

**EXERCICE I : OBSERVER DIRECTEMENT UNE EXOPLANÈTE – 10 points**

Pour trouver des exoplanètes, les méthodes de détection se divisent en deux grands types : les méthodes indirectes qui ont permis la découverte de la quasi totalité des exoplanètes actuellement connues, et les méthodes directes qui voient à peine le jour avec l'aide du Very Large Telescope (VLT) et qui permettraient d'en savoir encore plus sur ces planètes.

À l'aide des documents ci-dessous et en utilisant vos connaissances, rédiger, en 30 lignes maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante :

« Peut-on directement discerner une exoplanète avec un télescope ? »

Pour ce faire, on commencera par présenter ce qu'est une exoplanète. Expliquer ensuite ce qui limite le pouvoir de résolution d'un télescope (explication du phénomène physique mis en jeu) et estimer le pouvoir de résolution du télescope spatial Hubble à une longueur d'onde de 500 nm ; le comparer ensuite au diamètre apparent  $\alpha$  sous lequel est vu le couple étoile-exoplanète HD209458. Présenter alors la solution mise en œuvre et qui permet à l'heure actuelle d'observer une exoplanète (explication du phénomène physique mis en jeu, conditions d'utilisation, etc) ; vérifier que HD209458b est visible avec le VLT. Conclure enfin sur la problématique posée en expliquant, par exemple, l'intérêt de découvrir et d'observer de nouvelles exoplanètes.

**Document 1 : Pouvoir de résolution**

*En optique, le pouvoir de résolution d'un système optique désigne sa capacité à distinguer des détails fins. Il est défini comme le diamètre apparent minimum entre deux objets qui permet d'en obtenir deux images séparées (pouvoir séparateur) ; on dit alors que les objets sont résolus.*

*Le pouvoir de résolution de l'œil est d'environ  $3 \cdot 10^{-4}$  rad, soit environ 100 km sur la surface de la Lune vue de la Terre ou encore, plus à notre échelle, un détail de 1 mm pour un objet situé à 3 m de distance. En conditions réelles, le télescope spatial Hubble (2,4 m de diamètre) atteint un pouvoir de résolution 1000 fois supérieur à celui de l'œil nu, soit environ 100 m sur la surface de la Lune.*



*La diffraction limite le pouvoir de résolution des instruments optiques : un objet ponctuel donne une image « floue », appelée tache de diffraction. Si deux détails d'un objet sont trop proches, les taches de diffraction se chevauchent et il devient impossible d'obtenir des images séparées de ces détails.*

*Pour un instrument optique de diamètre  $D$  observant à une longueur d'onde  $\lambda$ , le pouvoir de résolution maximal, exprimé en radians, est donné par la relation  $\theta \simeq \frac{\lambda}{D}$ .*

*À cause de la diffraction, l'image d'une étoile n'est pas ponctuelle : c'est une tache entourée d'anneaux. Cette figure est appelée « tache d'Airy ». La taille de la tache et des anneaux est d'autant plus petite que le diamètre du télescope est grand. On peut aussi diminuer la longueur d'onde d'observation pour augmenter le pouvoir de résolution mais encore faut-il que les astres émettent dans le domaine spectral concerné.*

## Document 2 : Découverte d'une exoplanète

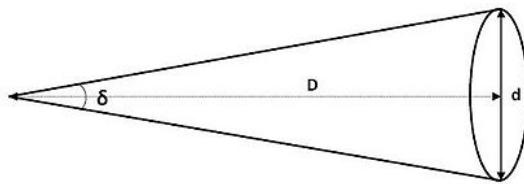
La première exoplanète, planète gravitant autour d'une autre étoile que le Soleil, a été détectée en 1995. Avec les instruments actuels, la détection « directe » des exoplanètes n'est guère possible. En effet, d'après Michel MAYOR, un des grands spécialistes du sujet, observer une exoplanète reviendrait à essayer de distinguer à 1000 km une flamme de bougie placée à proximité d'un phare...

Différents moyens sont employés pour « dévier » l'existence de ces planètes si éloignées de nous. En décembre 2006, le satellite Corot, équipé d'un télescope et de différents instruments de mesure, a été mis en orbite avec pour objectif la détection et l'étude de nouvelles exoplanètes. En mai 2007, un communiqué de presse annonce le succès des premières observations de Corot : une nouvelle exoplanète a été découverte.

Les résultats à venir sont très attendus par les scientifiques aussi bien que par le grand public.

