

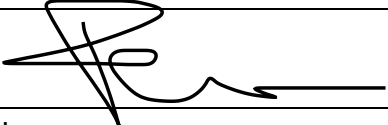

Page couverture obligatoire des rapports de laboratoire

GROUPE DE TRAVAUX PRATIQUES (TP)

Cochez votre numéro de groupe : le groupe de TP n'est pas le groupe du cours.

<input type="radio"/> 01	<input type="radio"/> 02	<input checked="" type="radio"/> 03	<input type="radio"/> 04	<input type="radio"/> 05	<input type="radio"/> 06
--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

AUTEURS

Nom : Clas	Prénom : Paul	
Matricule : 1846912	Signature :	
Nom : Émard-Lamy	Prénom : Arnaud	
Matricule : 2021005	Signature :	
Nom :	Prénom :	
Matricule :	Signature :	

TRAVAIL REMIS

Date de remise du travail : 16 novembre 2020		
Rapport de laboratoire (cochez le numéro) :	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3
Charge de travail (nombre d'heures dédiées à la rédaction du rapport) : 12		

GRILLE D'ÉVALUATION DU RAPPORT DE LABORATOIRE

(section à remplir par le correcteur)

Quiz :	/ 4
Présentation :	/ 1,5
Introduction :	/ 1,5
Description du montage :	/ 2
Mesures et tableaux :	/ 3
Calculs d'erreur :	/ 3
Discussion :	/ 3
Conclusion :	/ 2
NOTE TOTALE :	/ 20

Table of Contents

1. Introduction.....	3
2. Méthodologie expérimentale.....	3
3. Présentation des résultats.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4. Discussion	8
5. Conclusion	9
6. Annexe	10
7. Bibliographie	13

1. Introduction

L'induction électromagnétique est à la base de plusieurs technologies qui requièrent la transformation d'énergie mécanique en énergie électrique, appelé générateur, et réciproquement de la conversion d'une énergie électrique en énergie mécanique aussi connu sous le nom de moteur. L'induction électromagnétique est employée dans de nombreuses applications : bobines, transformateurs, alternateurs, lampes à induction, plaques à induction, etc.

Au cours de notre expérience, nous allons observer l'induction d'une force électromotrice dans une bobine en rotation dans un champ magnétique en faisant varier, dans un premier temps, l'intensité du courant parcourant le montage et, dans un deuxième temps, la fréquence de rotation de la bobine en contrôlant le voltage appliqué au moteur.

Le but de ce laboratoire est de vérifier expérimentalement la loi de Faraday qui rend compte des phénomènes macroscopiques d'induction électromagnétique. En effet, la loi de Faraday est une loi de base en électromagnétisme reliant la variation du flux magnétique traversant un circuit à la valeur de la force électromotrice (\mathcal{E}) induite. Ainsi, en laboratoire, on vérifiera entre autres cette relation et on se familiarisera avec le principe du générateur électrique.

2. Méthodologie expérimentale

Tout d'abord, des capsules vidéo disponibles sur le site Moodle du cours PHS1102 expliquent le fonctionnement des appareils qu'on utilise dans ce laboratoire. Par ailleurs, le technicien de laboratoire Yves Leblanc explique dans une capsule vidéo les principales manipulations qu'on réalise dans le laboratoire 2. Il est donc important de visionner ces vidéos afin de se mettre en contexte avec l'expérience à réaliser. Ensuite, le manuel de laboratoire procure des informations importantes quant à la précision des instruments de mesure. Il sera donc important de le consulter lorsque viendra le temps de calculer les incertitudes reliées aux différentes mesures relevées.

a. Réglage préliminaire

Les réglages de l'oscilloscope ainsi que de la source d'alimentation doivent être fait avant de procéder aux mesures permettant de remplir les tableaux II.1, II.2 et II.3. En effet, pour ce faire, il faut se référer au manuel de laboratoire aux pages 30 et 64-65. De plus, il ne faut pas oublier de mettre le bouton de « couplage » de l'oscilloscope en position « HF reject » afin de rejeter les hautes fréquences.

b. Schéma de montage pour la mesure de l'induction magnétique

Afin de pouvoir remplir le tableau II.1 et II.2, il faut réaliser le montage suivant :

