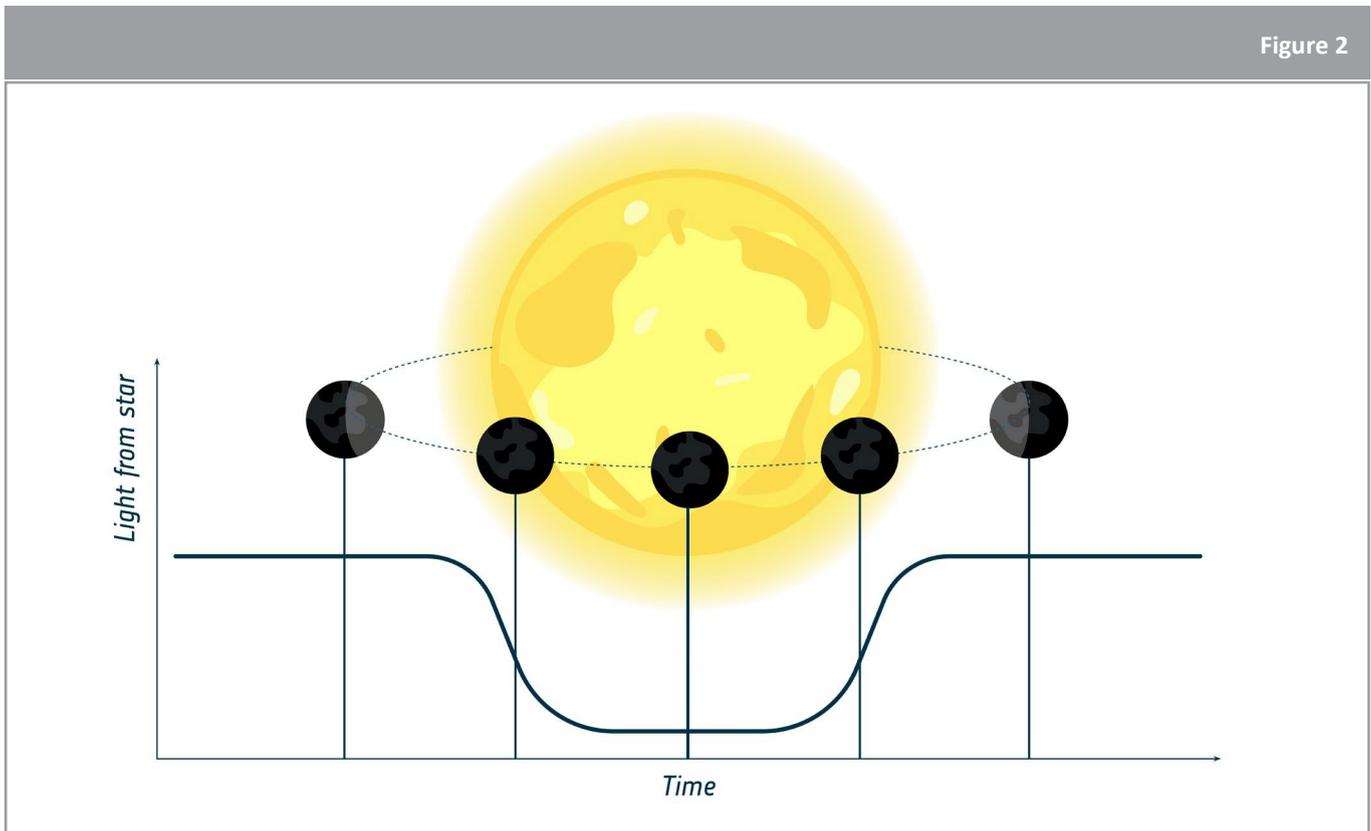
Distance

Lumière

Son

Exercice 2 : la méthode du transit

La **méthode des transits** peut être utilisée à la fois pour trouver de nouvelles exoplanètes et pour en apprendre davantage sur elles. Pour pouvoir utiliser cette méthode, l'exoplanète doit passer directement entre nous et l'étoile autour de laquelle elle gravite. Lorsqu'une exoplanète passe devant l'étoile, elle bloque une partie de la lumière que nous pouvons voir de l'étoile. Nous pouvons surveiller la lumière provenant d'une étoile au fil du temps à l'aide d'un télescope. Le graphique qui représente la lumière de l'étoile en fonction du temps s'appelle une **courbe d'intensité de la lumière** (voir figure 2).



↑ Représentation d'une courbe d'intensité de la lumière mesurée lors du transit d'une exoplanète.

2.1. Cheops utilise la méthode des transits pour étudier les exoplanètes. Que pouvons-nous apprendre sur les exoplanètes en utilisant cette méthode ?

