

Montage N°20 : Induction/Auto-Induction

I. Mise en évidence de la loi de Lenz Faraday

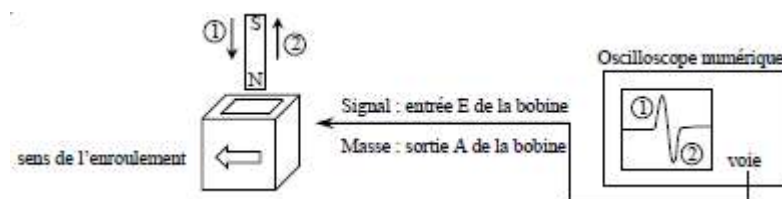
-Aspect dynamique : tension induite proportionnelle à la vitesse de changement du flux. (on met l'aimant plus ou moins rapidement)

On place l'aimant dans la bobine. Une fois positionné, le signal ne varie plus → le phénomène d'induction est lié au mouvement → ce n'est pas le flux qui compte mais sa variation. Si on entre ou on retire l'aimant plus ou moins rapidement, on s'aperçoit que l'amplitude de la f.é.m. induite est d'autant plus importante que l'on va rapidement. On montre ainsi qualitativement l'influence de la durée de la variation du flux sur la valeur de la f.é.m. (e varie en inverse de dt).

-Aspect d'opposition : Le courant induit est converti en tension via la résistance d'entrée de l'oscilloscope. Le signal détecté est positif lorsqu'on entre le pôle Nord de l'aimant dans la bobine → le courant sort de E → il va dans le sens inverse de l'enroulement du bobinage → connaissant le sens de parcours du courant, on en déduit qu'il apparaît une face Nord sur la face supérieure de la bobine (règle de la main droite).

Le signal est négatif lorsqu'on retire le pôle Nord de l'aimant de la bobine → le courant part de E → il va dans le sens de l'enroulement du bobinage → connaissant le sens de parcours du courant, on en déduit qu'il apparaît une face Sud sur la face supérieure de la bobine.

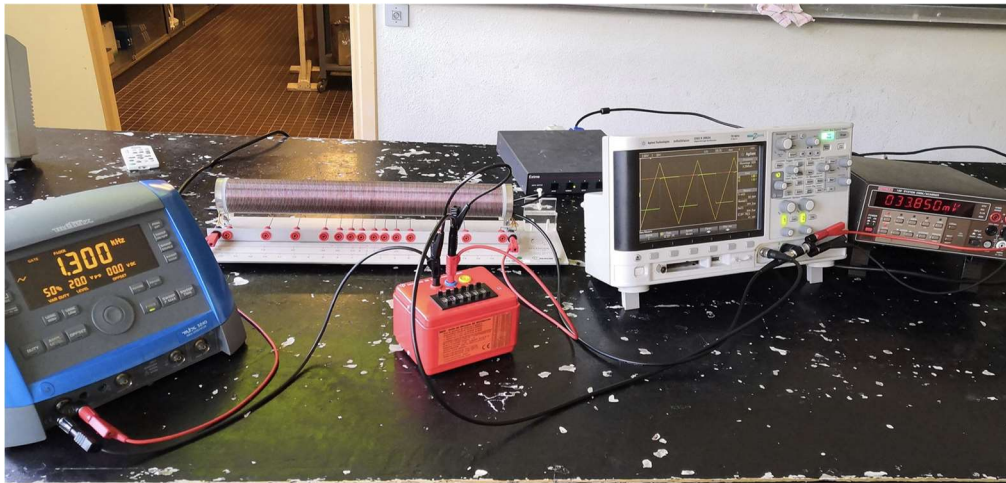
Dans les deux cas de figure, l'effet s'oppose à la cause : le rapprochement du pôle Nord provoque la circulation d'un courant qui fait apparaître un pôle de même nature (effet répulsif) sur la face supérieure de la bobine. De même, il apparaît un pôle Sud sur la face supérieure de la bobine lorsque l'on éloigne le pôle Nord (la création d'un pôle Sud tendant à s'opposer à l'éloignement de la face Nord de l'aimant). On illustre ainsi le signe négatif de la loi de Lenz – Faraday : le sens du courant induit est tel qu'il tend, par ses effets, à s'opposer à la cause qui lui a donné naissance (loi de Lenz). On peut recommencer l'expérience avec le pôle Sud de l'aimant et les conclusions doivent être les mêmes.



- Manipulation :

On fait entrer et sortir brusquement l'aimant de la bobine et on observe le signal résultant à l'aide d'un oscilloscope permettant l'affichage du signal en mode Roll. Ce mode fait défiler le signal de la droite vers la gauche de l'écran sans temps de latence (pas de mise en mémoire préalable) et est donc bien adapté aux phénomènes lentement variables. On peut observer en temps réel l'évolution du signal et figer l'observation lorsqu'on entre l'aimant dans la bobine.