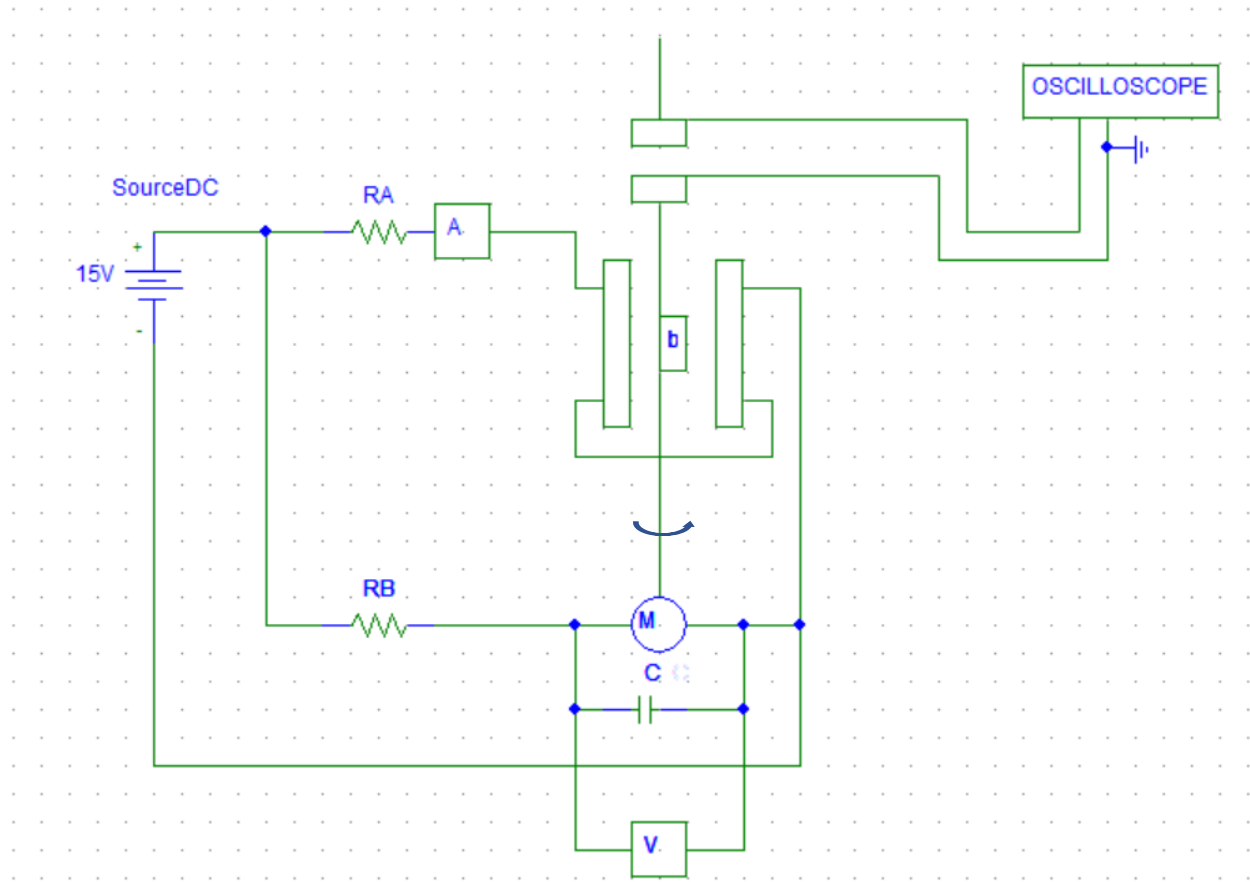


Figure 1 Schéma de montage pour la mesure de l'induction magnétique

Légende : V = Voltmètre ; A = Ampèremètre ; b = système de bobines d'aimantation ; RA et RB = potentiomètres

À l'aide du montage du schéma de la figure II.1, on peut mesurer le courant I_1 traversant le potentiomètre RA ainsi que la valeur de la force électromotrice induite expérimentale que l'on relève à l'oscilloscope. À l'aide de ces valeurs, il est possible de calculer le champ magnétique B en fonction du courant dans les bobines d'aimantation à l'aide de la formule :

$$B = 0.72\mu_0 \frac{NI}{R}$$

Ensuite, on pourra calculer la force électromagnétique induite théorique à l'aide de la formule :

$$\varepsilon(th) = n\omega AB$$

où l'aire représente la surface de la bobine d'aimantation et « n » le nombre de tours de fil de la bobine de détection.

Dans un même ordre d'idées, ce montage nous permet de remplir le tableau II.2, dans lequel, cette fois-ci on impose un champ constant B induit par le courant uniforme $I = 3.0 \text{ A}$, mais où la fréquence varie. En mesurant cette fois-ci la période ainsi que la force électromotrice induite expérimentale à l'oscilloscope, on est en mesure de calculer la force électromotrice induite théorique. Voici la formule qui permet de la calculer :

$$\varepsilon(th) = n\omega AB$$

c. Schéma de montage pour la mesure de la puissance dissipée sur une résistance R_{ch}