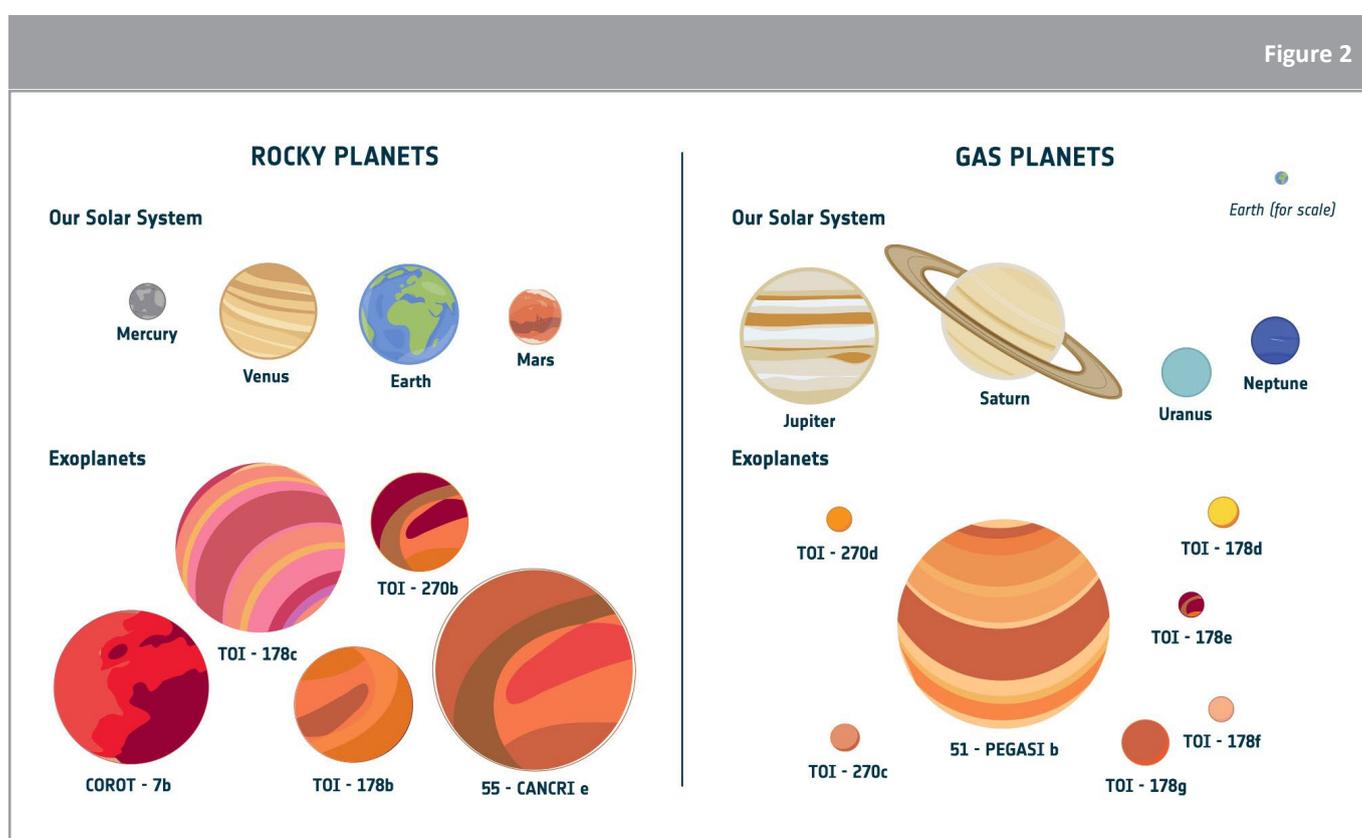
→ Activité 2 : Modèle d'exoplanète en transit

Dans cette activité, vous allez construire votre propre modèle de système exoplanétaire, avec des exoplanètes en pâte à modeler se déplaçant autour d'une source lumineuse qui représente l'étoile. Vous mesurerez l'intensité de la lumière détectée par la source lumineuse lorsque les exoplanètes modèles se déplaceront autour d'elle et vous observerez l'effet de la taille des exoplanètes modèles sur la quantité de lumière que vous mesurerez.

Exercice 1 : fabrique tes exoplanètes

À l'aide du matériel fourni, créez dans votre groupe deux ou trois exoplanètes modèles qui seront utilisées dans votre modèle.

Les boules de pâte à modeler doivent avoir un diamètre compris entre 1 et 3 cm environ, et être de tailles différentes.



↑ Exemples d'impressions d'artistes de véritables exoplanètes qui ont déjà été découvertes en orbite autour d'étoiles proches !

Donnez des noms à vos exoplanètes, n'hésitez pas à faire preuve de créativité.

Le saviez-vous ?

Par convention, les exoplanètes portent le nom de l'étoile autour de laquelle elles gravitent, suivi d'une lettre minuscule commençant par b (puis c, puis d, etc.), pour indiquer l'ordre dans lequel elles ont été découvertes. Par exemple, la première planète découverte en orbite autour de l'étoile 51 Pegasi est appelée 51 Pegasi b (ou 51 Peg b en abrégé).

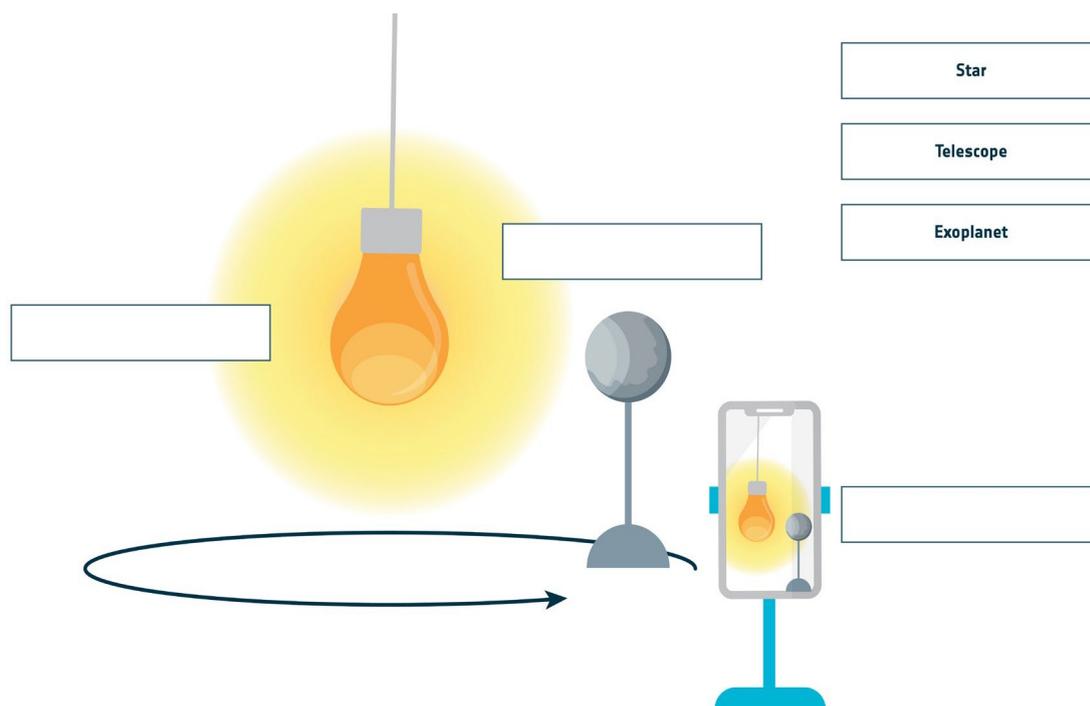
Exercice 2 : Construisez votre modèle de transit d'exoplanète

En suivant les instructions qui vous ont été données par votre professeur, assemblez votre modèle de système exoplanétaire en utilisant l'un des modèles d'exoplanètes fabriqués dans l'exercice précédent.

Assurez-vous que le détecteur, les exoplanètes modèles et la source lumineuse sont alignés. Testez votre modèle de transit d'exoplanète.

