

TP8 - Filtrage, induction, oscillations amorties

Objectifs :

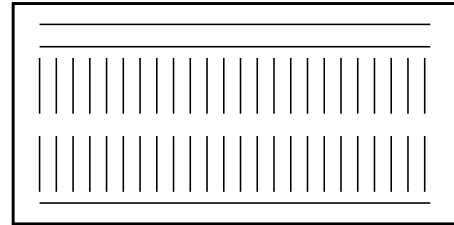
- ★ Mettre en évidence le phénomène d'induction mutuelle.
- ★ Agir sur un signal électrique à l'aide d'un filtrage.
- ★ Réaliser pour un circuit l'acquisition d'un régime transitoire et analyser ses caractéristiques.
- ★ Réaliser pour un circuit l'étude d'un régime sinusoïdal forcé et analyser ses caractéristiques.

1 Étude d'un filtre construit sur une plaquette

Matériel : multimètre, GBF, oscilloscope, plaquette électrique, composants et fils.

1.1 Utilisation d'une plaquette

Ce TP est l'occasion de se familiariser avec un morceau de plaquette *Microlab*. Ce type de plaquette permet de faire aisément des circuits électroniques à partir des composants électroniques de base. Les circuits réalisés sont très rapidement évolutifs. Un exemple de plaquette est présenté sur la photographie ci-dessous. Sur la vue de dessus, on voit que la plaquette présente un grand nombre de trous dans lesquels on peut insérer un fil ou bien une patte d'un composant électrique. La vue de dessous permet de voir que de nombreux trous sont connectés entre eux, ce qui permet de moins utiliser de fils.



Les trous connectés entre eux sont représentés sur le schéma par des traits. Dans les parties centrales, les trous sont reliés selon des colonnes. Dans les parties proches des bords de la plaquette, les trous sont reliés selon des lignes horizontales.

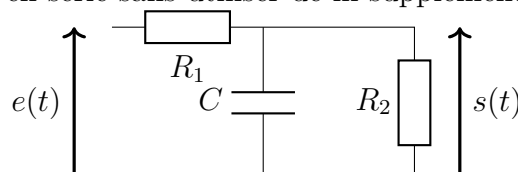
→ Attention, toutes les plaquettes ne sont pas câblées de la même manière ! Pour s'approprier une plaquette, il faut vérifier quels sont les trous connectés.

1. En utilisant un seul appareil, expliquer comment vérifier si deux trous sont ou non connectés ?

1.2 Construction du filtre

On dispose de fils ainsi que de résistances et de condensateurs à placer sur la plaquette. On choisira des résistances de l'ordre de $1\text{ k}\Omega$ et des capacités de l'ordre de 10 nF . Câbler sur la plaquette le circuit suivant. Penser notamment à placer les composants de manière à minimiser le nombre de fils utilisés.

→ Sur une telle plaquette, il faut se demander comment on branche le plus simplement possible deux dipôles en parallèle ou deux dipôle en série sans utiliser de fil supplémentaire !



1.3 Étude du filtre

2. Proposition de protocole : Proposer et réaliser un montage pour déterminer la nature du filtre : passe-bas, passe-haut ou passe-bande. Appelez le professeur pour lui montrer la méthode.
3. Sans faire de calcul complet de fonction de transfert, vérifiez votre résultat en déterminant la nature du filtre par des équivalents des composants à basse et haute fréquence.

2 Induction propre, induction mutuelle

Matériel : multimètre, GBF, oscilloscope, deux bobines similaires, 2 boîtes de résistance AOIP $\times 100$.

2.1 Présentation de l'étude

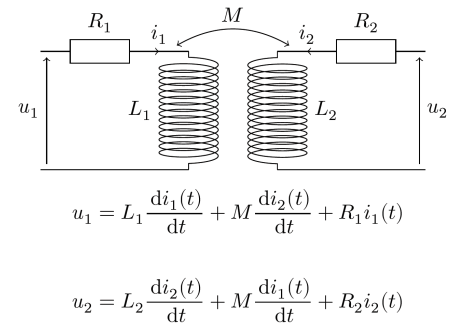
On s'intéresse aux phénomènes d'induction (induction propre et induction mutuelle) dans un circuit électrique contenant deux bobines. Le phénomène d'inductance mutuelle permet notamment de transmettre à distance un signal électrique, éventuellement en modifiant ses propriétés comme dans le cas d'un transformateur.

Dans les circuits électriques usuels à basse fréquence, les bobines réelles sont modélisables par l'association série d'une résistance (due à la longueur de fil conducteur du bobinage) et d'une inductance propre idéale. Pour des fréquences plus importantes (typiquement quelques dizaines de kHz), le comportement capacitif entre fils de bobine séparés par un isolant est à prendre en compte, un modèle avec en plus un condensateur en parallèle est alors mieux adapté.