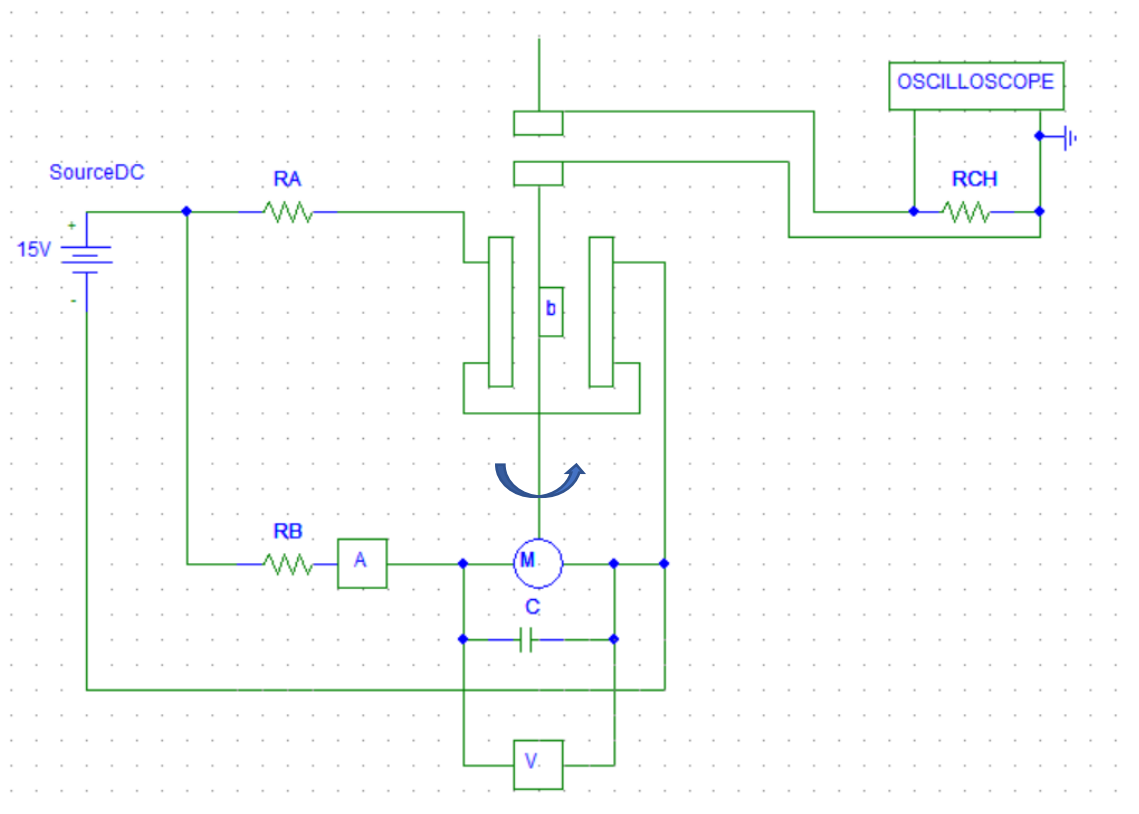


Figure 2 Schéma du montage pour mesurer la puissance dissipée sur une résistance R_{ch}

À l'aide du montage du schéma de la figure II.2, on peut mesurer le courant I_2 traversant le potentiomètre RB et la tension V_2 sur les contacts du moteur. Cela nous permet d'abord de calculer la puissance dissipée par le moteur par la formule :

$$P = VI$$

Par ailleurs, on peut mesurer la tension ε_3 aux bornes de Rch, ce qui correspond à la force électromagnétique induite par le champ magnétique des bobines d'Helmholtz. On trouve alors P_2 en faisant :

$$P = \frac{\varepsilon^2}{Rch}$$

Finalement, le rendement décrivant l'efficacité de transformation d'énergie peut être calculé en faisant la formule suivante :

$$\eta = \frac{P_3}{P_2} * 100\%$$

3. Présentation des résultats

Nous avons tous d'abord calculé le champ magnétique en fonction du courant pour ensuite calculé la force d'induction électromotrice afin de trouver les résultats du Tableau II.1 suivant :

$I_1(A)$	$\pm \Delta I_1(A)$	$B (mT)$	$\pm \Delta B (mT)$	Expérimentale		Théorique	
				$\varepsilon_{exp} (mV)$	$\pm \Delta \varepsilon_{exp} (mV)$	$\varepsilon_{théo} (mV)$	$\pm \Delta \varepsilon_{théo} (mV)$
0.54	0.04	0.49	0.04	94	10	87	19
1.05	0.04	0.95	0.06	166	10	170	33
1.50	0.05	1.36	0.07	239	20	242	44
2.04	0.05	1.85	0.08	315	20	329	59
2.55	0.06	2.31	0.10	394	40	412	72
3.00	0.06	2.72	0.11	476	40	484	84
3.53	0.07	3.19	0.12	535	40	570	98

Tableau II.1: ε à une fréquence constante ($f = 2400 \text{ rpm} = 40 \text{ Hz}$)

Pour mieux observer la relation entre le champs magnétique et l'induction électromotrice, nous avons réalisé un graphique qui met en valeur la tendance linéaire de nos résultats autant théorique qu'expérimentale.

