

Sélection des expériences sur l'électricité dynamique

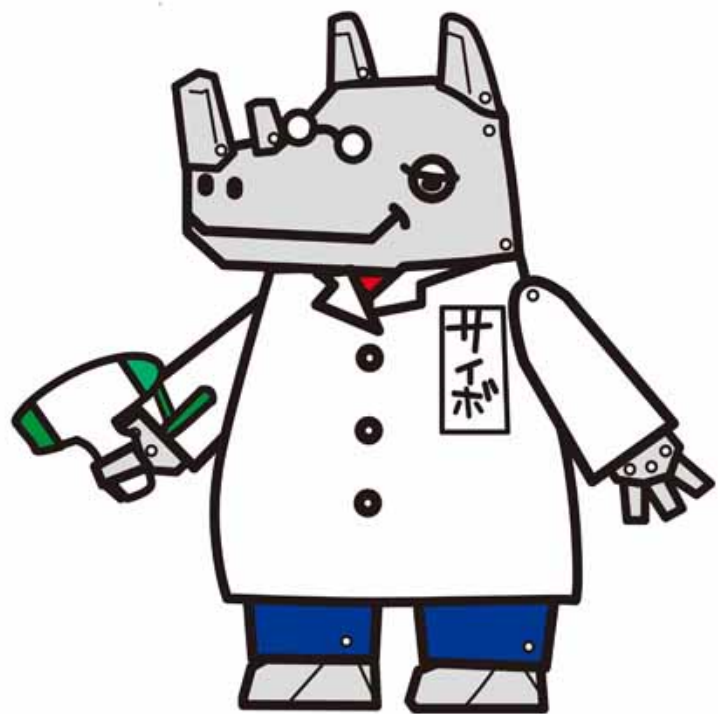


Table des matières

Générer un champ magnétique par courant électrique 1

1. Objectif pédagogique	1
2. Contexte historique	1
3. Présentation du matériel pour les expériences	1
4. Inspection du matériel et essai préliminaire	2
5. Plan du cours	7
6. Expérience vue par les élèves : extraits de leur feuille de cours	8

Générer un champ magnétique par courant électrique 2

1. Objectif pédagogique	12
2. Contexte historique	12
3. Présentation du matériel pour les expériences	13
4. Inspection du matériel et essai préliminaire	14
5. Plan du cours	19
6. Expérience pour les élèves : extraits de leur feuille de cours	20

Générer un champ magnétique par courant électrique 3

1. Objectif pédagogique	24
2. Contexte historique	24
3. Présentation du matériel pour les expériences	25
4. Inspection du matériel et essai préliminaire	26
5. Plan du cours	31
6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours	32

Générer du courant électrique par un champ magnétique 1

1. Objectif pédagogique	36
2. Contexte historique	36
3. Présentation du matériel pour les expériences	38
4. Inspection du matériel et essai préliminaire	39
5. Plan du cours	44
6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours	45

Générer du courant électrique par un champ magnétique 2

1. Objectif pédagogique	48
2. Contexte historique	48
3. Présentation du matériel pour les expériences	50

4. Inspection du matériel et essai préliminaire	51
5. Plan du cours	52
6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours	53

Générer un champ magnétique par courant électrique 1

1. Objectif pédagogique

Les expériences sur le courant électrique et le champ magnétique sont normalement réalisées en utilisant des piles sèches ou des unités d'alimentation électrique, mais dans ce chapitre, nous allons utiliser le générateur à main « (Narika) Genecon V3 ». En cas d'utilisation de piles sèches ou d'unités d'alimentation électrique, les élèves peuvent seulement allumer un circuit pour observer le phénomène électrique. Cependant, en utilisant le générateur à main Genecon V3, ils peuvent non seulement observer l'expérience en cours, mais aussi la contrôler à volonté ce qui les aidera à mieux comprendre l'objectif des expériences par la pratique personnelle.

L'objectif pédagogique de ce chapitre est que les élèves comprennent mieux les phénomènes expérimentaux de H. C. Oersted par la pratique personnelle.

2. Contexte historique

On pense que l'étude de l'électromagnétisme est restée en retard sur celle de la dynamique à cause du fait qu'il concerne des événements invisibles. Jusqu'à la publication en 1600 des travaux de W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) aucune étude notable n'avait été publiée pendant 2200 ans, depuis que le Grec Thalès de Milet avait découvert le phénomène électrostatique de l'attraction de la poussière ou des plumes en frottant de l'ambre avec de la fourrure, en 600 av. J-C. En 1800, c'est-à-dire 200 ans après le compte rendu de Gilbert, A. Volta (1745 - 1827, Italie) inventa la pile électrique (connue sous le nom de « pile voltaïque ») : il fallut donc 200 ans pour passer de l'étude de l'électricité statique à celle de l'électricité dynamique.



W. Gilbert

[https://fr.wikipedia.org/wiki/](https://fr.wikipedia.org/wiki/William_Gilbert)

William Gilbert



A. Volta

[http://fr.wikipedia.org/wiki/](http://fr.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta)

Alessandro_Volta

La pile voltaïque fut utilisée par de nombreux chercheurs à cause de sa capacité à générer une grande quantité de courant électrique à basse tension. H. C. Ørsted (1777 - 1851, Danemark) fit un pas important quand il découvrit que l'aiguille d'une boussole se détournait près d'un fil conducteur transportant du courant. Il publia cette découverte en 1820, dans un article intitulé « L'interaction du courant électrique et du magnétisme ».

On pense généralement qu'A. M. Ampère publia sa théorie de l'électricité et du magnétisme la même année parce qu'il fut profondément impressionné par l'article d'Ørsted, ce qui lui permit d'établir les bases de l'électrodynamique. Dans ce chapitre, nous allons donc nous appliquer à reproduire l'expérience d'Ørsted (considéré comme le père de l'électrodynamique et de l'électromagnétisme) qui est encore significative aujourd'hui pour nous.

3. Présentation du matériel pour les expériences

Genecon V3 est le nom d'un générateur manuel d'énergie fabriqué par l'entreprise Narika. Il est possible de générer jusqu'à 3V CC d'électricité simplement en tournant la manivelle : l'utilisateur comprend ainsi comment il produit



Genecon V3 (Narika B10-2634)

lui-même l'énergie électrique. Le Genecon V3 ne produisant au maximum que 3V, il ne risque pas d'endommager les accessoires utilisés pour les expériences dans les établissements scolaires, comme les ampoules miniatures, les LED, les boîtes à musique électriques ou autres.



Il peut aussi remplacer les piles sèches utilisées pour des expériences demandant d'allumer des ampoules miniatures ou des LED, du filament chauffé électriquement, ou autres.

Le mécanisme du Genecon V3 est très simple : les élèves peuvent comprendre très facilement la relation entre le moteur intérieur, les engrenages, l'axe et la manivelle, ainsi que leur fonction, grâce à la parfaite visibilité qu'offre la transparence du corps de l'appareil. Le Genecon V3 apporte une aide importante au professeur dans ses explications aux élèves concernant le fait que moteur et générateur sont identiques.

4. Inspection du matériel et essai préliminaire


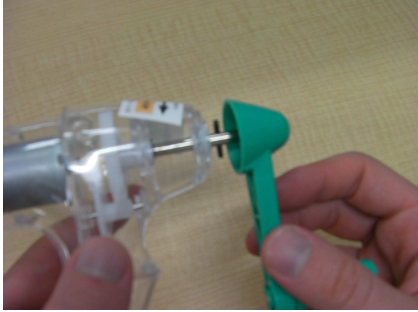


Le professeur doit obligatoirement procéder à un essai préliminaire pour vérifier la marche à suivre et détecter tout défaut ou panne de l'instrument avant que les élèves ne l'utilisent. Dans ce chapitre, testez le Genecon V3 selon la procédure décrite ci-dessous.

1) Procédure pour le test du Genecon V3


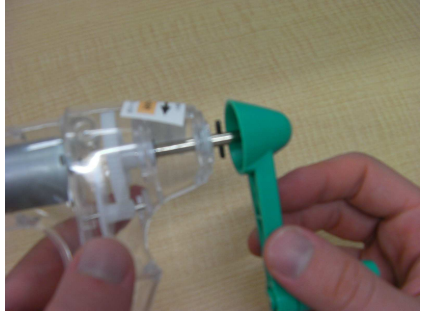

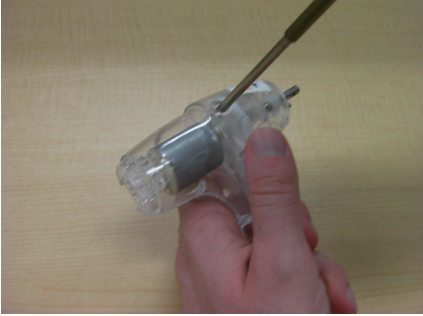

Étapes	Actions	Illustrations
1	<p>Connecter l'adaptateur d'ampoule miniature au Genecon V3. Ou connecter le fil conducteur du Genecon V3 à celui du porte-ampoule miniature avec des pinces crocodiles.</p> <p>(NB : C'est un adaptateur d'ampoule miniature qui est utilisé sur la photo de droite.)</p>	
2	<p>Tourner doucement la manivelle d'un Genecon V3 dans les deux sens.</p>	
3	<p>Vérifier que la manivelle tourne facilement.</p>	<p>Au cas où la manivelle serait trop lâche, la régler en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - a) ci-dessous.</p> <p>Au cas où des engrenages seraient endommagés, les changer en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - b) ci-dessous.</p>
4	<p>Vérifier que l'ampoule de l'adaptateur d'ampoule miniature (ou du porte-ampoule) s'est allumée.</p>	<p>Dans le cas contraire, la remplacer par une ampoule neuve.</p>


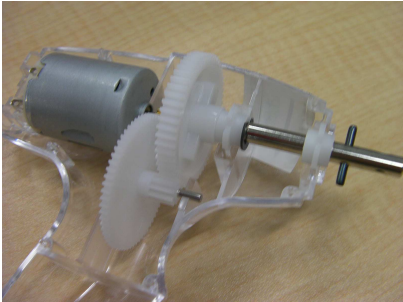
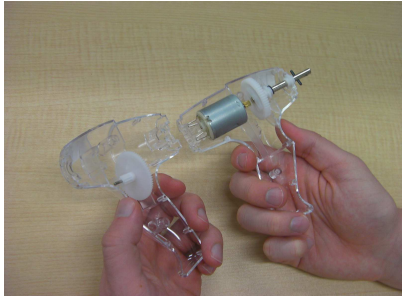
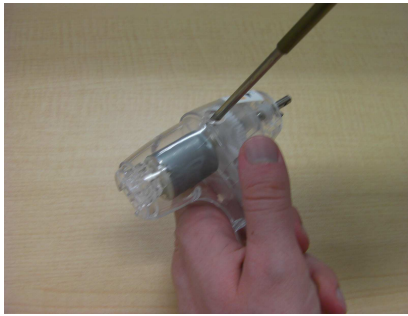

2) Entretien du Genecon V3

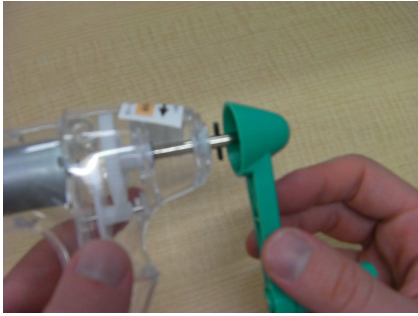


a) Pour régler la manivelle

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Insérer fermement la manivelle sur l'axe.	
3	Remettre la vis de réglage sur la manivelle.	
4	Fixer fermement la vis de réglage avec une clé hexagonale.	

b) Pour remplacer les engrenages

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Retirer la manivelle de l'axe.	
3	Détacher la tête de l'appareil manuellement. Si nécessaire, utiliser un tournevis à lame plate.	
4	Retirer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
5	Séparer les deux parties du corps de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
6	Retirer les engrenages installés.	
7	Changer les engrenages endommagés.	
8	Replacer tous les engrenages dans le corps de l'appareil.	
9	Placer les deux espaceurs de l'axe de la manivelle aux endroits prévus.	
10	Assembler le corps de l'appareil.	
11	Resserrer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
12	Rattacher la tête de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
13	Insérer la manivelle sur l'axe.	
14	Fixer la manivelle avec la vis de réglage en utilisant une clé hexagonale.	
15	Vérifier le résultat de l'opération en tournant la manivelle.	
<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="387 1361 1206 1391">Lot d'engrenages de remplacement pour le Genecon (Narika B10-2632-V9)</p>		

5. Plan du cours

Choisir l'expérience 1 ou 2 ci-dessous, puis procéder à l'expérience 3.

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Expliquer le contexte historique. ● Le courant électrique génère un champ magnétique. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduction à l'électrodynamique et à l'électromagnétisme 	5 min
2	Expérience 1	<ul style="list-style-type: none"> ● Réaliser l'expérience en utilisant un circuit avec des piles sèches. ● Pendant l'expérience, être toujours attentif à la polarité. ● Indiquer aussi les pôles Nord et Sud de la boussole magnétique à bain d'huile. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utiliser un interrupteur sur le circuit. ● Placer la boussole magnétique à bain d'huile près du fil conducteur. ● Changer la polarité des piles sèches. ● Indiquer les pôles Nord et Sud de la boussole magnétique à bain d'huile. 	10 min
3	Expérience 2	<ul style="list-style-type: none"> ● Connecter un Genecon V3 au circuit ● Indiquer les pôles Nord et Sud de la boussole magnétique à bain d'huile. ● Inverser quelques fois le sens de rotation de la manivelle du Genecon V3 pour changer la polarité. ● Observer le changement du courant et du voltage en fonction de la vitesse de rotation de la manivelle du Genecon V3. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pendant tout ce temps, observer avec attention la polarité de l'électricité générée par le Genecon V3. ● Placer la boussole magnétique à bain d'huile près du câble. ● Indiquer les pôles Nord et Sud de la boussole magnétique à bain d'huile. ● Observer le changement du courant et du voltage en fonction de la direction et de la vitesse de rotation de la manivelle du Genecon V3. 	10 min
4	Résumé	<ul style="list-style-type: none"> ● Comment rendre compte du résultat indiquant les pôles Nord et Sud de la boussole magnétique à bain d'huile. ● Observer le sens du flux de courant dans le circuit. (Polarité de la pile sèche). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Répéter l'expérience dans le cas où la déviation de l'aiguille serait trop imperceptible pour détecter le flux du courant. ● Dans ce cas, remplacer la pile sèche. 	5 min
5	Expérience 3	<ul style="list-style-type: none"> ● Choisir soit le Genecon V3 soit une pile sèche comme source d'énergie. ● Modifier la position du fil conducteur par rapport à la boussole à bain d'huile. ● Laisser les élèves choisir la position du fil conducteur et celle de la boussole à bain d'huile et la fixer. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Observer la direction du flux de courant. ● Observer la position de chacun des pôles Nord et Sud sur la boussole à bain d'huile. 	10 min
6	Conclusion et présentation par les élèves (Désigner les élèves chargés de la présentation)	<ul style="list-style-type: none"> ● Le phénomène de la déviation de l'aiguille d'une boussole magnétique à bain d'huile quand elle est influencée par le flux du courant. ● La direction de la déviation de l'aiguille d'une boussole magnétique à bain d'huile dépend de la direction du flux de courant. ● L'amplitude de la déviation de l'aiguille d'une boussole magnétique à bain d'huile change en fonction de la quantité de courant. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Veiller à ne pas signaler le champ magnétique qui apparaît autour du fil conducteur quand il transporte le courant. ● Répondre aux questions des élèves concernant le champ magnétique qui apparaît autour du câble, s'il y en a. 	30 min

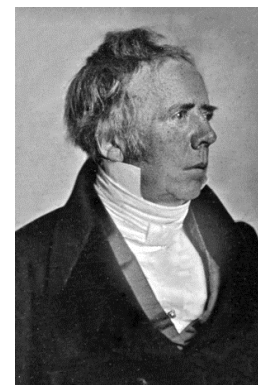
6. L'expérience vue par les élèves - extraits de leur feuille de cours

Générer un champ magnétique par courant électrique 1

1. Formation d'un champ magnétique par courant électrique -H. C. Ørsted-

C'est seulement après les découvertes faites par W. Gilbert en 1600, au cours de ses recherches sur l'électricité statique, puis la découverte par L. Galvani de la bioélectricité en 1791, et celle de la pile électrique par A. Volta en 1800, que des activités additionnelles de recherche sur la haute et la basse tension eurent lieu.