II. Induction : vérification quantitative de la loi de Lenz



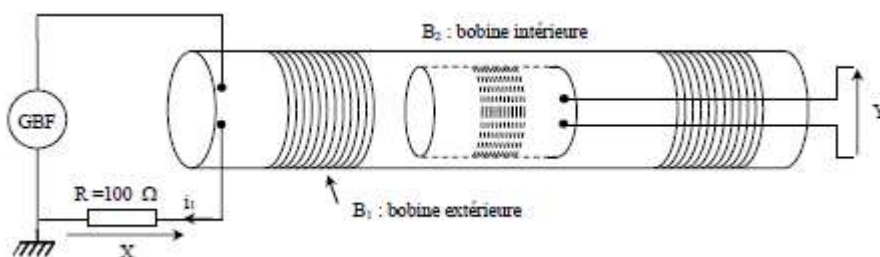
- Principe de l'expérience :

Cette manipulation classique utilise deux bobines. La première crée un champ magnétique inducteur B_1 par l'intermédiaire d'un courant i_1 . La seconde bobine, de diamètre plus petit, est insérée dans la première pour subir l'effet de B_1 . La f.é.m. induite dans B_2 s'exprime alors par la relation $e_2 = -M \cdot di_1/dt$. On excite B_1 par un courant triangulaire $i_1 = \pm kt \rightarrow$ si on peut considérer la bobine B_1 comme un solénoïde infini, le champ magnétique à l'intérieur vaut $B_1 = \mu_0 n_1 i_1 = \pm \mu_0 n_1 kt$ ($n_1 = N_1/L_1 =$ nombre de spires par unité de longueur). Le flux de ce champ à travers la bobine B_2 vaut $\Phi = N_2 S_2 B_1$ et la f.é.m. induite aux bornes de B_2 vaut $e_2 = -d\Phi/dt = \mp \mu_0 N_2 S_2 n_1 k$. La tension aux bornes de B_2 a donc l'allure d'un carré, le signe du carré étant inversé par rapport au signe de la pente du signal triangulaire (loi de Lenz). $M = \mu_0 N_2 S_2 n_1$

Le principe de l'expérience suppose un inducteur assimilable à un solénoïde infiniment long par rapport à l'induit donc il faut bien choisir les bobines pour que cette hypothèse soit valable. On trouve souvent ce type de produit dans les collections d'enseignement pour illustrer le phénomène d'induction.

On le déconseille pour une vérification quantitative du phénomène car le rapport diamètre/longueur de la bobine inductrice et le fait que les deux enroulements aient la même longueur ne permet pas de supposer que la bobine B_2 subisse un champ B_1 créé par un solénoïde infiniment long. On utilise ici comme inducteur un solénoïde Jeulin référence 292 012 de rayon $R_1 = 2,5$ cm, longueur $L_1 = 40,5$ cm et $N_1 = 200$ spires. La bobine B_2 est quant à elle constituée de $N_2 = 135$ spires de rayon $R_2 = 2$ cm enroulées sur une longueur $L_2 = 7,5$ cm.

- Manipulation

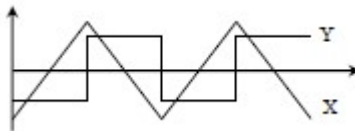
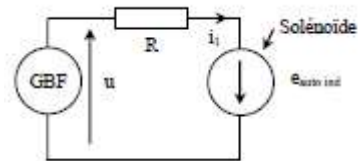


On place la bobine B_2 au centre du solénoïde et on remplace l'alimentation continue par un **GBF en signal triangulaire**.

La résistance R ajoutée permet d'observer à l'oscilloscope une image du courant i_1 dans l'inducteur ($X=Ri_1$). Elle transforme aussi le GBF en générateur de courant car c'est cette grandeur qu'il faut maîtriser puisqu'elle est la source du champ magnétique. Or le **solénoïde** a par nature un caractère **auto inductif** qui peut modifier l'allure du courant (principalement lors des changements de pente de la tension triangulaire délivrée par le GBF). **La résistance R permet d'atténuer ce phénomène** si la chute ohmique à ses bornes est très supérieure au caractère auto inductif de la bobine :

On a en effet $u=R.i_1 - e_{\text{auto ind}} \approx Ri_1$ **si $Ri_1 \gg e_{\text{auto ind}}$** → le **courant est triangulaire si la tension l'est**. La valeur de R dépend de la bobine utilisée et des fréquences explorées.

