

MÄRKLIN- ELEX

14952





Voici les avantages de la boîte **MÄRKLIN-ELEX**

- MÄRKLIN-ELEX est un jouet de qualité. Il initie l'enfant aux principes fondamentaux de l'électromagnétisme et de l'électrotechnique.
- Les boîtes MÄRKLIN-ELEX constituent un complément des boîtes de construction MÄRKLIN; elles peuvent donc être utilisées ensemble.
- Il existe 2 boîtes fondamentales MÄRKLIN-ELEX et une boîte complémentaire.
- La boîte complémentaire 1062 transforme la boîte fondamentale 1052 et boîte fondamentale 1053.
- Un manuel d'instructions richement illustré est joint à chaque boîte.
- Les boîtes MÄRKLIN-ELEX éveillent dès le plus jeune âge l'intérêt pour les questions techniques et électriques. Elles contribuent ainsi au développement du jeune garçon.
- Nos ingénieurs se feront un plaisir de répondre à toutes les questions que vous voudrez leur soumettre.
- Vous pourrez trouver tous les jouets MÄRKLIN chez votre dépositaire.
- Nous ne livrons pas directement aux particuliers; par contre nous sommes à votre disposition pour vous indiquer une liste de dépositaires.

GEBR. MÄRKLIN & CIE. ^{GM}_{BH} · GÖPPINGEN/WÜRTT.

TABLE DES MATIERES

Expérience	Page
Les avantages de MÄRKLIN-ELEX	1
Table des matières	2
A. Instructions générales	+ 6
I. Mécanismes fondamentaux	9
A. Eléments mécaniques	9
B. Tension des ressorts	+ 9
C. Contacts électriques	+ 10
B. Magnétisme	11
I. Aimants naturels et aimants artificiels	11
Attraction magnétique	* 11
Le fer est attiré par l'aimant	* 12
Champ magnétique	* 12
Force d'un aimant	* 13
Chaîne magnétique	* 14
Voûte magnétique	* 14
Le nickel est aussi attiré	* 15
Le lait n'est pas attiré	* 15
Un morceau de fer dans le champ magnétique	* 16
Aimantation d'un morceau de fer	* 17
Le noyau de fer perd son aimantation	* 17
Aimantation d'une aiguille à tricoter	* 18
L'aiguille à tricoter aimantée attire la limaille de fer	* 18
La chaleur détruit l'aimantation	* 19
Aimant avec armature	* 19
II. Magnétisme terrestre	20
Une aiguille à tricoter suspendue se tourne dans la direction nord	* 20
Boussole	* 20
Nous déterminons les points cardinaux	+ 21
La boussole est perturbée par la présence de fer	* 22

* Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

** Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Expérience	Page
Répulsion magnétique	* 22
Attraction magnétique	* 23
Actions réciproques de 2 aimants	* 24
Pôle nord et pôle sud de l'aimant en fer à cheval	* 25
Boussole d'inclinaison	* 26
Le globe terrestre est un aimant	* 27
Explication de l'inclinaison	+ 28
C. Principes fondamentaux de l'électricité (courant continu)	29
I. Tension	29
Les générateurs électriques	+ 29
Pile électrique	* 29
Comment brancher les câbles?	* 30
Comment brancher 2 piles en série?	* 30
II. Courant électrique	31
Pourquoi une ligne électrique comporte-t-elle 2 conducteurs?	+ 31
Comment brancher 2 piles en parallèle	* 32
Circuit électrique comportant une pile et une ampoule	* 32
Interrupteur avec contact de travail	* 33
Interrupteur avec contact permanent	* 33
Conducteurs électriques	* 34
Isolants	* 34
Structure d'un câble électrique	+ 35
III. Schéma électrique	35
Les signes conventionnels	+ 35
Représentation schématique d'un circuit électrique	+ 36
IV. Résistance électrique	37
Résistance en fonction de la section du conducteur	* 37
Construction d'un rhéostat	** 38

+ Instructions générales utiles pour la compréhension des expériences

TABLE DES MATIERES

Expérience	Page
Résistance électrique d'un conducteur en fonction de sa longueur	** 40
Unités électriques	+ 41
Loi d'Ohm	** 42
Court-circuit, court-circuiter	+ 43
Chute de tension	** 44
Diviseur de tension	** 45
D. Effets du courant électrique	46
I. Effet calorifique	46
Echauffement d'un fil résistant	** 46
Radiateur électrique	** 47
Coupe-circuit	** 48
Soudeuse par points	** 50
Electrograveur	** 53
Arc électrique	** 53
II. Eclairage électrique	55
Comment est faite une ampoule électrique?	+ 55
Lampe de poche	* 55
Applique	* 56
Porte-montre	* 56
Protection des installations d'éclairage	+ 57
Prise de courant et commutateur à trois directions	+ 58
Va et vient	+ 59
III. Effets chimiques du courant électrique	60
Composition de la pile	+ 60
Décomposition de l'eau	* 60
Electrolyse d'une solution salée	* 61
Accumulateur	+ 62

* Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

** Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Expérience	Page
IV. Electromagnétisme	63
1. Champ magnétique d'un courant	63
Une bobine, qui n'est traversée par aucun courant, ne fait pas dévier l'aiguille aimantée	* 63
Une bobine traversée par un courant électrique fait dévier l'aiguille aimantée	* 64
Direction du champ magnétique et sens du courant	* 64
Lignes de force du champ magnétique produit par la bobine	* 65
Bobine munie d'un noyau de fer (circuit magnétique ouvert)	* 66
Bobine avec circuit magnétique fermé	* 66
Champ magnétique de 2 électro-aimants de même axe	** 67
Champ magnétique de 2 électro-aimants d'axes parallèles	** 69
2. Forces électromagnétiques	70
Construction d'un électro-aimant	* 70
Un électro-aimant a un pôle nord et un pôle sud	* 71
Force d'attraction exercée par une bobine traversée par un courant	* 72
Force d'attraction de la bobine avec son noyau de fer	* 72
Electro-aimant à levier	* 73
Barrière de passage à niveau	* 74
Sémaphore	* 75
Grue avec électro-aimant de levage	* 77
Attraction réciproque de 2 électro-aimants	** 78
Répulsion de 2 électro-aimants	** 79
Conducteur traversé par un courant dans un champ magnétique	** 80
Conducteur traversé par un courant soumis au champ magnétique d'un électro-aimant	** 81
Actions réciproques de 2 champs magnétiques	** 82
E. Moteurs électriques	83
Principe du moteur électrique	+ 83
Collecteur - Balais - Induit	+ 83

+ Instructions générales utiles pour la compréhension des expériences

TABLE DES MATIERES

Expérience	Page
Induit tripolaire	+ 84
Induit multipolaire	+ 85
Construction d'un moteur électrique	* 86
Schéma d'un moteur à excitation séparée	+ 87
Fonctionnement du moteur à excitation séparée	* 87
Inversion du sens de marche du moteur à excitation séparée	* 88
Aimantation rémanente	* 89
Moteur à excitation séparée avec rhéostat de démarrage	** 90
Schéma de principe d'un moteur shunt	+ 91
Fonctionnement du moteur-shunt	* 91
Inversion du sens de rotation d'un moteur-shunt	* 92
Schéma du moteur série	+ 93
Fonctionnement du moteur série	* 93
Inversion du sens de rotation du moteur série	* 94
Moteurs à courant alternatif	* 95
Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur série	** 96
Augmentation de la puissance du moteur par engrenages	* 97
Trains électriques	+ 98
 F. Instruments de mesure électriques	 99
Galvanoscope	* 99
Règle de la main droite	+ 100
Boussole des tangentes	* 100
Galvanomètre a) branché en voltmètre	* 101
b) branché en ampèremètre	* 102
Construction d'un galvanomètre sensible	** 102
Courants électriques dans des circuits dérivés de résistance variable	** 104
Pont de Wheatstone	** 106
Construction d'un voltmètre thermique	** 109
Voltmètre thermique et diviseur de tension	** 110
Construction d'un voltmètre à fer doux	* 111
Instrument à cadre mobile	+ 113
Instruments électrodynamiques	+ 115

* Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

** Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Expérience	Page
 G. Principes fondamentaux de l'électricité (courant alternatif)	 116
 I. Induction électromagnétique	 116
Bobine mobile dans un champ magnétique fixe	** 116
Générateur électrique: Dynamo	+ 118
Générateur à excitation séparée (dynamo)	* 119
Bobine fixe dans un champ magnétique variable	** 120
Induction électromagnétique entre 2 conducteurs voisins	+ 121
Induction électromagnétique entre 2 bobines au repos	** 121
Champ de fuites	** 123
Transformateur pour courant alternatif	** 123
Construction d'un transformateur	** 125
Chute de la tension secondaire par suite d'un enroulement en court-circuit	* 126
Force exercée par un champ magnétique variable sur une bobine court-circuitée	** 127
Construction d'un transformateur-vibreur	** 128
Variation de la tension secondaire et court-circuit d'un transformateur-vibreur	** 129
Courants de Foucault	+ 130
Frein de Foucault	** 130
Transport de l'énergie électrique	+ 134
 II. Capacité	 137
Le condensateur	+ 137
Antiparasitage d'un moteur	** 137
 III. Fréquence	 138
Construction d'un vibreur	* 138
Fréquence	+ 140
Vibreur à fréquence variable	* 141
Antiparasitage du vibreur	** 141
Appareil à électriser	* 142

+ Instructions générales utiles pour la compréhension des expériences

TABLE DES MATIERES

Expérience	Page
Pendule électrique	** 143
Moteur oscillant	** 144
H. Technique des télécommunications	145
I. Les relais électromagnétiques	145
Quel est le rôle d'un relais?	+ 145
Construction d'un relais simple à volet	** 145
Construction d'un relais à minima	** 146
Exemple d'application du relais à minima	** 147
Relais à maxima	** 148
Application de relais à maxima: relais de surintensité	** 150
Sonnerie électrique	* 151
Comment déclencher une sonnerie à partir de plusieurs pièces	+ 152
Installation de sonnerie dans un immeuble à plusieurs appartements	+ 152
Sonnerie d'alarme	* 153
II. Télégraphie par fil	154
Alphabet Morse	+ 154
Télégraphe Morse	* 155
Schéma d'une ligne télégraphique	+ 157
Télégraphe à signaux lumineux	* 158
Constructions de 2 stations télégraphiques à réception et transmission simultanées	** 159
Ligne télégraphique à trafic alterné	** 160

* Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

** Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Expérience	Page
III. Téléphonie par fil	161
Microphone	+ 161
Récepteur téléphonique	+ 161
Construction d'une installation téléphonique simple	* 162
Téléphone	+ 164
Installation téléphonique simple	** 166
Installation téléphonique avec appel d'un poste	** 167
a) Construction du poste d'appel	** 167
b) Construction du poste appelé	** 168
c) Schéma de branchement	169
d) Fonctionnement de la ligne téléphonique	171
Installation téléphonique avec appel réciproque et ligne à 3 conducteurs	** 172
a) Construction des 2 postes	** 172
b) Schéma de branchement	174
c) Mise en service de l'installation	175
Ligne téléphonique avec appels réciproques (ligne à 2 conducteurs)	** 176
a) Construction des 2 postes	176
b) Schéma électrique	176
c) Mise en service de la ligne téléphonique	178
Pièces détachées des boîtes MÄRKLIN-ELEX	180
Contenu des boîtes MÄRKLIN-ELEX	183

+ Instructions générales utiles pour la compréhension des expériences

A. Instructions générales

Les illustrations de ce manuel ainsi que les nombreux conseils donnés ont été conçus en tenant compte des lois fondamentales de la physique. Pour comprendre ces lois il suffit d'exécuter les expériences décrites dans ce manuel. Pour éviter les déboires, il convient de tenir compte des règles générales qui suivent:

- Etudier les mécanismes fondamentaux avant de commencer les expériences; ces mécanismes entrent en effet dans toutes les expériences et il convient de les avoir bien compris.
- Pour tirer tout le profit des expériences qui suivent il faut commencer par les expériences simples; il sera dès lors facile de réaliser et de comprendre les expériences plus difficiles.
- Préparer, avant de commencer l'expérience, les pièces nécessaires; on évitera de la sorte des pertes de temps et le travail sera facilité.
- Le montage des expériences doit se faire avec doigté; ne serrez jamais les vis à bloc pendant le montage. Il suffit de serrer les vis lorsque le modèle est terminé.
- Les illustrations doivent faciliter le travail; il convient donc de les étudier avant de commencer une expérience.
- Le perçage des trous dans les bandes et plaques est très précis; il suffit donc de compter les trous pour obtenir un montage parfait.

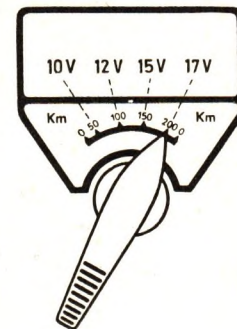
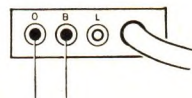
Nous conseillons l'emploi du transformateur MÄRKLIN 13470 UG pour toutes les expériences qui ne nécessitent pas le courant continu. Ce transformateur, d'une puissance de 12 VA comporte des prises secondaires donnant 4, 6, 9, 12, 17 et 20 volts.

Les transformateurs MÄRKLIN pour trains électriques peuvent aussi servir; dans ce cas cependant les prises ont un autre diamètre et il faut utiliser les prises intermédiaires livrées avec les boîtes.

Remarques importantes concernant l'emploi des transformateurs de chemins de fer:

- ① En reliant les câbles aux bornes rouge et brune, l'action sur le bouton permet de faire varier la tension entre 9 et 17 volts. Aux indications sur le transformateur correspondent les tensions suivantes:

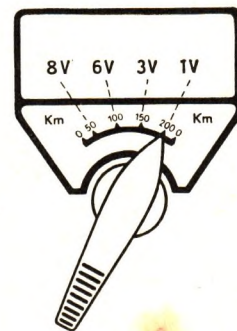
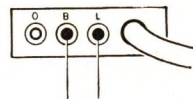
entre 0 et 50 km	environ 9 volts
à 50 km	environ 10 volts
à 100 km	environ 12 volts
à 150 km	environ 15 volts
à 200 km	environ 17 volts



Attention! Une pression sur le bouton donne une tension d'environ 24 volts!

- ② Si l'on relie les câbles aux bornes rouge et jaune, on peut faire varier la tension de 0 à 9 volts. Dans ce cas la tension varie en sens inverse de l'indication de vitesse. La correspondance entre tension et vitesse est la suivante:

à 200 km correspond une tension de 1 volt	environ
à 150 km correspond une tension de 3 volts	environ
à 100 km correspond une tension de 6 volts	environ
à 50 km correspond une tension de 8 volts	environ
entre 0 et 50 km correspond une tension de 9 volts	environ



Il est possible de régler la tension à n'importe quelle valeur par réglage du bouton sur les valeurs intermédiaires.

Les numéros de commande des transformateurs de chemins de fer MÄRKLIN sont les suivants:

Modèle standard:

	Petit transformateur MÄRKLIN pour chemins de fer	Grand transformateur pour chemins de fer
110 volts	6010	6110
125 volts	6011	6111
150 volts	6012	6112
220 volts	6013	6113

Modèle pour la Suisse:

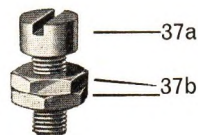
125 volts	6041	6141
220 volts	6043	6143

Le petit transformateur MÄRKLIN a une puissance de 16 VA, ce qui est largement suffisant pour toutes les expériences que l'on peut réaliser à l'aide des boîtes MÄRKLIN-ELEX.

I. Mécanismes fondamentaux

Ces mécanismes ont des justifications purement techniques. Leur étude facilite grandement la construction des modèles.

1. Eléments mécaniques



A 1 Contre-écrou

Pour empêcher un écrou de se desserrer, on serre l'un contre l'autre 2 écrous 75770.



A 3 Assemblage par recouvrement

On relie 2 bandes bout à bout par recouvrement de un ou plusieurs trous (sur la figure 3 trous).



A 2 Vis utilisée comme tourillon

La bande tourne librement autour de l'axe formé par la vis; celle-ci est fixée contre le support par 2 écrous serrés de part et d'autre contre la plaque support.



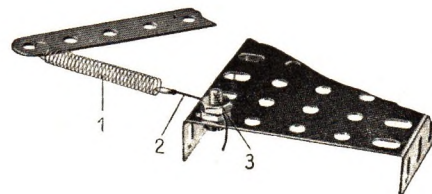
A 4 Coulisse

Détendre légèrement la glissière pour réduire les frottements.

2. Tension des ressorts

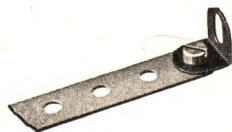
Pour régler la tension d'un ressort à boudin (1) on fixe à celui-ci une ficelle solide (2). La vis d'attache (3) est fixée solidement à l'aide d'un écrou serré à fond. Un contre-écrou permet de fixer la ficelle et de la régler à la longueur voulue. Il faut veiller à placer le fil à contre sens du pas de vis pour que la tension du ressort ne risque pas de desserrer l'écrou.

B Tension d'un ressort



Utiliser les vis courtes 75653 pour fixer la bobine 12109. Vous ménagerez de la sorte les pas de vis dans les flasques de la bobine.

3. Contacts électriques



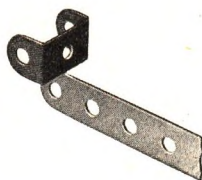
C 1 Contacts par vis

La bande et la pièce équerre doivent être en contact électrique. Pour réaliser ce contact il suffit de gratter soigneusement la couche de couleur émaillée dans les trous des 2 pièces. La vis établit alors le contact électrique.



C 4 Fiche métallique

Cette fiche a été conçue spécialement pour prises des transformateurs; elle peut aussi assurer un contact avec des pièces planes (bandes ou languettes de piles de lampe de poche). Suivant les cas on détendra ou ouvrira les 2 parties afin d'obtenir le meilleur contact.



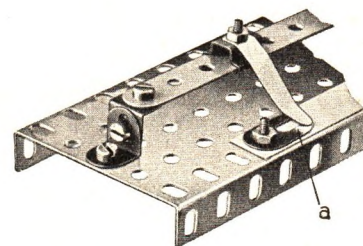
C 2 Contact électrique par 2 pièces qui se touchent

Pour obtenir un contact électrique dans ce cas il suffit de gratter la couleur sur les arêtes qui se touchent.



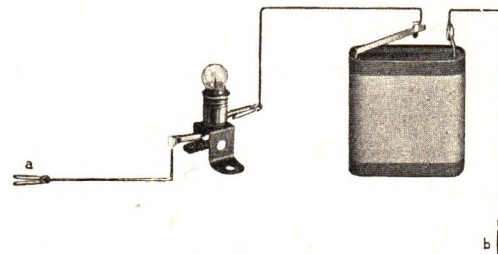
C 5 Isolement de 2 pièces

On évitera le contact électrique entre les 2 pièces en intercalant entre les 2 pièces ainsi qu'entre la seconde pièce et l'écrou une rondelle en fibre isolante. On évite ainsi tout contact entre la vis et la 2^e pièce.



C 3 Contact à ressort

Recourber le ressort de contact de telle façon que celui-ci exerce une légère pression sur le point de contact (pièce a). Les points en contact doivent être nettoyés.



C 6 Vérification du bon contact

On branche en série une pile de lampe de poche, une ampoule et le contact à vérifier. Si l'ampoule brûle lorsqu'on porte les fiches a et b en contact avec le ressort de contact et la pièce a (voir C 3 par ex) il y a bon contact électrique (passage du courant). Dans le cas de la connexion C 5 par contre l'ampoule ne doit pas brûler (isolement).

B. Magnétisme

I. Aimants naturels et aimants artificiels

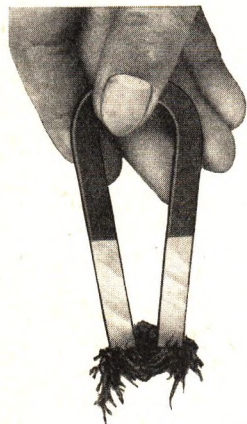
Expérience 1: Attraction magnétique

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 boîte de limaille de fer 12155

1 aimant en fer à cheval 14070



Les propriétés magnétiques de la magnétite, dénommée ainsi d'après la ville de Magnesia en Asie Mineure, étaient déjà connues de nos ancêtres. Cet oxyde magnétique est un aimant naturel qui a la propriété d'attirer la limaille de fer ou d'autres pièces en fer. On peut fabriquer de nos jours des aimants à partir d'aciers spéciaux. Ceux-ci présentent les mêmes propriétés, par exemple l'aimant en fer à cheval. Prenons cet aimant et

plongeons-le dans un petit tas de limaille de fer; si nous le retirons la limaille reste pendue aux deux extrémités de cet aimant. Toute la force d'attraction est localisée en ces extrémités appelées pôles de l'aimant.



Manutention de ferraille
à l'aide d'une grue à électro-aimant

Expérience 2

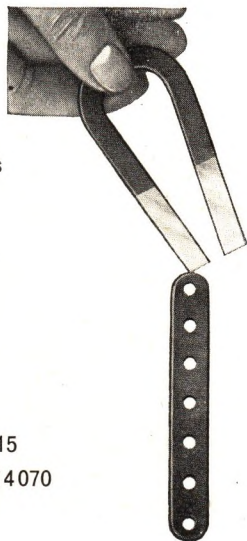
Le fer est attiré par l'aimant

Réalisable avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 bande No. 10003
ou un noyau en fer 12115
- 1 aimant en fer à cheval 14070

L'aimant en fer à cheval n'attire pas seulement les légères limailles de fer mais aussi des pièces plus lourdes en fer telles que la bande ou le noyau de fer 12115.



Expérience 3

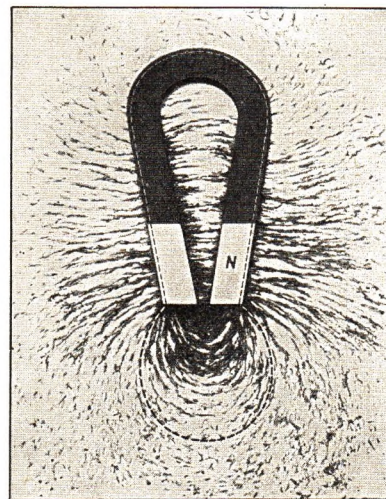
Champ magnétique

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052
ou 1053

Plaçons notre aimant sur une feuille de carton et dessinons ses contours. Découpons ensuite soigneusement le carton en suivant le contour dessiné de sorte que nous puissions loger l'aimant dans la découpe obtenue. Saupoudrons le carton de limaille de fer en tapotant légèrement sur celui-ci. Les grains de limaille se rangent en ordre. L'espace dans lequel l'aimant exerce une influence sur la limaille est appelé «champ magnétique». La direction dans laquelle les grains se rangent indique la direction de la force magnétique qui est due à ce champ magnétique. Les grains se rangent en lignes régulières appelées lignes de force; elles vont, à l'extérieur de l'aimant, du pôle nord vers le pôle sud; à l'intérieur de la matière de l'aimant elles vont du pôle sud au pôle nord; le magnétisme est donc une propriété de la matière de l'aimant qui émet des forces dans l'espace environnant. Le champ magnétique a sa plus grande intensité dans la partie comprise entre les 2 pôles de l'aimant; c'est là que les lignes de force sont les plus serrées. Il n'est cependant pas possible de localiser tous les effets magnétiques aux pôles; c'est pour cela que l'on observe aussi des lignes de force le long des branches de l'aimant en fer à cheval. La densité des lignes de force y est cependant nettement plus faible qu'aux pôles.

Pièces nécessaires:

- 1 boîte de limaille de fer 12155
- 1 aimant en fer à cheval 14070
- 1 feuille de carton de 12×18 cm



Les lignes de force sont des lignes fermées en elles même. Elles traversent les surfaces de l'aimant et existent aussi à l'intérieur de celui-ci. Le long des lignes de force on observe une force de traction alors que perpendiculairement à ces lignes il existe une force de pression. Nous n'insisterons pas ici sur ces phénomènes car nous aurons l'occasion d'y revenir.

Plaçons maintenant sur l'aimant une feuille de papier et saupoudrons - la de limaille de fer. On observe la même répartition de la limaille en lignes de force. Le papier n'arrête donc pas le champ magnétique.

Il est possible de compléter cette expérience à l'aide de la boîte ELEX 1053. Plaçons la plaque 12021 (en fer) sur l'aimant et saupoudrons-la de limaille de fer. On n'observe plus de lignes de force. La plaque de fer arrête les lignes de force. Remplaçons la plaque de fer par la plaque de laiton (plaque rectangulaire 11321 recouverte de papier) ou par le disque d'aluminium 12022, on observe de nouveau les lignes de force. Le laiton et l'aluminium n'arrêtent pas les lignes de force.

Expérience 4

Force d'un aimant

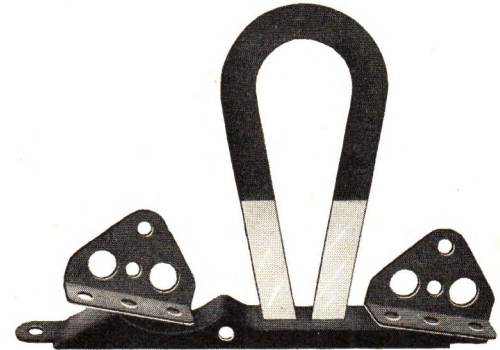
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

2 supports 12108

1 inducteur 12141

1 aimant en fer à cheval 14070



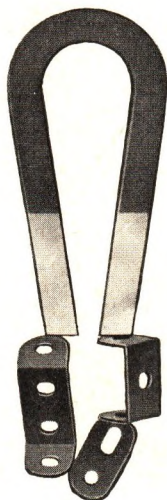
Si l'on ferme le circuit magnétique à l'aide de l'inducteur 12141, la force d'attraction est augmentée. On peut charger l'inducteur jusqu'à ce que la force d'attraction de l'aimant ne suffise plus pour porter les pièces. L'expérience 9 montre le tracé des lignes de force dans le fer.

Expérience 5

Chaîne magnétique

Réalisable avec les boîtes
1052 ou 1053

Pièces nécessaires:



- 1 support plat 10000
- 1 pièce en U 10001
- 1 support en S 10042
- 1 aimant en fer à cheval 14070

Si les 3 pièces sont disposées comme le montre la figure, le flux magnétique les traverse toutes les trois et elles restent accrochées à l'aimant. On parle d'une chaîne magnétique.

Expérience 6

Voûte magnétique

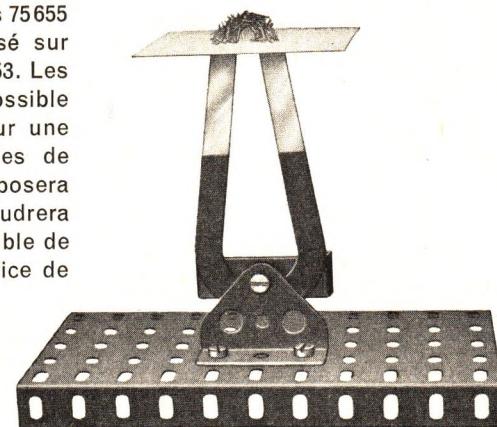
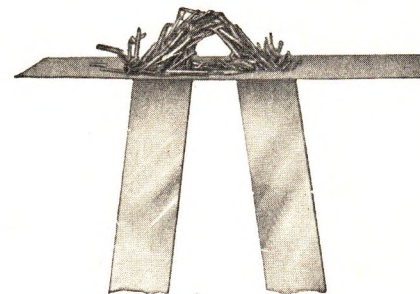
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 bande coudée 10066
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 support 12108
- 1 boîte de limaille de fer 12155
- 1 aimant en fer à cheval 14070
- 2 vis 75653 et écrou 75770
- 1 vis 75655 et écrou 75770
- 1 feuille de carton (3×5 cm)

L'aimant est fixé au support 12108 à l'aide d'une vis 75655 et d'une bande coudée 10066; le support est vissé sur la plaque rectangulaire 11321 à l'aide de 2 vis 75653. Les 2 pôles de l'aimant pointent en l'air; il est ainsi possible de construire une très jolie voûte magnétique sur une feuille de papier disposée au-dessus des pôles de l'aimant. Pour faciliter cette construction on disposera sur le papier un crayon ou porte-plume et on saupoudrera la limaille de fer sur l'ensemble. Il est alors possible de retirer le crayon ou porte-plumes sans que l'édifice de grains de limaille ne s'effondre.

Pour finir l'expérience on retirera l'aimant, la voûte s'écroule et en rapprochant de nouveau l'aimant on pourra observer les lignes de force du champ magnétique dans un autre plan.



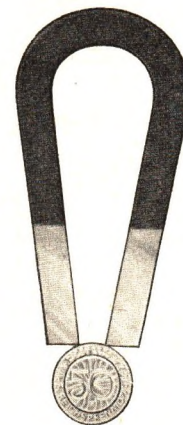
Expérience 7

Le nickel est aussi attiré

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièce nécessaire: 1 aimant en fer à cheval 14070, 1 pièce de monnaie en nickel

Un aimant n'exerce sa force d'attraction pas seulement sur le fer; des pièces en nickel ou en cobalt sont aussi attirées. Les pièces de monnaie en nickel pur restent accrochées à l'aimant.



Expérience 8

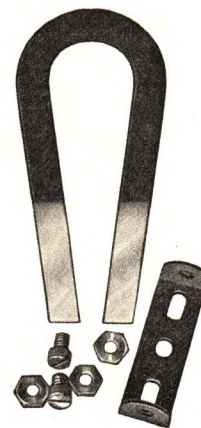
Le laiton n'est pas attiré

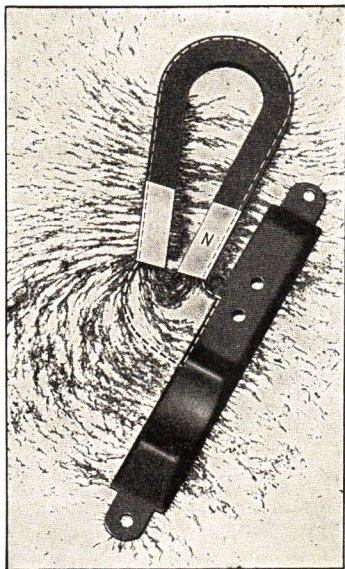
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 bande coudée 10066, 1 aimant en fer à cheval 14070, 3 vis 75653 et écrous 75770

Un aimant nous permet de nous rendre compte si certaines pièces sont en fer ou non. C'est l'une des applications des aimants. Les pièces en laiton (vis et écrous 75655 ou la bande coudée 10066) ne sont pas attirées par l'aimant.





Expérience 9

Morceau de fer dans le champ magnétique

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 inducteur 12141

1 boîte de limaille de fer 12155

1 aimant en fer à cheval 14070

1 feuille de carton (15 × 18 cm)

Plaçons, comme le montre la figure, l'aimant et l'inducteur sur le morceau de carton et saupoudrons le tout de limaille de fer. Nous voyons de dessiner les lignes de force et comparons avec l'expérience 3. On constate que les lignes de force sont déformées. Elles sont bien plus denses dans la région où se trouve l'inducteur; de cette façon leur longueur est réduite ou minimum.

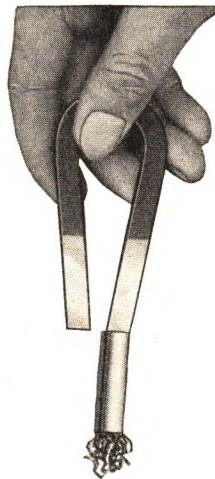
Elles aboutissent à l'inducteur et le traversent, la résistance magnétique du fer étant plus faible que celle de l'air. La tension le long de la ligne de force se manifeste dans ce cas. Pour illustrer cette tension, nous pouvons comparer les lignes de force à une corde de caoutchouc. Une telle corde tendue exerce une tension longitudinale et une pression transversale. Dans le cas de cette expérience, l'ensemble des lignes de force présente dans le fer une section nettement plus faible que dans l'air; la pression transversale dans le fer est donc nettement plus faible que dans l'air et la tension plus grande (suivant la nature du fer utilisé, le rapport des sections des lignes de force est de 1 à 5000). On explique ainsi l'attraction du fer. Les lignes de force qui n'aboutissent pas au fer ne contribuent pas à la force d'attraction magnétique du fer. Le champ magnétique dû à ces lignes de force est appelé « Champ de fuites ».

Expérience 10

Aimantation d'un morceau de fer

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 boîte de limaille de fer 12155
1 noyau de fer 12115 1 aimant en fer à cheval 14070



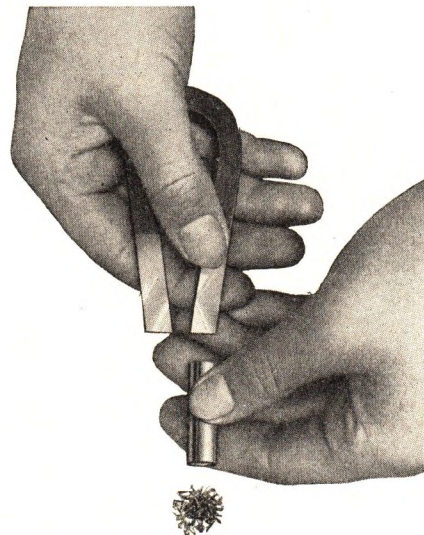
Nous savons déjà que le noyau de fer est attiré par l'aimant; mais si le noyau de fer est en contact avec l'aimant il devient lui-même un aimant, capable d'attirer la limaille de fer: on dit qu'il est aimanté.

Expérience 11

Le noyau de fer perd son aimantation

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 boîte de limaille de fer 12155
1 noyau de fer 12115 1 aimant en fer à cheval 14070



L'aimantation du noyau de fer n'est pas permanente. Dès que nous le détachons de l'aimant, il perd la propriété d'attirer les corps en fer: la limaille de fer tombe. Il en résulte que le fer ordinaire ne peut pas rester aimanté.

Expérience 12

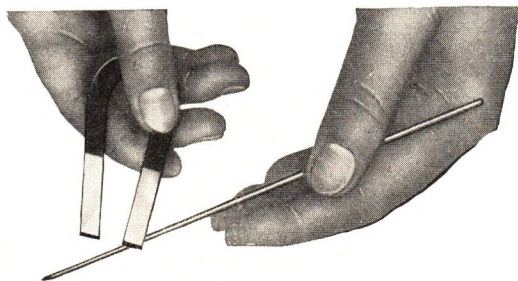
Aimantation d'une aiguille à tricoter

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 aimant en fer à cheval 14070

1 aiguille à tricoter



Nous avons conclu de l'expérience 10 que le fer pouvait s'aimanter et qu'il perdait son aimantation; l'acier par contre peut s'aimanter de façon permanente. On désigne pour cette raison un aimant en acier par «aimant permanent».

Vous trouverez bien dans la travailleuse de maman une aiguille à tricoter en acier. Frottons cette aiguille à tricoter contre les pôles de l'aimant; elle s'aimante. Pour obtenir ce résultat il faut frotter l'aiguille avec un pôle et toujours dans le même

sens. Pour renforcer cette aimantation on peut encore frotter l'autre extrémité de l'aiguille, mais alors avec l'autre pôle de l'aimant.

Expérience 13

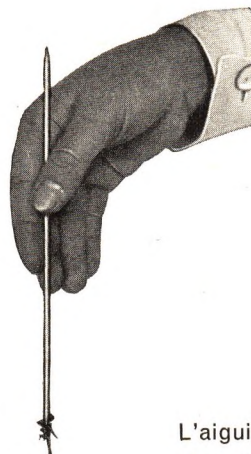
L'aiguille à tricoter aimantée attire la limaille de fer

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 boîte de limaille de fer 12155

1 aiguille à tricoter



L'aiguille à tricoter que nous avons aimantée lors de l'expérience 12 a la propriété d'attirer la limaille de fer.

Expérience 14

La chaleur détruit l'aimantation

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièce nécessaire: 1 aiguille à tricoter

Chauffons l'aiguille à tricoter aimantée au rouge dans une flamme de gaz. Plongeons-la après refroidissement dans la limaille de fer. Elle n'attire plus la limaille: par chauffage l'aiguille a perdu ses propriétés magnétiques. Cette expérience nous enseigne que si nous voulons garder à notre aimant en fer à cheval ses propriétés magnétiques, il faut le préserver de tout échauffement.

Expérience 15

Aimant avec armature

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièce nécessaire: 1 aimant en fer à cheval 14070

Les expériences terminées, il ne faut jamais oublier de remettre à l'aimant son armature de fer. Par suite de la présence de cette armature, les lignes de force sont fermées et le champ de fuites très faible; l'aimant conservera ainsi pendant des années son aimantation.



II. Magnétisme terrestre

Expérience 16: Une aiguille à tricoter aimantée suspendue se tourne dans la direction nord

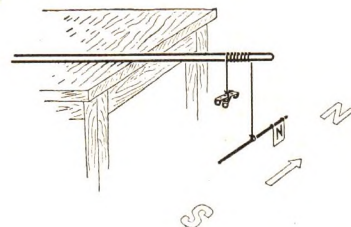
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 2 bandes coudées 10066
1 vis 75653 et écrou 75770

1 aiguille à tricoter
1 mètre de ficelle

Une aiguille à tricoter fortement aimantée est suspendue en son milieu à une ficelle. Enroulons l'autre bout de la ficelle autour d'un bâton et amenons l'aiguille, ainsi suspendue, en équilibre. Les bandes coudées sont fixées à l'autre extrémité de la ficelle pour éviter qu'elle ne se déroule. Au repos, l'aiguille se placera d'elle-même dans la direction nord-sud. Marquons le pôle nord de l'aiguille par un petit fanion en papier.

«Tout barreau aimanté libre de tourner dans un plan horizontal se met dans la direction nord-sud.»



Expérience 17: Boussole

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 plaque rectangulaire 11321
1 aiguille aimantée, horizontale, 12055

1 pivot avec écrou 12057
1 rose des vents (à découper)

La boîte ELEX contient une aiguille aimantée qui n'est autre chose qu'un barreau aimanté. Plaçons cette aiguille sur le pivot vissé sur la plaque rectangulaire; on prendra soin de fixer la rose des vents par le même écrou sur la plaque. Nous avons réalisé une boussole. La pointe noire de l'aiguille pointe toujours dans la direction nord. Si on écarte l'aiguille de cette position, elle y revient toute seule après des oscillations. Le pôle dirigé vers le nord est appelé pôle nord; le pôle dirigé vers le sud est appelé pôle sud.



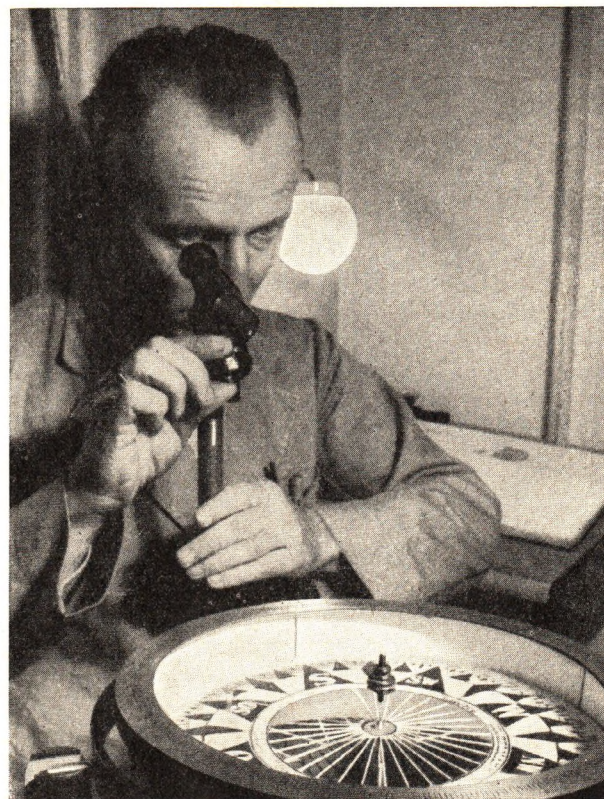
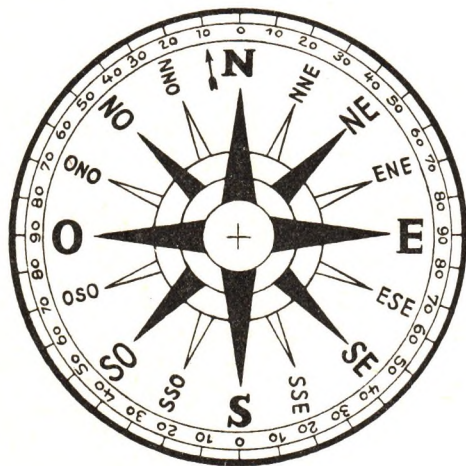
Expérience 18

Nous déterminons les points cardinaux

L'expérience 17 nous a permis de repérer la direction principale nord-sud. La direction est-ouest est perpendiculaire à la direction nord-sud. Les directions secondaires, obtenues en prenant les bissectrices des angles droits ont nom: nord-est, sud-est, sud-ouest et nord-ouest. En prenant encore les bissectrices des angles ainsi obtenus, on a les directions: nord-nord-est, est-nord-est, etc.

La rose des vents comporte encore une petite flèche, située à gauche de la direction nord. Cette flèche indique la direction exacte dans laquelle doit être dirigée l'aiguille aimantée pour que la direction nord-sud donnée par la rose des vents soit la vraie direction géographique nord-sud. L'angle que fait la direction nord-sud avec celle donnée par l'aiguille aimantée est appelé déclinaison; cette

déclinaison varie d'un endroit à l'autre et n'est pas constante dans le temps à un endroit donné. L'expérience 25 nous donnera d'autres renseignements sur cette question.



Vérification de la boussole d'un navire: déviation produite par des aimants proches-contrôle de la période d'oscillation de la boussole.

Expérience 19

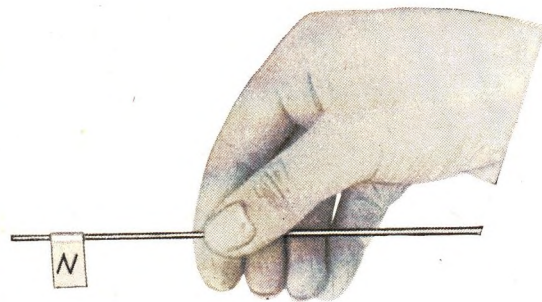
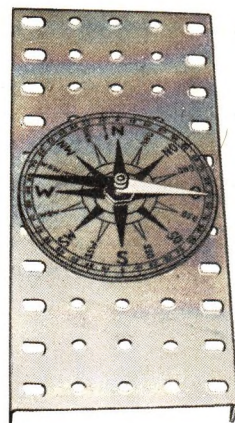
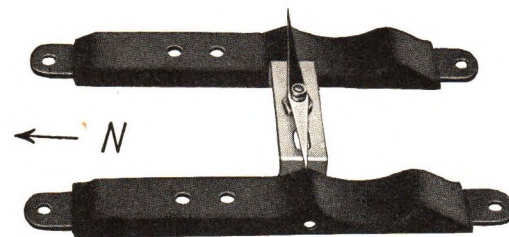
La boussole est perturbée par la présence de fer

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 bande coudée 10066	2 inducteurs 12141
1 aiguille aimantée, horizontale 12055	2 vis 75653 avec écrous 75770
1 pivot avec écrou 12057	

L'application la plus importante est la boussole des marins; grâce à elle les navigateurs peuvent s'orienter en haute mer. Les chinois s'en servaient déjà avant l'ère chrétienne. L'emploi du fer comme matériel de construction des navires a posé les techniciens devant un problème délicat. Le voisinage de pièces en fer perturbe en effet la boussole. Aussi a-t-on remplacé dans les navires modernes la boussole magnétique par une boussole gyroscopique qui n'est pas perturbée par la présence de fer. La figure ci-dessus montre la perturbation produite par le voisinage des 2 inducteurs en fer. L'aiguille montée sur une bande coudée en laiton, ne donne plus la direction nord-sud. En tournant l'ensemble on peut immobiliser l'aiguille dans n'importe quelle direction.



Expérience 20

Répulsion magnétique

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 plaque rectangulaire 11321, 1 aiguille aimantée horizontale 12055, 1 pivot avec écrou 12057, 1 rose des vents (à découper), 1 aiguille à tricoter.

Approchons le pôle nord de l'aiguille à tricoter aimantée (exp. 16) du pôle nord de notre boussole préalablement orientée. On constate que le pôle nord de l'aiguille à tricoter repousse le pôle nord de l'aiguille aimantée: l'aiguille aimantée dévie très fortement. On observe une répulsion analogue entre

les pôles sud. Nous trouvons là une loi très importante du magnétisme:
«Deux pôles de même nom se repoussent.»

Expérience 21

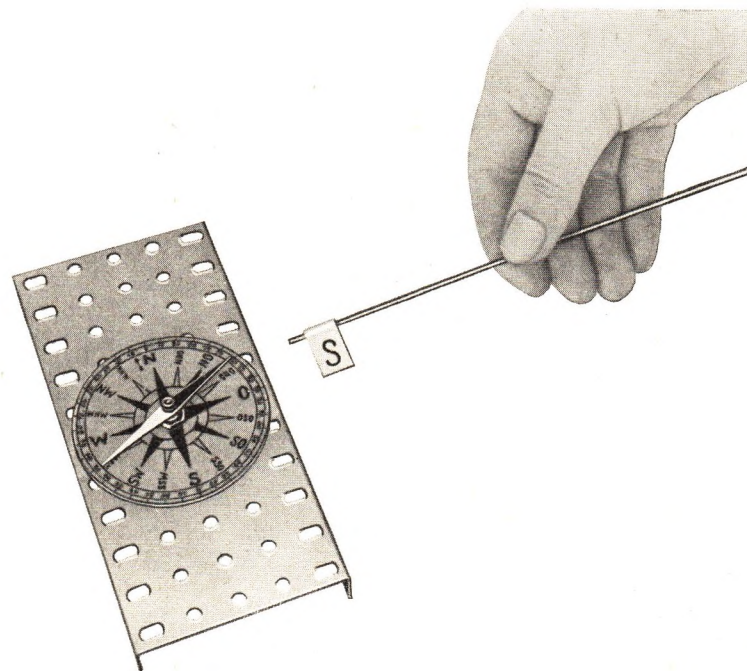
Attraction magnétique

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

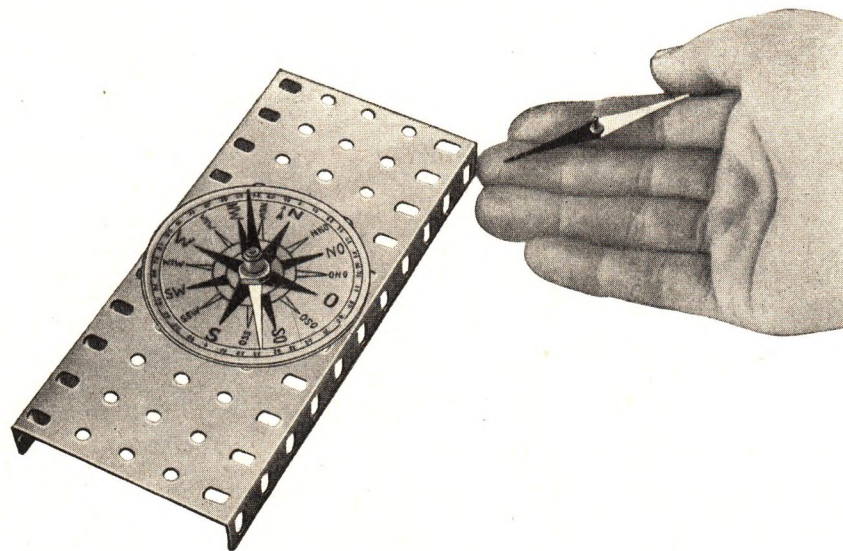
- | | |
|--|--|
| 1 plaque rectangulaire 11321 | 1 pivot avec écrou 12057 |
| 1 aiguille aimantée horizontale
12055 | 1 rose des vents (à découper)
1 aiguille à tricoter |

Approchons maintenant le pôle sud de l'aiguille à tricoter du pôle nord de l'aiguille aimantée. On constate entre ces deux pôles une forte attraction. Le pôle nord de l'aiguille aimantée se déplace vivement vers le pôle sud de l'aiguille à tricoter. Si nous n'enlevons pas assez rapidement l'aiguille à tricoter, les 2 pôles restent



accrochés l'un à l'autre. D'où la 2^e loi fondamentale du magnétisme: «Deux pôles de noms contraires s'attirent.»

Expérience 22



Actions réciproques de 2 aimants

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 aiguille aimantée verticale 12050
- 1 aiguille aimantée horizontale 12055
- 1 pivot avec écrou 12057
- 1 rose des vents (à découper)

Remplaçons l'aiguille à tricoter par l'aiguille aimantée verticale 12050 de notre boîte et répétons les expériences précédentes. Les lois précédemment trouvées se confirment:

- «Deux pôles de même nom se repoussent»
- «Deux pôles de noms contraires s'attirent»

Expérience 23

Pôle nord et pôle sud de l'aimant en fer à cheval

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

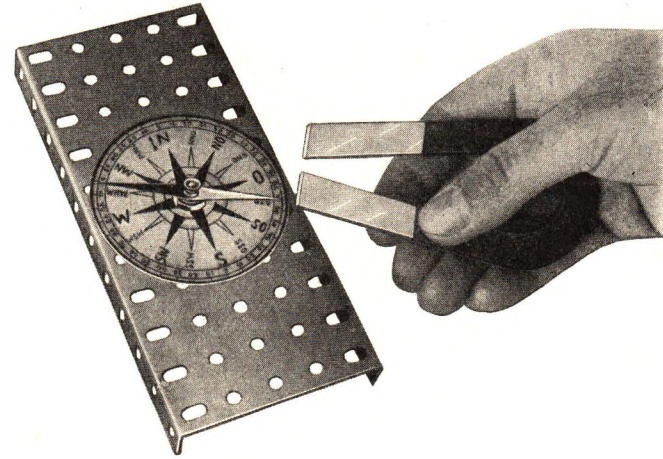
1 plaque rectangulaire 11321

1 aiguille aimantée horizontale 12055

1 pivot avec écrou 12057

1 aimant en fer à cheval 14070

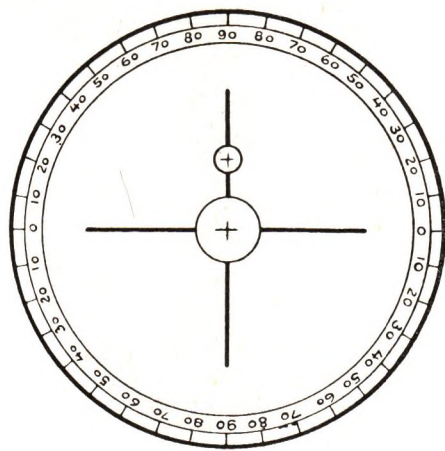
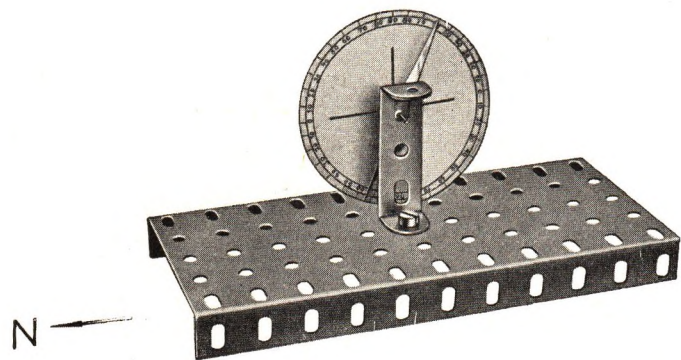
1 rose des vents (à découper)



Les expériences 20 et 21 nous ont permis de découvrir les lois fondamentales du magnétisme d'après lesquelles des pôles de même nom se repoussent et des pôles de noms contraires s'attirent. Nous allons appliquer ces lois à notre aimant en fer à cheval et ainsi déterminer les noms de ses pôles.

Pour cela nous utilisons la boussole, suffisamment connue des expériences précédentes. Approchons l'aimant en fer à cheval. L'extrémité claire de l'aiguille sera attirée par l'un des pôles de l'aimant et l'extrémité noire de l'aiguille sera attirée par l'autre pôle de l'aimant en fer à cheval. On peut s'en rendre compte en approchant l'aimant comme le montre la figure.

Le pôle de l'aimant qui attire la pôle nord de l'aiguille (extrémité noire) est le pôle sud l'autre étant le pôle nord. Nous pouvons ainsi repérer les deux pôles et leur donner un nom.



Expérience 24

Boussole d'inclinaison

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

2 bandes coudées 10066	3 vis 75653 avec écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	1 graduation circulaire (à découper)
1 aiguille aimantée verticale 12050	

Lors de l'expérience 17 nous avons été amenés à suspendre une aiguille aimantée horizontalement et nous avons vu que l'une de ses extrémités pointait toujours vers le nord. Suspendons maintenant une aiguille avec son axe horizontal. Pour fixer l'axe nous utilisons 2 bandes coudées et fixons un cercle gradué à l'une de ces bandes coudées (voir feuille 14962). Découper largement le trou central pour éviter que l'aiguille ne frotte contre le carton. Tournons l'appareil ainsi construit de telle sorte que l'aiguille puisse se déplacer dans le plan vertical nord-sud. On constate que l'extrémité noire de l'aiguille aimantée pointe vers le bas. Comme les frottements sont assez importants nous conseillons de tapoter légèrement sur l'appareil. On constate alors que l'aiguille fera un angle de 60 à 70° avec horizontale.

Expérience 25

Le globe terrestre est un aimant

La figure ci-contre montre un globe terrestre sur lequel on a disposé un certain nombre d'aiguilles aimantées. Ce globe ne nous sert que pour expliquer les propriétés magnétiques de la terre, et l'expérience ne peut se faire que sur la terre. On constate que toutes les pointes noires sont dirigées vers le nord et que les extrémités claires pointent vers le sud. On constate aussi que, spécialement en Europe, l'aiguille n'est pas rigoureusement dirigée vers le nord géographique: c'est la déclinaison. Cela provient du fait que le pôle magnétique de la terre n'est pas confondu avec le pôle géographique.