Exercice 3 : Analysez un transit avec votre modèle de transit d'exoplanète

3.1. Complétez les étiquettes du diagramme à l'aide des mots fournis.



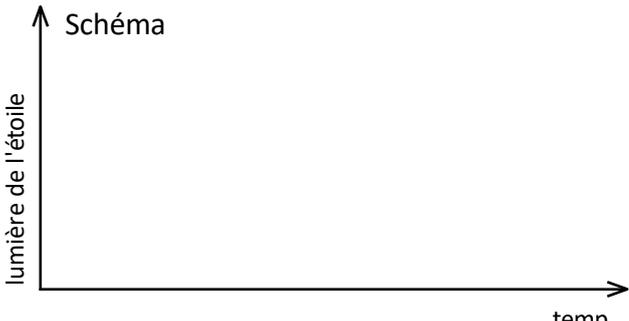
3.2. Le graphique que vous voyez tracé sur l'écran de votre détecteur vous indique l'intensité de la source lumineuse dans votre modèle de système exoplanétaire.

Suivez les instructions données dans chacune des questions ci-dessous. Faites un croquis de la courbe de lumière que vous observez et décrivez-la également en mots.

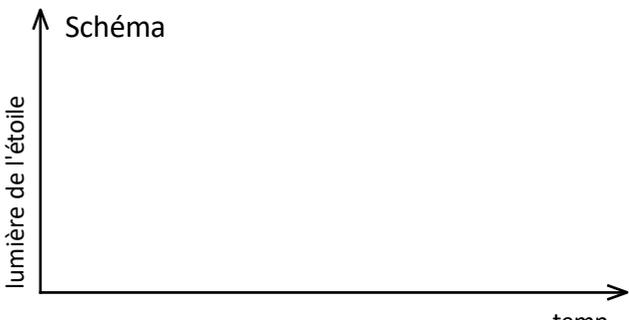
- Collez une exoplanète en pâte à modeler sur le modèle et commencez la rotation. Arrêtez la rotation lorsque l'exoplanète en pâte à modeler a effectué une orbite complète autour de l'ampoule :

<p>Description :</p>	<p>Schéma</p>
----------------------	---------------

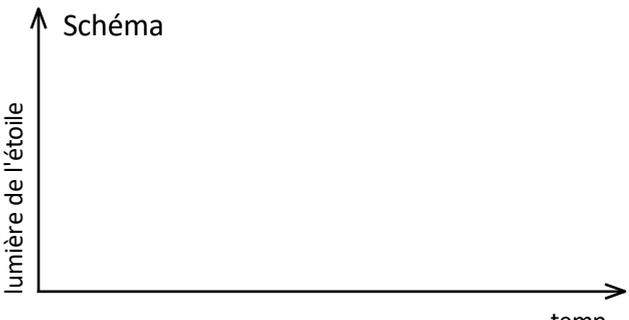
- b. Recommencez la rotation et arrêtez-la lorsque l'exoplanète en pâte à modeler a effectué 3 orbites complètes autour du bulbe :

Description :	<p>Schéma</p> 
---------------	--

- c. Changez la taille de l'exoplanète en pâte à modeler. Laissez la nouvelle exoplanète en pâte à modeler effectuer 3 orbites complètes autour de l'ampoule :

Description :	<p>Schéma</p> 
---------------	---

- d. Ajoutez une deuxième exoplanète en pâte à modeler de taille différente au modèle. Commencez la rotation et arrêtez lorsque les deux exoplanètes en pâte à modeler ont effectué 3 orbites complètes autour de l'ampoule :

Description :	<p>Schéma</p> 
---------------	--

→ Liens

Instructions de montage pour les modèles d'exoplanètes en transit :

L'édition imprimée en 3D : youtu.be/GyEK6WNOhFA

L'édition Rover : youtu.be/VlrTvsamQrg

L'édition table tournante : youtu.be/0TibvYu3vyA

Fichiers 3D préparés à l'avance : esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

Ressources de l'ESA

Ressources pédagogiques de l'ESA :

esa.int/Education/Classroom_resources

ESERO France : <https://esero.fr/ressources/>

Enseigner avec les exoplanètes : esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Rencontrez Cheops : le satellite caractérisant les exoplanètes :

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite

Série "Meet the Experts" - Autres mondes :

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds

Paxi explore les exoplanètes ! esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets

Pirater une exoplanète hackanexoplanet.esa.int

Projets spatiaux de l'ESA

Chronologie des missions d'exoplanètes de l'ESA :

sci.esa.int/exoplanètes/60649-exoplanet-mission-timeline

Cheops - Satellite de caractérisation des exoplanètes :

esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

Webb - Télescope spatial James Webb : esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb

Détecter les exoplanètes avec Gaia : sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanètes

PLATO - Transits et oscillations planétaires des étoiles : sci.esa.int/plato

ARIEL - le grand sondage atmosphérique de télédétection infrarouge d'exoplanètes : sci.esa.int/ariel

CoRoT - Mission spatiale Convection, rotation et transits planétaires : sci.esa.int/corot

→ Edition table tournante

Instructions de montage pour le modèle d'exoplanète en transit

L'**édition de la table tournante** du modèle de transit d'exoplanète utilise une table tournante pour créer le mouvement circulaire de l'exoplanète modèle et simuler une orbite. L'étoile est représentée par une ampoule électrique.

Pour monter le modèle de table tournante, suivez ce guide de montage.

Des documents vidéo supplémentaires sont disponibles ici : youtu.be/0TibvYu3vyA



Équipement

- Modèles d'exoplanètes
- Ampoule à haute luminosité
- Fixation et support de l'ampoule
- Photomètre (par exemple, smartphone avec application photomètre ou enregistreur de données)
- Brochettes en bois
- Plateau tournant (par exemple tourne-disque, plateau de service rotatif, roue de bicyclette)

Assemblage de votre modèle :

Étape 1 :

Collez un modèle d'exoplanète sur une brochette en bois et fixez la brochette sur le plateau tournant avec de la pâte à modeler.

Étape 2 :

Suspendez l'ampoule au centre du plateau tournant, de manière à ce qu'elle soit à la même hauteur que l'exoplanète modèle.

Étape 3 :

Alignez votre détecteur de lumière avec l'ampoule et l'exoplanète modèle.



Étape 4 :

Vous êtes maintenant prêt à commencer à collecter des données. Vérifiez la configuration de votre modèle :

- Confirmez que le détecteur de lumière est aligné et reçoit la lumière de la bonne source lumineuse.
- Faites tourner le plateau tournant à une vitesse lente et régulière. Assurez-vous qu'un creux est détecté dans la courbe de lumière lorsque l'exoplanète modèle passe entre le détecteur et l'ampoule.

