TPn° 3B MESURE D'INDUCTANCE

Pont de Maxwell

1- Principe de la méthode

C'est un circuit pont dont l'une des diagonales se trouve une source de tension qui peut alimenter le circuit en tension continue ou alternative. Dans l'autre diagonale se place un détecteur de zéro, dans le cas présent un oscilloscope sensible aux tensions est susceptible de déceler l'extinction de la tension dans la diagonale correspondante. On fait varier la résistance R_v (en continu) et C_v (en alternatif) jusu'à l'extinction de cette tension, on dit que le pont est équilibré. A l'équilibre, il ne passe donc aucun courant dans la branche BD, on a : $u_{BD} = 0$

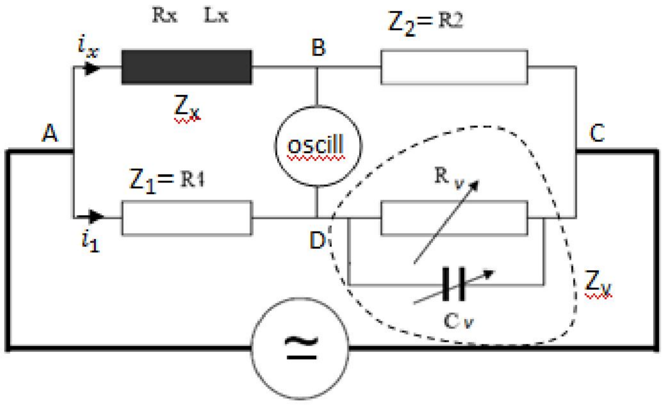
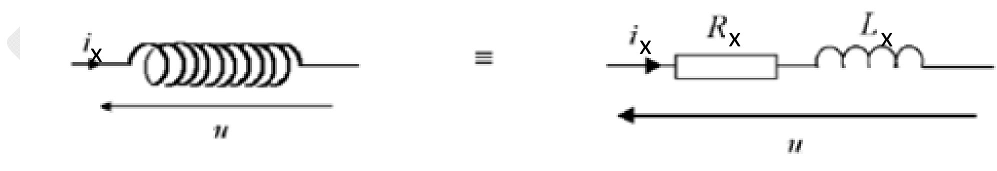


Fig.1- Schéma de principe du pont de Maxwell pour mesure d'inductance

La bobine est considérée reelle composée d'une inductance pure en série avec une résistance pure.



<u>Dértérmination de la résistance R_x : alimentation en continu</u>

Dans ce cas la bobine se comporte comme un fil de résistance R_x et le condensateur de capacité C_v comme un circuit ouvert.

Le schéma du pont devient :

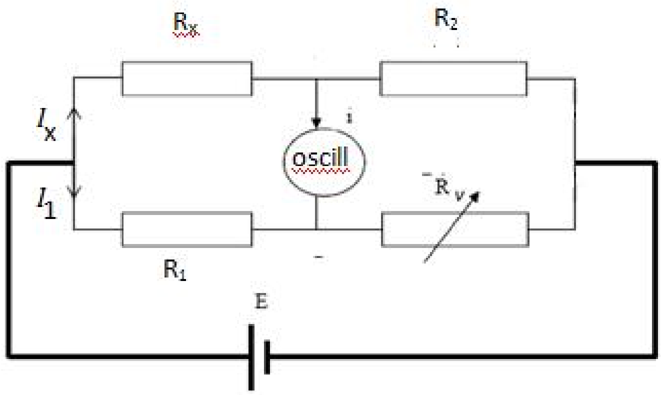


Fig.2-Pont de Maxwell en continu (pont de Wheatstone).

A l'équilibre on a : $U_{BD} = 0$

$$R_x I_x = R_1 I_1 \quad \text{et} \quad R_2 I_x = R_V I_1$$

$$\Rightarrow \quad \frac{R_x}{R_2} = \frac{R_1}{R_V} \Rightarrow R_x R_V = R_1 R_2$$

Détermination de L_x : alimentation en sinusoidal.