Le Danois H. C. Ørsted (Ørsted) découvrit en 1820 que le courant électrique génère un champ magnétique (interaction du courant et du magnétisme). On dit que c'est grâce à cette découverte qu'A. M. Ampère put atteindre le stade où il publia sa théorie de l'électricité et du magnétisme, établissant ainsi la théorie moderne de l'électrodynamique.



http://fr.wikipedia.org/wiki/Hans_Christian_Ørsted

Dans ce chapitre, nous allons reproduire l'expérience montrant la génération d'un champ magnétique par du courant électrique, telle que pratiquée par H.

C. Ørsted, qui contribua fortement au développement de l'électricité en permettant de comprendre le fonctionnement de base du courant électrique.

2. L'expérience d'Ørsted

1. But de l'expérience :

Le but de cette expérience est, en utilisant une pile sèche, le Genecon V3 et une boussole magnétique, de confirmer que la génération d'un champ magnétique dépend du passage d'un courant électrique dans un câble.

2. Matériel :

- *Genecon V3 : 1 par pers. (Narika B10-2634)
- *Boussole magnétique à bain d'huile : 1 par pers. (Narika B10-3570)
- *Porte-ampoule miniature avec fil conducteur : 1 par pers. (Narika P70-0395-01)
- *Pile sèche (type AA) : 1 par pers. (Narika P70-0719-03, 20 piles)
- *Boîtier à piles avec interrupteur : 1 par pers.
- *Câble avec clips (rouge et noir) : 1 paire (Narika B10-6503)
- *Planchette de bois : 1 par pers. (10 x 200 x 300 mm) : 1 par pers.



Genecon V3

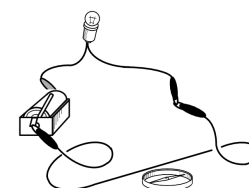
3. Expérience 1 : Expérience avec des piles sèches

Attention : les tables métalliques réduisent la sensibilité de la boussole.

L'expérience peut échouer si la boussole est placée trop près du câble.

- 1) Placer la planchette de bois sur la table.
- 2) Sur la planchette de bois, placer un boîtier à piles avec interrupteur et y introduire les piles sèches préparées à cet effet.
- 3) Créer un circuit électrique en connectant : un porte-ampoule miniature avec fil, un câble avec clips et les bornes du boîtier à piles, comme indiqué sur la figure de droite. Le boîtier à piles reste éteint.
- 4) Placer une boussole magnétique à bain d'huile à environ 1 cm du câble.

Attention : S'assurer que l'aiguille de la boussole et le câble sont bien parallèles.



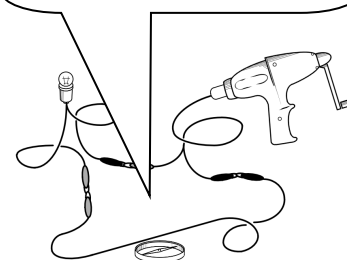
- 5) Allumer le boîtier à piles. Observer la déviation de l'aiguille de la boussole causée par le courant électrique, et la noter par écrit.
- 6) Changer la polarité de la pile dans l'étape 2, répéter les étapes 3-5, observer la modification de la déviation de l'aiguille de la boussole causée par le courant électrique, et la noter aussi par écrit.
- 7) Éteindre le boîtier à piles.

Attention : les tables métalliques réduisent la sensibilité de la boussole.

4. Expérience 2 : Expérience avec le Genecon V3

- 1) Placer la planchette de bois sur la table.
- 2) Sur la planchette de bois, connecter un porte-ampoule miniature avec câble et un câble avec clips au Genecon V3.
- 3) Placer une boussole magnétique à bain d'huile à environ 1 cm du câble. Attention : S'assurer que l'aiguille de la boussole et le câble sont bien parallèles.
- 4) Tourner la manivelle du Genecon V3. Observer la déviation de l'aiguille de la boussole causée par le courant électrique, et la noter par écrit.
- 5) Inverser le sens de rotation de la manivelle. Observer la modification de la déviation de l'aiguille de la boussole causée par le courant électrique, et la noter aussi par écrit.

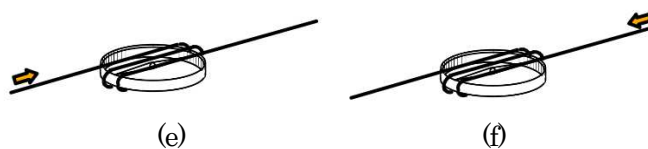
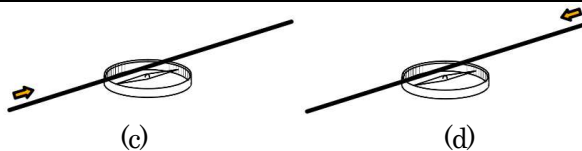
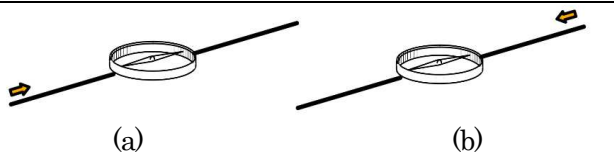
Attention : la façon de connecter le Genecon V3 affecte la polarité.



5. Expérience 3 : Expérimenter avec diverses positions de la boussole

- 1) Au cours des expériences 1 et 2, nous avons placé la boussole à environ 1 cm du câble : maintenant, changeons la boussole de place et procédons à des expériences.
- 2) Pratiquer les expériences 1 et 2 en plaçant la boussole de la manière décrite dans les figures ci-dessous (a) à (f). Pour les figures (g) et (h), décider d'une autre position pour la boussole et faire l'expérience.
- 3) Observer dans chaque cas la déviation de l'aiguille de la boussole causée par le courant électrique, et la noter par écrit.

Observer la direction du flux de courant.



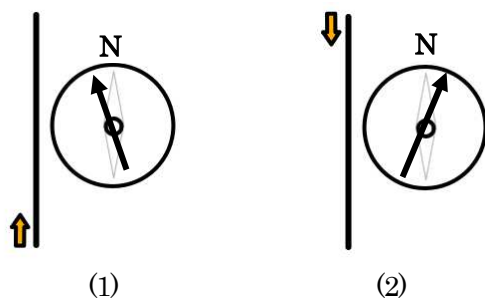
Modifier à volonté la position du câble et de la boussole.



3. Résumé de l'expérience d'Ersted

1. Résultats de l'expérience 1 et de l'expérience 2

Dessiner la direction (l'état de déviation) du mouvement de l'aiguille de la boussole.



[Ce qu'il faut découvrir :]

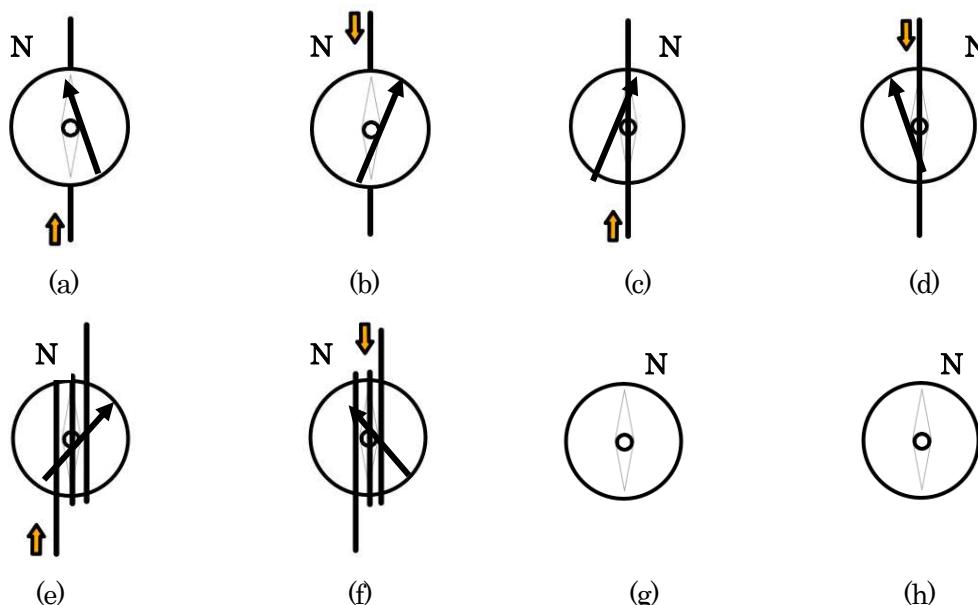
Si le pôle Nord est placé vers le haut (par rapport à la position de l'élève pratiquant l'expérience), la direction de la déviation de l'aiguille diffère selon la direction du flux de courant.

Dans le cas (1), le pôle Nord est attiré vers le câble : affecté par l'influence du flux de courant, le câble a adopté les propriétés du pôle Sud.

En revanche dans le cas (2), le pôle Nord est repoussé par le câble : affecté par l'influence du flux de courant, le câble a adopté les propriétés du pôle Nord.

2. Résultats de l'expérience 3

Dessiner la direction (l'état de déviation) du mouvement de l'aiguille de la boussole.



[Ce qu'il faut découvrir :]

En comparant les résultats de l'expérience 1 ou 2 et de l'expérience 3, on s'aperçoit que dans les trois dispositions (1), (a) et (c), la direction du flux de courant est la même, alors que la position de l'aiguille de la boussole est différente. Dans le cas de la disposition (a), en positionnant la boussole sur le câble, l'aiguille de la boussole déviée vers la gauche. Dans le cas de la disposition (c), en positionnant la boussole sous le câble, l'aiguille de la boussole déviée vers la droite. Dans le cas de la disposition (1), en positionnant la boussole à droite du câble, l'aiguille de la boussole déviée vers la gauche. D'après ces résultats, le champ magnétique qui affecte la boussole semble être généré autour du câble quand le courant circule.

On s'aperçoit aussi que dans les trois dispositions (2), (b) et (d) la direction du flux de courant est la même (opposée à celle ci-dessus), alors que la position de l'aiguille de la boussole est différente. Si on compare avec ce qui précède, on saura que la direction du champ magnétique change en fonction de la direction du courant circulant dans le câble.

Dans le cas des dispositions (e) et (f), le câble est enroulé autour de la boussole de manière solénoïdale. D'après ces résultats, on saura que le côté gauche du solénoïde s'est transformé en pôle Sud dans le cas (e), alors que c'est le côté droit du solénoïde qui s'est transformé en pôle Sud dans le cas (f) : la direction du flux de courant détermine le pôle Nord ou Sud près de la bobine de solénoïde.

À noter

Une interprétation avancée basée sur le "théorème d'Ampère" (la règle de la main droite) peut aider les élèves à mieux comprendre, tant il est vrai que la compréhension de l'ensemble du champ magnétique généré autour du câble est difficile pour la plupart d'entre eux dans les expériences ci-dessus. Il est recommandé de n'introduire le "théorème d'Ampère" que quand certains des élèves l'ont déjà appris.

Ce qui doit être acquis :

1. Un champ magnétique suffisant pour affecter la boussole est généré autour du câble par le courant qui y circule.
2. Si la direction du flux de courant est inversée, le champ magnétique, qui est opposé au précédent, est généré autour du câble par le courant qui y circule.
3. Le degré de déviation de l'aiguille dépend de la quantité de courant circulant dans le câble.

Générer un champ magnétique par courant électrique 2

1. Objectif pédagogique

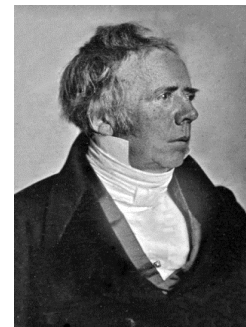
Les expériences sur le courant électrique et le champ magnétique sont normalement réalisées en utilisant des piles sèches ou des unités d'alimentation électrique, mais dans ce chapitre, nous allons utiliser le générateur à main « (Narika) Genecon V3 ». Si vous utilisez des piles sèches ou des unités d'alimentation électrique, les élèves peuvent seulement allumer un circuit pour observer le phénomène électrique. Cependant, si vous utilisez le générateur à main Genecon V3, ils peuvent non seulement observer l'expérience en cours, mais aussi la contrôler à volonté ce qui les aidera à mieux comprendre l'objectif des expériences par la pratique personnelle.

Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur la manière de permettre aux élèves de mieux comprendre les phénomènes liés au champ magnétique et au courant électrique grâce à des expériences pratiques et détaillées sur le théorème d'Ampère.

2. Contexte historique

Jusqu'à la publication en 1600 des travaux de W. Gilbert (Royaume-Uni), aucune étude notable n'avait été publiée pendant 2200 ans, depuis que le Grec Thalès de Milet avait découvert le phénomène électrostatique de l'attraction de la poussière ou des plumes lors du frottement de l'ambre avec de la fourrure, en 600 av. J-C. En 1800, c'est-à-dire 200 ans après le compte rendu de Gilbert, A. Volta (Italie) inventa la pile électrique (connue sous le nom de « pile voltaïque ») : il fallut donc 200 ans pour passer de l'étude de l'électricité statique à celle de l'électricité dynamique.

En utilisant une pile voltaïque comme source d'énergie, H. C. Ørsted (Danemark) fit d'importantes recherches qui lui permirent de découvrir qu'une aiguille de boussole déviait près d'un câble conduisant du courant, ce qui fut rendu public dans une intervention intitulée « Interaction du courant électrique et du magnétisme » lors d'une conférence le 1^{er} septembre 1820, à l'Académie des Sciences de Paris. Profondément impressionné par le compte rendu d'Ørsted, A. M. Ampère (France) commença peu après ses propres recherches et rendit bientôt publique sa théorie de l'électricité et du magnétisme incluant des phénomènes électromagnétiques précédemment découverts.



Hans Christian
Ørsted

<http://fr.wikipedia.org/wiki/>

Hans_Christian_Ørsted



A. M. Ampère

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

File:

Ampere_Andre_1825.jpg

[1.] La loi de la main droite (ou règle de la main droite) d'Ampère :

Ampère découvrit que le champ magnétique est généré en spirale autour d'un courant électrique circulant dans la direction où le « tire-bouchon » est vissé.

[2.] En utilisant deux fils conducteurs de courant électrique pour observer l'action magnétique entre eux, il observa qu'une action magnétique de répulsion a lieu quand les fils conduisent le courant dans des directions opposées, alors qu'une réaction d'attraction se produit quand les fils conduisent le courant dans la même direction.

La 9^{ème} conférence générale des poids et mesures réunie en 1948 adopta l'« ampère » comme unité de courant électrique. C'est le courant constant qui, s'il circule dans des conducteurs linéaires et parallèles de longueur infinie et de section négligeable, séparés par une distance d'un mètre dans le vide, produit entre ces deux conducteurs une force égale à 2×10^{-7} newtons par mètre linéaire. La 10^{ème} conférence générale des poids et mesures réunie en 1954 adopta officiellement l'« ampère » comme unité de base du courant électrique. Ainsi, les recherches d'A. M. Ampère furent d'une importance considérable non seulement pour l'électromagnétisme mais aussi pour notre vie quotidienne.

3. Présentation du matériel pour les expériences

[1] Genecon V3 :

Genecon V3 est le nom du générateur manuel d'énergie fabriqué par l'entreprise Narika. Il est possible de générer jusqu'à 3V de courant continu simplement en tournant la manivelle : l'utilisateur comprend ainsi comment il produit lui-même l'énergie. Le Genecon V3 ne produisant au maximum que 3V, il ne risque pas d'endommager les accessoires utilisés pour les expériences dans les établissements scolaires, comme les ampoules miniatures, les LED, les boîtes à musique électriques ou autres. Il peut aussi remplacer les piles sèches utilisées pour des expériences demandant d'allumer des ampoules miniatures ou des LED, du filament chauffé électriquement, ou autres.

