

Noms : _____ - _____

EXPÉRIENCE 8

L'INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

- Ne remettre que les pages 1 et 2 complétées.
- Lire et suivre les explications et manipulations aux pages 4 à 8.

A) Sens du courant induit par un champ flux magnétique variable

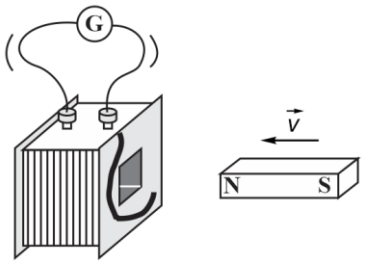
Q1- L'aiguille du galvanomètre dévie vers la :

Gauche Droite

lorsque le courant entre par la borne de

Gauche Droite

2 / 3-



4- Le sens du courant induit est-il différent si vous approchez un même pôle de l'aimant de l'autre bout de la bobine?

Oui Non

5- Le flux magnétique varie-t-il lorsque l'aimant et la bobine sont immobiles? Comment l'expliquez-vous?

Oui Non

6- Le sens des courants induits est-il le même en approchant un pôle Nord qu'en éloignant un pôle Sud du même côté de la bobine?

Oui Non

B) Détermination de l'électromotance induite (aimant)

7-... complétez le tableau ci-après.

Nombre d'enroulements	Courant maximal dans le galvanomètre
1200	
600	
300	

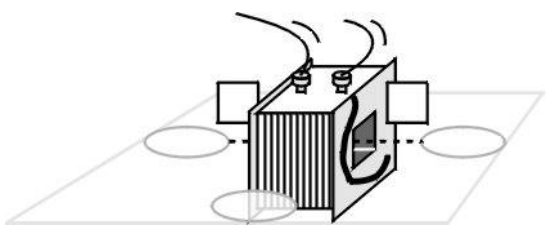
8- Quel est l'effet du nombre de tours de fil sur le courant induit et sur l'électromotance induite?

9- Comment le rythme d'approche affecte-t-il le taux de variation du flux magnétique?

C) Détermination de l'électromotance induite (courant dans une bobine)

10- Approchez l'aimant sur l'axe de la bobine. Sentez-vous une force agir sur l'aimant? Que se passe-t-il? Pourquoi?

11-



12- R_G : _____

R_{600} : _____

13- Moyenne des intensités : $i_G =$ _____

14- $R_{eq} = R_G + R_{600} =$ _____

Calcul de l'électromotance (\mathcal{E}) pour les 600 tours :

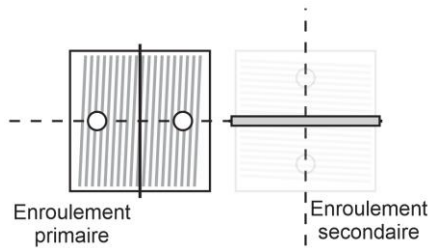
15- $\mathcal{E} = R_{eq} \times i_G =$ _____

D) Effet de la géométrie

16- Faites osciller (éloignez et approchez) une des bobines dans la direction de leur axe. Qu'observez-vous?

17- $\mathcal{E} =$ _____

18- Dessinez quelques lignes de champ et expliquez le fait que l'électromotance induite soit nulle.



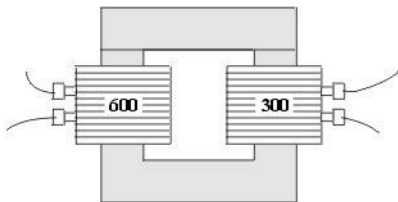
E) Effet d'une substance magnétique

19- $\mathcal{E} =$ _____

20- Expliquez les résultats à l'aide du flux magnétique.

21- Cet agencement des substances magnétiques est-il plus efficace que le précédent? Expliquez.

22- Dessinez les lignes de champ à l'intérieur du cadre.



23- Y a-t-il alors un flux magnétique traversant le circuit secondaire?