L'expérience 21 nous a montré que 2 pôles de noms contraires s'attirent. Comme le pôle nord de l'aiguille aimantée est attiré par le pôle nord et est dirigé vers le nord, on en conclut que le pôle magnétique situé près du pôle nord géographique est en réalité un pôle sud magnétique (point d'aboutissement des lignes de force). Le pôle nord magnétique de la terre se trouve dans le voisinage du pôle sud géographique. Signalons pour terminer que les pôles magnétiques de la terre n'ont pas de situation géographique fixe; leur emplacement varie avec le temps (très lentement d'ailleurs).





Expérience 26

Explication de l'inclinaison

Pendant des siècles on avait admis que les pôles magnétiques étaient matérialisés par des montagnes en magnétite ou aimant naturel. Il y a 100 ans environ on a découvert pour la première fois le pôle magnétique et l'on a dû constater que l'hypothèse de ce massif montagneux était erronée. L'inclinaison magnétique aurait d'ailleurs dû montrer que cette hypothèse était fautive. En effet le pôle de l'aiguille aimantée pointe vers l'intérieur de la terre. Il en résulte que le pôle magnétique de la terre se trouve à l'intérieur de la terre. Cette inclinaison est variable d'un endroit à l'autre de la terre et l'endroit où l'aiguille pointe verticalement vers le sol est le pôle magnétique. Actuellement le pôle sud (magnétique) de la terre se trouve dans la péninsule Boothia-Felix (Amérique du Nord).

Signalons qu'actuellement on mesure l'intensité du champ magnétique terrestre dans de nombreux endroits. Cette intensité varie avec le temps.

C. Principes fondamentaux de l'électricité (Courant continu)

I. Tension

Expérience 27: Les générateurs électriques

Au cours des expériences 1 à 26 nous avons vu comment se manifestaient les forces magnétiques. L'aimant permanent était notre source des forces magnétiques et entre 2 points du champ magnétique existait une tension magnétique (par exemple entre le pôle sud et le pôle nord). Pour les expériences qui suivent nous avons besoin d'une source d'énergie électrique qui sera:

une pile de lampe de poche ou un accumulateur pour la tension continue (voir expériences 62 à 65),

ou

un transformateur pour une tension alternative (voir expérience 126).

Les expériences qui suivent nous permettront de nous rendre compte comment sont réalisés ces générateurs de tension électrique. Nous pourrons aussi nous familiariser avec leur emploi.

Pour commencer introduisons les 2 symboles suivants:

= est le signe pour une tension (ou un courant) continue

\sphericalangle est le signe pour une tension (ou un courant) alternative

Expérience 28: Pile électrique

Pièce nécessaire: 1 pile de lampe de poche; générateur électrique: = 4 volts

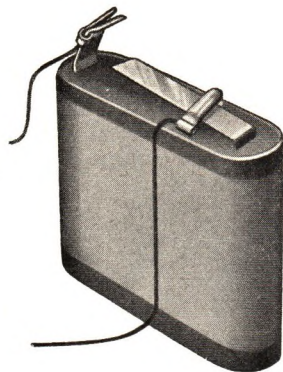
La pile n'est pas jointe à la boîte ELEX car un stockage prolongé nuirait à la batterie. Il est possible de se la procurer dans chaque magasin d'articles électriques et son prix est très réduit. Si nous sommes en possession de notre pile, arrachons la bande de garantie. Nous apercevons 2 languettes en laiton, une courte et une plus longue. Si nous mettons notre langue en contact avec les 2 languettes, nous éprouvons un léger picotement accompagné d'une sensation bizarre. Il faut veiller à ce que les 2 languettes ne soient jamais en contact direct, sinon nous avons un court-circuit (voir expérience 46). Les piles de lampe de poche sont construites de telle façon que la languette courte soit le pôle (+) alors que la languette plus longue correspond au pôle négatif de la pile (-). Entre ces 2 pôles existe la tension électrique de la pile. Dans l'espace voisin des languettes existe un champ électrique analogue au champ magnétique. Ce champ électrique n'est cependant pas si facile à mettre en évidence et nous aurons l'occasion d'y revenir (voir expérience 54). La tension électrique aux bornes d'une pile neuve est d'environ 4,5 volts (voir expérience 62).



Expérience 29

Comment brancher les câbles?

Réalisable avec, les boîtes ELEX 1052 ou 1053

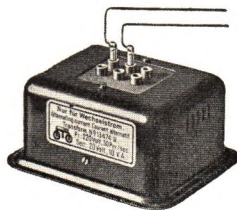


Pièces nécessaires:

2 câbles 12075, 1 pile de lampe de poche ou 1 transformateur

Pour établir un circuit électrique, on se sert de câbles dont un certain nombre est contenu dans la boîte ELEX. Ces câbles comportent des fiches étudiées spécialement pour pouvoir être branchées soit aux languettes de la pile, soit aux prises femelles d'un transformateur ou autre appareil. Dans le premier cas les fiches servent

de pinces comme le montre la figure alors que dans le 2^o cas les fiches sont utilisées comme fiches mâles. Si à la longue les fiches perdent leur élasticité, il suffit de les resserrer en les comprimant entre 2 doigts (voir mécanisme de base C 4). La tension existant entre les extrémités libres des câbles est pratiquement égale à celle de la pile. Il faut veiller à ce que ces fiches libres ne soient pas en contact, sinon on aurait un court-circuit; la conséquence serait une détérioration rapide de la pile.

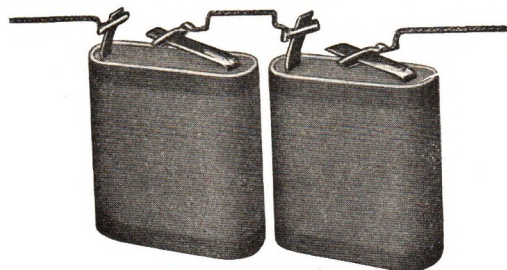


Expérience 30

Comment brancher 2 piles en série?

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 câble 12065 2 câbles 12075
2 piles de lampe de poche,
soit une source de tension de 8 volts



Pour certaines expériences il faut un générateur de tension électrique supérieure à 4 volts. La pile ne suffit plus. Le branchement en série de 2 piles donne un générateur de tension double. Pour cela il faut relier par un câble la petite languette de la 1^o pile à la grande languette de la 2^o pile. On réunira ensuite la grande languette de la première pile ainsi que la petite languette de la 2^o pile à l'appareil. Ce branchement en série a encore un autre avantage. Au bout d'un certain temps les piles sont vides et leur tension ne suffit plus pour les expériences. Si l'on branche 2 piles ainsi vidées en série on a un générateur qui peut encore suffire pour beaucoup d'expériences. Si les piles branchées en série sont neuves, le générateur constitué par 2 piles en série donne une tension d'environ 9 volts; dans le cas de piles usées, la tension est d'environ 3 volts.

II. Courant électrique

Expérience 31: Pourquoi une ligne électrique comporte-t-elle 2 conducteurs?

Les expériences suivantes nous enseigneront qu'il faut toujours deux conducteurs pour assurer le transport du courant électrique. Nous allons nous servir d'une analogie hydraulique pour mieux comprendre cette nécessité (voir fig. a et b). La figure a montre une pompe qui envoie l'eau dans la canalisation a. En b cette eau entraîne une roue à aubes et fournit ainsi du travail. Le retour de l'eau vers le réservoir d'eau est assuré par la canalisation c. Cette installation hydraulique très simple comprend donc une pompe, une canalisation d'amenée d'eau, un récepteur (roue à aubes) et une canalisation de retour. Sans canalisation de retour, le réservoir serait rapidement vidé et la pompe ne pourrait plus fonctionner; la conséquence en serait que la roue à aubes ne tournerait plus. L'analogie entre cette installation hydraulique et un circuit électrique est totale. Le conducteur a amène le courant électrique de la pile (analogue de la pompe) au moteur (analogue de la roue à aubes). Le conducteur c assure le retour du courant électrique du moteur à la pile. Une interruption de ce conducteur entraînerait l'arrêt du moteur. Nous pouvons donc énoncer: «Dans un circuit électrique fermé qui comprend un générateur électrique circule un courant électrique.» Ce courant électrique est accompagné de la transformation de l'énergie électrique en une énergie de type différent: (chaleur, lumière, énergie mécanique, énergie magnétique).

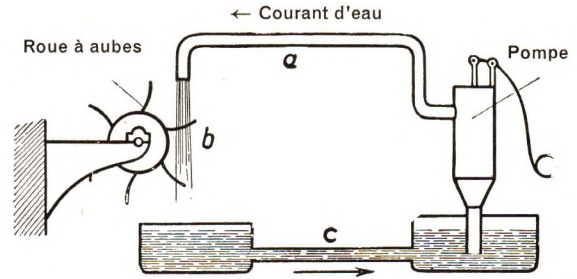


Fig. a

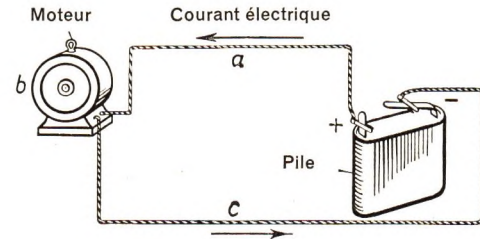


Fig. b

Expérience 32

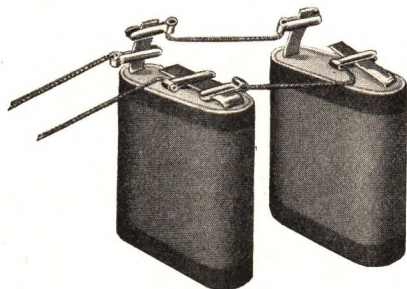
Comment brancher 2 piles en parallèle ?

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

2 câbles 12065, 2 câbles 12075, 2 piles de lampe de poche

Générateur = 4 volts



On branche 2 piles en parallèle en reliant les 2 languettes courtes entre elles par un câble de même que les 2 languettes longues par un 2^e câble. On réalise ainsi un générateur électrique dont la tension aux bornes est la même que celle donnée par une seule pile. Par contre un tel générateur constitué par 2 piles branchées en parallèle peut fournir un courant plus intense sans risques de détérioration des piles. 2 piles branchées en parallèle sont donc équivalente à une seule pile plus grande.

Expérience 33

Circuit électrique comportant une pile et une douille avec ampoule

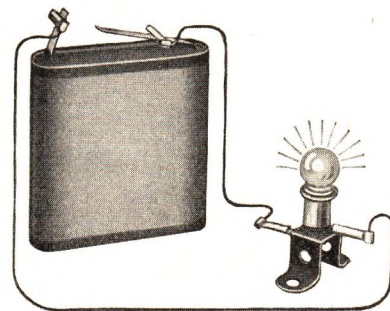
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 douille 12060, 2 câbles 12075, 1 ampoule 3,5 volts 14073, 1 pile de lampe de poche

Générateur: = 4 volts

Notre première expérience sur le courant électrique aura trait à l'éclairage. Pour former le circuit on procède comme suit: relier, à l'aide de câbles, les 2 languettes de la pile aux 2 bornes de la douille dans laquelle on aura vissé l'ampoule. Si l'ampoule est vissée à fond, elle brûle. Pour allumer et éteindre l'ampoule il suffit de visser ou de dévisser l'ampoule. Dévisser l'ampoule signifie en effet interrompre le circuit électrique et le courant électrique ne peut plus circuler: l'ampoule ne brille plus.




Expérience 34

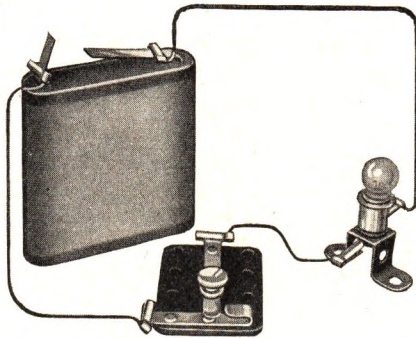
Interrupteur avec contact de travail

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 douille 12060 1 pile de lampe de poche
2 câbles 12065 ou 1 transformateur
1 câble 12075
1 interrupteur 12101
1 ampoule 3,5 volts 14073

Générateur = ou  4 volts

Dans l'expérience précédente nous avons coupé le courant en dévissant l'ampoule. Cela est cependant très désagréable. Nous pouvons éviter cela en incorporant dans le circuit un interrupteur. Nous relions par un câble, l'une des languettes de la pile directement à la douille; et nous relions l'autre languette de la pile à l'une des bornes de l'interrupteur; pour fermer le circuit nous relions par un câble la 2^e borne de l'interrupteur à la 2^e borne de la douille. Une pression sur le bouton de l'interrupteur ferme le circuit et l'ampoule brûle. Si nous lâchons le bouton, le circuit est interrompu et l'ampoule ne brûle plus. Le contact de notre interrupteur est un contact de travail.



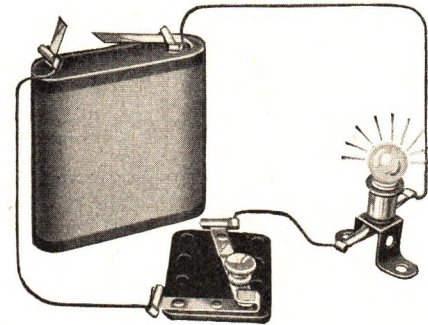
Expérience 35

Interrupteur avec contact permanent

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 douille 12060 1 pile de lampe de poche
2 câbles 12065 ou 1 transformateur
1 câble 12075
1 interrupteur 12101
1 ampoule 3,5 volts 14073

Source de courant: = ou  4 volts

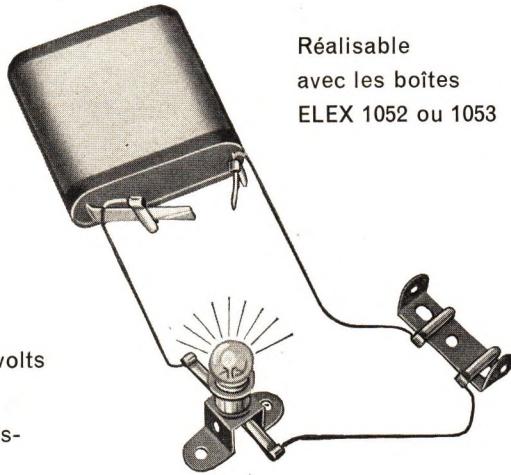


Il serait très fatiguant de presser en permanence sur le bouton de l'interrupteur pour avoir de la lumière. Notre interrupteur comporte aussi un contact permanent. Pour cela il suffit de pousser le bouton vers la droite. Le ressort de contact de l'interrupteur ferme alors le circuit par contact avec la partie métallique recourbée.

Expérience 36 Conducteurs électriques

Pièces
nécessaires:

- 1 bande
coudée
10066
- 1 douille 12060
- 2 câbles 12065
- 1 câble 12075
- 1 ampoule 3,5 volts
14073
- 1 pile ou 1 trans-
formateur



Réalisable
avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Générateur électrique: = ou \sim 4 volts

Avant d'étudier la lumière électrique et son origine, nous allons voir quels sont les différents conducteurs du courant électrique. L'expérience 30 nous a montré que l'ampoule brûle lorsqu'elle est branchée à la pile par 2 câbles. Fermons le circuit électrique comme le montre la figure à l'aide de la bande coudée 10066: l'ampoule éclaire, cela veut dire que la bande coudée conduit le courant électrique. Dès que les 2 fiches touchent la bande, la lumière brûle. Nous pouvons répéter cette expérience en intercalant dans le circuit électrique n'importe quel autre morceau de métal nettoyé. On en conclut que les métaux, s'ils ne sont pas vernis, conduisent le courant électrique.

Expérience 37 Isolants

Pièces
nécessaires:

- 1 douille 12060
- 2 câbles 12065
- 1 câble 12075
- 1 support 12108
- 1 ampoule 3,5 volts
14073
- 1 pile ou 1 trans-
formateur



Réalisable
avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Générateur électrique: = ou \sim 4 volts

Remplaçons dans le montage précédent (expérience 36) la bande coudée par un support 12108 laqué; nous constatons que si nous fixons les fiches à des endroits bien laqués, la lampe ne brûle pas: le courant électrique ne passe pas. Cela provient du fait que la couche de vernis qui recouvre le support ne conduit pas le courant électrique. Remplaçons le support par d'autres substances telles que bois, pierre, verre, papier, caoutchouc, tissus etc., nous constatons que toutes ces substances ne laissent pas passer le courant électrique. Ces corps sont appelés isolants.

Expérience 38

Structure d'un câble électrique

Nous pourrions utiliser pour réaliser nos circuits électriques, des câbles nus en cuivre; le courant pourrait passer facilement. Cette façon de procéder présenterait cependant un danger; les câbles nus pourraient entrer en contact et empêcher de la sorte le courant électrique d'arriver au récepteur; le courant retournerait, à partir du point de contact directement au générateur: notre circuit présente un court-circuit. Pour éviter ces court-circuits entre câbles, on recouvre l'âme métallique du câble d'une ou de plusieurs couches d'isolants; les isolants les plus indiqués sont le coton, la soie ou le caoutchouc. Un câble comporte donc une âme métallique, généralement du cuivre, recouverte d'une ou de plusieurs couches d'isolants.

Les câbles MÄRKLIN comportent une âme en fils très fins de cuivre isolée à l'aide de coton et de coton brillanté.








III. Schéma électrique

Expérience 39






Les signes conventionnels

Au cours de l'expérience 27 nous avons introduit les signes conventionnels pour la tension continue et pour la tension alternative. Nous allons résumer ici les signes conventionnels les plus fréquents en électrotechnique.






Désignations générales

	Courant ou tension continue
	Courant ou tension alternative
	Croisement de conducteurs sans contact
	Croisement de conducteurs avec contact
	Borne
	Voltmètre
	Ampèremètre

Interrupteurs etc.

	Interrupteur
	Rhéostat
	Condensateur
	Ampoule électrique
	Bobine avec induit

Appareillage

	Transformateur
	Pile ou accumulateur
	Téléphone
	Sonnerie
	Fusible

Expérience 40

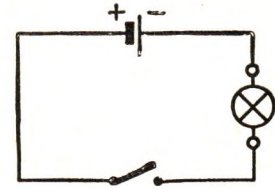
Représentation schématique d'un circuit électrique

La figure ci-contre représente le schéma de l'expérience 34: branchement en série d'une pile, d'un interrupteur et d'une ampoule.

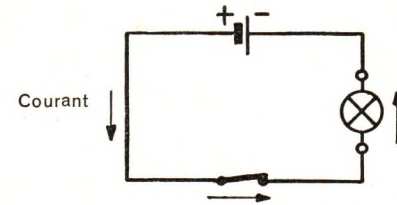
Ce schéma illustre clairement le chemin suivi par le courant électrique. Partant du pôle positif de la pile, il traverse l'interrupteur, l'ampoule et retourne au pôle négatif de la pile.

Ces schémas rendent de grands services lorsque les circuits sont plus compliqués. Ils permettent de reconnaître immédiatement la façon dont doivent être réalisés les divers branchements. On peut aisément se rendre compte si le circuit est monté correctement ou s'il comporte des erreurs ou court-circuits.

Il est ainsi aisé de repérer les erreurs de câblage ou les court-circuits.



1. Interrupteur ouvert
Circuit interrompu
L'ampoule ne brûle pas



2. Interrupteur fermé
Circuit fermé
L'ampoule brûle

IV. Résistance électrique

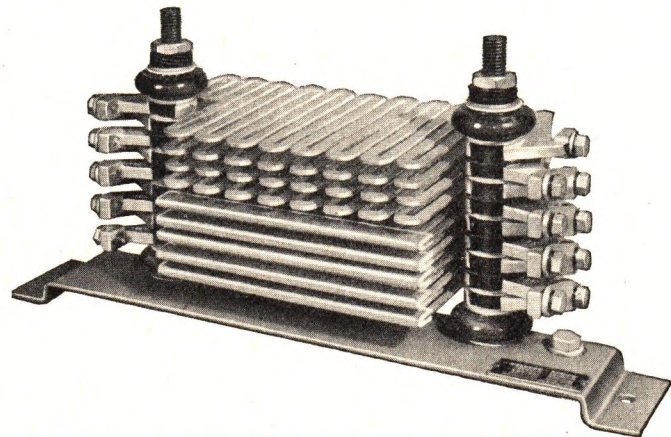
Expérience 41

Résistance en fonction de la section du conducteur

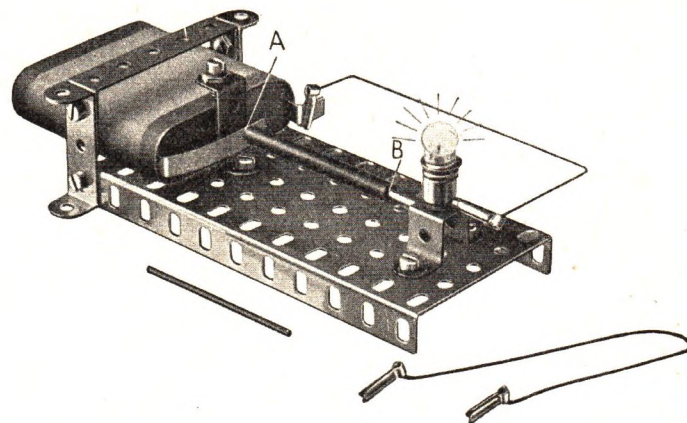
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:	1 ampoule 3,5 volts 14073
1 pièce en S 10042	7 vis 75653 avec écrous 75770
1 support 10046	1 vis 75655 avec écrou 75770
2 bandes coudées 10066	2 écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	1 charbon (électrode de pile)
1 douille 12060	1 mine de crayon (long. 5,5 cm)
2 câbles 12065	1 pile de lampe de poche

Générateur: = 4 volts



Résistance de mise à la masse, 1,7 Ohm, 1000 volts



L'expérience 37 nous a enseigné qu'un isolant ne laissait pas passer le courant électrique, c'est à dire lui opposait une résistance infinie. Montons l'expérience montrée sur la figure. Retirons une électrode en graphite d'une pile usée (voir expérience 62) et procurons-nous d'autre part une mine de crayon de dureté moyenne de même longueur que l'électrode de la pile. Branchons entre A et B un câble 12065, l'ampoule brille fortement. Remplaçons ce câble par l'électrode de la pile; l'intensité lumineuse de l'ampoule est sensiblement la même que précédemment. Les résistances de ces 2 conducteurs sont approximativement les mêmes. Branchons maintenant la mine de crayon entre A et B, l'ampoule brûle encore, mais son intensité lumineuse est nettement plus faible.

Nous en concluons:

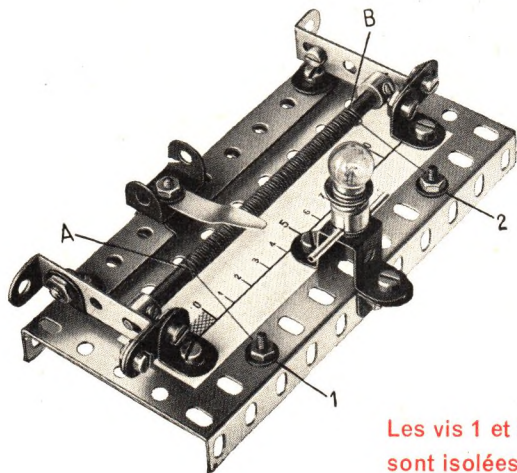
Plus la section d'un conducteur est faible,
plus sa résistance électrique est grande.

Nous avons insisté lors de l'étude des mécanismes fondamentaux sur les contacts électriques. Ajoutons à ces considérations générales, en application de l'expérience précédente, que la résistance de contact d'un contact électrique sera d'autant plus faible que la surface de contact sera grande.

Expérience 42

Construction d'un rhéostat

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

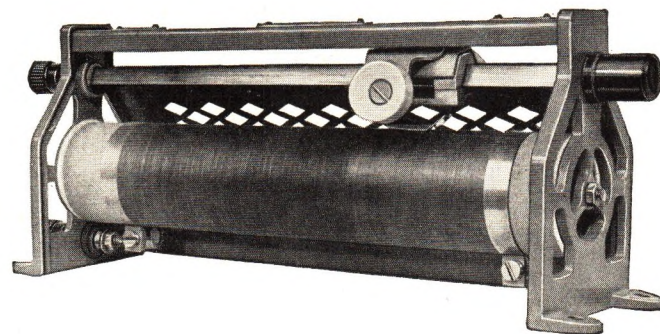


Pièces nécessaires:

1 pièce en U 10001	1,5 m fil résistant 12042
5 équerres 10002	1 douille 12060
1 bande 10009	1 ampoule 3,5 volts 14073
1 tringle 10211	6 rondelles isolantes 72126
2 bandes coudées 10066	1 vis 75100 avec écrou 75720
2 bagues d'arrêt 11059	2 vis 75101 avec écrous 75720
1 plaque rectangulaire 11321	9 vis 75653 et écrous 75770
1 glissière 11712	4 vis 75655 et écrous 75770
1 tube isolant 12020	4 écrous 75770
1 lame-contact 12035	1 échelle (à découper)

Enfilons le tube isolant sur la tringle 10211 et enroulons sur le tube le fil résistant 12042. L'enroulement doit être serré sans que les spires ne se touchent. Les dimensions du bobinage, visible sur la figure sont les suivantes:

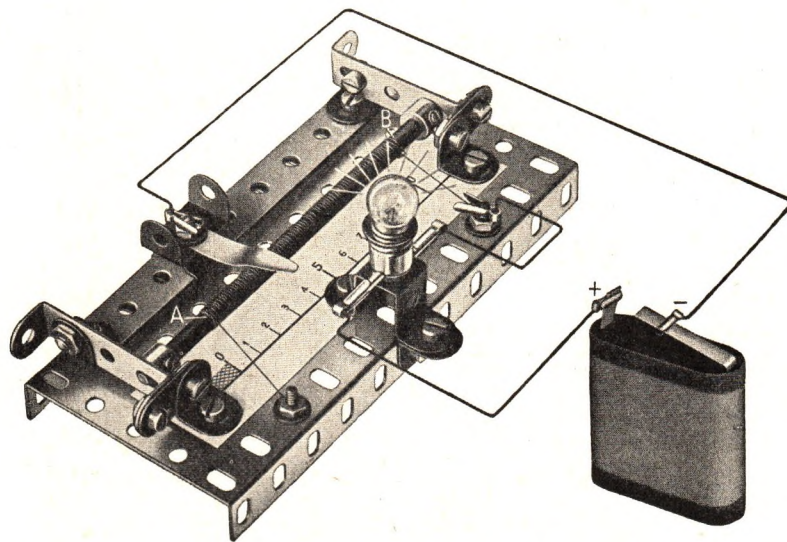
Distance: bande coudée gauche jusqu'au point A	2 cm
bande coudée droite jusqu'au point B	1,5 cm
bobinage fil résistant 12042 (distance A-B)	7,5 cm
bout du fil résistant de A en 1	3,5 cm
bout du fil résistant de B en 2	3 cm



Noier les extrémités du fil résistant pour éviter que le bobinage ne se déroule.

Pour faire varier dans la pratique le courant ou la tension on se sert de rhéostats qui permettent de faire varier la résistance d'un circuit.

Nous pouvons monter l'appareil. On ne peut visser la 2^e bande coudée qu'après avoir introduit la tringle et le tube isolant muni du fil résistant. Le montage isolé de la languette de contact est réalisé à l'aide d'une vis 75100 et d'un écrou 75720; elle doit être réglée de façon à exercer une légère pression sur le fil résistant. L'ensemble du cadre est monté sur la plaque rectangulaire à l'aide de 4 vis longues; pour faciliter le glissement de la glissière on intercalera entre le cadre et la plaque rectangulaire un écrou supplémentaire. Si l'ensemble est bien monté, la glissière ne doit pas frotter contre la plaque. On n'oubliera pas entre le cadre et la plaque l'échelle graduée de telle façon que le 0 de l'échelle coïncide avec le début du bobinage (voir figure). Les vis 1 et 2 doivent être isolées de la plaque et constituent les bornes de l'appareil. L'étude des mécanismes fondamentaux des pages 9 et 10 rendra de grands services lors du montage.



Expérience 43

Résistance électrique d'un conducteur en fonction de sa longueur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: le rhéostat (voir expérience 42)
et en outre:

1 câble 12065 2 câbles 12075 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts

l'ampoule augmente. Lorsque le contact du curseur arrive en B la résistance du rhéostat est nulle, c'est à dire le rhéostat est court-circuité. L'intensité lumineuse de l'ampoule est maxima (voir expérience 46). Le fil résistant bobiné a une section constante sur toute sa longueur. La variation de résistance observée est donc due à la variation de longueur et nous pouvons énoncer:

Plus un conducteur est long, plus sa résistance électrique est grande.

Nous pouvons réunir les résultats des expériences 41 et 43; nous avons vu en effet que la résistance était inversement proportionnelle à la section du conducteur et proportionnelle à sa longueur. Exprimé sous forme d'égalité ce résultat s'énonce:

$$\text{Résistance (Ohm)} = \text{constante} \times \frac{\text{longueur (m)}}{\text{section (mm}^2\text{)}}$$

$$R = c \cdot \frac{l}{s}$$

Pour le cuivre $c = 0,0175$

Expérience 44

Unités électriques

Considérons une chute d'eau comme source d'énergie (fig. 1). La hauteur de chute 0-1 est plus faible que la hauteur de chute 0-4. Il en résulte que la pression exercée sur le plan 1 est plus faible que celle exercée sur le plan 4. Nous pouvons comparer cette pression due à la chute d'eau à la tension aux bornes de notre générateur (pile ou transformateur) (fig. 2). Les conducteurs (câbles) qui amènent cette tension au récepteur présentent une certaine résistance; il en résulte que la tension disponible aux bornes du récepteur est plus faible que celle qui existe aux bornes du générateur; on observe une chute de tension dans la conduite électrique.

«L'unité de tension électrique est le volt»
on désigne généralement la tension électrique par la lettre **V**.

Nous pouvons comparer l'intensité d'un courant électrique au débit de la chute d'eau.

L'unité de courant du courant électrique est l'ampère
on désigne généralement l'intensité d'un courant électrique par la lettre **I**.

L'unité de résistance électrique est l'Ohm
la résistance électrique est généralement désignée par la lettre **R**.

La puissance disponible dans une chute d'eau est d'autant plus grande que la différence des niveaux est grande et que le débit (quantité d'eau tombée par unité de temps) est grand. Pour le courant électrique nous aurons le même comportement. La puissance électrique disponible est d'autant plus grande que la tension est élevée et que le courant est intense.

Nous pouvons résumer ce résultat sous forme d'égalité:

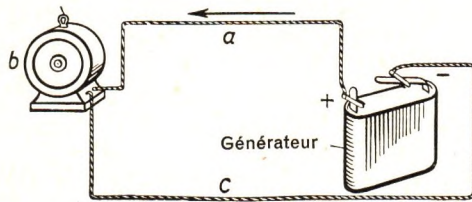


Fig. 2

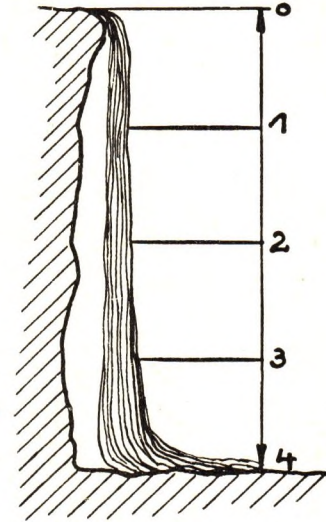


Fig. 1

La puissance électrique est donnée par l'égalité:

$$\text{volt} \times \text{ampère} = \text{watt} \\ V \times I = P$$

Application: L'ampoule livrée dans la boîte ELEX consomme sous 3,5 V un courant de 0,2 ampères. Quelle est la puissance? Réponse: $3,5 \times 0,2 = 0,7$ watts.

Si un récepteur d'une puissance de 1000 watts (= 1 kilowatt) est branché pendant une heure il consomme pendant ce temps une énergie électrique de 1 kilowattheure (kwh).

Expérience 45

Loi d'Ohm

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

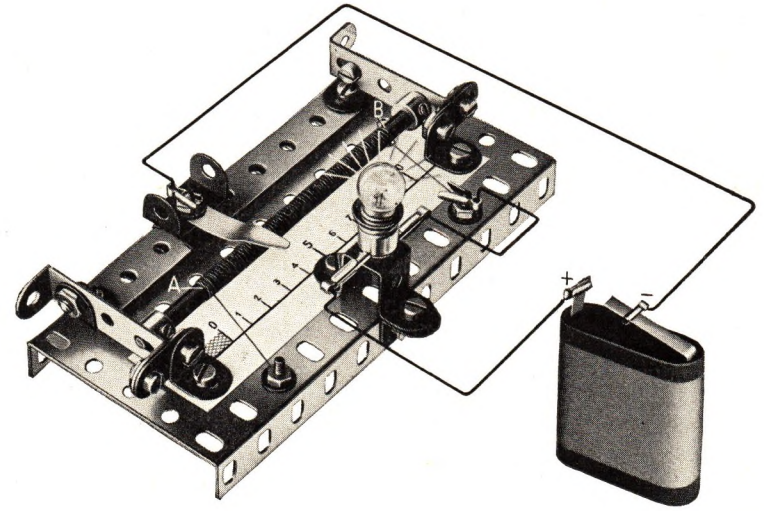
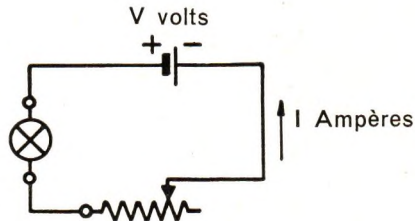
Montage analogue à celui de l'expérience 43

Générateur: = ou \approx 4 volt

L'expérience 43 fait apparaître une loi électrique fondamentale, à savoir une relation entre les 3 grandeurs électriques tension, courant et résistance. C'est la loi d'Ohm qui s'énonce:

«La tension est égale au produit de l'intensité par la résistance» ou en formule:

$$V = R I$$



Pendant la durée de l'expérience, la tension aux bornes de la pile reste constante; il en résulte que si la résistance du circuit varie, le courant dans le circuit varie, et cela conformément à la loi d'Ohm. La luminosité de l'ampoule est une mesure de l'intensité du courant électrique. Lorsque la résistance du rhéostat est faible (côté B) l'ampoule brûle fortement, c'est à dire le courant électrique est intense; si par contre la résistance est grande (côté A du rhéostat), l'ampoule brûle faiblement et on n'a qu'un courant plus faible.

Expérience 46

Court-circuit

On a un court-circuit chaque fois que les 2 conducteurs sont mis en contact par une résistance trop faible. Un tel court-circuit peut provoquer des dégradations au générateur, à la ligne ou même dans les locaux dans lesquels le court-circuit se produit. Tous ces dégâts ont la même origine: l'intensité très élevée du courant électrique. Nous comprenons maintenant pourquoi les 2 languettes de la pile ne doivent jamais se toucher; le court-circuit qui en résulterait pourrait endommager la pile. Les mêmes raisonnements sont valables pour les autres générateurs: accumulateurs et surtout transformateurs. Ces appareils doivent donc être protégés par des appareils spéciaux contre des intensités trop élevées. Lorsque les tensions utilisées sont plus élevées, les dangers et risques sont bien plus grands.

Court-circuiter

Ce verbe court-circuiter est fréquemment utilisé. Nous voulons donner ici un exemple. Branchons par exemple la pile, le rhéostat et l'ampoule en série (voir exp. 43). Réduisons peu à peu la résistance du rhéostat. Lorsque le curseur est arrivé en fin de course, la résistance du rhéostat est nulle. On dit qu'on a court-circuité le rhéostat. Ce terme n'a rien à voir avec la notion de court-circuit vue précédemment. En effet durant cette opération l'intensité du courant électrique dans le circuit ne devient pas dangereuse et nous n'avons pas de court-circuit.

Expérience 47

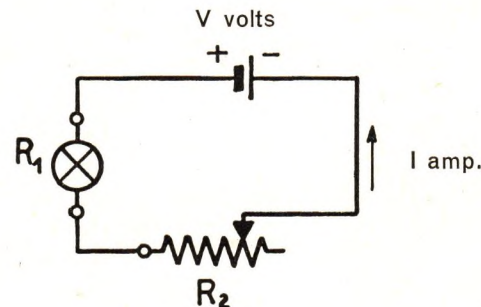
Chute de tension

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

Montage identique à celui de l'expérience 43

Générateur: = ou \sim 4 volts



Examinons de plus près le schéma de l'expérience 43. On remarque que la résistance totale du circuit comporte 2 résistances distinctes à savoir d'une part la résistance fixe de l'ampoule, soit R_1 et d'autre part la résistance variable du rhéostat, soit R_2 . Maintenons le curseur du rhéostat fixe, la résistance R_2 du rhéostat garde alors une valeur fixe et le circuit est le siège d'un courant électrique I . Or il existe aux bornes de toute résistance traversée par un courant électrique une chute de tension dont la valeur est RI , soit ici $R_1 I$ et $R_2 I$. Une deuxième loi fondamentale de l'électricité est:

«Dans un circuit fermé, la somme des forces électromotrices (des générateurs) est égale à la somme des chutes de tension ohmiques (récepteurs).» C'est la loi de Kirchhoff.

Dans notre cas:

$$V = R_1 I + R_2 I$$

Appliquons la loi d'Ohm à ce cas. On a: $V = RI$, d'où en remplaçant V par sa valeur:

$$V = RI = R_1 I + R_2 I$$

c'est à dire:

$$R = R_1 + R_2$$

Ce résultat s'exprime:

Si l'on branche 2 résistances en série, la résistance totale équivalente est égale à la somme des résistances.

Expérience 48

Diviseur de tension

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires :

1 rhéostat (voir expérience 42)

1 interrupteur 12101 3 câbles 12075

3 câbles 12065 2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 8 volts

Si nous disposons d'un générateur de tension plus élevée, par exemple d'un transformateur de 20 volts ou de plusieurs piles, nous pouvons brancher notre rhéostat en diviseur de tension. Comme il existe une chute de tension entre les bornes de toute résistance traversée par un courant électrique et que cette chute de tension varie comme la résistance, il est possible d'avoir entre 2 points d'une résistance une tension voulue; il suffit pour cela de choisir convenablement les 2 points. En maintenant l'un des points fixes et en déplaçant l'autre le long de la résistance on peut faire varier la tension entre ces 2 bornes et cela de façon continue. Dans notre cas nous disposons d'un générateur de 8 volts. Branchons cette tension, par l'intermédiaire de l'interrupteur, aux bornes 1 et 2 du rhéostat. Pour commencer l'expérience, mettons le curseur dans la position A et fermons le circuit à l'aide de l'interrupteur. Déplaçons le curseur jusqu'en C l'ampoule brûle de plus en plus fort car la tension aux bornes augmente progressivement jusqu'à 4 volts (en C). Attention! Il ne faut pas déplacer le curseur au-delà, vers B sinon la tension appliquée à l'ampoule serait trop élevée (8 volts en B) et l'ampoule pourrait griller.

Ne prolongeons pas cette expérience trop longtemps; le courant assez intense qui circule épuiserait rapidement les piles.

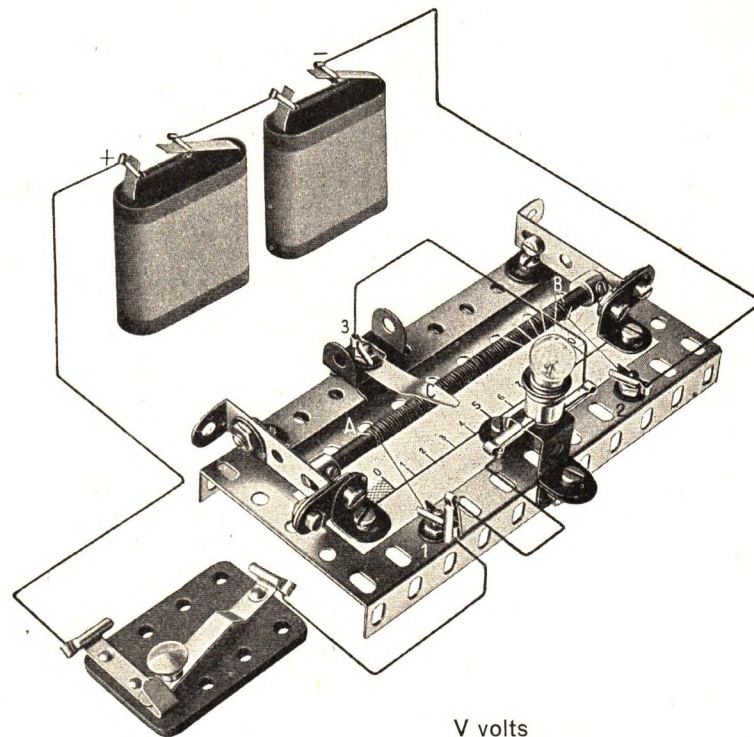
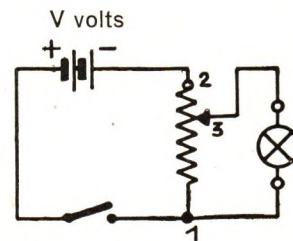


Schéma:

1 - 2 = V volts

1 - 3 = $2/3$ V volts

3 - 2 = $1/3$ V volts



D. Effets du courant électrique

I. Effet calorifique: production de chaleur

Expérience 49

Echauffement d'un fil résistant

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

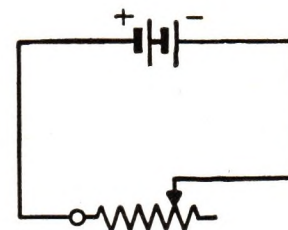
Pièces nécessaires: 1 rhéostat (voir expérience 42) sans ampoule montée

1 câble 12065

2 piles ou 1 transformateur

2 câbles 12075

Générateur: = 8 volts ou \approx 12 volts



Appliquons au rhéostat branché comme le montre la figure ci-dessus une tension continue de 8 volts ou une tension alternative de 12 volts. Après un certain temps nous constatons que le fil résistant a chauffé. L'énergie électrique fournie par la pile ou le transformateur a été transformée en chaleur. L'énergie fournie ainsi par seconde s'exprime en watts et l'on a:

$$P = V \cdot I \text{ et comme on } V = RI \text{ on obtient:}$$

$$P = (RI)I = R I^2 \text{ watt (voir expérience 44 et 45)}$$

Si nous diminuons la résistance du circuit l'intensité augmente, mais la chaleur dégagée augmente plus rapidement; il en résulte que la température du fil monte vite. Si nous court-circuitons presque le rhéostat, le dégagement de chaleur devient tel qu'on ne peut plus toucher le fil.

Cette expérience épuise rapidement les piles. Aussi conseillons-nous de ne pas la faire durer trop longtemps.

Expérience 50

Radiateur électrique

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Le radiateur électrique constitue l'application pratique de cet effet calorifique du courant électrique. Un tel radiateur exige un courant intense et nous conseillons donc l'emploi du transformateur de la série 6000. Il est néanmoins possible d'alimenter le radiateur à l'aide de piles, mais il faut dans ce cas brancher 3 piles en série (= 12 à 14 volts).

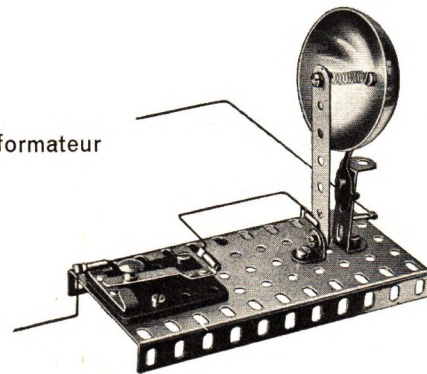
La figure ci-contre montre l'appareil. La bande 10007 est fixée de façon isolée à l'équerre 10002 (mécanisme fondamental C 5); enlever la couleur à l'endroit où est fixée la fiche. Nous conseillons d'intercaler entre l'interrupteur et la plaque rectangulaire une feuille de papier afin d'éviter des court-circuits dus

Pièces nécessaires:

1 équerre 10002	1 marteau de sonnerie 12140
1 bande 10007	1 timbre de sonnerie 14076
1 bande coudée 10066	2 rondelles 72126
1 plaque rectangulaire 11321	1 rondelle 72134
5 cm fil résistant 12040	1 vis 75100 et 1 écrou 75720
1 câble 12065	7 vis 75653 et écrous 75770
2 câbles 12075	1 transformateur ou 3 piles
1 interrupteur 12101	

Générateur: = 12 volts ou \sphericalangle 20 volts

Vers le transformateur





à des contacts entre les rivets de l'interrupteur et la plaque rectangulaire.

Cette expérience ne doit pas durer trop longtemps, car les piles seraient rapidement épuisées.

Expérience 51

Coupe-circuit (Fusible)

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 2 équerres 10002 | 2 rondelles 72134 |
| 1 plaque rectangulaire 11321 | 2 vis 75101 avec écrous 75720 |
| 1 câble 12065 | 2 écrous 75720 |
| 2 câbles 12075 | 2 vis 75653 avec écrous 75770 |
| 1 interrupteur 12101 | 1 feuille d'étain |
| 4 rondelles 72126 | 1 transformateur ou |
| | 1 accumulateur |

Générateur: = ou \sim 3 volts

Au cours de l'expérience nous avons vu que le court-circuit était une intensité trop élevée. D'autre part nous venons de voir que le courant électrique provoquait l'échauffement d'un fil résistant (expérience 49).

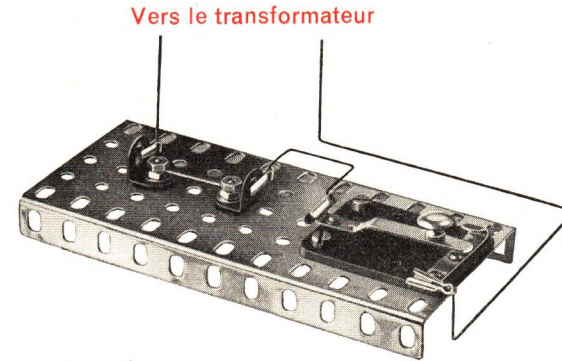
Une combinaison de ces 2 faits nous permet de construire un appareil destiné à protéger une installation contre les intensités trop élevées. Il suffit d'intercaler dans le circuit un conducteur qui s'échauffe tellement sous l'action du courant qu'il arrive à fondre. Par suite de cette fusion, le circuit est interrompu avant que le courant ne puisse détériorer l'installation; un tel appareil est appelé coupe-circuit ou fusible. Ce n'est pas le seul dispositif existant et nous aurons l'occasion ultérieurement de voir d'autres coupe-circuits. (Chapitre H.)

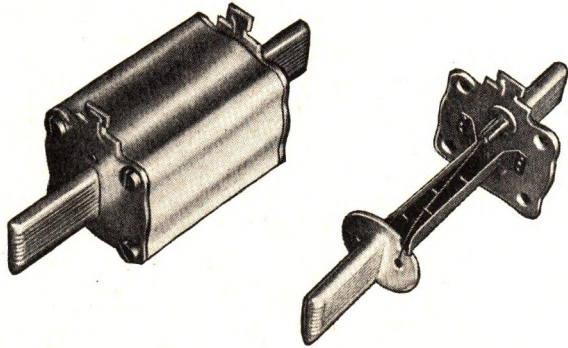
Construisons l'appareil représenté sur la figure. Il faut veiller à ce que les 2 équerres 10002 soient en contact avec les vis mais non avec la plaque rectangulaire (voir mécanisme C 5).

Découpons une mince lame de papier d'aluminium (d'une tablette de chocolat) (largeur environ 1,5 mm) et branchons-la aux 2 vis à l'aide de 2 écrous 75720; cette lame d'aluminium est notre fusible.

Branchons cet appareil à notre transformateur (3 volts) et fermons le circuit à l'aide de l'interrupteur; il circulera un courant très intense qui provoque la fusion de la lame d'aluminium. Un transformateur donne les courants de court-circuit les plus intenses sur les plots correspondant aux tensions faibles; nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur ce point. Si au lieu de régler notre transformateur sur 3 volts, nous l'avions réglé sur 20 volts ou 17 ou 12 volts, le fusible ne fond pas. Pour une tension de 8 ou 5 volts on observe un échauffement important, mais non suffisant pour provoquer la fusion. Réglé sur 3 volts, le transformateur donne un courant de court-circuit tel que la lame fond presque instantanément. Attention aux dangers d'incendie!

Si au lieu de prendre une lame de 1,5 mm de largeur, nous en prenons une de 0,5 mm de largeur, celle-ci explose lorsqu'on branche le transformateur réglé à 3 volts.





Fusibles basse tension pour grande intensité (200 ampères)

Un fusible fond lorsqu'il est traversé par une intensité trop grande. Cette expérience ne peut pas être réalisée avec des piles; celles-ci sont des générateurs trop peu puissants. Au lieu du transformateur on peut utiliser comme générateur un accumulateur (voir expérience 59).

Expérience 52

Soudeuse par points

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Générateur: = ou \approx 3 volts

Pièces nécessaires:

8 équerres 10002

1 bande 10009

2 bandes coudées 10066

1 plaque rectangulaire 11321

1 plaque de fer 12021

2 câbles 12100

1 porte-mines 12117

1 clou 14072

2 rondelles 72126

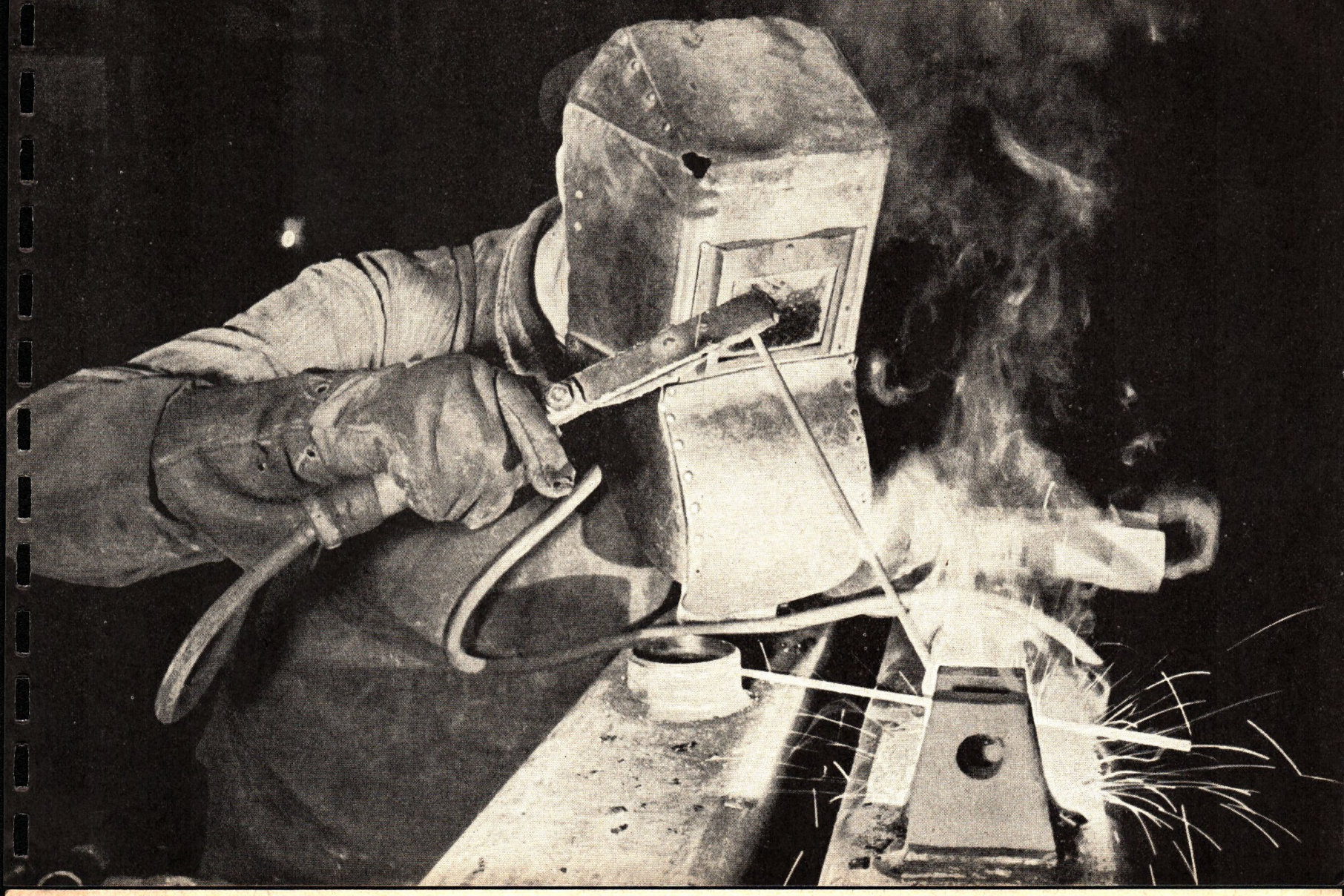
1 rondelle 72134

1 vis 75100 avec écrou 75720

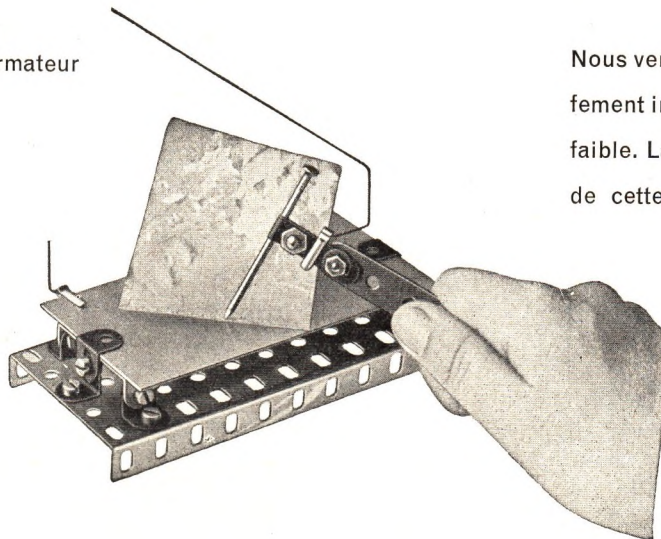
13 vis 75653 avec écrous 75770

1 transformateur ou

1 accumulateur



Vers le transformateur



Nous venons de voir qu'un courant intense peut provoquer un échauffement intense, surtout lorsque la section du conducteur traversé est faible. La soudeuse électrique par points est une application directe de cette propriété. Nous allons construire l'appareil très simple

représenté sur la figure. Les équerres visibles sur la figure appliquent la plaque de fer contre les bandes coudées; le porte-mines est isolé de la bande qui sert de poignée (voir mécanisme fondamental page 10); le clou est fixé à ce porte-mines.