A l'équilibre on a : $u_{BD} = 0$

En notation complexe :

$$\bar{Z}_x \bar{I}_x = \bar{Z}_1 \bar{I}_1 \quad \text{et} \quad \bar{Z}_2 \bar{I}_x = \bar{Z}_V \bar{I}_1$$

$$\frac{\bar{Z}_x}{\bar{Z}_2} = \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_V} \quad \Rightarrow \quad \bar{Z}_x \bar{Z}_V = \bar{Z}_1 \bar{Z}_2$$

Avec

$$\bar{Z}_x = R_x + j\, L_x \omega$$
$$\frac{1}{\bar{Z}_V} = \frac{1}{R_V} + j\, C_V \omega$$

et $\bar{Z}_1 = R_1$; $\bar{Z}_2 = R_2$

D'où

$$\frac{R_x + j\, L_x \omega}{R_2} = R_1 \left(\frac{1}{R_V} + j\, C_V \omega \right)$$

Donc par égalité des parties réelles et des parties imaginaires entre eux

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_1}{R_V} \quad et \quad \frac{L_x \omega}{R_2} = R_1\, C_V \omega \Longrightarrow C_V = L_x \frac{1}{R_1 R_2}$$

2. Manipulation.

Mode opératoire

En continu :

-Mettre le générateur en tension continu U_{dc} =…… V .

- les résistances R_1 et R_2 égales à 100 Ω.

- Avec les boîtes à décades Rv rechercher l'équilibre du pont en continu.

-Quand la tension aux bornes de l'oscilloscope devient trop faible, changer la sensibilité de celui-ci jusqu'à l'obtention d'une valeur de tension continue nulle.

- Relever Rv et refaire le même travail pour les autres valeurs de R_2 et Remplir le tableau. Utiliser les valeurs des résistances R_1 , R_2 et Rv pour un équilibre et en déduire Rx avec l'incertitude. Ecrire sous la forme

$$R_x = \ldots \pm \Delta R_x$$

En alternatif :

-Mettre le générateur en tension alternatif crête à crête U_{ac} =……V et une fréquence f= …….KHz (vérifiée à l'oscilloscope)

- Avec les boîtes à décades des capacités modifier la valeur de Cv pour obtenir la valeur minimale de la tension qui correspond à l'équilibre du pont.

- Refaire l'opération précédente en variant la résistance R_2 puis équilibrer le pont de nouveau à l'aide de Cv .

-Détailler les calculs des incertitudes $\Delta(1 / R_1 . R_2)$,ΔC_V, et remplir le tableau suivant.

Tableau de mesure 4: mesure de R_x et L_x par la méthode du pont de Maxwell

R_1 (Ω)	100	100	100	100	100
R_2 (Ω)	100	200	300	400	500
R_v (Ω)					
$\frac{\Delta R_1}{R_1}$ (%)					
$\frac{\Delta R_2}{R_2}$ (%)					
$K = R_1 R_2$					
$\frac{1}{K}$					
$\Delta \frac{1}{K}$					
C_V (µF)					

(*) Détailler le calcul d'incertitudes.

- Relever sur un graphe ,en utilisant du papier millimétré, les points expérimentaux de la fonction $C_V = f(1/K)$. quelle est l'allure de ce graphe ?

  Tracer, sur micrordinateur,la courbe de tendance des points expérimentaux en utilisant Excel graphique. Relever l'équation de cette courbe ainsi que la pente a. Que représente a ?

$$y = ax + b$$

  Tracer cette courbe de tendance sur le papier millimétré.

- A partir de l'abscisse K ,en utilisant l'équation de la courbe de tendance Déterminer par calcul les coordonnées du point transposé A' du premier point expérimental A (coté origine) et B'celui du dernier point B (coté infini) sur la courbe de tendance (Fig.3).

  A(…., ….) $\Rightarrow$ A'(……. , ……)

  B(…., ….) $\Rightarrow$ B'(……. , ……)

- Trouver les coordonnées des points extrêmes A_1 *et* B_1 de la droite de plus grande pente.

  A' (…., ….) $\Rightarrow$ A_1(……. , ……)
  B' (…., ….) $\Rightarrow$ B_1(……. , ……)

  Calculer la valeur de la pente a_{max}. $a_{max} = \cdots$

- Trouver les coordonnées des points extrêmes A_2 *et* B_2 de la droite de plus petite pente.