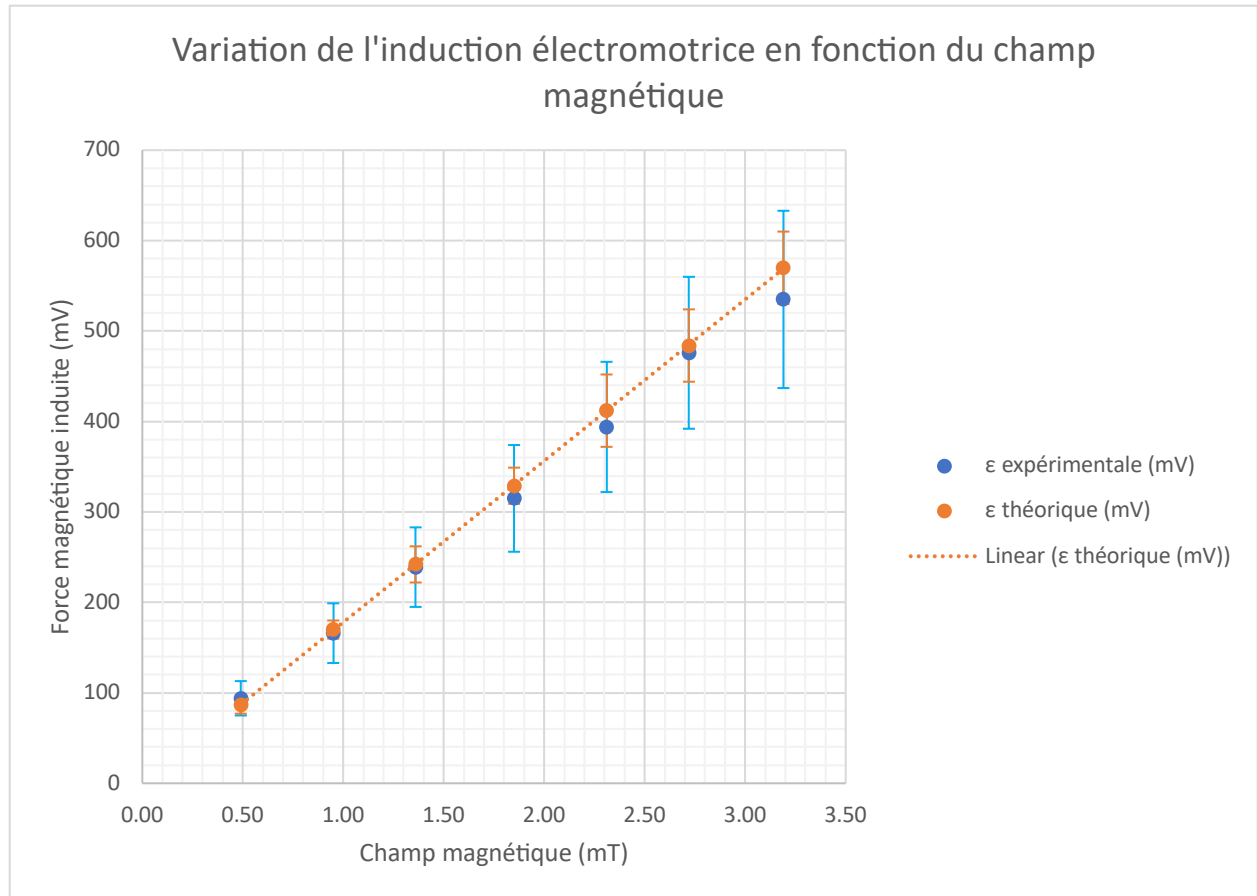


Figure 3: Variation de l'induction électromotrice en fonction du champ magnétique

Enfin, nous calculons la force d'induction électromotrice dans le tableau II.2 en utilisant la fréquence de rotation f calculé à partir de la période donnée p .

Fréquence de rotation f (Hz)	$\pm \Delta f$ (Hz)	Période p (ms)	$\pm \Delta p$ (ms)	Expérimentale		Théorique	
				ϵ_{exp} (mV)	$\pm \Delta \epsilon_{\text{exp}}$ (mV)	$\epsilon_{\text{théo}}$ (mV)	$\pm \Delta \epsilon_{\text{théo}}$ (mV)
20	0.4	50	1.0	237	20	241	5
25	0.6	41	1.0	286	20	301	7
40	0.6	25	0.4	476	40	482	8
50	0.7	29.5	0.4	590	40	603	8
62.5	1.6	16	0.4	735	40	754	19

Tableau II.2 : ϵ à champ B constant ($I = 3.0 \text{ A}$)

En graphant les résultats de l'induction électromotrice en fonction de la fréquence de rotation on observe que la tendance linéaire observé précédemment est observable dans la Figure 4.