Le mécanisme du Genecon V3 est très simple : les élèves peuvent comprendre très facilement la relation entre le moteur intérieur, les engrenages, l'axe et la manivelle, ainsi que leur fonction, grâce à la parfaite visibilité qu'offre la transparence du corps de l'appareil. Le Genecon V3 apporte une aide importante au professeur dans ses explications aux élèves concernant le fait que moteur et générateur sont identiques.



Genecon V3
(Narika B10-2634)

[2] Le dispositif d'Ampère (accessoires d'observation du champ magnétique autour du courant) :

Le matériel expérimental utilisé pour confirmer la règle de la main droite d'Ampère requiert normalement un fort courant électrique de 30A, dont les établissements scolaires ne disposent généralement pas. En outre, à cause du haut risque qu'il comporte, l'utilisation d'un tel matériel est limitée à la démonstration par le professeur.

Le « dispositif d'Ampère » peut être utilisé en toute sécurité avec un maximum de 3A pour l'observation du champ magnétique généré en spirale autour d'un fil conducteur. Même les élèves peuvent utiliser ces accessoires sans danger. Un lot d'accessoires du dispositif d'Ampère consiste en la combinaison de deux types d'unités d'observation (en U et solénoïdes). Dans ce chapitre, nous allons observer comment un champ magnétique est généré en utilisant une unité d'alimentation électrique à courant continu (3A) ou le Genecon V3 comme source d'énergie.



Dispositif d'Ampère
(Narika B10-4753)

[3] Particules magnétiques (« Mag Chip ») :

Développé à l'origine par Narika comme fil conducteurs « micro » et « poudreux » pour l'observation d'un champ magnétique. On utilise normalement la poudre de fer, ou sable de fer, dans les établissements scolaires pour observer un champ magnétique, en dépit de ses inconvénients : l'équipement expérimental et les paillasses se salissent facilement, ce qui nécessite un long nettoyage par la suite. Les Mag Chips sont de minuscules fragments de fil de fer galvanisé divisé en particules d'environ 2 mm de long, résistants à la corrosion et faciles à ramasser après utilisation.





« Mag Chip »
(Narika B10-3720)

4. Inspection du matériel et essai préliminaire





Le professeur doit obligatoirement procéder à un essai préliminaire pour vérifier la marche à suivre et détecter tout défaut ou panne de l'instrument avant que les élèves ne l'utilisent. Dans ce chapitre, vérifier le Genecon V3 et le dispositif d'Ampère selon la procédure décrite ci-dessous.

1) Procédure pour la vérification du Genecon V3


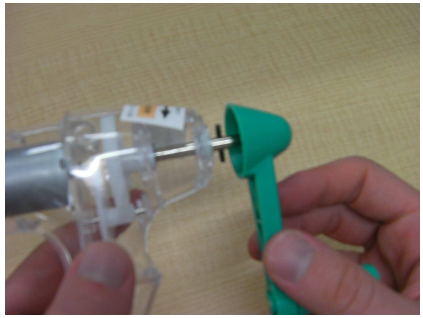
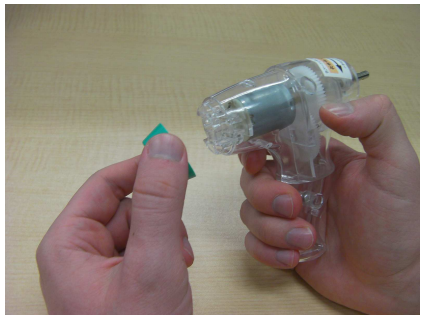

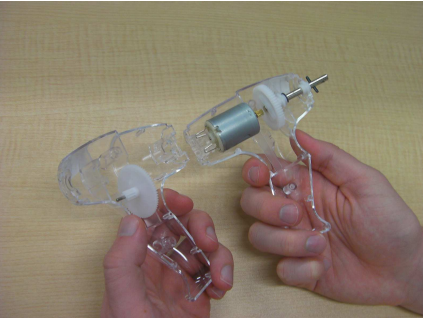
Étapes	Actions	Illustrations
1	Connecter l'adaptateur d'ampoule miniature au Genecon V3. Ou connecter le fil conducteur du Genecon V3 à celui du porte-ampoule miniature avec des pinces crocodiles. (NB : C'est un adaptateur d'ampoule miniature qui est utilisé sur la photo de droite.)	
2	Tourner doucement la manivelle d'un Genecon V3 dans les deux sens.	
3	Vérifier que la manivelle tourne facilement.	Au cas où la manivelle serait trop lâche, la régler en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - a) ci-dessous. Au cas où des engrenages seraient endommagés, les changer en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - b) ci-dessous.
4	Vérifier que l'ampoule de l'adaptateur d'ampoule miniature (ou du porte-ampoule) s'est allumée.	Dans le cas contraire, la remplacer par une ampoule neuve.


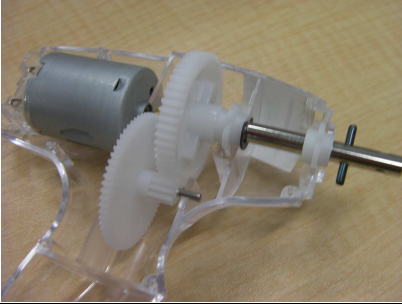
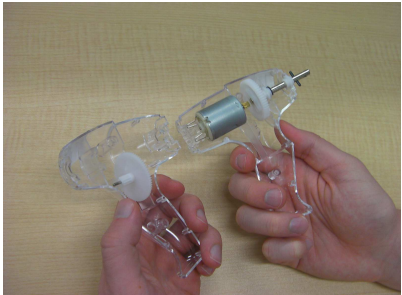
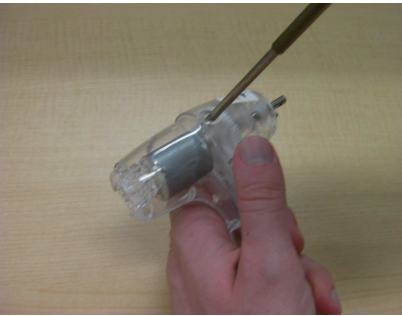
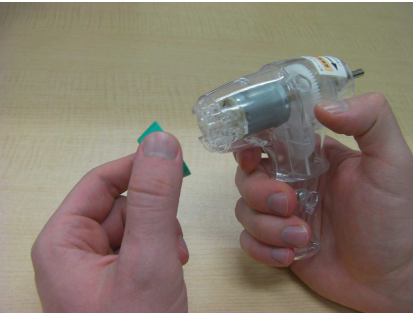
2) Entretien du Genecon V3

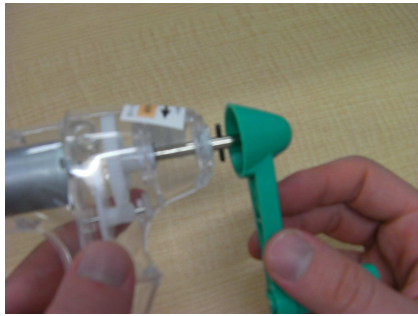


a) Pour régler la manivelle

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Insérer fermement la manivelle sur l'axe.	
3	Remettre la vis de réglage sur la manivelle.	
4	Fixer fermement la vis de réglage avec une clé hexagonale.	

b) Pour remplacer les engrenages

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Retirer la manivelle de l'axe.	
3	Détacher la tête de l'appareil manuellement. Si nécessaire, utiliser un tournevis à lame plate.	
4	Retirer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
5	Séparer les deux parties du corps de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
6	Retirer les engrenages installés.	
7	Changer les engrenages endommagés.	
8	Replacer tous les engrenages dans le corps de l'appareil.	
9	Placer les deux espaceurs de l'axe de la manivelle aux endroits prévus.	
10	Assembler le corps de l'appareil.	
11	Resserrer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
12	Rattacher la tête de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
13	Insérer la manivelle sur l'axe.	
14	Fixer la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
15	Vérifier le résultat de l'opération en tournant la manivelle.	
 <p>Lot d'engrenages de remplacement pour le Genecon (Narika B10-2632-V9)</p>		

3) Procédure pour la vérification du dispositif d'Ampère

Étapes	Action
1	Connecter le dispositif d'Ampère à l'unité d'alimentation électrique à courant continu.
2	Allumer l'unité d'alimentation électrique à courant continu et augmenter l'intensité du courant jusqu'à ce que l'aiguille de l'ampèremètre indique environ 2A.
3	Si l'aiguille de l'ampèremètre s'est déplacée, puis est restée sur sa nouvelle position, le dispositif d'Ampère fonctionne correctement. (NB : Ne pas tenir compte de la déviation du voltmètre) Dans le cas contraire, passer à l'étape 4.
4	Si un fusible à l'intérieur du dispositif d'Ampère a fondu, le remplacer par un fusible cylindrique neuf 3A.
5	Répéter les étapes 2 et 3 pour vérifier le fonctionnement du dispositif.

5. Plan du cours

Choisir l'expérience 1 ou 2 ci-dessous, puis procéder à l'expérience 3.

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Contexte historique ● Le théorème d'Ampère 	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduction à l'électrodynamique et à l'électromagnétisme. ● Le « théorème d'Ampère » (règle de la main droite). 	10 min
2	Expérience 1 Expérience utilisant le Genecon V3 comme source d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre les élèves par deux. ● Réaliser l'expérience en utilisant à la fois le fil unique (en U) et le fil solénoïde. ● Apprendre à faire un croquis de la disposition des particules magnétiques « Mag Chip » autour du fil. ● Poursuivre l'expérience en changeant le sens de rotation de la manivelle du Genecon. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Un élève tourne la manivelle du Genecon V3 et l'autre fait un croquis de la disposition des particules magnétiques. ● Pendant chaque cycle d'observation, ne tourner la manivelle du Genecon V3 que dans un seul sens. ● Tapoter le côté du dispositif d'Ampère pour que les particules se disposent de manière plus claire. ● Les élèves réalisent l'expérience chacun leur tour. 	10 min
3	Expérience 2 Expérience utilisant une unité d'alimentation électrique comme source d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> ● Connecter le dispositif d'Ampère à l'unité d'alimentation électrique. ● Augmenter le volume d'alimentation électrique jusqu'à ce qu'une valeur de courant de 3A soit indiquée. ● Réaliser l'expérience en utilisant à la fois le fil unique (en U) et le fil solénoïde. ● Apprendre à faire un croquis de la disposition des particules magnétiques « Mag Chip » autour du fil. ● Poursuivre l'expérience en changeant la polarité de la source d'alimentation. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Veiller à ne pas aller au-delà de 3A : le fusible à l'intérieur du dispositif d'Ampère pourrait fondre à cause de la chaleur. ● Terminer l'expérience dans un délai d'1 minute pour éviter un réchauffement excessif. ● Établir un intervalle de temps entre les cycles d'expériences qui soit assez long pour permettre au fil de refroidir. 	10 min
4	Expérience 3 Expérience utilisant une boussole magnétique	<ul style="list-style-type: none"> ● Placer quatre petites boussoles magnétiques à des intervalles réguliers autour du fil. ● Observer les petites boussoles pour voir comment elles sont affectées par le champ magnétique généré par l'unité d'alimentation électrique à CC (expérience 1) ou par le Genecon V3 (expérience 2). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Le fil du dispositif doit être dirigé parallèlement au pôle Nord de la boussole magnétique. ● Tapoter la boussole si l'aiguille se coince. 	10 min
5	Résumé et présentation par les élèves	<ul style="list-style-type: none"> ● Observer la disposition des particules magnétiques autour du fil conduisant le courant électrique. ● Observer le mouvement des deux extrémités de l'aiguille de chaque boussole (côté pôle Nord ou côté pôle Sud). ● A partir des résultats de ces observations, déduire la direction du flux de courant du champ magnétique autour du fil (du pôle Nord au pôle Sud). ● Relier le résultat au théorème d'Ampère. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La disposition en spirale formée par les particules magnétiques montre le champ magnétique. ● La direction du flux du champ magnétique peut être identifiée par la direction indiquée par la boussole magnétique. 	20 min

6. Expérience pour les élèves : extraits de leur feuille de cours

Générer un champ magnétique par courant électrique 2

1. Formation d'un champ magnétique par un courant électrique (A. M. Ampère)

Le 1er septembre 1820, à l'Académie des Sciences française à Paris, le Danois H. C. Ørsted annonça que le courant électrique génère un champ magnétique. A. M. Ampère fut profondément impressionné par cette annonce et commença immédiatement ses propres recherches sur le courant électrique et le champ magnétique. Puis, le 19 septembre de la même année, il présenta à l'Académie des Sciences française la théorie suivante concernant le courant électrique et le champ magnétique.

[1.] Ampère découvrit que le champ magnétique est généré en spirale autour d'un courant électrique circulant dans la direction où le « tire-bouchon » est vissé. En d'autres termes, un champ magnétique est généré autour d'un flux de courant. Ceci s'appelle la règle de la main droite (ou règle des trois doigts). (Voir les figures ci-dessous.)

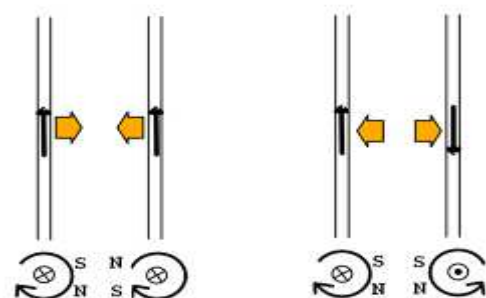
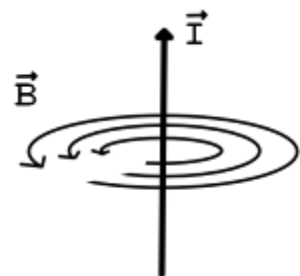
[2.] En utilisant deux fils conduisant du courant électrique pour observer l'action magnétique entre eux, il constata qu'une action magnétique de répulsion a lieu quand les fils conduisent le courant dans des directions opposées, alors qu'une réaction d'attraction se produit quand les fils conduisent le courant dans la même direction (voir les figures ci-dessous).

Par cette théorie, il devint possible d'expliquer avec succès des phénomènes électromagnétiques précédemment découverts.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ampere_Andre_1825.jpg

Les expériences montrées ci-dessous permettront de comprendre la règle de la main droite.



La règle de la main droite exprimée en termes numériques ressemble à ceci :

$2\pi r H = I \quad H = \frac{I}{2\pi r}$	I : Courant, r : Distance entre deux flux de courant, H : Force du champ magnétique
---	--

2. Expérience sur la règle de la main droite

1. Objectif de cette expérience :

Dans ce chapitre, nous allons confirmer la règle de la main droite d'Ampère. Nous observerons le champ magnétique autour du fil unique conduisant du courant, puis autour du fil solénoïdal. Ensuite, nous comparerons les observations.