## Document 3 : Diamètre apparent

Le diamètre apparent, ou angle apparent, souvent associé à des mesures concernant les astres en astronomie, est l'angle sous lequel est vu un objet. Il se mesure en radians (plus rarement en degrés) et se calcule de la façon suivante :  $\delta = \frac{d}{D}$



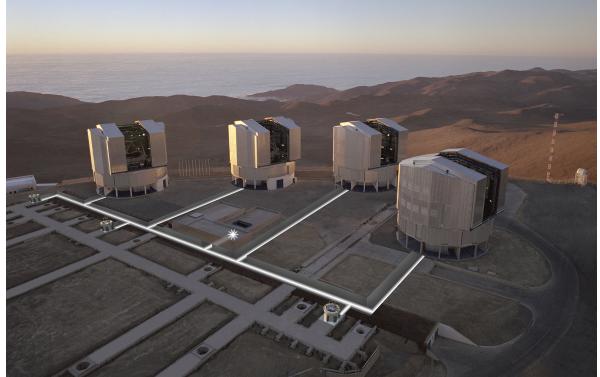
## Document 4 : L'exoplanète HD209458b

L'exoplanète HD209458b est une étoile de type « Hot Jupiter », planète semblable à Jupiter mais très proche de son étoile. Sa distance moyenne à son étoile est de 0,45 u.a. Son étoile hôte HD209458 se trouve à une distance de 153 années-lumière de la Terre.

Valeur d'une unité astronomique : 1 u.a. =  $150 \cdot 10^9$  m – Valeur d'une année-lumière : 1 a.l. =  $9,5 \cdot 10^{15}$  m

## Document 5 : Le Very Large Telescope (VLT)

Le Very Large Telescope, de l'Observatoire Européen Austral ESO, opérationnel depuis 1998, est un des équipements principaux de l'observation astronomique européenne. Il est composé de 4 télescopes unitaires de miroir primaire de 8,2 m de diamètre ainsi que de 4 télescopes auxiliaires mobiles de miroir primaire de 1,8 m de diamètre, qui peuvent fonctionner ensemble en interférométrie. Selon les télescopes mis en interférométrie, le pouvoir de résolution est équivalent à une télescope de 200 m de diamètre. Le site a été choisi pour la pureté du ciel, une agitation atmosphérique minimale et son isolement géographique impliquant une absence de pollution lumineuse ou autre.



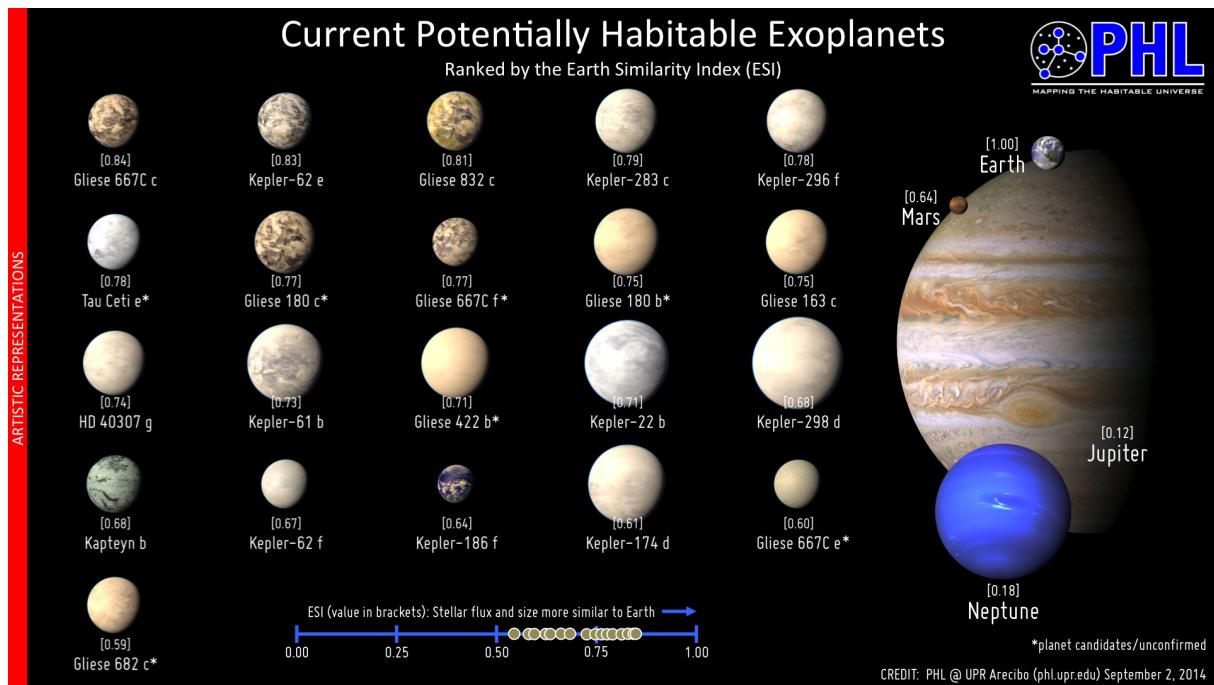
La mise en interférométrie des télescopes permet d'obtenir des détails 25 fois plus fins qu'une utilisation individuelle des télescopes. Les télescopes peuvent voir des objets d'une luminosité 4 milliards de fois plus faible qu'à l'œil nu. Avec cette sensibilité, le VLT pourrait distinguer deux phares de voiture allumés sur la Lune. Les télescopes ont été conçus pour permettre l'étude des astres qui émettent des longueurs d'onde allant de l'ultraviolet à l'infrarouge.

