

# TP Détecteur de métaux

## Capacités exigibles du programme :

### Détection synchrone

- Mesurer une fréquence par une détection syn-

chrone élémentaire à l'aide d'un multiplieur et d'un passe-bas simple adapté à la mesure.

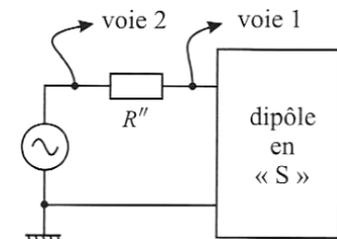
## Liste du matériel :

- Plaque de montage de composants
- Résistances de 1,0 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$  ( $\times 2$ ) et 2,2 k $\Omega$
- Condensateurs de 1 nF, 10 nF et 100 nF
- Boîte de résistance variable
- Bobine (de transformateur)
- DEL (verte ou jaune)
- Module multiplieur
- Module d'amplification BF (Phytex) au bureau
- ALI
- Alimentation +15/-15 V
- GBF
- Oscilloscope

## 1 Montage à résistance négative

### Mise en œuvre d'un montage à résistance négative :

Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de visualiser à l'oscilloscope l'allure de la caractéristique  $I_e = f(V_e)$  d'un montage à résistance négative « en S ».

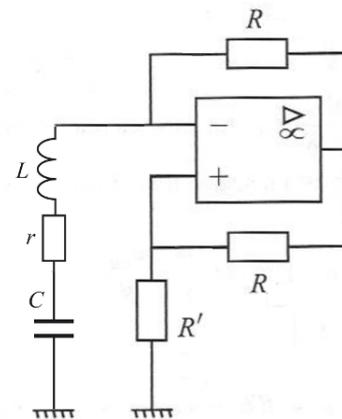


avec  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R' = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R'' = 2,2 \text{ k}\Omega$  et  $f = 100 \text{ Hz}$ .

## 2 Oscillateur LC

### Élaboration d'un oscillateur LC :

Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de réaliser un oscillateur LC série.



avec  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R'$  variable autour de 300  $\Omega$ .

## 3 Élaboration d'un détecteur de métaux

### Élaboration d'un détecteur de métaux :

Déterminer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de réaliser un détecteur de métaux, dans lequel une LED clignote à une fréquence de plus en plus élevée lorsque l'on se rapproche d'un objet métallique.

## A Annexe 1 - Principe d'un détecteur de métaux « à battement de fréquence »

Les premiers détecteurs fonctionnaient selon le principe du battement de fréquence. La technique des très basses fréquences permet d'atteindre une meilleure sensibilité, puis dans les années 1960, l'induction par impulsion fut mise au point et elle est actuellement encore la plus utilisée.

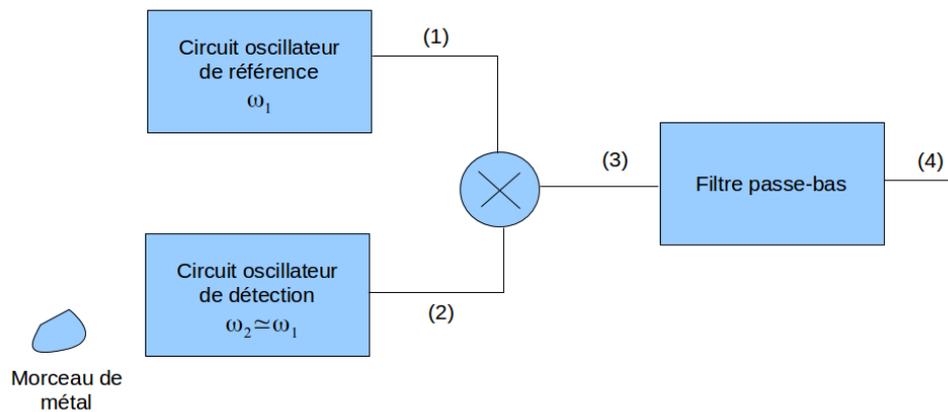
### A.1 Principe général du détecteur à battement de fréquence

Le principe est d'utiliser deux oscillateurs, l'un fixe, l'autre dont la fréquence d'oscillation dépend de la présence d'un métal. La présence d'un métal près d'une bobine modifie par mutuelle induction son inductance propre « apparente » et donc, si un oscillateur est construit avec de cette dernière, celui-ci aura sa fréquence d'oscillation qui varie légèrement lors la présence de métal.

Il suffit ensuite de comparer les fréquences des deux signaux, pour cela on les fait « battre » en les multipliant l'un par l'autre puis en filtrant le signal résultant.

### A.2 Schéma-bloc du montage

Le montage utilisé suivra le principe décrit sur le diagramme ci-dessous :



Un oscillateur de référence fournit un signal sinusoïdal (1) de pulsation  $\omega_1$  et un oscillateur de détection un signal sinusoïdal (2) de pulsation  $\omega_2$ .

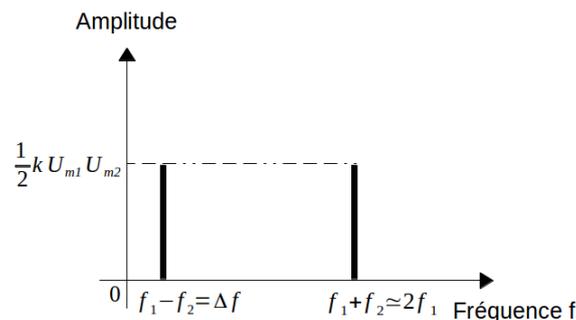
$$u_1 = U_{m1} \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \text{ et } u_2 = U_{m2} \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$

Lorsqu'aucun métal n'est présent, on a  $\omega_1 = \omega_2$ . Lors de la présence d'un métal, la pulsation du signal (2) est légèrement modifiée.

Après multiplication des deux signaux, on obtient en (3) un signal :

$$u_3 = kU_{m1}U_{m2} \cos(\omega_1 t + \varphi_1) \cos(\omega_2 t + \varphi_2) = \frac{kU_{m1}U_{m2}}{2} (\cos((\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)) + \cos((\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2)))$$

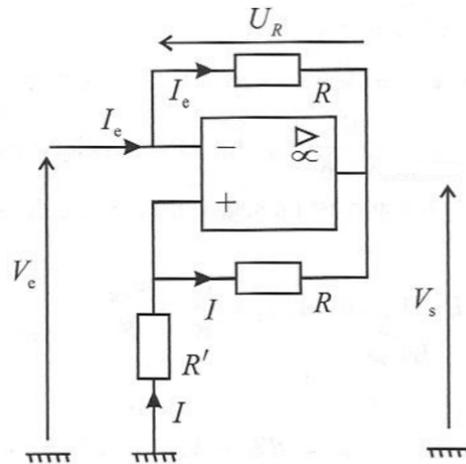
dont le spectre est représenté ci-dessous :



Il ne reste plus qu'à effectuer un filtrage des hautes fréquences pour récupérer un signal (4) dont la fréquence est  $\Delta f$ , que l'on peut envoyer par exemple sur une DEL.

## B Annexe 2 - Montage « à résistance négative en S »

Le montage à résistance négative dit « en S »<sup>1</sup> est le suivant :



On peut montrer qu'en régime linéaire :

$$V_e = -R'I_e$$

1. Pour un montage « en N », il suffit d'inverser les deux bornes d'entrée de l'amplificateur opérationnel.