

EXERCICE I : OBSERVER DIRECTEMENT UNE EXOPLANÈTE

Les exoplanètes, planète gravitant autour d'une étoile autre que le Soleil, sont très difficiles à détecter de manière directe du fait de leur proximité avec leur étoile et de la grande distance qui nous en sépare.

En effet, les télescopes ont du mal à distinguer deux objets proches : leur pouvoir de résolution est limité par différents paramètres. La diffraction de la lumière reçue par le télescope influe énormément sur le pouvoir de résolution d'un télescope : la lumière, lorsqu'elle rencontre un obstacle, s'éparpille en une tache de diffraction. Ainsi, l'image d'un objet ponctuel est en fait une tache floue (appelée tache d'Airy dans le cas des télescopes). Il en résulte que, si deux objets sont trop proches, les taches de diffraction – images de ces deux objets données par le télescope – se superposent et il n'est plus possible de les distinguer individuellement. Certains autres facteurs peuvent aussi rentrer en ligne de compte comme la pollution lumineuse, l'absorption de certains rayonnements par l'atmosphère terrestre ou encore l'activité humaine qui peut générer des rayonnements parasites.

Dans le cas du télescope spatial Hubble, de diamètre $D = 2,4$ m, son pouvoir de résolution à $\lambda = 500$ nm vaut $\theta = \frac{\lambda}{D} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{2,4} = 2,1 \cdot 10^{-7}$ rad. À titre de comparaison, le couple étoile-exoplanète HD209458 –

de dimension 0,45 u.a. – est vu depuis la Terre sous un angle de $\alpha = \frac{d}{D} = \frac{0,45 \times 150 \cdot 10^9}{153 \times 9,5 \cdot 10^{15}} = 4,6 \cdot 10^{-8}$ rad. Puisque le diamètre apparent de cet objet céleste est inférieur au pouvoir de résolution de Hubble, le télescope spatial n'est donc pas capable de distinguer l'étoile de la planète et ne laisse apparaître, comme image de ce système, qu'une seule tache.

Pour pallier à ce problème, il faudrait construire des télescopes toujours plus grands, ce qui est techniquement difficile. La solution mise en œuvre repose sur l'interférométrie qui fait intervenir le phénomène d'interférences, qui consiste à s'intéresser à la superposition de plusieurs ondes arrivant en un endroit avec certains déphasages précis (ondes en phase pour les interférences constructives et en opposition de phase pour les interférences destructives). On utilise donc plusieurs télescopes et on fait interférer de façon constructive les images qu'ils nous donnent. De cette manière, les 4 télescopes de 8,2 m de diamètre du VLT équivalent à un unique télescope de 200 m de diamètre. Le pouvoir de résolution du VLT est quant à lui de $\theta = \frac{\lambda}{D} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{200} = 2,5 \cdot 10^{-9}$ rad. Ce pouvoir de résolution est inférieur au diamètre apparent du couple étoile-exoplanète, ce qui permet de les distinguer individuellement.

Grâce à l'interférométrie, il est donc possible de détecter indirectement des exoplanètes depuis la Terre. De nouvelles exoplanètes sont découvertes tous les mois par les astronomes dont les investigations sont guidées par la question de l'Homme se pose depuis fort longtemps : sommes-nous seuls dans l'Univers ?

EXERCICE II : ATTENTION À VOS OREILLES

1. Le son émis par une flûte à bec

- 1.1. Sur la figure 7, on mesure 10,0 cm pour 9 périodes et l'échelle du document est telle que 10 ms sont représentées par 9,8 cm (dans la copie, laisser une trace des mesures sur le document).

$$\text{Ainsi, on a : } 9 \cdot T = \frac{10 \cdot 10^{-3} \times 10,0}{9,8} \text{ d'où } f = \frac{1}{T} = \frac{9 \times 9,8}{10 \cdot 10^{-3} \times 10,0} = 8,8 \cdot 10^2 \text{ Hz} = \boxed{880 \text{ Hz}}$$

- 1.2. La fréquence du fondamental f_1 est égale à la fréquence du son, la fréquence de l'harmonique de rang 2 est le double de celle du fondamental et la fréquence de l'harmonique de rang 3 le triple de celle du fondamental d'où :

$$\begin{aligned} f_1 &= \boxed{880 \text{ Hz}} \\ f_2 &= 2 \cdot f_1 = \boxed{1760 \text{ Hz}} \\ f_3 &= 3 \cdot f_1 = \boxed{2640 \text{ Hz}} \end{aligned}$$

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

- 2.1. Seul le bouchon moulé respecte le critère d'une atténuation inférieure à 25 dB car la courbe en pointillés correspondante se trouve en-dessous de la droite d'équation $y = 25 \text{ dB}$ alors que la courbe correspondant au bouchon en mousse est au-dessus de cette droite quelle que soit la fréquence.
- 2.2. Sur la courbe pleine correspondant au bouchon en mousse, on constate que l'atténuation est plus importante pour des sons de fréquence supérieure à 2 kHz, c'est-à-dire pour des sons aigus. Les bouchons en mousse atténuent donc davantage les sons aigus et restitueront mieux les sons graves, ce qui explique la phrase citée.

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

- 3.1. Pour chaque figure, on constate que le fondamental (premier bâton) se situe toujours à la même fréquence. Ainsi, un son ayant la même fréquence que son fondamental, on en déduit que les trois sons ont la même fréquence donc la même hauteur. En d'autres termes, le port de bouchons, qu'ils soient en mousse ou en silicone, ne modifie pas la hauteur du son.

En revanche, on constate sur le document 9 des amplitudes relatives respectives de 100%, 30% et 10% pour le fondamental et les harmoniques de rang 2 et 3. Or sur la figure 10, ces amplitudes relatives sont respectivement 100%, 4% et environ 0%. Ainsi, le port de bouchons en mousse modifie la composition en harmoniques du son donc le timbre du son.

Sur la figure 11, on mesure des amplitudes relatives respectives de 100%, 30% et 10%, soit la même composition en harmoniques que le son émis par la flûte. Ainsi, le port de bouchons en silicone ne modifie pas la composition en harmoniques du son et restituent donc fidèlement le timbre du son.

- 3.2. Les bouchons moulés conservent la qualité du son car ils restituent un son de même fréquence et de même timbre que le son émis.

4. Protection des oreilles d'un batteur

- 4.1. Niveau sonore moyen auquel un batteur est soumis :

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-12}} \right) = 10 \cdot \log (1,0 \cdot 10^{10}) = 10 \times 10 = \boxed{100 \text{ dB}}$$

- 4.2. D'après la figure 8, l'atténuation minimale pour les bouchons moulés en silicone est de 20 dB. En portant des bouchons moulés en silicone, le batteur sera donc exposé à un niveau sonore maximal de $100 - 20 = 80 \text{ dB}$, niveau sonore qui est inférieur au seuil de nocivité qui est de 85 dB. Les facultés auditives du batteur ne seront donc pas altérées durant le concert si celui-ci porte des bouchons moulés en silicone.