Le transformateur de la série 6000 est le générateur le plus indiqué pour cette expérience (3 volts). L'une des bornes du transformateur est reliée à la plaque

de fer, l'autre au porte-mines. Plaçons sur la plaque de fer une feuille de papier d'aluminium; pressons la feuille d'aluminium contre la plaque de fer à l'aide de la pointe du clou. Le circuit électrique est ainsi fermé et court-circuité par la feuille d'aluminium; il se dégage une forte chaleur au point de contact et il en résulte que la feuille d'aluminium fond à l'endroit où le clou appuie: nous avons réalisé une soudeuse par points.

Nous déconseillons l'emploi de transformateurs d'une puissance supérieure à 20 VA, car les courants seraient trop intenses. Le point de soudure est un véritable court-circuit, aussi rappelons-nous l'expérience 46. Le courant ne doit pas durer trop longtemps dans cette expérience.

Expérience 53 Electrograveur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Même montage que l'expérience précédente avec transformateur ou accumulateur

Générateur: = ou \sim 3 volts



Le même montage constitue aussi un électrograveur. Dans ce cas nous ne disposons pas de feuille d'aluminium sur la plaque de fer; pour graver des lettres il suffit de suivre (en pointillé) le contour de ces lettres à l'aide du clou. A chaque contact le fer fond laissant ainsi une trace; le clou sert de stylet électrique. Les considérations de l'expérience précédente sont encore valables ici (courant et générateur).

Expérience 54 Arc électrique

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

2 bandes 10007

1 plaque rectangulaire 11321

4 glissières 11712

2 câbles 12075

2 supports 12108

1 transformateur ou 1 accumulateur

Générateur: = ou \sim 8 volts

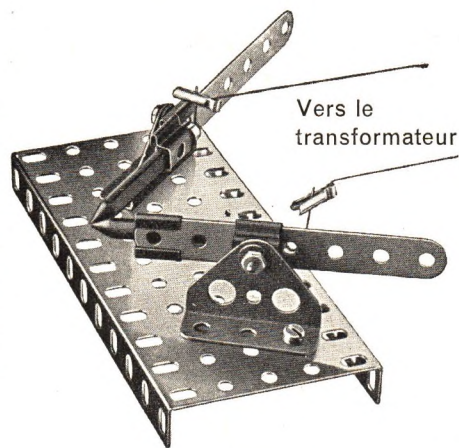
Récupérons 2 charbons d'une pile épuisée; prenons soin de ne pas arracher les fils fixés à ces charbons. Taillons, comme le montre la figure, les extrémités de ces charbons en pointe. Il faut encore limer les charbons sur le côté afin de pouvoir les serrer dans les glissières. Les 2 glissières montées sur les supports triangulaires ne doivent pas être en contact avec ceux-ci (voir mécanismes fondamentaux pages 9 et 10).

4 rondelles 72126

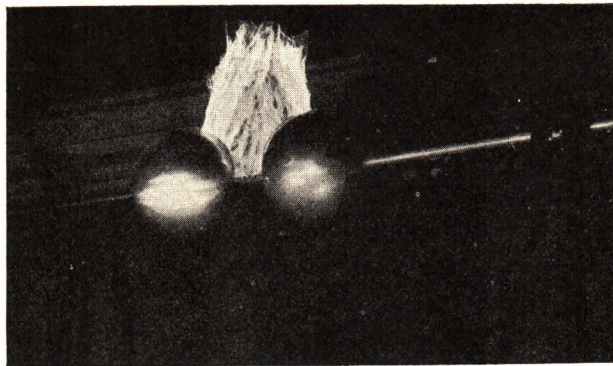
2 vis 75100 avec écrous 75720

2 vis 75653 avec écrous 75770

2 charbons de pile



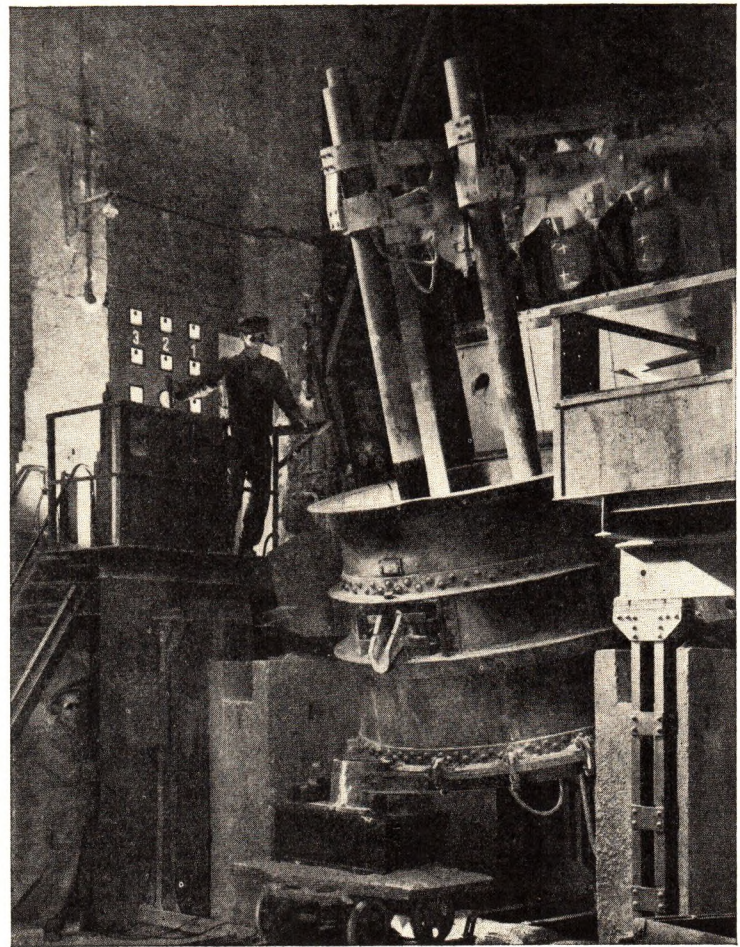
Il faut utiliser comme générateur un transformateur de la série 6000 ou un accumulateur. Si l'on porte les 2 charbons au contact, les pointes s'échauffent sous l'action du courant; si on les écarte légèrement il s'établit entre les deux charbons un arc électrique. Pour que cet arc puisse s'établir il faut que la tension entre les charbons soit de 8 à 12 volts. – Des piles de lampe de poche ne conviennent pas comme générateur pour cette expérience.



▲
Arc électrique entre 2 sphères.

Arc haute tension.

Four à arc. Dans ce cas la tension entre les ►
2 pôles est faible. Les 2 électrodes sont en
graphite et l'arc reste stable par suite du
mouvement des atomes de charbon chargés
produits par l'échauffement intense.



II. Eclairage électrique

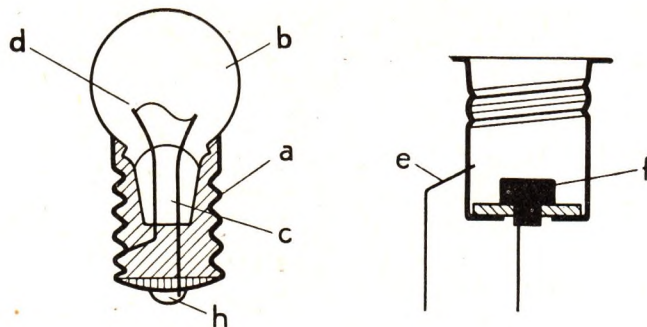
Expérience 55

Comment est faite une ampoule électrique?

L'ampoule électrique illustre de façon très instructive l'emploi de conducteurs et d'isolants.

Elle comporte un culot (à vis ou à baïonnette) a, une ampoule en verre b, les fils d'amenée du courant (qui servent aussi de support au filament) c et un filament très fin d.

Le culot a présente un pas de vis métallique, appelé, d'après son inventeur, vis d'Edison. L'un des fils d'amenée de courant c est en contact avec cette vis alors que l'autre est soudé au contact métallique h, isolé de la vis d'Edison. Pour amener le courant à l'ampoule, on la visse dans une douille à vis. L'un des conducteurs est en contact avec cette vis alors que l'autre est reliée à la pièce f, elle-même isolée de la vis. Lorsqu'on visse l'ampoule dans la douille, la pièce h entre en contact avec la pièce f, assurant ainsi la fermeture du circuit électrique. Le courant est de la sorte amené au filament très fin qui s'échauffe fortement sous l'action de ce courant et émet ainsi de la lumière. Pour éviter que le filament brûle, on l'enferme dans l'enceinte du ballon de verre qui ne contient pas de gaz ou des gaz qui empêchent toute combustion.



Expérience 56: Lampe de poche

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

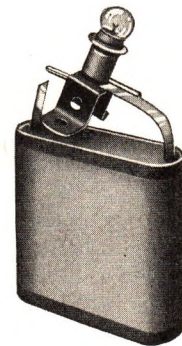
1 douille 12060

1 ampoule 3,5 volts 14073

1 pile de lampe de poche

Générateur: = 4 volts

La figure ci-contre montre une lampe de poche très simple. Il suffit de fixer la fiche de contact supérieure de la douille à la languette longue (légèrement courbée) de la pile. Une légère pression sur la douille amène l'autre fiche de la douille en contact avec la languette courte de la pile, et l'ampoule éclaire.



Expérience 57

Applique

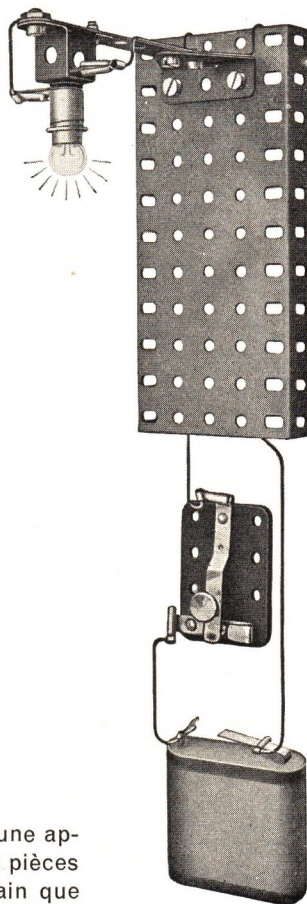
Réalisable avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 bande 10007
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 douille 12060
- 1 câble 12075
- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 1 support 12108
- 1 ampoule 3,5 volts 14073
- 6 vis 75653 et écrous 75770
- 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts

La figure ci-contre nous montre une applique facile à construire avec les pièces de notre boîte ELEX. Il est certain que nous trouverons de nombreuses applications possibles pour un tel éclairage.



Expérience 58

Porte-montre

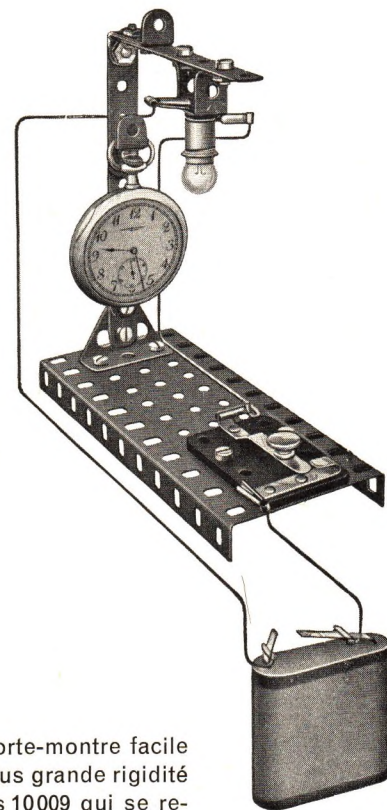
Réalisable avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 2 équerres 10002
- 1 bande 10007
- 2 bandes 10009
- 1 pièce en S 10042
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 douille 12060
- 1 câble 12075
- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 1 support 12108
- 1 ampoule 3,5 volts 14073
- 13 vis 75653 et écrous 75770
- 1 pile ou transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts

La figure ci-contre montre un porte-montre facile à construire. Pour assurer une plus grande rigidité au support, on prendra 2 bandes 10009 qui se recouvrent de 8 trous. Le crochet support de la montre est réalisé à l'aide de 2 équerres 10002. Intercaler une feuille de papier entre l'interrupteur et la plaque rectangulaire afin d'éviter des courts-circuits éventuels entre les rivets de l'interrupteur et la plaque.



Expérience 59

Protection des installations d'éclairage



Fusible

Du haut vers le bas:

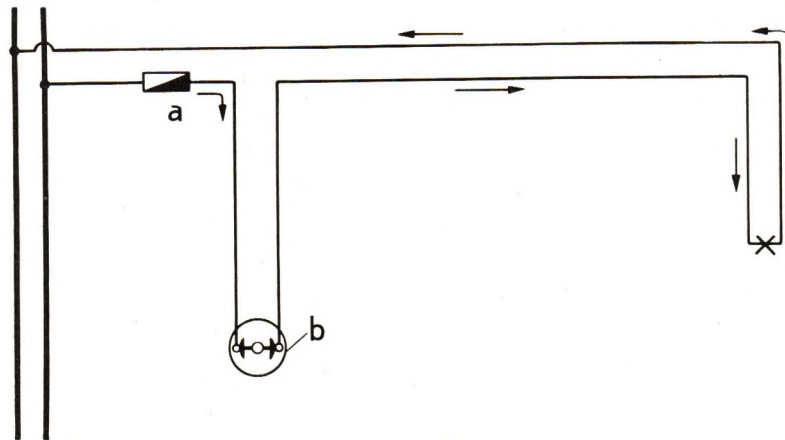
Tête du fusible – Élément

de fusible – Vis de calibre

Douille

Après avoir vu quelques expériences fondamentales sur le courant électrique et sur l'éclairage électrique, nous allons étudier quelques schémas très simples d'installations d'éclairage courantes.

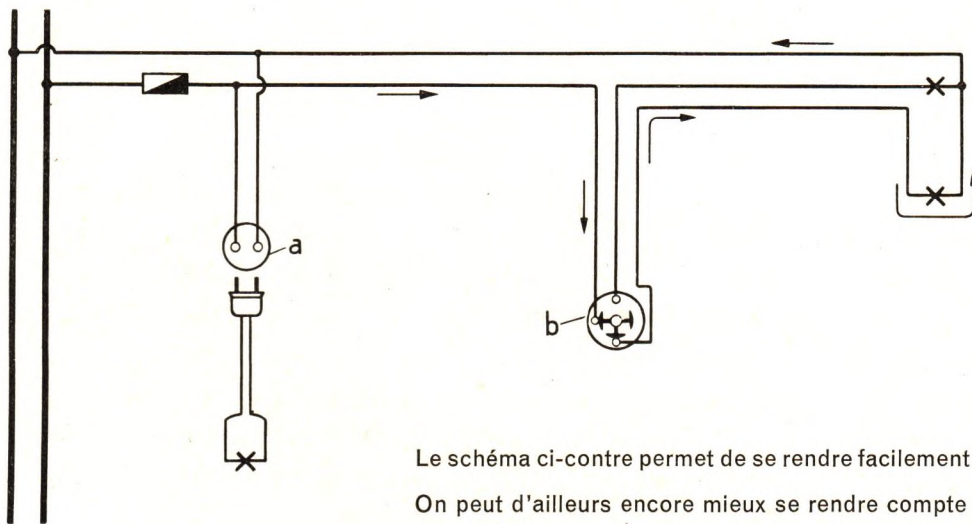
Voici le cas le plus simple: une seule ampoule commandée par un interrupteur. Pour plus de clarté nous avons représenté les 2 câbles sur la figure. L'interrupteur est représenté schématiquement par un petit cercle et l'ampoule par une croix. Les 2 gros traits à gauche représentent le secteur. Le courant vient de ce secteur, traverse un fusible a (voir expérience 51) et est amené à l'interrupteur b; cet interrupteur permet de fermer ou d'ouvrir le circuit électrique. Le circuit comporte en outre l'ampoule et le câble de retour. L'interrupteur a 2 positions «Circuit ouvert» et «Circuit fermé». La présence du fusible à l'entrée du circuit est obligatoire. Son rôle est de couper la liaison avec le secteur en cas de surintensité due par exemple à un court-circuit. L'élément du fusible comporte en effet un fil fin qui sous l'action du courant intense fond et coupe ainsi le contact avec le réseau. Il faut donc veiller à ce que ces fusibles soient toujours en bon état de fonctionnement; en particulier ces fusibles ne doivent en aucun cas être réparés par l'introduction d'un fil conducteur; dans ce cas ils ne pourraient plus remplir le rôle de protection qui est le leur.



Expérience 60

Prise de courant et commutateur à 3 directions

Dans ce cas encore, 2 fils seulement sont reliés au secteur. La prise de courant est branchée en parallèle sur les 2 conducteurs; son rôle est de permettre l'amenée du courant à des récepteurs tels que lampadaire, fer à repasser, aspirateurs, postes de TSF etc. Le courant est ensuite amené au commutateur b. Un tel commutateur permet d'allumer indépendemment 2 lampes ou groupes de lampes. Ce cas se présente par exemple dans le cas des lustres.




Un tel commutateur présente
4 positions:

Tout éteint

Lampe inférieure allumée

Lampes inférieure et supérieure
allumées

Lampe supérieure allumée


Le schéma ci-contre permet de se rendre facilement compte du fonctionnement d'un tel commutateur. On peut d'ailleurs encore mieux se rendre compte de ce fonctionnement si l'on découpe, dans une feuille de papier une pièce de la forme ; fixons à l'aide d'une épingle cette pièce sur le dessin de l'interrupteur et faisons-la tourner. Nous verrons alors les 4 positions de l'interrupteur.

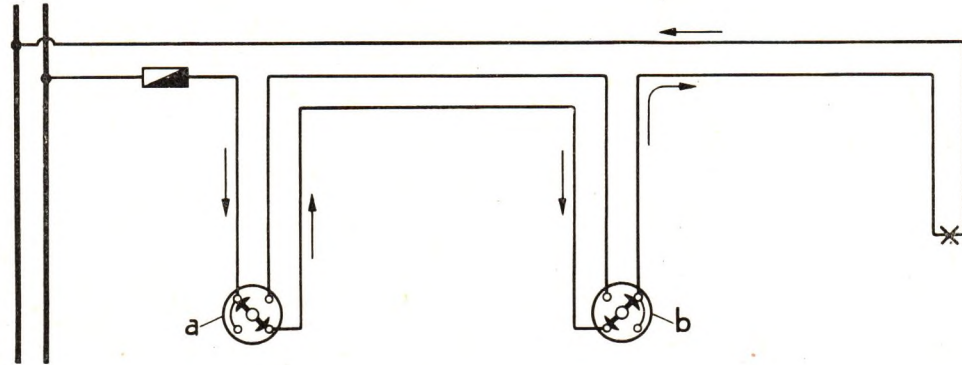
La position de l'interrupteur représentée sur la figure correspond à lampe inférieure allumée.

Expérience 61

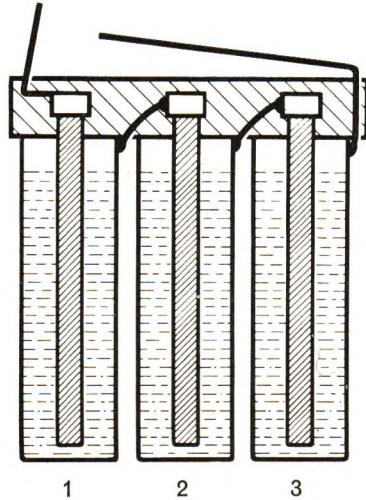
Va et vient

Il arrive souvent qu'on désire pouvoir allumer et éteindre une même lampe à partir de 2 endroits différents. On emploiera dans ces cas un va et vient représenté schématiquement sur la figure ci-contre. Une telle installation comporte

2 interrupteurs va-et-vient, reliés par une conduite à 3 conducteurs. Pour comprendre le fonctionnement d'une telle installation, nous allons procéder comme précédemment et découper 2 pièces de la forme suivante  ; à l'aide d'une épingle nous les fixons sur le dessin représentant l'interrupteur. Si les deux interrupteurs ont la position indiquée sur la figure, le courant empruntera le circuit repéré par les flèches. Une rotation d'un quart de tour de l'un des interrupteurs ouvre le circuit et la lumière est éteinte. Une 2^e rotation de l'un quelconque des interrupteurs ferme de nouveau le circuit et la lampe brûle.



III. Effets chimiques du courant électrique



Expérience 62

Composition de la pile

Il arrivera certainement au cours de nos expériences que la pile soit épuisée. A ce moment il est intéressant de la démonter pour voir comment elle est faite. Après avoir enlevé le carton extérieur, nous apercevons 3 récipients en zinc 1, 2, 3. Une électrode en charbon plonge dans chaque récipient en zinc. Pour donner plus de solidité à la pile, ces 3 électrodes sont enrobées dans une matière isolante noire. Les récipients en zinc sont remplis d'une masse pâteuse. La tension aux bornes d'un tel élément, qui est de 1,5 volts environ, est due aux réactions chimiques qui ont lieu entre l'électrode en charbon, le récipient en zinc et la masse pâteuse de remplissage.

L'électrode en charbon de l'élément 1 est reliée à la petite languette de la pile; le récipient en zinc de l'élément 1 est relié à l'électrode en charbon de l'élément 2, le récipient en zinc de l'élément 2 est relié à l'électrode en charbon de l'élément 3; enfin le récipient en zinc de l'élément 3 est relié à la grande languette de la pile. Les 3 éléments sont donc branchés en série et la tension aux bornes de l'ensemble est donc (voir expérience 28) $3 \times 1,5 = 4,5$ volts.

Expérience 63

Décomposition de l'eau

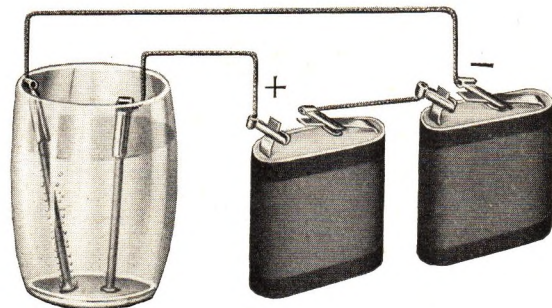
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 2 câbles 12065, 1 câble 12075, 2 clous 14072, 1 verre, 2 piles.

Générateur: = 8 volts

Voici une expérience intéressante, qui touche aussi le domaine de la chimie, à savoir la décomposition de l'eau par le courant électrique.

Cet effet du courant est aussi appelé «électrolyse». Introduisons dans un verre rempli d'eau les 2 clous reliés au générateur électrique. Le générateur le plus indiqué est, dans ce cas, constitué par 2 piles branchées en série. Les 2 clous sont appelés «électrodes»; l'électrode reliée au pôle positif est appelée anode, celle reliée au pôle négatif est appelée cathode. On observe rapidement l'apparition de bulles gazeuses aux 2 électrodes le dégagement gazeux est cependant bien plus abondant à la cathode qu'à l'anode. Le gaz dégagé à la cathode est de l'hydrogène, celui dégagé à l'anode est de l'oxygène. Cette différence de comportement des 2 électrodes peut aussi servir à repérer la polarité d'un générateur de courant continu. Si l'on laisse passer le courant suffisamment longtemps, on observe que toute l'eau est ainsi décomposée, d'où le résultat intéressant: l'eau est composée exclusivement d'oxygène et d'hydrogène. Si au lieu de prendre de l'eau du robinet on prenait de l'eau distillée, l'expérience ne fonctionnerait pas. Pour faire passer le courant électrique il faut ajouter un peu d'acide.



Expérience 64

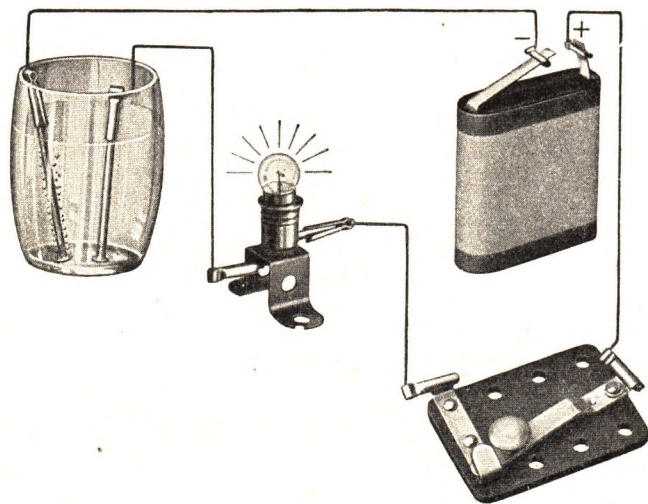
Electrolyse d'une solution salée

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:	2 clous 14072
1 douille 12060	1 ampoule 3,5 volts 14073
2 câbles 12065	1 verre
1 câble 12075	1 pile
1 interrupteur 12101	Générateur: = 4 volts

Introduisons dans un verre rempli d'eau 2 clous et formons le circuit suivant: les 2 clous sont branchés à la pile par l'intermédiaire d'un interrupteur et d'une ampoule. Le courant ne passe pas si nous fermons l'interrupteur.

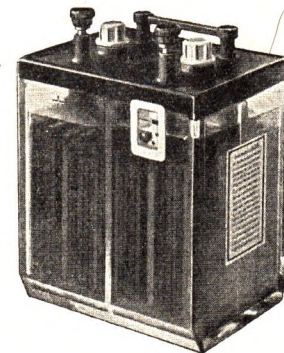
Ajoutons petit à petit du sel de cuisine à l'eau jusqu'à ce que l'ampoule commence à brûler. Nous avons réalisé une solution de sel de



cuisine qui conduit mieux le courant que l'eau pure. Ajoutons plus de sel; l'ampoule brûle plus vivement: plus la concentration de la solution saline est grande, plus la résistance de la solution diminue. Si nous diminuons la distance des clous dans l'eau salée, la résistance diminue aussi. On observe encore un dégagement d'hydrogène à la cathode, mais ce dégagement est dû dans ce cas à une réaction chimique qui a lieu à la cathode.

Expérience 65 Accumulateur

Un accumulateur présente par rapport à une pile l'avantage de pouvoir être rechargé. Si l'on branche un accumulateur aux bornes d'un générateur à courant continu, il emmagasine de l'énergie électrique; le passage du courant est en effet accompagné d'une réaction chimique; l'énergie emmagasinée est donc transformée en énergie chimique. Une fois chargé, l'accumulateur peut débiter du courant électrique et pendant que l'accumulateur débite, il y a transformation de l'énergie chimique en énergie électrique. Il comporte en général 2 électrodes en plomb qui plongent dans une solution diluée d'acide sulfurique. A l'état chargé, la cathode est en plomb poreux et l'anode en peroxyde de plomb. A l'état déchargé, les 2 électrodes sont transformées en sulfate de plomb. L'indication 15 Ah (ampères heure) portée sur la plaquette descriptive de l'accumulateur signifie qu'il peut débiter un courant de 1 ampère pendant 15 heures ou $\frac{1}{2}$ ampère pendant 30 heures etc. D'autre part l'intensité du courant débité par un accumulateur ne doit jamais dépasser la valeur maxima indiquée par le constructeur, sinon les plaques risquent de se déformer. Un élément donne une tension de 2 volts.



IV. Electromagnétisme

1. Champ magnétique d'un courant

Expérience 66

Une bobine, qui n'est traversée par aucun courant, ne fait pas dévier l'aiguille aimantée

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

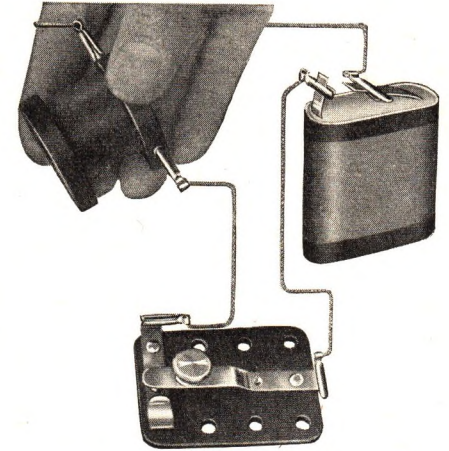
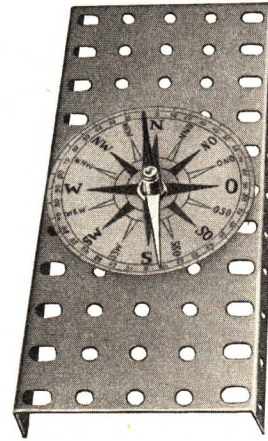
Pièces nécessaires:

1 plaque rectangulaire 11321	1 câble 12075
1 aiguille aimantée horizontale 12055	1 interrupteur 12101 1 bobine 12109
1 pivot avec écrou 12057	1 rose des vents (à découper)
2 câbles 12065	1 pile

Générateur: = 4 volts

Construisons une boussole (voir expérience 17). Approchons une bobine qui n'est le siège d'aucun courant; l'aiguille aimantée ne subit aucune déviation et elle reste dirigée dans la direction nord-sud.

Pour ménager les pas de vis dans les flasques de la bobine, nous conseillons de n'employer que les vis courtes 75653 pour fixer la bobine. Brancher la bobine à la tension indiquée.



Expérience 67

Une bobine traversée par un courant électrique fait dévier l'aiguille aimantée

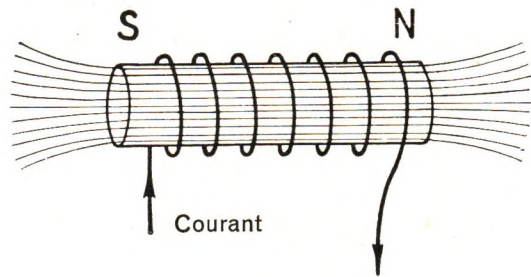
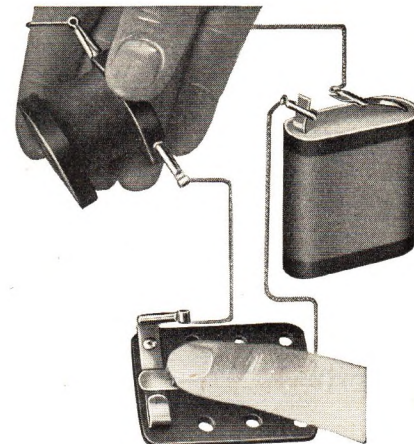
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1 plaque rectangulaire 11321 | 1 câble 12075 |
| 1 aiguille aimantée horizontale 12055 | 1 interrupteur 12101 |
| 1 pivot avec écrou 12057 | 1 bobine 12109 |
| 2 câbles 12065 | 1 rose des vents (à découper) |
| | 1 pile |

Générateur de courant: = 4 volts

Fermons le circuit à l'aide de l'interrupteur, l'aiguille aimantée dévie fortement. En retournant la bobine, nous constatons que l'une des extrémités attire le pôle nord, l'autre le pôle sud. La bobine, traversée par un courant électrique se comporte comme un aimant; elle comporte 2 pôles magnétiques. On dit que la bobine produit un champ magnétique.



Expérience 68

Direction du champ magnétique et sens du courant

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: même montage que pour l'expérience 67

Générateur: = 4 volts

Repérons le sens d'enroulement de la bobine et le sens du courant; repérons d'autre part le sens des lignes de force. On constate que le sens du champ

magnétique est celui dans lequel progresse un tire-bouchon que l'on fait tourner dans le sens du courant.

A l'intérieur de la bobine les lignes de force vont du pôle sud vers le pôle nord et à l'extérieur de la bobine elles vont du pôle nord au pôle sud.

Expérience 69

Lignes de force du champ magnétique produit par la bobine

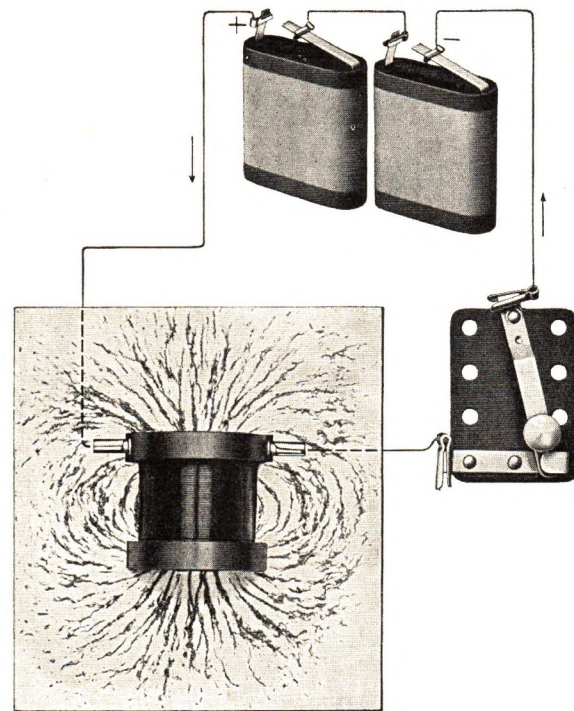
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| 1 câble 12065 | 1 boîte de limaille de fer 12155 |
| 3 câbles 12075 | 1 feuille de carton (12×15 cm) |
| 1 interrupteur 12101 | 2 piles ou 1 transformateur |
| 1 bobine 12109 | |

Générateur: = ou \sphericalangle 8 volts

Reproduisons sur la feuille de carton le contour de la bobine tel qu'il est représenté sur la feuille à découper jointe à la boîte (I); découpons le contour et mettons la bobine dans la découpure ainsi réalisée. Fermons le circuit à l'aide de l'interrupteur et saupoudrons la feuille de carton de limaille de fer; la limaille se dispose régulièrement sur la feuille de carton et on observe les lignes de force du champ magnétique de la bobine. Prenons soin de couper le courant dès que l'image est nette pour éviter d'épuiser les piles.



Les lignes de force sont rectilignes à l'intérieur de la bobine; elles sortent de la bobine par les 2 extrémités et contournent la bobine. On constate que ces lignes de force sont le plus rapprochées à l'intérieur de la bobine. On peut déterminer le sens des lignes de force par application de la règle du tire-bouchon énoncée précédemment (exp. 68).

Expérience 70

Bobine munie d'un noyau de fer (circuit magnétique ouvert)

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

Même appareil que pour l'expérience 69 avec en plus un noyau de fer 12115.

Générateur: = ou  8 volts

L'expérience 9 nous a montré qu'un morceau de fer placé dans un champ magnétique avait la propriété d'attirer les lignes de force. Retirons avec précaution le carton avec la limaille de façon à ne pas déformer le dessin. Introduisons le noyau de fer 12115 dans la bobine et introduisons la bobine de nouveau dans le découpage du carton. Fermons le circuit. Les lignes de forces se resserrent, les lignes de force sont beaucoup plus rapprochées dans le fer et le champ de fuites devient bien plus faible. La bobine avec son noyau de fer constitue un électro-aimant.

Expérience 71

Bobine avec circuit magnétique fermé

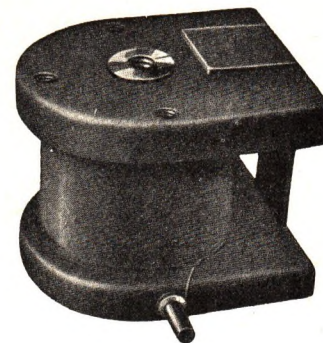
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 bobine 12109, 1 noyau de fer 12115, 1 armature 12116, 1 vis 75653 avec écrou 75770

Montons l'armature 12116 sur l'électro-aimant précédent et vissons-la sur le noyau; lorsque nous fermons le circuit électrique, nous obtenons entre le noyau de fer et l'extrémité de l'armature un champ magnétique très intense. Mais même dans ce cas toutes les lignes de force ne passent pas dans l'armature et l'on observe encore un champ de fuites, faible il est vrai. Nous aurons encore souvent l'occasion de revenir sur cette disposition expérimentale.

Si les lignes de force sont suffisamment denses dans l'armature, on ne peut plus faire passer des lignes de force supplémentaires dans le fer; on parle dans ce cas de saturation du fer.

Si l'on augmente le nombre de lignes de force celles-ci contribueront à augmenter le champ de fuites (voir expérience 9).



Expérience 72

Champ magnétique de 2 électro-aimants de même axe

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

2 bandes coudées 10066

1 plaque rectangulaire 11321

3 câbles 12075

1 boîte de limaille de fer 12155

1 tringle 10211

1 bobine 12030

1 interrupteur 12101

4 vis 75653 avec écrous 75770

2 bagues d'arrêt 11059

2 câbles 12065

1 bobine 12109

1 feuille de carton (12 × 15 cm)

2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 8 volts

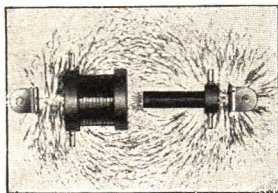
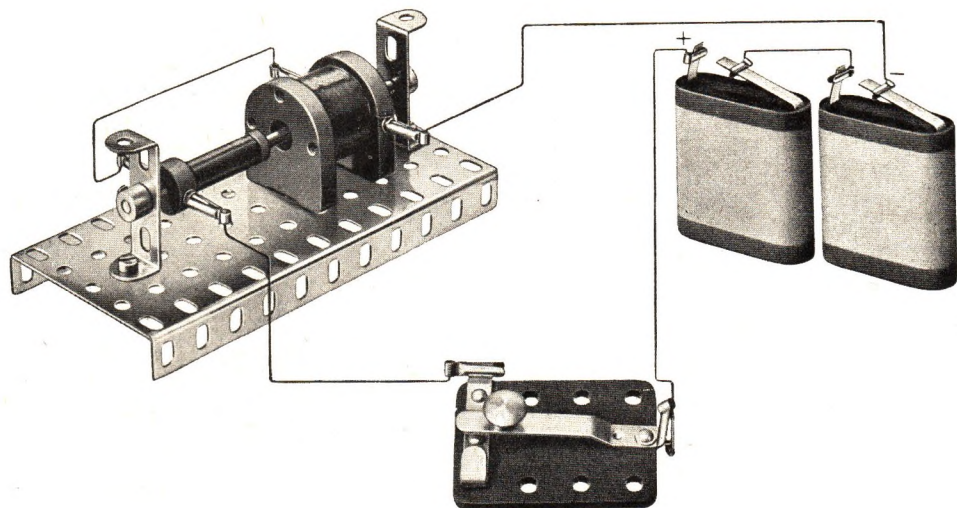


Fig. a
Même sens du courant
dans les 2 bobines
(flux continu)

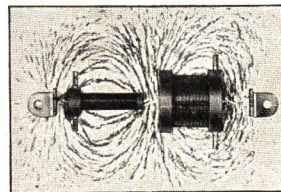


Fig. b
Sens contraires du cou-
rant dans les 2 bobines
(flux contraires)

Réalisons le montage représenté sur la figure ci-contre. Reproduisons sur la feuille de carton les contours des deux bobines conformément aux dessins reproduits sur la feuille à découper jointe à la boîte et découpons la feuille de carton. Faisons de part et d'autre des bobines des entailles afin de pouvoir glisser la feuille de carton sur les 2 bandes coudées 10066; la feuille de carton restera en place grâce à la tringle et grâce aux frottements avec la bobine. Branchons d'abord les 2 bobines en série de telle façon que le courant traverse les 2 bobines dans le même sens. Saupoudrons la feuille de carton de limaille de fer. L'image obtenue (fig. a) montre que les lignes de force traversent les 2 bobines.

Invertissons le sens du courant dans l'une des bobines et fermons le circuit. On constate que les lignes de force des champs magnétiques produits par les 2 bobines se repoussent (fig. b).

Couper le courant dès que les lignes de force sont proprement dessinées; les piles ainsi que les bobines pourraient être détériorées si le courant dure trop longtemps.

Expérience 73

Champ magnétique de 2 électro-aimants d'axes parallèles

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

Pièces nécessaires:

2 bandes coudées 10066

1 tringle 10205

1 plaque rectangulaire 11321

1 bobine 12030

2 câbles 12065

3 câbles 12075

1 interrupteur 12101

1 bobine 12109

1 noyau 12115

1 boîte de limaille de fer 12155

6 vis 75653 avec écrous 75770

1 feuille de carton (12×15 cm)

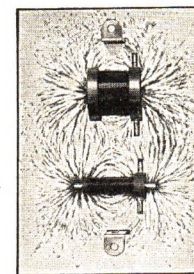
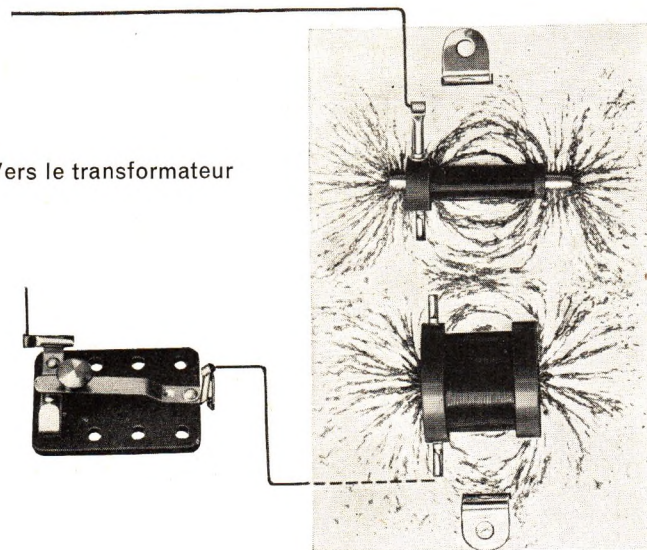
2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 8 volts

Découpons dans le carton les contours des 2 bobines conformément au dessin reproduit sur la feuille à découper jointe à la boîte, faisons de part et d'autre des bobines des entailles afin de permettre d'enfiler la feuille de carton sur les 2 bandes coudées. Celles-ci seront vissées, pour cette expériences dans les derniers trous de la plaque rectangulaire. Pour donner une assise à la feuille de carton, on vissera 2 vis avec écrou dans le trou du milieu des bandes coudées.

Comme dans l'expérience précédente, nous ferons 2 essais en inversant le sens du courant dans l'une des bobines. La figure du haut montre les lignes de force obtenues lorsque les 2 bobines sont traversées par des courants de même sens les lignes de force se repoussent. La fig du bas montre les lignes de force lorsque les 2 bobines sont traversées par des courants en sens contraires. – Ne pas prolonger cette expérience.

Vers le transformateur





2. Forces électromagnétiques

Construction d'un électro-aimant

Réalisable avec les boîtes 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

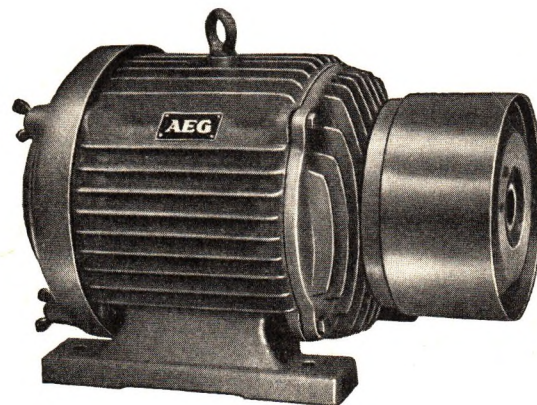
- 1 tringle 10205
- 1 câble 12100
- 1 boîte de limaille de fer 12155
- 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = \sim 4 volts

Nous avons étudié lors d'expériences précédentes les effets d'un aimant permanent. Nous allons nous familiariser maintenant avec l'électro-aimant. Nous fabriquons un électro-aimant très simple. Pour cela nous bobinons le câble 12100 en spires serrées, sur une tringle 10205 et nous branchons ce câble aux 2 bornes de la pile. Cet électro-aimant est capable d'attirer la limaille de fer et même des objets en fer.

L'embrayage magnétique du moteur représenté ci-contre est une application directe de notre expérience.

Ne pas prolonger cette expérience.



Moteur à cage de Faraday équipé d'un embrayage électromagnétique.

Une bobine logée dans la poulie produit un champ magnétique. Ce champ magnétique attire la limaille de fer comprise entre la partie intérieure et la partie extérieure de l'embrayage et il se forme ainsi un tampon de limaille de fer qui assure l'entraînement de la poulie extérieure.

Expérience 75

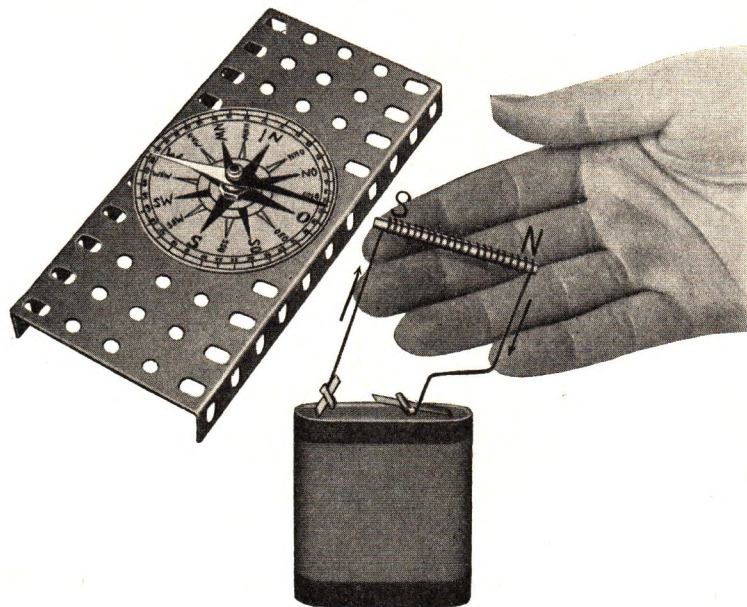
Un électro-aimant a un pôle nord et un pôle sud

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 tringle 10205
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 aiguille aimantée horizontale 12055
- 1 pivot avec écrou 12057
- 1 câble 12100
- 1 rose des vents (à découper)
- 1 pile

Générateur: = 4 volts



Enroulons quelques spires autour de la tringle (câble 12100) et approchons l'électro-aimant ainsi formé de notre boussole. Nous constatons que l'une des extrémités attire le pôle nord de l'aiguille aimantée et est donc un pôle sud magnétique (voir expérience 20) alors que l'autre extrémité de la tringle repousse le pôle nord de l'aiguille aimantée et constitue donc un pôle nord. Examinons de près le sens du courant; nous constatons que si nous regardons le pôle nord, le courant tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre; pour le pôle sud, le courant tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

Il ne faut pas faire durer cette expérience trop longtemps, car la pile s'épuiserait vite.

Expérience 76

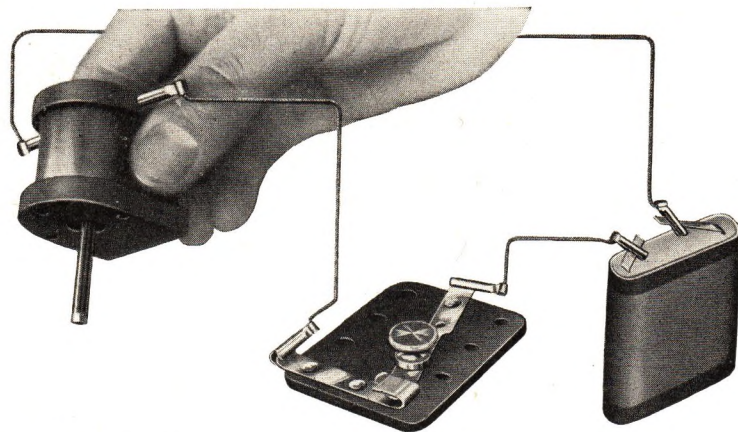
Force d'attraction exercée par une bobine traversée par un courant

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 tringle 10205 1 câble 12075 1 bobine 12109
2 câbles 12065 1 interrupteur 12101 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts



La bobine ELEX comporte un très grand nombre de spires en fil fin et produit par conséquent un champ magnétique intense sans demander un courant intense.

Réalisons l'expérience représentée sur la figure. Nous constatons que le champ magnétique produit est suffisamment intense pour retenir

la tringle 10205, si nous prenons soin de ne pas tenir la bobine strictement verticale mais légèrement oblique. Une telle bobine utilisée sans noyau de fer est aussi appelée un solénoïde:

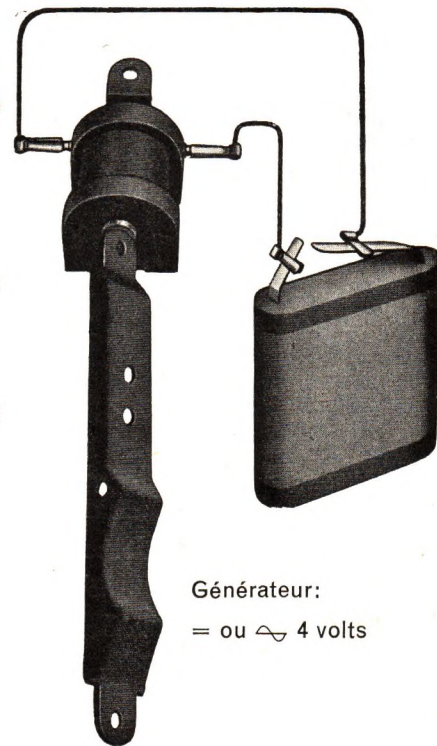
Expérience 77

Force d'attraction de la bobine avec son noyau de fer

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 bande coudée 10066
2 câbles 12065
1 bobine 12109
1 noyau de fer 12115
1 inducteur 12141
2 vis 75653 avec écrous 75770
1 pile ou
1 transformateur



Générateur:
= ou \sphericalangle 4 volts

Si nous introduisons dans la bobine le noyau de fer, sa force est nettement supérieure; l'électro-aimant ainsi constitué peut porter de nombreuses pièces en fer. Pour fixer le noyau nous nous servons d'une bande coudée, vissée dans la flasque de la bobine.

Expérience 78

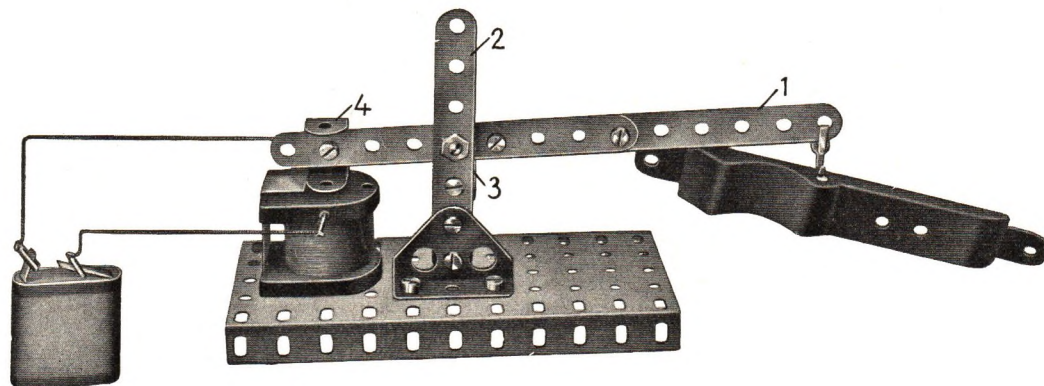
Electro-aimant à levier

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052
ou 1053

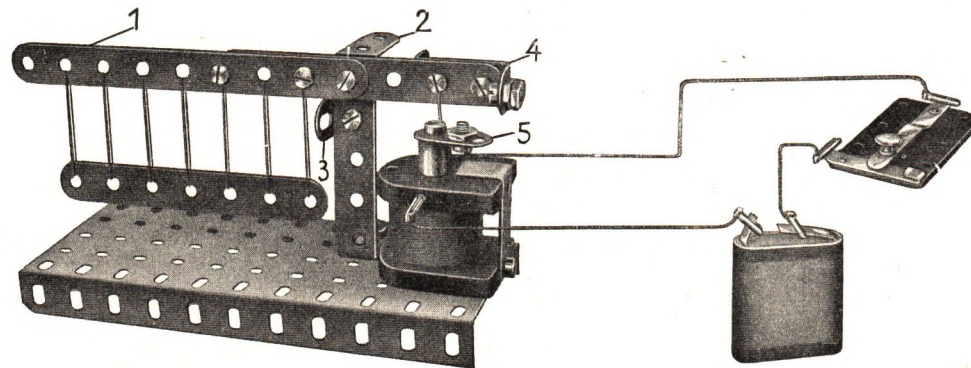
Pièces nécessaires:

- 1 pièce en U 10001
- 1 équerre 10002
- 1 bande 10007
- 2 bandes 10009
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 2 câbles 12065
- 1 support 12108
- 1 bobine 12109
- 1 noyau de fer 12115
- 1 armature 12116
- 1 inducteur 12141
- 11 vis 75653 avec écrous 75770
- 1 vis 75655 avec écrou 75770
- 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts



Le levier (1) est fixé au support (2) par l'intermédiaire d'une vis non bloquée comportant 2 écrous serrés l'un contre l'autre. Pour éviter que le levier ne tombe trop bas, on fixe dans le trou au-dessous de celui qui sert à la fixation du levier, une équerre (3) qui sert de butée. Branchons la bobine munie de son noyau et de l'armature et appliquons le pièce en U contre l'entre-fer; on constate que l'on peut charger fortement le levier avant que la pièce en U ne se décroche de l'électro-aimant.



Voici un modèle intéressant que nous pouvons d'ailleurs utiliser avec notre chemin de fer. La figure montre comment la barrière (1) est fixée, à l'aide d'une vis et de 2 écrous au support (2), l'équerre (3) sert de butée et limite la course de la barrière. La pièce en S (4) sert de contrepoids et est nécessaire si l'on veut obtenir un bon fonctionnement; le cas échéant il faudra encore ajouter des vis pour augmenter le contrepoids. Si nous fermons le circuit de la bobine, le noyau de fer est attiré et entraîne le mouvement de la barrière: la barrière se lève. Pour éviter que la pièce plate (5), vissée sur le noyau, reste collée sur l'armature lorsqu'on a coupé le courant de la bobine on fixera une vis avec son écrou à cette pièce.

