



BLAISE PASCAL  
PT 2023-2024

# Boucle auditive magnétique

## Techniques et méthodes

- ▷ Réalisation d'un montage en plusieurs blocs ;
- ▷ Mesure d'un coefficient d'inductance mutuelle ;
- ▷ Construction d'un diagramme de Bode ;
- ▷ Dimensionnement de montages à ALI.

## Matériel sur le bureau :

- ▷ Collection de résistances de valeurs diverses comprises entre  $50\ \Omega$  à  $20\ \text{k}\Omega$  ;
- ▷ LC-mètre ;
- ▷ Papier semi-logarithmique.

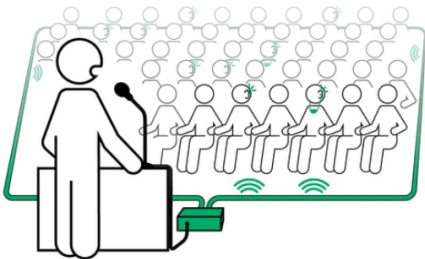
## Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Deux bobines de 250 et 1000 spires ;
- ▷ Une résistance variable ;
- ▷ Un condensateur de  $200\ \text{nF}$  ;
- ▷ Une diode signal ;
- ▷ Deux ALI ;
- ▷ Alimentation continue  $15/-15\ \text{V}$  ;
- ▷ Un GBF ;
- ▷ Un oscilloscope ;
- ▷ Deux plaquettes de montage.

Ce TP propose de modéliser avec du matériel de laboratoire un dispositif d'assistance aux personnes malentendantes : une boucle auditive magnétique.

## Document 1 : Principe de fonctionnement d'une boucle auditive magnétique

Dans son fonctionnement usuel, un appareil auditif utilise un micro pour capter les sons ambiants, les amplifier, et les restituer à la personne malentendante via un haut-parleur ou par conduction phonique osseuse. Ce système a pour inconvénient d'amplifier sans distinction tous les sons reçus par le micro, y compris les bruits parasites, ce qui peut conduire à une perte de qualité du son reçu voire un inconfort pour le patient.



Ce faisant, seul le signal utile est amplifié, ce qui améliore nettement le confort acoustique. Les audio-guides utilisés par exemple dans certains musées reposent sur le même principe.

Le choix mode de réception acoustique ou électromagnétique se fait par l'activation d'un interrupteur à deux positions. Cependant, pour ne pas isoler complètement le patient de son environnement lorsque le mode électromagnétique est activé, le mode de réception traditionnel via le micro doit se réactiver automatiquement dès qu'il n'y a plus de signal reçu par la voie électromagnétique, et réciproquement lorsqu'il y en a de nouveau.

Dans ce TP, la boucle d'émission sera modélisée par une bobine de 1000 spires (inductance  $L_e$ ) alimentée par un GBF via une résistance  $R_e = 100\ \Omega$ , et la boucle de réception se trouvant dans l'appareil auditif par une seconde bobine de 250 spires (inductance  $L_r$ ).

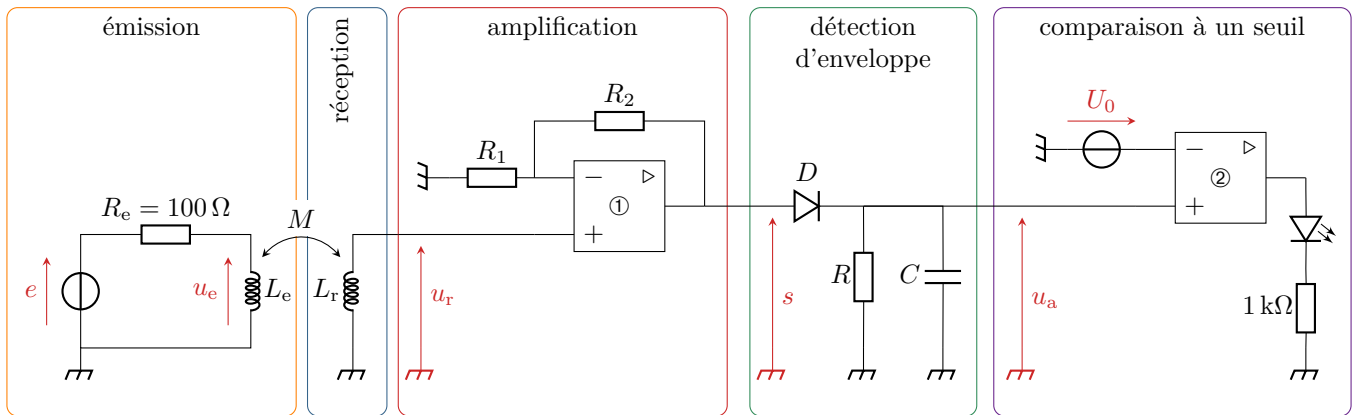


Figure 1 – Schéma du montage complet.

## I - Transmission du signal

- 1 - Mesurer au LC-mètre les valeurs précises de  $L_e$  et  $L_r$ .
- 2 - Comment faut-il placer les deux bobines pour que le couplage inductif entre elles soit maximal ? On adopte cette disposition pour toute la suite du TP.
- 3 - Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer le coefficient d'induction mutuelle  $M$  entre les deux bobines pour une fréquence de 1 kHz. Faire figurer dans votre compte-rendu le schéma du montage, les caractéristiques du signal utilisé, les valeurs expérimentales mesurées et le résultat final.  
On note  $e$  la tension aux bornes du générateur, modélisant le signal à transmettre, et  $u_r$  celle aux bornes de la bobine réceptrice.
- 4 - En faisant varier rapidement la fréquence du signal d'entrée entre 100 Hz et 1 MHz, identifier qualitativement la nature du filtrage réalisé.
- 5 - Construire un diagramme de Bode (précis) du filtre sur le papier semi-logarithmique fourni.
- 6 - Déterminer avec précision la fréquence de résonance et la bande passante du filtre. Quel élément du montage est responsable du phénomène ?

