

EFFET DOPPLER

Le but de ce TP est double :

- Déterminer la vitesse $v(t)$ instantanée de la voiture en faisant battre les ondes US de deux émetteurs. Le 1^{er} émetteur est fixe, de fréquence $f_0 = 40 \text{ kHz}$. L'autre émetteur est solidaire du mobile en mouvement à vitesse instantanée $v(t)$ et il émet, dans le référentiel du laboratoire à une fréquence f décalée de f_0 par effet Doppler. Le décalage $\Delta f = f - f_0$ étant proportionnel à $v(t)$, l'enveloppe des battements aura elle-même une fréquence f_B proportionnelle à $v(t)$.
- Déterminer l'accélération de la voiture sur le plan incliné et vérifier si le modèle du roulement sans glissement des 4 roues est adapté.

1. MATERIEL A DISPOSITION :

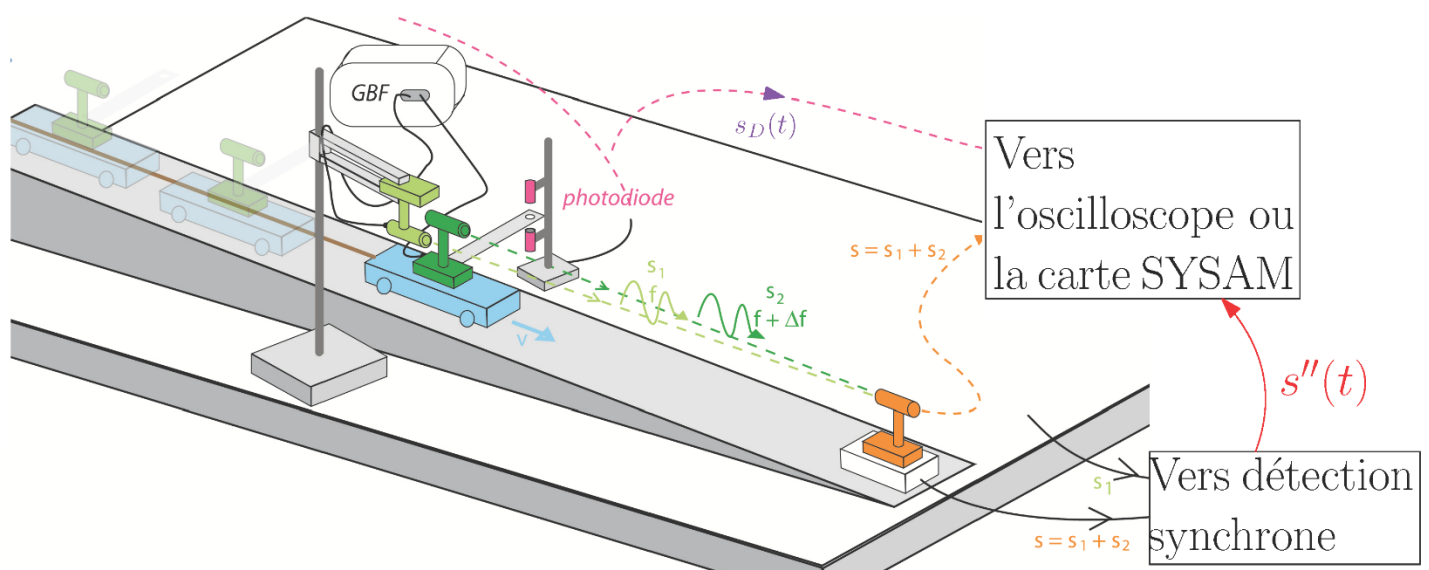
Sur les postes élèves :

- Un plan incliné où se déplace un modèle réduit de voiture.
- Un GBF
- Un oscilloscope avec le mode SINGLE
- Un récepteur et deux émetteurs ultrasonores (US),
- Un amplificateur dont la bande passante, très étroite, est réglée sur 40kHz.
- Un détecteur de passage à laser et photodiode.
- Une carte d'acquisition SYSAM, interfacée avec un ordinateur muni du logiciel LATIS-PRO
- Une voiture munie d'une lame en carton destinée à couper le faisceau LASER. On note ε la largeur de cette lame

Pour toute la salle :

- Un thermomètre
- Un rapporteur

2. MONTAGE :



3. APPROCHE THEORIQUE :

VITESSE DE LA VOITURE

On note :

$$s_1(t) = A_1 \cos 2\pi f t$$

le signal issu de l'émetteur fixe arrivant sur le capteur.