Expérience 79 Barrière de passage à niveau

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 pièce plate 10000
- 1 équerre 10002
- 2 bandes 10007
- 1 bande 10009
- 1 pièce en S 10042
- 1 support 10046
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 2 câbles 12065
- 1 câble 12075
- 1 interrupteur 12101
- 1 bobine 12109
- 1 noyau de fer 12115
- 1 armature 12116
- 11 vis 75653 avec écrous 75770
- 2 vis 75655 avec écrous 75770
- 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 4 volts

Expérience 80

Sémaphore

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 pièce plate 10000

1 équerre 10002

1 bande 10007

2 bandes 10009

1 bande coudée 10066

1 poulie 10325

1 plaque rectangulaire 11321

2 câbles 12065

1 câble 12075

1 interrupteur 12101

1 bobine 12109

1 noyau de fer 12115

1 armature 12116

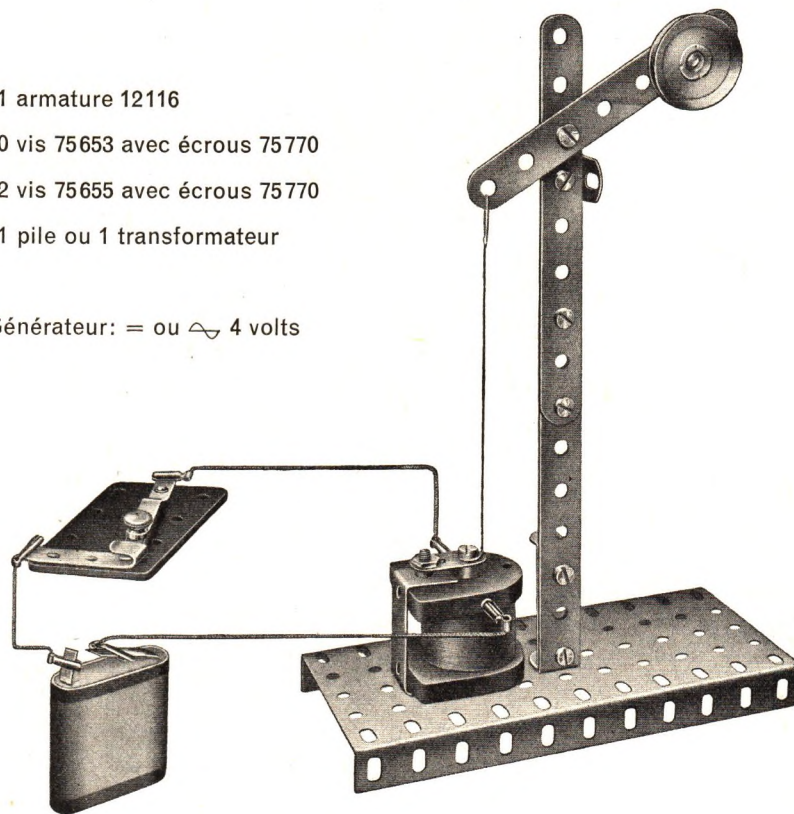
10 vis 75653 avec écrous 75770

2 vis 75655 avec écrous 75770

1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts

Ce sémaphore constituera lui aussi un joli accessoire pour notre chemin de fer. Il peut être commandé à distance et pour cela il suffit de prendre des câbles suffisamment longs. Les détails du montage apparaissent clairement sur la figure ci-contre. Pour le fonctionnement de la bobine, voir l'expérience 79.





8b

Expérience 81

Grue avec électro-aimant de levage

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

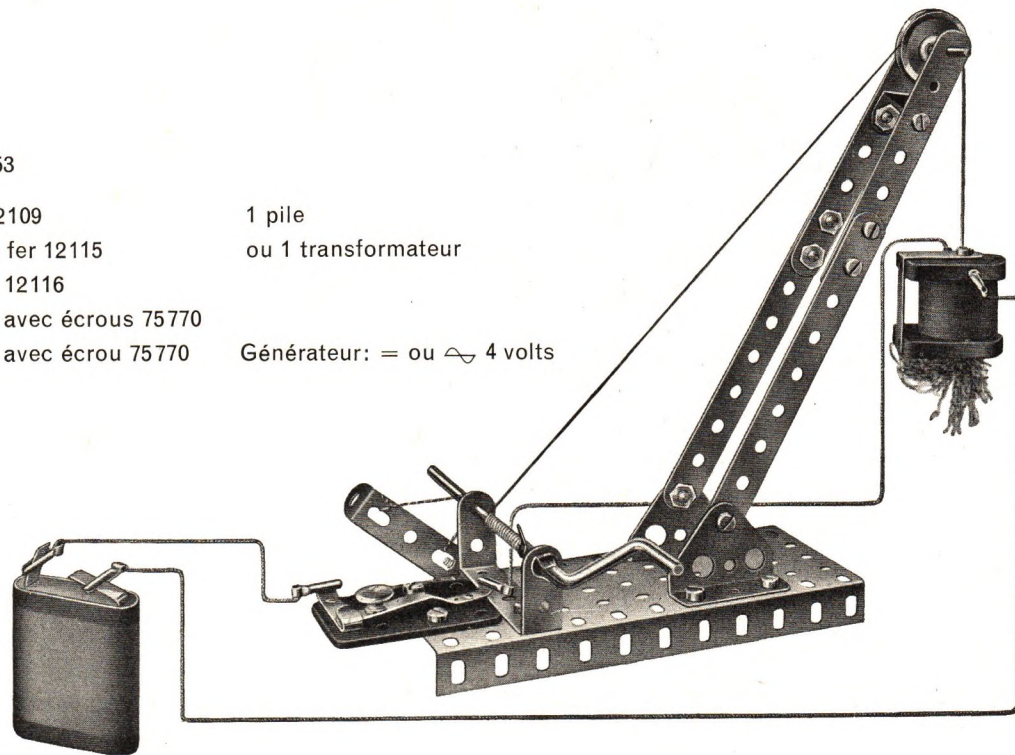
Pièces nécessaires:

- 1 pièce en U 10001
- 2 bandes 10007
- 2 bandes 10009
- 1 support 10046
- 1 bande coudée 10066
- 1 manivelle 10200
- 1 poulie 10325
- 2 clavettes 11702
- 2 clavettes 11703
- 1 câble 12075
- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 2 supports 12108

- 1 bobine 12109
- 1 noyau de fer 12115
- 1 armature 12116
- 18 vis 75653 avec écrous 75770
- 1 vis 75655 avec écrou 75770

- 1 pile
- ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 4 volts



Dans la pratique on utilise généralement des grues avec électro-aimant de levage pour la manutention des objets lourds en fer; on élimine de la sorte le travail qui consiste à fixer la charge au crochet de levage de la grue. La construction de cette grue est simple. On suspend l'électro-aimant avec son armature à une ficelle et on le branche par l'intermédiaire de l'interrupteur à la pile. Si nous fermons le circuit électrique de la bobine, celle-ci attire les pièces en fer qui tombent toutes seules lorsque le courant est coupé. L'autre extrémité de la ficelle est fixée à la manivelle à l'aide d'une clavette 11702. La bande coudée, prolongée par une équerre, est vissée à la plaque rectangulaire et sert de frein; une ficelle, enroulée 2 fois autour de la manivelle est fixée à cette bande coudée et freine le mouvement de la manivelle.

Expérience 82

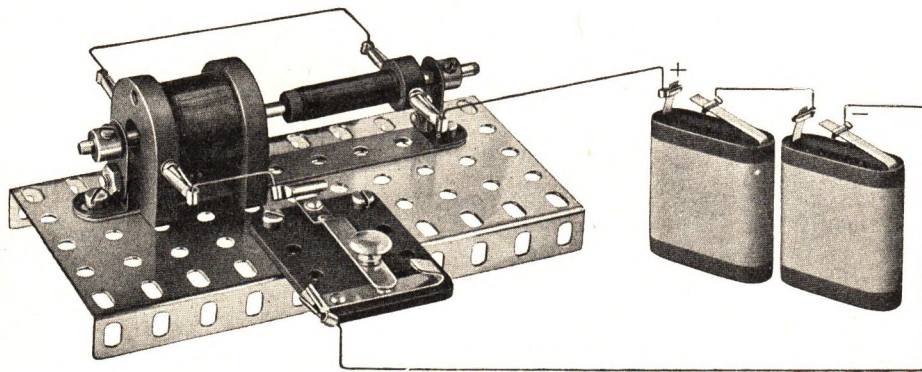
Attraction réciproque de 2 électro-aimants

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

2 pièces plates 10000	2 câbles 12065
2 équerres 10002	3 câbles 12075
1 bande 10009	1 interrupteur 12101
1 tringle 10211	1 bobine 12109
2 bagues d'arrêt 11059	8 vis 75653 et écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	2 piles
1 bobine 12030	ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 8 volts



Construisons l'appareil représenté sur la figure; la petite bobine doit pouvoir se déplacer facilement sur la tringle et à l'intérieur de la grande bobine et il faut éliminer tous les frottements. Brancher les bobines de telle façon que les lignes de force des 2 champs magnétiques aient même sens. L'expérience 72 vous aidera pour faire ce branchement. Les lignes de force dans l'air sont longues et par suite de la tension qui existe le long de ces lignes de force, elles ont tendance à se raccourcir; si nous fermons le circuit, la petite bobine qui est mobile sera attirée dans la grande sous l'action de cette tension. Cette force d'attraction sera d'autant plus grande que le courant qui circule dans les bobines est intense. Les lois fondamentales: 2 pôles de noms contraires s'attirent et «il existe le long des lignes de force une tension qui tend à raccourcir le trajet des lignes de force dans l'air» sont encore vérifiées dans ce cas.

Le courant ne doit durer que peu de temps (utiliser le contact intermittent) afin d'éviter de détériorer les piles et les bobines.

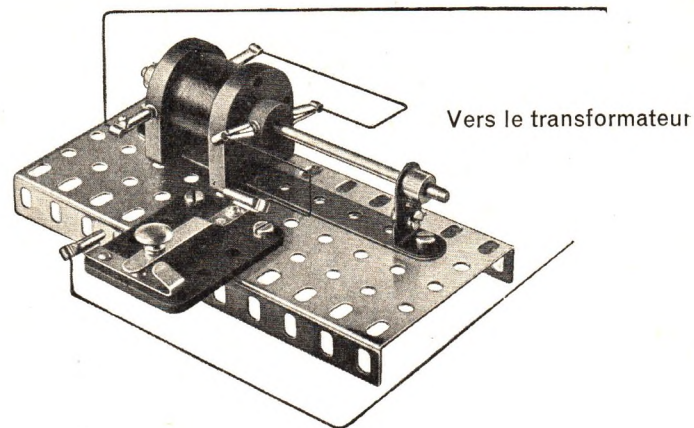
Expérience 83

Répulsion de 2 électro-aimants

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: même appareil que pour l'expérience 82

Générateur: = ou \sphericalangle 8 volts



Invertissons le sens du courant dans la petite bobine et introduisons – la complètement dans la grande. Lorsqu'on ferme le circuit électrique, la petite bobine est projetée hors de la grande bobine. La figure de l'expérience 72 nous donne l'explication de cette répulsion: c'est la pression transversale des lignes de force qui est à l'origine de cette répulsion. Les lois fondamentales:

«Des pôles des même nom se repoussent» ou «Sous l'action de la pression transversale des lignes de force de même sens tendent à augmenter leur distance» sont donc équivalentes.

Pour cette expérience nous conseillons encore d'utiliser le contact intermittent de l'interrupteur; vous ménagerez vos piles et vos bobines.

Expérience 84

Conducteur traversé par un courant dans un champ magnétique

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

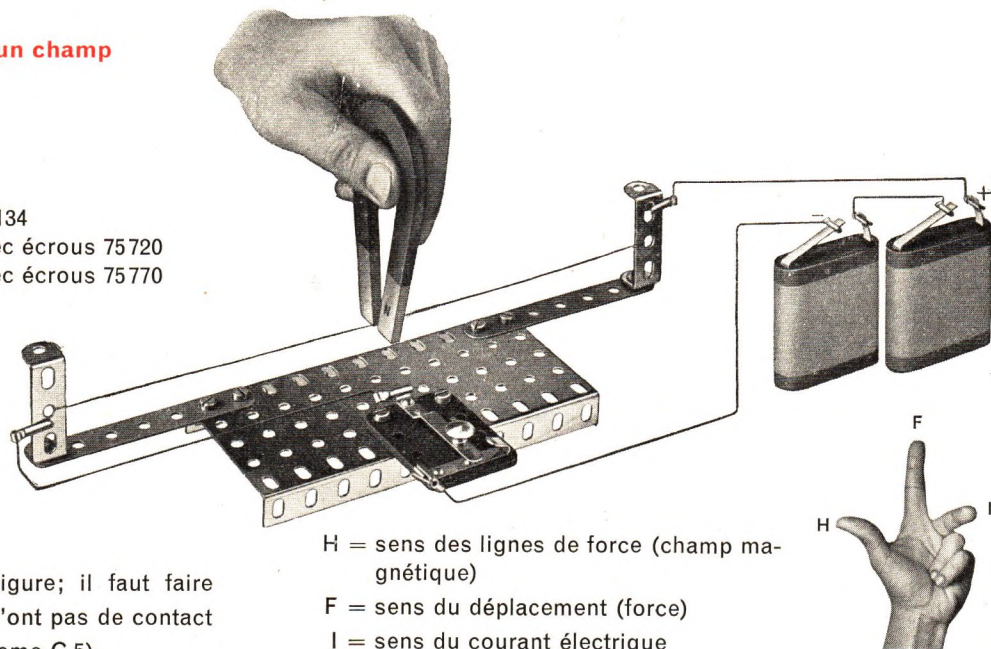
Pièces nécessaires:	2 rondelles 72134
2 bandes 10007	2 vis 75100 avec écrous 75720
2 bandes coudées 10066	6 vis 75653 avec écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	2 piles
1 fil laqué 12044	
2 câbles 12065	
2 câbles 12075	
1 interrupteur 12101	
1 aimant en fer à cheval 14070	
4 rondelles 72126	

Générateur: = 8 volts

Construisons l'appareil représenté sur la figure; il faut faire attention et vérifier que les bandes coudées n'ont pas de contact électrique avec les bandes 10007 (voir mécanisme C 5).

Le fil, non tendu, doit être en contact avec les bandes coudées; approchons l'aimant en fer à cheval et fermons le circuit. Le fil traversé par le courant est repoussé violemment. Retournons l'aimant (pôle sud vers l'avant) le fil est fortement attiré dans l'entrefer de l'aimant. Invertissons le sens du courant dans le conducteur, la force exercée par l'aimant change de sens encore. Nous avons dans cette expérience un courant électrique soumis à un champ magnétique qui lui est normal. Il en résulte une force qui est perpendiculaire aux deux (courant et champ). Le sens de cette force est donné par la règle des 3 doigts de la main gauche: «Si nous portons l'index de la main gauche dans la direction des lignes de force du champ magnétique et le médium dans la direction du courant, le pouce de la même main donne la direction de la force électro-magnétique.»

Le fil constitue un véritable court-circuit pour les piles; aussi ne doit-on pas laisser le courant trop longtemps.



H = sens des lignes de force (champ magnétique)

F = sens du déplacement (force)

I = sens du courant électrique

Expérience 85

Conducteur traversé par un courant soumis au champ magnétique d'un électro-aimant

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires :

1 pièce en U 10001

1 bande 10003

3 bandes 10007

2 bandes coudées 10066

1 plaque rectangulaire 11321

1 fil laqué 12044

2 câbles 12065

3 câbles 12075

1 interrupteur 12101

1 bobine 12109

1 noyau de fer 12115

4 rondelles 72126

2 rondelles 72134

2 vis 75100 et écrous 75720

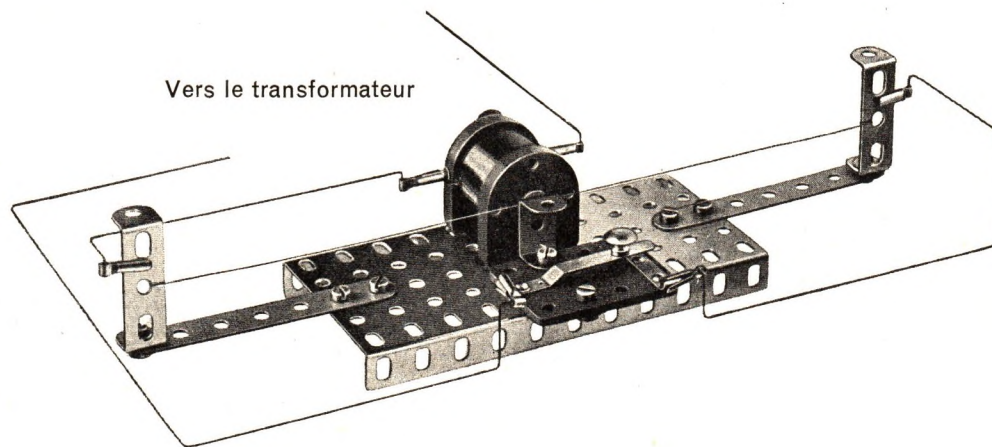
9 vis 75653 et écrous 75770

1 vis 75655 avec écrou 75770

2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 8 volts

La figure montre clairement le montage de l'expérience. Remarquons que le fil conducteur doit être bien en face du noyau de fer de l'électro-aimant. Le règle des 3 doigts de la main gauche est encore valable ici comme on peut s'en rendre compte en inversant le sens du courant (voir expérience 84). Cette expérience ne doit pas durer trop longtemps pour les mêmes raisons que précédemment.



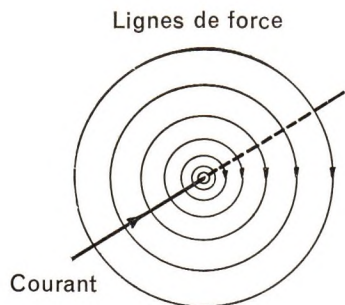


Fig. 1

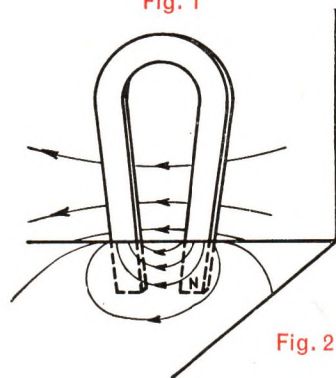


Fig. 2

Expérience 86

Actions réciproques de 2 champs magnétiques

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Même montage que pour l'expérience 84

Générateur: = 8 volts. Revenons à l'expérience 84.

Le fil conducteur, traversé par le courant est entouré de lignes de forces fermées, circulaires et concentriques d'un champ magnétique. Le fil conducteur est pour ainsi dire l'axe du système de lignes de force (fig. 1). Lors des expériences 3 et 6 nous avons étudié le champ magnétique de l'aimant en fer à cheval dans 2 plans perpendiculaires l'un à l'autre. La figure représente le résultat de cette étude. Superposons à ce champ celui du conducteur traversé par le courant; l'image obtenue par superposition des fig. 1 et 2 fait apparaître l'origine de l'attraction ou de la répulsion (voir expérience 84). Si par contre les lignes de force du champ magnétique du courant sont perpendiculaires aux lignes de force du champ magnétique de l'aimant, cette force ne peut plus exister; ce cas est réalisé lorsque le fil est parallèle aux lignes de force du champ magnétique de l'aimant (fig. 3). En résumé: «Des champs magnétiques perpendiculaires n'exercent aucune force l'un sur l'autre.» On disposera, si c'est possible, les croisements de conducteurs suivant des angles droits pour éviter des actions magnétiques d'un conducteur sur l'autre.

I = courant électrique

F = champ magnétique

H = force électromagnétique

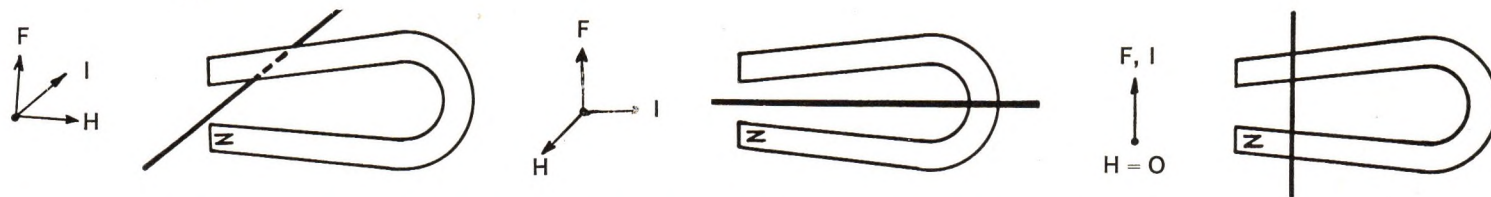


Fig. 3 Dispositions principales de l'aimant en fer à cheval et du conducteur traversé par un courant

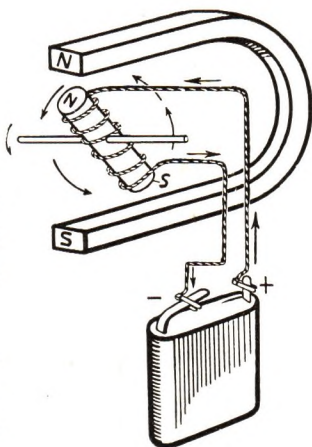
E. Moteurs électriques

Expérience 87

Principe du moteur électrique

Les connaissances fondamentales acquises nous permettent maintenant de comprendre le fonctionnement des moteurs électriques.

Considérons un aimant permanent et dans l'entre-fer de cet aimant un électro-aimant mobile autour d'un axe. Si le courant traverse l'électro-aimant, nous aurons, par exemple un pôle nord en haut et un pôle sud en bas (voir figure). D'après nos connaissances, le pôle nord est repoussé par le pôle nord et de même pour les pôles sud. Sous l'action de ces forces de répulsion, l'électro-aimant tournera autour de son axe; cette rotation ne durera que jusqu'à ce que le pôle sud soit en face du pôle nord de l'aimant. Si nous inversons suffisamment vite le branchement de l'électro-aimant à la pile, le même phénomène se reproduit et l'électro-aimant tournera d'un nouveau demi-tour et ainsi de suite; en effet inverser le sens du courant dans un électro-aimant revient à inverser ses pôles (voir expériences 82 et 83).



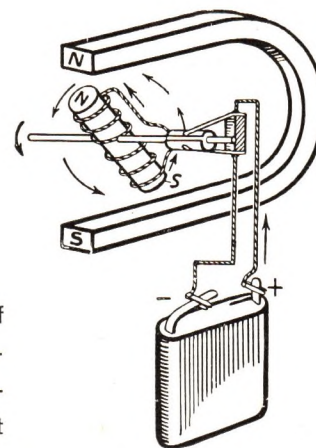
Expérience 88

Collecteur

Balais

Induit

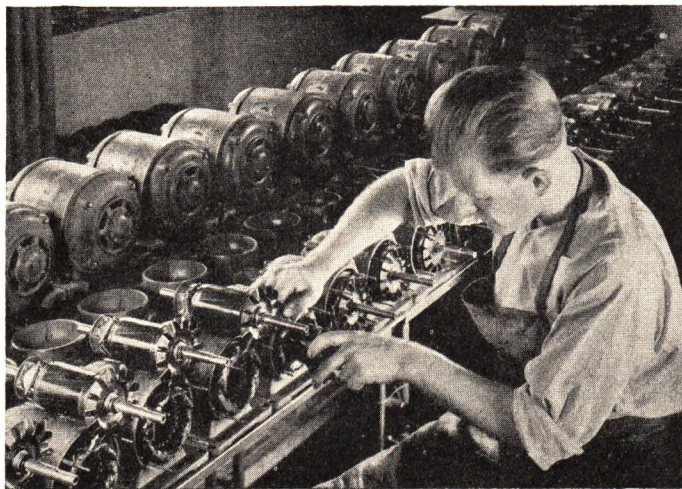
Le collecteur est un dispositif simple qui permet d'effectuer automatiquement sans intervention directe, l'inversion du sens du courant dans l'électro-aimant. La figure ci-contre montre un collecteur schématique très simple. Les 2 extrémités du fil de l'électro-aimant sont reliées à 2 pièces métalliques, isolées l'une de l'autre et solidaires de l'axe de rotation de l'électro-aimant. Le courant de la pile est amené à ce collecteur par l'intermédiaire de 2 balais appliqués par des ressorts contre le collecteur. Du collecteur, le courant va à l'électro-aimant, appelé dans le cas du moteur, induit. Comme l'induit entraîne dans sa rotation le collecteur, il s'en suit que à chaque rotation le courant envoyé dans l'induit change de sens. L'induit effectuera un mouvement de rotation continu. Nous avons réalisé un moteur. (Voir aussi les expériences 82 et 83.)



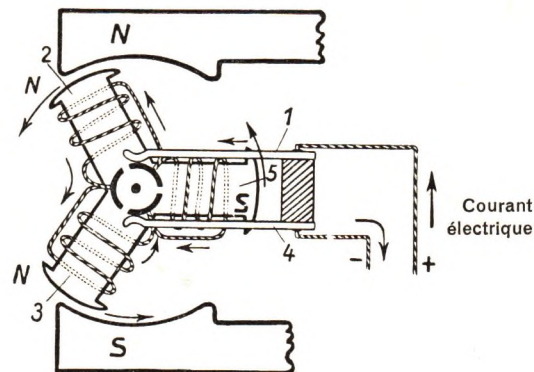
Expérience 89

Induit tripolaire

L'induit que nous venons de voir (qui n'a que 2 pôles) présente un inconvénient: dans certaines conditions le moteur ne démarrera pas. Pour obtenir un démarrage parfait, on prendra un induit tripolaire représenté sur la figure. Le courant, amené au collecteur par le balai 1, traversera les bobines 2 et 3 de l'induit et retournera au collecteur et



Chaîne de montage de petits moteurs électriques



balai 4. Une autre partie du courant amené au collecteur par le balai 1 traversera le bobinage 5 de l'induit et retournera au collecteur et balai 4.

La figure illustre mieux que toutes les explications ce qui se passe alors; les forces d'attraction et de répulsion font tourner l'induit. La disposition des balais (horizontale ou verticale) est sans importance; il suffit alors d'adapter la disposition du collecteur. Le collecteur n'est pas obligatoirement cylindrique et l'on peut tout aussi bien avoir un collecteur plan, les différentes parties du collecteur étant alors des segments de cercle isolés les uns des autres (voir expériences 82 et 83).

Expérience 90

Induit multipolaire

La plupart des moteurs utilisés pratiquement ont plus de 3 pôles; ils comportent des induits multipolaires (fig. 1). Un tel induit comporte une masse cylindrique en fer centrée sur l'arbre de rotation; cette masse de fer est formée d'un empilement de tôles de fer peu épaisses. Un certain nombre variable de rainures est taillé dans cette masse de fer et le bobinage est logé



Fig. 1

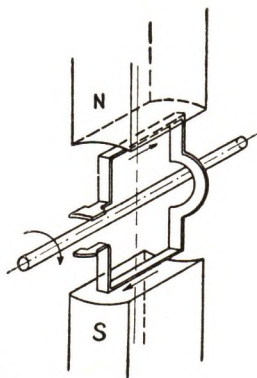
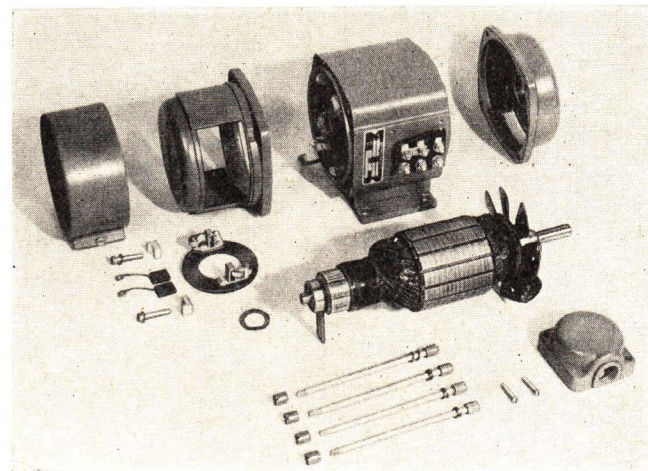


Fig. 2



Moteur à courant continu démonté

dans ces rainures; ce bobinage est formé d'un certain nombre de bobines, reliées chacune à 2 secteurs du collecteur. La figure 2 représente schématiquement une de ces bobines. Les expériences 84 à 86 nous permettent de comprendre l'action du champ magnétique de l'aimant sur cette bobine. Sous l'action de ces forces, l'induit tourne.

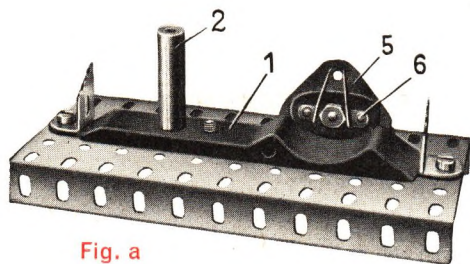


Fig. a

La construction de ce moteur est grandement facilitée par les figures a, b et c, ci-contre. On commence par fixer le noyau (2) 12115 et la bobine (3) 12109 sur l'inducteur inférieur (1) 12142 (sur la figure a on n'a pas reproduit la bobine par souci de clarté). La figure b illustre la mise en place de l'induit (4). Signalons que le porte-balais doit être vissé au préalable sur l'un des supports (5); lorsque l'induit est en place, les balais doivent exercer une faible pression sur le collecteur (8). Pour terminer le moteur il suffit de mettre l'inducteur supérieur en place; celui-ci est fixé aux 2 bandes coudée ainsi qu'au noyau de fer. Il ne faut pas visser la bobine à l'inducteur supérieur. On passera au réglage de l'induit lorsque la construction est terminée. Cet induit ne doit frotter nulle part; on arrivera à éliminer

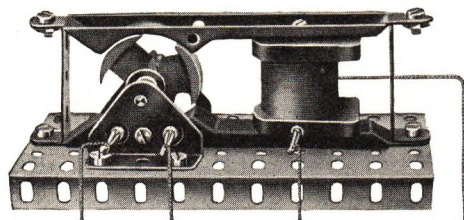


Fig. c

Expérience 91

Construction d'un moteur électrique

Réalisable avec les boîtes

ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:	2 supports 12108	1 Induit 12142
2 bandes coudées 10066	1 bobine 12109	1 porte-balais 12152
1 poulie 10325	1 noyau de fer 12115	12 vis 75653 et écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	2 inducteurs 12141	

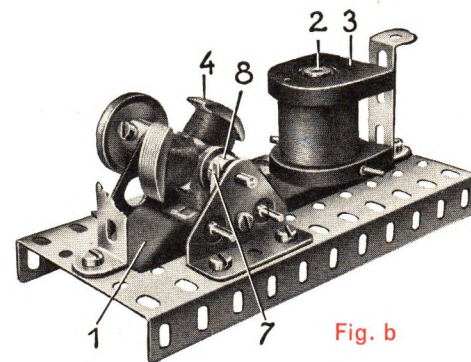


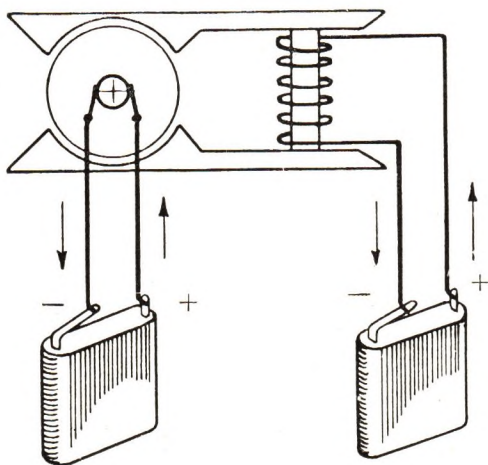
Fig. b

tous les frottements en déplaçant légèrement les supports (5). Nous conseillons de graisser les paliers de l'induit avant la mise en marche du moteur ainsi terminé.

La figure de la page 85 montre les différentes parties d'un moteur électrique industriel.

Expérience 92

Schéma du moteur à excitation séparée



Le schéma ci-dessus montre que l'induit et la bobine de l'inducteur sont alimentés séparément par des piles distinctes. Les flèches indiquent la direction du courant dans chacun des circuits. Le collecteur est figuré par le petit cercle (en trait fort) alors que l'induit est figuré par le grand cercle (en trait fin).

Expérience 93

Fonctionnement du moteur à excitation séparée

Réalisable avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

Le moteur de l'expérience 91 et
en outre:

2 câbles 12065

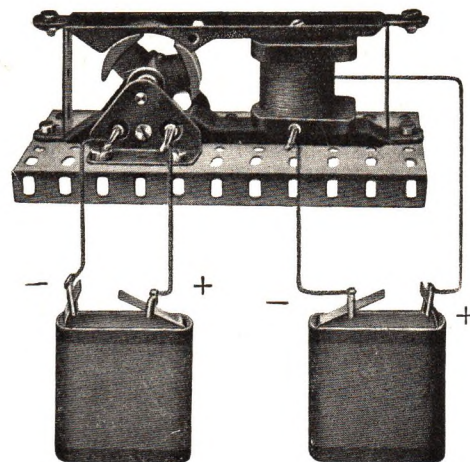
2 câbles 12075

2 piles

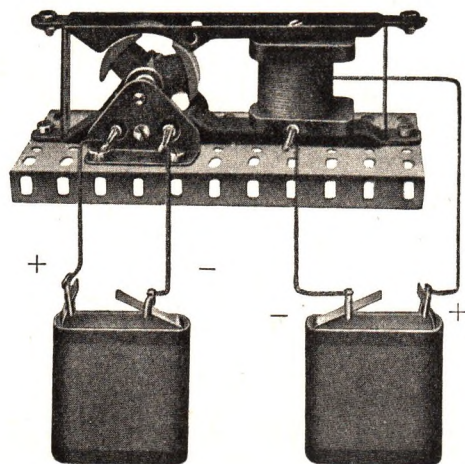
Générateurs:

pour l'induit = 4 volts

pour l'excitation = 4 volts



Si nous branchons la bobine d'excitation aux bornes d'une pile, les inducteurs sont fortement aimantés; mais l'induit ne tourne pas encore. Il est bien soumis à un champ magnétique, mais aucun courant ne le traverse. Branchons à l'aide de 2 câbles, le porte-balais à une 2^e pile, on constate que l'induit se met à tourner très rapidement. Sous l'action du courant qui le traverse l'induit est aimanté à son tour et les forces électromagnétiques décrites dans l'expérience 89 provoquent la rotation de l'induit.



Expérience 94

Inversion du sens de marche du moteur à excitation séparée

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: moteur de l'expérience 91 et en outre:

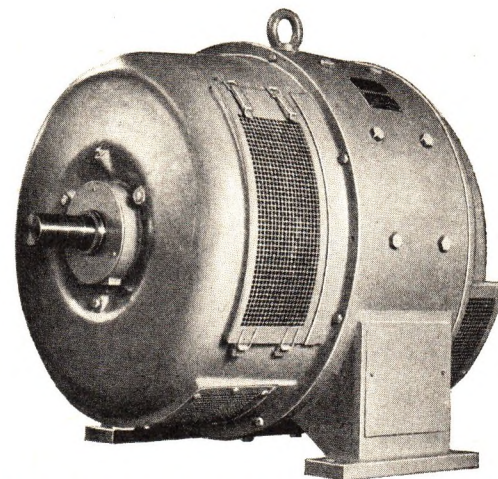
2 câbles 12065 2 câbles 12075 2 piles

Générateurs: Induit: = 4 volts Inducteur: = 4 volts

L'inversion du sens de rotation du moteur peut être obtenue de 2 façons distinctes.

Si nous inversons les connexions de l'induit à la pile (cette inversion peut se faire en inversant les fiches à la pile ou au porte-balais), l'induit est traversé par un courant qui circule dans le sens opposé; il en résulte que le sens des forces électromagnétiques est inversé: le moteur tournera dans le sens opposé. Nous pouvons aussi inverser le sens des forces électromagnétiques en inversant la polarité de l'inducteur. Il suffit pour cela d'inverser le branchement de la bobine d'excitation à la pile (inverser le fiches de branchement à la pile ou à la bobine).

La figure ci-contre montre un moteur industriel à excitation séparée.



Moteur à courant continu 220 volts
et à excitation séparée.

Expérience 95

Aimantation rémanente

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: moteur de l'expérience 91 et en outre:

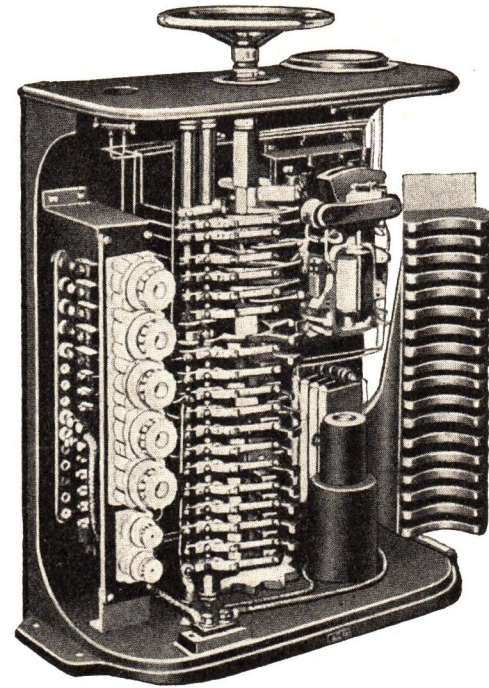
2 câbles 12065

2 câbles 12075

1 pile

Générateur: induit = 4 volts

Nous pouvons faire une expérience très intéressante lorsque notre moteur a fonctionné durant un certain temps. Coupons le branchement de la bobine d'excitation; on constate que l'induit continue à tourner; il est vrai que la puissance du moteur est beaucoup plus faible. Quelle est l'explication de ce phénomène? La réponse est simple: lorsque nous coupons le courant dans la bobine d'excitation les inducteurs ne perdent pas immédiatement leur aimantation; il reste donc un champ magnétique résiduel suffisant pour faire marcher lentement il est vrai, le moteur. Cette aimantation qui subsiste lorsque nous avons coupé le courant dans la bobine d'excitation est appelée aimantation rémanente.



Expérience 96

Vue d'un rhéostat de démarrage (chambres d'extinction retirées). Un tel rhéostat est branché dans le circuit du moteur chaque fois que le moteur est branché sous charge. On réduit la résistance au fur et à mesure que la vitesse de rotation augmente.

Expérience 96

Moteur à excitation séparée avec rhéostat de démarrage

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: 1 moteur (voir expérience 91), 1 rhéostat (voir expérience 42, sans lampe incorporée) en outre:

2 bandes 10007

3 câbles 12065

3 câbles 12075

2 câbles 12100

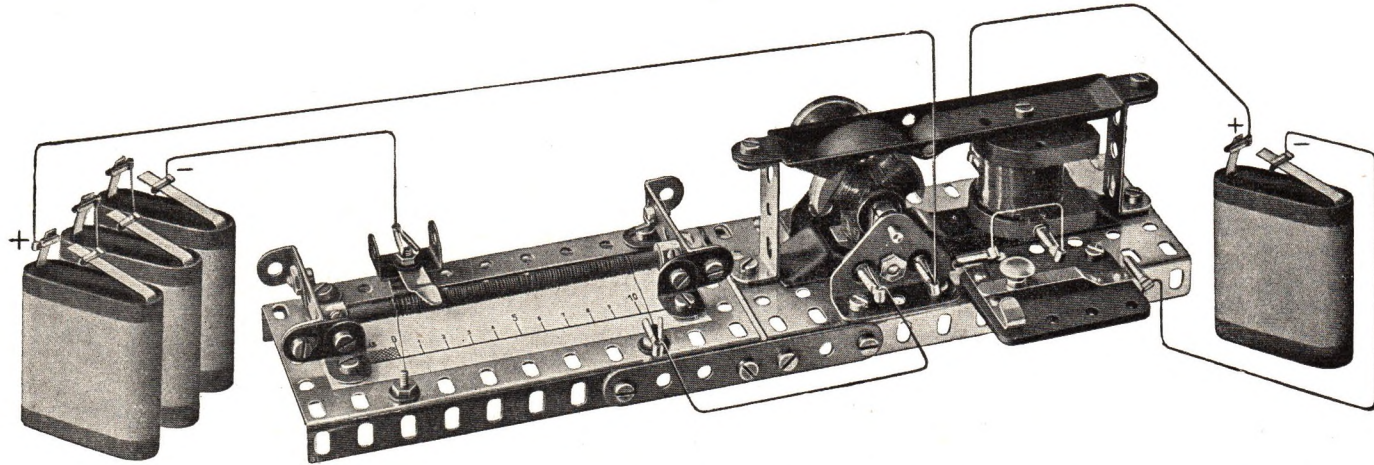
1 interrupteur 12101

10 vis 75653 et écrous 75770

4 piles

Générateurs: pour l'induit = 12 volts

pour l'inducteur = 4 volts

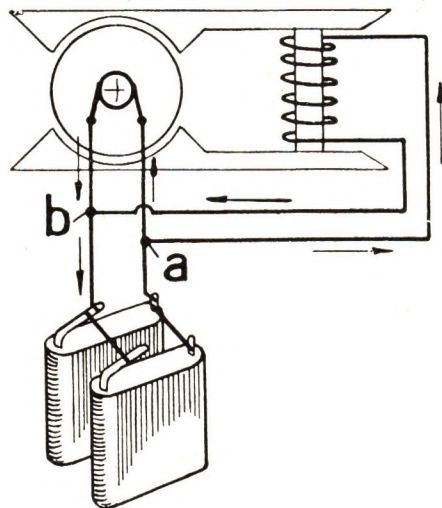


Branchons le rhéostat dans le circuit de l'induit et l'interrupteur dans celui de l'inducteur. Le générateur du circuit de l'induit est composé de 3 piles. Branchons le circuit d'excitation et réduisons progressivement la résistance du rhéostat jusqu'à ce que le moteur se mette à tourner; réduisons la valeur la résistance, on constate que le moteur tourne de plus en plus vite et la vitesse maxima est atteinte lorsque le rhéostat est court-circuité. En pratique on utilise ces rhéostats de démarrage afin de protéger les induits (dont la résistance est très faible) contre les effets de courants trop intenses.

La figure de la page précédente montre une réalisation d'un rhéostat de démarrage. Cette expérience consomme un courant intense qui épuiserait rapidement les piles.

Expérience 97

Schéma de principe d'un moteur-shunt



Le schéma ci-dessus montre comment le courant se divise en a pour traverser la bobine d'excitation et l'induit. En b les 2 courants sont de nouveau réunis et le courant total retourne à la pile. Dans ce schéma, la bobine d'excitation et l'induit sont branchés en parallèle.

Expérience 98

Fonctionnement du moteur-shunt

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

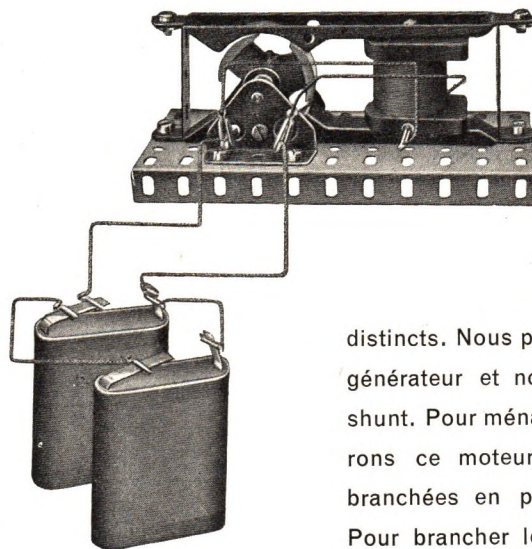
Pièces nécessaires: 1 moteur (voir expérience 91)

3 câbles 12065

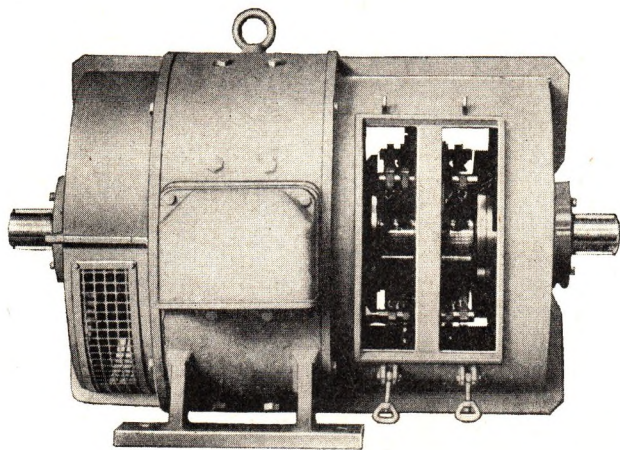
3 câbles 12075

2 piles ou 1 accumulateur

Générateur: = 4 volts



Pour faire tourner un moteur, il n'est pas nécessaire d'alimenter l'induit et la bobine d'excitation à l'aide de générateurs distincts. Nous pouvons les brancher au même générateur et nous avons réalisé un moteur shunt. Pour ménager notre pile, nous alimenterons ce moteur shunt à l'aide de 2 piles branchées en parallèle (voir expérience 32). Pour brancher le moteur nous réalisons les connexions visibles sur la figure. Un moteur branché de cette façon fonctionne parfaitement.



Moteur à courant continu, puissance 52 kW
Se branche sur lignes à 2 conducteurs et existe pour
les très grandes puissances.

Expérience 99

Inversion du sens de rotation d'un moteur-shunt

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 moteur (voir expérience 91):

3 câbles 12065

2 piles ou 1 accumulateur

3 câbles 12075

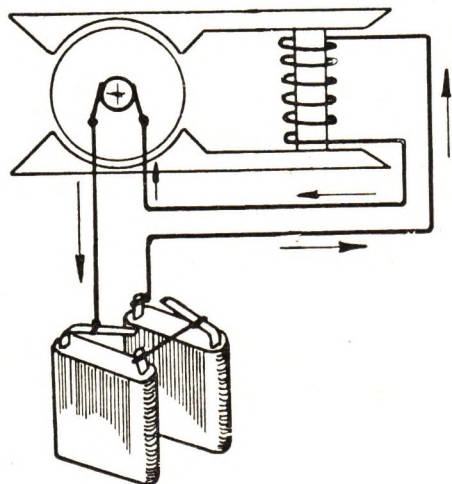
Générateur: = 4 volts

Une inversion du branchement du moteur à la pile n'entraîne pas l'inversion du sens de rotation du moteur; un essai vous le montrera. Ce faisant on inverse en effet le sens du courant tant dans l'induit que dans la bobine d'excitation. Il en résulte que les forces électromagnétiques ne seront pas inversées et le moteur tournera dans le même sens. Pour inverser le sens de rotation il faut inverser le sens du courant soit dans l'induit, soit dans la bobine d'excitation. Dans notre moteur

nous pourrons facilement inverser le courant dans la bobine d'excitation (inversion du branchement des 2 câbles); après cette inversion de branchement, le moteur tourne en sens inverse. – La figure ci-contre montre un moteur-shunt de grande puissance.

Expérience 100

Schéma du moteur série



Le schéma ci-dessus montre que le courant traverse d'abord la bobine d'excitation, est amené ensuite au collecteur, traverse l'induit et retourne au générateur. Dans ce cas la bobine d'excitation et l'induit sont branchés en série, d'où le nom du moteur.

Expérience 101

Fonctionnement du moteur série

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 moteur (voir expérience 91)

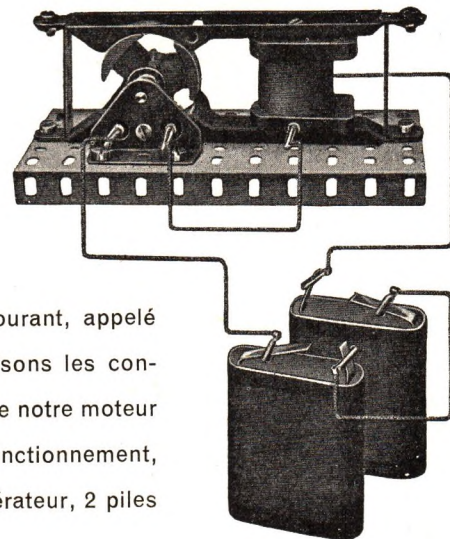
1 câble 12065

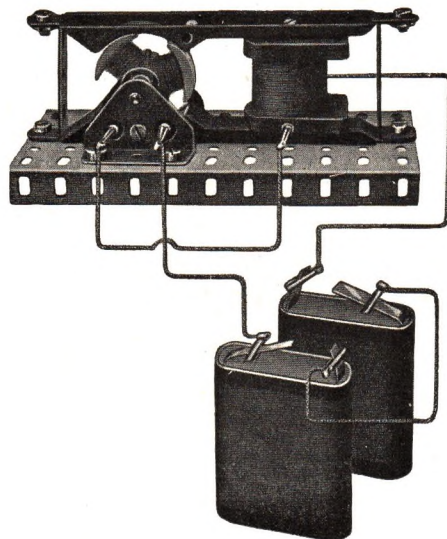
3 câbles 12075

2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = 8 volts ou \sphericalangle 12-17 volts

Le nom moteur série provient du fait que la bobine d'excitation et l'induit sont branchés en série; les 2 sont donc traversés par le même courant, appelé courant principal. Si nous réalisons les connexions conformément à la figure notre moteur tournera. Pour obtenir un bon fonctionnement, nous brancherons, comme générateur, 2 piles en série (voir expérience 30).





Expérience 102

Inversion du sens de rotation du moteur série

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 moteur (voir expérience 91):

1 câble 12065

3 câbles 12075

2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = 8 volts ou \sphericalangle 12-17 volts

Dans ce cas encore l'inversion des fiches de branchement du moteur au générateur n'entraîne pas de changement du sens de rotation du moteur; cette opération entraîne en effet l'inversion du sens du courant tant dans l'induit que dans la bobine d'excitation. Il en résulte que le sens des forces électromagnétiques n'est pas changé. Pour inverser le sens de rotation du moteur il faut inverser le sens du courant soit dans l'inducteur, soit dans l'induit. Si nous intervertissons les 2 fiches au porte-balais, nous inversons le sens du courant de l'induit et celui de la bobine d'excitation n'est pas affecté; le moteur tourne en sens inverse, comme l'essai nous le montrera. La vitesse de rotation d'un moteur série est fonction de l'effort qu'on lui demande; plus cet effort est grand, plus la vitesse est faible; si l'effort demandé est faible, la vitesse de rotation devient très grande le moteur s'emballe; l'induit soumis à ces grandes vitesses de rotation peut être détruit (effet de la force centrifuge qui détruit les bobinages).

Expérience 103

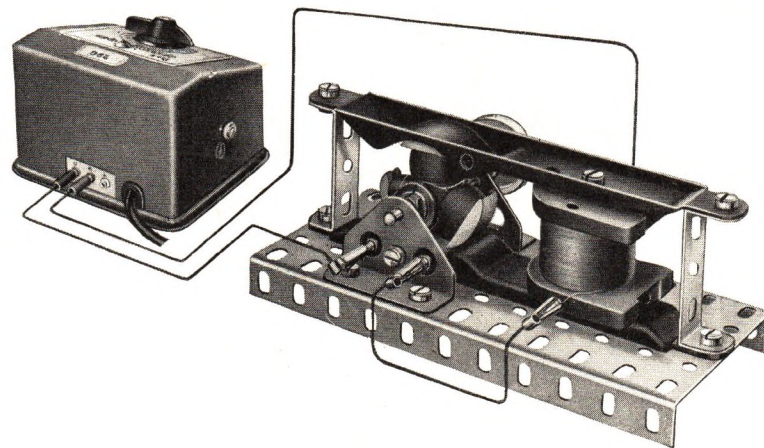
Moteurs à courant alternatif

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 moteur (expérience 91)

1 câble 12065 2 câbles 12100 1 transformateur

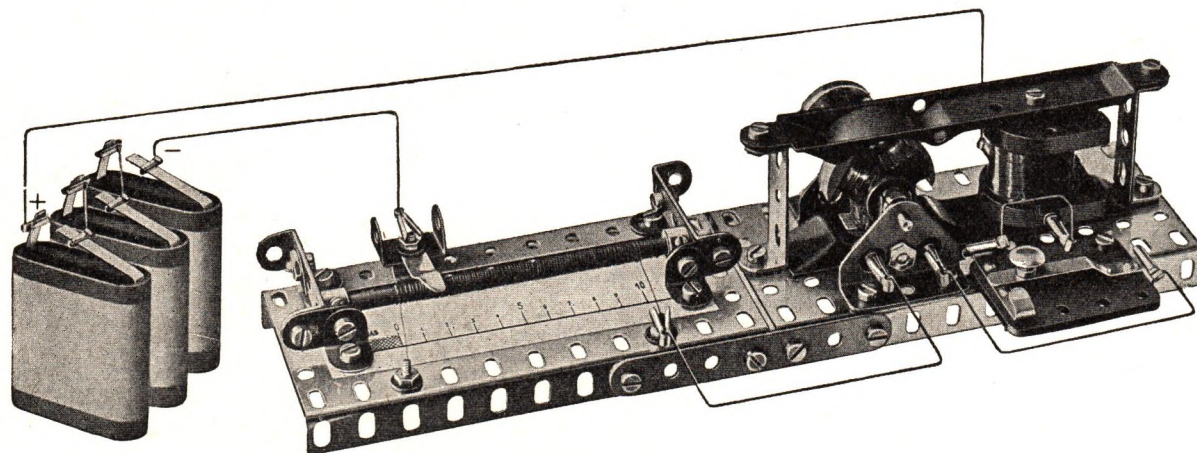
Générateur: \sim 12-17 volts



Le transformateur pour chemins de fer MÄRKLIN transforme la tension élevée du secteur en basse tension de 6,5 à 13 ou de 8 à 16 volts. Il est ainsi possible de brancher les moteurs série des expériences 100-102 à ces transformateurs; dans ces conditions on peut les laisser tourner plus longtemps et les utiliser par exemple pour entraîner les modèles construits avec les boîtes de construction MÄRKLIN. Réglez une tension relativement faible pour éviter que le moteur chauffe.

Expérience 104

Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur série



Les connexions à faire ressortent clairement des figures. Le rhéostat R_w , est branché avant l'induit et la bobine d'excitation dans un même circuit. L'ensemble peut être branché à 3 piles (branchées en série) ou à un transformateur (20 volts). Si nous réduisons la résistance du rhéostat, la vitesse de rotation du moteur augmente progressivement. Ce branchement est utilisé en pratique sur les locomotives électriques. – Remarquons que cette expérience épuise rapidement les piles.