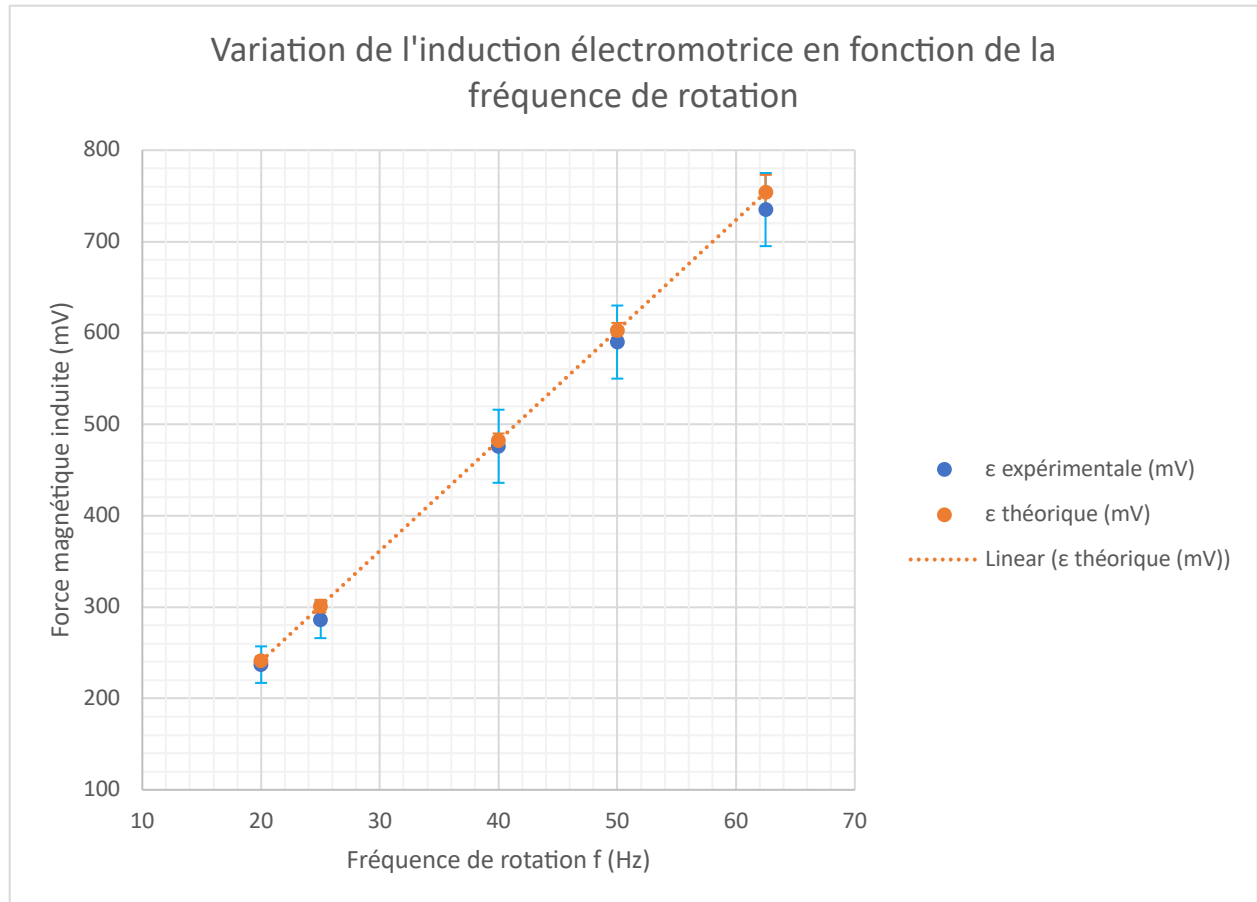


Figure 4 : Variation de l'induction électromotrice en fonction de la fréquence de rotation

Enfin, nous nous intéressons au rendement d'un générateur. Pour ce faire, nous calculons P_2 et P_3 en utilisant les valeurs de V_2 et I_2 préalablement fournies. Nous pouvons ainsi réaliser le calcul du rendement dans le Tableau II.3.

$V_2 \pm \Delta V_2$ (V)	$I_2 \pm \Delta I_2$ (mA)	$P_2 \pm \Delta P_2$ (W)	$V_3 \pm \Delta V_3$ (V)	P_3 (W)	$\pm \Delta P_3$ (W)	n (%)	$\pm \Delta n$ (%)
11.57 ± 0.07	350 ± 7	4.05 ± 0.10	0.212 ± 0.007	$4.50 \cdot 10^{-4}$	$3,45 \cdot 10^{-5}$	$1,11 \cdot 10^{-2}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$

Tableau II.3 : Le rendement η pour $I_1 = 3,0$ A et $f = 2400$ rpm = 40 Hz

4. Discussion

Les valeurs que nous avons recueillies semblent cohérentes puisqu'on observe une corrélation entre les valeurs théoriques et les valeurs mesurées. En comparant les Figures 3 et 4 de la variation de l'induction en fonction du champ magnétique et en fonction de la fréquence de

rotation, on voit qu'ils ont une tendance linéaire. Cette linéarité des résultats s'explique par la loi de Faraday qui indique que la force électromotrice induite dans une bobine dans un champ magnétique est égale au produit du nombre de tours de la bobine de détection, de la pulsation, de l'aire de la bobine de détection et du champ magnétique.

