

L'EFFET DOPPLER-FIZEAU

PARTIE A : APPLICATION À L'ASTROPHYSIQUE (voir P56)
PARTIE B : L'EXAMEN MÉDICAL DOPPLER (voir ci-dessous)

CONTEXTE DU SUJET

L'examen médical Doppler étudie le débit du sang dans les artères et les veines donnant ainsi des renseignements sur ses conditions d'écoulement et la bonne irrigation des organes. Cet examen peut être utilisé sur les vaisseaux des membres, du cou, de l'abdomen...

Il recherche des perturbations du flux sanguin pouvant être en rapport avec un obstacle ou un rétrécissement du vaisseau. Il peut s'agir d'un caillot bloqué dans une veine (c'est la phlébite), d'un rétrécissement d'une artère (ce sont les plaques d'athérome)...

L'examen Doppler utilise les ultrasons. Son principe consiste à étudier l'écoulement du sang dans un vaisseau. Une sonde en forme de stylo émettant des ultrasons est appliquée en regard de la région à examiner. L'onde ultrasonore se propage dans les tissus et est renvoyée sous forme d'un écho par les différents organes qu'elle rencontre. Ce signal est analysé et transformé en un son, une courbe ou une couleur reflétant les vitesses de circulation sanguine.

D'après : Doctissimo. Le Doppler – Imagerie médicale – Doctissimo. Doctissimo SAS. [consulté le 24-X-2012]. Disponible sur : <http://www.doctissimo.fr/html/sante/imagerie/doppler.htm>

L'objectif de cette séance est de mettre en évidence le principe de cette technique d'examen et de déterminer la vitesse de déplacement des globules rouges.

DOCUMENT MIS À DISPOSITION

Principe de l'examen Doppler

La sonde mesure une variation de fréquence Δf qui dépend de la vitesse v des globules rouges :

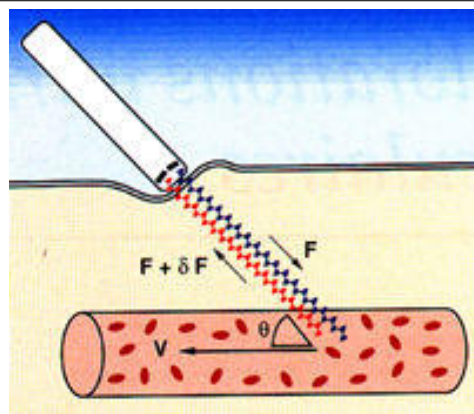
$$v = \frac{c}{2 \cdot \cos \theta} \cdot \frac{\Delta f}{f} \quad \text{où } \theta \neq 90^\circ \text{ avec :}$$

f la fréquence de l'onde émise par la sonde

$f + \Delta f$ la fréquence de l'onde reçue

θ l'angle de visée mesuré par rapport à l'axe de déplacement des globules rouges

c la célérité de l'onde



MATÉRIEL MIS À DISPOSITION

Un ordinateur avec le logiciel LATIS PRO, une interface d'acquisition SYSAM, un émetteur d'ultrasons et son alimentation électrique, deux récepteurs d'ultrasons, un écran en carton relié à un dispositif rotatif, des fils de connexion, une règle, un thermomètre.

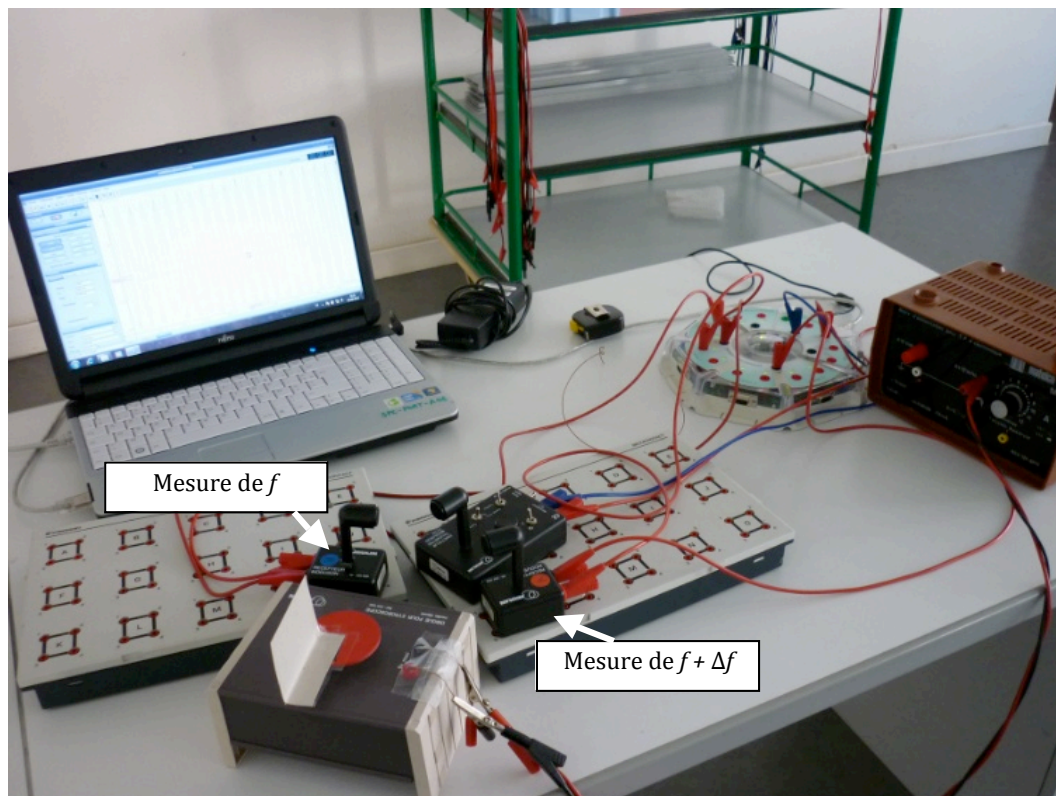
DONNÉE

La célérité des ondes ultrasonores dans l'air est donnée de façon précise par la relation : $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$ où γ est un coefficient ($\gamma_{\text{air}} = 1,40$), R la constante des gaz parfaits ($R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$), T la température absolue de l'air et M la masse molaire du gaz ($M_{\text{air}} = 28,97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