2. Matériel :

- | | |
|---|---|
| *Genecon V3 : | 1 exemplaire (Narika B10-2634) |
| *Unité d'alimentation électrique (CC, 20V, 5A) : | 1 exemplaire (équipement de l'établissement scolaire) |
| *Dispositif d'Ampère à fil unique : | 1 exemplaire (Narika B10-4753) |
| *Dispositif d'Ampère à fil solénoïdal : | 1 exemplaire (Narika B10-4753) |
| *Particules magnétiques « Mag Chips » (pour observer le champ magnétique) : | Une petite quantité (Narika B10-3720) |
| *Câble avec clips (rouge et noir) : | 1 exemplaire (Narika B10-6503) |
| *Boussole à bain d'huile : | 10 exemplaires (Narika B10-3589-02) |



Genecon V3
(Narika B10-2634)



Particules magnétiques
« Mag Chips »
(Narika B10-3720)

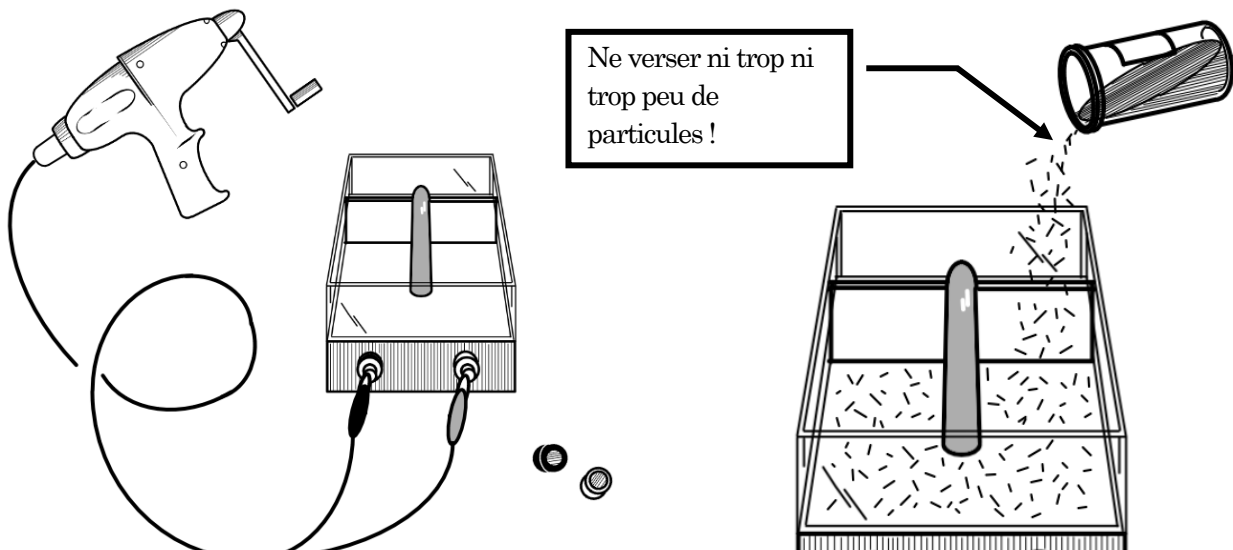


Dispositif d'Ampère
(Narika B10-4753)

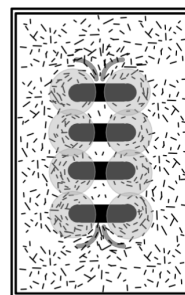
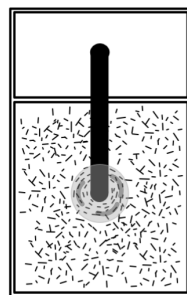
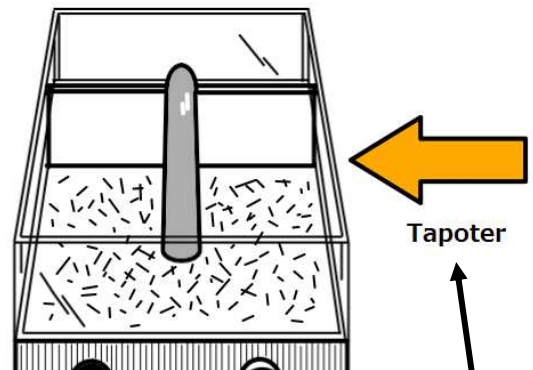
3. Expérience 1 : Expérience avec le Genecon V3

Faire l'expérience à tour de rôle.

- 1) Mettre les élèves par deux.
- 2) Ôter les protections en plastique des bornes (rouge et noire) de l'unité d'observation à fil unique.
- 3) Connecter le câble avec clips (rouge et noir) du Genecon V3 à la partie métallique des bornes (rouge et noir).
- 4) Verser des particules magnétiques « Mag Chips » dans l'unité d'observation (partie avant) et les étaler de manière uniforme au fond.



- 5) Un élève commencera à tourner la manivelle du Genecon V3 le plus vite possible.
- 6) L'autre élève commencera à tapoter du doigt le côté du dispositif à fil unique.
- 7) S'assurer que l'on voit bien le champ magnétique dans l'unité d'observation du dispositif d'Ampère à fil unique.
- 8) Au cas où on ne le verrait pas, répéter les étapes 5 à 7.
- 9) Répéter les étapes 1 à 8 de la même façon, cette fois avec une unité d'observation du dispositif d'Ampère à fil solénoïde.
- 10) Dessiner la forme (disposition) des champs magnétiques dans les figures ci-dessous.

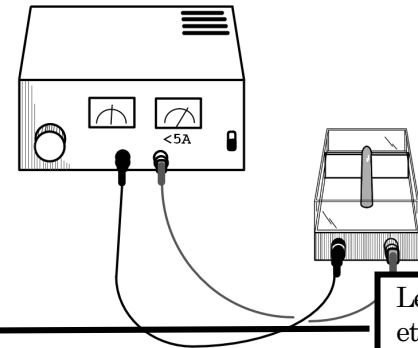


Légèrement et doucement !

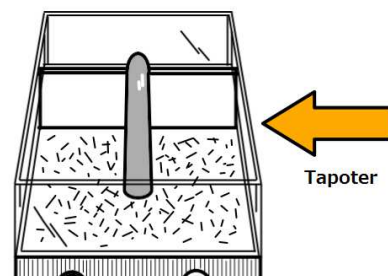
4. Expérience 2 : Expérience avec l'unité d'alimentation

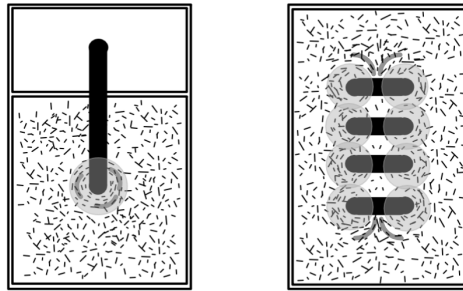
- 1) Connecter les bornes rouge et noire de l'unité d'alimentation avec le dispositif d'Ampère à fil unique par deux câbles.
- 2) Verser des particules magnétiques « Mag Chips » dans la boîte d'observation du dispositif d'Ampère à fil unique (partie avant) et les étaler de manière uniforme au fond.
- 3) Allumer l'unité d'alimentation électrique et régler la valeur du courant sur 3A.

Attention : Si l'unité d'alimentation reste allumée pendant plus d'1 minute, les câbles de connexion chaufferont. Veiller donc à ne pas faire fondre la gaine du câble.



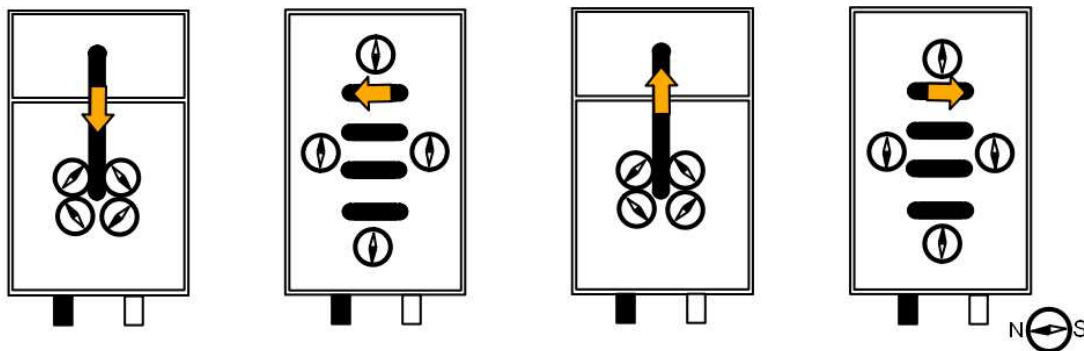
- 4) Un élève commencera à tapoter du doigt le côté du dispositif à fil unique.
 - 5) S'assurer que l'on voit bien le champ magnétique dans l'unité d'observation du dispositif d'Ampère à fil unique.
 - 6) Après avoir vu le champ magnétique, éteindre l'unité d'alimentation.
- Attention : Toucher du doigt le câble de l'unité d'alimentation : s'il est chaud, attendre un peu avant de procéder à l'étape suivante.
- 7) Répéter les étapes 1 à 6 de la même façon, cette fois avec un dispositif d'Ampère à fil solénoïde.





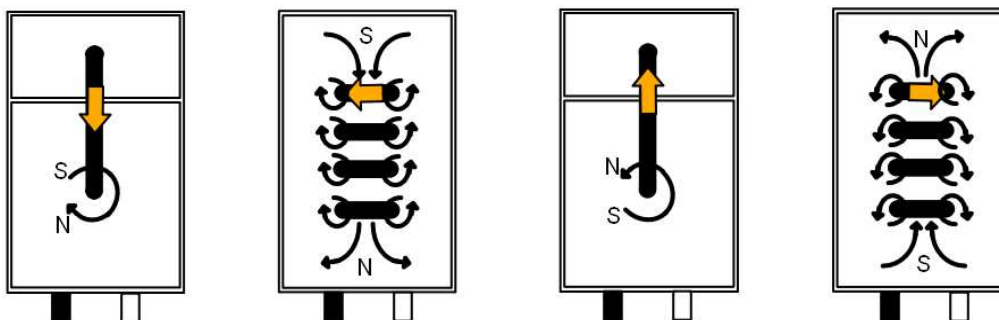
5. Expérience 3 : Expérience utilisant une boussole magnétique

- 1) Connecter les bornes rouge et noire du dispositif d'Ampère à fil unique soit avec le Genecon V3 soit avec l'unité d'alimentation par deux câbles.
- 2) Placer plusieurs boussoles dans l'unité d'observation (partie avant) du dispositif d'Ampère à fil unique.
- 3) Réaliser l'expérience selon la procédure de l'expérience 1 (avec le Genecon V3) ou de l'expérience 2 (avec l'unité d'alimentation).
- 4) Dessiner la déviation de la direction de l'aiguille de la boussole ci-dessous.



3. Résumé de l'expérience

Dessiner ci-dessous et expliquer les positions des pôles Nord et Sud du champ magnétique généré par le courant électrique.



NB

Grâce à cette expérience, nous avons pu confirmer qu'un champ magnétique se produit autour du fil conduisant du courant électrique. Nous avons aussi pu confirmer que le champ magnétique change avec la direction du flux de courant. En utilisant des boussoles magnétiques, nous avons pu confirmer la règle de la main droite d'Ampère.

Générer un champ magnétique par courant électrique 3

1. Objectif pédagogique

Les expériences sur le courant électrique et le champ magnétique sont normalement réalisées en utilisant des piles sèches ou des dispositifs d'alimentation électrique, mais dans ce chapitre, nous allons utiliser le générateur à main « (Narika) Genecon V3 ». En cas d'utilisation de piles sèches ou de dispositifs d'alimentation électrique, les élèves peuvent seulement allumer un circuit pour observer le phénomène électrique. Cependant, en utilisant le générateur à main Genecon V3, ils peuvent non seulement observer l'expérience en cours, mais aussi la contrôler à volonté ce qui les aidera à mieux comprendre l'objectif des expériences par la pratique personnelle.

Les élèves doivent mieux comprendre la nature du courant magnétique et du courant électrique ainsi que les interactions entre les deux grâce à l'expérience d'Ørsted et au théorème d'Ampère introduits dans les deux précédents chapitres, « Générer un champ magnétique par un courant électrique 1 & 2 ». Dans ce chapitre, nous allons faire des expériences sur l'électro-aimant.

2. Contexte historique

Jusqu'à la publication en 1600 des travaux de W. Gilbert (1544 - 1603, Royaume-Uni) aucune étude notable n'avait été publiée pendant 2200 ans, depuis que le Grec Thalès de Milet avait découvert le phénomène électrostatique de l'attraction de la poussière ou des plumes en frottant de l'ambre avec de la fourrure, en 600 av. J-C. En 1800, c'est-à-dire 200 ans après le compte rendu de Gilbert, A. Volta (1745 - 1827, Italie) inventa la pile électrique (connue sous le nom de « pile voltaïque ») : il fallut donc 200 ans pour passer de l'étude de l'électricité statique à celle de l'électricité dynamique.



A. M. Ampère

http://en.wikipedia.org/wiki/Fil_e:Ampere_Andre_1825.jpg

En utilisant une pile voltaïque comme source d'énergie, H. C. Ørsted (Danemark) fit d'importantes recherches qui lui permirent de découvrir qu'une aiguille de boussole déviait près d'un câble conduisant du courant, ce qui fut rendu public dans une intervention intitulée "Interaction du courant électrique et du magnétisme" lors d'une conférence le 1^{er} septembre 1820, à l'Académie des Sciences de Paris. Profondément impressionné par le compte rendu d'Ørsted, A. M. Ampère (France) commença peu après ses propres recherches et rendit bientôt publique sa théorie de l'électricité et du magnétisme incluant des phénomènes électromagnétiques précédemment découverts. C'est ce qu'on appelle l'aube de l'électromagnétisme.

En 1826, Ohm publia le résultat de ses recherches sur la « loi d'Ohm », ce qui fut suivi par la découverte de l'électro-aimant par William Sturgeon (1783 - 1850, Royaume-Uni) en 1828. À partir de l'expérience du fil solénoïde réalisée par Ampère, Sturgeon s'aperçut qu'un bloc de fer entouré d'un fil conducteur en spirale est magnétisé quand du courant électrique circule dans le fil. En 1829, Joseph Henry (1797 - 1878, États-Unis) réussit à créer un aimant très puissant ainsi qu'à découvrir l'auto-induction et l'induction électromagnétique pendant ses recherches sur l'électromagnétisme. Cet exploit fut attribué à Michael Faraday (Royaume-Uni) simplement parce que la présentation de Faraday précéda celle de Henry.



Joseph Henry

http://www.photolib.noaa.gov/bi_gs/pers0124.jpg

Dans ce chapitre, nous étudierons les propriétés de base de l'électro-aimant en utilisant le Genecon V3. Nous avons appris la règle du tire-bouchon de la main droite d'Ampère montrant qu'un champ magnétique est généré autour d'un fil ou de fils en spirale quand un courant électrique y circule. Nous allons ici réaliser des expériences qui nous apprendront que : 1) le fil en spirale devient aimanté quand une barre métallique (noyau) y est insérée, et 2) la puissance de l'électro-aimant change en fonction du nombre de tours de la bobine.

3. Présentation du matériel pour les expériences

[1] Genecon V3 :

Genecon V3 est le nom du générateur manuel d'énergie fabriqué par la société Narika. Il est possible de générer jusqu'à 3V de courant continu simplement en tournant la manivelle : l'utilisateur comprend ainsi comment il produit lui-même l'énergie. Le Genecon V3 ne produisant au maximum que 3V, il ne risque pas d'endommager les accessoires utilisés pour les expériences dans les établissements scolaires, comme les ampoules miniatures, les LED, les boîtes à musique électriques ou autres. Il peut aussi remplacer les piles sèches utilisées pour des expériences demandant d'allumer des ampoules miniatures ou des LED, du filament chauffé électriquement, ou autres.

Le mécanisme du Genecon V3 est très simple : les élèves peuvent comprendre très facilement la relation entre le moteur intérieur, les engrenages, l'axe et la manivelle, ainsi que leur fonction, grâce à la parfaite visibilité qu'offre la transparence du corps de l'appareil. Le Genecon V3 apporte une aide importante au professeur dans ses explications aux élèves concernant le fait que moteur et générateur sont identiques.



Genecon V3
(Narika B10-2634)

[2] Lot d'engrenages de remplacement pour le Genecon V3 :

Le Genecon V3 est constitué d'engrenages en plastique et d'un moteur, entre autres. Les engrenages peuvent s'user, et finir par se casser : l'appareil tournera alors à vide en émettant des bruits étranges. C'est pourquoi Narika fournit des lots d'engrenages de rechange pour Genecon. Le Genecon V3 est aussi conçu pour que les professeurs qui voudraient changer les engrenages eux-mêmes puissent le faire facilement.

