

TP Détection synchrone

Ce TP est coopératif et a pour but de déterminer la vitesse de déplacement d'un objet par effet Doppler. Vous n'aurez pas le temps d'effectuer toutes les mesures. Vous devrez vous entendre avec 2 autres groupes afin que les manipulations soient effectuées pour répondre aux questions.

I. Mesure de vitesse par détection synchrone

1 - Matériel

Pour ce TP, nous utiliserons un GBF, la carte d'acquisition Sysam-PCI avec le logiciel LatisPro. Le système mis à disposition est constitué d'un émetteur et d'un récepteur ultrasonore et d'une chaîne de mesure permettant l'amplification, la multiplication et le filtrage de tension.

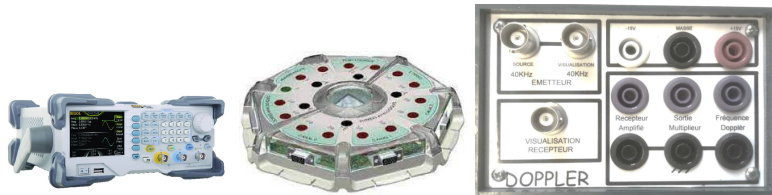


FIGURE 1 – GBF, convertisseur analogique-numérique Sysam-PCI, Boîtier Doppler.

L'étiquetage des bornes correspond à :

- Émetteur : tension s_0 de la chaîne de mesure. Ce dernier devra être alimenté par un GBF, on choisira sauf mention contraire une tension sinusoïdale de 10,0 Vpp à 40 kHz ;
- récepteur : tension s_1 aux bornes du récepteur ultra-sons ;

- récepteur amplifié : tension s_2 amplifiée d'un coefficient β par rapport à s_1 ;
- multiplieur : tension s_3 vérifiant $s_3 = k \times s_0 \times s_2$;
- Fréquence Doppler : tension s_4 à la sortie d'un filtre passe-bas appliquée à la tension s_3 .

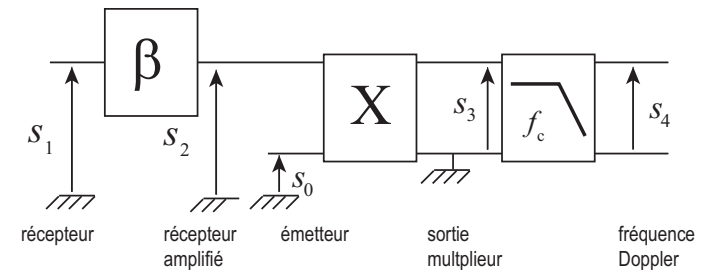


FIGURE 2 – Chaîne de mesure du boîtier Doppler.

2 - Principe de mesure

À rédiger

- ☐ Q 1 - Pour un déplacement d'un obstacle à $10 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, déterminer la fréquence du signal $f_1 = f_0 + \Delta f$ reçu ^a.
- ☐ Q 2 - Proposer une expression pour la tension $s_0(t)$ et la tension $s_1(t)$.
- ☐ Q 3 - En déduire une expression de $s_3(t)$ et l'exprimer en fonction d'une somme de fonctions trigonométriques.
- ☐ Q 4 - Représenter enfin le spectre de $s_3(t)$.

^a. On utilisera le résultat directement obtenu en exercice préparatoire

Appel Professeur, à l'oral

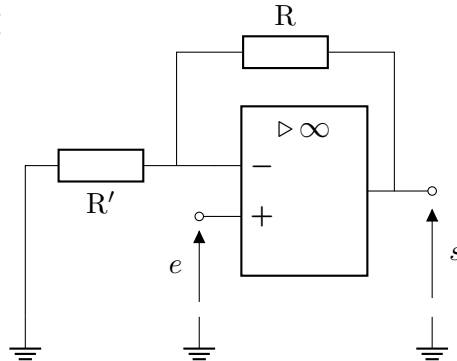
Proposer un schéma de filtre passe-bas en indiquant des valeurs réalistes des composants.