Oui Non

24- Avec l'interrupteur fermé (un courant circule dans le circuit primaire), essayez d'enlever la tige supérieure du cadre; est-ce difficile? Pourquoi?

Oui Non

25- L'ouverture ou la fermeture de l'interrupteur provoque-t-elle une variation du flux magnétique au secondaire?

Oui Non

26- Alors que l'interrupteur est ouvert, le courant du primaire est nul. Y a-t-il alors un flux magnétique traversant le secondaire? Tentez à nouveau de séparer la tige pour valider. Comment l'expliquer?

27- Pendant que vous séparez la tige du reste du montage, le flux varie-t-il dans le secondaire? Vérifiez-le en glissant latéralement la tige pour la séparer graduellement.

Oui Non

F) Transformateur et source AC

28- ...que concluez-vous au sujet de la tension aux bornes de l'ampoule?

29- Que se passe-t-il au niveau du flux magnétique?

30- Qu'est-ce qui a changé d'une situation à l'autre?

31-

Enroulements au primaire	Enroulements au secondaire	Tension au primaire	Tension au secondaire
600	1200		
600	300		

32- Relation entre tensions et nombres de tours.



Buts

- Étudier les lois d'induction électromagnétique;
- Étudier les principales caractéristiques d'un transformateur.

Matériel

- Source c.a. (6,3 V)
- Source c.c.
- Multimètre numérique
- Galvanomètre (0 – 500 μA)
- Enroulements de fil (300, 600 et 1 200 tours)
- Boussole
- Pile (1,5 V)
- Résistances (1 kΩ et 10 kΩ)
- Ampoule (24 V)
- Aimant
- Barreaux de fer laminé (droit et en forme de U)
- Interrupteur
- Fils de raccordement

Théorie

Nous aborderons, dans cette expérience, les différentes façons d'induire une électromotance (\mathcal{E}) (ou f.é.m. pour *force électromotrice*) dans un circuit électrique. Il y aura dans chacune des situations que nous allons considérer, un champ magnétique qui produira un flux magnétique à travers la bobine d'un circuit électrique.

Toutefois, ce qu'il sera important de constater, c'est qu'à chaque fois qu'il y aura variation du flux magnétique Φ à travers la surface délimitée par la bobine, une électromotance induite (\mathcal{E}) apparaîtra et fera circuler un courant dans le circuit.

Michael Faraday a établi l'expression suivante pour l'électromotance induite :

$$\mathcal{E} = - \frac{Nd\Phi}{dt}$$

Cette expression représente la loi d'induction électromagnétique qui stipule que l'électromotance induite (\mathcal{E}) dans une boucle est égale (exception faite du signe négatif) au taux de variation du flux magnétique ($d\Phi/dt$) dans le circuit. C'est à la suite d'expériences semblables à celle que vous allez effectuer qu'il trouva cette loi.

Lorsque le circuit électrique induit est fermé, un courant y circule sous l'effet de l'électromotance induite. La loi de Lenz, établie par Heinrich Lenz, permet de déterminer le sens de ce courant. Cette loi stipule que le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose à la variation

du flux magnétique. Le signe négatif de la loi d'induction indique cette opposition.

Instrumentation



Galvanomètre

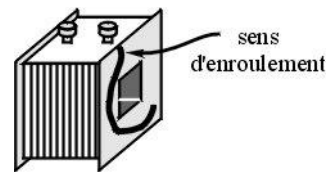
Un galvanomètre est en quelque sorte un ampèremètre, mais qui fonctionne de façon strictement mécanique à partir de champs produits par le courant à mesurer.

Le modèle à votre disposition peut fonctionner dans les deux sens, et son échelle est graduée jusqu'à 500 μA (si votre exemplaire est gradué jusqu'à 50, c'est néanmoins 500 μA, vous saurez faire la conversion).

Le sens de la déviation de l'aiguille dépend de la borne par laquelle il reçoit le courant. La première manipulation vis à vous faire déterminer cette relation.

