HF.  BF 

Montage n°21
Mesure d'une inductance sans noyau par differentes methodes

Introduction :

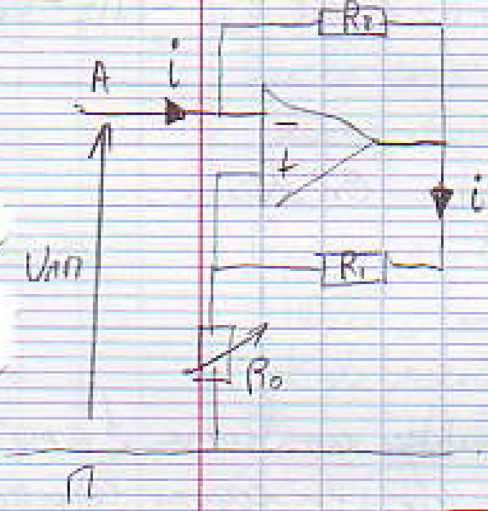
Dans cette manipulation, nous allons effectuer des mesures de l'inductance propre d'une même bobine par differentes methodes.
On peut mesurer au préalable, la resistance propre de la bobine au Ohmetre.
A noter que les techniques de mesure employées utilisent des conditions experimentales de fonctionnement de l'inductance differentes (regime transitoire, mesure à des fréquences differentes)
Il n'est pas étonnant que l'on puisse trouver des valeurs differentes du couple L, r puisque la modelisation d'une bobine depend du domaine fréquentiel d'utilisation.
(les erreurs ne viennent pas forcément des incertitudes et de la précision des mesures)

Conclusion :

On peut ainsi determiné l'inductance grâce à un Henrymetre afin de comparer toutes les valeurs obtenues precedemment et discuter toutes les eventuelles causes d'erreur (comme celle donnée en introduction)

Mesure de l'inductance d'une bobine.

→ Rappel sur l'oscillateur à résistance négative.

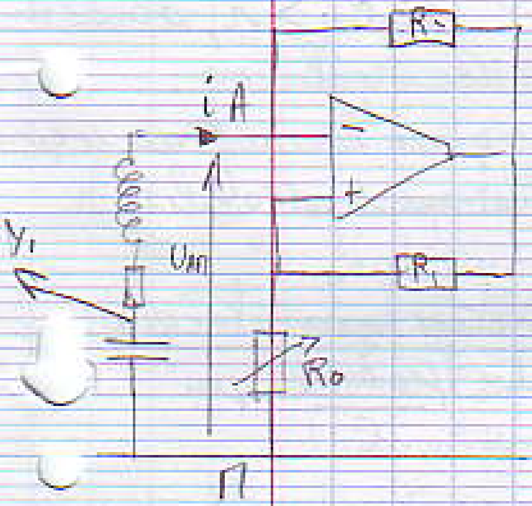


En régime linéaire $\varepsilon = 0$.

$\Rightarrow R_2 i + R_1 i' = 0$.

$\Rightarrow i' = -\dfrac{iR_2}{R_1}$ or $U_{AM} = R_0 i'$

$\Rightarrow U_{AM} = -iR_0$ (si $R_2 = R_1$).



la loi des mailles donne :

$$L\frac{di}{dt} + ri + \frac{q}{C} + U_{AM} = 0$$

$$\Leftrightarrow L\frac{di}{dt} + (r - R_0)i + \frac{q}{C} = 0 \quad \text{on dérive.}$$

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + (r - R_0)\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

On sait que si on ajuste R_0 tel que $R_0 = r$ alors le terme d'amortissement s'annule et des oscillations sinusoïdales apparaissent dans le circuit avec $\omega_0^2 = \dfrac{1}{LC}$.

En pratique, la condition $R_0 = r$ est difficile à réaliser et le montage fonctionne avec R_0 légèrement supérieur à r. Dans ce cas l'équation différentielle montre que l'on a un accroissement exponentielle de l'amplitude des oscillations du courant avec le temps.

Mais l'amplitude du courant ne peut croître indéfiniment, car lorsque I atteint sa valeur limite, alors l'AO sature et le montage ne joue plus son rôle de résistance négative.

En régime saturé on a. $U_{AM} = iR_2 + V_{sat}$ ou $iR_2 - V_{sat}$

$$\Rightarrow L\frac{di}{dt} + ri + \frac{q}{C} + U_{AM} = 0$$

$$\Leftrightarrow L\frac{di}{dt} + (r+R_2)\,i + \frac{q}{C} = \pm V_{sat}. \text{ On dérive.}$$

$$\Leftrightarrow L\frac{di^2}{dt^2} + (r+R_2)\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

le terme du 1er ordre est à nouveau un terme d'amortissement et i décroît, on repasse alors en régime linéaire et i croît à nouveau. En bref si $R_0 > r$, après un régime transitoire où naissent les oscillations, l'AO passe alternativement du régime linéaire au régime saturé et l'amplitude des oscillations se stabilise.