Étape 5 :

(Facultatif) Vous pouvez ajouter plusieurs exoplanètes à votre modèle.



→ Edition Rover

Instructions de montage pour le modèle d'exoplanète en transit

Le modèle de transit d'exoplanète **édition rover** utilise un rover pour créer le mouvement circulaire du modèle d'exoplanète et simuler une orbite. L'étoile est représentée par une ampoule électrique.

Le rover LEGO WeDo 2.0 est utilisé comme exemple dans ces instructions, mais différents rovers peuvent être utilisés dans ce modèle de transit. Pour monter le modèle de rover, suis ce guide de montage.

Des documents vidéo supplémentaires sont disponibles ici : <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>.



Équipement

- Rover
- Modèles d'exoplanètes
- Ampoule à haute luminosité
- Fixation et support de l'ampoule
- Photomètre (par exemple, smartphone avec application photomètre ou enregistreur de données)
- Stylo effaçable à sec (facultatif)

Préparez votre modèle :

1. Assemblez votre rover en veillant à ce qu'il se déplace en cercle. Si vous utilisez la sonde WeDo 2.0, vous pouvez suivre les instructions étape par étape de la section Configuration de la sonde WeDo 2.0 "Exoplanet Rover". Vous pouvez attacher un stylo au rover, pour confirmer que le mouvement circulaire a été réalisé. N'oubliez pas d'attacher votre modèle d'exoplanète au rover.
2. Trouvez le centre du cercle sur lequel votre rover se déplace.
3. Suspendez votre ampoule de manière à ce qu'elle soit à la même hauteur que l'exoplanète sur le rover, et directement au-dessus du centre de l'orbite du rover.
4. Installez le posemètre de façon à ce qu'il soit aligné avec l'ampoule.
5. Vous êtes maintenant prêt à commencer à collecter des données. Vérifiez la configuration de votre modèle :
 - Confirmez que le détecteur de lumière est aligné et reçoit la lumière de la bonne source lumineuse.
 - Assurez-vous qu'un creux est détecté dans la courbe de lumière lorsque l'exoplanète modèle passe entre le détecteur et l'ampoule.

Mise en place du WeDo 2.0 "Exoplanet Rover".

Suivez pas à pas les instructions de montage indiquées dans les images pour mettre en place le rover transportant l'exoplanète modèle.

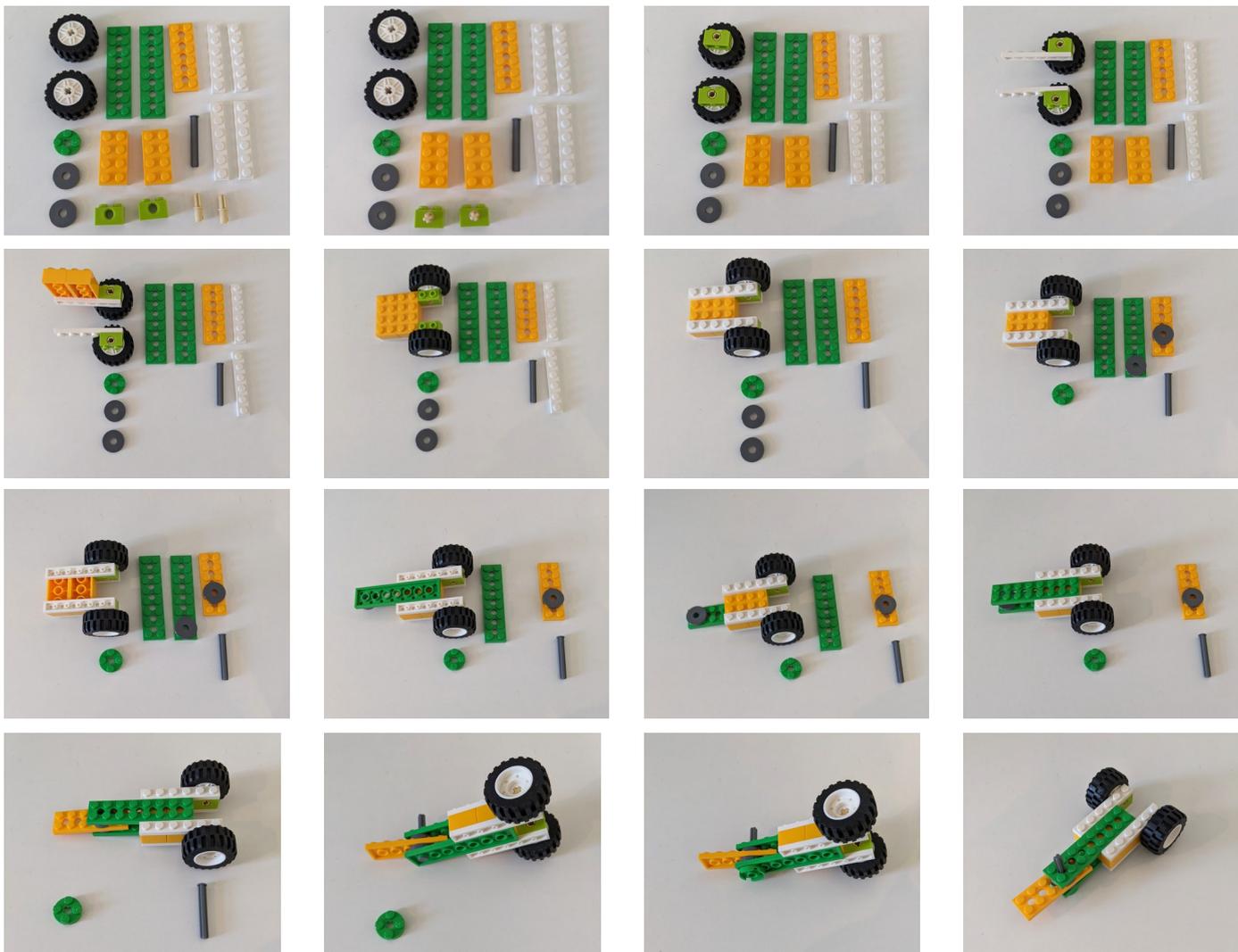
Étape 1 :

Trouvez le matériel nécessaire. Les pièces nécessaires sont affichées sur l'image de droite.