Une valeur de 100Ω proposée ici est suffisante pour négliger l'influence du solénoïde sur la forme du courant autour de 1000 Hz et elle n'est pas trop forte pour éviter de diminuer trop fortement l'intensité du champ magnétique créé. La f.é.m. induite en Y est malgré tout assez faible et il vaut mieux utiliser **un câble coaxial** pour l'observer sur un oscilloscope afin de limiter le bruit et les perturbations. On obtient alors un oscillogramme ayant approximativement la forme suivante :



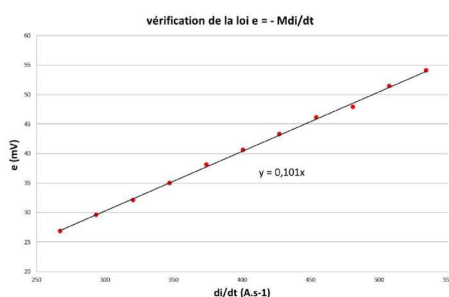
Ce résultat est conforme aux prévisions : la f.é.m. induite est un signal carré. →

Aspect dérivatif du courant

Elle est négative lorsque la pente du triangle est positive et vice versa (loi de Lenz). Si ce n'est pas le cas, il suffit d'inverser le sens de branchement d'une des bobines pour obtenir le résultat souhaité. On peut en toute rigueur justifier le sens du branchement permettant d'obtenir le bon résultat mais c'est délicat car il faut tenir compte du sens d'enroulement des deux bobines, du sens de leur branchement, de la convention récepteur pour la résistance R et de la convention générateur pour la f.é.m. qui apparaît dans B_2 . Il y a donc de nombreuses sources d'erreurs possibles dans cette analyse et il faut une bonne maîtrise du sujet pour justifier de façon claire et rigoureuse le sens correct des branchements.

• Exploitation

On peut mesurer la f.é.m. à l'aide des curseurs de l'oscilloscope. La valeur crête-crête de Y vaut alors $2e_2$. Il faut aussi mesurer la pente de X pour avoir une image de di_1/dt ($X=Ri_1$). Une astuce pour le faire rapidement consiste à utiliser la fonction de mesure « temps de montée » ou « temps de descente » de l'oscilloscope car elle cale automatiquement les curseurs sur le signal et il suffit ensuite de réactiver les curseurs pour obtenir ΔX et Δt . Voici à titre indicatif le résultat d'une série de mesure effectuée entre 1 et 2 kHz **e (mV) en fonction de di/dt en va :**



On a bien une relation linéaire entre la f.é.m. induite et di_1/dt . La

pente de la régression correspond au **coefficient d'inductance**

mutuelle entre les deux bobines et il vaut ici **$M = 101 \mu H$** . On peut

comparer ce résultat avec l'expression théorique de M obtenue avec l'hypothèse du solénoïde infini pour B_1 : $M = \mu_0 N_2 S_2 n_1 = 105 \mu H$

L'écart entre la valeur calculée et la valeur mesurée est de 4 %. Pour

information, la manipulation a été testée avec le jeu de bobines

indiqué au début de ce paragraphe (dispositif Jeulin 292 023). On a

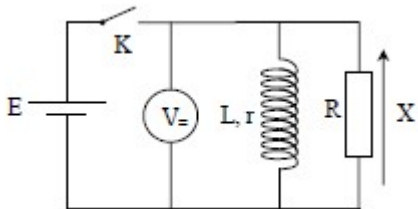
obtenu une droite de coefficient directeur $M = 0,83 \text{ mT}$ pour une

valeur attendue de $1,18 \text{ mT}$, soit un écart d'environ 30 %.

III. Auto-Induction :

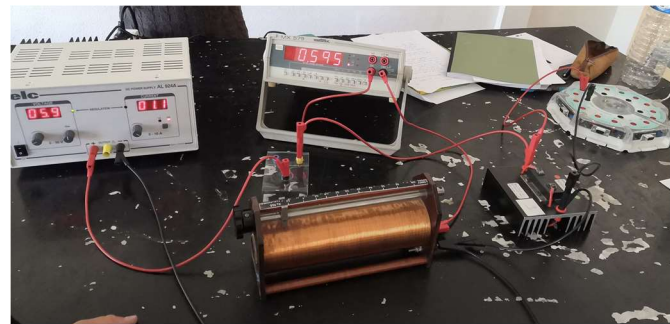
1) Caractérisation de la f.é.m. d'auto-induction

- Montage :



E = alimentation de puissance (quelques volts)
R : résistance de puissance non inductive environ $10\ \Omega$
L : self de puissance 1 H, $10\ \Omega$ **sans noyau** → sinon nos valeurs vont bcp trop fluctuer

L'interrupteur doit être de bonne qualité pour minimiser les transitoires parasites lors de son ouverture. Les valeurs proposées pour la résistance et la self permettent d'avoir une constante de temps L/R assez grande qui limite aussi cette influence. Le circuit étant faiblement résistif, il faut travailler avec des composants de puissance (pas de composants étalons type AOIP !). Le noyau ferromagnétique de la self doit être enlevé pour que ses paramètres L, r soient mieux définis. Il faut donc les mesurer sans le noyau à l'aide d'un RLC mètre.



Remarque : La résistance doit être une résistance de puissance !! Attention à vérifier qu'elle soit bien là ;)



- Manipulation

Il s'agit de montrer que la f.é.m. auto induite dans la bobine tend à s'opposer à l'arrêt du courant qui circule en son sein. On ouvre l'interrupteur K et on observe le signal X aux bornes de la résistance. On utilise ici un oscilloscope en déclenchement mono coup mais on peut aussi se servir d'un système d'acquisition type Latis Pro (c'est d'ailleurs préférable si on souhaite faire l'étude énergétique) :

On constate que le signal aux bornes de la résistance passe par des valeurs négatives avant de s'annuler. Ce comportement est une conséquence de la loi de Lenz.