Bobines

Vous disposez d'un ensemble de trois bobines (aussi nommées enroulements), dont le nombre de tours est précis et indiqué sur leurs supports. Remarquez aux extrémités des bobines un symbole vous indiquant le sens d'enroulement du fil à partir de chaque borne. Vous pourrez utiliser cette information pour analyser le sens des variations de flux magnétique à partir du sens des courants injectés et/ou induits.



De telles bobines sont composées d'un fil de cuivre dont la résistance est très faible. Un potentiel faible peut donc y faire passer un courant relativement grand. Prenez donc garde de ne pas dépasser les valeurs de courant prescrites, car les bobines pourraient surchauffer si elles sont suralimentées trop longtemps.

Noyaux en fer

Vous disposez de tiges en fer permettant de produire un circuit fermé en traversant deux bobines. Ces tiges ne sont pas des aimants, mais réagissent à ceux-ci comme

tout objet métallique à base de fer. Vous pourrez alors observer que le flux magnétique parcourant toute pièce de fer en fait ainsi un aimant, tant que le flux perdure. Mais surtout, les tiges en fer canalisent le flux magnétique et permettent de le diriger plus efficacement d'un enroulement à l'autre. Il y a donc un gain d'efficacité avec ces tiges de fer lors d'un transfert de flux de l'enroulement primaire au secondaire.



Boussole

Vous aurez à utiliser une boussole dans l'une des étapes pour identifier la direction des lignes de champ (du champ). Une boussole peut être démagnétisée ou magnétisée à l'envers si elle est en contact un certain temps ou d'une certaine manière avec un aimant permanent. Assurez-vous donc, avant de l'utiliser, qu'elle indique bien la direction du nord par la pointe rouge (éloignée de toute masse métallique) et évitez de la placer directement en contact avec un aimant.

Travail à remettre

Répondez aux questions sur les deux premières pages du document et remettez ces deux pages en quittant le laboratoire (une copie par équipe).

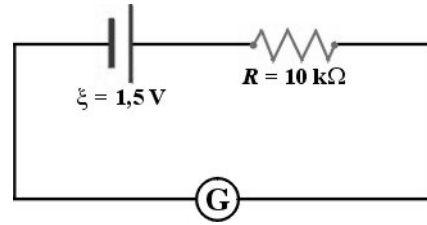
Manipulations

A) Sens du courant induit par un champ magnétique variable

- Afin de vérifier la loi de Lenz, il faut déterminer expérimentalement le sens de circulation du courant induit.

La déviation de l'aiguille d'un galvanomètre monté dans le circuit nous indique le sens du courant induit. Cette déviation étant fonction de la borne d'entrée du courant dans le galvanomètre, il faut d'abord déterminer la relation entre le sens de la déviation de l'aiguille et le sens du courant.

Montez *en série* la pile de 1,5 V, la résistance de 10 k Ω (brun, noir, orange) et le galvanomètre. Prenez note du *sens de la déviation de l'aiguille* et identifiez la *borne par laquelle le courant entre*.



Q1- L'aiguille du galvanomètre dévie vers la :

gauche / droite

lorsque le courant entre par la borne de

gauche / droite.

(Q1 : Notez vos réponses aux pages 1 et 2.)

Vous pourrez désormais déterminer le sens du courant induit dans un circuit à partir du sens de la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Aussi, assumons pour certaines situations qu'une déviation vers la gauche est négative.

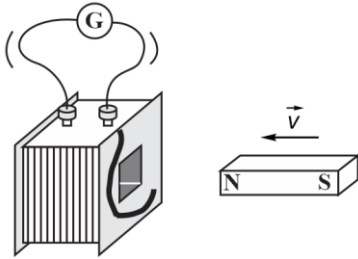
- Maintenant, retirez la pile et reliez l'enroulement de fil de 300 tours (ses deux bornes) directement aux deux bornes du galvanomètre.