  A' (…., ….) $\Rightarrow$ A_2(……. , ……)

  B' (…., ….) $\Rightarrow$ B_2(……. , ……)

Calculer la valeur de la pente a_{min}. $a_{min} = \cdots$

- En déduire la valeur approchée de la pente $a_{moy} = \frac{a_{max}+a_{min}}{2}$

  Ainsi que l'incertitude sur la mesure de la pente $\Delta a = \frac{a_{max}-a_{min}}{2}$

  Ecrire le résultat sous la forme :

$$L_x = \cdots \pm \cdots \quad (unité)$$

$$\frac{\Delta L_x}{L_x} = \cdots$$

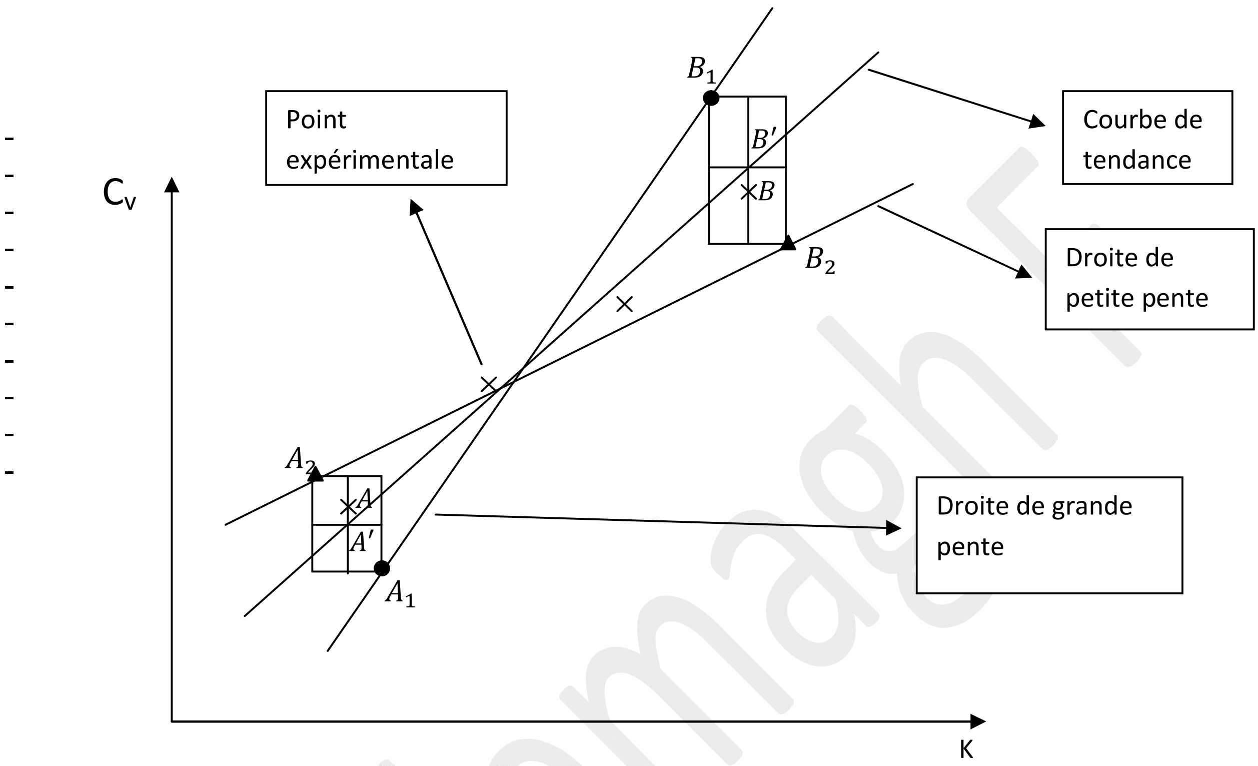


Fig.3- différents droites permettant l'évaluation de la valeur moyenne avec l'incertitude.

3. Conclusions

- Discuter et commenter les résultats obtenus.

4- Questions sur le TP à la fin de la séance (écrite ou orale et réponse individuelle) ?

- Une question sur le montage.
- Une question sur la mesure et les formules.
- une question sur les incertitudes.