- Exploitation

Lorsque l'interrupteur K est fermé, le générateur E débite instantanément un courant $I' = E/R$ dans la résistance R et un courant $I = E/r$ en régime permanent dans la bobine (cf. figure 1). Lorsqu'on ouvre K, le courant I' s'arrête immédiatement. Le courant $i(t)$ circulant dans la bobine ne s'arrête tout de suite par contre car la loi de Lenz indique que la bobine va essayer de s'y opposer par l'apparition d'une f.é.m. tendant à prolonger le courant initialement présent :

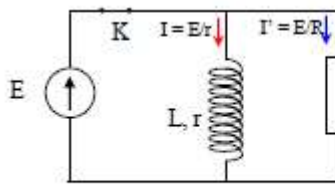


Figure 1
K fermé, régime permanent

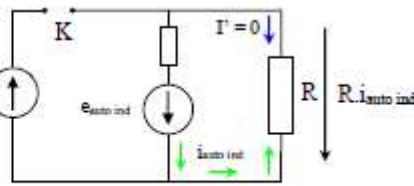


Figure 2
Ouverture de K

Le courant auto induit $i_{\text{auto ind}}$ circule donc dans le sens qui était celui de I . Comme K est ouvert, il ne peut circuler que dans R avec le sens indiqué en figure 2. On en déduit le sens de la tension $R i_{\text{auto ind}}$ aux bornes de la résistance R en respectant la convention récepteur. Cette tension est dans le sens opposé de la prise de mesure du signal X \rightarrow la tension observée sur l'oscilloscope doit donc être négative \rightarrow le signe négatif de la tension X est une preuve indirecte de la Loi de Lenz : la bobine réagit à l'arrêt du courant I circulant en son sein en générant un courant $i_{\text{auto ind}}$ qui tend à s'opposer à l'arrêt de I .

L'étude quantitative du régime transitoire permet de vérifier la loi de l'auto induction. Si on suppose que la f.é.m. est donnée par la relation $e_{\text{auto ind}} = -L \cdot di/dt$, l'équation électrique du circuit lorsqu'on ouvre K est : $e_{\text{auto ind}} - (R+r)i = 0 \rightarrow L \cdot di/dt + (R+r)i = 0 \rightarrow \int di/i = -R+r/L \cdot \int dt \rightarrow i = i_0 e^{-R+r/L \cdot t} \rightarrow u_R = a \cdot e^{-bt}$ d'où $L = (R+r)/b \rightarrow T_0 = L/(R+r)$

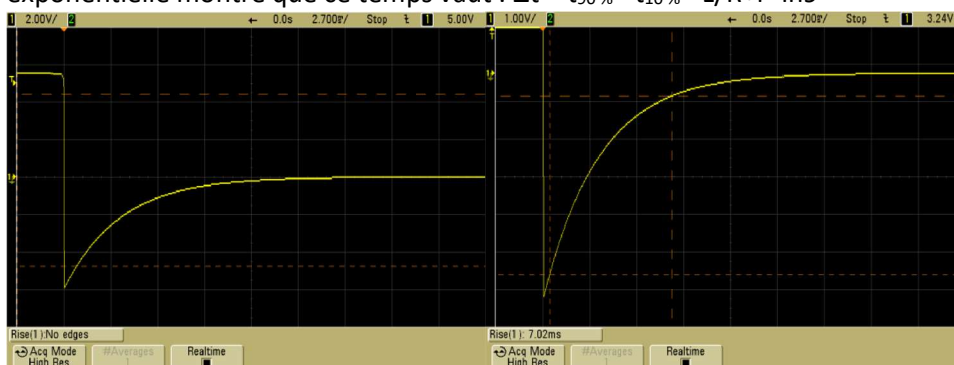
i_0 correspond au courant circulant dans la bobine lorsqu'on ouvre K et il vaut $I = E/r$ à cet instant. D'où $i_0 = E/r$. L'évolution de u_R doit donc vérifier la relation suivante (le signe $-$ est lié au sens de branchement de l'oscilloscope par rapport au sens du courant induit) : $u_R(t) = - R \cdot i(t) = - R/r \cdot E e^{-R+r/L \cdot t}$

Et sa valeur initiale lorsqu'on ouvre K vaut : $u_R(0) = - R/r \cdot E$

On peut mesurer cette valeur pour différentes valeurs de E et comparer au résultat attendu (on peut aussi travailler à E constant et faire varier R). Voici à titre indicatif le résultat d'une série de mesure avec une résistance $R = 10,48 \Omega$ et une bobine ayant une résistance $r = 9,69 \Omega$:

