

## TP n°7 – Détection inductive de véhicule

Force de Lorentz. Équations locales de Maxwell. Formes intégrales.

Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale ou intégrale.  
Relier l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday.  
Établir l'équation locale de la conservation de la charge à partir des équations de Maxwell.  
Utiliser une méthode de superposition.

**Mettre en œuvre un dispositif expérimental utilisant des capteurs inductifs.**

Objectifs détaillés de la séance :

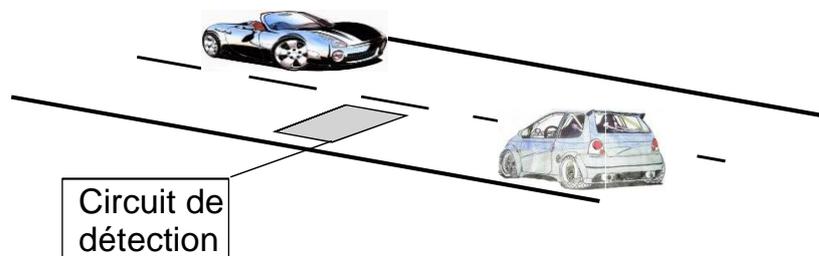
- Réaliser un dipôle à résistance négative et tracer sa caractéristique
- Réaliser un oscillateur quasi-harmonique LC à l'aide d'un ALI
- Observer le spectre du signal généré pour mettre en évidence son caractère *quasi-sinusoïdal*
- Générer un son signalant la présence d'un métal à proximité de la bobine du montage
  - la présence du métal modifie l'inductance de la bobine, donc la fréquence de l'oscillateur
  - par détection synchrone et via un HParleur, cette modification engendre un signal audible

Les détecteurs de véhicules dits « à boucle inductive » sont utilisés pour détecter des véhicules :

- afin de mesurer le trafic autoroutier
- pour déclencher le passage au vert de feux tricolores
- pour déclencher l'ouverture de barrières de sécurité (portes de garage, portails, etc.)

Ce TP propose d'étudier le principe et la mise en œuvre d'un tel détecteur, ainsi que d'un dispositif permettant l'émission d'un bip sonore signalant le passage d'un véhicule.

Le principe de fonctionnement d'un détecteur à boucle inductive repose sur la modification de l'inductance d'un bobinage, causée par le passage d'un véhicule à proximité de la bobine. Sur la route, un enroulement de fil électrique est placé dans une tranchée rectangulaire en travers de la chaussée (cf. figure ci-dessous). Ce bobinage est utilisé comme élément d'un oscillateur quasi-sinusoïdal. Les oscillations du courant dans la bobine créent un champ magnétique sinusoïdal dans l'environnement du bobinage.



Lorsqu'une voiture passe à proximité de la bobine, ce champ magnétique variable induit des courants de Foucault dans la carcasse métallique du véhicule (*phénomène d'induction*). Ces courants induits génèrent un champ magnétique induit qui s'oppose au courant qui lui a donné naissance (loi de Lenz). Au final, la présence du véhicule est équivalente à une modification de l'inductance de l'enroulement (sera justifié dans le cours Ferromagnétisme). Le bobinage faisant partie de l'oscillateur sinusoïdal, une modification de son inductance entraîne une modification de la fréquence d'oscillation. Un fréquencemètre permet ainsi de détecter le véhicule passant au-dessus de la boucle.

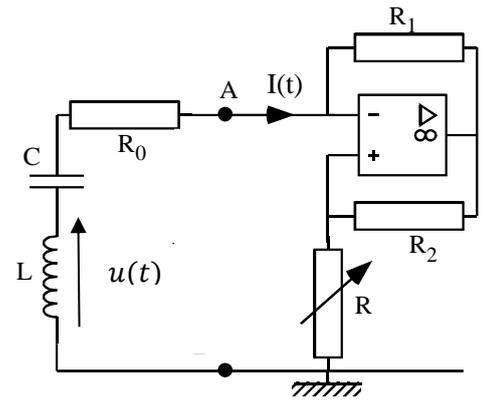
# 1. Réalisation de l'oscillateur quasi-sinusoïdal

## 1.1. Schéma du montage – Fréquence d'oscillation – Choix des composants

On élabore dans cette partie un montage générant spontanément des oscillations, sans excitation extérieure. Pour jouer le rôle de la boucle inductive, on prendra la bobine présente sur la paillasse. Sur le schéma ci-contre, on fixe  $R_0 = 1\text{ k}\Omega$ .

Les éléments théoriques permettant de comprendre le fonctionnement de ce montage ont été donnés dans le fichier manuscrit et commentés par vidéo.

- Rappeler quelle doit être la fréquence attendue des oscillations. Rappeler la condition de démarrage des oscillations.
- Mesurer la résistance totale du RLC (mettre en série  $R_0$  et la bobine se trouvant sur la paillasse). Mesurer l'inductance de la bobine. En déduire la valeur de  $C$  à choisir pour obtenir des oscillations de fréquence de l'ordre de  $10\text{ kHz}$ .



## 1.2. Génération du signal quasi-sinusoïdal

- Réaliser le montage afin d'observer les oscillations de  $u(t)$  de fréquence voisine de  $10\text{ kHz}$ . Tracer le spectre de Fourier du signal, et observer les harmoniques d'ordre supérieur à un reflétant le caractère quasi-sinusoïdal du signal.
- La valeur de  $R$  permettant de démarrer les oscillations est-elle conforme à la valeur attendue ?
- Faire passer un objet métallique proche de la bobine (ou à l'intérieur si l'effet vous paraît trop faible), et estimer numériquement la variation relative de la fréquence d'oscillation. En déduire la variation relative d'inductance de la bobine.

# 2. Détecter la modification de fréquence en émettant un son

## 2.1. Générer un signal sinusoïdal audible

L'idée est assez simple. En l'absence de métal, l'oscillateur sinusoïdal génère un sinus de fréquence  $f_{abs}$ . En présence de métal, sa fréquence est modifiée et devient  $f_{pres}$ . Il s'agit donc de construire un montage détectant cette différence de fréquence, et générant un signal sinusoïdal audible lorsque cette différence n'est pas nulle.

- En vous fiant aux valeurs numériques trouvées à la question précédente, vérifier que la différence de fréquence  $|f_{pres} - f_{abs}|$  se situe dans le domaine audible.

Dans le fichier manuscrit, le schéma du montage global {oscillateur, détection synchrone} indique que la tension  $u(t)$  aux bornes de la bobine est injectée sur une entrée du multiplieur. La seconde entrée est connectée à la sortie  $s_1(t)$  générée par LatisPro (utilisé ici en tant que générateur)

- Régler l'amplitude du signal  $s_1(t)$  délivré par LatisPro à  $10\text{ V}$  et sa fréquence autour de  $10\text{ kHz}$
- Affiner le réglage en absence de métal : modifier la fréquence délivrée par LatiPro de manière à annuler la fréquence du son émis par le haut-parleur (lors de ce réglage le son délivré doit donc être de plus en plus grave, jusqu'à ne plus être audible).

## 2.2. Utilisation du montage complet pour détecter un métal

- Une fois les réglages terminés, approcher un morceau de métal de la bobine. Décrire précisément vos observations (sensibilité du montage, caractéristiques du son émis, problèmes éventuels). N'hésitez pas à donner des valeurs numériques pour renforcer vos observations.