[3] Lot de bobines pour électro-aimant :

Vendu par trois (x3) comprenant des bobines solénoïdales (de 2 types) et des noyaux (de 4 types). Ce lot permet de confirmer que l'électro-aimant change en fonction du nombre de tours de la bobine et / ou du type de matériau composant le noyau : à utiliser en combinaison avec le Genecon V3, des piles sèches ou une unité d'alimentation.

Bobine solénoïde à 100 tours : 3 exemplaires

Bobine solénoïde à 200 tours : 3 exemplaires

Noyau métallique (cuivre, aluminium, verre) : 3 exemplaires de chaque

Noyau métallique (fer) : 6 exemplaires

O-ring (bagues en caoutchouc) : 15 exemplaires





Lot de bobines pour électro-aimant
(3 lots)
(Narika S75-5606)

4. Inspection du matériel et essai préliminaire


Le professeur doit obligatoirement procéder à un essai préliminaire pour vérifier la marche à suivre et détecter tout défaut ou panne de l'instrument avant que les élèves ne l'utilisent. Dans ce chapitre, vérifier le Genecon V3 et le dispositif d'Ampère selon la procédure décrite ci-dessous.

1) Procédure pour la vérification du Genecon V3

Étapes	Actions	Illustrations
1	Connecter l'adaptateur d'ampoule miniature au Genecon V3. Ou connecter le fil conducteur du Genecon V3 à celui du porte-ampoule miniature avec des pinces crocodiles. (NB : C'est un adaptateur d'ampoule miniature qui est utilisé sur la photo de droite.)	
2	Tourner doucement la manivelle d'un Genecon V3 dans les deux sens.	
3	Vérifier que la manivelle tourne facilement.	Au cas où la manivelle serait trop lâche, la régler en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - a) ci-dessous. Au cas où des engrenages seraient endommagés, les changer en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - b) ci-dessous.
4	Vérifier que l'ampoule de l'adaptateur d'ampoule miniature (ou du porte-ampoule) s'est allumée.	Dans le cas contraire, la remplacer par une ampoule neuve.

2) Entretien du Genecon V3

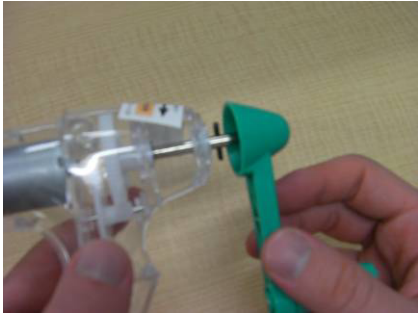


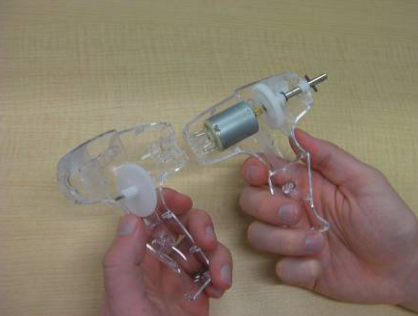

a) Pour régler la manivelle

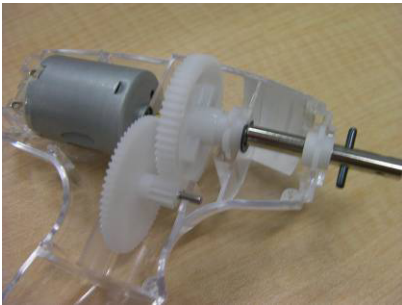
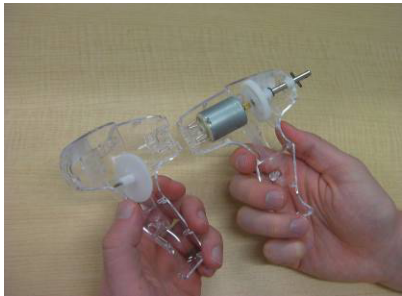



Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	


Étapes	Actions	Illustrations
2	Insérer fermement la manivelle sur l'axe.	
3	Remettre la vis de réglage sur la manivelle.	
4	Fixer fermement la vis de réglage avec une clé hexagonale.	

b) Pour remplacer les engrenages

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	

Étapes	Actions	Illustrations
2	Retirer la manivelle de l'axe.	
3	Détacher la tête de l'appareil manuellement. Si nécessaire, utiliser un tournevis à lame plate.	
4	Retirer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
5	Séparer les deux parties du corps de l'appareil.	
6	Retirer les engrenages installés.	

Étapes	Actions	Illustrations
7	Changer les engrenages endommagés.	
8	Replacer tous les engrenages dans le corps de l'appareil.	
9	Placer les deux espaceurs de l'axe de la manivelle aux endroits prévus.	
10	Assembler le corps de l'appareil.	
11	Resserrer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
12	Rattacher la tête de l'appareil.	
13	Insérer la manivelle sur l'axe.	

Étapes	Actions	Illustrations
14	Fixer la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
15	Vérifier le résultat de l'opération en tournant la manivelle.	

5. Plan du cours

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Contexte historique ● Le théorème d'Ampère 	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduction à l'électrodynamique et à l'électromagnétisme. ● Le théorème d'Ampère (règle de la main droite). 	10 min
2	Expérience 1 Bobine solénoïde à seulement 100 tours	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre les élèves par deux. ● Vérifier que les élèves savent qu'un courant magnétique est généré autour de la bobine selon la règle de la main droite d'Ampère. 		30 min
3	Expérience 2 Observer la différence entre le nombre de tours des bobines solénoïdes	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre les élèves par deux. ● Insérer une barre de fer dans la bobine utilisée pour l'expérience 1. ● Passer de la bobine à 100 tours à la bobine à 200 tours. ● Confirmer que la force magnétique est renforcée si une barre de fer est insérée. ● Confirmer que la force magnétique est renforcée si une bobine comprenant davantage de tours est utilisée. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dans chaque groupe de deux, l'un des élèves tourne la manivelle du Genecon V3. ● L'autre élève approche la bobine des trombones métalliques. 	
4	Expérience 3 Observer la différence dans les types de noyaux insérés dans la bobine solénoïde	<ul style="list-style-type: none"> ● Comparer le type de chaque matériau de noyau en référence à la barre de fer utilisée dans l'expérience 2. ● Continuer l'expérience en changeant le matériau du noyau pour passer du fer au cuivre, à l'aluminium et au verre. ● Continuer l'expérience en utilisant à la fois des bobines à 100 tours et à 200 tours. ● Observer la façon dont le magnétisme change en fonction de l'intensité de la rotation de la manivelle du Genecon. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Chaque élève continue l'expérience à tour de rôle. 	
5	Résumé	<ul style="list-style-type: none"> ● Demander aux élèves de noter les résultats sur leur fiche de travail. ● Demander à chaque élève de faire sa présentation dans la section résumée de sa fiche de cours. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Essayer de se servir de ce que les élèves ont appris dans ce chapitre pour travailler sur le suivant. 	20 min

6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours

Générer un champ magnétique par courant électrique 3

1. Formation d'un champ magnétique par un courant électrique - William Sturgeon & Joseph Henry

On appelle l'année 1820 l'aube de l'électromagnétisme, car c'est celle où H. C. Ørsted (Danemark) découvrit que le courant électrique forme un champ magnétique, puis où A. M. Ampère (France) rendit publique sa théorie de l'électricité et du magnétisme.

En 1826, Ohm (1789 - 1854, Allemagne) publia le résultat de ses recherches sur la « loi d'Ohm », ce qui fut suivi par la découverte de l'électro-aimant par William Sturgeon (1783 - 1850, Royaume-Uni) en 1828. A partir de l'expérience du fil solénoïde réalisée par Ampère, Sturgeon s'aperçut qu'un bloc de fer entouré d'un fil conducteur en spirale n'est magnétisé que quand du courant électrique circule dans le fil.

En 1829, en améliorant l'électro-aimant de William Sturgeon, Joseph Henry (États-Unis) réussit à créer un aimant assez puissant pour soulever une masse d'1 tonne. Il découvrit l'auto-induction et l'induction électromagnétique au cours de ses recherches sur l'électromagnétisme. Son succès sur l'induction électromagnétique ne fut attribué à Michael Faraday (Royaume-Uni) que parce que la présentation de ce dernier précéda la sienne.



Joseph Henry

<http://www.photolib.noaa.gov/bigs/pers0124.jpg>

Dans ce chapitre, nous allons étudier les propriétés de base de l'électro-aimant en refaisant les expériences réalisées par les pionniers des recherches dans ce domaine.

2. Expérience sur l'électro-aimant

1. Objectif de cette expérience :

Sous quelles conditions l'électro-aimant est-il créé et quels sont les facteurs qui déterminent sa puissance.

2. Matériel :

*Genecon V3 : 1 exemplaire

(Narika B10-2634)

*Bobine solénoïde à 100 tours : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-01)

*Bobine solénoïde à 200 tours : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-02)

*Trombones en acier : environ 20 exemplaires

*Noyau (cuivre) : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-03)

*Noyau (aluminium) : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-04)

*Noyau (verre) : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-05)

*Noyau (fer) : 1 exemplaire

(Narika S75-5606-06)



Genecon V3 (Narika B10-2634)



Lot de bobines (Narika S75-5606)

3. Expérience 1 : avec la bobine à 100 tours seulement

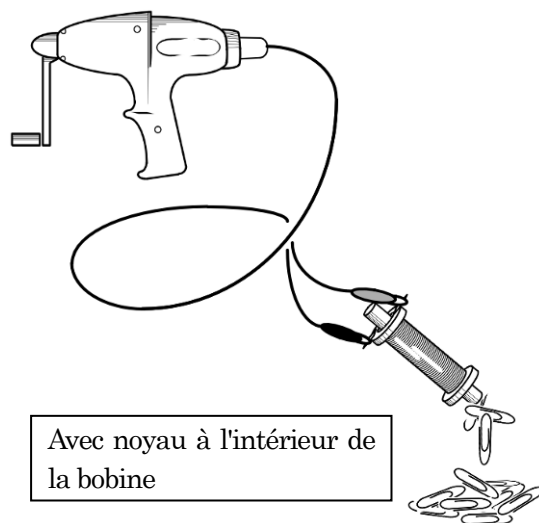
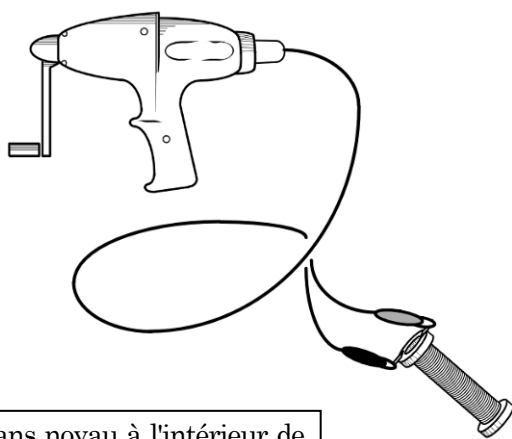
- 1) Connecter le Genecon V3 avec la bobine à 100 tours.
- 2) Poser des trombones (environ 20) sur la table.
- 3) Un élève va commencer à tourner la manivelle du Genecon V3.
- 4) L'autre élève va prendre la bobine et l'approcher des trombones posés sur la table.
- 5) Noter le nombre de trombones collés à la bobine.

4. Expérience 2 : Observer la différence entre le nombre de tours des bobines solénoïdes

- 1) Connecter le Genecon V3 avec la bobine à 100 tours.
- 2) Poser des trombones (environ 20) sur la table.
- 3) Insérer le noyau en fer dans la bobine solénoïde, et veiller à ce qu'il ne bouge pas en introduisant un anneau en caoutchouc.
- 4) Un élève va commencer à tourner la manivelle du Genecon V3.
- 5) L'autre élève va prendre la bobine et l'approcher des trombones posés sur la table.
- 6) Noter le nombre de trombones collés à la bobine.
- 7) Passer à la bobine à 200 tours et la connecter au Genecon V3.
- 8) Répéter les étapes 2-6.

5. Expérimenter avec 3 types de noyaux différents insérés dans la bobine solénoïde

- 1) Connecter le Genecon V3 avec la bobine à 100 tours.
- 2) Poser des trombones (environ 20) sur la table.
- 3) Insérer le noyau en fer dans la bobine solénoïde, et veiller à ce qu'il ne bouge pas en introduisant un anneau en caoutchouc.
- 4) Un élève va commencer à tourner la manivelle du Genecon V3.
- 5) L'autre élève va prendre la bobine et l'approcher des trombones posés sur la table.
- 6) Noter le nombre de trombones collés à la bobine.
- 7) Passer du noyau en fer au noyau en cuivre, puis à celui en aluminium et en verre et répéter les étapes 2-6.
- 8) Noter également combien de trombones se sont collés à la bobine quand un élève tournait la manivelle du Genecon V3 lentement puis quand il ou elle la tournait rapidement.



3. Résumé des expériences

Dans le tableau ci-dessous, noter le nombre de trombones collés à l'électro-aimant.

[1.] Résultats de l'expérience : Nombre de trombones collés à l'électro-aimant

Vitesse de rotation de la manivelle du Genecon V3	Nombre de tours de la bobine	Sans noyau	Avec noyau			
			Acier	Cuivre	Aluminium	Verre
Quand on tourne la manivelle rapidement	100	<u>0</u>	<u>23</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	200	<u>0</u>	<u>39</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Quand on tourne la manivelle lentement	100	<u>0</u>	<u>9</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	200	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

*Ceci n'est qu'un exemple : le nombre réel de trombones peut être différent.

[2.] À partir du tableau de résultats ci-dessus, quelle combinaison est la plus appropriée pour un électro-aimant ?

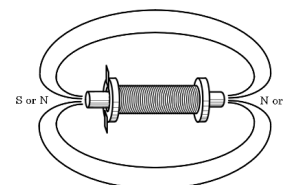
La plus appropriée est : « Nombre de tours de la bobine : 200 », avec un noyau d'acier et en tournant la manivelle rapidement. Dans le cas où on utilise un noyau en cuivre, en aluminium ou en verre, aucun trombone ne se colle à la bobine : ces matériaux ne s'aimantent pas, même si on y insère un noyau. Le fer est ferromagnétique : il s'aimante dans un champ magnétique. En plus du fer, le cobalt, le nickel et ses composés sont ferromagnétiques. Les substances magnétiques sont classifiées en : ferromagnétiques, diamagnétiques et paramagnétiques. Le cuivre, l'aluminium et le verre sont aussi des substances magnétiques.

[3.] Pourquoi les résultats sont-ils différents en fonction de la vitesse de rotation de la manivelle du Genecon V3 ?

Les résultats sont liés à la quantité d'électricité générée. Si on tourne la manivelle plus rapidement, la quantité d'électricité (tension et courant) augmente. Si on tourne la manivelle plus lentement, la quantité d'électricité (tension et courant) diminue. Par conséquent, une grande quantité d'électricité est transportée dans la bobine solénoïde quand on tourne la manivelle rapidement, tandis qu'une quantité relativement faible d'électricité est transportée par la bobine solénoïde quand on tourne la manivelle lentement. La force magnétique est renforcée quand une quantité d'électricité plus importante circule à l'intérieur de l'aimant électrique.

[4.] A partir des résultats des expériences, que faut-il faire pour créer un électro-aimant plus puissant ?

Il faut : 1) Augmenter le nombre des tours de la bobine solénoïde, 2) fournir une plus grande quantité d'électricité et/ou 3) utiliser un noyau en fer. Si on augmente le nombre des tours de la bobine solénoïde, on aura davantage de résistance électrique dans la bobine. Dans le cas où on connecte une unité d'alimentation en courant continu à l'électro-aimant, si la tension est constante, la quantité de courant transportée différera en fonction de la valeur de résistance déterminée par le nombre de tours de la bobine.