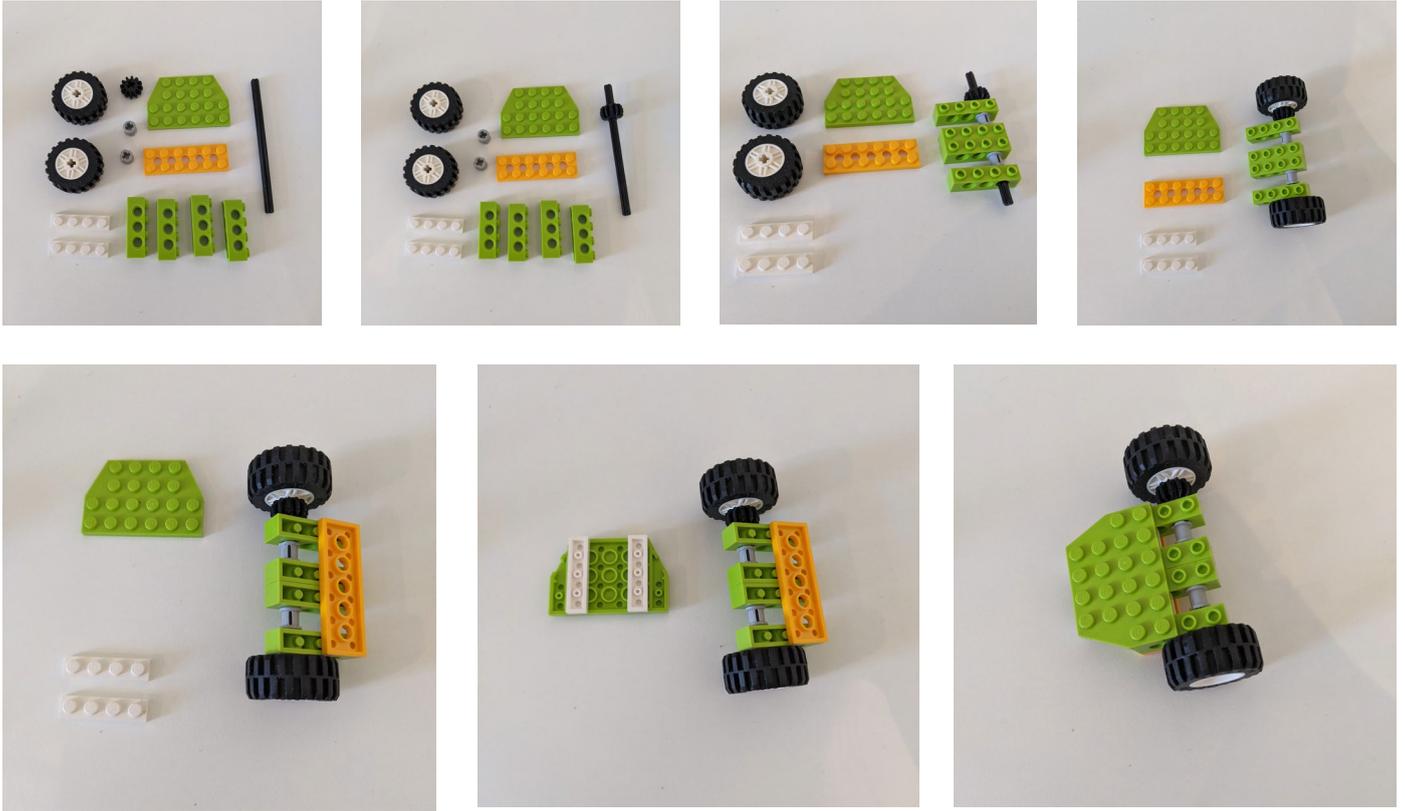
Étape 2 :

Construisez l'avant du rover WeDo :



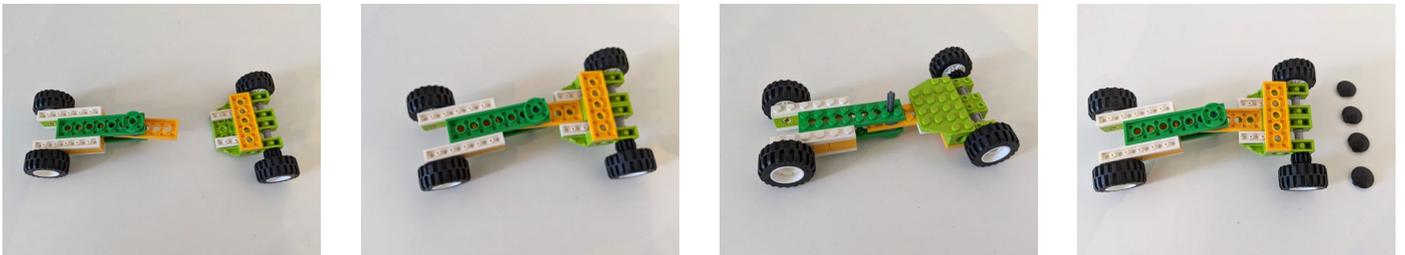
Étape 3 :

Construire l'arrière du rover WeDo :



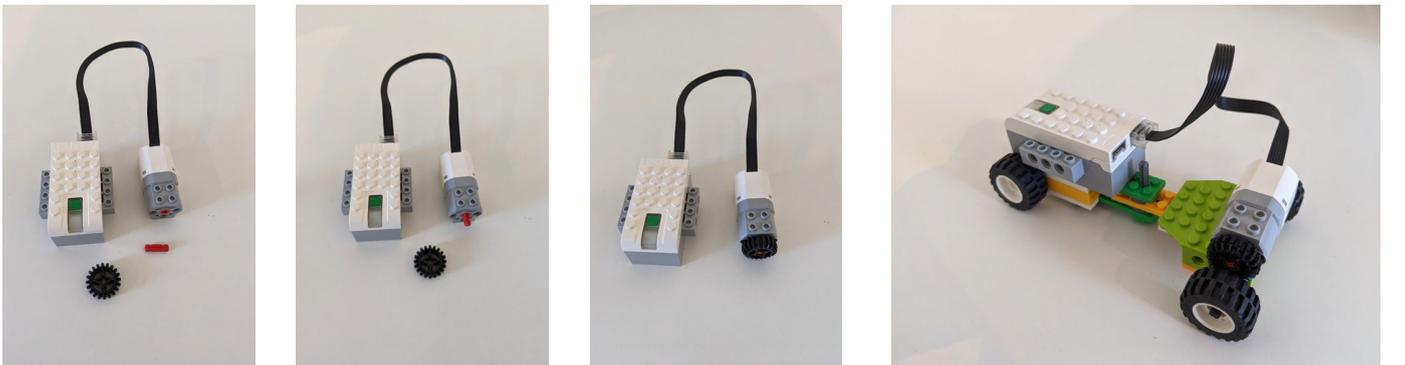
Étape 4 :

