

BAC BLANC : EFFET DOPPLER

Christian Doppler, savant autrichien, propose en 1842 une explication de la modification de la fréquence du son perçu par un observateur immobile lorsque la source sonore est en mouvement.

On se propose de présenter ici l'effet Doppler puis de l'illustrer au travers d'une application.

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

Nous nous intéressons dans un premier temps au changement de fréquence associé au mouvement relatif d'une source sonore S et d'un détecteur placé au point M (figure 1). Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre dans lequel le détecteur est immobile. Une source S émet des « bips » sonores à intervalles de temps réguliers dont la période d'émission est notée T_0 . Le signal sonore se propage à la célérité v_{son} par rapport au référentiel terrestre.

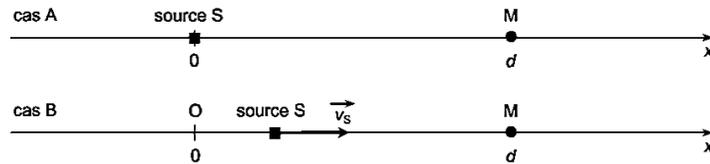


Figure 1. Schéma représentant une source sonore immobile (cas A), puis en mouvement (cas B).

1.1. Cas A : la source S est immobile en $x = 0$ et le détecteur M, situé à la distance d , perçoit chaque bip sonore avec un retard lié à la durée de propagation du signal.

1.1.1. Définir par une phrase, en utilisant l'expression « bips sonores », la fréquence f_0 de ce signal périodique.

1.1.2. Comparer la période temporelle T des bips sonores perçus par le détecteur à la période d'émission T_0 .

1.2. Cas B : la source S, initialement en $x = 0$, se déplace à une vitesse constante v_s suivant l'axe Ox en direction du détecteur immobile. La vitesse v_s est inférieure à la célérité v_{son} . On suppose que la source reste à gauche du détecteur.

Le détecteur perçoit alors les différents bips séparés d'une durée : $T' = T_0 \left(1 - \frac{v_s}{v_{son}} \right)$

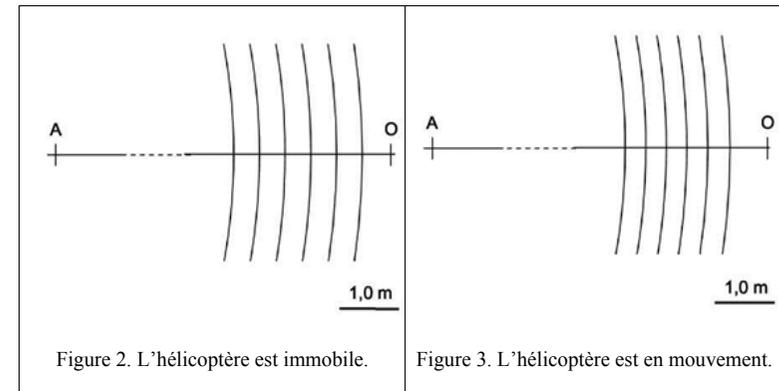
Indiquer si la fréquence f' des bips perçus par le détecteur est inférieure ou supérieure à la fréquence f_0 avec laquelle les bips sont émis par la source S. Justifier.

2. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

On s'intéresse à un son émis par un hélicoptère et perçu par un observateur immobile. La valeur de la fréquence de l'onde sonore émise par l'hélicoptère est $f_0 = 8,1 \times 10^2$ Hz. On se place dans le référentiel terrestre pour toute la suite de cette partie.

Les portions de cercles des figures 2 et 3 donnent les maxima d'amplitude de l'onde sonore à un instant donné. Le point A schématise l'hélicoptère. Dans le cas de la figure 2, l'hélicoptère est immobile. Dans le cas de la figure 3, il se déplace à vitesse constante le long de l'axe et

vers l'observateur placé au point O. La célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence.



2.1. Déterminer, avec un maximum de précision, la longueur d'onde λ_0 de l'onde sonore perçue par l'observateur lorsque l'hélicoptère est immobile, puis la longueur d'onde λ' lorsque l'hélicoptère est en mouvement rectiligne uniforme.

2.2. En déduire une estimation de la valeur de la célérité de l'onde sonore. Commenter la valeur obtenue.

2.3. Déterminer la fréquence du son perçu par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en mouvement.

Cette valeur est-elle en accord avec le résultat de la question 1.2. ?
Comment la perception du son est-elle modifiée ?

2.4. En déduire la valeur de la vitesse de l'hélicoptère. Cette valeur vous paraît-elle réaliste ?