Sachant que le courant induit s'opposera à la variation du flux magnétique, prédisez le sens de la déviation de l'aiguille du galvanomètre dans le cas où vous approchez le *pôle Nord* de l'aimant à droite de l'enroulement, en pensant aux étapes de raisonnement suivantes :

- Déterminez le sens du flux (même que le sens du champ) traversant la bobine, à partir de la position de l'aimant;
- Déterminez si ce flux augmente ou diminue lors du rapprochement de l'aimant;
- Attribuez un sens à la *variation du flux* (une augmentation est une variation dans le sens du flux, alors qu'une diminution est une variation en sens contraire du flux);
- Placez le pouce (RMD) en direction inverse de cette *variation* pour trouver le sens de rotation du courant induit;
- Vers quelle borne de l'ampèremètre le courant est-il dirigé par la bobine? De quel côté l'aiguille devrait dévier?

Approchez effectivement le pôle Nord de l'aimant de la droite de votre bobine et vérifiez votre prédiction (placez l'aimant à la hauteur du centre de la bobine et ne le faites pas pénétrer à l'intérieur plus loin que le centre de la bobine).

Q2- Dessinez sur la figure du montage quelques lignes de champ émanant du pôle Nord de l'aimant, dont certaines traversent les plans d'enroulements de la bobine.



Dans le cas où votre prédiction ne s'est pas avérée exacte, recommencez en tâchant de corriger votre raisonnement.

Q3- Indiquez sur le dessin précédent le sens du courant induit sur chacun des fils reliant la bobine lorsqu'on approche l'aimant (complétez le traçage des flèches déjà sur la figure à côté des fils).

Maintenant, prédiriez le sens de la déviation de l'aiguille du galvanomètre dans le cas où vous approchez de la bobine le pôle Sud de l'aimant (par la droite encore).

Approchez effectivement le pôle Sud de l'aimant de votre bobine (*sans le faire pénétrer à l'intérieur*) et vérifiez votre prédiction.

Q4- Le sens du courant induit sera-t-il différent si vous approchez un même pôle de l'aimant de l'autre bout de la bobine?

- Placez maintenant l'aimant immobile près de l'enroulement et observez la valeur du courant.

Q5- Le flux magnétique varie-t-il lorsque l'aimant et la bobine sont immobiles? Comment l'expliquez-vous?

Avant d'éloigner l'aimant de l'enroulement, prédiriez le sens de déviation de l'aiguille (donc du courant). Éloignez ensuite l'aimant et observez le sens du courant.

Q6- Le sens des courants induits est-il le même en approchant un pôle Nord qu'en éloignant (à une même vitesse) un pôle Sud de la bobine?

B) Détermination de l'électromotance induite (aimant)

- Branchez la bobine de 1200 directement au galvanomètre et approchez et éloignez l'aimant de la bobine à une certaine vitesse et notez la grandeur de la déviation maximale de l'aiguille du galvanomètre.

(Utilisez une vitesse de mouvement telle que l'aiguille ne dépasse pas 500 μ A.)

En tentant de reproduire absolument le même mouvement (même vitesses et positions) pour les deux autres bobines, complétez le tableau ci-après.

Q7-

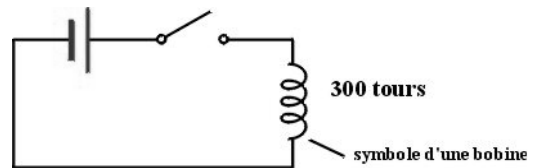
Nombre d'enroulements	Courant maximal dans le galvanomètre
1200	
600	
300	

Q8- Quel est l'effet du nombre de tours de fil sur le courant induit et sur l'électromotance induite, pour une même stimulation par l'aimant?

Q9- Changez la vitesse d'approche de l'aimant pour une même bobine. Que concluez-vous? Comment le rythme d'approche affecte-t-il le taux de variation du flux magnétique?

C) Détermination de l'électromotance induite (et du courant dans une bobine)

- Montez le circuit suivant avec la source de tension et l'interrupteur ouvert :



Fermez l'interrupteur, allumez la source et augmentez graduellement le voltage jusqu'à ce que l'affichage de la source indique 3 A, soit presque la valeur maximale suggérée par le fabricant de la bobine.