E (V)	1,98	3,42	4,84
$u_R(0)$ mesurée (V)	2,12	3,69	5,18
$u_R(0)$ calculée (V)	2,13	3,69	5,22

On peut aussi déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine en mesurant le temps de réponse du circuit. C'est assez facile et rapide à faire avec les mesures automatiques des oscilloscopes numériques. On peut utiliser la fonction « RISE TIME » qui mesure le temps mis par le signal partant de sa valeur initiale pour passer de 10 % à 90 % de sa valeur finale. Un calcul rapide pour la loi exponentielle montre que ce temps vaut : $\Delta t = t_{90\%} - t_{10\%} = L/R+r \cdot \ln 9$



Pour que la fonction Rise Time mesure ce temps, il faut enlever de l'écran la partie du signal antérieure à l'ouverture de l'interrupteur sinon l'oscilloscope tente (sans succès) la mesure sur le front très raide du passage $E \rightarrow u_R(0)$ (cf. oscillogramme de gauche). Pour remédier au problème, il suffit de prendre un calibre vertical plus sensible et/ou décaler la courbe afin de n'avoir que la partie négative du signal sur l'écran (cf. oscillogramme de droite). On peut alors en déduire L connaissant R

et r . Avec les valeurs de l'expérience ($R = 10,48 \Omega$, $r = 9,69 \Omega$) on a obtenu un Rise Time de 7,02 ms en décalant la base de temps de l'oscilloscope pour optimiser la mesure, soit une inductance $L = 64,4$ mH pour 65,1 mH mesuré au RLC mètre. Si on fait cette manipulation sous Latis Pro, il vaut mieux **modéliser la décroissance par une loi exponentielle pour obtenir L** .

2) Energie emmagasinée

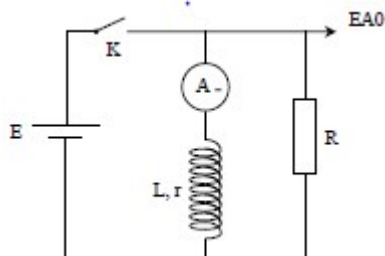
L'idée est de **montrer que l'énergie stockée par une bobine en régime permanent vaut $E_{stockée} = LI^2/2$** . On peut le faire en poursuivant l'exploitation du régime transitoire présenté au § III.2.1. Il suffit de mesurer le courant I circulant dans la bobine lorsque l'interrupteur est fermé pour connaître **l'énergie stockée en régime permanent et on peut vérifier que c'est bien l'énergie qui est dissipée dans la bobine et la résistance** lors du régime transitoire à l'ouverture du circuit.

• Manipulation

E = alimentation de puissance (quelques volts)

R : résistance de puissance non inductive environ 10Ω

L : self de puissance 1 H, 10Ω sans noyau



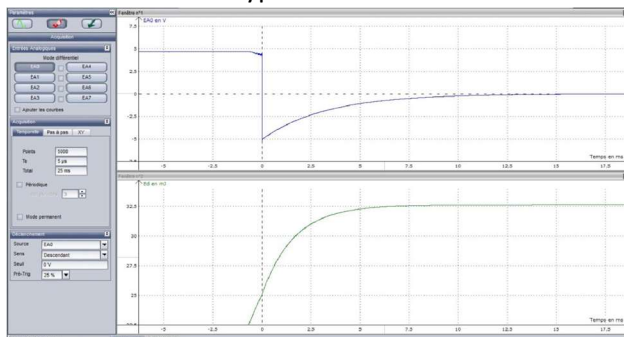
L'exploitation peut se faire avec un oscilloscope numérique et ses fonctions mathématiques ou sur **Latis pro**. On présente ici la deuxième solution car elle est plus simple à mettre en oeuvre.

• Exploitation

Les oscillogrammes du § III.2.1 montrent que le régime transitoire dure une trentaine de ms donc on peut prendre par exemple 5000 points et $T_{éch} = 5 \mu s$ avec un pré-déclenchement à 25 % sur un front descendant du signal pour avoir **l'instant où l'on ouvre l'interrupteur**. On a $P_{dissipée} = (R+r)i^2$ et $EA0 = Ri$, d'où : $P_{dissipée} = (R+r)/R^2 * (EA0)^2$

On peut entrer cette fonction dans la feuille de calcul de Latis Pro puis l'intégrer avec le formalisme suivant pour avoir l'énergie dissipée : **$E_{dissipée} = \text{INTEG}(P_{dissipée})$**

On obtient alors le type de résultat suivant :



L'écart en énergie entre le temps $t = 0$ et le moment où E atteint un palier nous donne l'énergie dissipée dans le circuit 1 :



