

RAPPELS :

Une onde est **périodique** lorsque la **perturbation** qui lui donne naissance se reproduit identique à elle-même à **intervalles de temps égaux appelés période T**.

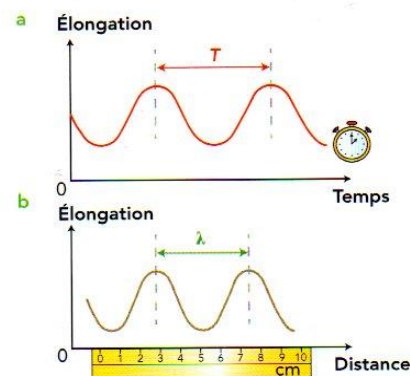
La période T est la durée nécessaire pour qu'un motif élémentaire se reproduise identique à lui-même. Elle s'exprime en seconde (s).

La longueur d'onde λ (lambda) est la distance parcourue par l'onde pendant une période T. Elle s'exprime en mètre (m).

La vitesse de propagation de l'onde est $v = \frac{\lambda}{T}$ avec v en m.s⁻¹, λ en m et T en s

On a aussi $v = \lambda \times f$ car $f = \frac{1}{T}$

(Avec f la fréquence de l'onde, exprimée en Hertz : de symbole Hz)

**A) Comment se manifeste l'effet Doppler ?**

Le son émis par un véhicule est perçu plus aigu quand le véhicule s'approche de l'observateur, et plus grave quand il s'en éloigne.

Effet Doppler, définition :

Une onde électromagnétique ou mécanique émise avec une fréquence f_E est reçue et perçue avec une fréquence f_R différente lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif (Vous devrez savoir établir l'expression du décalage Doppler dans le cas **d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile** et dans une configuration à une dimension).

S'ils s'approchent l'un de l'autre : $f_R > f_E$

S'ils s'éloignent l'un de l'autre : $f_R < f_E$

B) Décalage Doppler

On considère un **émetteur d'ondes sonores E**, qui **se rapproche d'un récepteur fixe R** avec une **vitesse de valeur v**.

E émet une succession d'impulsions très brèves, appelées « bips », **se propageant à la célérité $c > v$** , et séparés d'une période T_E .

$t = 0$		A $t = 0$, le signal est émis par E, séparé de R par une distance D.
t_1		Ce signal est reçu par R à la date $t_1 = \frac{D}{c}$ (Il a fallu une durée t_1 à l'onde pour parcourir la distance D à la vitesse c)
t_2		Un deuxième bip est émis par E à la date $t_2 = T_E$, alors que R se trouve maintenant à la distance $D - v \times T_E$ de E. (Pendant la durée T_E , E a parcouru la distance $v \times T_E$)
t_3		Ce signal est reçu par R à la date $t_3 = T_E + \frac{D - v \times T_E}{c}$ (L'onde a parcouru la distance $D - v \times T_E$ à la vitesse c entre t_2 et t_3)

Le récepteur a reçu un bip à la date t_1 , et l'autre à la date t_3 . La période T_R de réception des bips est donc :

$$T_R = t_3 - t_1 = T_E + \frac{D - v \times T_E}{c} - \frac{D}{c} = T_E - \frac{v \times T_E}{c} = T_E \left(1 - \frac{v}{c}\right) = T_E \left(\frac{c - v}{c}\right)$$

Comme $f = \frac{1}{T}$: $f_R = f_E \left(\frac{c}{c - v}\right)$

Le **décalage Doppler** a pour expression : $\Delta f = f_R - f_E = f_E \left(\frac{c}{c - v}\right) - f_E = f_E \left(\frac{c}{c - v} - 1\right) = f_E \left(\frac{c}{c - v} - \frac{c - v}{c - v}\right) = f_E \times \frac{v}{c - v}$

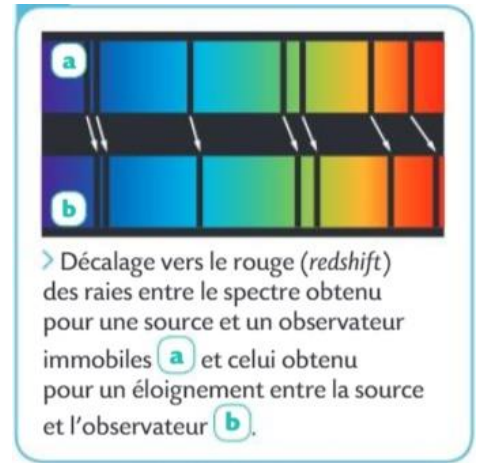
Remarques :

- De même, on peut montrer que **quand un émetteur s'éloigne d'un récepteur fixe, le décalage Doppler a pour expression** : $\Delta f = f_R - f_E = -f_E \times \frac{v}{c+v} < 0$
- Comme $c > v$, alors $\frac{v}{c-v} > 0$, donc $\Delta f > 0$ lors du rapprochement ($f_R > f_E$)

C) Applications

La mesure de la fréquence f_R , connaissant la fréquence émise f_E et la vitesse c de l'onde, permet de déterminer la vitesse v de l'émetteur en mouvement. **Cette méthode est utilisée dans de nombreux domaines dont :**

- **le domaine médical** avec l'échographie Doppler qui permet de mesurer la vitesse d'écoulement du sang.
Il s'agit alors d'ondes ultrasonores.
- **la sécurité routière** avec les radars qui permettent de mesurer la vitesse d'un véhicule.
Il s'agit alors d'ondes électromagnétiques.
- **l'astronomie (Effet Doppler-Fizeau)** avec le décalage des raies visibles dans le spectre de la lumière venant d'une galaxie par rapport à celles mesurées pour une source immobile sur Terre, qui permet de calculer la vitesse d'éloignement ou de rapprochement d'une galaxie par rapport à la Terre. Quand la galaxie s'éloigne, il y a un décalage des longueurs d'ondes vers le rouge :



$$f_R < f_E \text{ donc } \lambda_R > \lambda_E.$$

A SAVOIR / SAVOIR FAIRE

- **Décrire et interpréter** qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler
- **Établir** l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile et dans une configuration à une dimension
- **Exploiter** l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse

VERIFIER SES CONNAISSANCES ET COMPETENCES : QCM page 357 (I) + exercice résolu n°2 page 357

PREPARER LE CONTROLE :

Refaire les exercices (NIVEAU 1 et 2 : : 11, 12 et 14 p 359 et exercices bac NIVEAU 2)

Pour APPRENDRE / REVISER autrement : (Paul Olivier – Youtube)

Explications + formules



Exercice bac corrigé

