

Comment mesurer une vitesse grâce à l'effet Doppler ?

C'est en 1842 que l'autrichien Christian Doppler (1803-1853) publia un article décrivant l'évolution de la fréquence d'une onde émise par une source en mouvement par rapport à un observateur. Les applications sont multiples dans des domaines aussi différents que la médecine, l'astrophysique, les radars, les sonars, etc.



I. COMMENT EST MODIFIÉE LA FREQUENCE D'UN SON EMIS PAR UNE SOURCE QUI SE RAPPROCHE DE L'OBSERVATEUR ?

Matériel à disposition :

Emetteur d'ultrasons, récepteur, rail gradué, générateur + 15 V, carte d'acquisition, logiciel Synchronie 2006.

L'émetteur à ultrasons est réglé sur **Continu**. Seul le récepteur est branché sur la voie **EA0**.

La carte d'acquisition est réglée comme ci-contre.



1. Mesure de la fréquence des ultrasons émis

1.1. Placer le récepteur sur la graduation 50 mm. Observer et décrire le signal **reçu** sur la voie **EA0** puis déterminer par MODELISATION (dans **Traitements**), la fréquence $f_{\text{émis}}$ du signal.

$f_{\text{émis}} =$

1.2. Reproduire 20 fois cette expérience. Noter les valeurs obtenues dans le tableau ci-dessous. Calculer l'écart-type σ_{n-1} et la valeur moyenne \bar{f} obtenue.

Calculer l'incertitude type U_f sur cette série de valeurs en utilisant un coefficient d'élargissement de 2.

$\sigma_{n-1} =$

$\bar{f} =$

Ecrire correctement le résultat pour $f_{\text{émis}}$:

$f_{\text{émis}} =$

2. Mise au point du protocole pour mesurer la fréquence du son reçu par un récepteur qui se rapproche de l'émetteur

Il faut ajuster le niveau de déclenchement de telle façon à ce que l'acquisition se déclenche quand le récepteur passe par la graduation 100 mm.

Proposer un protocole en utilisant le **Mode permanent**, pour déterminer le seuil de déclenchement de l'acquisition via l'entrée **EA0**. Indiquer **soigneusement** les paramètres d'acquisition choisis dans Synchronie.

Le faire valider par le professeur.

3. Mesure de la fréquence des ultrasons reçus par un récepteur se rapprochant de l'émetteur.

3.1. Après avoir déclenché l'acquisition par **F10**, déplacer assez rapidement le récepteur vers l'émetteur en le faisant passer par la graduation 100 mm. Observer le signal **reçu** sur la voie **EA0** puis déterminer par MODELISATION, la fréquence $f_{\text{reçu}}$ du signal.

$$f_{\text{reçu}} = \dots\dots\dots$$

3.2. Répondre à la question du paragraphe en comparant la fréquence du signal émis ($f_{\text{émis}}$) à la fréquence du signal reçu par le récepteur ($f_{\text{reçu}}$).

3.3. Que constatez-vous si vous recommencez la mesure en déplaçant le récepteur plus rapidement ou plus lentement? Conclure sur l'évolution de la fréquence reçue en fonction de la vitesse du récepteur.

PEUT-ON UTILISER LES ULTRASONS COMME RADAR DE VITESSE ?

Matériel à disposition :

Emetteur d'ultrasons, récepteur, rail gradué, générateur + 15 V, carte d'acquisition, logiciel Synchronie 2006, écran.

1. Proposer un protocole permettant de déterminer la fréquence de l'onde réfléchiée par l'écran en mouvement.

Le faire valider par le professeur.

2. Réaliser le protocole et calculer la vitesse de déplacement de l'écran à partir de la formule ci-dessous :

$$v = \frac{f_{reçu} - f_{émis}}{2 \times f_{reçu}} \times v_{son} \qquad v = \dots\dots\dots$$

Estimer grossièrement l'incertitude à un niveau de confiance de 95 % sur la vitesse ainsi obtenue. :

U(v) =

Dans le cas présent: $u(v) = \frac{v}{(f_{reçu} - f_{émis})} u(f_{émis}) \sqrt{1 + \left(\frac{f_{reçu}}{f_{émis}}\right)^2}$. Ecrire correctement le résultat pour v.
v =

3. Un radar de contrôle de vitesse routier utilise une onde électromagnétique. Le radar Doppler de la gendarmerie de type Mesta 208 correspond à une fréquence $f_{émis} = 24,125$ GHz.

a) Décalage Δf de fréquence pour une voiture se déplaçant en ville (limitation : 50 km.h⁻¹ !) à $v = 72$ km.h⁻¹ ?

$\Delta f = \dots\dots\dots$

b) Expliquez pourquoi il est nécessaire d'apporter un correctif à la formule ci-dessus qui fait que le décalage fréquentiel est encore plus petit que celui obtenu.

a) La méthode de mesure de vitesse dans les contrôles routiers par utilisation de l'effet Doppler a plusieurs inconvénients : quels peuvent-ils être ?