Proposition d'un protocole expérimental

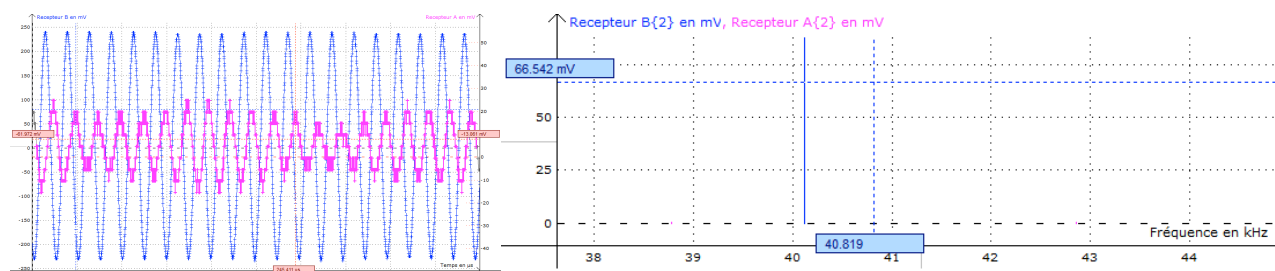
Pour comprendre comment fonctionne l'examen médical Doppler, un élève, Victor, propose de réaliser l'expérience suivante de telle sorte que l'écran se rapproche de l'émetteur lorsque le disque rotatif est en fonctionnement :



Il modélise ainsi l'examen médical Doppler avec le matériel suivant (en considérant un angle de visée θ nul par rapport à l'axe de déplacement des globules rouges) :

	Émission continue des ondes ultrasonores par la sonde	Appareil de mesure de la fréquence f de l'onde émise	Appareil de mesure de la fréquence $f + \Delta f$ de l'onde reçue	Globules rouges se déplaçant dans le vaisseau sanguin
Matériel expérimental utilisé pour la modélisation	Émetteur d'ultrasons en mode « continu » alimenté par le générateur de tension continue de SYSAM	Récepteur d'ultrasons branché sur la borne EA0	Récepteur d'ultrasons branché sur la borne EA1	Écran en carton relié au dispositif rotatif

Dans une salle de travaux pratiques où il règne une température de 20°C , Victor réalise alors une acquisition de 1000 points pendant une durée totale de $500\ \mu\text{s}$ et il obtient les résultats expérimentaux suivants : $f = 40,604\ \text{kHz}$ et $f + \Delta f = 40,816\ \text{kHz}$.



TRAVAIL À EFFECTUER

1. Utilisation des résultats expérimentaux de Victor

- 1.1. Calculer la vitesse de déplacement de l'écran en utilisant les résultats expérimentaux de Victor et les informations données dans le document sur le principe de l'examen Doppler.
- 1.2. En déduire la fréquence de rotation du disque rotatif portant l'écran. Cette fréquence vous paraît-elle réaliste ?

APPEL N°1

Appeler le professeur pour lui présenter vos résultats ou en cas de difficulté

2. Discussion des résultats expérimentaux de Victor

Une autre élève, Ekaterina, réalise à son tour le protocole expérimental de Victor et elle obtient des résultats expérimentaux ne lui permettant pas d'obtenir une fréquence de rotation du disque réaliste. Elle considère donc que le protocole expérimental proposé par Victor ne permet pas de modéliser correctement un examen médical Doppler.

- 2.1. Réaliser plusieurs fois le protocole expérimental proposé par Victor (en veillant à ne pas alimenter le disque rotatif avec une tension supérieure à 6V) et noter les résultats expérimentaux obtenus.

APPEL N°2

Appeler le professeur pour lui présenter la mise en œuvre du protocole ou en cas de difficulté

- 2.2. Calculer la vitesse de déplacement de l'écran en utilisant vos résultats expérimentaux et en déduire la fréquence de rotation du disque rotatif portant l'écran. Cette fréquence vous paraît-elle réaliste ?
- 2.3. Le protocole expérimental proposé par Victor permet-il finalement de modéliser correctement un examen médical Doppler ? Justifier la réponse.
- 2.4. Sinon, comment pourrait-on améliorer le protocole de Victor pour modéliser convenablement un examen médical Doppler ?

3. Autres mesures de vitesse

On souhaite mesurer le plus précisément possible la fréquence de rotation du disque rotatif sans utiliser le principe de l'effet Doppler.

Proposer un ou plusieurs protocoles expérimentaux permettant d'effectuer une mesure expérimentale de cette fréquence de rotation.

Remarque : il est possible de proposer n'importe quel matériel, même non présent au laboratoire, pour réaliser ces expériences.

APPEL N°3

Appeler le professeur pour lui présenter le(s) protocole(s) expérimental(aux) proposé(s) ou en cas de difficulté