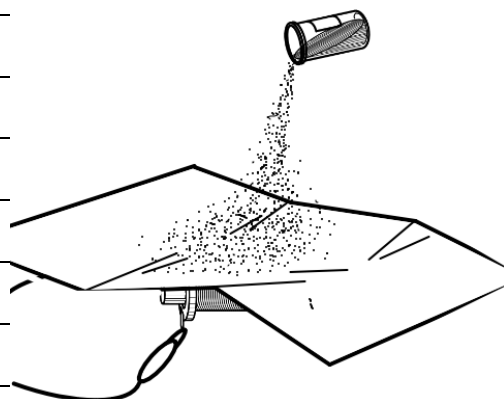
[5.] Tracer le champ magnétique de l'électro-aimant dans le dessin ci-dessous.

On peut dessiner le champ magnétique comme montré à droite. Noter que la polarité change en fonction de la direction du courant. Poser aux élèves les questions suivantes :

1. Comment peut-on identifier le champ magnétique ?

2. Comment peut-on déterminer la polarité ?

NB



1. Comment identifier le champ magnétique ?

Recouvrir un électro-aimant avec un papier blanc et verser de la poudre de fer sur le papier. Puis tourner la manivelle du Genecon V3 pour observer le tracé de la force magnétique générée par l'électro-aimant. Il est préférable d'utiliser les particules « Mag Chips » fournies par Narika.

On utilise normalement la poudre de fer, ou sable de fer, dans les établissements scolaires pour observer un champ magnétique, en dépit de ses inconvénients : l'équipement expérimental et les paillasses se salissent facilement, ce qui nécessite un long nettoyage par la suite. Les « Mag Chips » sont de minuscules fragments de fil de fer galvanisé divisé en particules d'environ 2 mm de long, résistants à la corrosion et faciles à ramasser après utilisation.

2. Comment déterminer la polarité :

Utiliser une boussole magnétique. Disposer quelques boussoles autour de l'électro-aimant pour indiquer la polarité quand on tourne la manivelle du Genecon V3.

Générer du courant électrique par un champ magnétique 1

1. Objectif pédagogique

Nous pouvons illustrer le fait qu'un champ magnétique est généré par un courant électrique par l'expérience d'Ørsted, la règle de la main droite d'Ampère, et l'électro-aimant, comme nous l'avons fait dans les chapitres précédents. Dans ce chapitre, nous allons étudier comment, quand un courant électrique circule dans une bobine, un champ magnétique est généré et affecte une autre bobine adjacente. Insérer une barre de fer (noyau) dans deux bobines non connectées entre elles. Puis, connecter un générateur à main Genecon V3 à l'une des bobines, et connecter un galvanomètre à l'autre bobine. En tournant la manivelle du Genecon V3 pour faire passer du courant électrique dans une bobine, nous allons observer comment le galvanomètre connecté à l'autre bobine peut être affecté.

En cas d'utilisation de piles sèches ou de dispositifs d'alimentation électrique, les élèves peuvent seulement allumer un circuit pour observer le phénomène électrique. Cependant, en utilisant le générateur à main Genecon V3, ils peuvent non seulement observer l'expérience en cours, mais aussi la contrôler à volonté ce qui les aidera à mieux comprendre l'objectif des expériences par la pratique personnelle.

L'objectif pédagogique de ce chapitre est que les élèves comprennent mieux les phénomènes expérimentaux de M. Faraday par la pratique personnelle.

2. Contexte historique

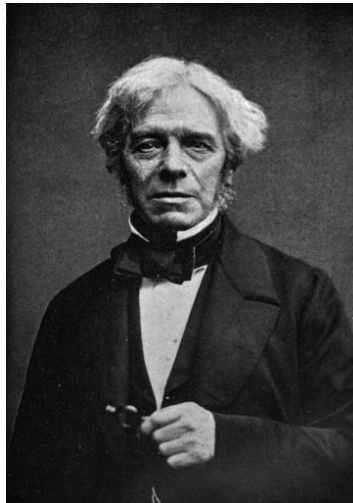
Michael Faraday (1791 - 1867) était un scientifique anglais qui contribua aux domaines de l'électromagnétisme et de l'électrochimie. Ses découvertes principales incluent l'induction électromagnétique, le diamagnétisme et l'électrolyse. Par ses recherches sur le champ magnétique autour d'un conducteur transportant du courant direct, Faraday établit la base du concept du champ électromagnétique en physique.

Quand Ørsted découvrit que l'électricité produit du magnétisme, Faraday se demanda si le magnétisme pouvait produire de l'électricité. En 1831, il montra que c'est le cas. Lors de sa première démonstration expérimentale sur l'induction électromagnétique, Faraday enroula deux fils conducteurs sur les côtés opposés d'un anneau en fer. Il brancha l'un des fils à un galvanomètre, et observa celui-ci tandis qu'il branchait l'autre fil à une pile. Quand la pile fut connectée, l'aiguille du galvanomètre dévia brutalement, enregistrant la présence de courant électrique dans une des bobines. Cependant, l'effet s'estompa rapidement et l'aiguille ne détecta bientôt plus de courant, bien que la pile fut encore connectée.

Enfin, des années plus tard, il découvrit que si la pile est éteinte et rallumée de manière répétée, l'effet peut être réitéré à volonté. Quand la pile est connectée, les électrons circulent le long du fil de cuivre d'une des bobines que constituent les spires enveloppant l'anneau. Ceci a pour effet d'induire du magnétisme dans l'anneau. Un champ magnétique d'électrons excités est créé, produisant un courant électrique dans l'autre bobine, qui est à l'intérieur du champ magnétique. Ceci est l'une des plus grandes découvertes de Faraday : **L'induction réciproque (mutuelle)** est la production de courant dans une bobine seulement quand des transformations de courant se produisent (il ne se produit pas de transformation pendant le transport du courant).

Ses réalisations majeures :

- L'induction électromagnétique
- L'effet Faraday
- La constante de Faraday
- La loi sur l'électrolyse de Faraday
- La ligne de force électrique
- La jauge de Faraday
- La coupe de Faraday



Michael Faraday

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

File:Fara day-Millikan-Gale-1913.jpg

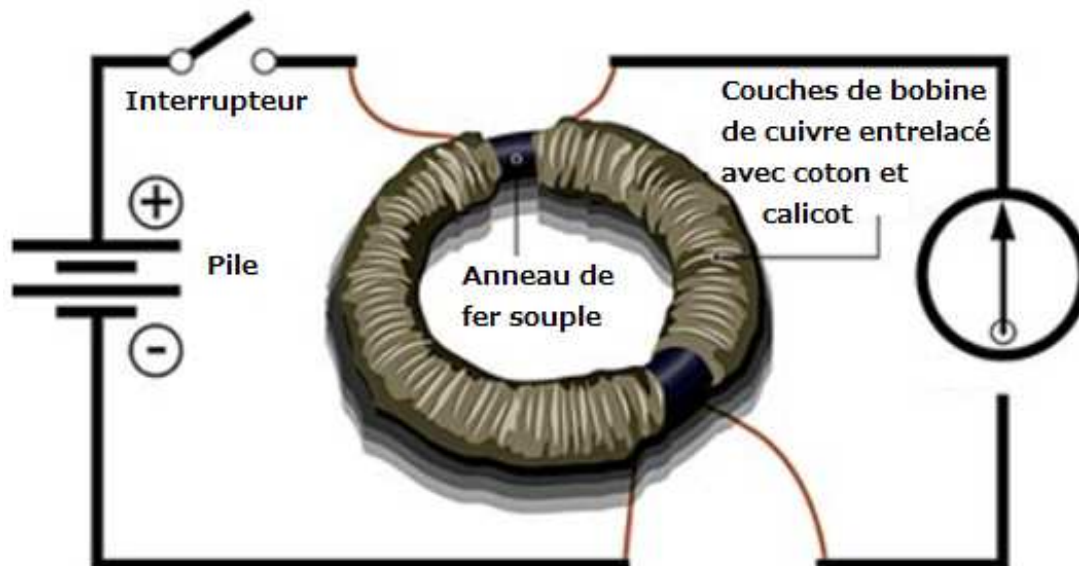


Illustration : Paul Weston

Définition contemporaine de l' induction réciproque (mutuelle) : C'est le phénomène selon lequel la transformation de courant dans une bobine crée un champ EM (électromagnétique) dans une autre bobine placée près de la première. La bobine dans laquelle le courant est transformé est appelée « bobine primaire », et celle dans laquelle le champ EM est induit est appelée « bobine secondaire ». Considérer deux bobines placées près l'une de l'autre. Quand du courant passe dans la bobine primaire, un flux magnétique est produit. Ce flux magnétique est aussi lié à la bobine secondaire. Si le courant est transformé en modifiant la résistance dans le circuit primaire, le flux magnétique est également transformé. Comme ce flux transformé est lié à la bobine secondaire, il y induit un champ EM. Ce phénomène d'induction d'un champ EM dans une bobine en transformant le courant dans une autre bobine est appelé induction mutuelle.

3. Présentation du matériel pour les expériences

[1] Genecon V3 :

Genecon V3 est le nom du générateur manuel d'énergie fabriqué par la société Narika. Il est possible de générer jusqu'à 3V de courant continu simplement en tournant la manivelle : l'utilisateur comprend ainsi comment il produit lui-même l'énergie. Le Genecon V3 ne produisant au maximum que 3V, il ne risque pas d'endommager les accessoires utilisés pour les expériences dans les établissements scolaires, comme les ampoules miniatures, les LED, les boîtes à musique électriques ou autres. Il peut aussi remplacer les piles sèches utilisées pour des expériences demandant d'allumer des ampoules miniatures ou des LED, du filament chauffé électriquement, ou autres.

Le mécanisme du Genecon V3 est très simple : les élèves peuvent comprendre très facilement la relation entre le moteur intérieur, les engrenages, l'axe et la manivelle, ainsi que leur fonction, grâce à la parfaite visibilité qu'offre la transparence du corps de l'appareil. Le Genecon V3 apporte une aide importante au professeur dans ses explications aux élèves concernant le fait que moteur et générateur sont identiques.



Genecon V3 (Narika B10-2634)

[2] Galvanomètre GM-6000 :

Le galvanomètre est un instrument qu'on utilise pour détecter le courant, qui a une sensibilité d'environ $2,5 \mu\text{A}$ et une échelle de mesure de $\pm 50 \mu\text{A}$. Équipé d'un amplificateur (environ 1000x), c'est un galvanomètre particulièrement sensible qui peut détecter de très faibles quantités de courant.

Il peut par exemple détecter la petite quantité d'électricité générée par l'induction électromagnétique qui se produit quand un aimant est approché d'un fil conducteur rectiligne. Il peut aussi détecter la toute petite quantité de courant générée par l'induction électromagnétique qui se produit quand un long fil conducteur interagit avec les lignes de champ magnétiques terrestres plutôt qu'avec un aimant.

- Sensibilité voltaïque : environ $1,6 \times 10^{-4} \text{V/mm}$
- Sensibilité au courant : environ $2,5 \times 10^{-6} \text{A/mm}$, échelle de mesure indiquant $\pm 50 \mu\text{A}$ (zéro central)
- Degré d'amplification : Amplification différentielle, facteur d'amplification 60dB





Galvanomètre GM-6000
(Narika A05-7120)

4. Inspection du matériel et essai préliminaire


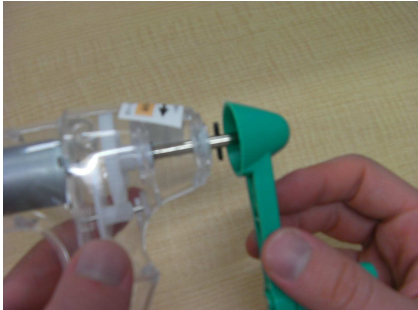


Le professeur doit obligatoirement procéder à un essai préliminaire pour vérifier la marche à suivre et détecter tout défaut ou panne de l'instrument avant que les élèves ne l'utilisent. Dans ce chapitre, vérifier le Genecon V3 et le dispositif d'Ampère selon la procédure décrite ci-dessous.

1) Procédure pour la vérification du Genecon V3


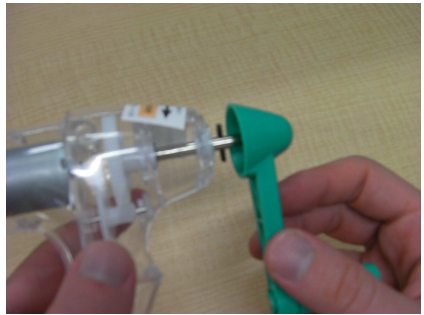
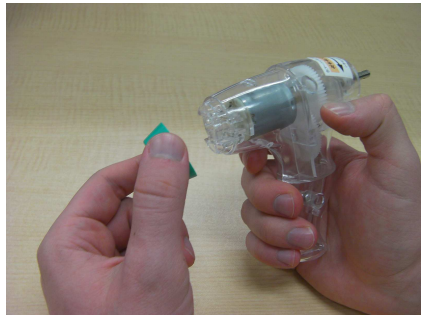


Étapes	Actions	Illustrations
1	<p>Connecter l'adaptateur d'ampoule miniature au Genecon V3. Ou connecter le fil conducteur du Genecon V3 à celui du porte-ampoule miniature avec des pinces crocodiles.</p> <p>(NB : C'est un adaptateur d'ampoule miniature qui est utilisé sur la photo de droite.)</p>	
2	<p>Tourner doucement la manivelle d'un Genecon V3 dans les deux sens.</p>	
3	<p>Vérifier que la manivelle tourne facilement.</p>	<p>Au cas où la manivelle serait trop lâche, la régler en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - a) ci-dessous.</p> <p>Au cas où des engrenages seraient endommagés, les changer en suivant la procédure décrite au paragraphe 2) - b) ci-dessous.</p>
4	<p>Vérifier que l'ampoule de l'adaptateur d'ampoule miniature (ou du porte-ampoule) s'est allumée.</p>	<p>Dans le cas contraire, la remplacer par une ampoule neuve.</p>


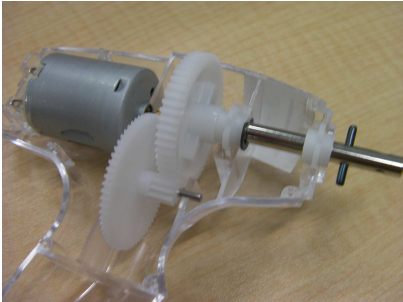
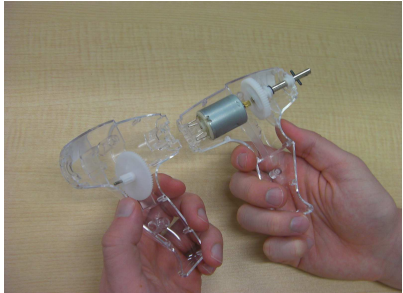


2) Entretien du Genecon V3

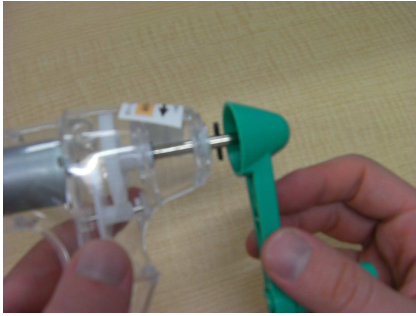

a) Pour régler la manivelle

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Insérer fermement la manivelle sur l'axe.	
3	Remettre la vis de réglage sur la manivelle.	
4	Fixer fermement la vis de réglage avec une clé hexagonale.	

b) Pour remplacer les engrenages

Étapes	Actions	Illustrations
1	Détacher la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
2	Retirer la manivelle de l'axe.	
3	Détacher la tête de l'appareil manuellement. Si nécessaire, utiliser un tournevis à lame plate.	
4	Retirer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
5	Séparer les deux parties du corps de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
6	Retirer les engrenages installés.	
7	Changer les engrenages endommagés.	
8	Replacer tous les engrenages dans le corps de l'appareil.	
9	Placer les deux espaceurs de l'axe de la manivelle aux endroits prévus.	
10	Assembler le corps de l'appareil.	
11	Resserrer les deux vis du corps de l'appareil avec un tournevis cruciforme.	
12	Rattacher la tête de l'appareil.	