Joignez l'avant et l'arrière du rover WeDo :



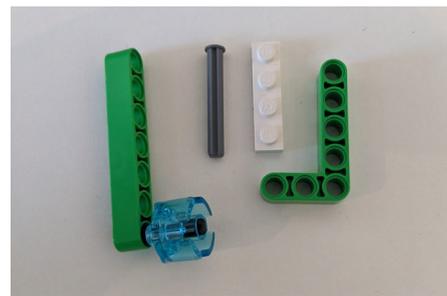
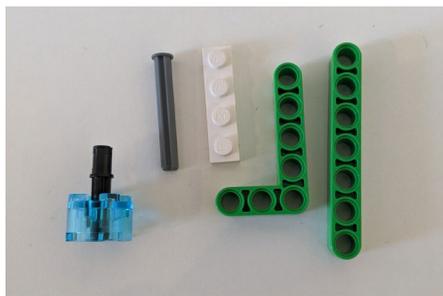
Étape 5 :

Assemblez et montez le moteur :



Étape 6 :

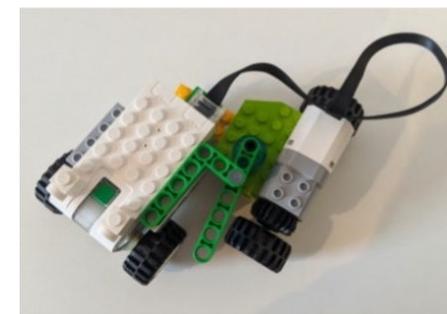
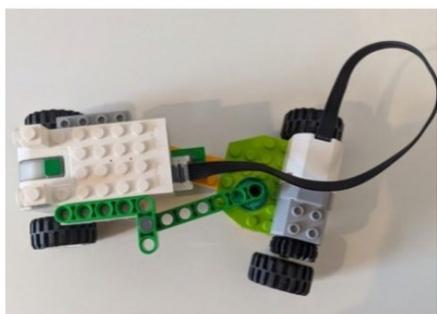
Fixez le système de réglage d'angle à votre rover WeDo :



Étape 7 :

Choisissez un angle pour votre rover afin de déterminer le diamètre de son orbite :

Pour modifier l'angle de la toupie, retirez la goupille des supports verts, ajustez la toupie et placez la goupille entre un autre jeu de trous.



Étape 8 :

Attachez l'exoplanète pour finaliser le rover :



Étape 9 :

Connectez le rover au logiciel WeDo et préparez-vous à expérimenter !

→ Edition imprimée en 3D

Instructions de montage pour le modèle d'exoplanète en transit

L'**édition imprimée en 3D** du modèle de transit d'exoplanète utilise un mécanisme personnalisé imprimé en 3D à code source ouvert pour créer le mouvement circulaire du modèle d'exoplanète et simuler une orbite. L'étoile est représentée par une ampoule électrique.

Le modèle représente un système stellaire avec deux exoplanètes en orbite autour d'une étoile. La mise en orbite des planètes du modèle autour de la source lumineuse centrale est réalisée par deux bras qui tournent à des périodes différentes autour de l'ampoule.

Le mécanisme est personnalisable et peut être modifié pour répondre à vos propres besoins. Pour imprimer et mettre en place le modèle imprimé en 3D, suivez ce guide de montage.

Des vidéos supplémentaires sont disponibles ici :

<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Vous pouvez trouver les fichiers 3D préparés et les instructions d'impression ici :

esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

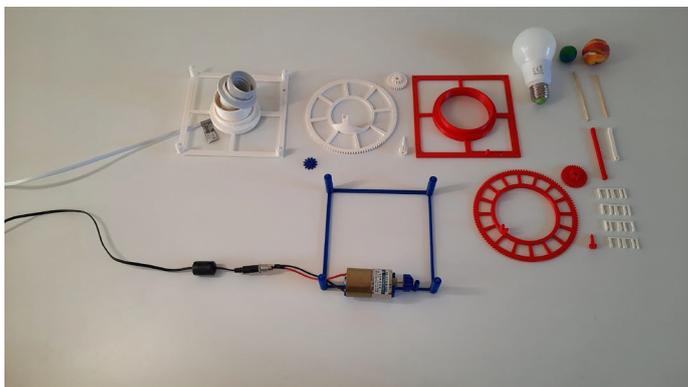
Équipement

- Modèles d'exoplanètes
- Ampoule à haute luminosité
- Photomètre (par exemple, smartphone avec application photomètre ou enregistreur de données)
- Brochettes en bois de 2 mm de diamètre
- Imprimante 3D
- Matériau PLA
- Moteur (~100rpm) et alimentation électrique
- Fixation et support pour une ampoule à haute luminosité (fixation E27)



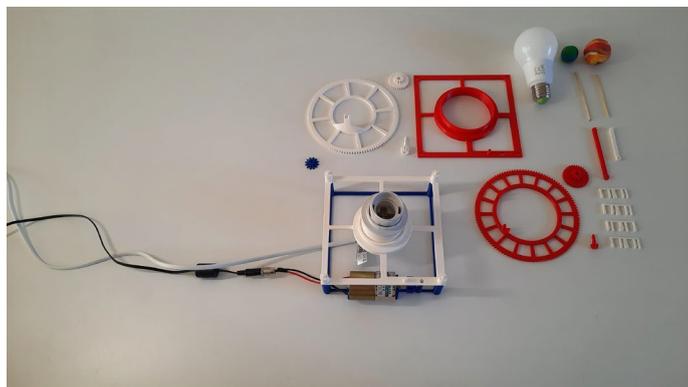
Préparez votre modèle :

1. Téléchargez les [fichiers .stl pour l'impression 3D](#) et imprimez votre modèle. Des instructions supplémentaires sont disponibles dans le guide d'impression 3D. Aucune modification du modèle 3D n'est nécessaire si vous utilisez les pièces suivantes :
 - fixation de la lampe : E27 avec interrupteur à câble et anneau de montage (Ø 40 mm)
 - Moteur DC : 12V 100RPM 166 oz-in brossé avec un arbre de 6 mm en forme de D
2. Assemblez votre modèle en suivant ces instructions étape par étape.