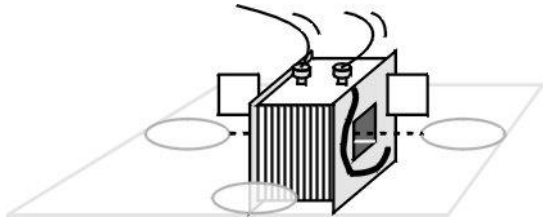
Approchez l'aimant de la bobine jusqu'en son centre.

Q10- Sentez-vous une force agir sur l'aimant? Que se passe-t-il? Pourquoi?

Vérifiez l'orientation du champ magnétique autour de la bobine, à l'aide de la boussole, sachant qu'une boussole n'indique pas en réalité « la direction du Nord », mais la direction du champ là où elle se trouve.

Q11- Sur la figure ci-après, indiquez le sens du courant dans les fils pour votre montage, et représentez (dans les 3 cercles) l'orientation du champ magnétique au voisinage de la bobine (utilisez la boussole pour la déterminer) et identifiez dans les carrés les pôles

magnétiques (N/S) de la bobine. (Assurez-vous d'abord que la boussole indique bien le Nord, avant de vous fier à ses indications; une boussole peut être démagnétisée ou inversée facilement.)



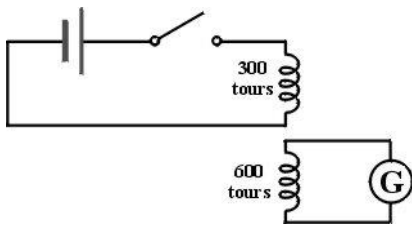
À l'aide du multimètre numérique, mesurez la résistance interne du galvanomètre R_G et notez-la :

Q12- R_G : sur la feuille réponse,

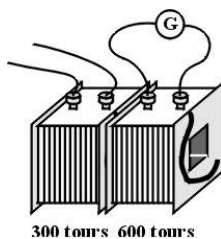
ainsi que la résistance de la bobine de 600 tours :

R_{600} : sur la feuille réponse

Reliez maintenant la bobine de 600 tours au galvanomètre et collez-la (bout à bout) à l'autre bobine (toujours alimentée de 3 A) pour obtenir le circuit suivant :



Disposition des bobines :



L'enroulement de 300 tours est appelé *enroulement primaire* parce qu'il est branché à la source. On appelle l'enroulement de 600 tours l'*enroulement secondaire*, parce qu'il est relié à un second circuit, réagissant au courant dans le premier.

En ouvrant et en fermant l'interrupteur à un rythme régulier, un courant est induit dans l'enroulement secondaire, que vous pouvez noter à l'aide de la déviation de l'aiguille du galvanomètre.

À partir des valeurs sur l'échelle du galvanomètre, déterminez le sens (gauche = négatif) et la valeur du

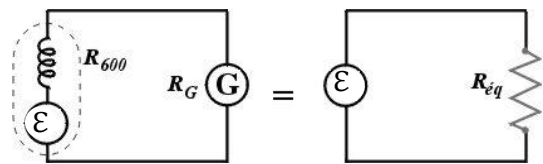
courant maximal induit i_G en ouvrant et fermant l'interrupteur :

$i_{G-ouv} =$ _____ $i_{G-ferm} =$ _____

Q13- Calculez la moyenne **des valeurs absolues** des intensités des courants : $i_G =$ feuille réponse

La détermination de l'électromotance induite (un potentiel) se fera par la mesure du courant dans le galvanomètre et par la résistance équivalente du circuit dont fait partie l'enroulement secondaire de 600 tours.