## II - Amplification du signal

Pour toute la suite, on travaillera avec un signal d'entrée sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude de l'ordre de 6 V.

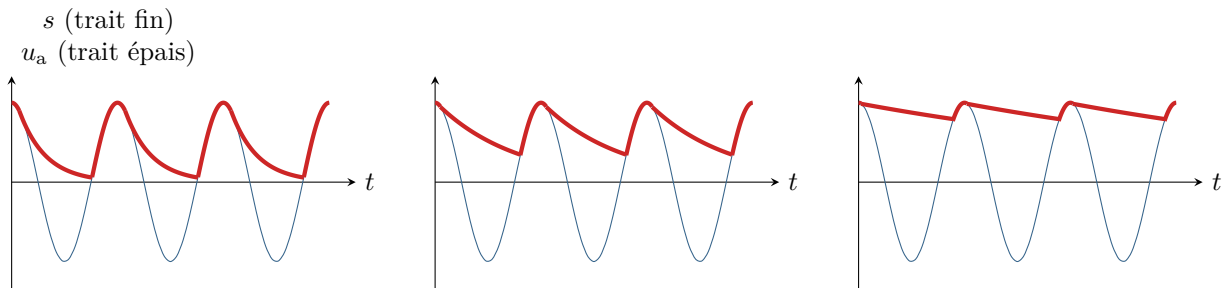
- Pour que le signal reçu  $u_r(t)$  puisse être correctement transmis par le haut-parleur de l'appareil auditif, il est nécessaire de l'amplifier.
- 7 - Proposer (= schéma + valeur des composants) un montage à ALI permettant d'amplifier le signal  $u_r$  de telle sorte que la tension  $s$  de sortie de l'amplificateur ait une amplitude de l'ordre de 5 V. Compléter la figure 1.
  - 8 - Câbler le montage et vérifier son bon fonctionnement.

## III - Activation du mode électromagnétique

Ce signal est ensuite transmis au haut-parleur, qui ne sera pas étudié dans ce TP, et en parallèle à un étage qui a pour rôle de déterminer si un signal est reçu par voie électromagnétique, en vue de réactiver le mode classique si ce n'est pas le cas. En pratique, il faut comparer l'amplitude du signal amplifié  $s$  avec une valeur de référence  $U_0$ . En premier lieu, il est donc nécessaire d'extraire l'amplitude du signal amplifié  $s$  : c'est le rôle du montage dit détecteur d'enveloppe, dont le signal de sortie  $u_a$  est un signal quasi-constant aussi proche que possible de l'amplitude de  $s$ .

Ce montage utilise une diode qui se comporte en interrupteur commandé par les signaux auxquels elle est soumise. Elle peut fonctionner selon deux états : ou bien elle se comporte en interrupteur fermé (fil), elle est alors dite passante, ou bien elle se comporte en interrupteur ouvert, elle est alors dite bloquée. Ainsi, lorsque la diode est passante on a immédiatement  $u_a = s$  (montage en parallèle), et lorsqu'elle est bloquée le circuit RC est isolé du reste du montage, si bien que le condensateur se décharge dans la résistance, ce qui donne une décroissance exponentielle de  $u_a$  avec un temps caractéristique  $\tau = RC$ .

**9** - La figure 2 représente l'allure des signaux d'entrée et de sortie du montage détecteur d'enveloppe pour trois valeurs différentes de  $\tau$ . Identifier les phases lors desquelles la diode est bloquée ou passante. Pour quelle courbe  $\tau$  est-il le plus grand ? le plus petit ? En déduire un critère sur  $\tau$  permettant un bon fonctionnement du montage.



**Figure 2 – Principe de fonctionnement du détecteur d'enveloppe.**

**10** - On dispose d'un condensateur de capacité  $C = 200 \text{ nF}$ . En déduire une valeur adaptée pour la résistance  $R$  permettant au montage de remplir correctement sa fonction.

**11** - Câbler le montage et vérifier son bon fonctionnement. Pour pouvoir procéder à des essais par la suite, on utilisera une résistance variable pour  $R$ .

**12** - Le montage a été dimensionné pour une fréquence de  $1 \text{ kHz}$  : prévoir l'allure de la tension de sortie  $u_a$  si le signal d'entrée est de fréquence (très) supérieure ? de fréquence (très) inférieure ? Vérifier expérimentalement vos prévisions. Vous pouvez utiliser une résistance variable pour  $R$  et faire des essais.

Une fois l'amplitude convenablement extraite, il faut la comparer à une valeur seuil de consigne  $U_0$  : si  $u_a > U_0$  alors le mode électromagnétique est actif (ce que l'on matérialisera par l'allumage d'une LED), si  $u_a < U_0$  alors il ne l'est pas. Le bloc de comparaison au seuil a donc un fonctionnement binaire : pour pouvoir le réaliser avec un ALI, on impose que sa sortie ne puisse prendre que les valeurs  $15 \text{ V}$  (LED allumée) ou  $-15 \text{ V}$  (LED éteinte).

**13** - Proposer (= schéma + valeur des composants) un montage à ALI permettant de réaliser cette fonction. Compléter la figure 1.

**14** - Câbler le dernier étage. Vérifier le bon fonctionnement de votre montage complet.