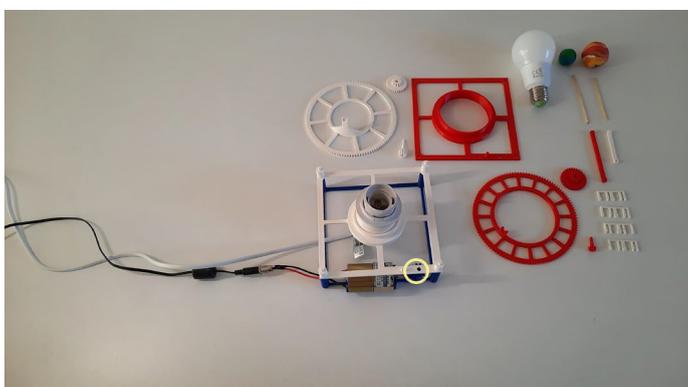
Étape 5 :

Tirez le câble de la lampe à travers le **la base du niveau inférieur** pour la préparer au montage.



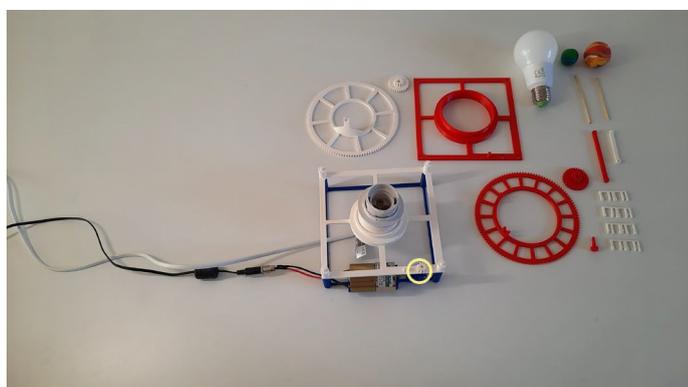
Étape 6 :

Placez la **base du niveau inférieur**, y compris le raccord de la lampe, sur la **base du moteur**.



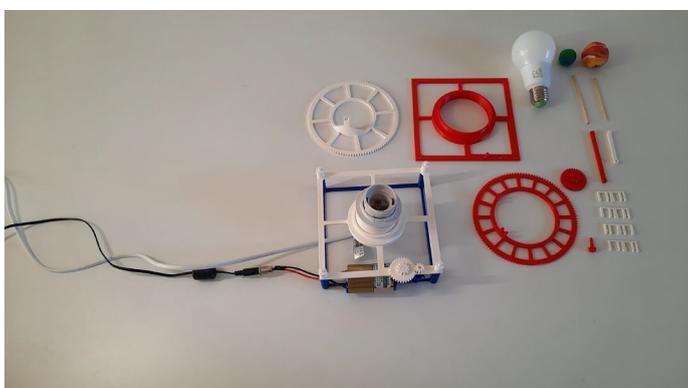
Étape 7 :

Insérez l'**engrenage d'entraînement** entre la **base du moteur** et la **base du niveau inférieur**.



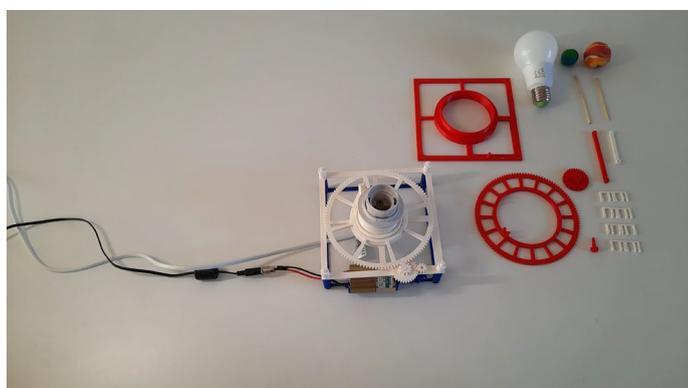
Étape 8 :

Collez l'**engrenage de retenue** dans le trou du **la base du niveau inférieur** pour fixer l'**engrenage d'entraînement**.



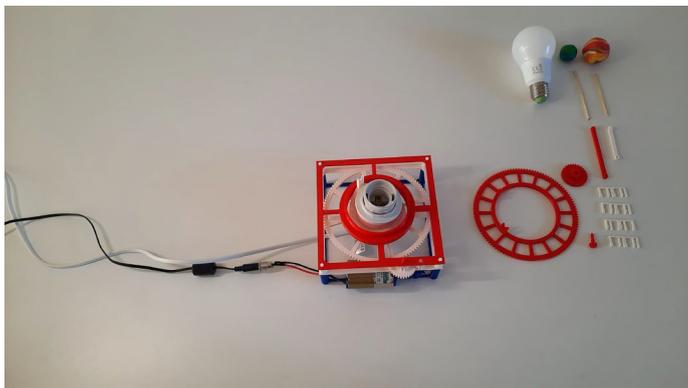
Étape 9 :

Ajoutez l'**engrenage de connexion 1** à la broche sur **la base du niveau inférieur**.



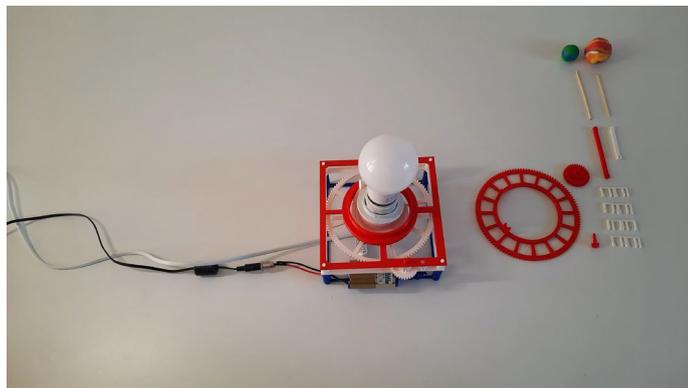
Étape 10 :

Placez l'**engrenage de l'exoplanète 1** sur le raccord de la lampe et vérifiez que les engrenages s'engagent correctement.



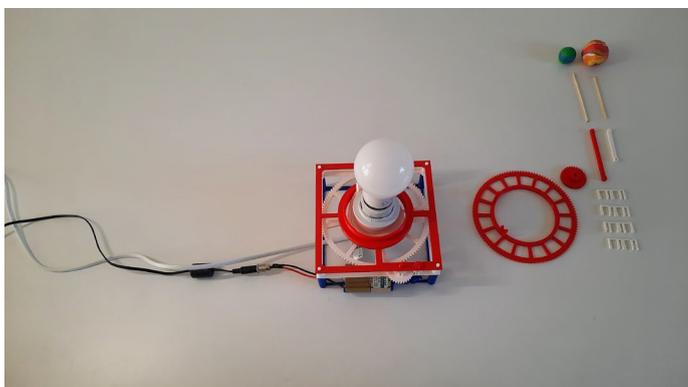
Étape 11 :

Placez la **base du niveau supérieur** sur la **base du niveau inférieur**.