Réalisable avec la boîte
ELEX 1053

Pièces nécessaires:

- 1 moteur (voir exp. 91)
- 1 rhéostat (expérience 42)
- 2 bandes 10007
- 3 câbles 12065
- 2 câbles 12075
- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 10 vis 75653 et écrous 75770
- 3 piles ou
- 1 transformateur

Générateur: = 12 volts
ou \sim 20 volts

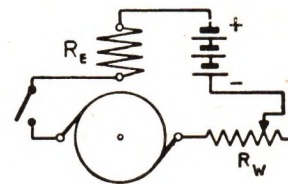


Schéma de principe

Expérience 105

Augmentation de la puissance du moteur par engrenages

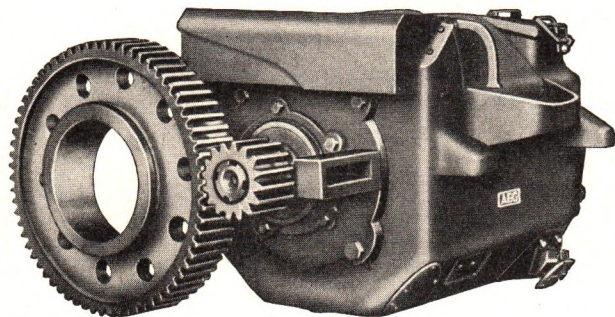
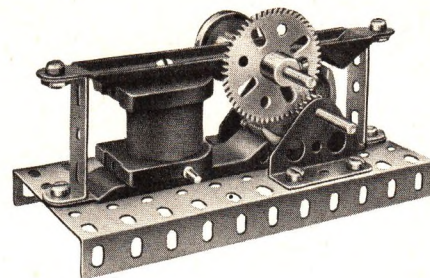
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 moteur (expérience 91) 1 roue dentée 10450

1 tringle 10205 1 clavette 11703

Générateur: voir expériences 93-102

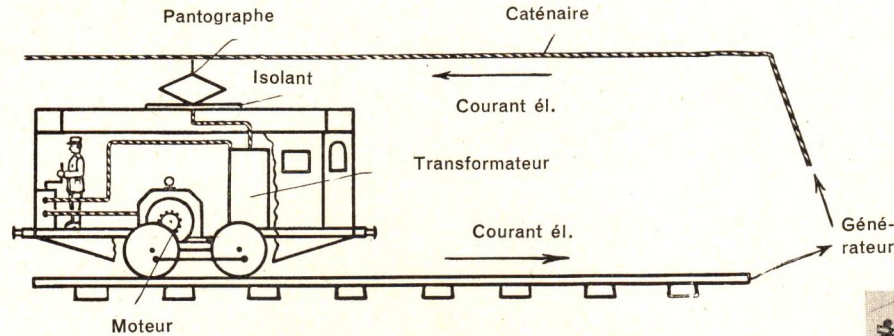


Moteur suspendu de tramways urbains

Le moteur que nous avons construit ne peut avoir une grande puissance à cause du faible débit des piles utilisées. Un train d'engrenages réducteur permet d'augmenter la puissance au détriment de la vitesse de rotation. Pour cela nous introduisons une tringle 10205 dans les trous de l'inducteur supérieur et nous montons sur cette tringle une roue dentée 10450 et une poulie 10325. La roue dentée s'engrène avec le pignon fixé sur l'axe de l'induit. La vitesse de rotation de cet arbre est plus faible que celle de l'induit et il en résulte une augmentation de la puissance du moteur. Le moteur ainsi équipé est capable d'assurer l'entraînement des modèles construits avec les boîtes de construction MÄRKLIN. La figure ci-contre montre une application pratique de cette expérience.

Expérience 106

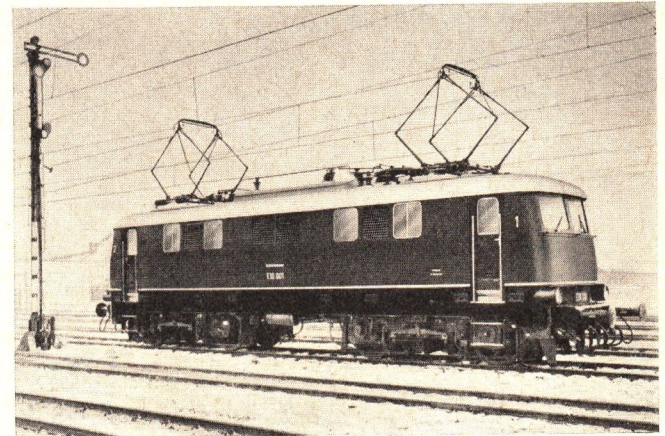
Trains électriques



Comme nous l'avons déjà vu précédemment, il faut, pour assurer le passage d'un courant électrique, un conducteur d'amenée du courant et un conducteur de retour de courant. Ces branchements sont très faciles à réaliser lorsqu'il s'agit d'utilisateurs fixes. Dans le cas des trains électriques, il faut avoir recours à des dispositifs spéciaux.

La figure ci-dessus illustre les branchements à faire. Un conducteur suspendu au-dessus de la voie (caténaire) assure l'amenée du courant; un pantographe isolé fixé sur le toit de la locomotive amène ce courant de la caténaire à la locomotive; le courant est ensuite amené au moteur

après avoir traversé un transformateur. Des rhéostats installés dans la cabine du conducteur permettent de régler la vitesse du moteur et par suite la vitesse de la locomotive. Le retour du courant est assuré par les roues de la locomotive et les rails.



Motrice électrique moderne Série E 10 des Chemins de Fer Fédéraux Allemands

F. Instruments de mesure électriques

Expérience 107

Galvanoscope

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

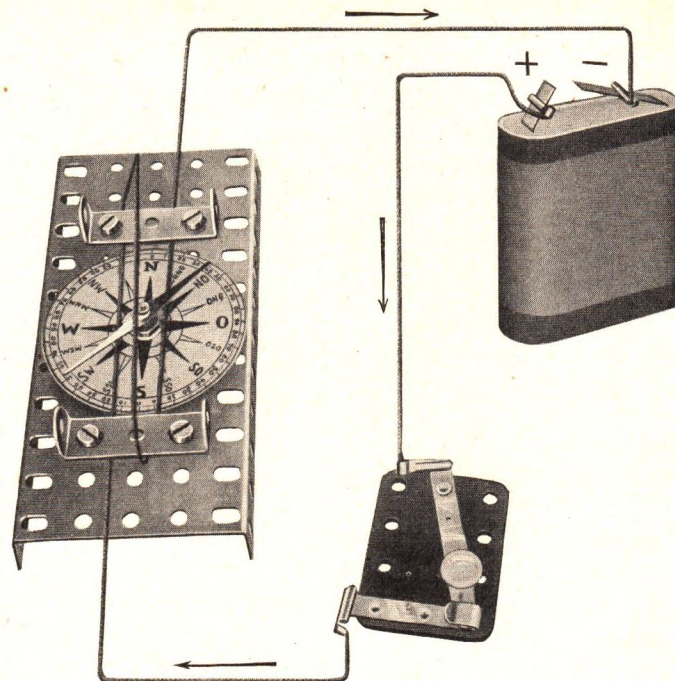
Pièces nécessaires:

2 bandes coudées 10066	1 câble 12100
1 plaque rectangulaire 11321	1 interrupteur 12101
1 aiguille aimantée horizontale 12055	4 vis 75653 et écrous 75770
1 pivot avec écrou 12057	1 pile
1 câble 12065	1 rose des vents (à découper)

Générateur: = 4 volts

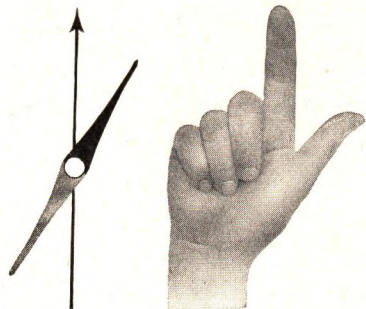
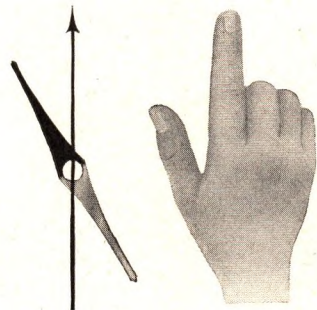
Les expériences 66 et 67 nous ont appris qu'une aiguille aimantée était déviée par un électro-aimant lorsque celui-ci est traversé par un courant. En nous basant sur cette propriété, il nous est facile de construire un petit appareil susceptible de déceler les courants électriques. Un tel appareil est appelé «Galvanoscope». Il comporte une boussole et une spire d'un conducteur; la figure ci-contre montre un tel appareil. Nous réalisons la spire à l'aide du câble 12100; elle est maintenue en place par 2 bandes coudées 10066. Lorsque la spire est traversée par un courant électrique, l'aiguille est déviée. Il faut prendre soin d'orienter la spire et l'aiguille dans la direction nord - sud avant de faire passer le courant. Eliminer toutes pièces en fer dans l'entourage de l'appareil. Si nous inversons le sens du courant, l'aiguille est déviée dans l'autre sens. Le sens du champ magnétique produit par la spire dépend donc du sens du courant.

Le câble qui a servi à faire la spire a une très faible résistance et constitue pratiquement un court-circuit pour la pile; celle-ci s'épuise rapidement si on laisse l'appareil branché longtemps.



Expérience 108

Règle de la main droite



L'expérience 107 nous a montré que la déviation de l'aiguille dépendait du sens du courant. La règle des doigts de la main droite nous permet de retenir facilement le sens de la déviation de l'aiguille aimantée. «Si l'index de la main droite est dirigée dans le sens du courant, l'intérieur de la main étant tourné vers l'aiguille aimantée, la pouce de la même main indiquera le sens de déviation du pôle nord de l'aiguille aimantée.» Les 2 figures ci-contre illustrent clairement cette règle. Dans le premier cas le courant passe au-dessus de l'aiguille, dans le second cas en-dessous de l'aiguille aimantée.

Expérience 109

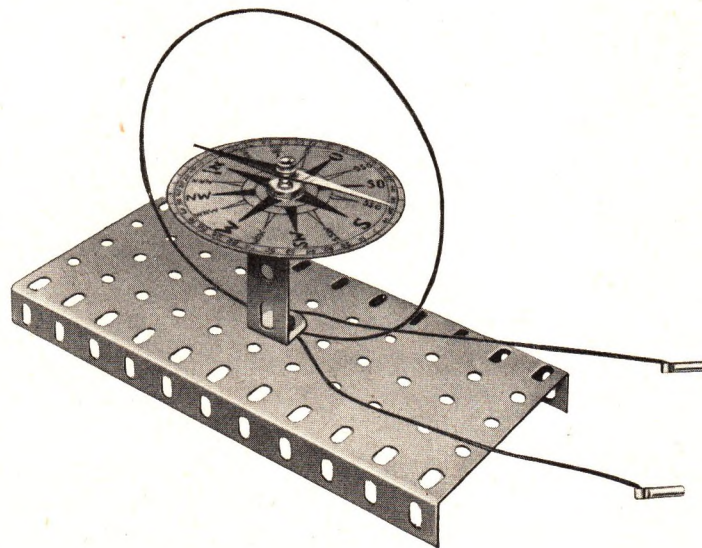
Boussole des tangentes

Réalisable avec les boîtes
ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- 1 bande coudée 10066
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 aiguille aimantée
- horizontale 12055
- 1 pivot avec écrou 12057
- 1 câble 12100
- 1 vis 75653 et écrou 75770
- 1 rose des vents
(à découper)
- 1 pile

Générateur: = 4 volts



Cet instrument est très employé dans les laboratoires. Il est construit comme un galvanoscope, mais sa réalisation est plus soignée. Si le courant circule dans une spire circulaire dont l'aiguille occupe le centre, la déviation angulaire de l'aiguille est en relation mathématique simple avec le courant. La suspension de l'aiguille est telle que tous les frottements soient éliminés (ce qui n'est pas le cas dans notre montage); le conducteur circulaire est constitué par un conducteur rigide de résistance très faible. Les branchements à réaliser sont les mêmes que ceux de l'expérience 107.

Expérience 110

Galvanomètre a) branché en voltmètre

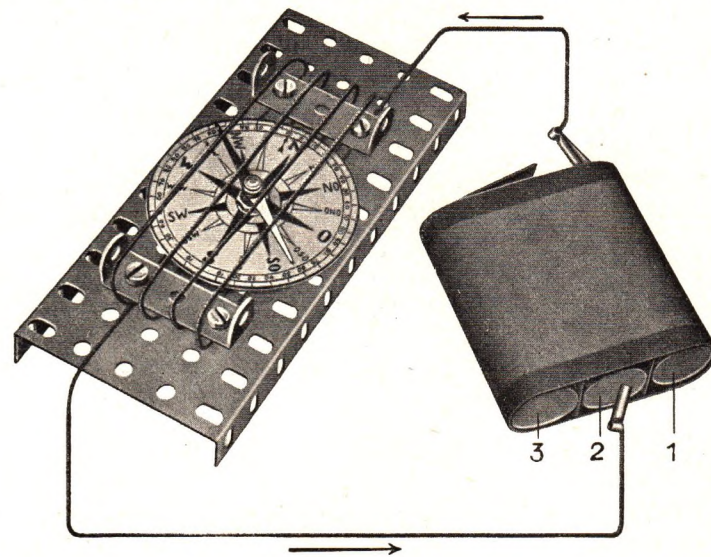
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

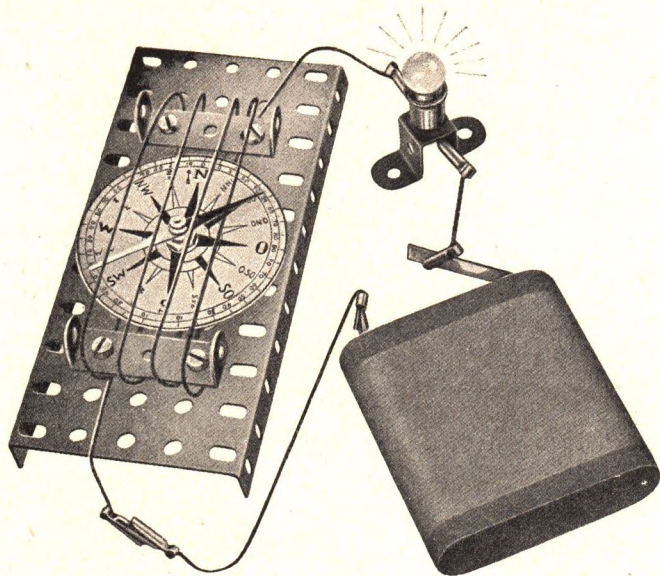
Pièces nécessaires:

2 bandes coudées 10066	1 câble 12065
1 plaque rectangulaire 11321	1 câble 12100
1 aiguille aimantée horizontale 12055	4 vis 75653 avec écrous 75770 1 pile
1 pivot avec écrou 12057	1 rose des vents (à découper)

Générateur: = 4 volts

Pour réaliser cette expérience nous construisons un appareil analogue au galvanoscope de l'expérience 107; mais au lieu de faire une seule spire, nous enroulons notre câble 12100 plusieurs fois autour de l'aiguille aimantée; dans ces conditions, l'effet du courant est plus grand. Les spires doivent être très rapprochées pour obtenir un effet maximum. Découpons le fond de notre pile. Nous apercevons les 3 réservoirs en zinc (voir expérience 62). Branchons le galvanomètre ainsi construit successivement entre la petite languette de la pile et les fonds des réservoirs en zinc (1, 2 et 3); nous constatons que la déviation de l'aiguille est la plus faible lorsque le galvanomètre est branché entre la petite languette et le réservoir 1; si le galvanomètre est branché entre la petite languette et le réservoir 3, la déviation est la plus grande. Cette déviation varie donc comme la tension appliquée. Cette expérience épuise rapidement la pile; aussi ne doit-on pas laisser longtemps les branchements.





b) Galvanomètre branché en ampèremètre

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| 2 bandes coudées 10066 | 2 câbles 12065 |
| 1 plaque rectangulaire 11321 | 1 câble 12100 |
| 1 aiguille aimantée horizontale 12055 | 1 ampoule 3,5 volts 14073 |
| 1 pivot avec écrou 12057 | 4 vis 75653 et écrous 75770 |
| 1 douille 12060 | 1 rose des vents (à découper) |
| | 1 pile |

Générateur: = 4 volts

La figure ci-contre montre une autre application du galvanomètre. Dans ce schéma le galvanomètre et l'ampoule sont branchés en série dans le circuit. Le courant traverse d'abord l'ampoule et ensuite le galvanomètre. Le galvanomètre sert ici à mesurer le courant qui traverse l'ampoule.

Expérience 111

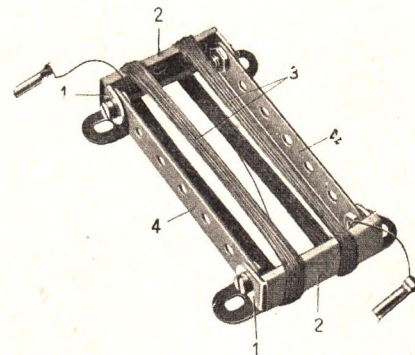
Construction d'un galvanomètre sensible

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

- | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 4 équerres 10002 | 10 m fil laqué 12046 | 1 interrupteur 12101 |
| 2 bandes 10007 | 1 aiguille aimantée horizontale 12055 | 10 vis 75653 et écrous 75770 |
| 2 bandes coudées 10066 | 1 pivot avec écrou 12057 | 1 rose des vents (à découper) |
| 1 plaque rectangulaire 11321 | | 2 morceaux de carton (2 x 4 cm) |

Fig. 1



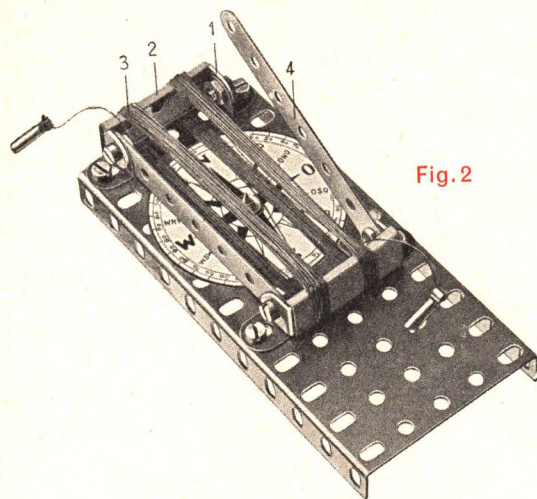


Fig. 2

Pour construire ce galvanomètre, nous commençons par construire le cadre représenté sur la figure 1. Pour éviter des courts-circuits entre le fil laqué et les bandes coudées, nous disposons 2 feuilles de carton comme le montre la figure. Le fil est enroulé en 2 bobines qu'on lie ensuite. Ce cadre est ensuite vissé sur la plaque rectangulaire; lorsqu'il est bien fixé sur la plaque, on retire les 2 bandes (4) l'une après l'autre (fig. 2). Veiller à ce que l'aiguille aimantée ne frotte pas contre les fils du bobinage. Les 2 parties du bobinage doivent être disposées aussi près que possible l'une de l'autre (5 mm environ, voir fig. 3).

Placer ce galvanomètre toujours dans la direction nord-sud pour faire les expériences; dans ces conditions les effets perturbateurs du champ magnétique terrestre sont éliminés. Il faut aussi enlever toutes les pièces en fer ainsi que tous appareils qui pourraient produire des champs magnétiques (bobines traversées par un courant par ex.); ces derniers pourront être placés de telle sorte que le champ produit par eux soit perpendiculaire à celui du galvanomètre. Enfin le galvanomètre doit être placé à au moins 1 mètre de tout autre appareil.

La figure de la page 104 montre un galvanomètre à spot lumineux. Dans cet appareil on ne repère pas directement la déviation de l'aiguille; celle-ci est repérée à l'aide d'un dispositif lumineux.

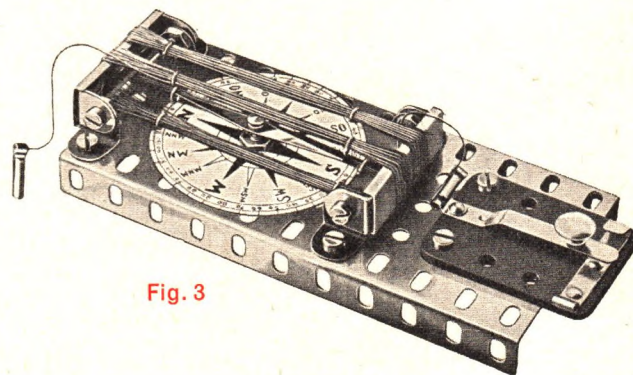
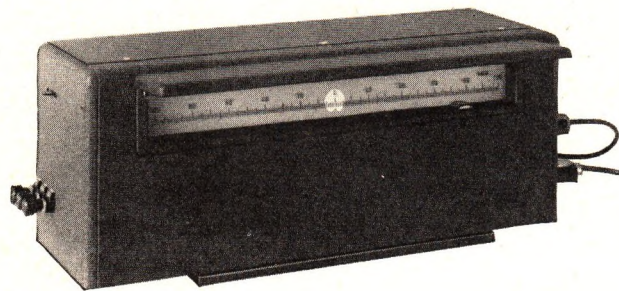


Fig. 3



Expérience 112

Courants électriques dans des circuits dérivés de résistance variable

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: 1 rhéostat (voir expérience 42)

1 galvanomètre (expérience 111)

1 câble 12065 2 câbles 12075 2 câbles 12100 1 pile

Générateur: = 4 volts

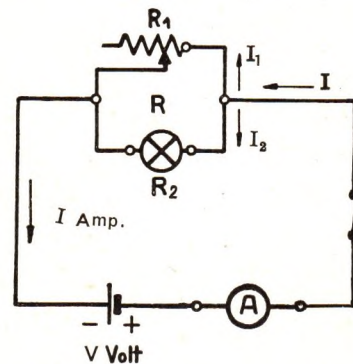
Nous branchons l'ampoule (résistance R_2) en parallèle avec le rhéostat de résistance variable R_1 . Le galvanomètre nous servira

Expérience 111

Galvanomètre à spot lumineux

à mesurer l'intensité du courant qui circule dans le circuit. Pour commencer, donnons à R_1 sa valeur maxima; fermons le circuit; le galvanomètre dévie (environ 80°) et l'ampoule brûle avec une certaine intensité. Réduisons la valeur de la résistance R_1 ; l'ampoule éclaire moins, c'est-à-dire, le courant qui la traverse diminue; le courant total qui traverse le galvanomètre augmente par contre (déviaton env. 85°). La

tension V appliquée au circuit reste constante; comme le courant dans le circuit augmente, il faut en conclure, par application de la loi d'Ohm $V = R \cdot I$ que la résistance totale R du circuit diminue.



L'inverse de la résistance $\frac{1}{R}$ d'un circuit est appelé sa conductance; pour des circuits en parallèle, nous avons la loi suivante:

«La conductance totale d'un circuit est égale à la somme des conductances des conducteurs en parallèle»

$$\text{ou en formule: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ ou encore: } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Si la résistance R_1 varie et passe à la valeur $\frac{R_1}{4}$, la résistance totale devient $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + 4R_2}$ c'est-à-dire la résistance totale diminue.

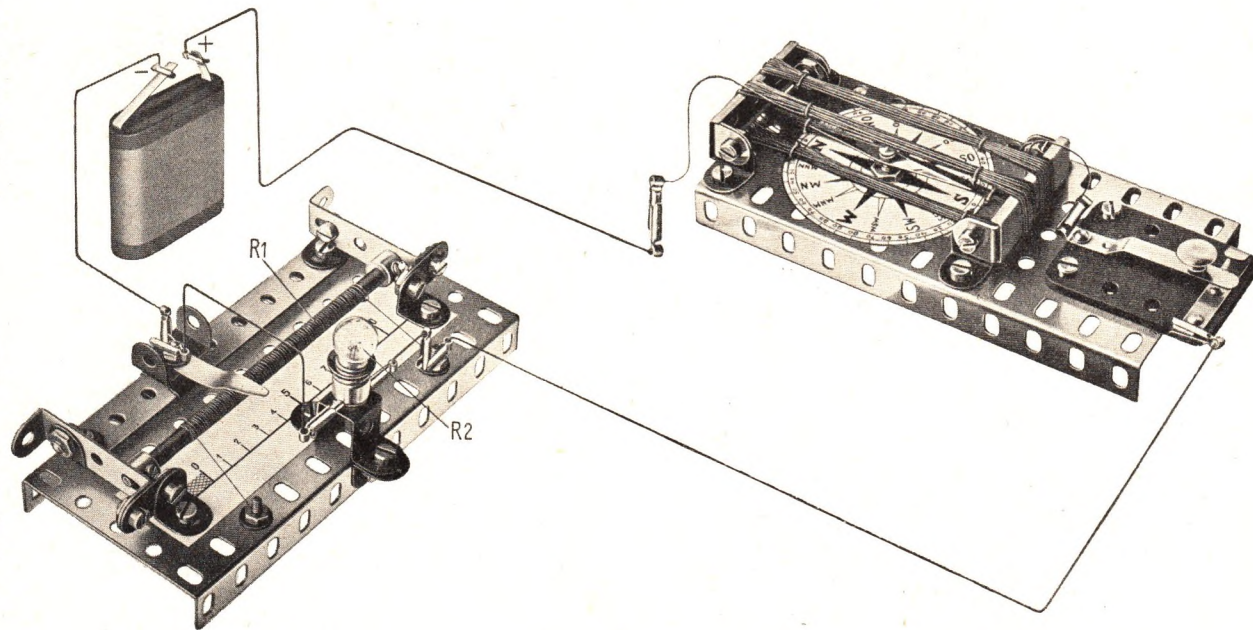
Une autre loi de Kirchhoff dit: «La somme des courants qui arrivent en un point est égale à la somme des courants qui en partent; dans notre

cas particulier: $I = I_1 + I_2$. Enfin, les courants dans des parties de circuit en parallèle sont inversement proportionnels aux résistances:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Il en résulte que si R_1 diminue, I_2 doit aussi diminuer.

La distance entre le galvanomètre et les autres appareils de cette expérience doit comporter 1 mètre environ.



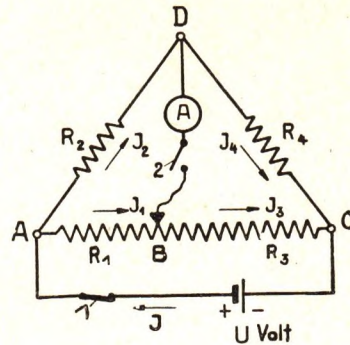
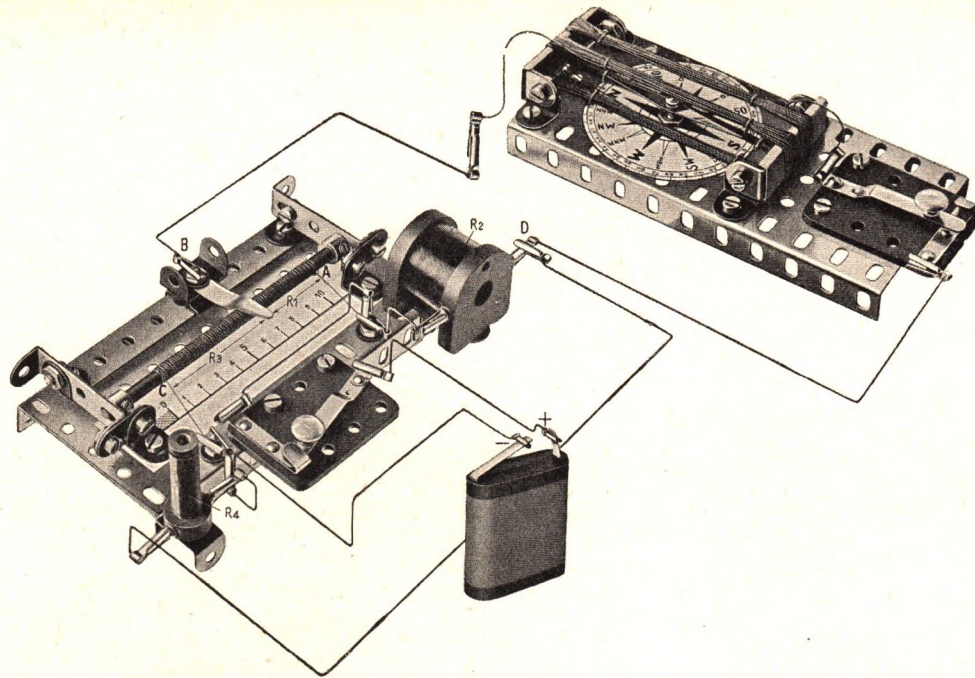
Expérience 113

Pont de Wheatstone

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

- 1 galvanomètre (voir exp. 111)
- 2 pièces en U 10001
- 5 équerres 10002
- 1 bande 10003
- 1 bande 10009
- 2 bandes coudées 10066
- 1 tringle 10211
- 2 bagues d'arrêt 11059
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 glissière 11712
- 1 tube isolant 12020



- 1 bobine 12030
- 1 ressort de contact 12035
- 1,5 m fil résistant 12042
- 3 câbles 12065
- 3 câbles 12075

- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 1 bobine 12109
- 6 rondelles 72126
- 1 vis 75100 avec écrou 75720

- 2 vis 75101 avec écrous 75770
- 13 vis 75653 avec écrous 75770
- 5 vis 75655 avec écrous 75770

- 2 écrous 75770
- 1 échelle (à découper)
- 1 pile

Générateur: = 4 volts

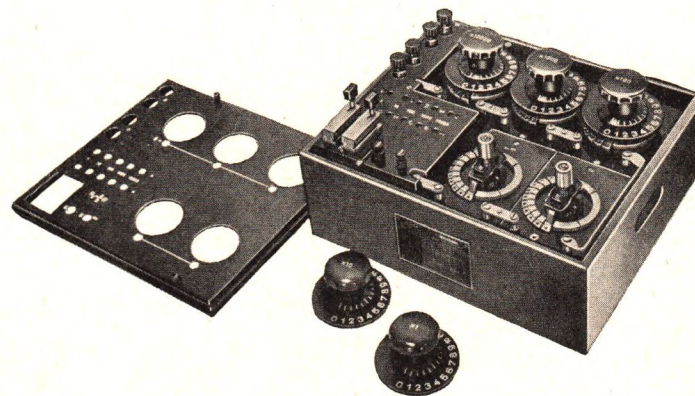
Voici trois remarques préliminaires:

1. ne laisser pas le courant branché trop longtemps;
2. le galvanomètre doit être à au moins un mètre des bobines;
3. les 2 bobines doivent être disposées de telle façon qu'elles n'exercent pas d'action l'une sur l'autre.

Nous utiliserons pour cette expérience le rhéostat de l'expérience 42 après avoir démonté la douille avec l'ampoule; nous montons à cette place l'interrupteur. La grande bobine (R_2) est montée sur une bande 10007, fixée à la plaque rectangulaire à l'aide d'une équerre 10002. La petite bobine (R_1) est fixée sur une vis 75655 vissée à une pièce en U 10001.

Pour mesurer la résistance d'un conducteur à l'aide du pont de Wheatstone, on se sert des lois de Kirchhoff. On compare une résistance inconnue à 3 résistances dont on connaît la valeur. Le schéma montre les connexions à faire.

Soit R_2 la résistance de comparaison et R_1 la résistance inconnue à mesurer. Branchons la pile; la tension entre **A** et **C** est de V volts; si l'on ferme l'interrupteur (2), un courant circule dans le galvanomètre: on observe une déviation de l'aiguille aimantée parce qu'il y a une tension entre **B** et **D**. Par déplacement du curseur (contact **B**) on peut annuler le courant dans le galvanomètre; si le galvanomètre ne dévie plus, la tension entre **B** et **D** est nulle et le courant dans le galvanomètre est nul. Il résulte des lois de Kirchhoff que $I_1 = I_3$ et $I_2 = I_4$. Le pont se réduit à ce moment à 2 conducteurs en parallèle: **ABC** et **ADC**. La branche **BD** ne joue plus aucun rôle.



Pont de Wheatstone de grande précision (couvercle enlevé).
Cet appareil est une application directe de notre expérience.

Nous avons alors les relations:

Courants:

$$I_1 = I_3$$

$$I_2 = I_4$$

$$I = I_1 + I_2$$

Chutes de tension:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$$

$$R_3 \cdot I_3 = R_4 \cdot I_4$$

$$R_3 \cdot I_1 = R_4 \cdot I_2$$

$$V = R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3 =$$

$$V = R_2 \cdot I_2 + R_4 \cdot I_4$$

Nous tirons de $R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$

et de $R_3 \cdot I_1 = R_4 \cdot I_2$

$$\frac{R_1 : R_3 = R_2 : R_4}{R_4 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_1}}$$

$$\text{ou } R_1 : R_2 = R_3 : R_4$$

Si le fil résistant est enroulé régulièrement sur le tube entre **A** et **C** nous pouvons remplacer le rapport $\frac{R_3}{R_1}$ par le rapport des longueurs **AB** et **BC**

repérées sur l'échelle fixée sous la résistance.

$$R_4 = R_2 \frac{BC}{AC}$$

Exemple: Résistance R_2 de la grande bobine = 8 Ohm

Quelle est la résistance de la petite bobine? L'expérience donne:

$$AB = 4 \text{ cm}, BC = 6 \text{ cm} \quad \text{d'où:} \quad R_4 = R_2 \frac{BC}{AC} = \frac{8 \cdot 6}{4} = 12 \text{ Ohm}$$

Notre pont de Wheatstone est donc un diviseur de tension; lorsqu'il est réglé au zéro, il devient équivalent à un circuit de 2 conducteurs en parallèle.

Expérience 114

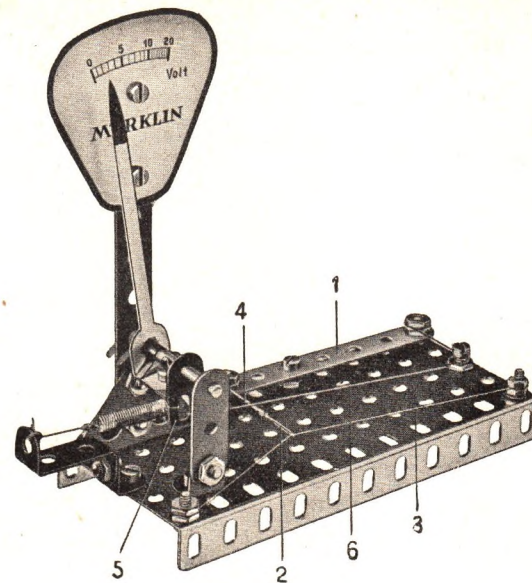
Construction d'un voltmètre thermique

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

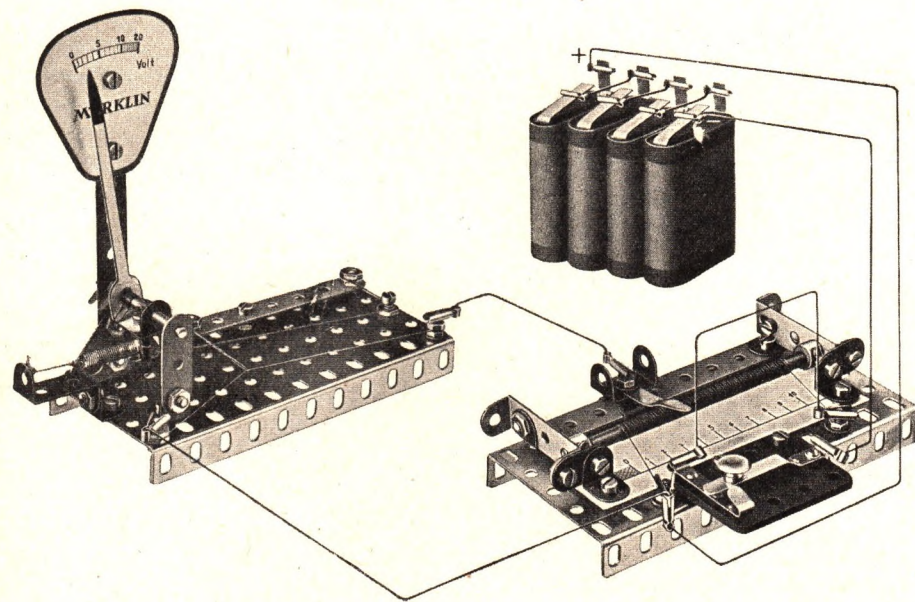
Pièces nécessaires :

1 pièce en U 10001	3 clavettes 11 702	13 vis 75653 et écrous 75 770
3 équerres 10002	1 clavette 11 703	3 vis 75655 et écrous 75 770
1 bande 10003	15 cm fil résistant 12040	1 écrou 75 720
1 bande 10007	1 support 12108	6 écrous 75 770
1 bande 10009	1 ressort 12122	1 aiguille (à découper)
1 pièce en S 10042	2 rondelles 72126	1 échelle (à découper)
1 tringle 10205	1 vis 75101 avec écrou 75 720	
1 plaque rectangulaire 11321		

Dans les instruments thermiques, la déviation de l'aiguille est produite par l'allongement d'un fil par suite de l'échauffement dû au passage du courant dans le fil. Construisons l'instrument conformément à la figure. Pour obtenir un bon fonctionnement de l'appareil il faut veiller à ce que le levier (1) (bande 10007) puisse tourner facilement autour de son pivot (mécanisme A 2). Le fil résistant tendu entre les 2 vis (dont l'une est isolée par rapport à la plaque) passe dans une boucle (2) réalisée en fil 12044; cette boucle est prolongée par un bout de fil (4) fixé au levier (1) par serrage sous un écrou (mécanisme B). Lorsque ce câblage est réalisé, le levier doit être parallèle aux arêtes de la plaque rectangulaire. Le ressort spirale est accroché à l'équerre (5) et fixé à la pièce en S à l'aide d'un bout de fil. Un autre fil (6) est fixé d'une part à l'équerre (5) et d'autre part au levier (1). Le ressort, bien réglé met tous les fils et câbles sous tension mécanique. Sans courant, l'aiguille de l'instrument doit être face de la division 0 de la graduation (mécanisme B).



Les appareils de mesure thermiques sont utilisés pour la mesure des courants alternatifs et continus. On les utilise comme voltmètres ou comme ampèremètres dans le premier cas il faut leur adjoindre une grande résistance en série dans le 2^o cas ils comportent une résistance très faible en parallèle avec le filament chauffant. Ces appareils sont évidemment beaucoup plus sensibles que celui que nous venons de construire.



Expérience 115

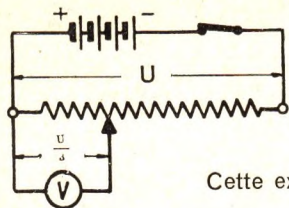
Voltmètre thermique et diviseur de tension

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires :

- 1 voltmètre thermique (expérience 114)
- 1 diviseur de tension sans ampoule (expérience 48)
- 3 câbles 12065 4 piles ou 1 transformateur
- 3 câbles 12075
- 2 câbles 12100

Générateur: = ou \sim 17 volts



Nous réalisons les connexions conformément au schéma ci-contre. Nous conseillons l'emploi d'un générateur d'environ 20 volts pour obtenir des déviations bien lisibles de l'appareil. Nous pouvons lire la tension qui existe entre le curseur et l'une des bornes du rhéostat dès que nous avons fermé le circuit.

Cette expérience épuise rapidement les piles si l'alimentation en courant est assurée par des piles.

Expérience 116

Construction d'un voltmètre à fer doux

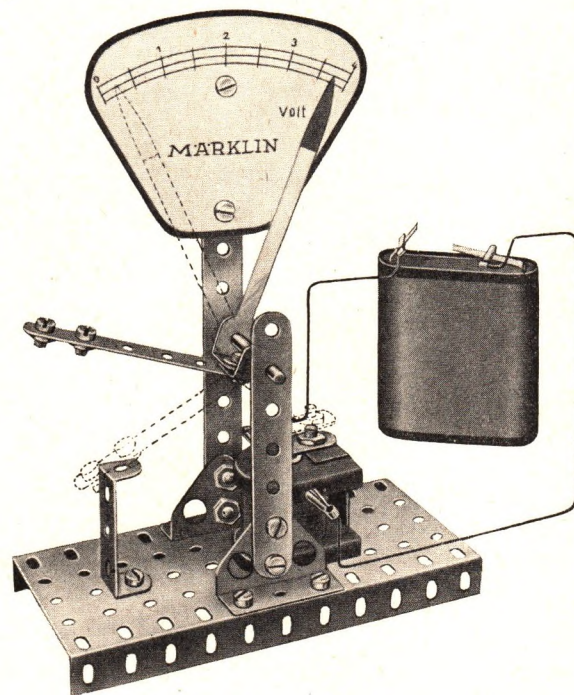
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

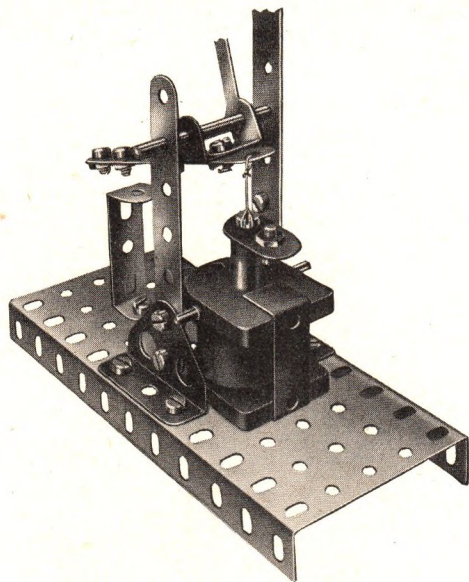
Pièces nécessaires:

1 pièce plate 10000	2 clavettes 11703	18 vis 75653 et écrous 75770
1 pièce en U 10001	2 câbles 12065	1 échelle (à découper)
2 bandes 10007	2 supports 12108	1 aiguille (à découper)
2 bandes 10009	1 bobine 12109	1 pile ou 1 transformateur
1 bande coudée 10066	1 noyau de fer 12115	
1 tringle 10205	1 armature 12116	
1 plaque rectangulaire 11321		

Générateur: = ou \sim 4 volts

La construction de ce voltmètre est simple; l'échelle et l'aiguille sont à découper dans le carton livré avec la boîte.





Lors du montage de cet appareil, il faut éliminer tous les frottements. Le principe de l'appareil est le suivant: le noyau de fer est attiré d'autant plus profondément dans la bobine que la tension appliquée à l'appareil est grande. Le mouvement du noyau de fer est transmis à la bande 10007 par une ficelle et l'aiguille est solidaire de cette bande. Le mouvement est ainsi transmis à l'aiguille. Il est important de visser sur la pièce plate solidaire du noyau de fer une vis en laiton; on évite ainsi que la pièce plate reste collée contre l'armature de la bobine. – Une pile neuve présente entre les 2 languettes une tension de 4 à 4,5 volts; cette tension baisse pendant l'usage et lorsqu'elle est inférieure à 2 volts, la pile est épuisée et ne peut plus servir pour nos expériences.

Notre instrument présente une échelle divisée en volts et nous pouvons donc mesurer des tensions à l'aide de notre appareil; si l'échelle était graduée en ampères, nous aurions un ampèremètre pour la mesure des intensités. La figure ci-dessous montre une réalisation industrielle d'un appareil de mesure à fer doux.

Appareil de mesure à fer doux (découpé)

Le noyau de fer solidaire de l'aiguille se déplace dans le champ magnétique de la bobine.

Ces appareils sont très robustes et donc indiqués comme appareils de tableaux.

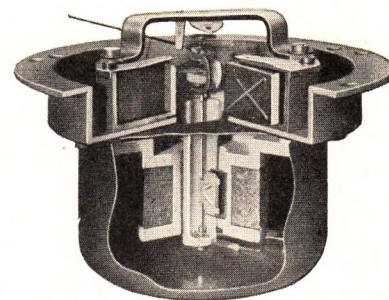
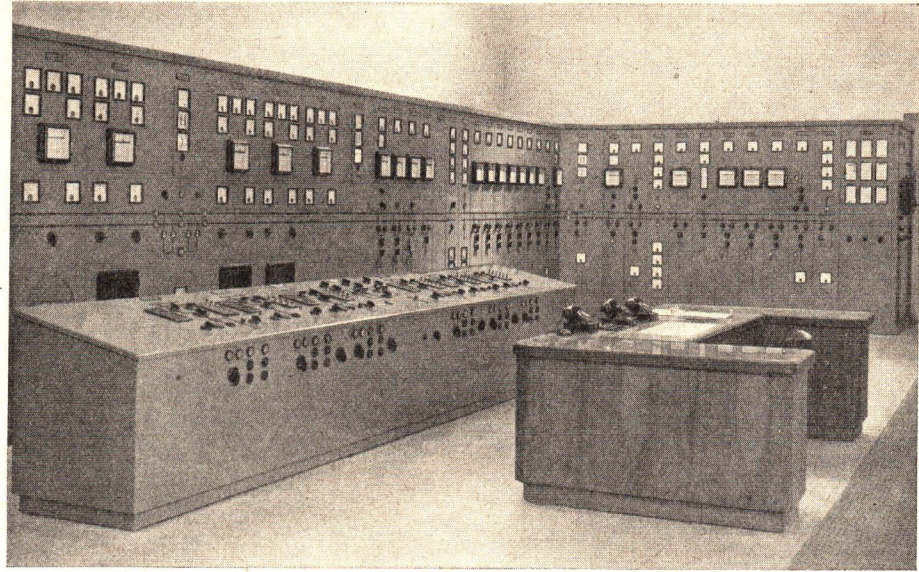


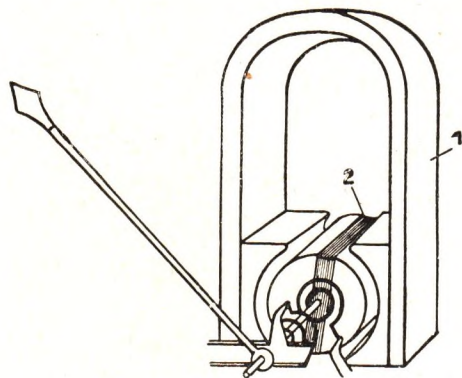
Tableau de contrôle et de commande
d'une centrale électrique



Expérience 117
Instrument à cadre mobile

Les expériences 114 et 116 nous ont permis de comprendre le fonctionnement de 2 types d'appareils de mesure très couramment employés en électrotechnique. Il n'est malheureusement pas possible de réaliser un appareil schématique expliquant le fonctionnement des instruments à cadre mobile avec la boîte ELEX.

L'instrument à cadre mobile comprend un aimant permanent fixe (1) et une bobine mobile (2); sous l'action du courant qui la traverse, cette bobine est soumise à des forces électromagnétiques qui la font tourner. La position d'équilibre du système mobile est donnée par 2 ressorts spiralés en sens inverses; ces ressorts servent en même temps de fils d'amenée de courant à la bobine. L'aiguille est solidaire de la bobine et se déplace devant une échelle graduée. Ces appareils, très précis et sensibles ont une très grande importance pratique;

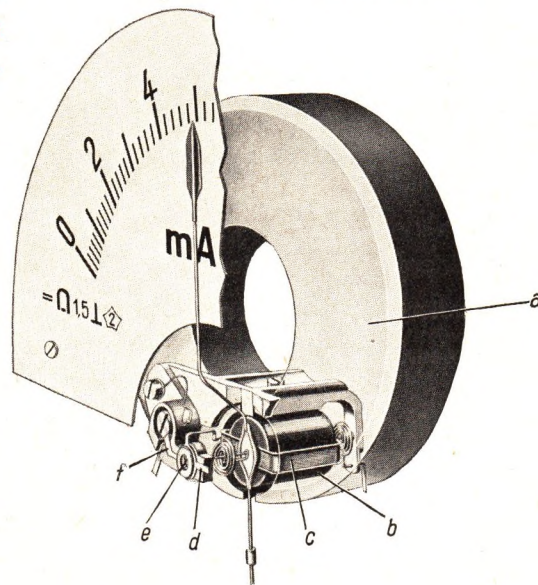
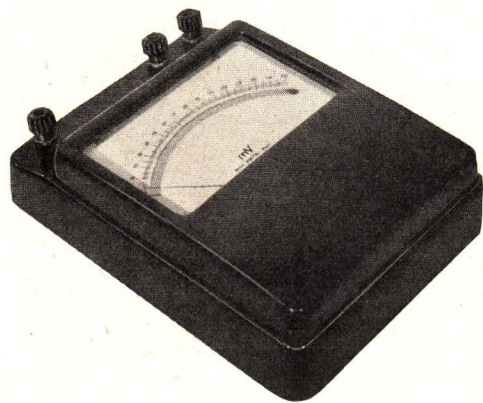


ils sont utilisés tant comme voltmètre (avec résistance additionnelle) que comme ampèremètres (avec résistance en parallèle ou shunt). Ces appareils ne peuvent être utilisés qu'en courant continu.

Instrument à cadre mobile

Une bobine mobile, solidaire de l'aiguille se déplace dans le champ magnétique d'un aimant permanent. Ces appareils sont très précis et trouvent leur emploi surtout dans les laboratoires.

- a = aimant permanent
- b = noyau de fer
- c = bobine mobile
- d = correction du zéro
- e = vis palier de l'axe de la bobine
- f = amenée du courant



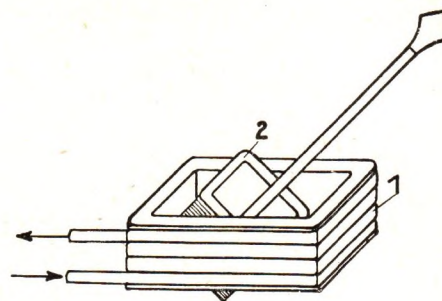
◀ Instrument de précision à cadre mobile (millivoltmètre)

Expérience 118

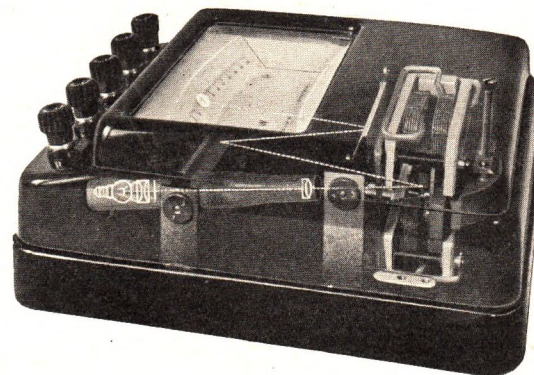
Instruments électrodynamiques

Wattmètre électro-dynamique à spot lumineux, le trajet des rayons lumineux est reproduit

Ces appareils comportent une bobine fixe (1) et une bobine mobile (2); ces 2 bobines agissent l'une sur l'autre lorsqu'elles sont traversées par un courant; des ressorts de rappel définissent, comme précédemment la position d'équilibre. Ces instruments sont des instruments de grande précision; on les utilise soit comme voltmètres, soit comme ampèremètres, soit enfin comme wattmètres; ils conviennent pour les mesures en courant continu et en courant alternatif.

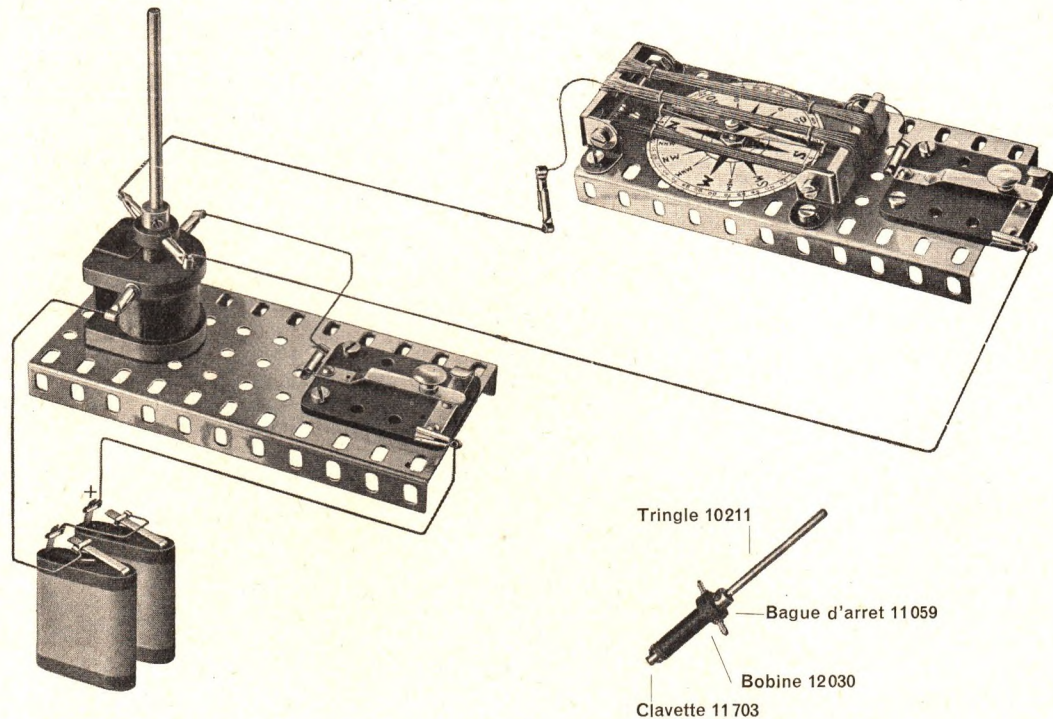


Une bobine mobile peut tourner dans le champ magnétique créé par une bobine fixe. Les 2 bobines sont traversées par le courant à mesurer. Ces instruments sont particulièrement indiqués pour la mesure des courants très faibles. Ils sont souvent dotés d'un équipement à spot lumineux qui remplace l'aiguille; par l'emploi judicieux de miroirs on peut loger un trajet lumineux relativement long dans une boîte de dimensions relativement faibles et la sensibilité de lecture est augmentée.



