

B – Tchou Tchou

Objectif : Le but de ce TP est de déterminer la vitesse de la locomotive par trois méthodes :

- Directement par utilisation d'un chronomètre.
- Par l'exploitation d'une figure de battements.
- Grâce à la détection synchrone.

Quatre mesures de vitesse sont attendues mais si vous en avez fait seulement deux ou trois, il est fortement conseillé de faire le tableau récapitulatif (Partie V) et de conclure sur les mesures réalisées.

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.
- 1 Amplificateur de signal vers 40,000 kHz.
- 1 dispositif de mesure de longueur.
- 1 chronomètre.
- Multiplieur avec son alimentation.
- 1 boîte à décades de résistance, une pour la capacité.
- 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 l'annexe.

II – Préparation théorique

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

II-1) On note T la période du signal émis et T' la période du signal réfléchi. Démontrez alors que :

$$T' = T \left(1 + \frac{2v}{c} \right) \text{ où } c = \text{célérité du son}$$

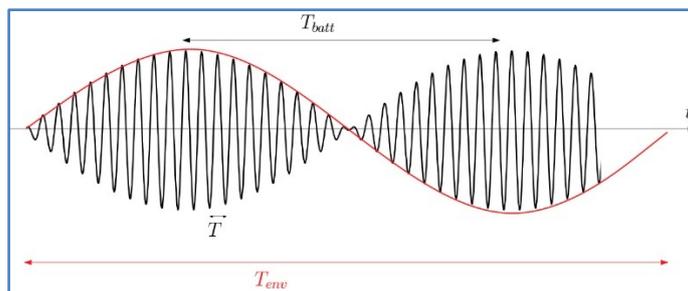
II-2) Démontrez, sous certaines hypothèses que l'on précisera que la différence de fréquence entre l'onde émise f et l'onde réfléchi f' peut s'écrire :

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

Où on admettra que la célérité du son a comme valeur numérique : $c = 340 \text{ m s}^{-1}$

II-3) L'onde reçue par le récepteur est la somme des deux ondes de fréquence f et f' que l'on supposera de même amplitude A . Montrer que le signal résultant est constitué de battements dont on démontrera que la période T_{batt} peut s'écrire :

$$T_{batt} = \frac{1}{\Delta f}$$



III – Etude des battements

III-1) Faire un schéma du dispositif expérimental que vous avez choisi sur votre copie en exploitant le matériel à votre disposition.

☛ Appeler le professeur pour contrôle ☛

III-2) Réaliser le protocole choisi afin d'obtenir les battements entre la fréquence émise par l'émetteur ultrason et la fréquence reçue par le récepteur.

III-3) Mesurer la période (ou la fréquence) des battements, par la méthode de votre choix que l'on précisera.

En déduire le résultat sous la forme :

$$V_b = v_m \pm U_v$$

IV – Détection synchrone

IV-1) On désire réaliser une détection synchrone du signal réfléchi. Faire un schéma « bloc » expérimental du dispositif afin de réaliser la détection synchrone du signal.

IV-2) Exprimer la forme du signal de sortie $s_{ds}(t)$ en fonction de f, f' et A .

IV-3) Représenter le spectre fréquentiel attendu.

IV-4) En utilisant la FFT de l'oscilloscope, réaliser une nouvelle mesure de Δf . En déduire

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

IV-5) Vous disposez d'une résistance et d'une capacité à décade. Comment utiliser à bon escient ces deux dipôles afin de récupérer facilement Δf sans utiliser la FFT.

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

V – Synthèse

Représenter le tableau suivant sur votre copie. **Conclure.**

	① Mesure directe	② Mesure à partir des battements	③ Mesure à partir de la FFT	④ Mesure à l'aide des dipôles R,C.
$\frac{[V]}{ms^{-1}}$				
$\frac{[U_v]}{ms^{-1}}$				

VI – Annexes

VI-1) Incertitudes

Lorsqu'on identifie un intervalle $[x_{min}; x_{max}]$ au sein duquel il semble raisonnable de situer la valeur x d'une grandeur physique X , le meilleur estimateur correspond au centre de l'intervalle :

$$\bar{x} = \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$$

L'intervalle peut alors s'écrire $[\bar{x} - \Delta; \bar{x} + \Delta]$ en introduisant la demi-largeur : $\Delta = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$

Dans le cas d'une distribution uniforme, on peut établir que l'incertitude-type associée au mesurage vaut :

$$u(x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

VI-2) Formulaire

$$\cos(p) + \cos(q) = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2} [\cos(a+b) + \cos(a-b)]$$