La figure ci-contre présente un schéma électrique de la modélisation de ces deux bobines à basse fréquence. En plus des inductances propres L_1 et L_2 , on introduit l'inductance mutuelle M qui exprime un couplage à distance entre les deux bobines. Le circuit contenant la bobine 1 est dit « primaire », le circuit contenant la bobine 2 est dit « secondaire ».

important : Remarquez que les tensions u_1 et u_2 sont les tensions, mesurables, aux bornes des bobines réelles. On ne peut pas avoir accès à des mesures de tension aux bornes des dipôles modèles R_1 , R_2 , L_1 , L_2 .

Le circuit est décrit par les équations fournies. C'est un système d'équations différentielles couplées à deux inconnues i_1 et i_2 .



2.2 Mesure des résistances du montage

On souhaite mesurer les résistances internes des bobines, et la résistance de sortie du GBF.

4. Mesurer la résistance de chaque bobine à l'aide d'un multimètre, avec son incertitude. Les comparer aux éventuelles valeurs indiquées.
5. Donner l'expression théorique de la résistance d'un fil en fonction de sa longueur, de sa section et de la conductivité du matériau. Estimer la section du fil (diamètre parfois fourni sur la boîte) et en déduire la longueur de fil qui constitue le bobinage. Commenter. On donne la conductivité du cuivre $\sigma = 5,96 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

En première approximation, un GBF peut être modélisé comme l'association série d'une source idéale de tension et d'une résistance appelée « résistance de sortie ».

6. Proposition de protocole : Proposer un montage permettant de mesurer la résistance de sortie du GBF. **Appeler le professeur pour validation avant d'allumer le GBF.**
7. Appliquer ce protocole pour mesurer la résistance de sortie du GBF.

2.3 Mesure des inductances propres

Le secondaire est en circuit ouvert. Le circuit primaire est constitué de la bobine 1 et d'une résistance R_a en série, alimentés à l'aide d'un GBF délivrant une tension rectangulaire notée $e(t)$ et d'amplitude E . On prendra $R_a = 1100 \Omega$ si on a les bobines Leybold.

8. Dans ce cas, simplifier le système différentiel de la page précédente pour déterminer quelle équation différentielle régit le système.
9. Proposition de protocole : Proposer un montage permettant de mesurer l'auto-inductance de la bobine du primaire à l'aide d'une mesure en régime transitoire sur l'oscilloscope¹. Appeler le professeur pour validation.
10. Mesurer l'inductance propre L_1 de la bobine du primaire, avec ses incertitudes.
11. De la même manière, mesurer L_2 (passer la question pour gagner du temps pour faire la partie suivante).

2.4 Mesure de l'inductance mutuelle

On alimente le primaire par un GBF délivrant un signal sinusoïdal $e(t)$ de pulsation ω . Le secondaire est ouvert, et placé au plus près du primaire de manière à maximiser le couplage entre bobines. On relève les tensions efficaces aux bornes de chacune des bobines en fonction de la fréquence. On devra choisir de manière pertinente la gamme de fréquence utilisée². On donne l'expression de gain dans le cadre du modèle précédent :

$$G = \left| \frac{u_2}{u_1} \right| = \frac{|M|\omega}{\sqrt{R_1^2 + L_1^2\omega^2}}$$

12. Faire un schéma du montage. Avec quel appareil mesurer une tension efficace ? Quel mode utiliser en régime sinusoïdal ?
13. On cherche à mesurer $|M|$ sans avoir besoin de connaître R_1 . D'après la formule du gain, faut-il se placer à basse ou haute fréquence devant une fréquence de coupure à déterminer ? Dans ce domaine, mesurer plusieurs valeurs du gain son incertitude. Utiliser éventuellement un traitement statistique de type A pour obtenir une mesure de $|M|$ avec son incertitude.
14. On cherche à mesurer $|M|$ sans avoir besoin de connaître L_1 . D'après la formule du gain, faut-il se placer à basse ou haute fréquence devant une fréquence de coupure à déterminer ? Dans ce domaine, mesurer plusieurs valeurs du gain et de fréquence avec leurs incertitudes. Utiliser le script `Python` d'évaluation d'incertitude par régression linéaire³ pour obtenir une mesure de $|M|$ avec son incertitude.

2.5 Influence de la distance sur l'inductance mutuelle

15. Proposition de protocole : Proposer et réaliser un protocole pour mesurer l'influence de la distance sur le coefficient d'inductance mutuelle M .

1. Différentes mesures d'inductance ont été effectuées en régime sinusoïdal forcé au TP3a.

2. D'une part, la fréquence de coupure du modèle est inhabituelle donc il faut être vigilant pour trouver les deux domaines. D'autre part, à suffisamment haute fréquence vers quelques dizaines de kHz, les effets capacitifs produisent une résonance non prise en compte dans ce modèle.

3. Un script `python` d'exemple (*script_ajustementlineaire_complet*) est fourni sur le *Cahier de Prépa*, partie TP : https://cahier-de-prepa.fr/pc*-roosevelt/docs?rep=8.