Étapes	Actions	Illustrations
13	Insérer la manivelle sur l'axe.	
14	Fixer la vis de réglage de la manivelle avec une clé hexagonale.	
15	Vérifier le résultat de l'opération en tournant la manivelle.	

3) Procédure pour la vérification du galvanomètre

Étapes	Actions	Illustrations
1	Ôter le fil protecteur entre les deux bornes. Puis, connecter les câbles à chacune des bornes.	
2	Vérifier que la source d'alimentation de l'amplificateur du galvanomètre fonctionne en réglant l'interrupteur de basculement fixé sur le panneau frontal sur « 1000x ».	Le voyant de l'interrupteur de basculement s'allumera. Dans le cas contraire, changer la pile car elle est usée.
3	Régler l'aiguille indicative du galvanomètre sur zéro (0) en utilisant le bouton de réglage du point zéro sur le panneau frontal.	L'aiguille doit indiquer le point zéro. 1) Dans le cas contraire, il se peut que le fil de protection entre les deux bornes soit toujours en place. Le retirer. 2) Si ce n'est pas le cas, il se peut que la pile de rechange soit usée. La remplacer par une pile neuve.
4	Fin de l'opération de vérification.	

4) Procédure pour changer la pile du galvanomètre

Étapes	Actions
1	Retirer le couvercle du compartiment à piles sur la surface inférieure du galvanomètre.
2	Retirer la pile sèche (9V) du compartiment à piles.
3	Installer une nouvelle pile sèche (9V) dans le compartiment à piles et replacer le couvercle.
4	Vérifier que le galvanomètre fonctionne normalement.

5. Plan du cours

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Contexte historique ● Le courant électrique génère un champ magnétique. ● Le théorème d'Ampère ● L'expérience d'Ersted. ● L'induction électromagnétique de Faraday 	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduction à l'électrodynamique et à l'électromagnétisme. ● Le thème de l'interaction entre Maxwell et Faraday serait très efficace. 	10 min
2	Expérience	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre les élèves par deux. ● Deux bobines et une barre de fer (noyau) ● Connexion avec le Genecon V3 ● Galvanomètre 	<ul style="list-style-type: none"> ● Connecter une bobine au Genecon V3 ● Connecter l'autre bobine au galvanomètre ● Les deux bobines ne sont pas connectées l'une à l'autre. ● Les élèves doivent tourner la manivelle du Genecon V3 dans les deux sens. 	30 min
3	Résumé	<ul style="list-style-type: none"> ● Les élèves doivent indiquer le résultat sur leur fiche de cours. ● Ils sont libres d'indiquer le résultat à leur manière. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Les élèves doivent noter en détail ce qu'ils ont découvert. 	10 min
4	Conclusion et présentation par les élèves	<ul style="list-style-type: none"> ● Inciter les élèves à faire leur présentation à partir de ce qu'ils ont noté sur leur fiche de cours. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Essayer de se servir de ce que les élèves ont appris dans ce chapitre pour travailler sur le suivant. 	10 min

[NB :] En ce qui concerne ce qui précède, les professeurs doivent adapter leur enseignement au niveau de leur établissement scolaire.

6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours

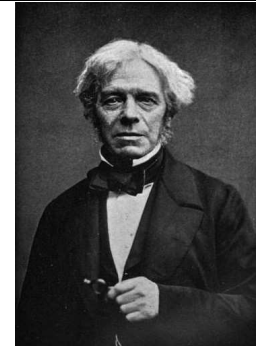
Générer du courant électrique par un champ magnétique 1

1. Expérience de Faraday sur l'induction électromagnétique - Michael Faraday

Des années après la découverte en 1820 par A. M. Ampère du théorème portant son nom (règle de la main droite), qui présentait la théorie de base de l'électricité et du magnétisme, William Sturgeon et Joseph Henry découvrirent et inventèrent l'électro-aimant en 1828.

À partir de la découverte par Ørsted du fait qu'un courant électrique génère un champ magnétique, Michael Faraday commença à penser qu'un champ magnétique peut générer de l'électricité. Il conduisit des recherches liées au champ magnétique créé autour d'un conducteur électrique quand un courant direct circule.

Faraday créa deux bobines en enroulant des conducteurs en nichrome sur un anneau de fer. Quand il fit circuler du courant électrique dans l'une des bobines, il s'aperçut que le courant circule instantanément dans l'autre bobine également (en 1831).



Michael Faraday

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

File:Faraday-Millikan-Gale-1913.jpg



Appareil de Faraday (Narika)

2. Expérience sur l'induction électromagnétique

1. But de l'expérience :

Confirmer l'expérience de Faraday sur l'induction électromagnétique.

En utilisant deux bobines et un noyau de fer connectés au Genecon V3 comme source d'alimentation électrique, vérifier la présence de courant grâce au galvanomètre.

2. Matériel :

- *Genecon V3 : 1 exemplaire (Narika B10-2634)
- *Bobines (400 tours) & noyau d'acier : 2 exemplaires (Narika B10-2631-05)
- *Galvanomètre GM-6000: 1 exemplaire (Narika A05-7120)
- *Câble avec pinces (rouge et noir) : 1 exemplaire (Narika B10-6503)



Genecon V3
(Narika B10-2634)



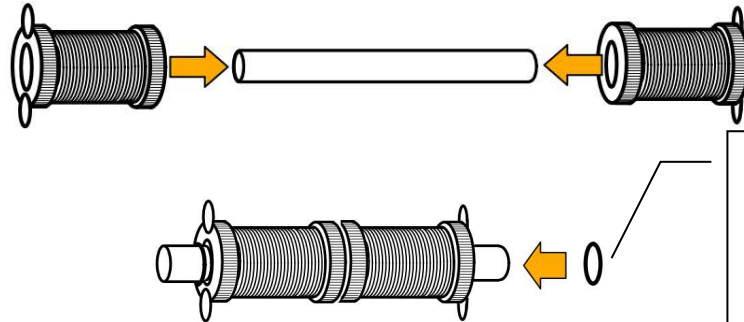
Galvanomètre GM-6000
(Narika A05-7120)



Bobines
(Narika B10-2631-05)

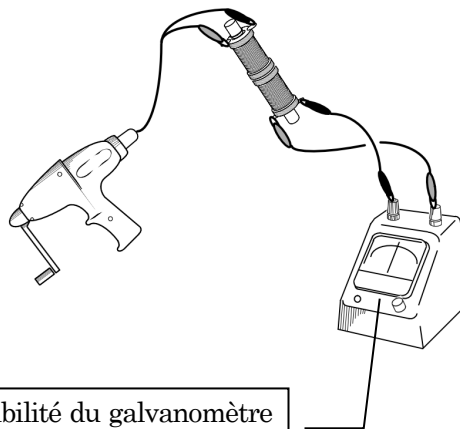
3. Procédure de l'expérience :

- 1) Insérer un noyau de fer dans deux bobines en série.
- 2) Pour empêcher les bobines de tomber du noyau de fer, installer une bague de caoutchouc à chaque extrémité du noyau (voir figure ci-dessous).



L'installation de bagues de caoutchouc rend votre expérience beaucoup plus facile.

- 3) Régler le bouton de sensibilité du galvanomètre sur x1 (ne pas le régler sur 1000x).
- 4) Connecter les bornes d'une des bobines au Galvanomètre GM-6000 par des câbles avec clips.
- 5) Connecter les bornes de l'autre bobine au Genecon V3 par un câble avec clips.
- 6) Commencer à tourner la manivelle du Genecon V3.
- 7) Observer la déviation de l'aiguille du galvanomètre et la noter.



Régler le bouton de sensibilité du galvanomètre sur 1x.
Le régler sur 1000x pourrait endommager l'appareil.

3. Résumé de l'expérience

1. De combien l'aiguille du galvanomètre dévie-t-elle quand on tourne la manivelle du Genecon V3 ?

Voici les réponses correctes à cette question : 1) La déviation maximale de l'aiguille apparaît quand on commence à tourner la manivelle. 2) La déviation de l'aiguille diminue quand on continue à tourner la manivelle, et/ou 3) La déviation de l'aiguille correspond au moment où on commence à tourner la manivelle. La réponse : « L'aiguille du galvanomètre dévie quand on tourne la manivelle du Genecon V3 » est trop simpliste.

2. De combien l'aiguille du galvanomètre dévie-t-elle quand on tourne la manivelle du Genecon V3 dans les deux sens alternativement ?

Voici les réponses correctes à cette question : « La déviation maximale de l'aiguille apparaît chaque fois qu'on change le sens de rotation de la manivelle ». Outre une réponse telle que « la direction de la déviation de l'aiguille change quand on change le sens de rotation de la manivelle du sens des aiguilles d'une montre, au sens contraire des aiguilles d'une montre, et vice versa ».

3. Bien que les deux bobines ne soient pas connectées entre elles par un fil conducteur, quand on tourne la manivelle du Genecon V3 l'aiguille du galvanomètre dévie, ce qui signifie que de l'électricité passe dans les bobines. Penser aux différentes raisons pour lesquelles l'électricité circule et les noter ci-dessous.

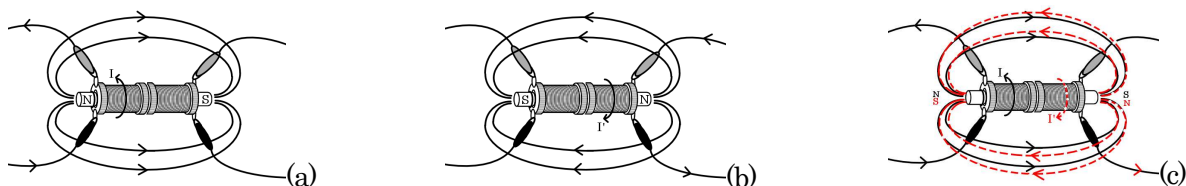
Quand un courant électrique circule dans la bobine 1 grâce au Genecon V3, des pôles Nord et Sud apparaissent sur le noyau de fer inséré de manière orthogonale dans cette bobine (c'est le phénomène de l'électro-aimant). Puis, une autre force magnétique est générée (de manière orthogonale à la bobine 2) sur la partie du noyau de fer inséré dans la bobine 2 : c'est comme si elle contrait la force magnétique générée à la bobine 1.

4. Quand le noyau de fer est inséré dans deux bobines isolées, si l'on fournit du courant électrique à l'une, du courant électrique est induit dans l'autre. Décrire ce phénomène ci-dessous en dessinant le flux du courant électrique et le champ magnétique.

On interprète l'induction réciproque (mutuelle) comme se produisant essentiellement sur la base de deux phénomènes : (a) des pôles Nord et Sud apparaissent sur le noyau de fer inséré de manière orthogonale dans la bobine 1 quand du courant électrique y circule grâce au Genecon V3, (b) le pôle Nord se crée au pôle Sud indiqué en (a) et le pôle Sud se crée au pôle Nord indiqué en (b), se contrant mutuellement, ce qui induit le courant électrique dans la bobine 2. Comme (a) et (b) et produisent de manière presque simultanée, l'ensemble des phénomènes peut être illustré comme indiqué en (c).

Autrement dit, comme on l'a vu dans chacun des cas ci-dessus (1, 2 et 3), du courant électrique n'est généré que quand une transformation se produit dans les lignes de forces magnétiques. Si ce n'est pas le cas, l'induction réciproque (mutuelle) ne se produit pas.

Entretemps, la déviation de l'aiguille du galvanomètre est observée grâce à la déviation des lignes de forces magnétiques en fonction du flux électrique pulsatile généré par le Genecon V3. Cependant, si on utilise des piles sèches ou un dispositif d'alimentation électrique au lieu du Genecon V3, la déviation de l'aiguille du galvanomètre n'apparaît pas.



Générer du courant électrique par un champ magnétique 2

1. Objectif pédagogique

Nous pouvons illustrer le fait qu'un champ magnétique est généré par un courant électrique par les expériences d'Ersted, la règle de la main droite d'Ampère et l'électro-aimant, que nous avons étudié dans le chapitre précédent. Dans ce chapitre, nous allons étudier l'induction électromagnétique, dont le principe est que le courant électrique est généré par un champ magnétique.

La quantité de courant électrique et la tension produites par l'induction électromagnétique sont déterminées par la puissance de l'aimant et / ou par le nombre de tours de la bobine utilisée. Normalement, les expériences sur l'induction électromagnétiques sont réalisées à l'aide d'un galvanomètre de type général en combinaison avec une bobine à de nombreux tours. Dans ce chapitre, nous allons confirmer l'expérience de Faraday sur l'induction électromagnétique en mesurant la transformation du courant électrique selon le champ magnétique, en utilisant un aimant Alnico en combinaison avec une bobine à un tour.

De cette façon, les élèves pourront comprendre que l'induction électromagnétique se produit même quand un fil conducteur unique (bobine) est approché d'un aimant. Par comparaison avec une expérience utilisant une bobine de plus de 200 tours. L'objectif de ce chapitre est d'offrir aux élèves une meilleure compréhension de l'induction électromagnétique par la pratique personnelle.

2. Contexte historique

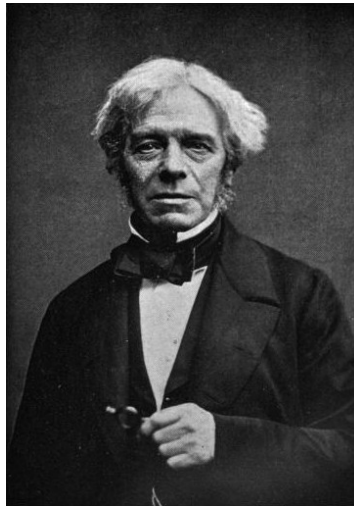
Michael Faraday (1791 - 1867) était un scientifique anglais qui contribua aux domaines de l'électromagnétisme et de l'électrochimie. Ses découvertes principales incluent l'induction électromagnétique, le diamagnétisme et l'électrolyse. Par ses recherches sur le champ magnétique autour d'un conducteur transportant du courant direct, Faraday établit la base du concept du champ électromagnétique en physique.

Quand Ersted découvrit que l'électricité produit du magnétisme, Faraday se demanda si le magnétisme peut produire de l'électricité. En 1831, il montra que c'est le cas. Lors de sa première démonstration expérimentale sur l'induction électromagnétique, Faraday enroula deux fils conducteurs sur les côtés opposés d'un anneau de fer. Il brancha l'un des fils à un galvanomètre, et observa celui-ci tandis qu'il branchait l'autre fil à une pile. Quand la pile fut connectée, l'aiguille du galvanomètre dévia brutalement, enregistrant la présence de courant électrique dans une des bobines. Cependant, l'effet s'estompa rapidement et l'aiguille ne détecta bientôt plus de courant, bien que la pile fut encore connectée.

Enfin, des années plus tard, il découvrit que si la pile est éteinte et rallumée de manière répétée, l'effet peut être réitéré à volonté. Quand la pile est connectée, les électrons circulent le long du fil de cuivre de l'une des bobines que constituent les spires enveloppant l'anneau. Ceci a pour effet d'induire du magnétisme dans l'anneau. Un champ magnétique d'électrons excités est créé, produisant un courant électrique dans l'autre bobine, qui est à l'intérieur du champ magnétique. Ceci est l'une des plus grandes découvertes de Faraday : **L'induction réciproque (mutuelle)** est la production de courant dans une bobine seulement quand des transformations de courant se produisent (il ne se produit pas de transformation pendant le transport du courant).