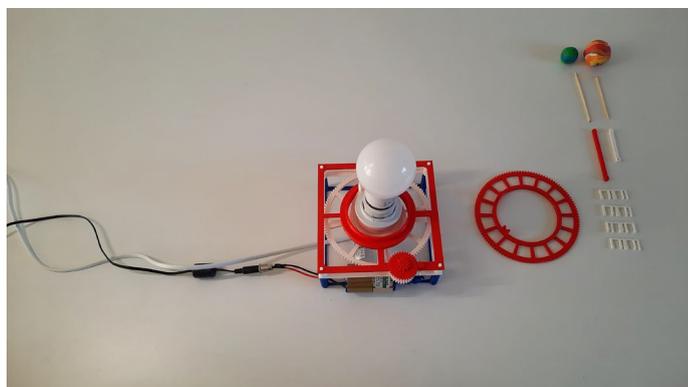
Étape 12 :

Vissez l'ampoule dans la douille de la lampe.



Étape 13 :

Enfoncez l'**engrenage du moteur supérieur** dans le trou de la **base du niveau supérieur**.



Étape 14 :

Enfiler l'**engrenage de connexion 2** sur la goupille du **base du niveau supérieur**.



Étape 15 :

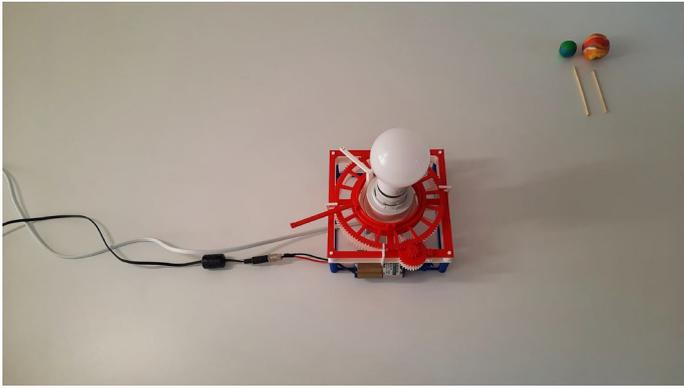
Placez l'engrenage de l'exoplanète 2 au-dessus de l'ampoule et reposez sur la base du niveau supérieur.

Le système d'engrenage est maintenant entièrement assemblé. Vérifiez que les roues dentées s'engagent correctement.



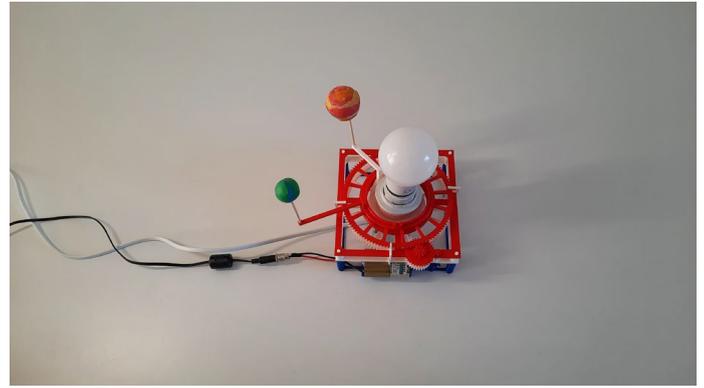
Étape 16 :

Ajoutez l'un des quatre **clips de fixation** au milieu de chacun des quatre côtés du modèle 3D. Ces clips maintiennent les différentes couches en place.



Étape 17 :

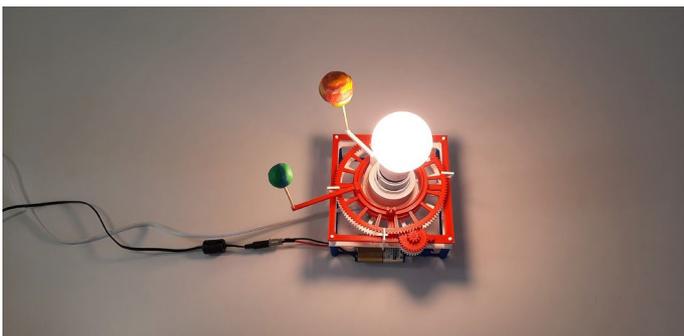
Fixez le **bras de l'exoplanète 1** et le **bras de l'exoplanète 2** respectivement à l'**engrenage de l'exoplanète 1** et à l'**engrenage de l'exoplanète 2**.



Étape 18 :

Enfoncez une extrémité des brochettes en bois dans les trous situés aux extrémités des **bras d'exoplanètes 1 et 2**. Fixez les exoplanètes modèles aux autres extrémités des brochettes.

Les brochettes doivent être d'une longueur appropriée pour que le centre des exoplanètes modèles et le centre de l'ampoule soient alignés.



Étape 19 :

Allumez l'ampoule et démarrez le moteur pour tester votre modèle exoplanétaire imprimé en 3D.

3. Aligned votre détecteur de lumière avec l'ampoule et l'exoplanète modèle.
4. Vous êtes maintenant prêt à commencer à collecter des données. Vérifiez la configuration de votre modèle :
 - Confirmez que le détecteur de lumière est aligné et reçoit la lumière de la bonne source lumineuse.
 - Assurez-vous qu'un creux est détecté dans la courbe de lumière lorsque l'exoplanète modèle passe entre le détecteur et l'ampoule.

Modification des fichiers d'impression 3D

Les fichiers fournis ont été conçus en tenant compte des spécifications d'un moteur particulier. Si vous utilisez un moteur différent, vous devrez peut-être modifier la **base du moteur** et l'**engrenage du moteur** conçus en 3D.

Vous trouverez ci-dessous des instructions sur la façon de modifier les fichiers

à l'aide de **Fusion 360** : Instructions étape par étape :

1. Ouvrir EXTRA-adjustable motor gear.f3d et EXTRA-adjustable motor base.f3d dans Fusion 360
2. Allez dans MODIFIER > modifier les paramètres
3. Ajustez les paramètres en fonction de votre moteur

Vous pouvez utiliser cet aperçu pour trouver les mesures que vous devez prendre :