→ Mesure à l'aide de ses paramètres géométriques

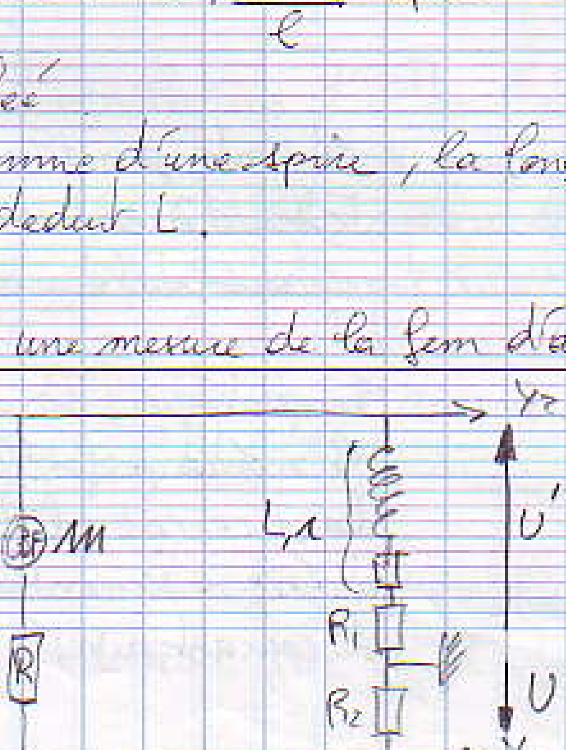
On peut appliquer la relation $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell}$ qui donnera une valeur approchée

On mesure la section moyenne d'une spire, la longueur de la bobine et on en déduit L.

→ Détermination de L par une mesure de la fem d'auto-induction.

$R = 1\,k\Omega$ $R_1 = 47\,\Omega$

$R_2 = R_1 + r$ $f = 2\,kHz$



On utilise un oscilloscope à entrées différentielles pour mesurer U et U' afin d'éviter les problèmes de masse.

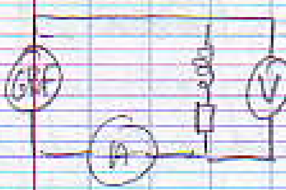
$$\left.\begin{array}{l} U = -R_2 i = (-R_1+r)\,i \\ U' = (R_1+r)\,i + L\dfrac{di}{dt} \end{array}\right\} \quad U+U' = L\frac{di}{dt}.$$

Sur la voie 1 on détermine la pente du signal triangulaire : du/dt et on en déduit $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R_2}\frac{du}{dt}$

Après s'être assuré que les gains sont égaux sur les 2 voies, on presse la touche ADD afin de visualiser et de mesurer U+U' (signal = créneau).
On en déduit la valeur de $L = \frac{U+U'}{di/dt}$.

La présence de R = 1kΩ se justifie par le fait qu'on désire obtenir un courant triangulaire dans le circuit en imposant une tension triangulaire. Pour cela, il faut que l'effet inductif de la bobine sur le courant soit faible, ce qui impose que le circuit soit essentiellement résistif.
Visualiser Y_1 et changer la fréquence : Montrer ainsi que le courant n'est vraiment triangulaire que pour une certaine gamme de fréquence. Cette expérience n'est pas réalisable quelque soit la fréquence. Enlever R et observer la forme de i. Conclure sur la nécessité de R

→ Détermination par une mesure d'impédance :



$Z = \sqrt{r^2+L^2\omega^2} = U/I$

On trace $Z^2 = f(\omega^2)$ et on en déduit L et r.

→ Détermination par une méthode de résonnance

On réalise un circuit RLC série, on choisit une petite valeur pour R pour que la résonnance soit facilement repérable. On suit alors l'évolution de la tension aux bornes de la résistance R en fonction de la fréquence (en fait, on suit l'évolution de i).

A la résonnance on a $LC\omega^2 = 1$. On mesure la fréquence de résonnance au fréquencemètre et on en déduit L.

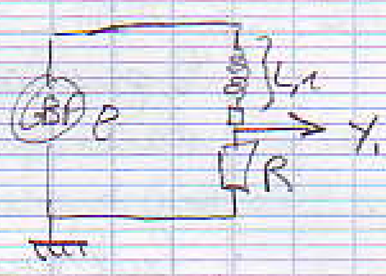
Une autre possibilité pour repérer la résonnance est d'observer la différence de phase entre E_{GBF} et i. Celle-ci est nulle à la résonnance.

→ Détermination par une mesure de cte de Temps

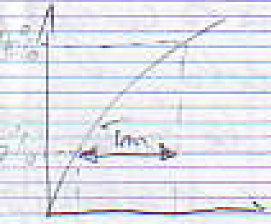
Choisir $R \gg r$ (1kΩ par ex)

GBF : créneau $T = 10\tau$

Mesure de $\tau = \dfrac{L}{r + R + \rho} \simeq \dfrac{L}{R}$



ρ : résistance interne GBF (50Ω)

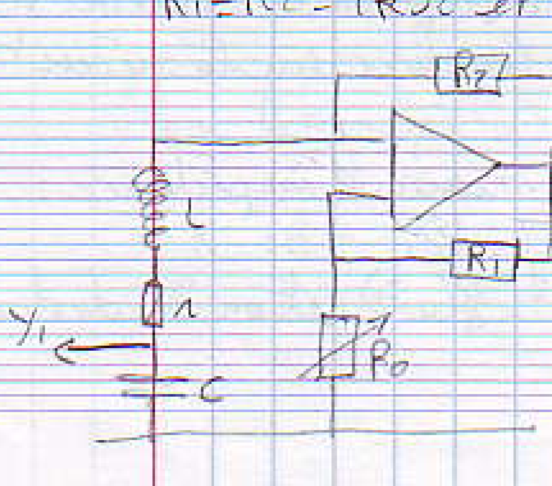


On peut utiliser la méthode de la tangente à l'origine ou celle des 10 à 90 % ($\tau = t_m/2,2$).

→ Mesure de la fréquence d'oscillations d'un oscillateur

Ici circuit résonnant série (ou à résistance négative)

$R_1 = R_2 = 1k\Omega$ et $C = 100$ nF / R_0 variable, nulle au départ



On augmente progressivement R_0 et on remarque que les oscillations quasi sinusoïdales apparaissent dès que $R_0 \geq \dfrac{R_2 r}{R_1} \Leftrightarrow R_0 \geq r$

On mesure T_0 (donc f_0) du signal observé

On en déduit L avec $f_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$