## Document 6 : Une nouvelle exoplanète

Une équipe d'astronomes vient de découvrir une exoplanète près de l'étoile HD40307. Cette exoplanète se trouve dans la zone d'habitabilité qui réunit des conditions de vie semblables à celles de la Terre.

Embarquons dans notre vaisseau spatial, direction l'étoile HD40307 située à 42 années-lumière de nous. Cette étoile, relativement calme, est un peu moins lumineuse que notre Soleil.

En 2008, des astronomes de l'Observatoire Européen Austral ESO ont découvert 3 exoplanètes évoluant autour de cette étoile. C'est dans ce système qu'une autre équipe d'astronomes vient de découvrir trois nouvelles « Super-Terres » autour de la même étoile. Cette équipe d'astronomes internationaux est dirigée par Mikko TUOMI, de l'université de Hertfordshire et Guillem ANGLADA-ESCUDÉ de l'université de Goettingen. C'est la dernière des 6 exoplanètes de ce système qui se trouve dans la zone d'habitabilité. Portant le nom HD40307g, cette « Super-Terre » se trouve à 98 millions de kilomètres de son étoile qui est moins lumineuse que notre Soleil. Elle reçoit donc un ensoleillement similaire au nôtre. Ainsi, grâce à sa position, elle pourrait théoriquement avoir de l'eau liquide à sa surface. En outre, sa température de surface et l'ensoleillement qu'elle reçoit constituent des conditions adéquates à l'apparition ou à l'existence de vie.



## EXERCICE II : ATTENTION À VOS OREILLES – 10 points

Nos oreilles sont fragiles. Une trop grande intensité sonore peut les endommager de façon irréversible. Pour prévenir ce risque, il existe des protections auditives de nature différente selon leur type d'utilisation.

On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreilles :

– les bouchons en mousse (ou les bouchons en cire) à usage domestique sont largement les plus courants. Ils sont généralement jetables, de faible coût et permettent de s'isoler du bruit. Ils restituent un son sourd et fortement atténué ;

– les bouchons moulés en silicone utilisés par les musiciens sont fabriqués sur mesure et nécessitent la prise d'empreinte du conduit auditif. Ils sont lavables à l'eau et se conservent plusieurs années. Ils conservent la qualité du son. Leur prix est relativement élevé.

L'objectif de l'exercice est de comparer le comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés lorsque l'auditeur qui les porte écoute le son émis par une flûte à bec.

### 1. Le son émis par une flûte à bec

Une flûte à bec est constituée d'un tuyau et d'un bec dans lequel on souffle. L'air ainsi mis en mouvement est alors dirigé contre un biseau. Une partie de l'air est récupérée par le tuyau, l'autre est rejetée vers l'extérieur.

Le musicien joue la note  $la_4$ . À l'aide d'un système d'acquisition, on enregistre le son émis par la flûte. On obtient l'enregistrement du signal électrique correspondant (**figure 1**).

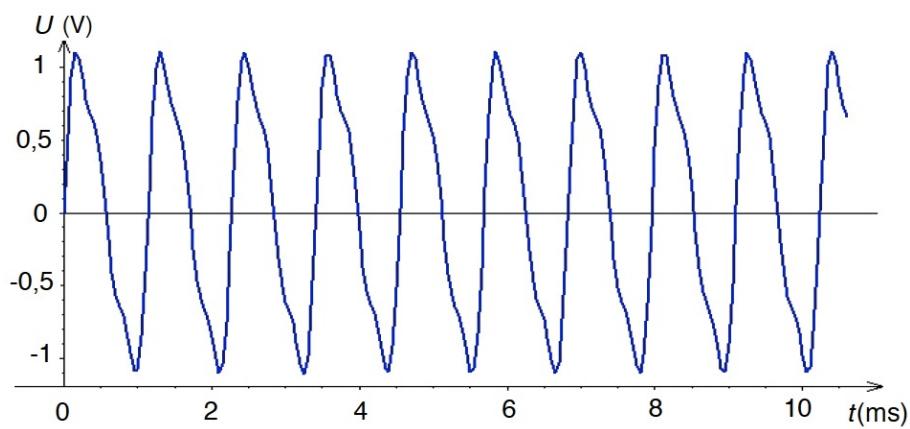


figure 1

**1.1.** En utilisant la **figure 1**, déterminer avec le maximum de précision la fréquence du son émis en expliquant la démarche suivie.