Lorsque le courant circule dans le secondaire, le circuit équivalent peut se représenter de la façon suivante :



Calculez la résistance équivalente du circuit secondaire :

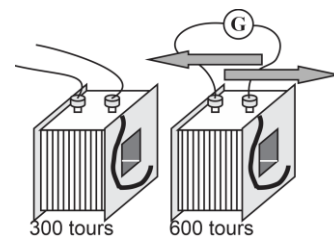
Q14- $R_{eq} = R_G + R_{600} =$ feuille réponse

Déduisez la valeur de l'électromotance maximale (\mathcal{E}) pour les 600 tours :

Q15- $\mathcal{E} = R_{eq} \times i_G =$ feuille réponse

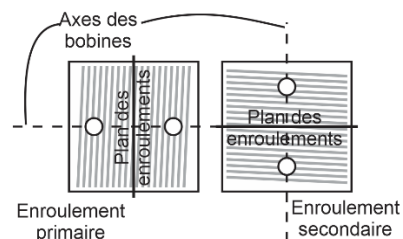
D) Effet de la géométrie

Utilisez le montage de l'étape précédente avec l'interrupteur fermé. Faites maintenant osciller (éloignez et approchez) une des bobines dans la direction de leur axe.

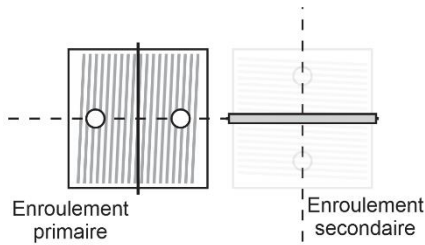


Q16- Qu'observez-vous?

Placez maintenant les enroulements perpendiculaires l'un à l'autre comme sur la figure suivante.



Vue du dessus des bobines placées de façon perpendiculaire :



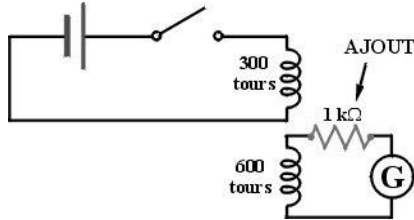
Ouvrez et fermez l'interrupteur et notez le courant induit, et déduisez l'électromotance induite.

Q17- $i_G = \underline{\hspace{2cm}}$, donc $\mathcal{E} = \underline{\text{feuille réponse}}$

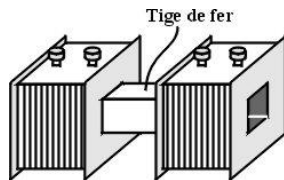
Q18- Expliquez le résultat observé. À cette fin, dessinez les lignes de champ magnétique émanant de la bobine de gauche (primaire) lorsqu'un courant y circule et déterminez le flux magnétique traversant un tour de fil de l'autre bobine (seul un tour de fil au centre de la bobine a été illustré pour percevoir plus facilement l'effet de cette disposition de la bobine secondaire).

E) Effet d'une substance magnétique

Modifiez le montage afin d'introduire une résistance de protection de 1 kΩ dans le circuit du secondaire.



Insérez, dans les enroulements primaire et secondaire, la tige métallique rectangulaire en fer doux (voir figure suivante) et collez les bobines après avoir inséré la tige de fer.



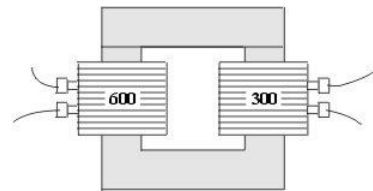
Calculez la nouvelle électromotance induite maximale atteinte en ouvrant et en fermant l'interrupteur à répétition, à partir du courant maximal atteint (moyenne des deux sens).

$R_{\text{éq}} = R_G + R_{600} + 1 \text{ k}\Omega = \underline{\hspace{2cm}}$

Q19- $\mathcal{E} = R_{\text{éq}} \times i_G = \underline{\hspace{2cm}}$

Q20- Cette valeur est-elle plus élevée qu'à la question 15? Expliquez ce résultat en considérant la présence de la tige de fer.

• Utilisez maintenant le cadre en fer et le montage de support (le U debout sur votre table pour faciliter certaines manipulations), et utilisez la bobine de 600 tours comme bobine primaire, et alimentez-la avec un **courant de 0,2 A seulement**, en passant à nouveau par l'interrupteur. Installez ensuite la bobine de 300 tours comme bobine secondaire, et branchez celle-ci au galvanomètre **en passant par la résistance de 10 kΩ**. Fermez le cadre en fer en plaçant la tige (sur la bonne face).



