VIIB – Tchou Tchou

Objectifs :

- Analyser/Raisonner : Les différentes situations suivant les conditions opératoires.
- Réaliser : Un système de détection Doppler par détection synchrone.
- S'approprier : Utilisation d'un système ultra-sonore et interprétation des observations à courte/grande distance.
- Valider/Communiquer : Valider les modèles proposés par l'effet döppler.

Matériel à disposition :

- 1 Oscilloscope numérique Keysight 4 voies avec câbles coaxiaux, et T…
- 1 GBF arbitraire FI5505GA = GBF1
- 1 ordinateur équipé de regressi, excel…
- Locomotive avec réflecteur en carton
- Ensemble émetteur/récepteur à ultra-sons à 40,000 kHz.
- Multiplieur avec son alimentation
- 1 boîte à décades de résistance, une pour la capacité.
- Carte Sysam SP5
- 1 thermomètre
- Les notices des différents appareils de mesure.

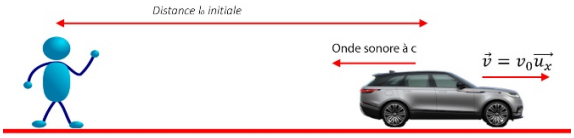
I – Mesure directe

- Proposer un protocole pour déterminer la vitesse V de la locomotive (avec carton) à l'aide d'un chronomètre.
- Présenter le résultat sous la forme $V_d = v_m \pm U_v$
- Afin de calculer les incertitudes lors des mesures effectuées, on pourra s'aider de ce tableau où l'incertitude-type B sur la grandeur x est représentée : u_x. L'incertitude élargie à 95% s'écrit alors : $U_x = 2\,u_x$.

II – Préparation théorique

II-1) L'effet Doppler

La fréquence d'une onde (sonore) n'est pas un caractère absolu de l'onde. Elle dépend du mouvement relatif de l'émetteur et de l'observateur, et plus précisément de leur vitesse relative. Une personne fixe écoute des bips émis périodiquement tous les T par un haut-parleur en mouvement à la vitesse $\vec{v} = v\,\overrightarrow{u_x}$. En fait, à cause de l'éloignement progressif du haut-parleur, la personne reçoit des bips séparés d'une durée T' supérieure à T.



Formalisons cette situation : la distance initiale entre la personne et le haut-parleur est notée l_0. Le premier bip est émis en $t_0 = 0$. Il est reçu en $t_0' = \frac{l_0}{c}$ et ainsi de suite…

N° du Bip	Instant d'émission	Distance	Instant de réception
Bip 0	$t_0 = 0$	l_0	$t_0' = \frac{l_0}{c}$
Bip 1	$t_1 = T$	$l_1 = l_0 + vT$	$t_1' = T + \frac{l_1}{c}$
…Bip n-1	$t_{n-1} = (n-1)T$	$l_{n-1} = l_0 + v(n-1)T$	$t_{n-1}' = (n-1)T + \frac{l_{n-1}}{c}$
Bip n	$t_{n-1} = nT$	$l_n = l_0 + v\,nT$	$t_n' = nT + \frac{l_n}{c}$

On déduit la période T' perçue par l'observateur : $T' = t_n' - t_{n-1}' = T + \frac{v\,T}{c} = T\left(1 + \frac{v}{c}\right)$ ainsi que la fréquence mesurée par l'observateur : $f' = \frac{f}{1+\frac{v}{c}} \sim f\left(1 - \frac{v}{c}\right)$. Notons $\Delta f = f' - f$ le décalage en fréquence alors :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{v}{c}$$

II-2) Expérience proposée

Le principe de la mesure est d'envoyer des ultra-sons sur le carton et recueillir l'onde réfléchie à l'aide d'un récepteur ultrasonore. Cette onde réfléchie sera décalée par effet Doppler.

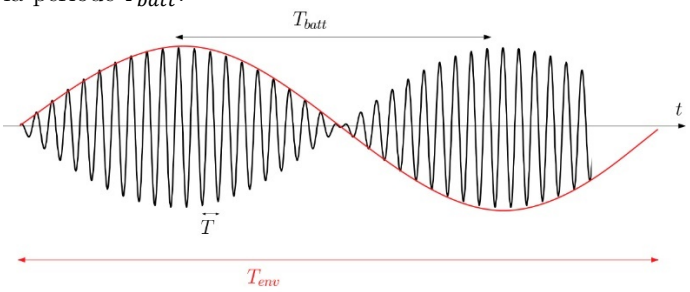
Q1) Faire un schéma du montage.

Q2) Démontrez que la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie peut s'écrire :

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

Où on admettra que la célérité du son peut s'écrire : $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

Q3) L'onde reçue est la somme des deux ondes de fréquence f et $f + \Delta f$. Montrer que le signal résultant est constitué de battements dont on exprimera la période T_{batt}.



III – Etude des battements

III-1) Proposer un protocole permettant d'obtenir les battements entre la fréquence émise par l'émetteur ultrason et la fréquence reçue par le récepteur.

III-2) Mesurer la période des battements et en déduire le résultat sous la forme :

$$V_b = v_m \pm U_v$$

III-3) A l'aide de la FFT du signal en déduire aussi le résultat :

$$V_{b2} = v_m \pm U_v$$

IV – Détection synchrone

IV-1) Effectuer un montage de détection synchrone permettant d'obtenir un signal de fréquence Δf à la fin de la chaîne de montage. (Se conférer au TP sur la modulation d'amplitude, attention le montage doit-être connu)

IV-2) Mesurer Δf sous Latis-Pro ou à l'oscilloscope. En déduire la vitesse du mobile.

a) En mesurant la période du signal : $V_d = v_m \pm U_v$
b) A l'aide d'une FFT : $V_{d2} = v_m \pm U_v$

V – Synthèse

Q4) Synthétiser vos résultats à l'aide d'un tableau. Conclure.