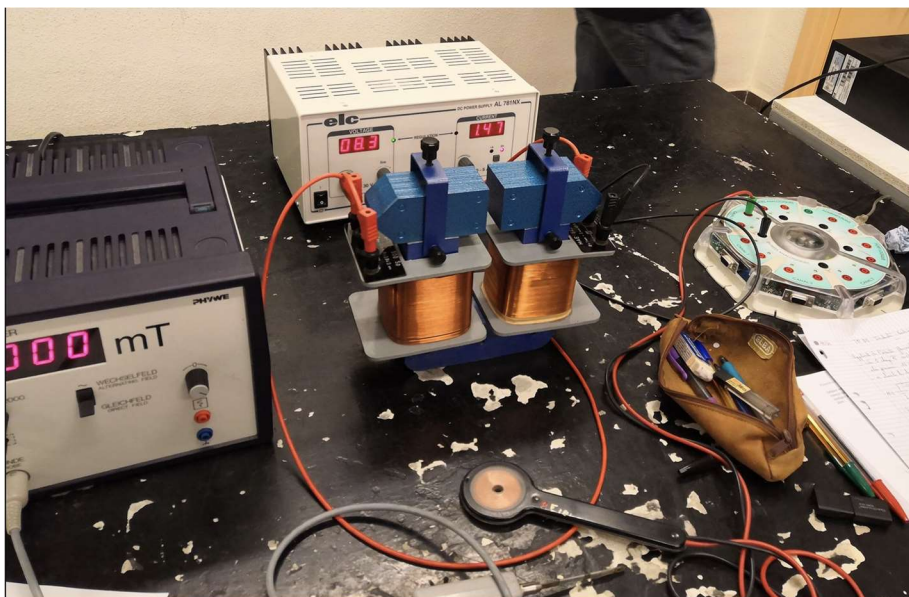
On obtient ici $E_{\text{dissipée}} = 7,56 \text{ mJ}$. On peut comparer ce résultat à l'énergie qu'avait stockée la bobine en régime permanent. La bobine ayant une inductance $L = 65,0 \text{ mH}^2$ et le courant valant $I = 0,478 \text{ A}$ dans l'expérience, on a : $E_{\text{stockée}} = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = 7,42 \text{ mJ}$

L'égalité entre l'énergie stockée et l'énergie dissipée est donc vérifiée à 2 % près

IV. Applications

Induction :

- Moteurs asynchrones
- Courants de Foucault
- Fluxmètre :



Avec un électroaimant.

Permet de mesurer le champs magnétique dans un électroaimant.

-Mesure du champ magnétique :

On sait que $e = -d\phi/dt$

Posons $\alpha = \int(e)dt$

On a donc $\alpha = \int_0^t d\phi/dt \cdot dt = \int_0^t d\phi = (\phi(0) - \phi(t)) = NS(B-0)$

Ainsi $B = \alpha/NS = \int(e)dt$

NS nombre de spire*surface en m^2 de l'instrument de mesure (bobine)

Si on retire vite la bobine de mesure on obtient une f.é.m grande.

Auto-induction :

- Surtension
- Lissage d'un courant

Remarques :

Petite manipulation quantitative à Application induction / Auto-induction

Mise en évidence de phénomène physique.

Bien mettre en évidence aspect dynamique qui est important dans le phénomène

Condensateur à inductance sert pour le lissage

Alternatif pour le transformer en continu on utilise un condensateur pour lisser la tension

Par contre plus on lui demande du courant moins ça va être effectif

Pour la bobine c'est l'inverse

Bobine de lissage dans un circuit / Alim continue / Charge variable

Charge avec impédance forte peu de courant dans système bobine lisse pas

Charge faible à fort lissage

Quand appel en courant assez important bobine marche bien

On utilise plutôt une bobine qu'un condensateur en électrotechnique.

à Quarant (sorte de dico)

Ou alors plutôt faire de la répétabilité de mesure !!

Et faire le traitement en direct

Fini NSB

Flux final 0 à système pour mesurer un flux magnétique en intégrant la fem $e = -df/dt$

Bien montrer l'aspect physique du phénomène

Si on dérive un flux qui a un aspect triangulaire on obtient un signal carré

Questions :

- Comment tu as fait tes incertitudes ?

Sur regressi il demande une incertitude type (à 68%) à écart type

Quand le constructeur ne donne pas l'incertitude type, on prend la doc constructeur et on considère que c'est l'incertitude élargie (intervalle de confiance à 95% à 2*écart type)

Donc sur regressi on divise par deux l'incertitude donnée par le constructeur J

Nous on donne comme résultat l'incertitude élargie

- Qu'est ce que le K_i2 ?

K_i2 = Écart au modèle aux barres d'erreurs

Si K_i2 est trop petit ça veut dire que le num est trop petit par rapport au dénom (grande barres d'erreurs)

Permet de savoir si on a quelque chose de correct

$K_i2 \rightarrow 1$ Idéalement

Ici les ellipses sont grosses par rapport à la taille du graph à pas idéal (barres d'erreurs grandes)

Modèle validé mais on pourrait trouver d'autres modèles qui pourraient passer par là, mais la droite passe bien par les points donc ...

- Comment faire pour améliorer les incertitudes ?

Changer l'appareil de mesure pour avoir des mesures plus précises.

