

TP de Physique n°16 Mesure de vitesse par effet Doppler

On va ici tenter de créer un système permettant de mesurer précisément la vitesse instantanée d'un mobile. Notre système aura le même principe de fonctionnement que celui des radars routiers, à la différence qu'il utilisera des ondes ultrasonores au lieu d'ondes électromagnétiques.

- 1) **Maison** Rappeler le principe de l'effet Doppler ainsi que la formule donnant la fréquence reçue en fonction de la fréquence émise, dans le cas où l'émetteur est en mouvement puis dans le cas où le récepteur est en mouvement.
- 2) **Maison** Dans notre système, l'émetteur émet une onde de fréquence f , qui se réfléchit sur le mobile en mouvement pour revenir au niveau de l'émetteur, où un récepteur enregistre une fréquence f' différente de la fréquence émise. Montrer que, dans le cas où la vitesse v du mobile est faible devant la vitesse c de l'onde, le décalage relatif de fréquence entre l'onde émise et l'onde reçue est donné (dans le cas où le mobile se rapproche de l'émetteur/récepteur) par :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f' - f}{f} = \frac{2v}{c}$$

- 3) Vous disposez d'émetteurs/récepteurs ultrasons, basés sur des matériaux piezo-électriques, ayant une résonance vers 40 kHz. Ces appareils peuvent être utilisés indifféremment soit comme émetteurs, soit comme récepteurs. Déterminez précisément la fréquence de résonance des émetteurs/récepteurs. Dorénavant, on travaillera à cette fréquence.

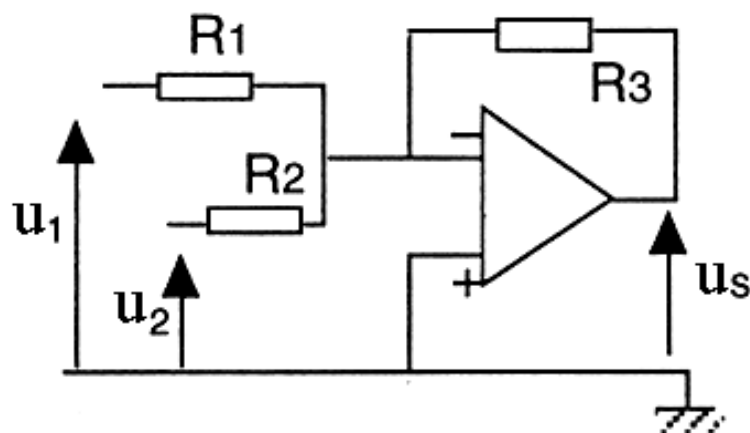
- 4) Déplacez le mobile (boîte en carton) sur une distance d'une dizaine de centimètres en essayant d'aller à vitesse quasi-constante (vous chronométrerez la durée mise pour parcourir la distance totale pour avoir une idée de la vitesse moyenne à laquelle vous déplacez le mobile). Enregistrez simultanément l'onde incidente et l'onde réfléchie.

Quelles différences notez-vous sur l'onde réfléchie par rapport à l'onde incidente ? (soyez précis).

Le décalage de fréquence dû à l'effet Doppler est-il mesurable et en déduit-on une bonne estimation de la vitesse du mobile ?

- 5) **Maison** En fait, pour arriver à mesurer précisément le décalage de fréquence (infime) entre l'onde incidente et l'onde réfléchie, les radars routiers superposent le signal incident au signal réfléchi pour obtenir des battements. Expliquez qualitativement en quoi consiste le phénomène de battements puis caractérisez-le précisément avec des formules mathématiques.

- 6) **Maison (facultatif)** En électronique analogique, une façon courante de sommer deux signaux est d'utiliser un amplificateur opérationnel (AO). Ce composant actif (il doit être alimenté avec une tension +15V/-15V) n'est plus au programme de la filière MPSI/MP mais reste au programme de la PSI. Le montage suivant permet de sommer deux signaux :



On montre que pour le circuit ci-dessus, on a :

$$u_s = -R_3 \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right)$$

Ceux qui sont motivés (ou qui ont prévu d'aller en PSI l'an prochain et veulent prendre un peu d'avance) peuvent démontrer cette formule. Pour cela il suffit de savoir que :

- les courants qui entrent dans les bornes – et + de l'AO sont nuls : $i_+ = i_- = 0 \text{ A}$

- en régime linéaire (ce qui est le cas dans ce circuit), les potentiels des bornes + et – de l'AO sont égaux : $v_+ = v_-$

7) À l'aide de l'amplificateur opérationnel, réalisez un montage permettant de sommer le signal ultrasonore incident et celui réfléchi par le mobile. Vous choisirez judicieusement les valeurs des résistances de façon à ce que les deux signaux additionnés aient approximativement la même amplitude.

Observez-vous des battements ?

Si oui, déduisez-en la vitesse instantanée du mobile au moment de la mesure. La valeur obtenue est elle cohérente avec l'estimation de la vitesse moyenne que vous avez faite en chronométrant.