G. Principes fondamentaux de l'électricité (courant alternatif)

I. Induction électromagnétique



Expérience 119

Bobine mobile dans un champ magnétique fixe

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

- 1 galvanomètre (expérience 111)
- 1 tringle 10211
- 1 bague d'arrêt 11059
- 1 plaque rectangulaire 11321
- 1 clavette 11703
- 1 bobine 12030
- 2 câbles 12065
- 2 câbles 12075
- 2 câbles 12100
- 1 interrupteur 12101
- 1 bobine 12109
- 1 armature 12116
- 4 vis 75653 et écrous 75770
- 2 piles

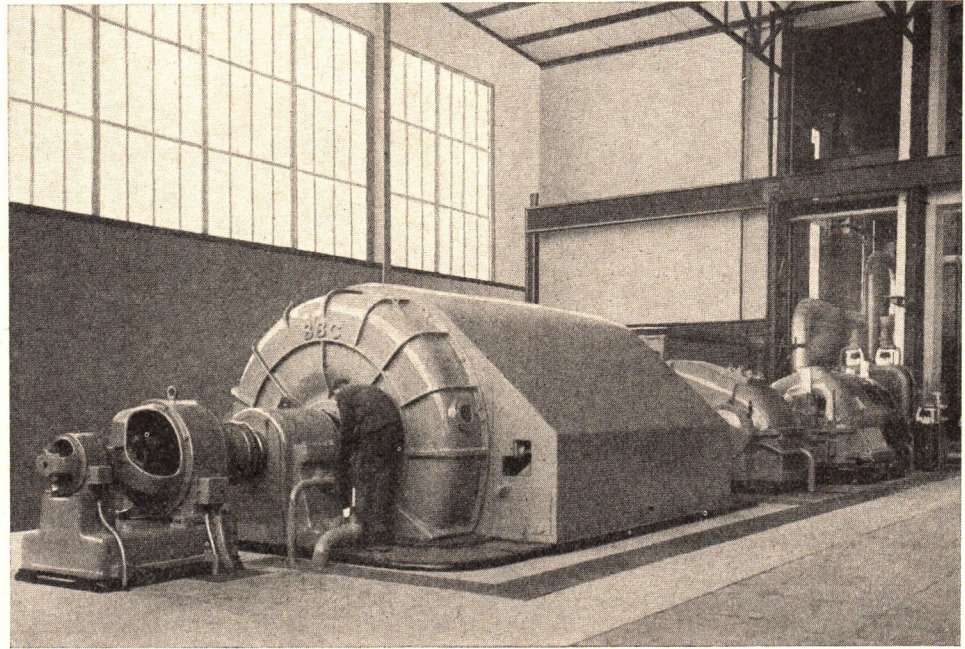
Générateur: = 8 volts

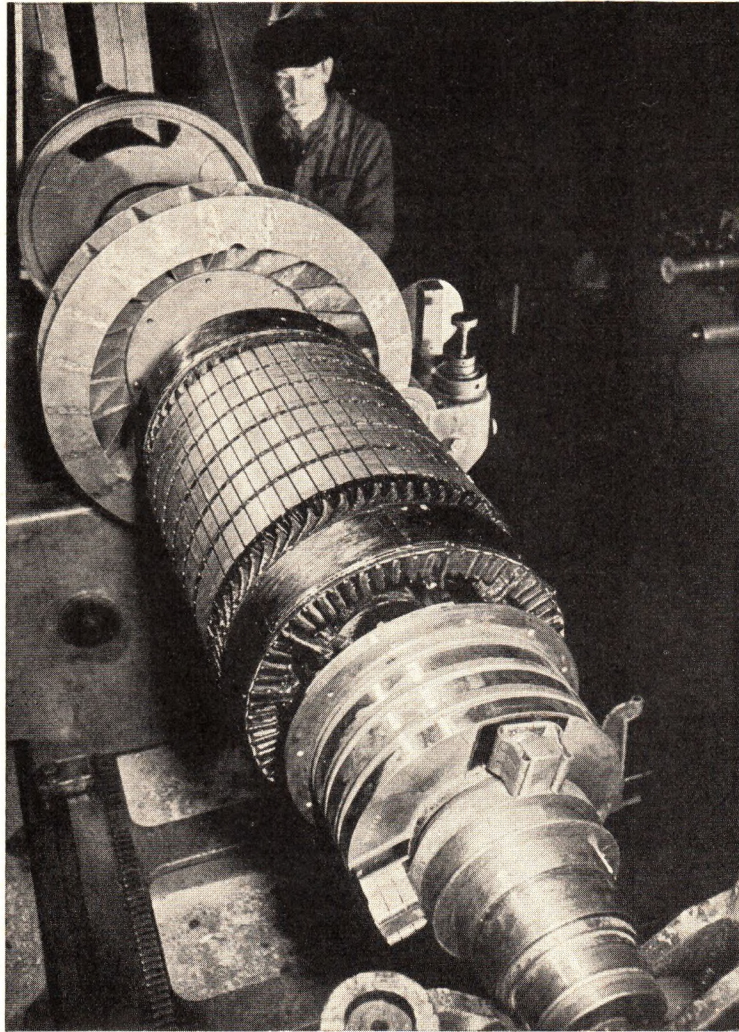
La figure ci-contre illustre clairement les connexions à réaliser; le galvanomètre doit être placé à au moins 1 mètre des bobines (champs magnétiques perturbateurs!). Introduisons la petite bobine dans la grande et fermons le circuit de la grande bobine et ensuite celui du galvanomètre. Retirons rapidement la petite bobine de la grande: le galvanomètre dévie; introduisons rapidement la petite bobine dans la grande, on observe encore une déviation du galvanomètre, mais elle a lieu en sens inverse. Coupons le courant des piles pour les ménager. Quelle est l'origine de ces déviations? Lors de l'expérience 69 nous avons vu le champ magnétique de la bobine et nous avons vu qu'à une certaine distance de la bobine ce champ est très faible, presque nul. Retirer la petite bobine revient donc à la sortir d'un endroit où le champ est intense vers un endroit où le champ est nul; on peut d'ailleurs se rendre compte que plus ce déplacement de la petite bobine est rapide plus la déviation du galvanomètre est grande; c'est à dire plus la tension induite dans la petite bobine est grande. Ce phénomène est appelé «induction électromagnétique». Pendant le mouvement de la bobine, le nombre de lignes de force qui traverse la petite bobine a varié, on dit que le flux de force à travers la bobine a varié. On peut énoncer le résultat important: La tension induite dans une bobine dépend de la variation de flux à travers la bobine.

L'expérience 122 est une variante de cette expérience.

**Turbo-alternateur monophasé 10000/15000 kW;
6300 volts**

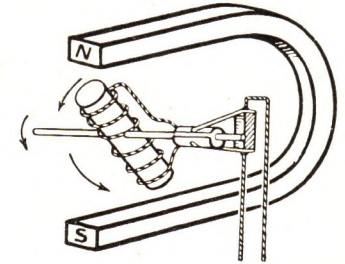
Un groupe turbo-alternateur comprend une turbine à vapeur qui entraîne un alternateur (générateur électrique) et une excitatrice; cette dernière fournit le courant d'excitation des électro-aimants de l'alternateur. La vue ci-contre est prise du côté de l'excitatrice.





Expérience 120

Générateur électrique: Dynamo



Les générateurs électriques constituent l'application pratique la plus importante

de l'induction électro-magnétique. Dans une telle machine, le courant électrique est produit par le mouvement rapide d'un conducteur dans un champ magnétique intense. Dans les premières machines de ce type, le champ magnétique était produit par des aimants permanents puissants. La figure ci-dessus illustre le fonctionnement d'une telle dynamo. On fait tourner l'induit dans le champ magnétique et la tension induite produite dans l'induit est amenée au collecteur. Le système collecteur - balais permet de prélever cette tension.

Rotor d'un grand alternateur

Des machines de ce type sont installées dans les usines productrices d'électricité

Expérience 121

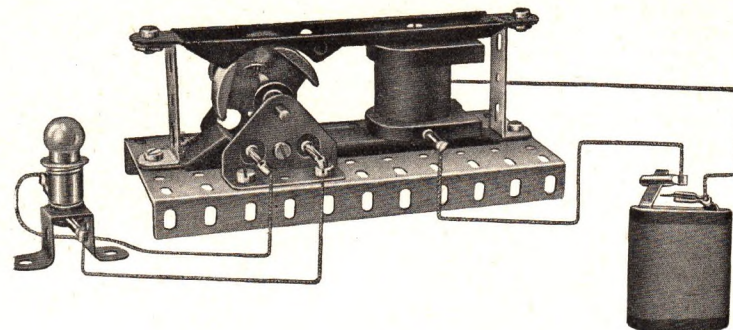
Générateur à excitation séparée (dynamo)

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

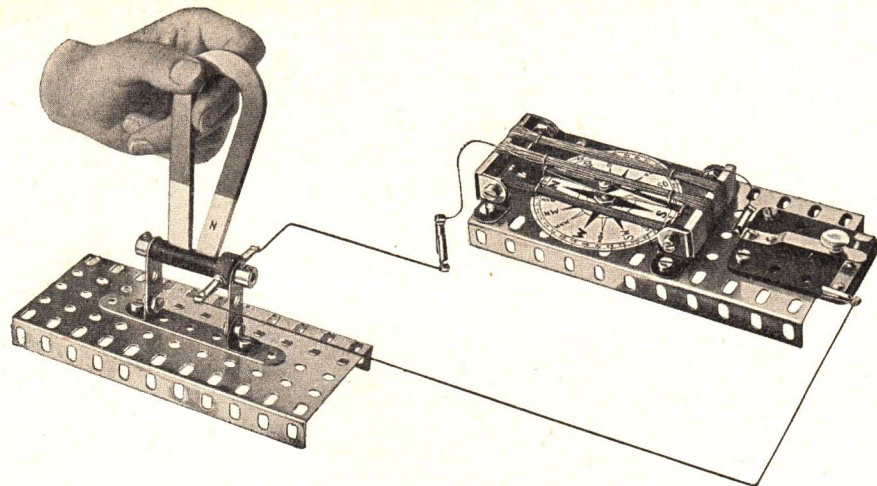
Pièces nécessaires:	1 bobine 12109
2 bandes coudées 10066	1 noyau de fer 12115
1 poulie 10325	2 inducteurs 12141
1 plaque rectangulaire 11321	1 induit 12142
1 douille 12060	1 porte-balais 12152
2 câbles 12065	1 ampoule 3,5 volts 14073
2 câbles 12075	12 vis 75653 et écrous 75770
2 supports 12108	1 pile

Générateur: = 4 volts

Ce générateur est identique au moteur de l'expérience 91. Le courant d'excitation du générateur est fourni par une pile. Si



nous communiquons à l'induit un mouvement de rotation rapide, l'ampoule brûle. Nous pouvons par exemple entraîner l'induit à l'aide d'une machine à vapeur puissante (diamètre de chaudière 7 cm env.) et nous aurons réalisé une petite centrale thermique. La machine à vapeur transforme l'énergie calorifique en énergie mécanique et la dynamo transforme cette énergie mécanique en énergie électrique. Un interrupteur, branché dans le circuit de la bobine d'excitation permet de couper le champ magnétique de l'inducteur; on ménagera de la sorte la pile.



Expérience 122

Bobine fixe dans un champ magnétique variable

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

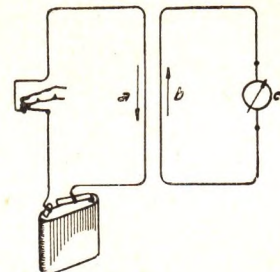
1 galvanomètre (expérience 111)	2 bagues d'arrêt 11 059
2 équerres 10002	1 plaque rectangulaire 11321
1 bande 10003	1 bobine 12030
1 bande 10007	2 câbles 12100
1 tringle 10205	1 aimant en fer à cheval 14070
	4 vis 75653 et écrous 75770

Montons la petite bobine sur un circuit magnétique fermé conformément à la figure et relierons les bornes de la bobine au galvanomètre (situé à 1 mètre de l'appareil). Approchons l'aimant en fer à cheval de la bobine comme le montre la figure et fermons l'interrupteur du galvanomètre. Retirons rapidement l'aimant: le galvanomètre dévie; par suite de l'écartement de l'aimant, le champ magnétique dans le circuit magnétique disparaît; il y a donc variation de flux à travers la bobine et c'est cette variation de flux qui provoque l'apparition d'une tension d'induction: le galvanomètre dévie. Invertissons l'aimant et refaisons l'expérience: le galvanomètre dévie en sens inverse. On observe aussi des déviations du galvanomètre lorsqu'on approche rapidement l'aimant de la bobine. Dans l'expérience nous avons déplacé la bobine d'induction dans un champ magnétique fixe et ici la bobine est fixe mais le champ magnétique varie. Nous pouvons d'ailleurs reproduire le même cas avec l'appareil de l'expérience 119; pour cela il suffit de fermer ou d'ouvrir le circuit de la bobine de champ, le galvanomètre restant branché. Le galvanomètre dévie chaque fois que l'on branche ou débranche le circuit de la bobine de champ. Le sens de la déviation du galvanomètre lors de la fermeture du circuit est l'inverse de celui observé lors de l'ouverture du circuit de la bobine de champ.

Expérience 123

Induction électromagnétique entre 2 conducteurs voisins

L'expérience représentée sur le schéma ci-contre ne peut pas être réalisée à l'aide de notre boîte ELEX, car notre galvanomètre n'est de loin pas assez sensible. Si nous disposons d'un galvanomètre plus sensible nous pouvons réaliser le montage ci-contre et nous constaterons que le galvanomètre dévie légèrement chaque fois que nous ouvrons ou fermons le circuit de la pile à l'aide de l'interrupteur. L'expérience 86 nous a familiarisés avec le champ magnétique d'un conducteur rectiligne; lors de l'établissement du courant, ce champ s'établit et passe de 0 à sa valeur maxima; à la coupure du courant le champ disparaît. Le conducteur b, placé à côté du conducteur a sera donc soumis à un champ variable, ce qui entraîne l'apparition d'une tension d'induction à chaque manipulation de l'interrupteur.



Expérience 124

Induction électromagnétique entre 2 bobines au repos

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: 1 galvanomètre (expérience 111)

2 pièces plates 10000

2 bagues d'arrêt 11059

2 câbles 12065

1 bobine 12109

2 équerres 10002

1 plaque rectangulaire 11321

2 câbles 12075

8 vis 75653 avec écrous 75770

1 bande 10009

1 clavette 11703

2 câbles 12100

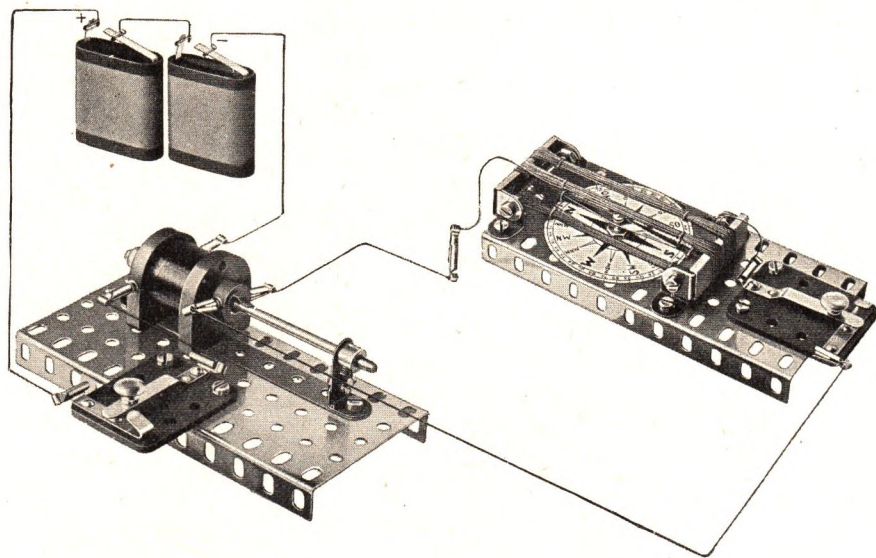
2 piles

1 tringle 10211

1 bobine 12030

1 interrupteur 12101

Générateurs: = 8 volts



Nous pouvons, pour obtenir des effets plus importants, remplacer les 2 conducteurs de d'expérience 123 par 2 bobines introduites l'une dans l'autre conformément à la figure. La petite bobine ne doit frotter nulle part afin d'éviter de détériorer le bobinage. Introduisons la petite bobine dans la grande et fixons-la à l'aide de la clavette; branchons la pile à la grande bobine et le galvanomètre à la petite (distance de 1 mètre!). Chaque fois que l'on branche le courant, le galvanomètre dévie et chaque fois que l'on débranche le courant, le galvanomètre dévie en sens inverse. Si nous fermons et

ouvrons le circuit de la grande bobine très rapidement, les déviations du galvanomètre se suivent en sens inverses, et par suite de l'inertie de l'aiguille, celle-ci ne pourra plus suivre et ne bougera pas. Par cette opération nous avons induit dans le circuit de la petite bobine un courant alternatif et nous comprenons maintenant pourquoi notre galvanomètre ne peut servir à mesurer un tel courant alternatif. Si au lieu de couper simplement le courant dans la grande bobine, nous inversons le sens de ce courant nous observons le même phénomène. Dans ce cas on peut assimiler le courant dans la grande bobine à un courant alternatif et le champ magnétique produit est un champ alternatif; par suite de l'induction, il apparaît dans la petite bobine un autre courant alternatif et l'appareil ainsi constitué est appelé un transformateur.

Expérience 125

Champ de fuites

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

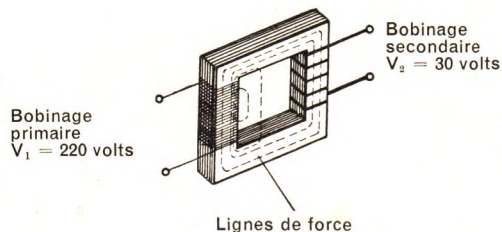
Pièces nécessaires: même appareil que pour l'expérience 124

Générateur: = 8 volts

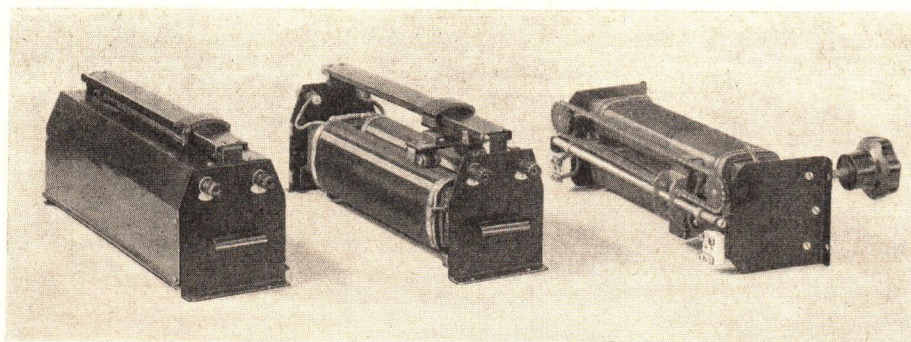
Retirons la petite bobine et refaisons la même expérience que précédemment. On observe encore des déviations du galvanomètre, mais elles sont plus faibles (environ $\frac{1}{3}$). Revenons à l'expérience 69; lors de cette expérience nous avons mis en évidence les lignes de force du champ magnétique de notre bobine. Nous constatons que si la petite bobine est à l'intérieur de la grande bobine, toutes les lignes de force du champ de la grande bobine la traversent (ou à peu près); les variations de flux lors de la coupure du courant sont grandes. Si par contre la petite bobine est retirée, elle n'est traversée que par les lignes de force qui sont à l'intérieur de la tringle. Une partie des lignes de force ne contribue donc pas au phénomène de l'induction; cette partie du champ est appelée «champ de fuites». Si nous retirons encore la tringle de la grande bobine, le circuit magnétique est ouvert, et la petite bobine n'est traversée que par très peu de lignes de force. On n'observe plus de déviation du galvanomètre: nous n'avons qu'un champ de fuites.

Expérience 126

Transformateur pour courant alternatif



Considérons un cadre en fer tel que celui représenté sur la figure; il est constitué par un assemblage de tôles minces. Sur ce cadre on a disposé 2 bobinages; le premier comporte un grand nombre de spires en fil fin, l'autre peu de spires en fil gros.



Transformateurs variables

Ces transformateurs sont conçus suivant le même principe que les transformateurs MÄRKLIN. Dans le cas des transformateurs MÄRKLIN, le déplacement est produit par la rotation du bouton.

Le bobinage, qui est branché au secteur est appelé enroulement primaire, l'autre l'enroulement secondaire.

Branchons le primaire à une tension alternative; le courant qui le traverse produit dans le noyau de fer un champ magnétique alternatif. Si le champ de fuites est nul, toutes les lignes de force de ce champ traversent le secondaire et la tension induite aux bornes du secondaire serait:

$$V_2 = \frac{w_2}{w_1} \cdot V_1$$

Dans cette formule w_2 et w_1 sont les nombres de spires des 2 enroulements. On parle de branchement à vide du transformateur lorsque le primaire est branché mais que le secondaire n'est pas branché; le courant secondaire est donc nul dans ce cas. On dit que le transformateur est chargé lorsque le secondaire débite le courant normal. Si l'on relie les bornes du secondaire par un conducteur de forte section (faible résistance), le transformateur est court-circuité le secondaire débite un courant très intense (échauffement) et la tension entre les bornes du secondaire est nulle.

La figure ci-dessus montre des applications pratiques de notre expérience.

Expérience 127

Construction d'un transformateur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

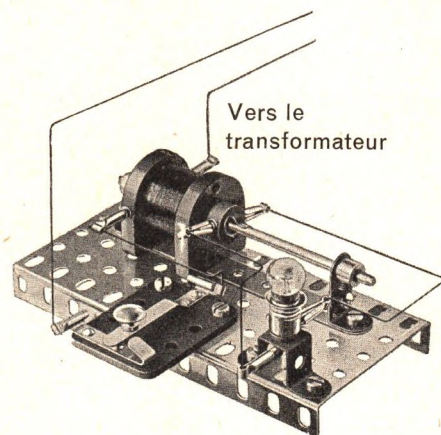
Pièces nécessaires:

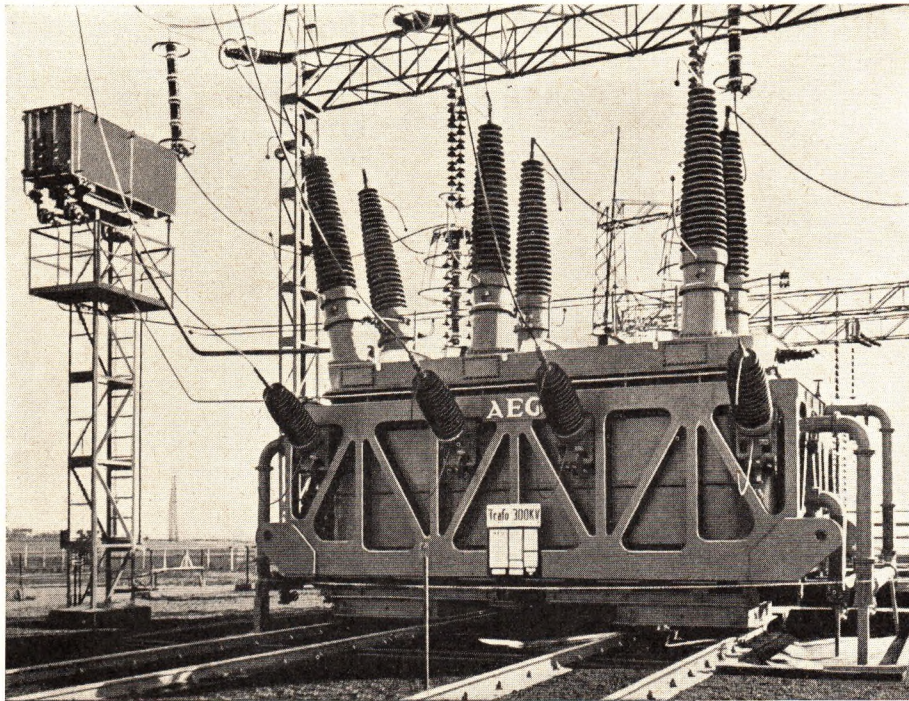
2 pièces plates 10000	1 clavette 11703	1 bobine 12109
2 équerres 10002	1 bobine 12030	1 ampoule 14073
1 bande 10009	1 douille 12060	10 vis 75653 et écrous 75770
1 tringle 10211	3 câbles 12065	1 transformateur
2 bagues d'arrêt 11059	2 câbles 12100	
1 plaque rectangulaire 11321	1 interrupteur 12101	

Générateur: \sim 12 volts

Nous avons signalé que l'appareil construit lors de l'expérience 124 pouvait être considéré comme un transformateur; il suffit pour cela de brancher l'une des bobines à un courant alternatif et on aura aux bornes de l'autre bobine une tension alternative. Pour faire l'expérience, nous branchons la grande bobine, par l'intermédiaire d'un interrupteur à une tension alternative de 12 volts; pour cette expérience, la bobine secondaire doit être entièrement introduite dans la grande bobine. Branchons l'ampoule directement aux bornes de la petite bobine. Dès que nous fermons le circuit primaire, l'ampoule brûle. Nous constatons que nous pouvons régler la tension secondaire de notre transformateur en déplaçant simplement la petite bobine par rapport à la grande bobine. La raison profonde de la variation de la tension secondaire est l'augmentation du champ de fuites.

Le courant qui circule dans la grande bobine provoque un échauffement assez intense; aussi ne faut-il pas prolonger trop cette expérience.





Transformateur triphasé 300000 volts, puissance 300000 kva.

Le transformateur est construit de telle façon qu'il absorbe les effets d'un court-circuit secondaire (champ de fuites important!). Si par contre le transformateur ne présente que très peu de fuites, le court-circuit de secondaire est transmis au primaire; il faut dans ce cas prévoir des disjoncteurs pour éviter les conséquences très graves d'un court-circuit. Ces considérations sont très importantes pour les réseaux à haute tension.

Expérience 128

Chute de la tension secondaire par suite d'un enroulement en court-circuit

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1 douille 12060 | 1 ampoule 14073 |
| 1 câble 12065 | 1 transformateur |
| 2 câbles 12075 | |

Générateur: \approx 3 et 12 volts

Nous pouvons faire l'expérience suivante à l'aide d'un transformateur de la série 6000. Branchons une ampoule entre les bornes O et B et réglons le bouton de telle façon que l'ampoule brûle normalement. Etablissons un court-circuit entre les bornes O et L du transformateur à l'aide d'un câble 12065: durant le court-circuit l'ampoule éclaire beaucoup moins.

Expérience 129

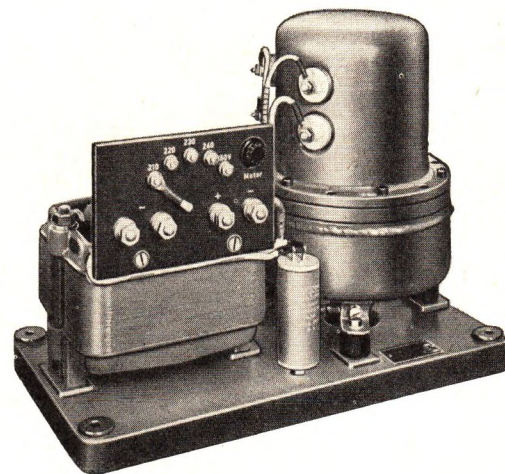
Force exercée par un champ magnétique variable sur une bobine court-circuitée

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:	2 bagues d'arrêt 11059	1 interrupteur 12101
2 pièces plates 10000	1 plaque rectangulaire 11321	1 bobine 12109
2 équerres 10002	1 bobine 12030	8 vis 75653
1 bande 10009	3 câbles 12065	avec écrous 75770
1 tringle 10211	2 câbles 12100	2 piles ou 1 transformateur

Générateur: = 8 volts ou \sphericalangle 20 volts

Reprenons le transformateur de l'expérience 127; enlevons la clavette 11703 qui servait à maintenir la petite bobine en place, et démontons la douille et l'ampoule. Nous branchons le primaire, par l'intermédiaire d'un interrupteur à une pile (voir expériences 124); enfin nous court-circuitons la bobine secondaire par un câble 12065 après l'avoir introduite complètement dans la grande bobine. Branchons le courant et coupons-le; à chaque changement de courant, nous observons un déplacement de la bobine secondaire. Ces déplacements sont d'autant plus importants que les variations de courant sont intenses et rapides. Si nous branchons le primaire directement à une tension alternative, la bobine est violemment repoussée et projetée hors de la bobine primaire. Ces forces existent aussi dans les grands transformateurs; si les enroulements ne sont pas très bien fixés, ils peuvent être endommagés sous l'action de ces forces.



Transformateur-vibreur

Un transformateur ne peut en général pas être utilisé pour transformer le courant continu. Pour élever la tension d'un courant continu, on transforme le courant continu en impulsions par un vibreur; cet appareil interrompt le courant continu et les impulsions données par cet appareil sont envoyées dans un transformateur pour courant alternatif. Le cas échéant on peut redresser le courant alternatif obtenu au secondaire du transformateur.

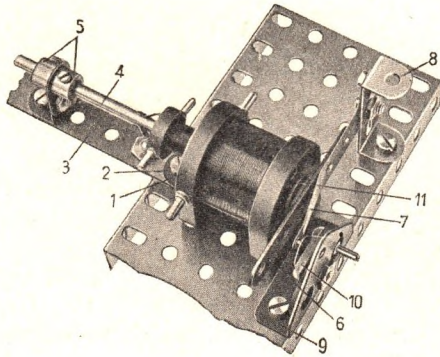
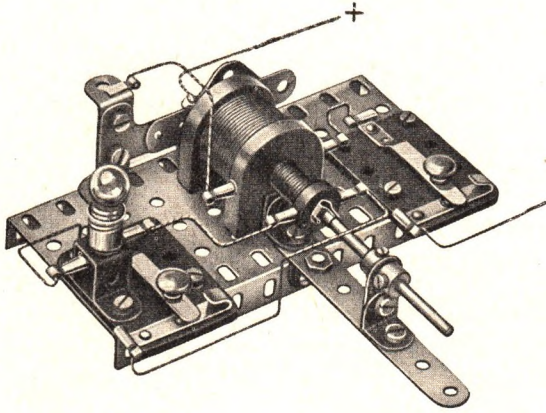
Expérience 130

Construction d'un transformateur-vibreur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1 pièce plate 10000	1 bobine 12030	1 armature 12116
3 équerres 10002	1 douille 12060	1 armature-vibreur 12123
1 bande 10007	3 câbles 12065	1 contact 12130
1 bande coudée 10066	3 câbles 12075	1 ampoule 14073
1 tringle 10211	2 câbles 12100	18 vis 75653
2 bagues d'arrêt 11059	2 interrupteurs 12101	et écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	1 support 12108	2 piles
	1 bobine 12109	Générateur: = 8 volts



Montons la bobine (1) munie de son armature (11) sur la plaque rectangulaire. Vissons la bande 10007 (3) ainsi que l'équerre (2) sur la plaque rectangulaire (l'équerre doit bien être en contact avec l'armature de la bobine). La tringle 4 repose dans le trou de l'armature de la bobine; elle ne doit cependant pas dépasser celle-ci. Les 2 bagues d'arrêt (5) la maintiennent en place. Régler bien l'appareil pour que la petite bobine ne frotte nulle part. On monte ensuite le contact vibreur en face de l'armature de la bobine ainsi que le support (9) qui porte le contact fixe (10). Il faut régler ces contacts de telle façon que la lame (7) du contact vibreur exerce une faible pression sur le contact fixe et que l'espace entre l'armature (11) et le contact vibreur (6) soit faible. Le fonctionnement de cet appareil est expliqué dans l'expérience 131 (voir aussi l'expérience 137).

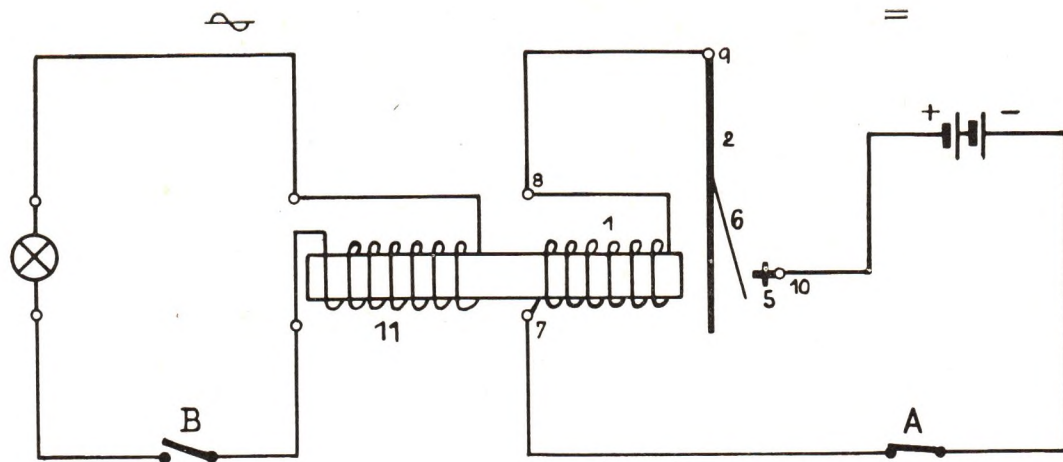
Expérience 131

Variation de la tension secondaire et court-circuit d'un transformateur-vibreur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:
un transformateur-vibreur
(expérience 130)

Générateur: = 8 volts

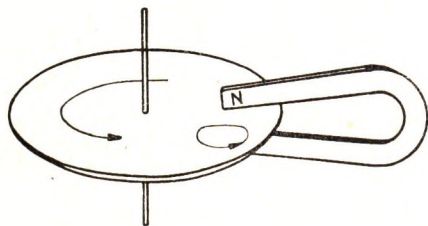


Réalisons les connexions du transformateur-vibreur conformément au schéma ci-dessus. Si nous fermons le circuit primaire à l'aide de l'interrupteur A, la bobine est excitée et attire l'armature du contact-vibreur (2); le contact (6) est déplacé et le circuit interrompu; la bobine (1) n'est plus traversée par un courant et l'armature (2) retombe, refermant le circuit. Le courant s'installe de nouveau, la bobine attire l'armature interrompant le circuit et ainsi de suite. Il faut bien régler les contacts si l'on veut obtenir un fonctionnement impeccable; la latitude donnée par les trous allongés de la plaque rectangulaire est largement suffisante pour obtenir un fonctionnement irréprochable. Si le primaire est ainsi bien réglé, nous introduisons la bobine secondaire (11) dans la bobine primaire (1) et nous la fixons à l'aide de la clavette. Fermons le circuit secondaire par l'interrupteur B; l'ampoule brûlera si le côté primaire fonctionne. Retirons lentement la bobine secondaire, nous voyons que l'intensité lumineuse de l'ampoule diminue, indiquant ainsi que la tension aux bornes de la petite bobine diminue. Le côté primaire de cet appareil donne un courant continu interrompu (impulsions) et le secondaire est le siège d'un courant alternatif.

Pour terminer l'expérience, court-circuitons la petite bobine et retirons la clavette qui maintient la petite bobine en place; introduisons la petite bobine à fond dans la grande et branchons le côté primaire; la bobine secondaire est projetée violemment hors de la grande bobine voir aussi expériences 127 et 129).

Expérience 132

Courants de Foucault



Considérons un disque métallique soumis à un champ magnétique dont les lignes de force sont perpendiculaires au disque. Si le disque tourne autour de l'axe (voir fig.), le disque sera le siège de tensions d'induction qui produisent au sein de la plaque des courants d'induction. Ces courants sont appelés «Courants de Foucault». Le champ de ces courants de Foucault est dirigé en sens inverse du champ magnétique extérieur. D'autre part ces courants de Foucault échauffent la plaque. Par suite de leur champ magnétique, ces courants de Foucault s'opposent au mouvement du disque et freinent donc le mouvement.

Expérience 133

Frein de Foucault

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1 pièce plate 10000

2 équerres 10002

2 bandes 10003

1 bande 10007

1 support 10046

2 bandes coudées 10066

1 tringle 10211

2 bagues d'arrêt 11059

1 plaque rectangulaire 11321

1 rondelle 11727

1 disque en aluminium 12022

2 câbles 12065

2 câbles 12075

1 interrupteur 12101

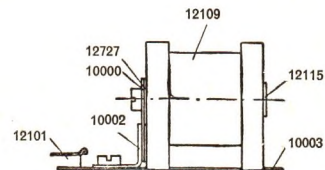
1 bobine 12109

1 noyau de fer 12115

10 vis 75653 avec écrous 75770

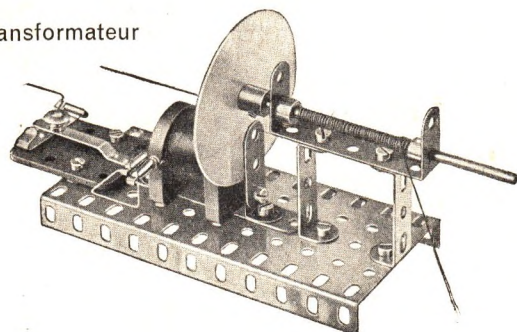
2 vis 75655 avec écrous 75770

2 piles ou 1 transformateur



Générateur: = 8 volts ou \sphericalangle 20 volts

Vers le transformateur



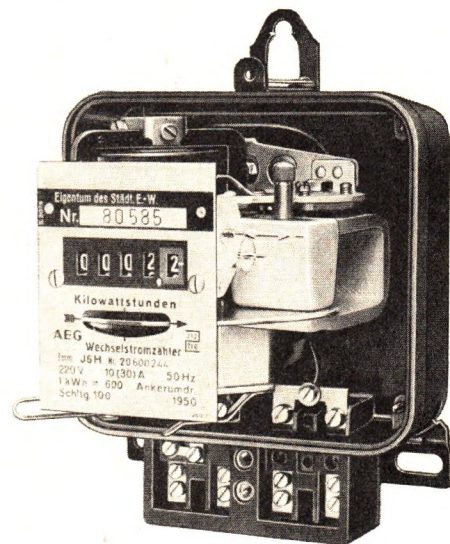
Le montage de cette expérience est très simple. Il faut cependant veiller à ce que le disque ne frotte nulle part contre l'armature de la bobine. La ficelle visible sur la figure doit permettre de mettre le disque en mouvement; son extrémité ne doit pas être fixée à la tringle. Sans champ magnétique, le disque tourne longtemps avant de s'arrêter. Reconnaissons l'expérience après avoir branché le courant d'excitation de l'électro-aimant. Le disque est rapidement freiné par suite des courants de Foucault qui prennent naissance dans le disque. Cet effet des courants de Foucault est d'autant plus grand que le champ magnétique est grand et que le mouvement du disque est rapide. Si au lieu de brancher la bobine aux piles, nous la branchons au transformateur (13 à 16 volts) le freinage est très brutal.

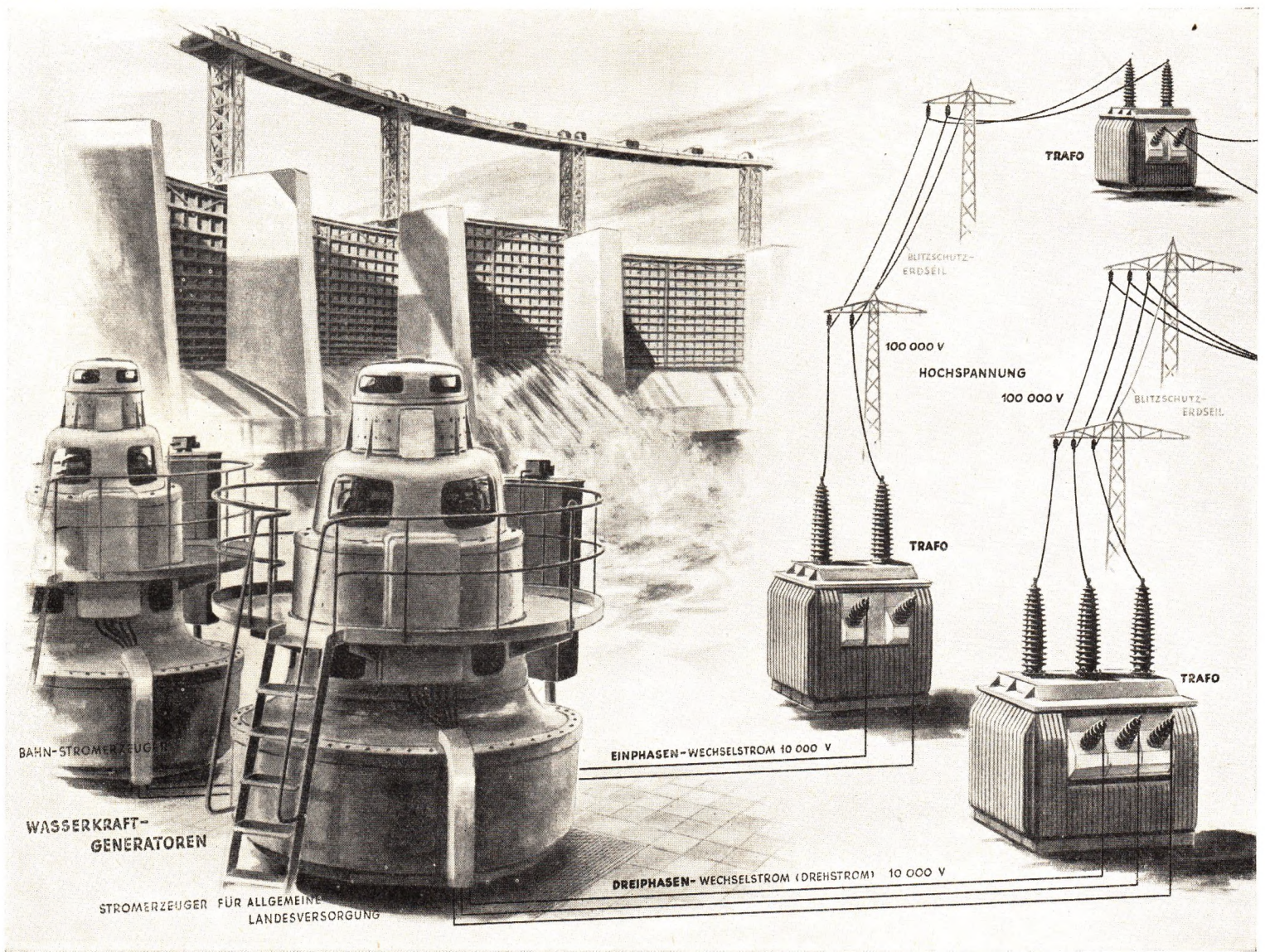
Ce frein de Foucault est appliqué dans les compteurs électriques pour régulariser le mouvement (voir figure ci-contre).

Cette expérience ne doit pas durer trop longtemps (échauffement).

Compteur électrique à frein de Foucault

Si l'on veut amortir ou freiner un mouvement de rotation, on dispose sur l'axe de rotation un disque qui se déplace dans l'entrefer d'un aimant. Les courants de Foucault qui prennent naissance dans le disque freinent le mouvement.





BAHN-STROMERZEUGER

WASSERKRAFT-GENERATOREN

STROMERZEUGER FÜR ALLGEMEINE LANDESVERSORGUNG

TRAFO

BLITZSCHUTZ-ERDSEIL

100 000 V

HOCHSPANNUNG

100 000 V

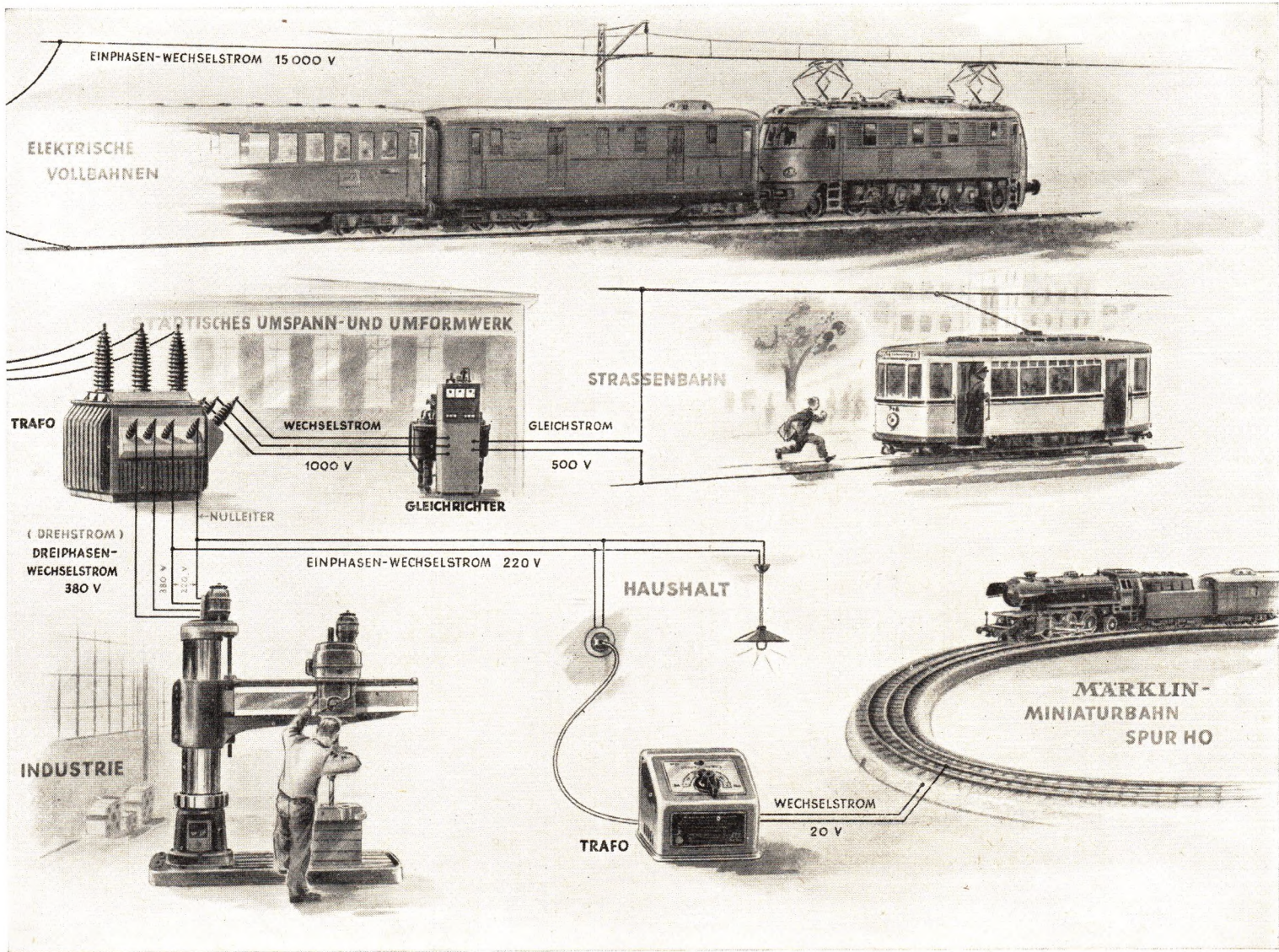
BLITZSCHUTZ-ERDSEIL

TRAFO

TRAFO

EINPHASEN-WECHSELSTROM 10 000 V

DREIPHASEN-WECHSELSTROM (DREHSTROM) 10 000 V



EINPHASEN-WECHSELSTROM 15 000 V

ELEKTRISCHE VOLLBAHNEN

STARTISCHES UMSPANN-UND UMFORMWERK

TRAFO

WECHSELSTROM

GLEICHSTROM

1000 V

500 V

STRASSENBAHN

(DREHSTROM) DREIPHASEN-WECHSELSTROM 380 V

NULLEITER

EINPHASEN-WECHSELSTROM 220 V

HAUSHALT

INDUSTRIE

MÄRKLIN-MINIATURBAHN SPUR HO

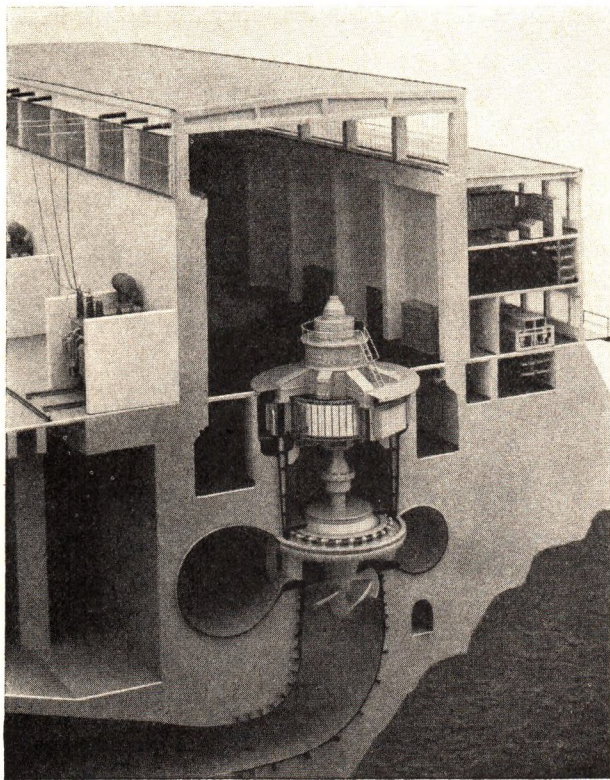
TRAFO

WECHSELSTROM

20 V

Expérience 134

Transport de l'énergie électrique



Commentaire des illustrations page 130 et 131

L'énergie électrique est la forme la plus pratique de l'énergie. On peut la transporter facilement à grande distance sans grandes pertes. Il en résulte que l'on produira le courant électrique dans les régions les plus appropriées quitte à la transporter sur les lieux d'utilisation.

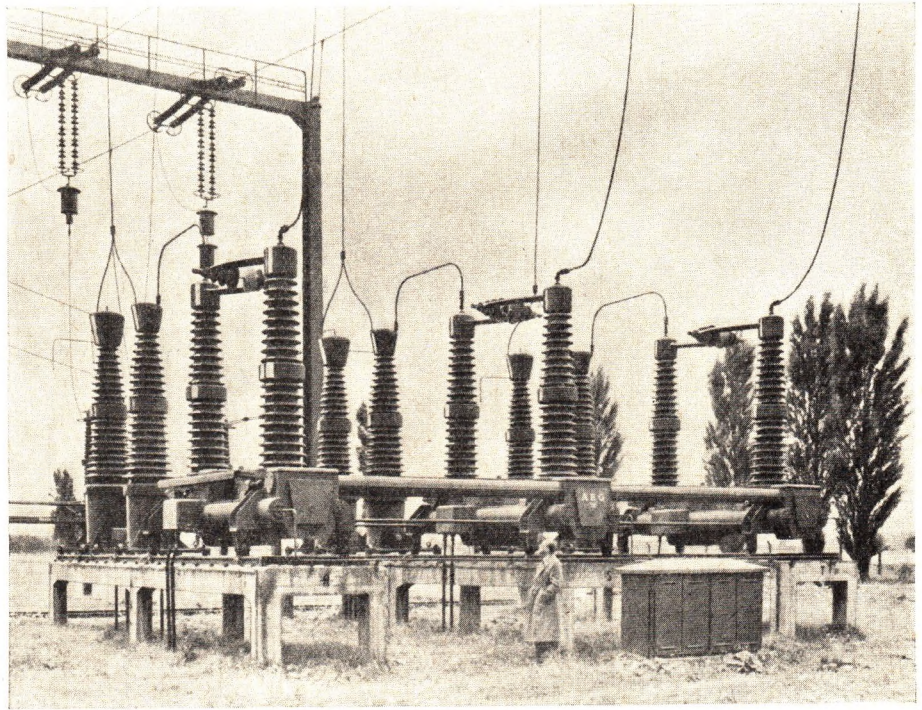
Une centrale hydroélectrique comporte essentiellement un réservoir d'eau destiné à emmagasiner l'eau qui est ensuite amenée aux turbo-alternateurs par une conduite forcée. L'énergie de l'eau emmagasinée est transformée en énergie électrique dans les turbo-alternateurs. La tension du courant électrique ainsi produit est élevée dans la station élévatrice de tension. L'énergie électrique est envoyée sous cette forme dans les lignes haute tension qui la transportent à grande distance. Aux lieux d'utilisation, la tension est abaissée aux valeurs d'utilisation (220 à 380 volts pour les emplois domestiques et industriels).

Il existe aussi des centrales thermo-électriques qui transforment l'énergie thermique des charbons pauvres ou de la lignite en courant électrique.

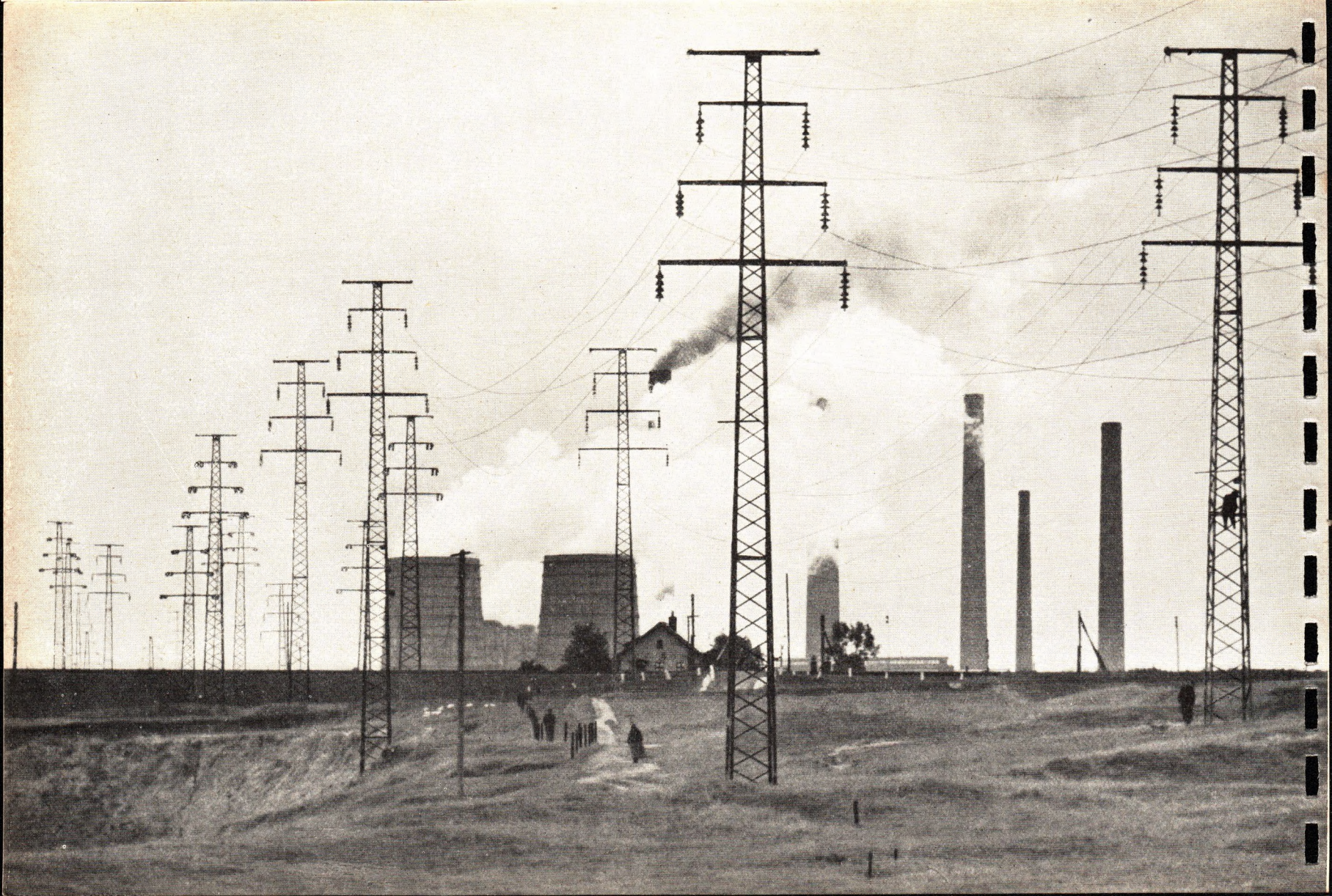
Coupe à travers une centrale hydro-électrique

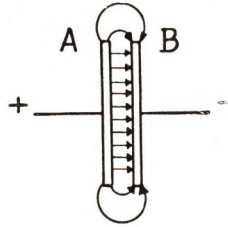
Isolateurs de plein-air pour 220 000 volts

Le courant haute tension venant des centrales arrive à des stations de transformation qui abaissent la tension. L'énergie électrique est ensuite distribuée sous cette basse tension. Des disjoncteurs haute tension permettent de couper rapidement une ligne haute tension donnée.