II. Les expériences à mener...

1 - Etude de l'amplificateur

a) Montage à A.L.I

Sous le symbole β se trouve le composant TL081 qui est un A.L.I. permettant l'amplification d'un signal grâce au montage ci-contre. La relation aux bornes du dispositif est $s = \beta \times e$.



À rédiger

On considère le montage à A.L.I. ci-dessus.

- ☐ Q 5 - l'ALI fonctionne-t-il en régime linéaire dans le montage ci-dessus ?
- ☐ Q 6 - Exprimer le coefficient β en fonction de R et R'.

b) Expérimentation

Précautions expérimentales Le boîtier doit être alimenté par une alimentation symétrique $\pm 15\text{ V}$ par les bornes situées sur le côté du boîtier.

Les bornes à utiliser pour le GBF et l'acquisition sont mises en évidence ci-contre.

Expérience 1

- ✓ Brancher la tension s_1 au GBF et à l'oscilloscope (VISUALISATION

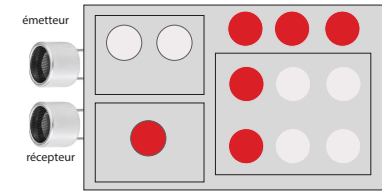


FIGURE 3 – Bornes à utiliser

RECEPTEUR);

- ✓ le GBF fournira une tension sinusoïdale de fréquence $f_0 = 40\text{ kHz}$ avec une amplitude à choisir ;
- ✓ mesurer la tension s_2 après amplification (RECEPTEUR AMPLIFIÉ),

À rédiger

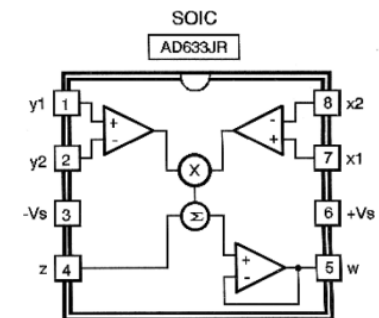
- ☐ Q 7 - Déterminer le coefficient β . La valeur sera accompagnée de son incertitude élargie à 95%.

Données :

$$\frac{u(\beta)}{\beta} = \sqrt{\left(\frac{u(e)}{e}\right)^2 + \left(\frac{u(s)}{s}\right)^2} \quad \text{et} \quad U_{95\%}(\beta) \approx 2u(\beta)$$

2 - Etude du multiplieur

Le composant AD633 est un circuit intégré multiplieur alimenté (l'alimentation symétrique $\pm 15\text{ V}$ doit toujours être en fonctionnement). La fonction de transfert du circuit correspond à la formule $w = k[(x_1 - x_2) \cdot (y_1 - y_2)] + z$. Dans le dispositif installé, les tensions x_2 , y_2 et z sont reliées à la masse de sorte que $x_2 = y_2 = z = 0$. La tension de sortie vérifie : $w = k \times x_1 \times y_1$.



🔧 Expérience 2

- ✓ Connecter les sorties du GBF sur l'émetteur et le récepteur avec deux fréquences différentes (1 kHz, 4 Vpp pour l'émetteur et 40 kHz 1 Vpp pour le récepteur).
- ✓ Visualiser la tension $s_3(t) = \beta k s_0 s_1$
- ✓ Effectuer une transformée de Fourier et représenter son spectre.

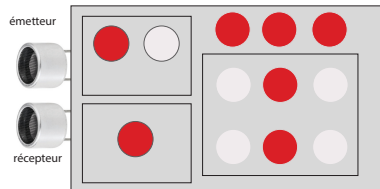


FIGURE 4 – Bornes à utiliser

🔍 Appel Professeur, à l'oral

Justifier le spectre à partir d'une décomposition en somme de fonctions trigonométriques. En utilisant des fréquences identiques, proposer une valeur du coefficient k .

