

Epreuve de TP: second concours de l'ENS Cachan

Comment ça se passe:

On passe par groupe de 5 personnes, chacun va tirer au sort un TP. On nous indique ensuite un poste sur lequel on trouve un protocole expérimental assez succinct quoique suffisant, ainsi que le matériel nécessaire. La difficulté réside dans la compréhension du dispositif et dans les réglages des appareils.

On commence alors le TP et les examinateurs vont passer 3 fois pendant les 4 heures. Ils nous demandent alors d'expliquer où on en est, ce qu'on a compris puis de faire une démo expérimentale qui illustre ce qu'on vient de dire. Ils posent ensuite des questions pour approfondir. Si quelque chose ne marche pas ils nous aident à trouver ce qui cloche. Dans l'ensemble ils étaient plutôt sympas. (Ils sont deux)

Sujet: INDUCTION

Le sujet d'induction est séparé en deux expériences distinctes, qui mettent en jeu les deux types d'induction classiques, l'induction de Lorentz et l'induction de Neumann.

Dans les deux expériences, l'objectif est de mesurer la conductivité électrique d'un tube métallique.

Expérience 1:

On dispose d'un long solénoïde (50cm environ) que l'on peut alimenter à l'aide d'un GBF afin de générer un champ alternatif quasi uniforme en son centre.

Pour régler l'intensité du courant injecté, on dispose d'un ampèremètre qu'il suffit de brancher en série (et de mettre en mode AC !!).

On dispose également d'une sonde à induction (une petite bobine) qui permet de mesurer un champ magnétique et d'un oscilloscope.

On va alors effectuer des mesures du champ magnétique qui règne dans le solénoïde d'abord vide, puis lorsqu'on insère un tube de cuivre en son centre (on mesure alors le champ à l'intérieur du tube) et cela pour différentes fréquences du courant injecté dans le premier solénoïde.

Le champ en présence du tube est plus faible, car des courants vont se développer dans le tube par induction car il est soumis à un champ B variable, ces courants vont créer un champ qui s'oppose à sa cause, c'est la loi de Lenz.

Ce phénomène dépend de la fréquence car quand on la fem induite on prend la dérivée temporelle du flux magnétique (loi de Faraday) et la fréquence sort du cosinus.

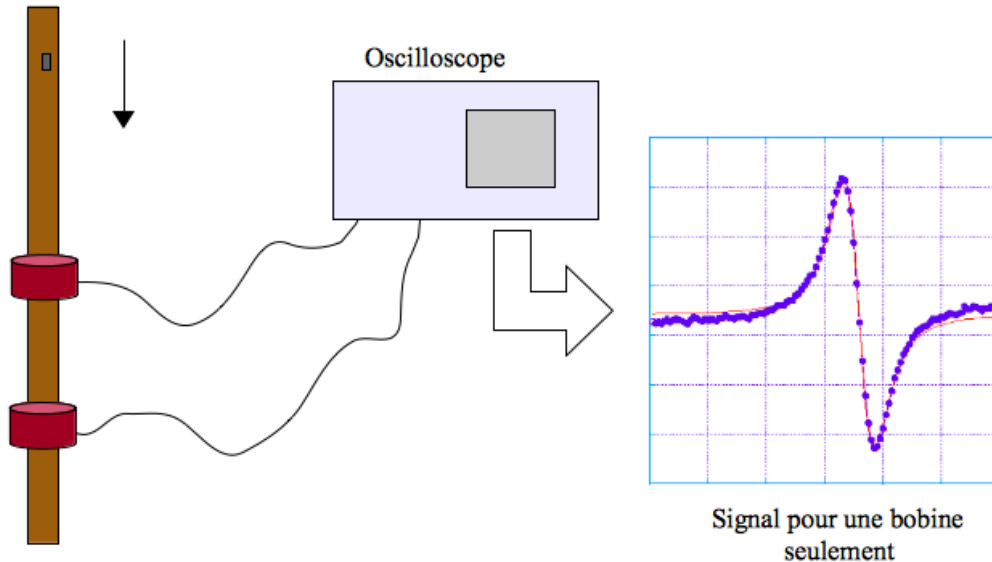
On doit alors utiliser une formule donnée qui dépend de la différence relative des champs mesurés pour une fréquence donnée et de la fréquence, ainsi que de la conductivité. On se ramène alors à une droite et on déduit la valeur de la conductivité du coefficient directeur de cette droite. La surprise c'est que c'est tout à la calculatrice et sur papier millimétré, donc faut pas trop trainer ça prend du temps.

Expérience 2:

On va maintenant utiliser des tubes métalliques montés sur un support en position verticale. On laisse ensuite tomber un aimant à travers le tube. Cet aimant en chute libre génère un champ magnétique variable du point de vue du tube métallique, et génère donc des courants qui créent un champ magnétique qui va avoir tendance à ralentir l'aimant. La variation du flux étant

proportionnelle à la vitesse, qui diminue, on atteint assez rapidement un régime stationnaire et l'aimant chute donc à une vitesse limite constante.

On dispose ensuite de deux petites bobines que l'on peut déplacer le long du tube. Quand l'aimant traverse la bobine, on observe un signal à l'oscilloscope (toujours par effet d'induction).



La courbe que l'on observe correspond à la fem induite dans la bobine en fonction du temps, et le zéro correspond au moment où l'aimant passe au milieu de la bobine.

On peut donc en utilisant deux bobines placées à une distance connue mesurer avec les deux voies de l'oscilloscope en mode « acquisition simple » (c'est expliqué dans le protocole) le temps que met l'aimant pour aller de l'une à l'autre, et donc sa vitesse;

Il faut faire au moins deux mesures pour s'assurer que dans la zone où l'on effectue l'acquisition la vitesse est bien constante.

On doit mesurer ainsi trois vitesses limites pour trois type de matériaux (tubes) différents.

Pour faire le lien avec la conductivité du matériau, on utilise un modèle super simple, où l'on considère que l'aimant est soumis à une force de frottement fluide (pour modéliser le freinage par induction):

$$m \frac{dv}{dt} = -A v - mg \quad \text{où } A \text{ est le coefficient de frottement,}$$

en régime stationnaire on a:

$$v = v_{\text{limite}} = \frac{-mg}{A}$$

La vitesse limite est donc proportionnelle au coefficient A qui lui même est supposé être proportionnel à la conductivité électrique (il me semble que c'est une des hypothèse donnée mais je ne me souviens pas exactement). Ainsi, connaissant la vitesse limite pour le cuivre et sa conductivité on peut connaissant la vitesse limite des autres matériaux et utilisant une règle de trois déterminer leur conductivité.