◀ L'eau est amenée à la turbine qui entraîne le générateur. L'énergie électrique ainsi produite traverse des transformateurs élévateurs de tension; et c'est sous cette forme que l'énergie électrique est transportée à grande distance.





Expérience 135

Le condensateur

Considérons 2 plaques métalliques parallèles A et B, reliées aux pôles + et - d'un générateur. Entre ces 2 plaques existera un champ électrique (voir expérience 28. Un tel appareil permet d'accumuler des charges électriques. On l'appelle un condensateur. La capacité d'un tel condensateur c'est à dire la possibilité d'accumuler des charges électriques, est d'autant plus grande que les plaques sont grandes et rapprochées. L'espace isolant entre les 2 plaques, appelé «diélectrique», est souvent constitué par l'air, du verre, du mica, du papier paraffiné, de la porcelaine etc. Tout le monde a déjà vu les condensateurs variables utilisés dans les postes de TSF; ces condensateurs ont une capacité variable. Le condensateur 12025 joint aux boîtes ELEX 1062 et 1053 est un condensateur fixe au papier de capacité 0,05 uF (micro-farad). Un condensateur arrête le courant continu; le courant alternatif par contre peut le traverser, et cela d'autant plus facilement que la fréquence de ce courant alternatif est élevée.

Expérience 136

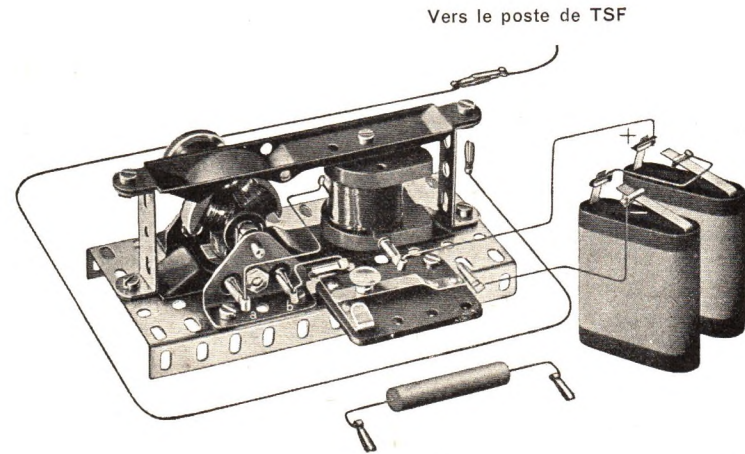
Antiparasitage d'un moteur

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

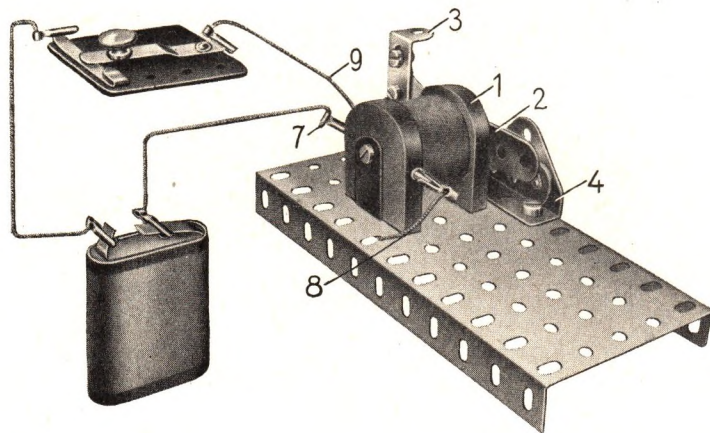
Pièces nécessaires:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1 moteur (expérience 101) | 2 câbles 12100 |
| 1 condensateur 12025 | 1 interrupteur 12101 |
| 1 câble 12065 | 1 poste de TSF |

Générateur: = 8 volts.



Branchons le moteur-série de l'expérience 101 au générateur par l'intermédiaire d'un interrupteur. Le circuit comportera la bobine d'excitation, l'induit, l'interrupteur et le générateur. Si nous fermons le circuit, le moteur tourne et nous voyons au collecteur des étincelles; ces étincelles font de notre moteur un générateur de parasites pour la radio. Ces étincelles produisent en effet des ondes électro-magnétiques qui sont captées par l'antenne du poste. Si nous possédons un poste récepteur de TSF, nous pouvons faire l'expérience suivante: à l'aide de 2 câbles 12100 nous fabriquons une antenne pour le poste de TSF; nous disposons cette antenne de telle façon qu'elle entoure notre petit moteur. Branchons notre poste de TSF et notre moteur. Nous percevons dans le haut-parleur un bruit intense, et cela sur toute l'étendue de l'échelle du poste; ces crépitements cessent dès que nous arrêtons notre moteur. Branchons le condensateur 12025 entre les 2 balais et refaisons l'essai; nous constatons que le bruit est fortement amorti et les étincelles du collecteur sont bien plus faibles. Nous avons antiparasité notre moteur.



III. Fréquence

Expérience 137

Construction d'un vibreur

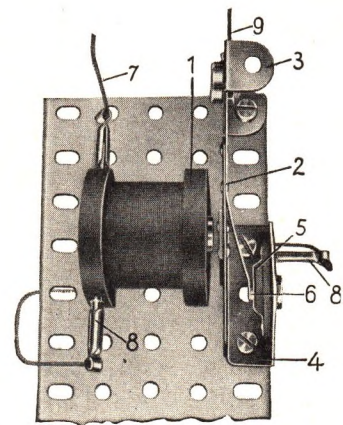
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 bande coudée 10066	1 noyau de fer 12115
1 plaque rectangulaire 11321	1 armature 12116
2 câbles 12065	1 contact vibreur avec armature 12123
2 câbles 12075	1 contact 12130
1 interrupteur 12101	9 vis 75653 et écrous 75770
1 support 12108	1 pile
1 bobine 12109	

Générateur: = 4 volts

Un vibreur est un appareil qui produit un son plus ou moins aigu par suite des vibrations plus ou moins rapides d'une armature ou d'une membrane. Les figures ci-contre illustrent le fonctionnement d'un tel vibreur. Construisons un tel vibreur en nous inspirant des figures. La bobine, équipée de son noyau et de son armature est vissée sur la plaque rectangulaire; le contact vibreur (2) et son armature (1) sont fixés sur une bande coudée (3); pour terminer l'appareil on monte sur la plaque le support (4) avec le contact (5). Si la bobine est le siège d'un courant, elle attire l'armature (2) du contact vibreur (6) et le contact est rompu entre les contacts (5) et (6); le courant est ainsi coupé dans la bobine (1) et l'armature revient à sa position initiale, refermant le circuit de la bobine (1). C'est ainsi que cette armature (2) se met à vibrer très rapidement. Les connexions à réaliser ressortent de la figure: un câble (7) relie la pile à l'une des bornes de la bobine (1), le câble (8) relie la 2^e borne de la bobine au contact (5) en passant sous la plaque rectangulaire et le retour à la pile est assuré par un câble (9) fixé à la bande coudée (3). Il faut bien régler les différents contacts pour obtenir un bon fonctionnement de l'appareil. La latitude laissée par les trous allongés de la plaque



est suffisante pour ce réglage. Remarquons seulement qu'au repos le contact vibreur doit exercer une pression très faible sur le contact fixe et que l'espace entre l'armature du contact vibreur et le noyau de la bobine doit être très petit.

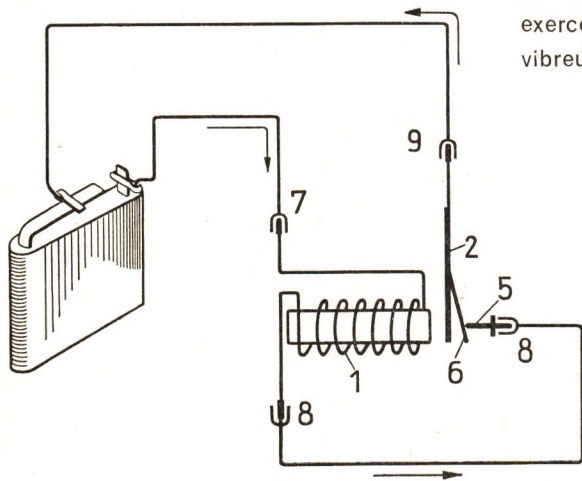


Schéma du vibreur

Dans ce schéma nous avons utilisé les mêmes désignations que ci-dessus. Nous voyons ainsi clairement le circuit électrique: le courant est amené par le câble (7) à la bobine (1), puis au contact (5) et retourne par l'armature (2) et le câble (9) à la pile. Si l'armature (2) est attirée, le circuit est interrompu entre (5) et (6). L'armature revient à sa position initiale sous l'action du ressort de rappel. Au repos, le contact est établi entre (5) et (6).

Expérience 138

Fréquence

Nous allons maintenant étudier de plus près les notions de courant continu et de courant alternatif. Sur les figures ci-contre, l'axe horizontal représente un axe des temps, l'axe vertical est l'axe des courants. Considérons par exemple l'expérience 35. Si nous branchons le courant, la valeur du courant passe très rapidement de 0 à sa valeur (0,15 amp par ex) et garde cette valeur tant que dure l'expérience. La courbe qui représente ce courant dans notre figure sera une droite parallèle à l'axe des temps: nous avons un courant continu. Si par contre nous coupons à intervalles réguliers ce même courant de 0,15 ampères, nous avons un courant continu interrompu qui sera représenté par une courbe comme celle de la figure 1. Si au lieu de couper simplement le courant toutes les 2 secondes, nous intervertissons la polarité toutes les secondes, le sens du courant change chaque fois et ce courant sera représenté par une courbe comme celle de la figure 2: on parle ici d'un courant alternatif. Dans le transformateur-vibreur des expériences 130/131, le courant du primaire est un courant continu interrompu (fig. 1) et le courant du secondaire est un courant alternatif (fig. 2). Dans l'exemple ci-dessus, le courant alternatif prend la même valeur toutes les 2 secondes. On appelle «période d'un courant alternatif» le temps qui s'écoule entre 2 valeurs identiques du courant (mêmes positions sur la courbe). La fréquence d'un courant alternatif est le nombre de périodes par seconde. Dans le cas de la figure 2, la fréquence est $N = \frac{1}{2}$ période par seconde. Suivant la valeur de cette fréquence, on distingue les courants basse fréquence et les courants haute fréquence. Oscillations électriques:

- | | | |
|------------------|---|--|
| basse fréquence: | courant continu | $N = 0$ périodes par sec. |
| | courant traction des chemins de fer (Allemagne) | |
| | | $N = 16 \frac{1}{2}$ périodes par sec. |
| | courant alternatif du réseau | $N = 50$ périodes par sec. |
| Haute fréquence: | Fréquence supérieure à 10000 périodes par sec. | |

Oscillations acoustiques: L'oreille humaine peut percevoir des sons dont la fréquence est comprise entre 30 et 20000 périodes par seconde.

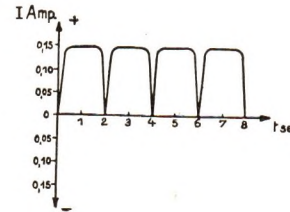


Fig. 1

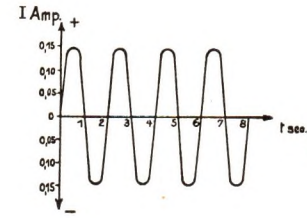


Fig. 2

Expérience 139

Vibreur à fréquence variable

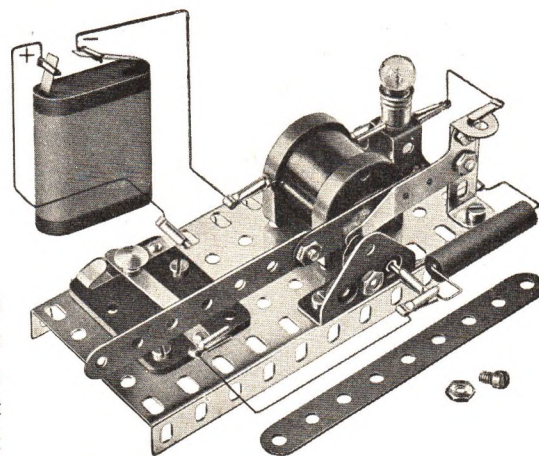
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires: 1 vibreur (expérience 137)

1 bande 10007 1 douille 12060 6 vis 75653 et écrous 75770

1 bande 10009 1 ampoule 14073 Générateur: = 4 volts

Nous branchons une ampoule dans le circuit du vibreur afin de mettre en évidence les interruptions du courant. Si le vibreur fonctionne, nous ne voyons pas ou à peine les extinctions de la lampe. Prolongeons l'armature du vibreur à l'aide d'une bande 10007; nous voyons distinctement l'intensité lumineuse de l'ampoule qui varie. Le résultat est encore plus marqué si nous fixons encore une bande 10009 à l'armature du contact vibreur.



Expérience 140

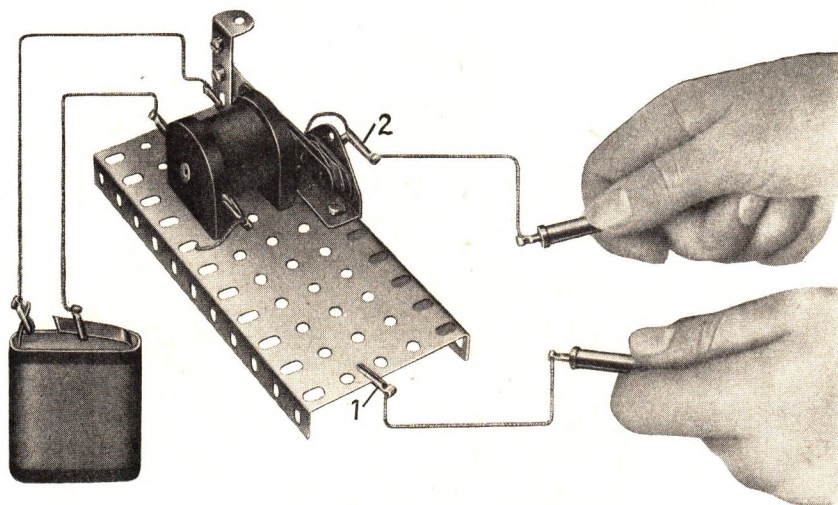
Antiparasitage du vibreur

Réalisable avec la boîte 1053

Pièces nécessaires: 1 vibreur (expérience 137), 1 condensateur 12025, 2 câbles 12100, 1 poste de TSF

Générateur: = 4 volts

Lorsque le vibreur fonctionne, il se produit une forte étincelle au contact du vibreur. On peut éliminer presque complètement cette étincelle si l'on branche un condensateur en parallèle avec ce contact (le brancher entre le contact 12130 et la plaque rectangulaire 11321). Cette étincelle produit, comme dans le cas du moteur (expérience 136) des parasites qui gênent l'audition radiophonique. Faisons une antenne comme lors de l'expérience 136 et nous constatons que le vibreur sans condensateur produit des parasites importants. Chaque interruption du courant produit des oscillations électriques et ce sont ces oscillations électriques qui sont à l'origine des parasites. Nous pouvons éliminer ces oscillations électriques en branchant le condensateur en parallèle avec l'étincelle.



Expérience 141

Appareil à électriser

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 bande coudée 10066	1 noyau de fer 12115
1 plaque rectangulaire 11321	1 armature 12116
2 câbles 12065	1 contact vibreur 12123
1 câble 12075	1 contact 12130
2 câbles 12100	2 poignées électrodes 12135
1 support 12108	9 vis 75653 avec écrous 75770
1 bobine 12109	1 pile

Générateur: = 4 volts

Branchons, comme l'indique la figure, 2 câbles à notre vibreur, l'un directement à la plaque rectangulaire, l'autre (2) au câble qui mène au contact fixe et branchons les 2 poignées aux extrémités de ces 2 câbles. Prenons ces poignées en main et mettons le vibreur en marche; nous ressentons un léger picotement (si cette électrisation vous paraît trop douloureuse, remplacer les poignées par 2 clous). Ce picotement est dû à un courant haute fréquence de self-induction produit lors de chaque interruption du courant dans la bobine. Cette expérience est plus amusante si plusieurs personnes se donnent la main et que la première et la dernière ont les 2 électrodes en main. On peut aussi faire l'expérience suivante: on place l'une des poignées dans un bac rempli d'eau dans lequel on a placé une pièce d'argent; on donne l'autre poignée à une personne et on lui demande de chercher la pièce d'argent au fond de l'eau. Comme l'eau est un bon conducteur de l'électricité, chaque contact avec l'eau produit une électrisation qui rend impossible ou tout au moins très difficile le retrait de la pièce d'argent. L'expérience devient plus amusante encore si plusieurs personnes participent à l'expérience en se donnant la main; la première personne tient l'une des poignées en main et la dernière essaie de saisir la pièce de monnaie; chaque essai sera accompagné d'une électrisation de toute la société.

Expérience 142

Pendule électrique

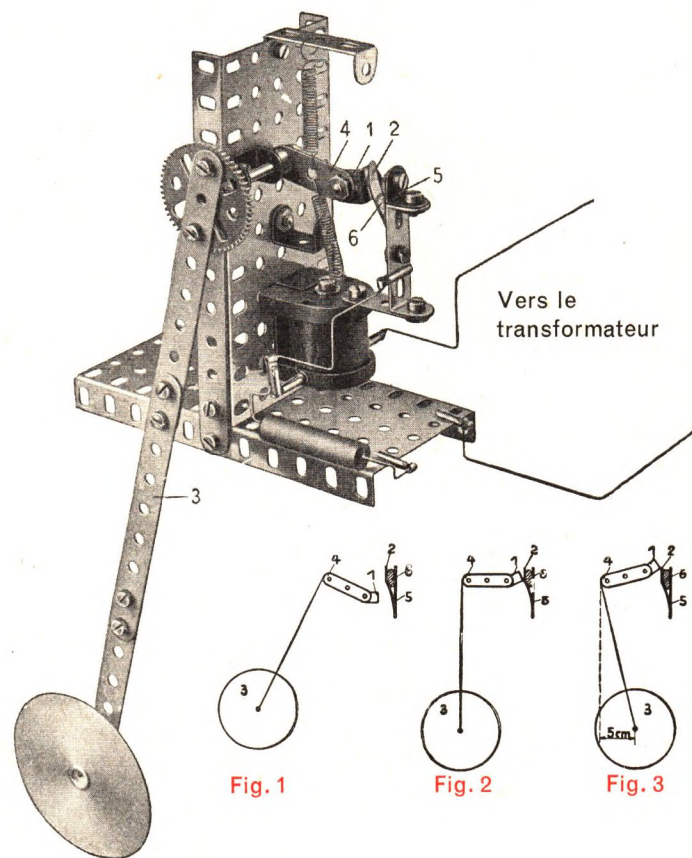
Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:	2 plaques rectangulaires 11321	1 bobine 12109 1 noyau de fer 12115 1 armature 12116 2 ressorts 12122 24 vis 75653 et écrous 75770 1 vis 75655 avec écrou 75770 1 tampon d'ouate 1 transformateur
2 pièces en U 10001	1 clavette 11703	
1 équerre 10002	1 disque en aluminium 12022	
3 bandes 10003	1 condensateur 12025	
3 bandes 10007	1 lame de contact plate 12035	
2 bandes 10009	2 câbles 12065	
2 bandes coudées 10066	1 câble 12100	
1 tringle 10205		
1 roue dentée 10457		

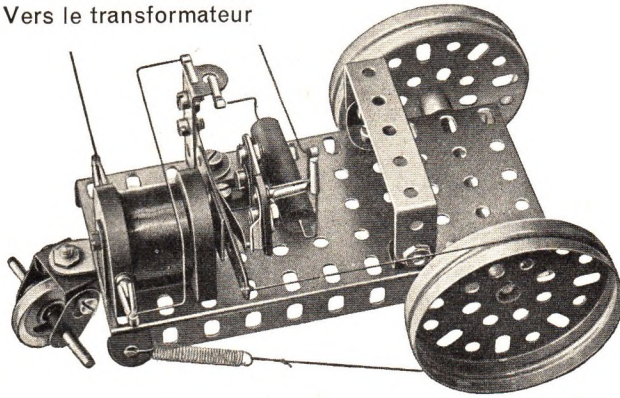
Générateur \approx 17 volts

Construisons l'appareil montré sur la figure en veillant à ce que les différentes positions du pendule correspondent aux positions des contacts montrés sur les figures 1-3. Pour cela il faut que le pendule (3) et la bande (4) soient perpendiculaires entre eux et que l'équerre (1) soit légèrement inclinée par rapport à la bande (4). La bande est maintenue en place par les 2 bagues d'arrêt. La lame de contact (2) doit être courbée de façon à être, à son extrémité à environ 1 cm de l'équerre (5); introduire dans cet espace un petit tampon d'ouate (6). Le contact électrique est fermé lorsque le pendule est en position verticale et reste établi durant toute la déviation à droite du pendule (5 cm d'élongation). La fréquence des oscillations du pendule peut être réduite; il suffit pour cela d'allonger le pendule à l'aide d'une bande 10007 par exemple. Les connexions électriques sont simples; le pendule actionne simplement un interrupteur; la tension nécessaire est de 17 volts environ. Nous brancherons le condensateur en parallèle avec les étincelles pour déparasiter notre pendule.

L'appareil ne doit rester trop longtemps en marche par suite de l'échauffement de la bobine.



Vers le transformateur



Expérience 143

Moteur oscillant

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires :

3 pièces plates 10000	1 clavette 11 702
1 pièce en U 10001	1 condensateur 12025
4 équerres 10002	3 câbles 12065
2 bandes 10003	2 câbles 12100
1 support 10046	1 bobine 12109
1 bande coudée 10066	1 noyau de fer 12115
1 tringle 10205	1 armature 12116
1 tringle 10211	1 ressort 12122
1 poulie 10325	1 contact vibreur 12123
2 plaques rondes 10365 (voir texte)	1 contact 12130
1 bague d'arrêt 11 059	17 vis 75653 et écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	1 vis 75655 avec écrou 75770
	3 piles ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 12 volts

2 plaques 10365, non contenues dans la boîte ELEX sont nécessaires pour la construction de ce modèle; on les prendra dans la boîte de construction MÄRKLIN ou à défaut on pourra se les procurer dans tous les magasins de jouets. L'une de ces plaques tourne librement sur l'axe et est maintenue en place à l'aide d'une bague d'arrêt, l'autre est calée sur l'axe. On réglera la tension du ressort lorsque le modèle est terminé.

Les connexions électriques sont celles du vibreur (expérience 137); l'appareil exige pour un fonctionnement normal une tension de 12 volts environ. Le condensateur élimine partiellement l'étincelle; l'étincelle ainsi réduite est cependant suffisante pour détruire rapidement les contacts; donc pour ménager les contacts, ne pas faire durer l'expérience.

Ce modèle est mis en mouvement de la façon suivante: lorsque l'armature est attirée, la ficelle est tendue et entraîne la roue; le contact vibreur interrompt le circuit, l'armature retombe et le fil détendu est ramené en arrière sous l'action du ressort sans entraver le mouvement de la roue et le même processus se répète. Pour obtenir un bon fonctionnement il est cependant nécessaire de bien régler la tension du ressort.

H. Technique des télécommunications

I. Les relais électromagnétiques

Expérience 144

Quel est le rôle d'un relais ?

Nous avons étudié les forces électromagnétiques lors des expériences des pages 70 et suivantes. On peut utiliser ces forces électromagnétiques, c'est à dire des électro-aimants pour la transmission de signaux optiques ou acoustiques, pour la commande à distance d'interrupteurs et même pour la surveillance automatique de certaines installations. Les appareils électromagnétiques employés dans ces différents cas sont appelés des relais.

Expérience 145

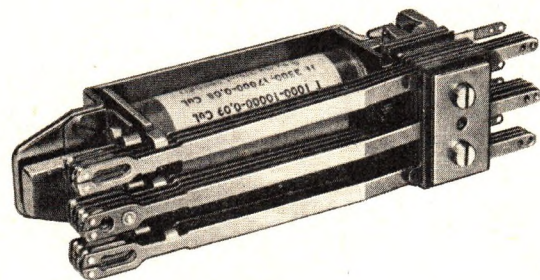
Construction d'un relais simple à volet

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

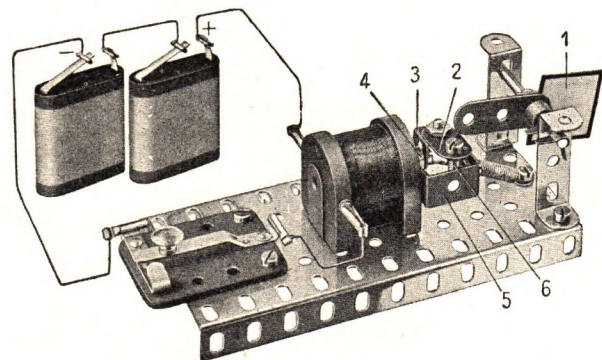
Pièces nécessaires:

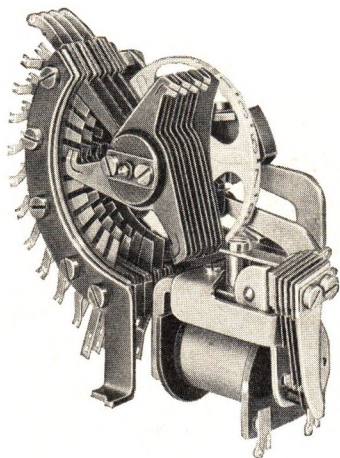
1 pièce plate 10000	1 plaque rectangulaire 11321	1 armature 12116
1 pièce en U 10001	2 clavettes 11702	1 ressort 12122
1 équerre 10002	2 câbles 12065	11 vis 75653 avec écrous 75770
1 bande 10003	2 câbles 12075	1 vis 75655 avec écrou 75770
2 bandes coudées 10066	1 interrupteur 12101	1 disque carton (à découper)
1 tringle 10205	1 bobine 12109	2 piles ou
2 bagues d'arrêt 11059	1 noyau de fer 12115	1 transformateur

Générateur: = ou \sim 8 volts



Des relais de ce type sont employés couramment en téléphonie pour le branchement des différents circuits par des impulsions.





Relais de central téléphonie automatique

Par un dispositif mécanique adéquat, les impulsions du relais sont transformés en impulsions de rotation du relais.

Les grands hôtels, les hôpitaux et autres grands immeubles comportent des installations de sonnerie assez complexes. Dans chaque chambre se trouve un bouton, et tous ces boutons commandent une même sonnerie (appel du personnel par exemple). Une pression sur le bouton actionne un relais à volet mobile: le volet tombe et de la sorte la personne appelée, même si elle n'est pas sur place au moment même où la sonnerie retentit, peut voir au volet tombé où elle doit se rendre; la personne appelée remet le volet en place. Nous allons construire un tel relais, représenté sur la figure. Le volet (1) doit jouer librement. La pièce plate (2) est fixée au noyau (4) à l'aide de l'équerre (3). La pièce plate (2) glisse sur la pièce en U et une vis longue (6) sert de butée. Le ressort ne doit pas être trop tendu; il est relié au noyau à l'aide d'un bout de ficelle.

Pour obtenir un bon fonctionnement de ce relais à volet, il faut l'alimenter pour une tension de 8 volts. Une courte pression sur l'interrupteur fait tomber le volet; sous l'action de cette pression sur le bouton, la bobine du relais est traversée par un courant appelé courant de travail.

Expérience 146

Construction d'un relais à minima

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires :

1 pièce plate 10000

1 pièce en U 10001

2 bandes coudées 10066

1 tringle 10205

1 plaque rectangulaire 11321

2 clavettes 11702

2 clavettes 11703

1 glissière 11712

1 donille 12060

2 câbles 12075

1 interrupteur 12101

1 bobine 12109

1 noyau en fer 12115

1 armature 12116

1 ampoule 14073

4 rondelles 72126

2 rondelles 72134

2 vis 75100 avec écrous 75720

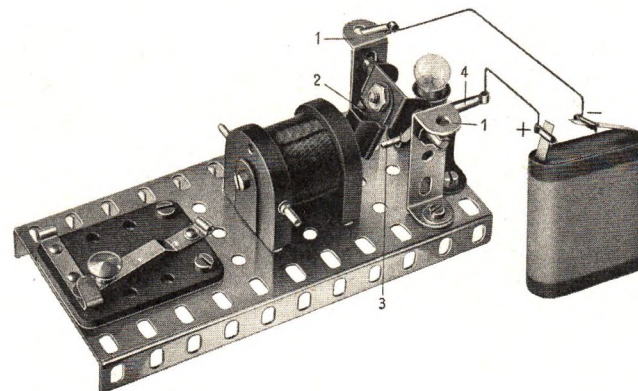
8 vis 75653 avec écrous 75770

1 bande isolante ou papier gommé

1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 4 volts

La figure illustre la construction d'un tel relais. Insistons sur les points suivants: Les 2 bandes coudées 10066 (1) doivent être isolées de la plaque rectangulaire (mécanisme C 5); le volet mobile (2) comporte une pièce en U à laquelle on a fixé une pièce plate munie de la glissière; il convient d'intercaler un morceau de papier entre l'interrupteur et la plaque rectangulaire afin d'éviter des court-circuits éventuels entre les rivets de l'interrupteur et la plaque; pour éviter que le volet ne reste collé contre le noyau de la bobine, nous recouvrons ce dernier de papier collant ou de bande isolante. Lorsque l'appareil est ainsi monté on procède au contrôle des contacts. Lorsque le volet est tombé, la pièce plate doit être en contact électrique avec la borne (3) de l'ampoule. On branche le pôle - de la pile à l'une des bandes coudées (1) et le pôle + à la borne libre de la douille (voir fig.) L'ampoule doit brûler si le volet est tombé. L'expérience suivante nous montrera l'emploi d'un tel relais.



Expérience 147

Exemple d'application du relais à minima

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1 rhéostat (voir expérience 48) sans ampoule et douille

1 relais à minima (voir expérience 146)

2 bandes 10007

3 câbles 12075

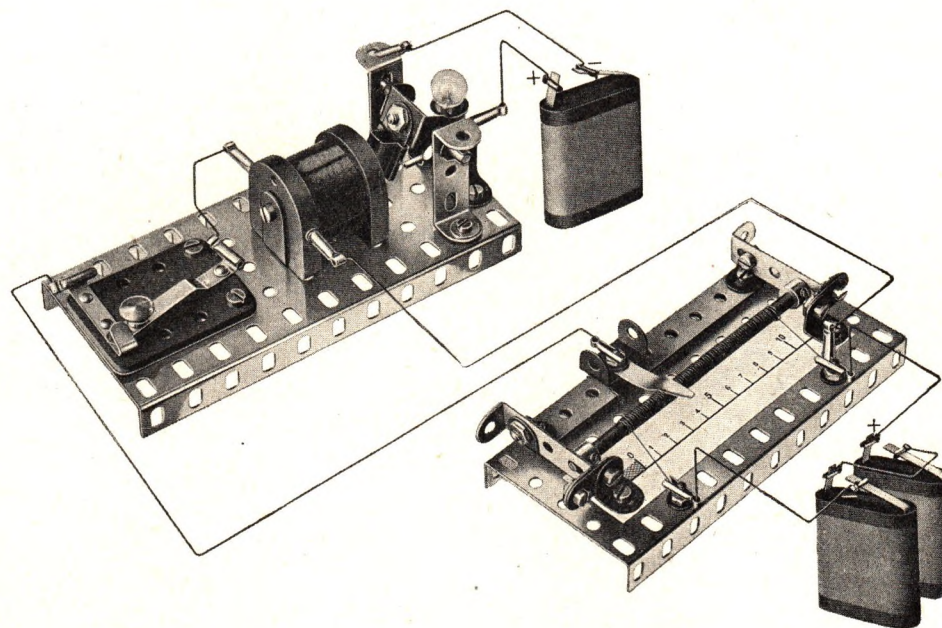
8 vis 75653 et écrous 75770

3 câbles 12065

2 câbles 12100

3 piles ou 1 transformateur

Générateurs: Ampoule: = ou \sim 4 volts, Relais: = ou \sim 8 volts



Réalisons les connexions représentées sur la figure en ayant soin de mettre le curseur sur position 0 (tension maxima); nous montons le volet du relais qui reste accroché au noyau de fer de la bobine; le circuit de l'ampoule est ouvert: l'ampoule ne brûle pas. Réduisons la tension aux bornes de la bobine à l'aide du rhéostat (déplacer le curseur vers 10), le courant d'excitation de la bobine diminue et à partir d'une certaine valeur du courant, le volet tombe, la force d'attraction magnétique n'étant plus suffisante; en tombant, le volet ferme le circuit de l'ampoule qui s'allume.

Ces relais à minima sont employés en pratique chaque fois qu'un certain courant ne doit pas tomber au-dessous d'une certaine valeur; ils actionnent dans ces cas des dispositifs divers, acoustiques ou optiques; ces dispositifs sont des signaux d'alarme.

Expérience 148

Relais à maxima

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

2 pièces plates 10000	1 glissière 11712
1 pièce en U 10001	1 lame de contact
2 équerres 10002	coudée 12036
2 bandes 10007	3 câbles 12065
1 pièce en S 10042	1 bobine 12109
2 bandes coudées 10066	1 noyau de fer 12115
1 tringle 10205	1 armature 12116
1 plaque rectangulaire 11321	2 ressorts 12122
2 clavettes 11702	4 rondelles 72126
	2 rondelles 72134

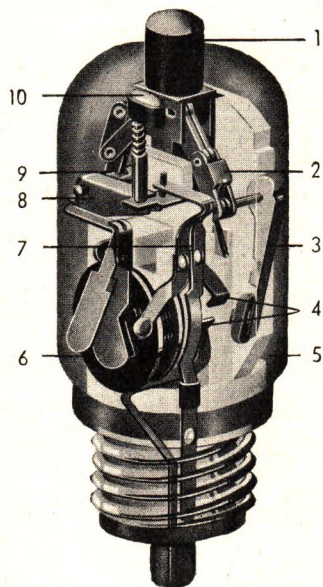
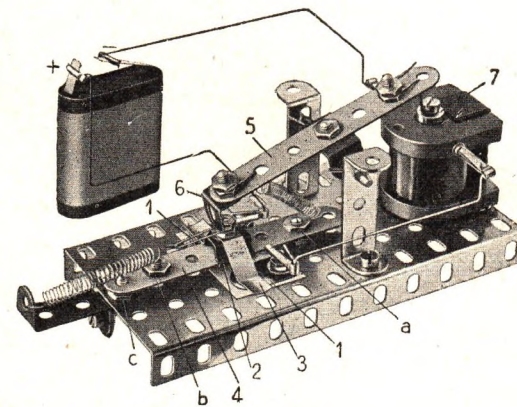
3 vis avec écrous 75101 et 75720, 8 vis 75653 avec écrous 75770, 4 vis 75655 avec écrous 75770, 1 écrou 75720, 1 écrou 75770, 1 carton (4 x 2,5 cm), 1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts

La construction de ce relais exige un certain nombre de précautions et nous renvoyons aux mécanismes des pages 9 et 10. Les contacts (1) (pièces plates) doivent être isolés de la plaque; la glissière (2) doit être isolée de la lame de contact (3) et doit glisser sans frottements sur la bande (4); la bande (4) est fixée à la plaque à l'aide de la vis a; l'espace entre la bande et la plaque est assuré par 2 écrous, fixés sur la vis a entre la plaque et la bande; la vis b sert de butée à la glissière et la vis c

forme pivot pour la bande (4) le ressort à boudin est relié à la lame de contact 3 à l'aide d'un bout de ficelle. Le levier moteur (5) du relais comporte à l'une de ses extrémités une équerre (6) qui retient par l'écrou de fixation, la lame de contact (3); l'autre extrémité de ce levier (5) est fixée au noyau de fer à l'aide d'un bout de ficelle; dans la position armée (figure), le noyau de fer doit émerger de 3 à 4 mm de la bobine. Lorsque le relais est ainsi terminé il faut régler la tension du ressort et vérifier des contacts. Pour cela on réalise le circuit suivant: Pôle - de la pile - bobine - premier contact (1) - lame contact - 2^e contact (1) - pôle + de la pile. Il faut régler la tension du ressort de telle façon que le relais fonctionne s'il est branché à une pile.

La figure ci-contre montre une application pratique de notre expérience.



Disjoncteur automatique pour installation électrique domestique.

1 bouton d'armement - 2 mécanisme d'armement - 3 contact mobile - 4 contacts fixes - 5 chambre à arc - 6 commande magnétique - 7 disjoncteur thermique - 8 et 9 leviers de déclenchement - 10 bouton de déclenchement manuel.

Expérience 149

Application du relais à maxima: relais de surintensité

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

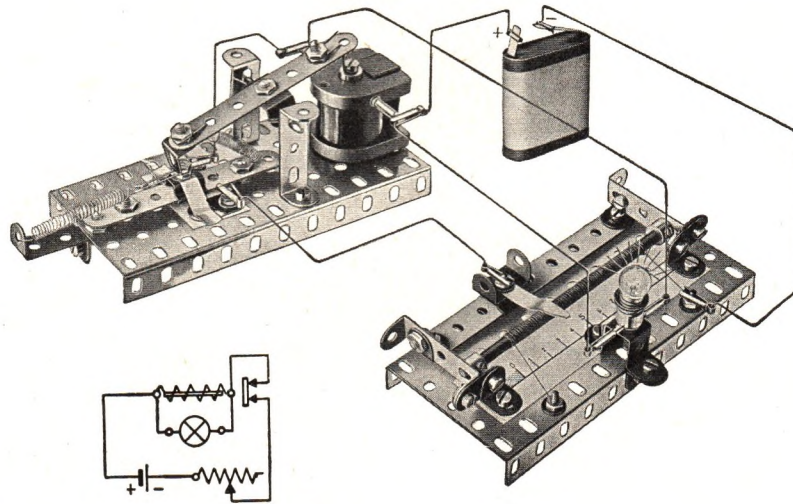
1 rhéostat (expérience 42)

1 relais à maxima (expérience 148)

3 câbles 12065 1 pile ou 1 transformateur

3 câbles 12075

Générateur: = ou \sphericalangle 4 volts



Réalisons le circuit électrique conformément à la figure ou au schéma ci-contre. Branchons le rhéostat en série avec le contact et la bobine du relais; l'ampoule est branchée en parallèle avec la bobine du relais; augmentons progressivement le courant dans le circuit par action sur le curseur du rhéostat jusqu'à ce que le relais coupe le courant. Signalons encore que les contacts doivent être très propres pour que les résistances de contact soient aussi faibles que possible. On trouve de tels relais à maxima dans toutes les installations importantes. Leur but est de protéger le réseau contre les surintensités. A titre d'exemples citons les relais à maxima dans les stations de transformateurs qui isolent automatiquement la ligne haute tension si la foudre tombe sur la ligne et protègent ainsi les transformateurs. Signalons aussi les disjoncteurs qui isolent les parties du réseau à basse tension qui comportent des court-circuits coupant ainsi le courant (voir expérience 128 et fig. page 135).

Expérience 150

Sonnerie électrique

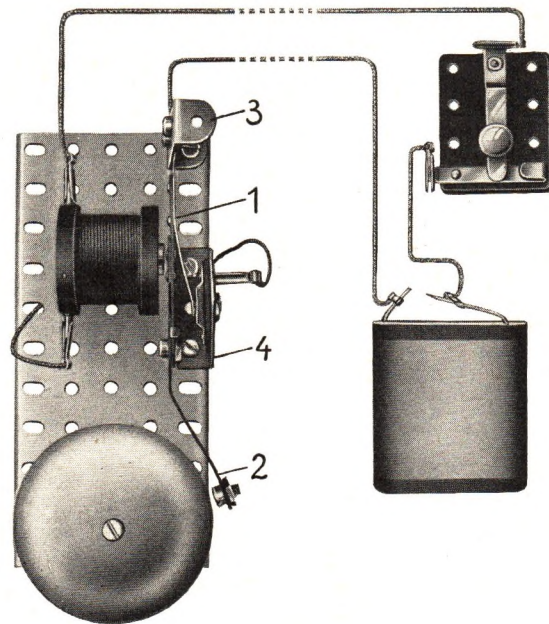
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 pièce en S 10042	1 armature 12116
1 bande coudée 10066	1 contact vibreur 12123
1 plaque rectangulaire 11321	1 contact 12130
2 câbles 12065	1 marteau de sonnerie 12140
2 câbles 12075	1 timbre de sonnerie 14076
1 interrupteur 12101	12 vis 75653 avec écrous 75770
1 support 12108	1 vis 75655 avec écrou 75770
1 bobine 12109	1 pile ou
1 noyau de fer 12115	1 transformateur

Générateur: = ou \sim 4 volts

Construisons le vibreur (expérience 137) et prolongeons l'armature du contact vibreur (1) à l'aide du marteau de sonnerie (2); fixons à l'extrémité libre de ce marteau une vis. Montons le timbre de sonnerie sur la plaque rectangulaire à l'aide de la pièce en S 10042 et nous avons réalisé une sonnerie électrique. Pour obtenir un bon fonctionnement de cette sonnerie il faut régler les contacts; la marge laissée par les trous ovales de la plaque doit suffire à ce réglage. Une pression sur l'interrupteur 12101, et la sonnerie retentit. Nous pouvons aussi anti-parasiter cette sonnerie en procédant comme pour le vibreur (expérience 140). Nous conseillons d'introduire un petit tampon d'ouate entre l'armature et la lame du contact vibreur.



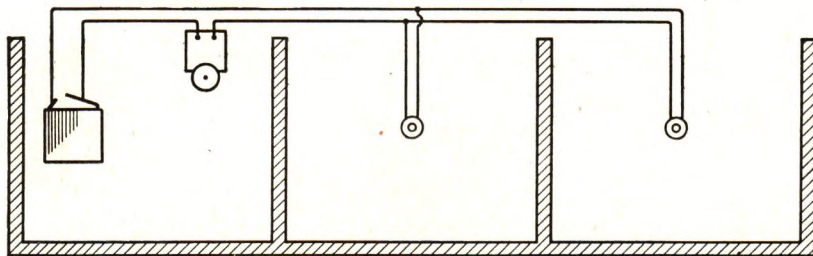


Fig. a

Expérience 151

Comment déclencher une sonnerie à partir de plusieurs pièces ?

Le schéma de la figure a montre une installation de sonnerie d'appartement. Dans les différentes pièces se trouvent des boutons poussoirs, absolument analogues à notre interrupteur. La fig. b montre la coupe d'un tel bouton poussoir. Si l'on presse sur l'un quelconque des boutons, le circuit de la sonnerie est fermé et la sonnerie retentit.

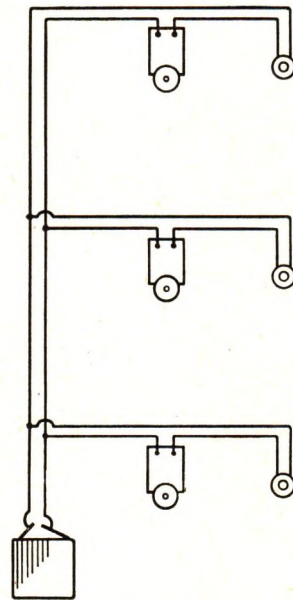


Fig. b

Expérience 152

Installation de sonnerie dans un immeuble à plusieurs appartements

Nous considérerons ici le cas simple où les boutons de sonnerie se trouvent devant la porte de chaque appartement. Le générateur est généralement un transformateur de sonnerie ou une pile puissante; il est logé au rez-de-chaussée. Une ligne principale amène le courant à chaque appartement; le circuit électrique de chaque appartement comporte un bouton poussoir et une sonnerie. Le fonctionnement de l'installation est facile à comprendre à l'aide du schéma ci-contre.



Expérience 153

Sonnerie d'alarme

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

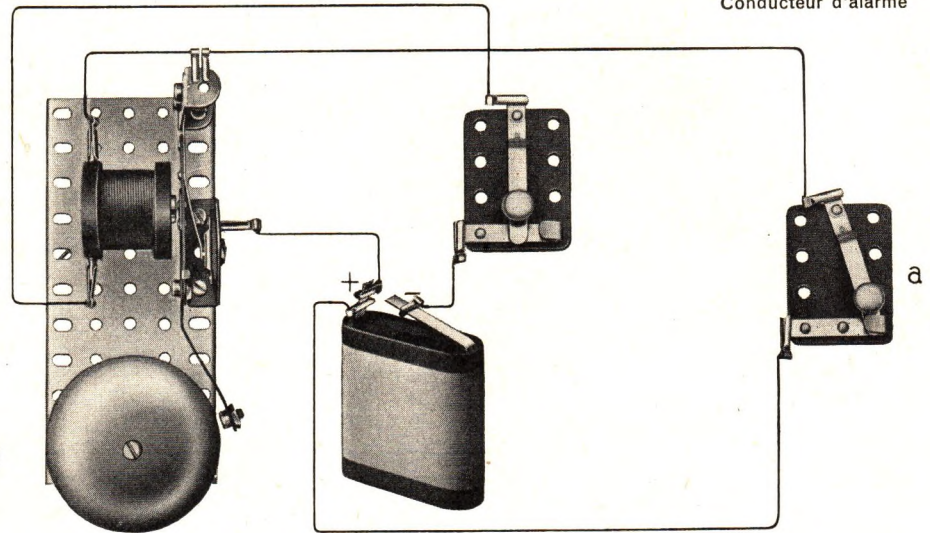
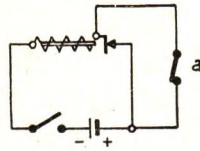
1 sonnerie (expérience 150)

2 câbles 12065

1 câble 12075

1 interrupteur 12101

Générateur: = ou ∞ 4 volts



Réalisons le circuit électrique conformément au schéma ci-dessus. Si les 2 interrupteurs sont fermés, le courant traverse la bobine de la sonnerie, mais le contact vibreur est court-circuité par l'interrupteur a. La sonnerie ne retentit pas. Ouvrons l'interrupteur a: le courant passe maintenant à travers le contact vibreur et la sonnerie retentit. En pratique l'interrupteur a est remplacé par un conducteur très fragile disposé dans l'enceinte à protéger. Si ce conducteur est rompu, la sonnerie retentit et l'alarme est donnée.

Cette expérience ne doit pas durer trop longtemps si l'on veut ménager la pile.

II. Télégraphie par fil

Expérience 154 Alphabet Morse

La transmission des messages à distance est l'une des grandes applications de l'électricité. On se sert pour cette télégraphie d'un alphabet spécial, appelé alphabet Morse. Les lettres sont remplacées par des suites de points et de traits.

Exemple de message:

La station 1 appelle
la station 2: .- -... -.-. -.-
 a b c k

La station 2 répond: -.. . ..- -.-
 a e i k

La station 1 envoie
le message: -.-.- .-.-.- .-.-.- ..-.-
 ka 1 2 3
 0 6 8

l a b o i t e e l e x e s t u n

j o u e t p a s s i o n n a n t

i n s t r u c t i f c e s t l e

m o y e n d e n s e i g n e m e n t

i d e a l fin de message

La station 2 accuse -...- -.- ..-.-

réception du message: compris 1 2 3
 0 6 8 Fin de trafic

Alphabet Morse			
a	.-	1	-----
b	....	2	-----
c	....	3	-----
d	...	4	-----
e	.	5	-----
f	....	6	-----
g	---	7	-----
h	....	8	-----
i	..	9	-----
j	-----	0	-----
k	---		
l	....	.	-----
m	--	,	-----
n	---	:	-----
o	---	?	-----
p	....	
q	---		
r	---		
s	...		
t	-		
u	...		
v	....	
w	---		
x	---		
y	---		
z	....	
ch	----		
ä	---		
ö	----		
ü	-----		
é	.....	

Appel (suivi de la désignation du poste appelé)	-----
Début de message	-----
Message urgent (placé devant le signe «Début de message»)	-----
Erreur	.....
Compris	---
Fin de message (si un autre message suit)	-----
Fin de message et fin de trafic télégraphique	-----

Expérience 155

Télégraphe Morse

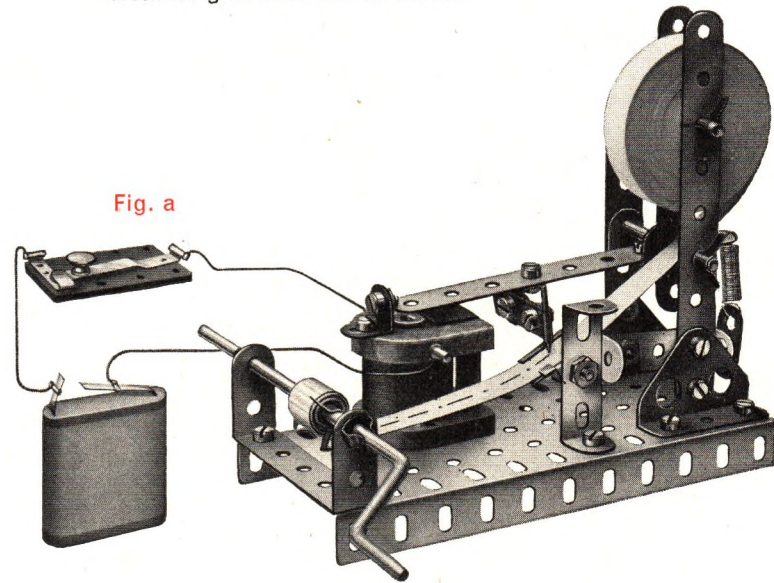
Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires :

1 pièce plate 10000	2 câbles 12100
1 pièce en U 10001	1 interrupteur 12101
2 équerres 10002	2 supports 12108
2 bandes 10007	1 bobine 12109
2 bandes 10009	1 noyau de fer 12115
1 support 10046	1 armature 12116
2 bandes coudées 10066	1 porte-mines 12117
1 manivelle 10200	1 guide-papier 12120
2 tringles 10205	1 ressort 12122
1 plaque rectangulaire 11321	1 rouleau de papier 14075
4 clavettes 11702	20 vis 70653 et écrous 75770
4 clavettes 11703	2 vis 75655 avec écrous 75770
1 câble 12065	1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou ∞ 4 volts

L'appareil de télégraphie le plus connu et le plus répandu est le télégraphe morse, qui comporte un poste récepteur et un poste émetteur. Le poste émetteur se réduit simplement à un interrupteur (manipulateur) et à la pile; la partie réception comporte la bobine avec son armature, le dispositif d'inscription et la bande de papier. Les 2 parties peuvent être montées à 1 mètre de distance grâce aux câbles 12100.