Particularité des oscilloscopes numériques

Data shift : (p15/16)

Précision du décalage vertical

Pleine échelle : garantie constructeur 3% à mesurer à pleine échelle J

Donc dès que l'on se place à mi échelle : 6%

Et si on se met en dézoom : On peut se mettre à $\frac{1}{4}$ de précision donc on passe à 12% !! Très mauvaise garantie constructeur.

Valeur efficace du signal carré sur oscillo ($CC V_{eff}$) Racine carré V_{moy} du signal au carré
Sinon utiliser un $V_{efficace}$ du triangle en déduire la V_{max} , prendre la moitié de la période avec la fréquence à encadrement plus faible...

- Quel type d'induction as tu utilisé pour le I ?

Champs fixe : Lorentz

Champs variable dans le temps : Neumann

Ici bobine impose le champs et là elle ne bouge pas donc Lorentz

Dans les autres manip on change l'intensité du courant au cours du temps donc variation du champ en fonction du temps à Neumann

- A quoi sert la résistance dans le II ?

Elle sert à mesurer le courant

On veut que B_1 crée un champ magnétique variable triangulaire

<pour créer le champ magnétique il faut gérer le courant

Le GBF

Si on met une résistance trop faible à on peut avoir des effets de tel manière à ce que le courant ne soit plus triangulaire (notamment avec une bobine assez forte)

On conserve un signal triangulaire tant que l'impédance de la résistance reste forte par rapport à l'inductance de la bobine

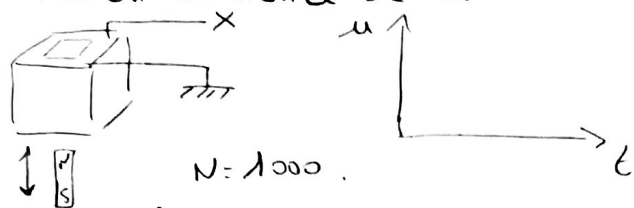
Sinon bobine déforme le courant (plus triangulaire)

$I = E / (R + Z_b)$ $R \gg Z_b$ à $I = E / R$ donc i est triangulaire comme E (qui est donné par le GBF)

Induction - Autoinduction

Loi de Lenz-Faraday: $e = - \frac{d\Phi}{dt}$

I. Mise en évidence de la loi de Lenz-Faraday



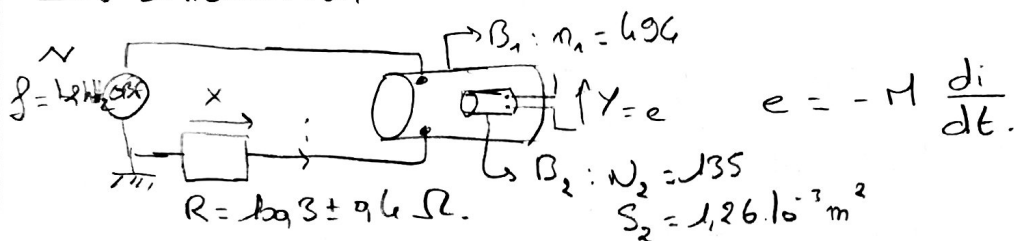
type d'induct° de Neumann
Laurenz

Champ fixe variable ds le tps
inducteur bouge ds induct.
Champ variable ds le tps

Laurenz

Convent° générateur courant sort par pôle + (main droite)
La Bobine s'oppose au pôle et à l'act°

II. Induction Neumann.



$$e = - M \frac{di}{dt}$$

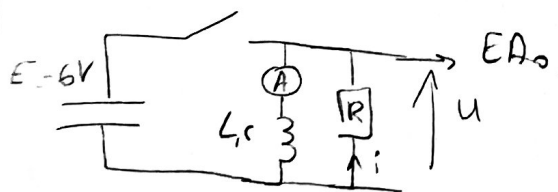


$$M_{exp} = 102 \pm 2 \text{ mH}$$

$$M_{theo} = \mu_0 N_2 S_2 n_1 = 105 \mu H$$

modèle valide
si on passe à un
intervalle de confiance
à 99%.

III. Autoinduct° Neumann



$$R = 10,43 \pm 0,05 \Omega$$

$$r = 9,66 \pm 0,05 \Omega$$

$$L = 65,1 \pm 0,8 \text{ mH}$$

Modèle: $u_R = a e^{bt}$ d'où $L = \frac{R+r}{b}$

$$\text{incertitude: } \Delta L = \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{R+r}{b}\right)^2 \Delta b^2}$$

$$L_{exp} = 64,6 \pm 9,3 \text{ mH} \leftarrow \text{moyenne sur +ieurs mesures.}$$

↳ modèle valide.

Energie emmagasinée.

$$P_{dissipée} = (R+r) i^2 = \frac{(R+r)}{L^2} \text{ m}^2 \quad E_d = \int P_{dissipée} = E_{finale} - E_{t=0} = 12,22 \text{ mJ}$$

Energie stockée.

$$E = \frac{1}{2} L i^2 \quad i = 0,610 \text{ A}$$

$$E_{\text{stockée}} = 12,06 \text{ mJ} \quad \text{écart de } 1\%$$

* Conclusion *

Applicat°: lissage du courant \rightarrow Auto-induct°
Fluimètre \rightarrow Induct°

+ manip applicat°.