Ouvrez et fermez l'interrupteur à répétition et observez les valeurs du courant induit.

Q21- Sachant que le courant dans le primaire est beaucoup plus faible (ou la résistance du circuit secondaire plus élevée), cet agencement des substances magnétiques est-il plus efficace que le précédent? Expliquez.

Q22- Dessinez les lignes de champ magnétique à l'intérieur du cadre rectangulaire quand un courant circule dans le circuit primaire.

Q23- Alors que le courant est constant, y a-t-il un flux magnétique traversant le circuit secondaire?

Q24- Avec l'interrupteur fermé (un courant circule dans le circuit primaire), essayez d'enlever la tige supérieure du cadre; est-ce difficile? Pourquoi?

Q25- L'ouverture ou la fermeture de l'interrupteur provoque-t-elle une variation du flux magnétique au secondaire?

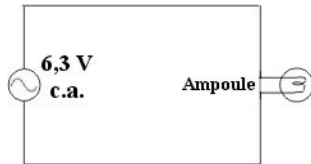
Q26- Alors que l'interrupteur est ouvert, le courant du primaire est nul. Y a-t-il alors un flux magnétique traversant le secondaire? Tentez à nouveau de séparer la tige pour valider. Comment l'expliquer?

Q27- Pendant que vous séparez la tige du reste du montage, le flux varie-t-il dans le secondaire? Vérifiez-

le en glissant latéralement la tige pour la séparer graduellement.

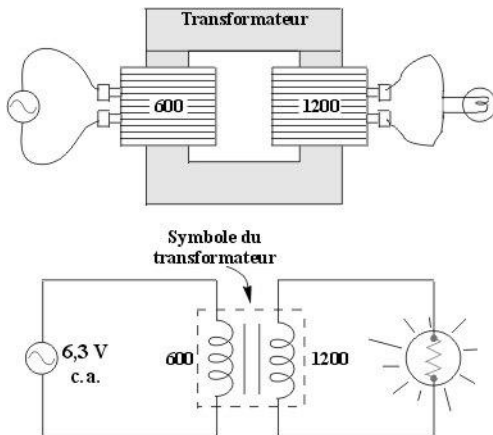
F) Transformateur et source AC

- Montez le circuit ci-après en reliant la sortie 6,3 V de la source de tension alternative à l'ampoule (au filage blanc) :



Observez la luminosité de l'ampoule.

Montez maintenant le circuit suivant, avec la source de 6,3 VAC :



Observez la luminosité de l'ampoule.

Q28- D'après vos observations, que concluez-vous au sujet de la tension aux bornes de l'ampoule? Est-elle inférieure, égale ou supérieure à ce qu'elle était sans le passage par les bobines?

Éloignez la tige horizontale de la base du cadre en observant la luminosité de l'ampoule.

Q29- Que se passe-t-il au niveau du flux magnétique, pour expliquer les fluctuations de luminosité?

À l'aide du multimètre numérique (en position \tilde{V}), mesurez les tensions au primaire et au secondaire et notez vos mesures sur la ligne appropriée du tableau qui suit.

Remplacez maintenant le secondaire par l'enroulement de 300 tours.

Observez la luminosité de l'ampoule et tirez les conclusions pertinentes (si l'ampoule brille peu, vous pouvez l'observer dans l'ombrage de vos mains).

Q30- Qu'est-ce qui a changé d'une situation à l'autre? Quelle hypothèse pourrait-on formuler pour expliquer le phénomène?

À nouveau, notez les tensions au primaire et au secondaire et indiquez vos mesure dans le tableau.

Q31-

Enroulements au primaire	Enroulements au secondaire	Tension au primaire	Tension au secondaire
600	1200		
600	300		

Q32- Déduisez la relation entre les tensions (primaire et secondaire) et le nombre de tours des enroulements (primaire et secondaire).

Remettez les pages 1 et 2 (brochées si elles sont sur 2 feuilles).