Pour la Figure 3, l'écart entre les valeurs théoriques et expérimentales augmente très légèrement lorsque le champ magnétique augmente. On observe le même phénomène lorsque la fréquence augmente dans la Figure 4, ceci peut s'expliquer par le fait que, en pratique, il y a des pertes d'énergie à travers tout le circuit. De plus, l'incertitude de nos mesures augmente plus la fréquence ou le champ magnétique augmente.

Pour ce qui est du rendement, on remarque qu'il est très faible soit 0,01%. En effet, le circuit utilisé pour produire le champ magnétique comporte des pertes d'énergie (par exemple le bruit). De plus, le champ magnétique créé agit dans tout l'espace. Ce champ n'est donc pas complètement utilisé pour la rotation du moteur. Mise à part ce facteur, une partie de l'énergie a été utilisée pour faire tourner le moteur et combattre la friction. Pour terminer, il y a certainement eu des pertes d'énergie à l'intérieur du moteur et du circuit où la force électromotrice a été induite.

5. Conclusion

L'objectif principal de ce laboratoire était de vérifier expérimentalement la loi de Faraday. On peut dire que l'objectif a été atteint puisque, dans le cas où le champ magnétique est faible et dans le cas où la pulsation l'est aussi, les valeurs obtenues expérimentalement correspondent aux valeurs théoriques. Nous avons ainsi pu constater la relation linéaire entre le champs magnétique et l'induction électromagnétique ainsi que la fréquence de rotation et l'induction électromagnétique.

Pour conclure, on peut dire que nous avons atteint le but de notre expérience, qui était de démontrer la loi de Faraday en étudiant la variation de l'induction électromotrice en fonction du champ magnétique et de la fréquence. Ce laboratoire nous a également permis de voir que lorsque nous sommes en présence d'un circuit avec un moteur, le bruit que ce dernier provoque rend les lectures difficiles à prendre. Pour ce qui est du rendement qui est excessivement faible, c'est pourtant normal pour ce type de système puisque l'énergie est perdue de toute sorte de façon. Puisqu'on sait d'où la plus grande partie de l'énergie est perdue, les ingénieurs d'aujourd'hui ont pu développer des systèmes avec des rendements bien supérieurs.

6. Annexe

ANNEXE

① Calcul de ΔI (Exemple de calcul)

→ En écoutant la vidéo des manipulations du laboratoire 2, le technicien nous indique que les mesures du courant ont été prises avec l'ampèremètre DM-8034 avec une gamme de 20A. (courant DC). Ainsi, la résolution associée (tableau 7.7 p.56) est de $d = 10 \text{ mA}$.

$$\hookrightarrow \Delta I = (1,0\% \cdot L + 3 \cdot d) = \left(\frac{1}{100} (0,54) + 3 (10 \cdot 10^{-3}) \right) = \boxed{0,0354 \text{ A}}$$

pour $I = 0,54 \text{ A}$

$$\text{d'où } \boxed{I = (0,54 \pm 0,04) \text{ A}}$$

② Calcul de B (Exemple de calcul)

$$B = 0,72 \mu_0 \cdot \frac{NI}{R} \quad \text{où } \begin{cases} N = 100 \\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \\ R = (100 \pm 2) \text{ mm} \end{cases}$$

Pour un $I = 0,54 \text{ A}$

$$\hookrightarrow B = \left(0,72 \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot \frac{100 \cdot 0,54}{100 \cdot 10^{-3}} \right) = 0,0004885 \dots \text{ T} = \boxed{0,4885804 \dots \text{ mT}}$$

③ Calcul de ΔB (Ex. de calcul)

$$\Delta B = \left| \frac{\partial B}{\partial I} \right| \Delta I + \left| \frac{\partial B}{\partial R} \right| \Delta R \quad \Leftrightarrow \quad \Delta B = 0,72 \mu_0 \cdot \frac{N}{R} \Delta I + 0,72 \mu_0 \frac{NI}{R^2} \Delta R$$

$$\Delta B = B \left(\frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R} \right) = 0,4885804 \dots \left(\frac{0,04}{0,54} + \frac{2}{100} \right) = \boxed{0,0459627 \dots \text{ mT}}$$

$$\boxed{B = (0,49 \pm 0,04) \text{ mT}}$$

sur Excel, ça arrondit à 0,04 avec leur précision quand on veut un db au centième

④ Calcul de $\Delta \mathcal{E}_{\text{exp}}$

* À l'aide de la colonne du tableau "Échelle verticale de l'oscilloscope" nous sommes en mesure de trouver $\Delta \mathcal{E}_{\text{exp}}$.