Commentaire:

Enjeu : mise en évidence de phénomène physique
 \hookrightarrow propriété du phénomène

\rightarrow RV Change \rightarrow Bobine va casser.

\rightarrow Champmètre $\rightarrow \int_0^t U \rightarrow F_{\text{initial}} - F_{\text{finale}} \quad f_{\text{em}} \int d$

\rightarrow Refaire le protocole de mesure.

* Composant prendre donnée constructeur vérifie si valeur rentre ds l'intervalle incertitude.

Alimenté. Bobine oscillo branché à ces bornes.

On introduit l'aimant de la bobine
→ tension positive.

bobine réagit en
créant un pôle identique

Si on sort → tension négative

Si on introduit / l'aimant
lentement → Δ variat° de tension
rapidement → Δ variat° grand

Règle de la main droite.

Montage d'illustrat° I.

* Bobine circuit à l'intérieur

tension GBF triangulaire → dérivat° illustrat°



On change la frq

trace le modèle avec les ~~points~~ d'incertitude des mesures.
bornes

Il c'est la pente de la droite.

Incertitude constructeur et oscillo.

Montage II.

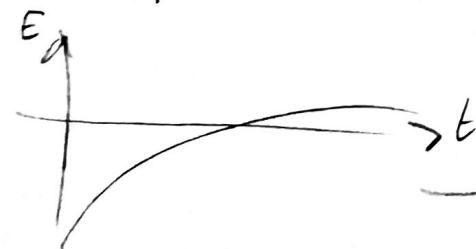
* tension, interrupteur.

On ferme ↓ puis on l'ouvre.

déclenchement sur front descendant.

tension
courant dérivat° négative
car bobine s'oppose
au courant.

qd l'interrupteur est fermé : se divise en 2
pour alimenter R et L donc R voit une tension
d'où le fait d'avoir une croissance avant 0
par la puissance.



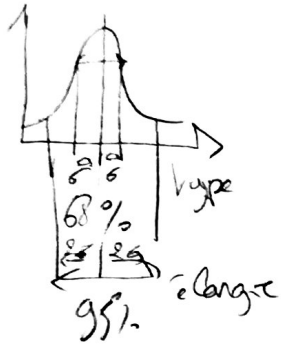
→ On a calculé E et on l'a sur le graphe
les valeurs pour donner E_d

On compare avec la valeur de E qd la résulte de la forme
la droite en pente positive
de la bobine.

Partage III.

EPP: pre élargie ($\times 2$)

Regressi demande incertitude type \approx écart-type ($d_{\text{ress}}/2$)



Constructeur donne à 95% incertitude élargie à 2 σ .

Regressi donne incertitude type
donc on prend $\times 2$ pour élargie
cochée

χ_2 c'est l'écart au modèle. \rightarrow On compare l'incertitude à l'écart au modèle.

ne pas prendre le coefficient de corrélation.

Est-ce que le modèle est validé? S'il passe par l'encadrement
oui + au moins donc regarde l'écartement au modèle par rapport au base
d'erreurs.

\rightarrow trop grande base d'erreurs ici

si χ_2 petit alors base d'erreurs grosse / aux écart au modèle

si χ_2 grand alors base d'erreurs pt / aux écart au modèle très grande

\rightarrow ici changer d'app de mesure.

Attenti? mesure à l'oculo tjs en pleine échelle

Voir mesures valeur efficace $\sqrt{1/2}$
motivé de la freq par mesure de la période.

+ petit hypothèse bobine ∞ ?

Calcul de e en valeur absolue.

R permet d'accéder au courant

B_1 crée un Champ magnétique variable N de B_2

GBF impose une tension N

\rightarrow en plus de permettre au
signal de rester N en maintenant
l'effet générateur de la bobine

$$i = \frac{E}{R + Z_{Lr}} \quad R \gg Z_{Lr} \quad i \approx \frac{E}{R}$$

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\mathcal{F} = \int e dt = - \int_0^t \frac{d\phi}{dt} dt = - \int_0^t d\phi = [\phi(0) - \phi(t)] = NS(B-0)$$

Ajustement éventuelle par l'inductance

→ mesure du champ magnétique ← Flexmètre

→ calcul intégrale

$$B = \frac{\mathcal{F}}{NS} = \frac{\int e dt}{NS}$$

NS nb de spire x surface en m^2
de l'instrument de mesure.

→ Retrait frite → Jean gel.

Electromagnétique

$$U_c = a e^{bt}$$

$$a = -5,856$$

$$b = -307,991$$

$$L = \frac{(R+r)}{b}$$

$$= \frac{(20) \times 10^{-3}}{-307,991} = -64,9 \text{ mH}$$