**1.2.** En justifiant la réponse, donner, pour ce son, la fréquence du fondamental ainsi que celle des harmoniques de rang 2 et 3.

### 2. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'un document publicitaire

On s'intéresse ici à la qualité du son perçu par un auditeur muni de protections auditives. On donne l'expression du niveau sonore  $L$ , exprimé en décibels acoustiques  $dB_A$  associé à une onde sonore d'intensité  $I$  :  $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$  où  $I_0$  représente l'intensité sonore de référence égale à  $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (**figure 2**). On représente ainsi la diminution du niveau sonore due au bouchon en fonction de la fréquence de l'onde qui le traverse. On remarquera que plus l'atténuation est grande, plus l'intensité sonore est faible.

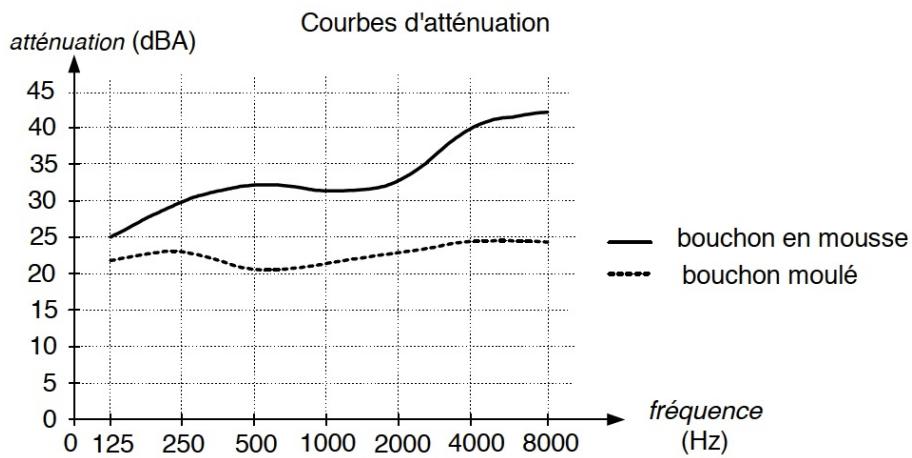


figure 2

- 2.1.** Une pratique musicale régulière d'instruments tels que la batterie ou la guitare électrique nécessite une atténuation du niveau sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas être trop importante afin que le musicien entende suffisamment ; elle ne doit donc pas dépasser 25 dBA.  
Indiquer pour chaque bouchon si le critère précédent a été respecté.
- 2.2.** En utilisant la courbe d'atténuation, indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les aigus ou les sons graves. Commenter la phrase du texte introductif : « Ils [les bouchons en mousse] restituent un son sourd ».

**3. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'une expérience**

Un dispositif adapté permet d'enregistrer le son émis par la flûte et ceux restitués par les deux types de bouchons lorsqu'un musicien joue la note  $la_4$ . Les spectres en fréquence de ces sons sont représentés sur les **figure 3**, **figure 4** et **figure 5**.

- 3.1.** En justifiant, indiquer si le port de bouchons en mousse modifie la hauteur du son et/ou le timbre du son. Même question pour le bouchon moulé en silicone.
- 3.2.** Commenter la phrase du texte introductif : « Ils [les bouchons moulés] conservent la qualité du son ».

**4. Protection des oreilles d'un batteur**

Une exposition prolongée à 85 dBA est nocive pour l'oreille humaine. Durant un concert de rock, un batteur est soumis en moyenne à une intensité sonore  $I = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

- 4.1.** Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore  $I$ . On rappelle que  $\log(10^x) = x$ .
- 4.2.** Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire.  
En vous aidant de la **figure 2**, préciser si les facultés auditives du batteur peuvent être altérées au cours du concert.