Dans la capsule vidéo des manipulations du Lab 2, le technicien mentionne qu'il y a 5 divisions (carreaux) lorsqu'il prend sa mesure de \mathcal{E}_{exp} . Ainsi, en divisant par 5 les valeurs de cette colonne, on trouve directement $\Delta \mathcal{E}_{\text{exp}}$. i.e. $\Delta \mathcal{E}_{\text{exp}} = \frac{50}{5} = \boxed{10 \text{ mV}}$ (ex. de calcul)

⑤ Calcul de $\mathcal{E}_{\text{théorique}}$ (Ex. de calcul)

$\mathcal{E}_{\text{th}} \Rightarrow \mathcal{E}_0$ de la page 26 du manuel de laboratoire.

$$\begin{aligned} \text{i.e. } \mathcal{E}_{\text{th}} &= n \omega A B = n (2\pi f) (\pi R^2) B \\ &= 1000 \cdot (2\pi \cdot (40)) \cdot (\pi \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2) \cdot 0,49 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,0870 \text{ V} = \boxed{87,0 \text{ mV}} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Pour } f = 40 \text{ Hz} \\ n = 1000 \\ R = (15 \pm 1) \text{ mm} \end{array}$$

⑥ Calcul de $\Delta \varepsilon_{th}$ (Exemple de calcul)

$$\Delta \varepsilon_{th} = \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial R} \right| \Delta R + \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial B} \right| \Delta B \Leftrightarrow \Delta \varepsilon_{th} = 2n\omega\pi R B \cdot \Delta R + n\omega\pi R^2 \Delta B$$

$$\Rightarrow \Delta \varepsilon_{th} = \varepsilon_{th} \left(\frac{2\Delta R}{R} + \frac{\Delta B}{B} \right) = 87 \left(\frac{2 \cdot 1}{15} + \frac{0,04}{0,49} \right) = 18,7 \text{ mV}$$

d'où $\varepsilon_{th} = (87 \pm 19) \text{ mV}$

⑦ Calcul de Δf (Exemple de calcul)

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow \Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial T} \right| \Delta T \Rightarrow \Delta f = f \left(\frac{\Delta T}{T} \right)$$

Pour une fréq. $f = 20 \text{ Hz} \Rightarrow \Delta f = 20 \left(\frac{1,0}{50} \right) = 0,4 \text{ Hz}$
(ΔT est trouvé en ③)

⑧ Calcul de ΔT (Δp) (Exemple calcul)

* À l'aide de la colonne du tableau nous sommes en mesure de trouver ΔT (ou Δp) "Échelle horizontale de l'oscilloscope"

Dans la capsule vidéo des manipulations du Labo 2, le technicien mentionne qu'il y a 5 divisions (5 carreaux) comme graduation lorsqu'il prend sa mesure de T (ou p). Ainsi, en divisant par 5 les valeurs de cette colonne, on trouve directement ΔT (ou Δp) i.e. $\Delta T = \frac{5}{5} = 1 \text{ ms}$
(ex. de calcul)

⑨ Calcul de $\Delta \varepsilon_{exp}$ (Exemple de calcul)

* À l'aide de la colonne du tableau nous sommes en mesure de trouver $\Delta \varepsilon_{exp}$ "Échelle verticale de l'oscilloscope"

Dans la capsule vidéo des manipulations du Labo 2, le technicien mentionne qu'il y a 5 divisions (5 carreaux) comme graduation lorsqu'il prend sa mesure de ε_{exp} . Ainsi, en divisant par 5 les valeurs de cette colonne, on trouve directement $\Delta \varepsilon_{exp}$ i.e. $\Delta \varepsilon_{exp} = \frac{100}{5} = 20 \text{ mV}$
(ex. de calcul)

d'où ex. on a $\varepsilon_{exp} = (237 \pm 20) \text{ mV}$

⑩ Calcul de ε_{th} (Ex. de calcul)

$$\varepsilon_{th} = n\omega AB = n \cdot 2\pi f \cdot \pi r^2 \cdot 0,72 \mu\text{s} \frac{NI}{R} = 1000 \cdot 2\pi \cdot (20) \cdot \pi \cdot (15)^2 \cdot 0,72 \cdot 4\pi \times 10^{-7} \cdot \frac{100 \cdot 3}{100}$$

$\begin{cases} n=1000 \\ N=100 \\ r=15 \text{ mm} \\ R=100 \text{ mm} \end{cases}$ et pour une fréq $f=20 \text{ Hz}$
et I est à 3A

$$\varepsilon_{th} = 241,104 \text{ mV}$$

⑪ Calcul de $\Delta \varepsilon_{th}$ (Ex. de calcul)

$$\Delta \varepsilon_{th} = \left| \frac{\partial \varepsilon}{\partial f} \right| \Delta f \Leftrightarrow \varepsilon_{th} \left(\frac{\Delta f}{f} \right)$$

d'où $\varepsilon_{th} = (241 \pm 5) \text{ mV}$

$$\Rightarrow \text{Pour } \varepsilon = 241 \text{ mV} \Rightarrow \Delta \varepsilon_{th} = 241 \cdot \left(\frac{0,4}{20} \right) = 4,82 \text{ mV}$$