Et :

$$s_2(t) = A_2 \cos(2\pi(f + \Delta f)t + \phi)$$

le signal issu de l'émetteur mobile arrivant sur le capteur

- Etablir la relation entre la vitesse instantanée de la voiture et Δf .
- Etablir l'expression du signal complet reçu par le détecteur (noté $s(t)$) :
 - Donner l'allure de son chronogramme et montrer que la fréquence des battements observés vérifie :

$$f_{batt} = \Delta f$$

- Donner l'allure de son spectre.
- Rappeler les principales étapes de la détection synchrone et donner les expressions ainsi que les spectres des deux signaux suivants :
 - $s'(t)$ le signal à la sortie du multiplieur,
 - $s''(t)$ le signal à la sortie du filtre.
- Montrer que l'analyse du signal issu de la photodiode permet également de déterminer la vitesse instantanée de la voiture.
- Pour conclure, proposer 4 méthodes pour déterminer $V(t)$.

ACCELERATION DE LA VOITURE

- Montrer que l'accélération de la voiture, dans le modèle du roulement sans glissement, vaut :

$$a = \frac{m}{m + \frac{J}{R^2}} \sin \alpha g$$

- Que devient cette expression si on néglige l'inertie des roues ? Cette hypothèse vous paraît-elle raisonnable ?
- Expliquer comment remonter à l'accélération de la voiture à partir des mesures des vitesses instantanées.

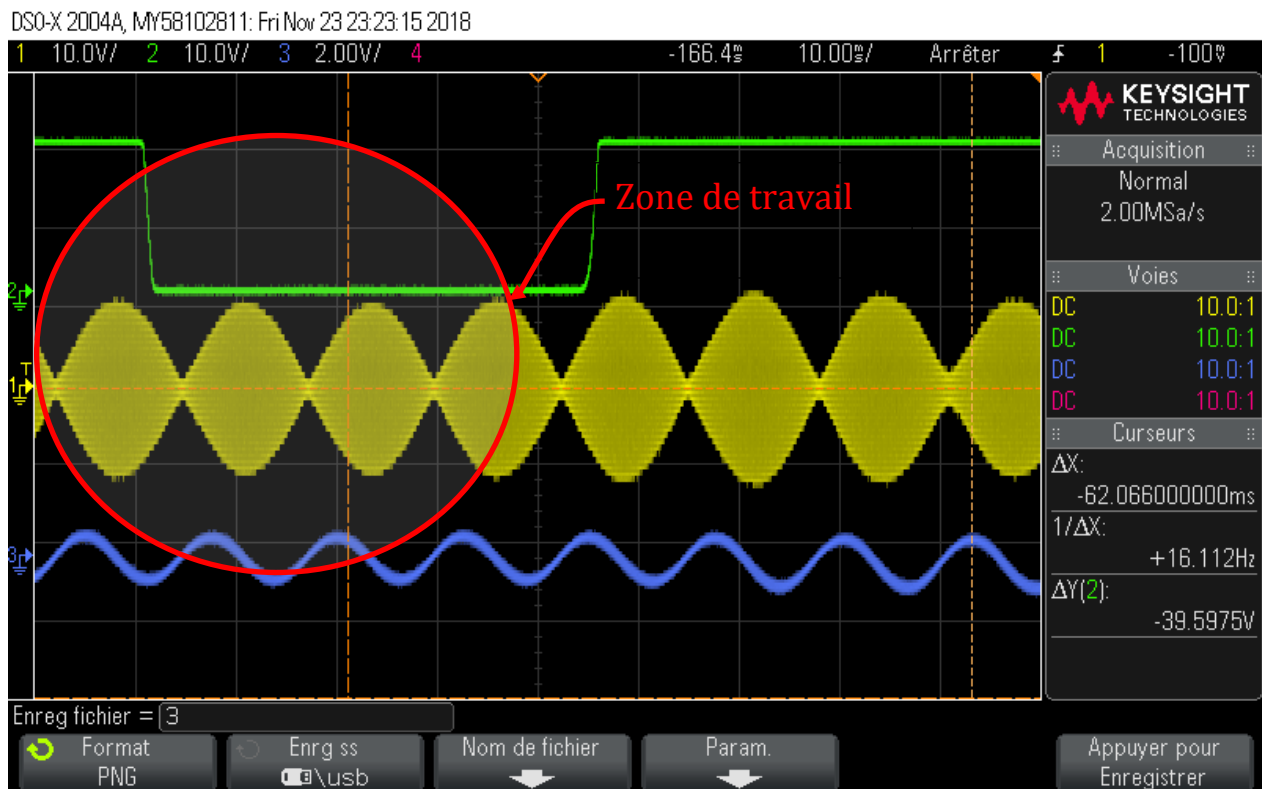
4. MESURE DE LA VITESSE INSTANTANEE

- Mesurer la vitesse instantanée de la voiture en utilisant les 4 méthodes.
- Pour chacune des méthodes faire un calcul d'incertitude.
- Quelle méthode vous paraît la plus précise ? justifier.