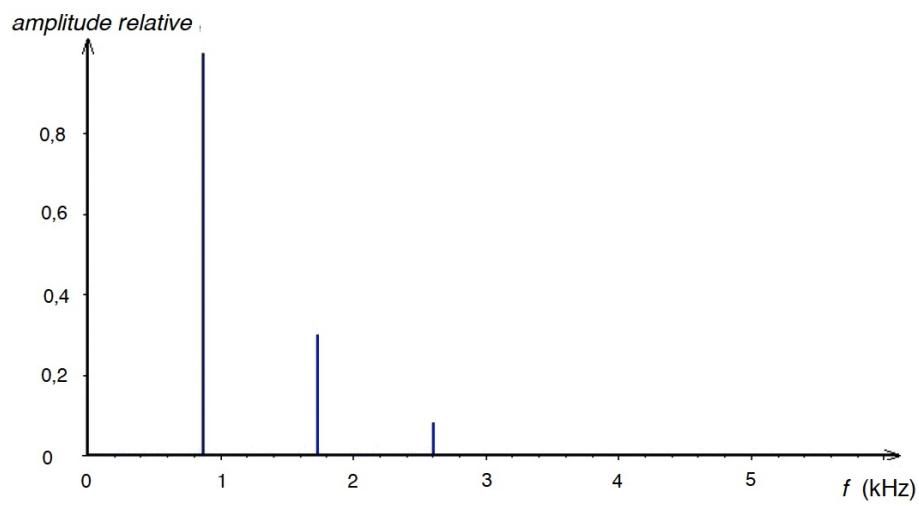


figure 3 : spectre du la<sub>4</sub> émis par la flûte

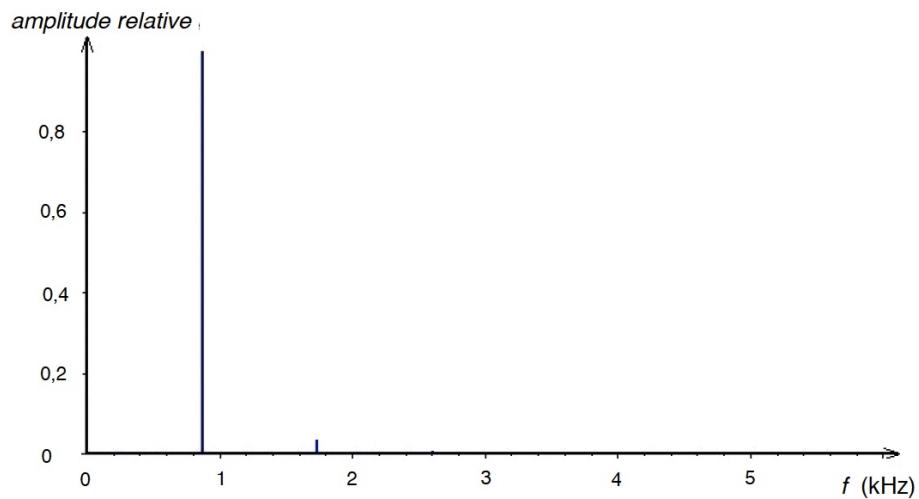


figure 4 : spectre du la<sub>4</sub> restitué après passage par un bouchon en mousse

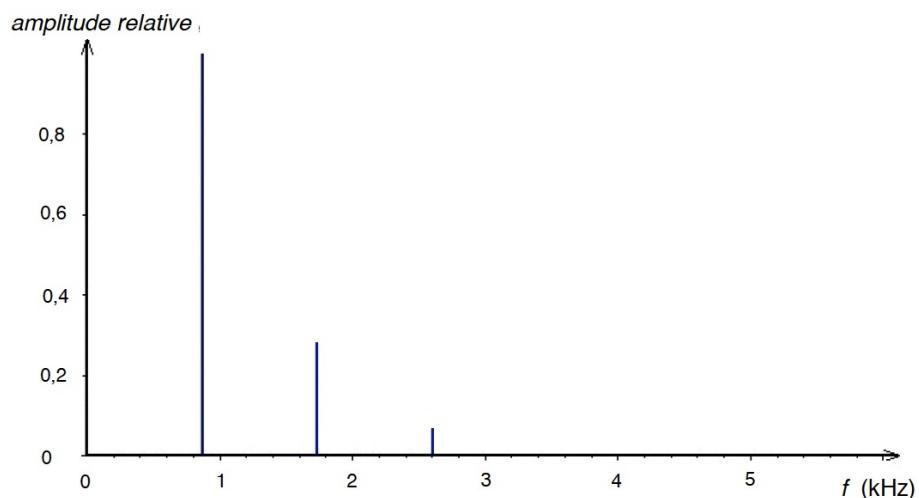


figure 5 : spectre du la<sub>4</sub> restitué après passage par un bouchon moulé en silicium