Ses réalisations majeures :

- L'induction électromagnétique
- L'effet Faraday
- La constante de Faraday
- La loi sur l'électrolyse de Faraday
- La ligne de force électrique
- La jauge de Faraday
- La coupe de Faraday



Michael Faraday

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

File:Fara day-Millikan-Gale-1913.jpg

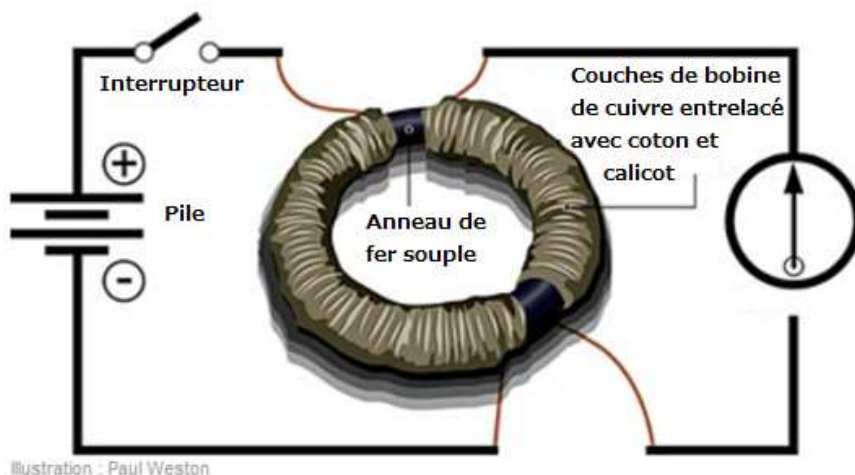


Illustration : Paul Weston

Définition contemporaine de l'induction réciproque (mutuelle) : C'est le phénomène selon lequel la transformation de courant dans une bobine crée un champ EM (électromagnétique) dans une autre bobine placée près de la première. La bobine dans laquelle le courant est transformé est appelée « bobine primaire », et celle dans laquelle le champ EM est induit est appelée « bobine secondaire ». Considérer deux bobines placées près l'une de l'autre. Quand du courant passe dans la bobine primaire, un flux magnétique est produit. Ce flux magnétique est aussi lié à la bobine secondaire. Si le courant est transformé en modifiant la résistance dans le circuit primaire, le flux magnétique est également transformé. Comme ce flux transformé est lié à la bobine secondaire, il y induit un champ EM. Ce phénomène d'induction d'un champ EM dans une bobine en transformant le courant dans une autre bobine est appelé induction mutuelle.

Il découvrit en outre que du courant est transporté même quand l'aimant est déplacé à l'intérieur d'un inducteur à noyau d'air : ceci le mena à la découverte de la loi sur l'induction électromagnétique qui dit que « l'intensité de la force électromotrice induite causée dans un circuit est proportionnelle au taux de changement du champ magnétique pénétrant ce circuit. » (Dans ce chapitre, nous allons réaliser une expérience pour confirmer cette loi.)

3. Présentation du matériel pour les expériences

Galvanomètre GM-6000 :

Le galvanomètre est un instrument que l'on utilise pour détecter le courant, qui a une sensibilité d'environ $2,5 \mu\text{A}$ et une échelle de mesure de $\pm 50 \mu\text{A}$. Équipé d'un amplificateur (environ 1000x), c'est un galvanomètre particulièrement sensible qui peut détecter de très faibles quantités de courant.

Il peut par exemple détecter la petite quantité d'électricité générée par l'induction électromagnétique qui se produit quand un aimant est approché d'un fil conducteur rectiligne. Il peut aussi détecter la toute petite quantité de courant générée par l'induction électromagnétique qui se produit quand un long fil conducteur interagit avec les lignes de champ magnétiques terrestres plutôt qu'avec un aimant.

- Sensibilité voltaïque : environ $1,6 \times 10^{-4} \text{V/mm}$
- Sensibilité au courant : environ $2,5 \times 10^{-6} \text{A/mm}$, échelle de mesure indiquant $\pm 50 \mu\text{A}$ (zéro central)
- Degré d'amplification : Amplification différentielle, facteur d'amplification 60dB



Galvanomètre GM-6000
(Narika A05-7120)

4. Inspection du matériel et essai préliminaire

Le professeur doit obligatoirement procéder à un essai préliminaire pour vérifier la marche à suivre et détecter tout défaut ou panne de l'instrument avant que les élèves ne l'utilisent. Dans ce chapitre, vérifier le Genecon V3 et le dispositif d'Ampère selon la procédure décrite ci-dessous.

● Procédure pour la vérification du galvanomètre

Étapes	Actions	Illustrations
1	Ôter le fil protecteur entre les deux bornes. Ensuite, connecter les câbles à chacune des bornes.	
2	Vérifier que la source d'alimentation de l'amplificateur du galvanomètre fonctionne en réglant l'interrupteur de basculement fixé sur le panneau frontal sur "1000x".	Le voyant de l'interrupteur de basculement s'allumera. Dans le cas contraire, changer la pile car elle est usée.
3	Régler l'aiguille indicative du galvanomètre sur zéro (0) en utilisant le bouton de réglage du point zéro sur le panneau frontal.	L'aiguille doit indiquer le point zéro. ● Dans le cas contraire, il se peut que le fil de protection entre les deux bornes soit toujours en place. Le retirer. ● Si ce n'est pas le cas, il se peut que la pile de rechange soit usée. La remplacer par une pile neuve.
4	Fin de l'opération de vérification.	

● Procédure pour changer la pile du galvanomètre

Étapes	Actions	Illustrations
1	Retirer le couvercle du compartiment à piles sur la surface inférieure du galvanomètre.	
2	Retirer la pile sèche (9V) du compartiment à piles.	
3	Installer une nouvelle pile sèche (9V) dans le compartiment à piles et replacer le couvercle.	
4	Vérifier que le galvanomètre fonctionne normalement.	

5. Plan du cours

	Étapes du cours	Déroulement du cours	Points principaux (Précautions)	Durée de la séquence
1	Introduction	<ul style="list-style-type: none"> ● Contexte historique ● Le courant électrique génère un champ magnétique. ● Le théorème d'Ampère ● L'expérience d'Ersted ● L'induction électromagnétique de Faraday 	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduction à l'électrodynamique et à l'électromagnétisme. ● Le thème de l'interaction entre Maxwell et Faraday serait très efficace. 	10 min
2	Expérience	<ul style="list-style-type: none"> ● Mettre les élèves par deux. ● Préparer trois types de bobines solénoïdes : à un tour, trois tours et dix tours. ● Exposer le fil de cuivre en dénudant l'extrémité du fil émaillé. ● Connecter la portion dénudée de fil émaillé au galvanomètre par un câble avec clips. ● Régler le bouton de sensibilité du galvanomètre à 1000x. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dénuder les deux extrémités du fil émaillé pour exposer le fil de cuivre. ● Au cas où vous n'auriez pas de câble avec clips, connectez le fil émaillé aux bornes du galvanomètre. ● S'assurer d'avoir déjà réglé le bouton de sensibilité du galvanomètre sur 1000x. 	30 min
3	Résumé	<ul style="list-style-type: none"> ● Les élèves doivent indiquer le résultat sur leur fiche de cours. ● Ils sont libres d'indiquer le résultat à leur manière. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Laisser les élèves noter en détail ce qu'ils ont découvert. 	10 min
4	Conclusion et présentation par les élèves	<ul style="list-style-type: none"> ● Inciter les élèves à faire leur présentation à partir de ce qu'ils ont noté sur leur fiche de cours. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Essayer de se servir de ce que les élèves ont appris dans ce chapitre pour travailler sur le suivant. 	10 min

[NB] En ce qui concerne ce qui précède, les professeurs doivent adapter leur enseignement au niveau de leur établissement scolaire.

6. Expérience pour les élèves : extraits de leur fiche de cours

Générer du courant électrique par un champ magnétique 2

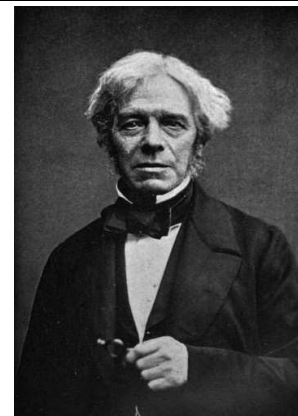
1. Expérience de Faraday sur l'induction électromagnétique - Michael Faraday

Des années après la découverte en 1820 par A. M. Ampère du théorème portant son nom (règle de la main droite), qui présentait la théorie de base de l'électricité et du magnétisme, William Sturgeon et Joseph Henry découvrirent et inventèrent l' électro-aimant en 1828.

A partir de la découverte par Ørsted du fait qu'un courant électrique génère un champ magnétique, Michael Faraday commença à penser qu'un champ magnétique peut générer de l'électricité. Il conduisit des recherches liées au champ magnétique créé autour d'un conducteur électrique quand un courant direct circule.

Faraday créa deux bobines en enroulant des conducteurs en nichrome sur un anneau de fer. Quand il fit circuler du courant électrique dans l'une des bobines, il s'aperçut que le courant circulait instantanément dans l'autre bobine également (en 1831).

Il découvrit en outre que du courant est transporté même quand l'aimant est déplacé à l'intérieur d'un inducteur à noyau d'air : ceci le mena à la découverte de la loi sur l'induction électromagnétique.



Michael Faraday

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

File:Faraday-Millikan-Gale-1913.jpg

2. Expérience sur l'induction électromagnétique

1. But de l'expérience :

Confirmer l'expérience de Faraday sur l'induction électromagnétique, en utilisant des bobines, un aimant et un galvanomètre.

2. Matériel :

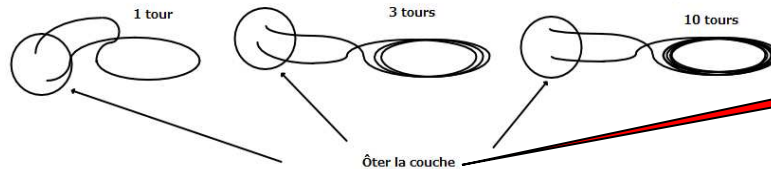
- *Galvanomètre GM-6000: 1 exemplaire (Narika A05-7120)
- *Une barre magnétique Alnico : 1 exemplaire (Narika B10-3090-01)
- *Câble émaillé : Quantité adéquate (Narika P70-2251-04)
- *Câble avec pinces (rouge et noir) : 1 exemplaire (Narika B10-6503)



Galvanomètre GM-6000
(Narika A05-7120)

3. Expérience 1 : Induction électromagnétique causée par l'introduction ou le retrait de l'aimant

- 1) Fabriquer 3 bobines (solénoïdes) en utilisant du fil émaillé : à 1 tour, à 3 tours et à 10 tours.
- 2) Avec du papier de verre, frotter le revêtement émaillé aux extrémités de chaque bobine jusqu'à ce que le cuivre apparaisse.

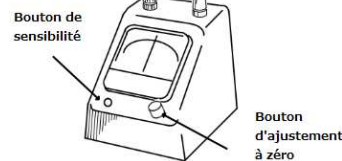


Important !

- 3) Connecter les deux câbles avec clips à la partie en cuivre des fils de la bobine en les pinçant (comme indiqué sur la figure de droite).
- 4) Connecter les autres extrémités des deux câbles avec clips aux bornes du galvanomètre GM-6000 selon les couleurs de ces dernières (rouge sur rouge et noir sur noir).
- 5) Régler la position du bouton de sensibilité du galvanomètre GM-6000 sur 1000x.
- 6) Tenir la bobine à 1 tour dans une main et y insérer la barre magnétique Alnico, puis la retirer.
- 7) Dans le tableau ci-dessous, noter la valeur maximum et instantanée indiquée par l'aiguille du galvanomètre GM-6000 au cours de l'action.
- 8) Remplacer la bobine à 1 tour par une autre et répéter les étapes 6 et 7 pour remplir le tableau ci-dessous.

Le déplacer lentement avec une seule main.

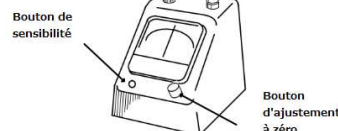
Il est impossible d'obtenir un résultat satisfaisant avec x1, à cause de la faible sensibilité.



4. Expérience 2 : L'induction électromagnétique par chute d'un aimant

1. Utiliser les bobines fabriquées pour l'expérience 1.
2. Suivre les tapes 2 à 5 de l'expérience 1.
3. Tenir la bobine à 1 tour dans une main et de l'autre lâcher la barre magnétique Alnico au-dessus du centre de la bobine. En même temps, déplacer rapidement cette main sous la bobine pour rattraper la barre.
4. Dans le tableau ci-dessous, noter la valeur maximale et instantanée indiquée par l'aiguille du galvanomètre GM-6000 à cet instant.
5. Remplacer la bobine à 1 tour par une autre et répéter les étapes 3 et 4 pour remplir le tableau ci-dessous.

Laisser l'aimant tomber librement.



3. Résumé des expériences

Dans le tableau ci-dessous, noter la valeur indiquée par l'aiguille du galvanomètre GM-6000 dans chaque cas (l'unité de valeur indiquée par l'aiguille n'est pas nommée).

Tableau récapitulatif : résultats des expériences

Expérience	Valeur indiquée par l'aiguille sur le galvanomètre GM-6000		
	Bobine à 1 tour	Bobine à 3 tours	Bobine à 10 tours
Expérience 1	Trois crans (divisions)	5-7 crans (divisions)	10-15 crans (divisions)
Expérience 2	4 crans (divisions)	6-10 crans (divisions)	15-20 crans (divisions)

1. En fonction du nombre des tours de la bobine, de combien l'aiguille du galvanomètre a-t-elle dévié ?

Beaucoup (le plus) dévié = 10 tours > 3 tours > 1 tour = Légèrement (le moins) dévié

2. Comparer l'amplitude de la déviation de l'aiguille du galvanomètre entre les expériences 1 et 2.
Noter à l'endroit souligné > ou < selon le cas.

Expérience 1 < Expérience 2

3. D'après le résultat des expériences 1 et 2, expliquer l'induction électromagnétique ci-dessous.

D'après le résultat des expériences, les explications valables sont comme suit :

- 1) D'après le résultat des expériences 1 et 2, on peut dire que la déviation de l'aiguille du galvanomètre se produit quand un aimant est approché de la bobine, tandis que la déviation de l'aiguille du galvanomètre dans l'autre direction se produit quand un aimant en est écarté.
- 2) D'après le 1) ci-dessus, on peut dire que la déviation de l'aiguille du galvanomètre se produit quand le pôle (S/N) d'un aimant est approché ou écarté de la bobine, et qu'il détermine la direction de la déviation de l'aiguille du galvanomètre.
- 3) D'après la comparaison des résultats des expériences 1 et 2, on peut dire que si un aimant traverse la bobine plus vite, l'aiguille du galvanomètre dévie davantage (indiquant plus de divisions), puisque l'aiguille de l'expérience 2 a dévié davantage que celle de l'expérience 1.
- 4) D'après la comparaison des résultats des expériences 1 et 2, on peut dire que si un aimant traverse la bobine qui a le plus de tours, l'aiguille du galvanomètre dévie davantage (indiquant plus de divisions). Ceci veut dire qu'une bobine avec davantage de tours semble générer une déviation de l'aiguille du galvanomètre plus importante.

NB

ATTENTION !!!!!

La hauteur depuis laquelle l'aimant est lâché est importante quand on réalise l'expérience 2 (la chute libre d'un aimant). Donc, si une différence significative n'apparaît pas, c'est que l'aimant a été lâché de trop bas.

Penser à placer un coussin à l'endroit où l'aimant va tomber car il pourrait être endommagé s'il est lâché d'un point assez haut et tombe par terre, ou s'il tombe sur une table, il pourrait endommager celle-ci.

Guide du professeur pour la sélection des expériences sur l'électricité dynamique
de Narika Corporation

Copyright © 2014 par Narika Corporation.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, conservée dans un système de recherche ou transmise d'aucune forme ou moyen électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre, sans l'accord préalable de l'éditeur.

Édité à Tokyo au Japon, par Narika Corporation

Narika Corporation
5-3-10 Sotokanda, Chiyoda, Tokyo 101-0021, Japon
<http://global.narika.jp>
global@rika.com

Imprimé au Japon