3 - Estimation de la bande passante

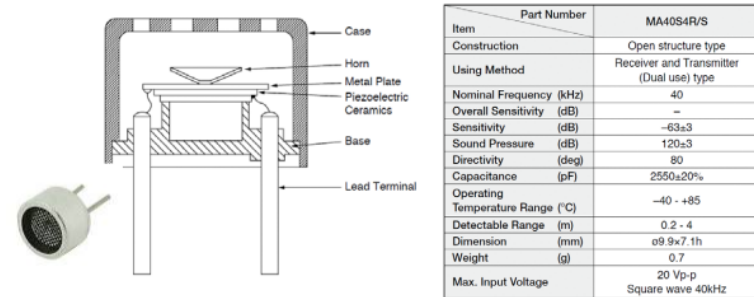


FIGURE 5 – Caractéristiques techniques d'un émetteur/récepteur ultra-sonore

Les émetteurs ultra-sonores utilisés sont constitués d'un résonateur piezo électrique ne pouvant fonctionner que dans une certaine gamme de fréquences.

🔧 Expérience 3

- ✓ Placer une surface plane pour permettre la réception d'un signal sur le récepteur après réflexion sur cette surface.
- ✓ Pour différentes fréquences d'émission comprises entre 38,5 kHz et 42,5 kHz, relever l'amplitude du signal de réception S_1 . L'amplitude S_0 du signal d'émission est maintenue constante.
- ✓ Choisir une représentation graphique pour estimer la bande passante.

🔍 Appel Professeur, à l'oral

Déterminer la bande passante et en déduire le facteur de qualité de l'émetteur piezo-électrique assimilé à un système du 2° ordre.

4 - Radar en marche...

On placera un obstacle (cahier, main...) en mouvement lent devant le boîtier. La tension à visualiser sera celle étiquetée (FREQUENCE DOPPLER). La tension d'alimentation de l'émetteur est de 10 Vpp à une fréquence de 40 kHz.

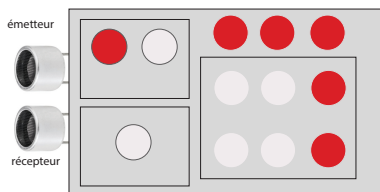


FIGURE 6 – Bornes à utiliser

🔧 Expérience 4

- ✓ Effectuer une acquisition de la tensions S4 pendant 200 ms pour un déplacement de l'écran de quelques $cm.s^{-1}$. Vous estimerez cette vitesse en utilisant un chronomètre.
- ✓ Imprimer les spectres obtenus à l'aide de LatisPro en indiquant sur la figure les paramètres utilisés T_e et T_{total} .
- ✓ Déterminer la vitesse de déplacement à partir d'une mesure de fréquence judicieusement choisie.

🔍 Appel Professeur, à l'oral

Présenter vos résultats et proposer une estimation de la précision de la mesure de vitesse par détection synchrone.

5 - Intérêt de la chaîne de mesure

🍃 À rédiger

- **Q 8** - Déterminer la vitesse par mesure de fréquence avec son incertitude type. Déterminer la vitesse par mesure de temps et distance avec son incertitude type. Comparer les deux valeurs à l'aide d'un z-score. Conclure.
- **Q 9** - À partir de l'expression du décalage en fréquence par effet Doppler (cf. prépa TP), et de la bande passante des émetteurs, conclure sur l'étendue des vitesses accessibles par ce dispositif.

- **Q 10** - À l'aide des résultats expérimentaux obtenus, justifier la présence d'un amplificateur dans la chaîne de mesure.
- **Q 11** - Quelles seraient les caractéristiques ^a d'un CAN pour mesurer précisément un décalage en fréquence de 100 Hz pour une fréquence $f_0 = 40$ kHz ?
- **Q 12** - À l'aide des données fournies, justifier du choix de la détection synchrone pour mesurer le décalage de fréquence par effet Doppler.

^a. On attend ici les valeurs de la période d'échantillonnage et le nombre d'échantillons

Données issues de <https://fr.farnell.com/>

CAN 10 bits / Fe = 22 kHz, MCP302  Prix : 0,94 €	CAN 10 bits / Fe = 800 kHz ADC10064  Prix : 13,28 €	Multiplieur analogique AD633  Prix : 6,28 €
---	--	--

FIGURE 7 – Coût de différents composants électroniques