

LIVRE p 347 à 366 – TP associé : TP8

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**.

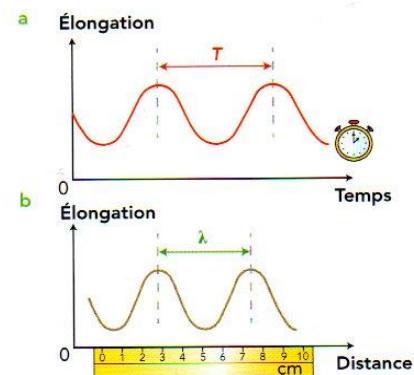
La période T est la durée nécessaire pour qu'un motif élémentaire se reproduise identique à lui-même. Elle s'exprime en seconde (s).

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 :

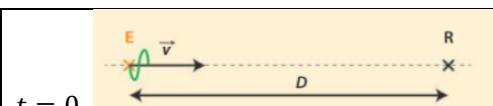
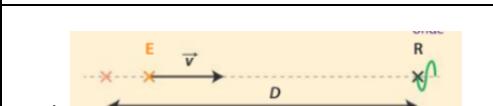
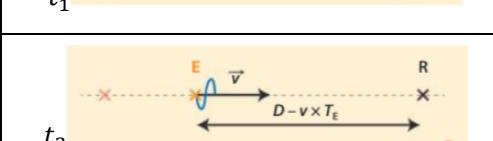
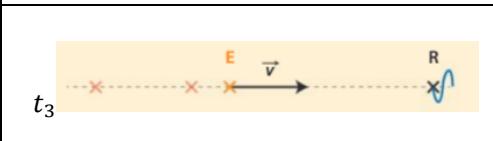
Une onde électromagnétique ou mécanique émise avec une fréquence f_E est reçue et perçue avec une fréquence f_R différente lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif (Vous devrez savoir établir l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile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

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

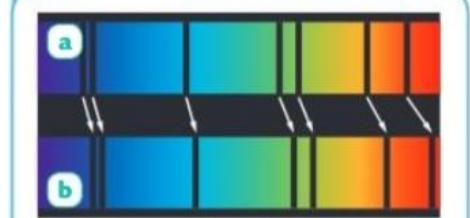
Il s'agit alors d'ondes ultrasonores.

- **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 :

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



➤ Décalage vers le rouge (redshift) des raies entre le spectre obtenu pour une source et un observateur immobiles **a** et celui obtenu pour un éloignement entre la source et l'observateur **b**.

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