Attention ! Pour pouvoir comparer les vitesses, il faut travailler sur une seule mesure prise à l'endroit où est placée la photodiode !

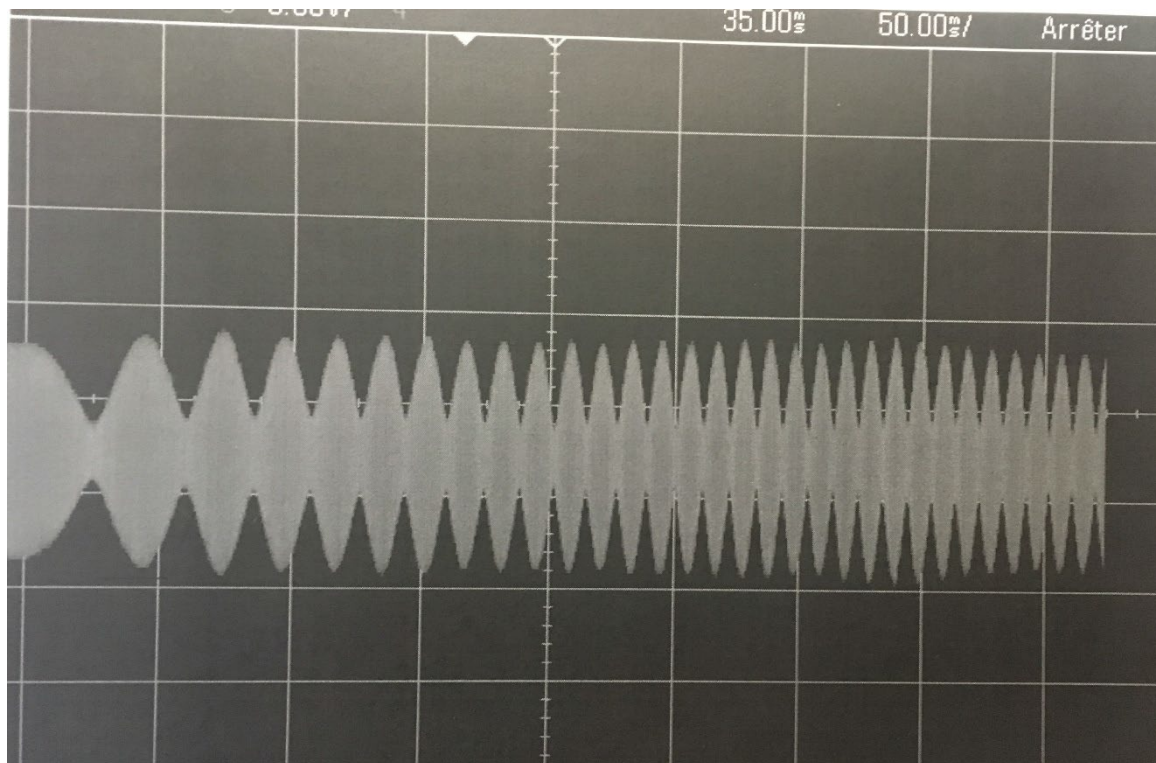
Astuces :

- Pour vérifier le bon fonctionnement du montage, faire bouger la voiture sur la piste en la maintenant (quelques allers-retours suffisent) et observer à l'écran les différents signaux $s(t)$, $s'(t)$, $s''(t)$ et $s_D(t)$.
- Pour bien régler l'échelle de temps pour le mode SINGLE, vérifier que vous observez bien des battements en faisant bouger la voiture.



5. ACCELERATION DE LA VOITURE

- Pour pouvoir mesurer l'accélération de la voiture, il faut observer de nombreux battements :



- A partir de l'obtention de battements, proposer une méthode pour remonter à l'accélération de la voiture à l'aide d'une régression linéaire.
- Conclure quant à la validité du modèle du roulement sans glissement.