⑫ Calcul de ΔV_2 (Ex. de calcul)

→ La mesure de tension V_2 a été prise au voltmètre DM-351 avec une gamme de 20V. Ainsi, la résolution associée (tableau 7.1 tension DC) est de $d=10\text{mV}$

$$\Delta V = (0,5\% \cdot L + 1 \cdot d) = \left(\frac{0,5}{100} \cdot 11,57 + 1 \cdot 10^{-3} \right) = \boxed{0,00785 \text{ V}}$$

d'où $V_2 = (11,57 \pm 0,07) \text{ V}$

⑬ Calcul de ΔI_2 (Exemple de calcul)

→ La mesure du courant I_2 a été prise à l'ampèremètre DM-8034 avec une gamme de 2A. Ainsi, la résolution associée (tableau 7.7) est de $d=1\text{mA}$

$$\Delta I_2 = (1,0\% L + 3 \cdot d) = \left(\frac{1}{100} \cdot (350) + 3(1) \right) = \boxed{6,5 \text{ mA}}$$

d'où $I_2 = (350 \pm 7) \text{ mA}$

⑭ Calcul de P_2 (Ex. de calcul)

$$P_2 = V_2 \cdot I_2 = 11,57 \cdot (350 \text{ E-3}) = \boxed{4,0495 \text{ W}}$$

⑮ Calcul de ΔP_2 (Ex. de calcul)

$$\Delta P_2 = \left| \frac{\partial P}{\partial V} \right| \Delta V + \left| \frac{\partial P}{\partial I} \right| \Delta I \Rightarrow \Delta P_2 = P_2 \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I} \right)$$

Par ex: $\Delta P_2 = 4,0495 \left(\frac{0,07}{11,57} + \frac{7}{350} \right) = \boxed{0,10549 \text{ W}}$

d'où $P_2 = (4,05 \pm 0,10) \text{ W}$

en gardant les valeurs exactes, on arrondit à $0,10 \text{ W}$

⑩ Calcul de V_3

→ On nous donne ε_3 qui est une tension maximale.

Ainsi $V_3 = \frac{\varepsilon_3}{\sqrt{2}} = \frac{300 \text{ E-3}}{\sqrt{2}} = \boxed{0,21213 \text{ V}}$

⑰ Calcul de ΔV_3

→ La tension ε_3 étant mesurée à l'oscilloscope, le même principe qu'au calcul ④ s'applique. Avec l'échelle verticale de $\frac{50\text{mV}}{\text{div}}$ et 5 divisions

on a : $\Delta \varepsilon_3 = \frac{50}{5} = 10\text{mV} = 0,01\text{V}$

Par contre, la tension étant maximale

$$\Delta V_3 = \frac{0,01}{\sqrt{2}} = \boxed{0,007 \text{ V}}$$

⑱ Calcul de P_3

$$P_3 = \frac{V^2}{R} = \frac{(0,212)^2}{100} = \boxed{0,00045 \text{ W}}$$

⑲ Calcul de ΔP_3

$$\Delta P_3 = \left| \frac{\partial P}{\partial V} \right| \Delta V + \left| \frac{\partial P}{\partial R} \right| \Delta R \Rightarrow \Delta P_3 = P_3 \left(\frac{2\Delta V}{V} + \frac{\Delta R}{R} \right) = 0,00045 \left(\frac{2 \cdot 0,007}{0,212} + \frac{1}{100} \right)$$

$$= \boxed{0,00003917 \text{ W}}$$

②① Calcul de η (%)

$$\eta = \frac{P_3}{P_2} \cdot 100\% = \frac{0,00045}{4,05} \cdot 100\% = 0,01111\%$$

②② Calcul de $\Delta\eta$ (%)

$$\Delta\eta = \left| \frac{\partial \eta}{\partial P_3} \right| \Delta P_3 + \left| \frac{\partial \eta}{\partial P_2} \right| \Delta P_2 \quad \Rightarrow \quad \Delta\eta = \eta \cdot \left(\frac{\Delta P_3}{P_3} + \frac{\Delta P_2}{P_2} \right)$$
$$= 0,01111 \left(\frac{0,000345}{0,00045} + \frac{0,1}{4,05} \right)$$

$$\Delta\eta = 0,00112622\%$$

7. Bibliographie

L. Martinu, D. Simon, J. Cerny. Champs électromagnétiques 4ème édition : Manuel de laboratoire N 6542. Presses Internationales Polytechnique. Montréal. 2012