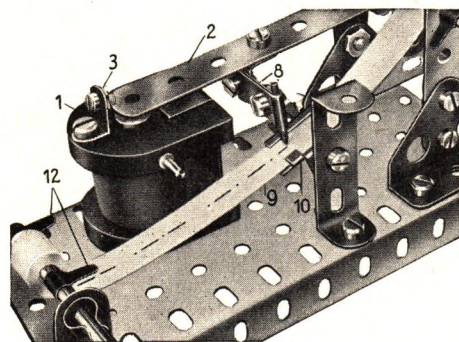


Fig. b

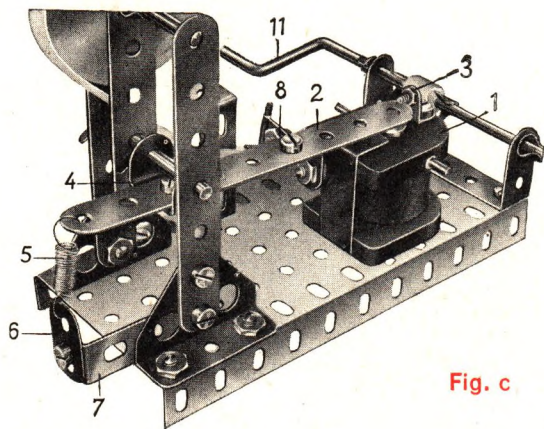
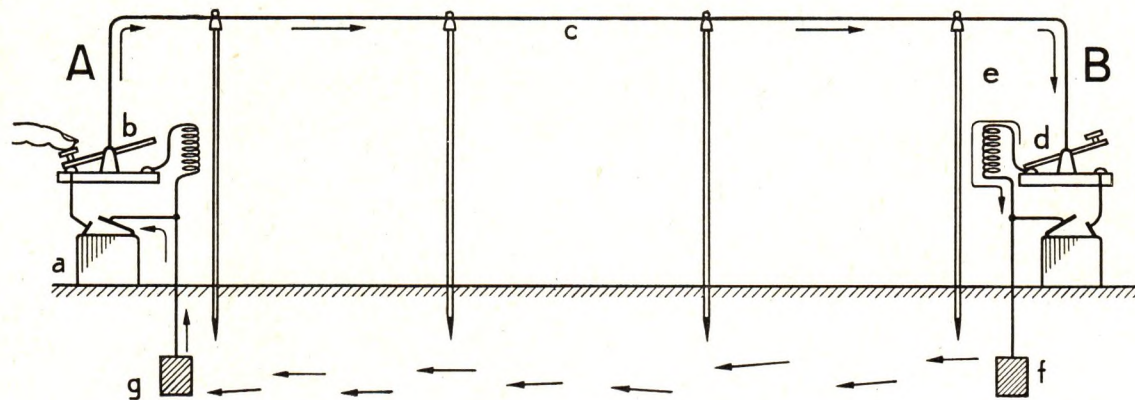


Fig. c

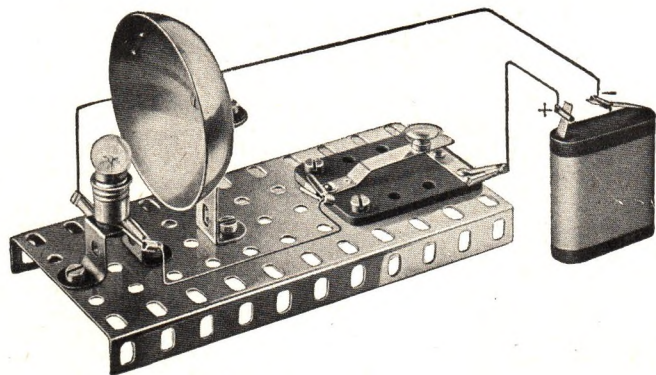
Fixer la bobine (1) sur la plaque comme le montre la figure. Monter, en face de la bobine le levier mobile (bande 10007) (2). L'équerre (3) avec la vis sert de butée pour limiter la course du levier (2); cette butée ne doit pas entraver le mouvement du levier; ce levier est fixé à la pièce en U (4) et maintenu en position haut par l'action du ressort (5); le ressort est fixé à la bande coudée (7) par l'intermédiaire de la pièce plate (6); le trou allongé de la pièce plate permet le réglage de la tension du ressort. Le porte-mines (8) est fixé au levier (2) par l'intermédiaire d'une équerre. Si la bobine est traversée par un courant, le levier est attiré et la mine du porte-mines est appliquée contre le papier, laissant ainsi une trace sur le papier; le guide papier est disposé de telle façon que lorsque le levier est attiré, la mine appuie fortement contre le papier; si la bobine n'est traversée par aucun courant, la mine est montée sous l'effet du ressort. Entraînons la bande de papier lentement et régulièrement au moyen de la manivelle (11); les traces laissées par le crayon sur le papier seront d'autant plus longues que le courant traversera longtemps la bobine; on pourra ainsi avoir des points ou des traits. Remarquons encore que la bande de papier (9) est fixée à la manivelle 10200 (11) à l'aide de 2 clavettes (12). Dans les télégraphes réels, l'enroulement du papier est automatique.



Expérience 156

Schéma d'une ligne
télégraphique

La découverte du télégraphe Morse ne résolvait pas tous les problèmes; en particulier il fallait trouver une solution économique pour le branchement des 2 stations. La figure schématique illustre la solution adoptée; la ligne ne comprend qu'un seul conducteur et permet la transmission de messages dans les 2 sens. L'interrupteur ordinaire est remplacé par un interrupteur spécial, appelé manipulateur morse (voir expérience 159). Le figure ci-dessus montre les 2 stations A et B. Chaque poste comprend un manipulateur morse, une batterie et le récepteur avec la bobine. Si la station A émet un message, le manipulateur de la station B est au repos. Le circuit électrique comprend la pile a le manipulateur b la ligne c le manipulateur d et le récepteur e de la station B. Le retour du courant est assuré par les plaques g et f profondément enterrées; l'expérience a montré en effet que le sol était assez conducteur pour assurer le retour du courant, même sur de très grandes distances. – Si la station B télégraphie, le manipulateur de la station A est au repos et nous avons le même circuit électrique, les stations A et B étant interverties.



Expérience 157

Télégraphe à signaux lumineux

Réalisable avec les boîtes ELEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires:

1 équerre 10002	1 interrupteur 12101
1 bande coudée 10066	1 ampoule 14073
1 plaque rectangulaire 11321	1 timbre de sonnerie 14076
1 douille 12060	7 vis 75653 et écrous 75770
1 câble 12065	1 feuille d'aluminium
2 câbles 12100	1 pile ou 1 transformateur

Générateur: = ou \sim 4 volts

Ce télégraphe à signaux lumineux est un appareil qui permet la transmission de messages sans l'intermédiaire de fil conducteur. On envoie des signaux lumineux dans la direction de la station réceptrice; les signaux sont perçus à la station réceptrice. La construction de l'appareil est clairement illustrée par la figure. Pour obtenir des signaux lumineux plus intenses, nous conseillons de revêtir le timbre d'une feuille d'aluminium.

Expérience 158

Construction de 2 stations télégraphiques à réception et transmission simultanées

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1. station (réception optique)

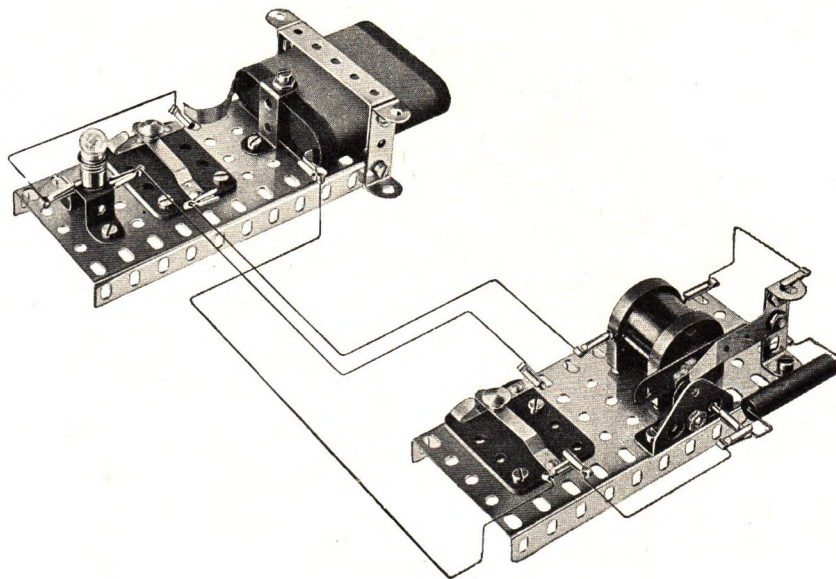
1 pièce en S 10042	1 interrupteur 12101
1 support 10046	1 ampoule 14073
2 bandes coudées 10066	9 vis 75653 et écrous 75770
1 plaque rectangulaire 11321	1 vis 75655 avec écrou 75770
1 condensateur 12025	1 écrou 75770
1 douille 12060	1 pile
1 câble 12065	

2. station (réception acoustique)

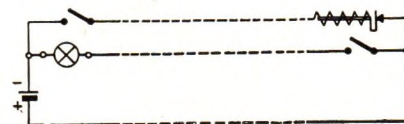
1 vibreur (expérience 137)
2 câbles 12065
1 interrupteur 12101
2 vis 75653 et écrous 75770

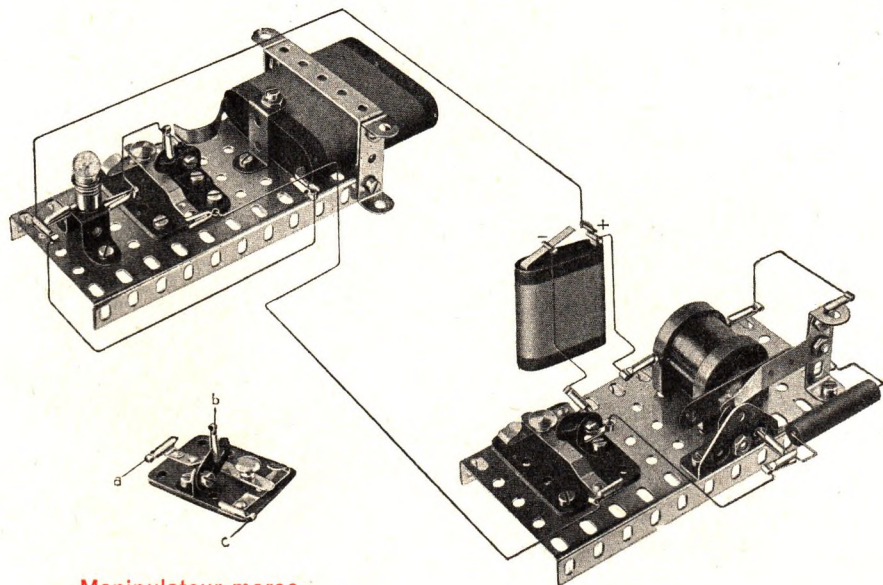
Ligne

3 câbles 12075
2 câbles 12100
ou bien environ 20 m fil électrique pour sonnerie

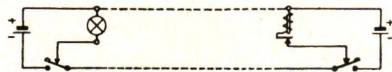


Nous conseillons de séparer les 2 stations; pour cela on utilisera du fil conducteur pour sonnerie pour l'installation de la ligne. La schéma ci-contre montre les branchements à faire. Des messages peuvent être transmis par poussées sur les interrupteurs; à un point correspondra un signe court, à un trait correspondra une pression longue. Ce schéma permet les transmissions et émissions simultanées à partir des 2 stations. La ligne comporte 3 câbles. De telles installations permettent d'appeler des personnes, qui se trouvent par exemple dans un autre étage; lorsque la personne en question a perçu le signal, elle peut immédiatement le faire savoir par un signal de retour. L'un des trois fils pourrait être remplacé par la terre; en pratique cependant le retour par la terre n'est pas utilisé dans ce cas.





Manipulateur morse



L'expérience 156 nous a expliqué le fonctionnement d'un manipulateur morse. Pour le montage de cette expérience nous avons besoin de tels manipulateurs. Nous allons les construire nous-mêmes à l'aide de nos interrupteurs. Nous fixons à nos interrupteurs une équerre et une pièce plate conformément à la figure ci-contre; la pièce plate constitue le 2^e contact et par réglage convenable de la pièce plate la languette du manipulateur sera en contact avec l'une ou l'autre des bornes de notre manipulateur. Le courant qui arrive en a peut ainsi être branché soit vers b soit vers c. Le contact auxiliaire ainsi monté sur notre interrupteur doit être isolé de la plaque rectangulaire. Comme précédemment nous conseillons de monter les 2 stations à une certaine distance l'une de l'autre. Cette installation ne permet plus la réception et émission simultanée; nous ne pouvons avoir qu'un trafic alterné. La ligne comprend ici 2 fils conducteurs; par contre chaque station sera alimentée par une pile.

Expérience 159

Ligne télégraphique à trafic alterné

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires: Mêmes appareils que précédemment (expérience 158) et en plus:

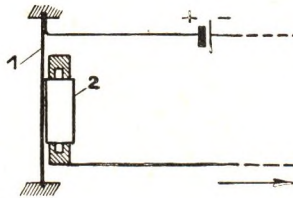
2 pièces plates 10000	2 vis 75101 avec écrous 75720
2 équerres 10002	2 vis 75653 et écrous 75770
2 rondelles 72126	1 pile

Générateur (à chaque station): = ou \sphericalangle 4 volts

III. Téléphonie par fil

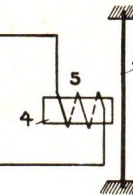
Expérience 160

Microphone



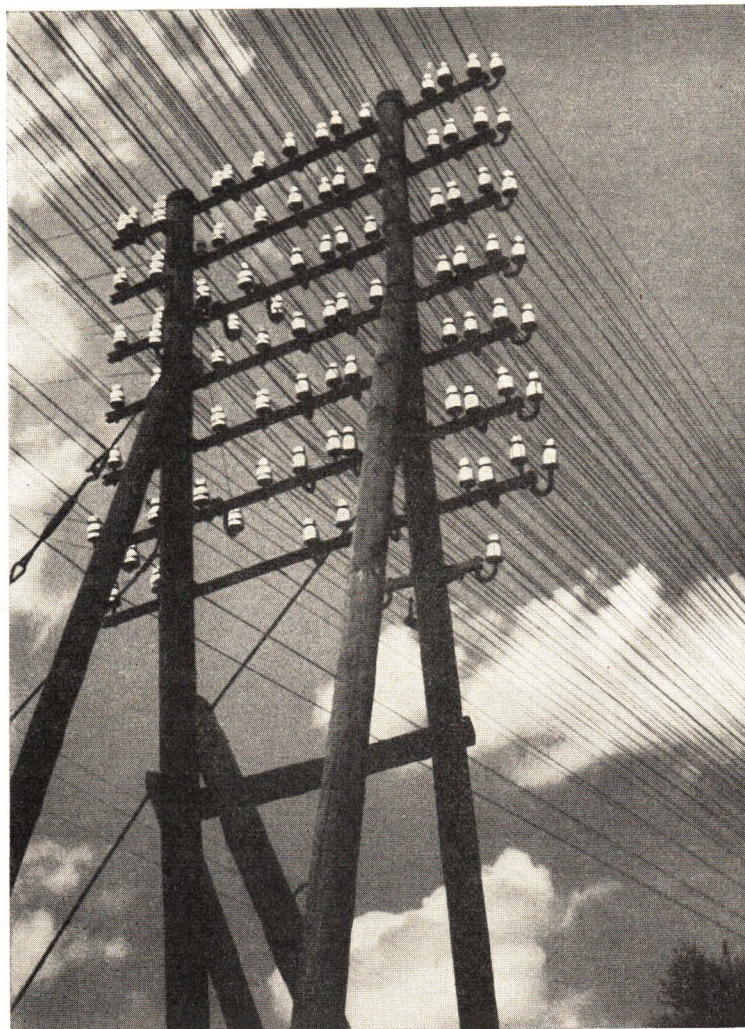
Expérience 161

Récepteur téléphonique



La téléphonie par fil, c'est à dire la transmission de la voix, est tout aussi importante que la télégraphie. Les ondes acoustiques sont reçues à la station émettrice par le microphone et transmises par le fil à la station réceptrice (écouteur). Considérons une membrane en charbon et derrière cette membrane des morceaux (cylindres) de charbon qui touchent la membrane. Formons un circuit électrique comprenant une pile, la membrane de charbon et les cylindres de charbons, la ligne et l'écouteur. Sous l'effet des ondes acoustiques, la résistance entre la membrane de charbon et les cylindres de charbon varie; il en résulte que l'intensité du courant varie dans le circuit considéré. Au lieu de cylindres on utilise généralement des grains de charbon.

L'écouteur (récepteur téléphonique) comprend essentiellement une membrane en acier (3) attirée par un aimant permanent (4). Sur cet aimant permanent on a disposé un enroulement (5) traversé par le courant variable émis par le microphone; sous l'action des variations d'intensité de ce courant, la membrane se met à vibrer. On perçoit ces vibrations qui correspondent exactement aux sons prononcés devant le microphone.



Expérience 162

Construction d'une installation téléphonique simple

Réalisable avec les boîtes E LEX 1052 ou 1053

Pièces nécessaires :

- 1 bande 10009
- 1 bande coudée 10066
- 1 câble 12065
- 2 câbles 12100
- 1 bobine 12109
- 1 noyau de fer 12115
- 1 armature 12116
- 5 vis 75653 et écrous 75770
- 3 tiges de charbon
(électrodes retirées d'une pile épuisée)
- 1 pile

Générateur: = 4 volts

La station émettrice (fig. a) comporte une pile et les 3 tiges de charbon que nous avons récupérées d'une pile épuisée. La figure montre la disposition de ces 3 tiges de charbon qui constituent notre microphone simple. Sous l'effet de

la parole, la résistance de cet ensemble varie fortement; pour élever le rendement, nous placerons ces 3 tiges sur une caisse de résonance, par exemple sur le couvercle de notre boîte ELEX, côté image. La figure b montre l'écouteur. La bobine, munie de son noyau et de son armature est vissée sur une bande coudée 10066. Fixons

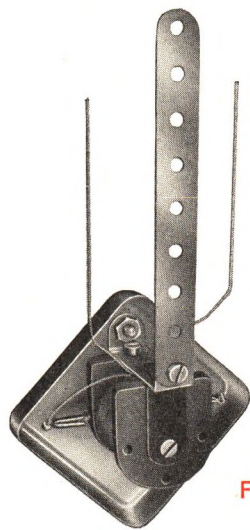


Fig. b

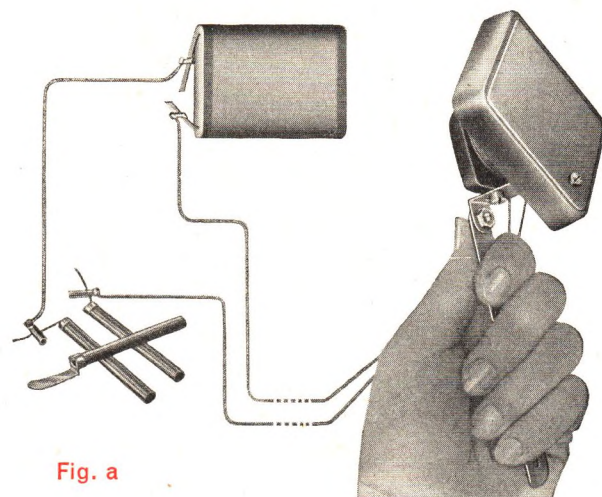
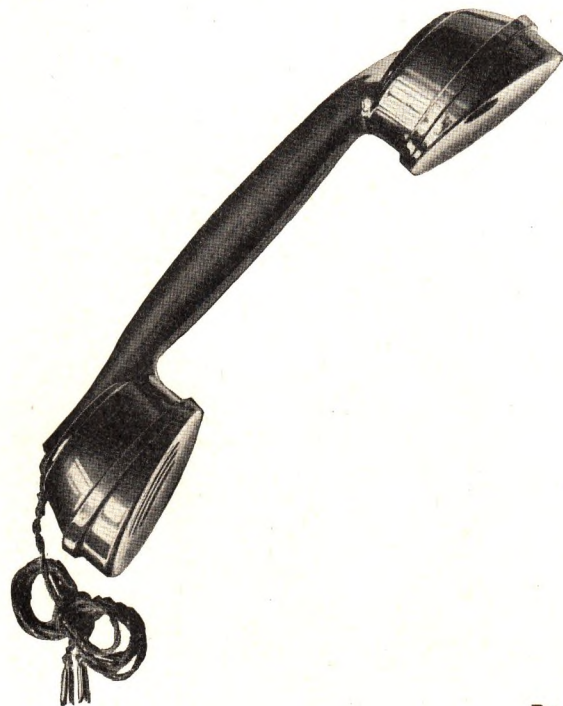


Fig. a

à cette bande coudée d'une part le couvercle de la boîte à vis et d'autre part une bande 10009. Branchons maintenant l'écouteur à notre émetteur. Si nous le portons à notre oreille, nous percevons des bruits produits au microphone; il est possible de transmettre le tic-tac d'un réveil placé sur la boîte. Il se peut, dans des conditions vraiment favorables que la parole soit transmise, quoique déformée. Le courant plus ou moins intense suivant la valeur de la résistance du microphone produit des vibrations du couvercle, vibrations qui correspondent aux sons émis.

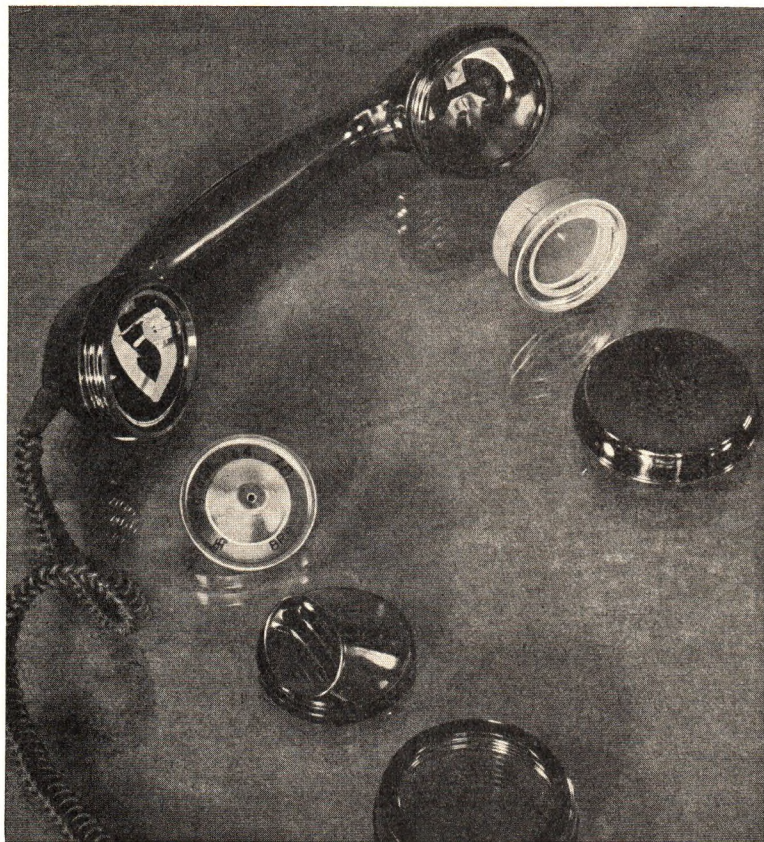
Expérience 163

Téléphone



Nous venons de comprendre le principe de la téléphonie. Les écouteurs compris dans la boîte ELEX 1053 ou 1062 comportent un microphone et un téléphone chacun; le microphone et l'écouteur sont cependant beaucoup plus sensibles que ceux que nous venons de construire pendant l'expérience 162. Les aimants permanents ne doivent pas être soumis à des courants contraires, sinon ils perdraient leur magnétisme; il faut donc veiller lors de chaque branchement, à la polarité. Pour cette raison les fils de branchement des appareils ont des couleurs différentes: le fil brun/blanc doit être branché au pôle + et le fil brun au pôle — de la pile. Les écouteurs ne doivent jamais être branchés au courant alternatif. La membrane en charbon est très dure, donc très cassante. Il faut donc éviter les chocs qui pourraient entraîner la cassure de la membrane; d'autre part on ne doit jamais ouvrir les capsules de protection. Le montage intérieur est conforme à ce que nous venons de voir lors des expériences 160—162.

Remarque. Tenez l'écouteur comme le montre la figure pour obtenir que les grains de charbon soient en contact avec la membrane (voir expérience 160).



Appareil téléphonique de table

Ecouteur téléphonique ouvert montrant les différentes parties



Expérience 164 Installation téléphonique simple

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

Poste 1

2 équerres 10002

2 bandes 10007

2 bandes coudées 10066

1 plaque rectangulaire

11321

2 glissières 11712

1 écouteur téléphonique
12000

1 interrupteur 12101

8 vis 75653 et écrous 75770

1 pile

Poste 2

2 équerres 10002

2 bandes 10007

2 bandes coudées 10066

1 plaque rectangulaire

11321

2 glissières 11712

1 écouteur téléphonique
12000

6 vis 75653 et écrous

75770

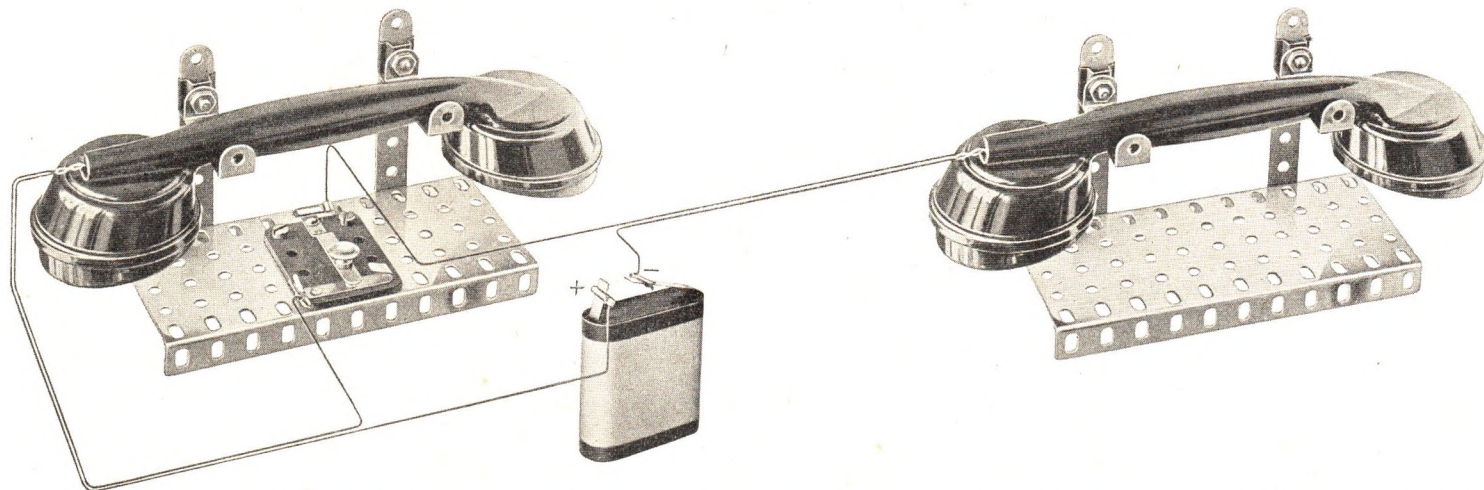
Ligne:

2 câbles 12075

2 câbles 12100

ou bien 20 mètres
environ fil sonnerie.

Générateur: = 4 volts



La construction des supports pour les écouteurs est très simple. Les reposeirs pour les écouteurs sont constitués par des bandes coudées 10066 fixées à des glissières; l'ensemble repose sur des équerres vissées aux bandes 10007. Le branchement électrique est très simple: le circuit comprend les 2 écouteurs en série avec un interrupteur et une pile. Dès que l'interrupteur ferme le circuit, la conversation peut commencer; si la distance des 2 postes est grande, il convient de brancher une 2^e pile en série dans le circuit.

Expérience 165

Installation téléphonique avec appel à partir d'un poste

a) Construction du poste d'appel

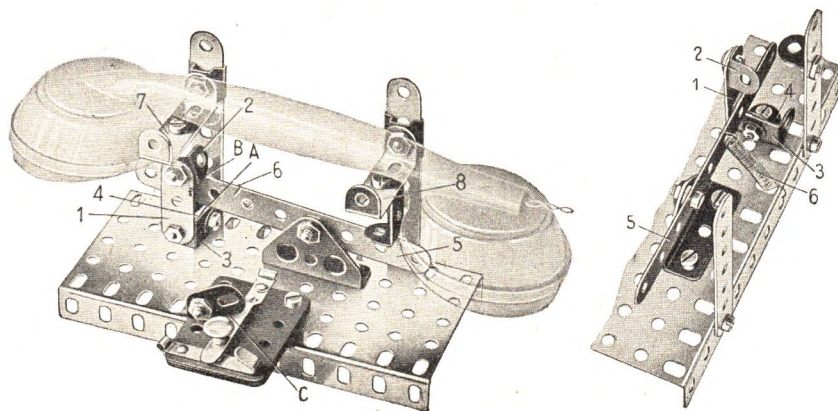
Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1 pièce plate 10000	1 interrupteur 12101
2 pièces en U 10001	1 support 12108
4 équerres 10002	1 ressort 12122
1 bande 10003	4 rondelles 72126
2 bandes 10007	1 rondelle 72134
1 bande 10009	2 vis 75100
2 bandes coudées 10066	avec écrous 75720
1 plaque rectangulaire 11321	14 vis 75653 et écrous 75770
2 glissières 11712	1 vis 75655
1 rondelle 11727	avec écrou 75770
1 écouteur 12000	1 écrou 75770

Pour le contrôle électrique: 1 douille 12060, 3 câbles 12075, 1 ampoule 14073, 1 pile. Générateur: = 4 volts

Dans ce poste, le support destiné à recevoir l'écouteur est un commutateur automatique. Vissons le manipulateur morse sur la plaque rectangulaire; dans ce cas cependant le contact auxiliaire C doit être en contact électrique avec la plaque rectangulaire. Les rivets de l'interrupteur doivent être isolés par contre (intercaler un petit morceau de carton). Passons maintenant à la construction du commutateur. Une équerre 10002 (2) est vissée à l'une des extrémités d'une bande 10003 (1); à l'autre extrémité de cette bande (1) on fixe, en l'isolant, une pièce en U (3) qui porte elle-même une autre équerre 10002 (4), elle aussi isolée (mécanisme C 5). L'ensemble est ensuite monté sur la plaque rectangulaire (voir figure). Pour le montage du levier de contact (5), voir le mécanisme A 2. Sous l'action du ressort (6), le levier (5) est appliqué contre la pièce en U (3); il doit y avoir contact entre ces 2 pièces (A). Si l'on baisse le levier, il entre en contact avec l'équerre (2) (contact B). Le levier est lui-même en contact électrique avec la plaque.



Vu de devant

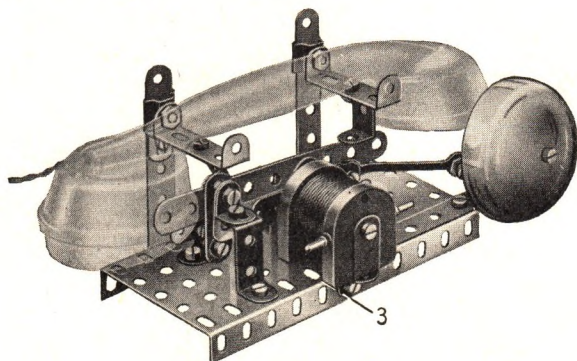
Commutateur automatique

Le poste récepteur est formé d'une part de la bande coudée (7) fixée rigidement à la bande 10007 et d'autre part de la bande coudée (8) qui peut glisser (ouvrir légèrement la glissière) le long de la bande 10007. Si l'écouteur est posé sur son support, le contact B doit être fermé; si nous retirons l'écouteur, le contact A doit être fermé.

Vérification des contacts (mécanisme C 6)

Contact entre A et C: reions la fiche a du mécanisme C 6 avec la pièce en U (3) et la fiche b du mécanisme C 6 avec la pièce du plate du manipulateur (contact C). Si les contacts sont corrects, l'ampoule doit briller. Contact entre B et C: reions maintenant la fiche a (C 6) à l'équerre 10002 (2) et la fiche b avec la pièce plate du manipulateur morse. L'ampoule doit brûler dès que l'écouteur est posé sur le support. Il est très important que ces contacts soient très bien assurés.

b) Poste appelé



Vu de devant

Pièces nécessaires:	1 armature 12116
1 pièce plate 10000	1 ressort 12122
2 pièces en U 10001	1 lame vibreur
6 équerres 10002	avec armature 12123
1 bande 10003	1 contact 12130
2 bandes 10007	1 marteau de sonnerie
1 bande 10009	12140
1 pièce en S 10042	1 timbre de sonnerie
1 support 10046	14076
2 bandes coudées 10066	6 rondelles 72126
1 plaque rectangulaire	3 rondelles 72134
11321	3 vis 75100
2 glissières 11712	avec écrous 75720
1 écouteur 12000	24 vis 75653
1 support 12108	avec écrous 75770
1 bobine 12109	2 vis 75655
1 noyau de fer 12115	avec écrous 75770

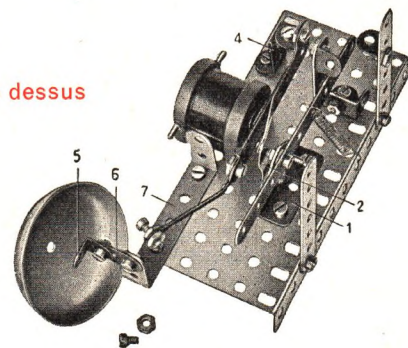
Pour le contrôle des contacts: 1 douille 12060
3 câbles 12075

1 ampoule 14073
1 pile

Générateur: = 4 volts

Le commutateur et le support de l'écouteur sont identiques à ceux de poste d'appel (voir 165a). Le dispositif d'appel est constitué par une sonnerie électrique. Nous montons le contact 12130 (1) sur le support 12108 (2). La bobine avec son noyau et son armature repose sur une équerre (3) vissée à la plaque rectangulaire. Le marteau de sonnerie est fixé à la pièce en S (4) qui est isolée de la plaque rectangulaire. Le timbre de la sonnerie est fixé au support 10046 par l'intermédiaire d'une pièce plate (6) et d'une équerre (5). Le réglage de la sonnerie peut se faire par déplacement de la pièce en S dans le trou allongé de la plaque et par déplacement de la bobine dans le trou de l'équerre (3). Pour vérifier le bon fonctionnement de la sonnerie, reportez-vous à l'expérience 150.

Vue de dessus



Contrôle des contacts (mécanisme C 6)

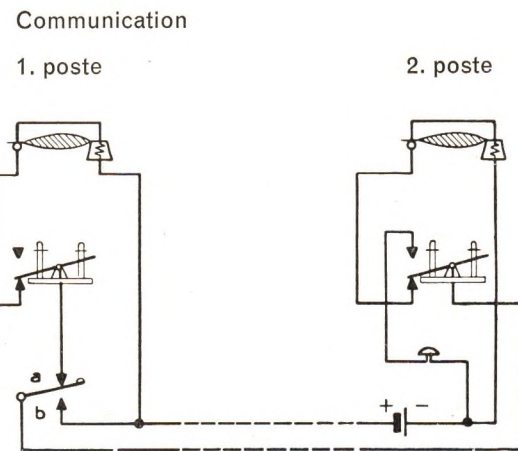
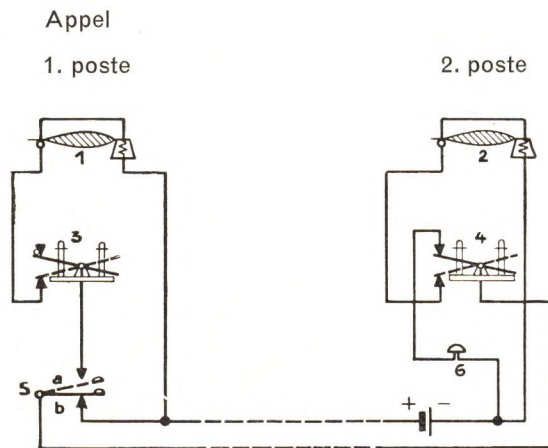
Pour faire ce contrôle, brancher l'une des fiches à la plaque rectangulaire et l'autre soit à l'équerre 10002 soit à la pièce en U 10001 (voir 165a). Les contacts doivent fonctionner parfaitement si l'on veut obtenir un bon fonctionnement du téléphone.

Pour terminer nous pouvons encore brancher notre condensateur en parallèle avec le contact vibreur de la sonnerie pour avoir un appareil antiparasité.

c) Schéma de branchement

Avant de procéder au câblage, nous allons étudier le fonctionnement de l'ensemble; nous distinguerons entre appel et communication téléphonique.

- 1 écouteur
- 2 écouteur
- 3 commutateur
- 4 commutateur
- 5 Manipulateur morse
- 6 Sonnerie



Repos :

Les 2 écouteurs (1) et (2) sont posés sur leur support; les contacts supérieurs des commutateurs (3) et (4) sont fermés. Le manipulateur (5) ferme le contact a et le contact b est ouvert. C'est la position de repos; aucun courant électrique ne peut circuler car le circuit est ouvert.

Appel :

Pressons sur le bouton du manipulateur (5); le contact a est ouvert et le contact b est fermé. Un circuit comprenant le pôle + de la pile – la ligne – le contact b du manipulateur morse – la ligne – le commutateur (4) – la sonnerie (6) et le pôle – de la pile est fermé. La sonnerie (6) retentit. Nous avons l'appel; nous voyons que les écouteurs doivent être posés sur leur support pour que l'appel puisse avoir lieu.

Communication :

Si les 2 écouteurs sont enlevés et le commutateur en position de repos (contact a fermé), la communication téléphonique peut commencer. Le schéma ci-dessus montre le circuit électrique dans ce cas.

d) Fonctionnement de la ligne téléphonique

Pièces nécessaires:

Poste d'appel

Appareil suivant description 165a

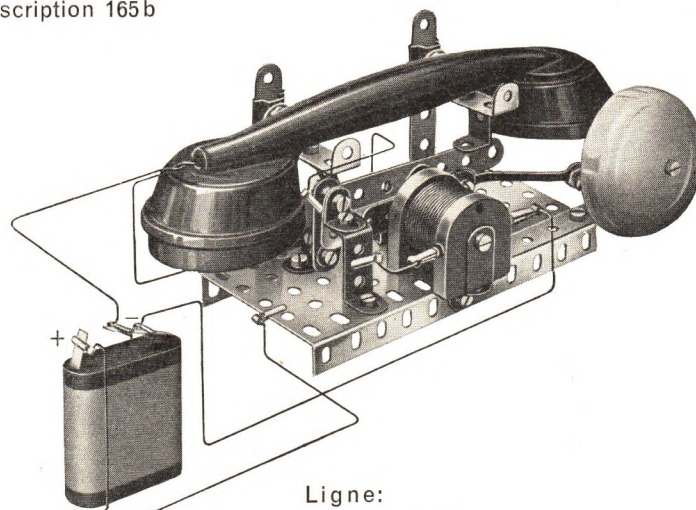
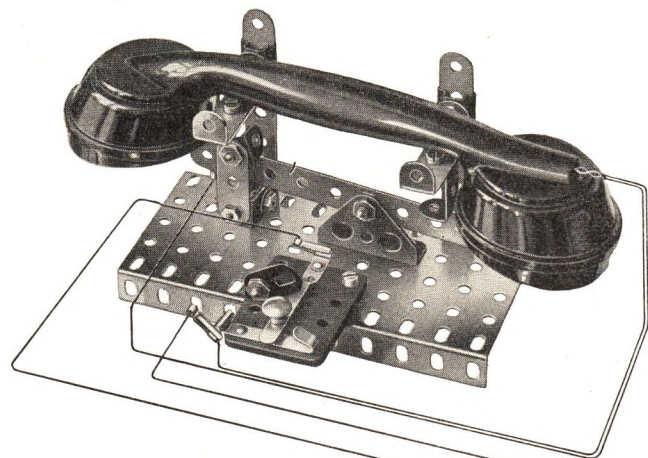
Poste appelé

Appareil suivant description 165b

2 câbles 12065

1 câbles 12075

1 pile



Ligne:

2 câbles 12075

2 câbles 12100

ou mieux env. 20 m. fil de sonnerie

Générateur: = 4 volts

Nous conseillons aussi pour cette installation de séparer les 2 postes par une ligne longue. Les schémas de la page précédente nous ont permis de comprendre le fonctionnement de l'ensemble. Nous insisterons cependant encore une fois que si la ligne doit bien marcher, les contacts électriques doivent être parfaits. Respectez aussi la polarité lorsque vous branchez les écouteurs. Portez votre attention surtout au contact auxiliaire du manipulateur; pendant la conversation, la languette de contact doit assurer un bon contact avec la pièce plate; cette pièce plate ne porte aucune fiche alors que l'une des lignes est branchée au contact inférieur du manipulateur.

Expérience 166

Installation téléphonique avec appel réciproque et ligne à 3 conducteurs

a) Construction des 2 postes

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

Pièces nécessaires:

1. poste (appel lumineux)

Appareil suivant exp. 165a
et en outre:

1 douille 12060

1 ampoule 14073

2 vis 75653 et écrous 75770

Contrôle des contacts:

1 douille 12060

3 câbles 12075

1 ampoule 3,5 volts 14073

1 pile

2. poste (appel acoustique)

Appareil suivant exp. 165b

et en outre:

1 pièce plate 10000

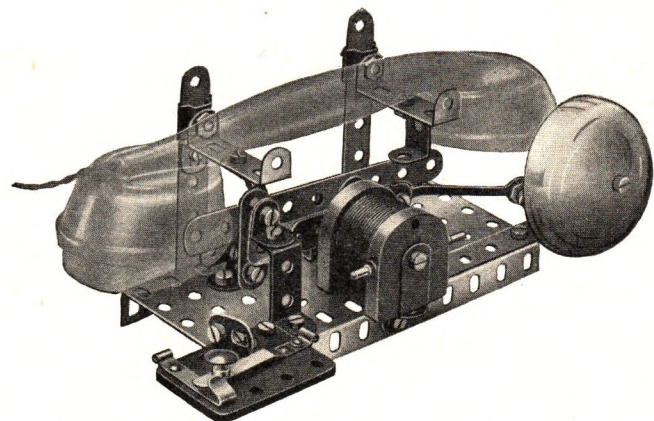
5 équerres 10002

2 vis 75653 et écrous 75770

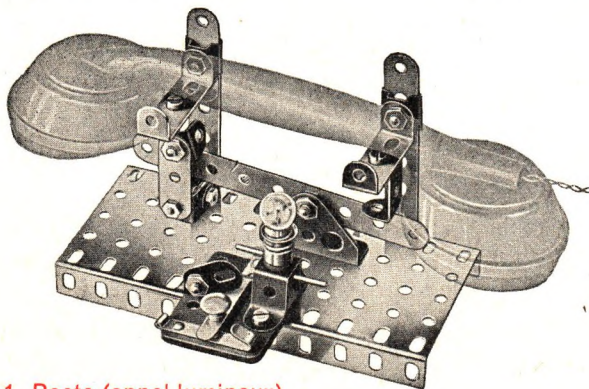
1 vis 75655 avec écrou 75770

1 interrupteur 12101

Générateur: = 4 volts

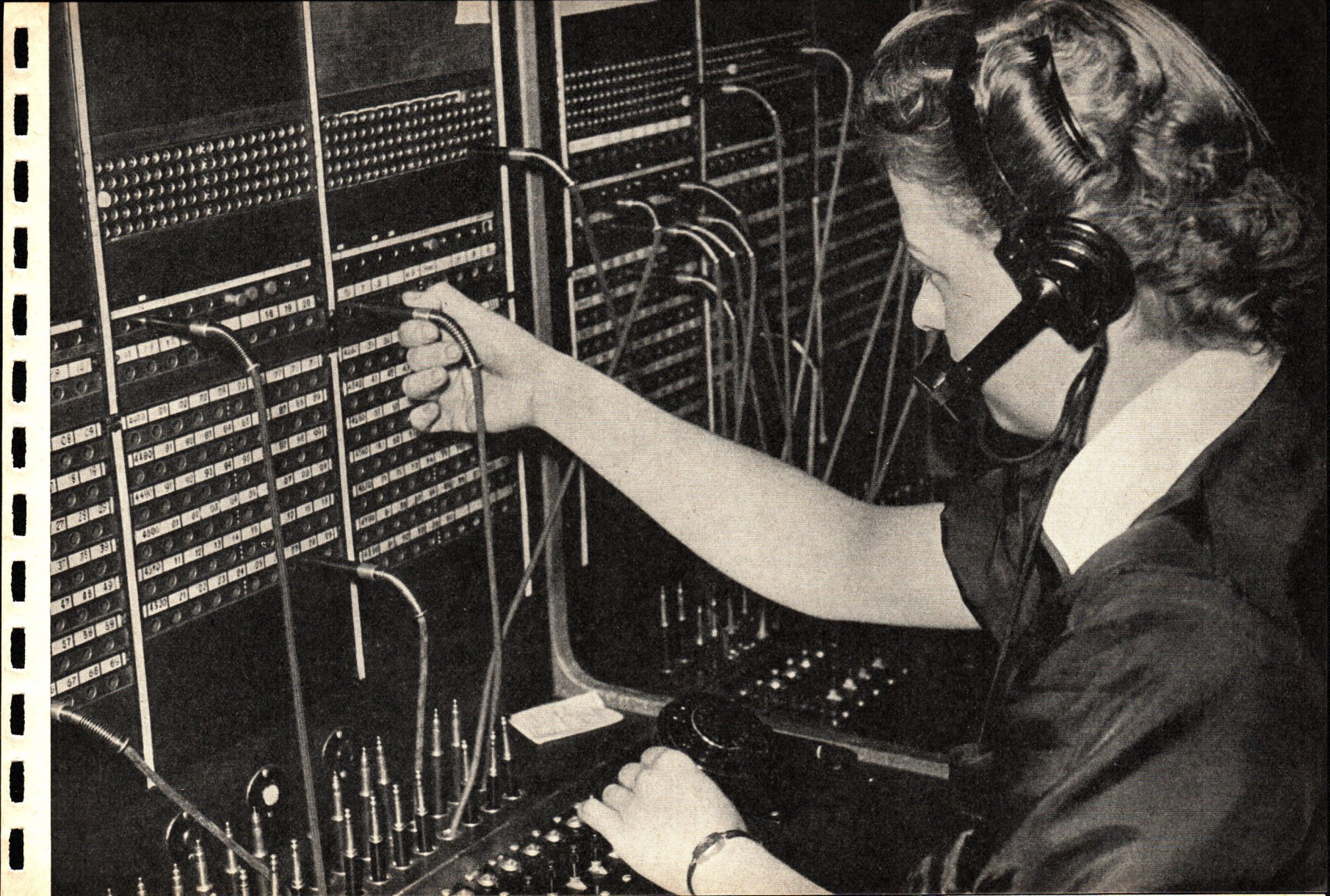


2. Poste (appel acoustique)



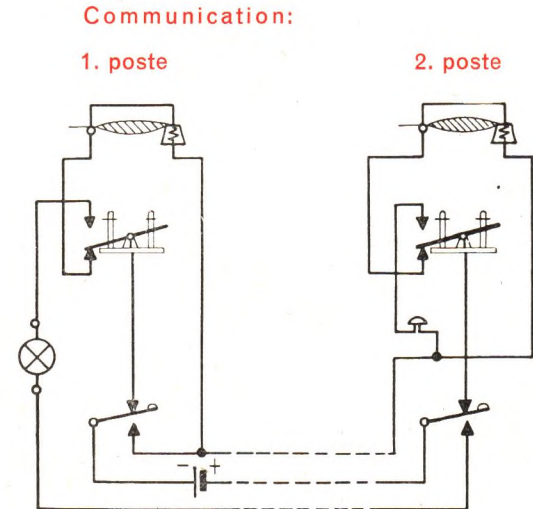
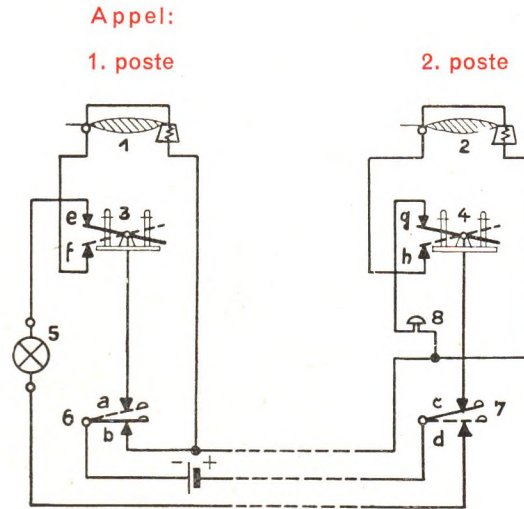
1. Poste (appel lumineux)

On peut facilement transformer l'installation précédente en installation à appels réciproques. Il suffit pour cela de compléter l'installation d'appel (165a) par l'adjonction d'un dispositif d'appel, en l'occurrence une douille avec ampoule. Le poste appelé (165b) doit être équipé d'un manipulateur morse identique à celui du poste 165a, le contact auxiliaire étant en contact électrique avec la plaque rectangulaire. On procédera à la vérification des contacts comme indiqué précédemment.



b) Schéma de branchement

- 1 écouteur
- 2 écouteur
- 3 commutateur
- 4 commutateur
- 5 ampoule
- 6 manipulateur morse
- 7 manipulateur morse
- 8 sonnerie



Repos:

Cette installation n'est le siège d'aucun courant en position de repos. Pour appeler l'autre poste (2), on presse sur le manipulateur morse (6), fermant ainsi le contact b. Un courant circule dans le circuit comportant: pile – ligne – contact c du manipulateur morse (7) – contact g du commutateur (4) – sonnerie (8) – ligne – contact b du manipulateur (6) – pile. La sonnerie retentit.

Appel du poste 2:

Pressons le bouton du manipulateur (7), les écouteurs étant posés sur les supports. On ferme ainsi le circuit suivant: pile – ligne – contact d du manipulateur (7) – ligne – ampoule (5) – contact e du commutateur (3) – contact a du manipulateur (6) – pile. Le courant circule et l'ampoule (5) est allumée. Pour réaliser un appel, il faut donc d'abord pousser sur le bouton du manipulateur morse et retirer les écouteurs après seulement; cette remarque est valable pour les 2 postes.

Communication:

Pendant la communication, les 2 écouteurs sont retirés et il est facile d'établir le circuit électrique à l'aide du schéma ci-dessus.

c) Mise en service de l'installation

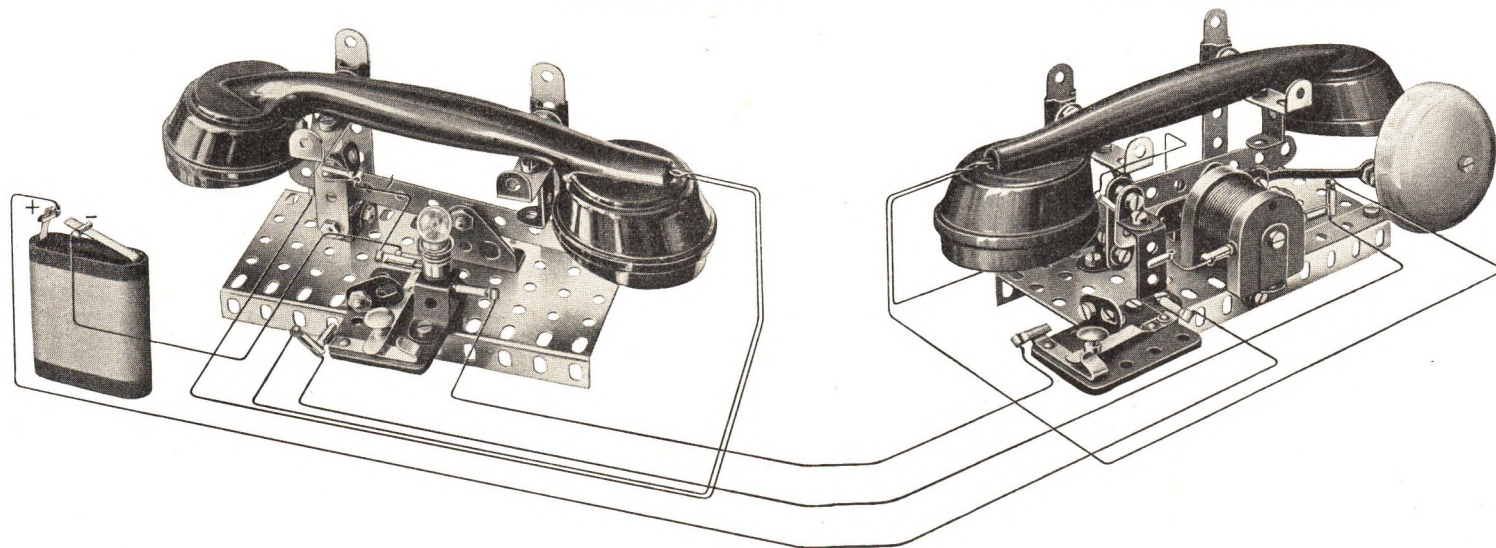
Pièces nécessaires:

1. poste:
1 câble 12065 1 câble 12075
1 pile

Générateur: = 4 volts

2. poste:
2 câbles 12065

Ligne:
2 câbles 12075 2 câbles 12100
ou mieux:
20 m. environ fil de sonnerie



Les schémas précédents expliquent le câblage à réaliser pour établir la ligne; vérifier bien les contacts et ne vous découragez pas si les premiers essais ne donnent pas satisfaction. Le schéma utilisé dans cette expérience est couramment employé dans la pratique; il nécessite une ligne de 3 conducteurs ainsi qu'une pile.

Veillez surtout à ce que le contact auxiliaire des manipulateurs fonctionne parfaitement. Durant toute la communication ces contacts doivent être fermés. Nous pourrions, comme précédemment affaiblir l'étincelle de la sonnerie par le branchement du condensateur comme indiqué dans l'expérience 140. Respectez aussi la polarité lorsque vous branchez les écouteurs.

Expérience 167

Ligne téléphonique avec appels réciproques (ligne 2 conducteurs)

a) Construction des 2 postes

Réalisable avec la boîte ELEX 1053

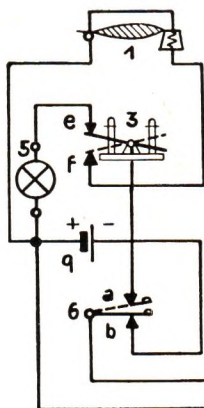
Les 2 postes sont identiques à ceux de l'expérience précédente. Vérifiez bien les contacts avant de passer au câblage des postes.

b) Schéma électrique

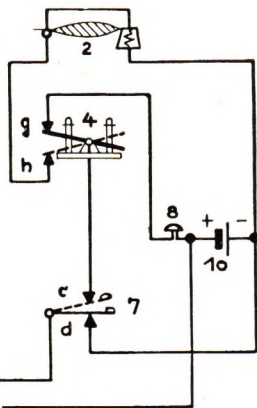
- Repos:** Aucun courant électrique ne peut circuler.
- Appel du poste 1:** Poussons sur le manipulateur (6), les 2 écouteurs étant en place; le contact b ferme le circuit suivant: Pile (9) (pôle +) – Ligne – sonnerie (8) – contact g du commutateur (4) – contact c du manipulateur (7) – ligne – contact b du manipulateur (6) – pôle – de la pile (9).
- Appel à partir du poste 2:** Si l'on pousse sur le bouton du manipulateur (7), les écouteurs étant en place, on ferme le circuit électrique suivant: Pôle + de la pile (10) – Ligne – ampoule (5) – contact e du commutateur (3) – contact a du manipulateur (6) – ligne – contact d du manipulateur (7) – pôle – de la pile.
Pour réaliser l'appel il faut comme précédemment pousser sur le manipulateur et ne prendre les écouteurs en main qu'après avoir appelé.
- Communication:** Le circuit électrique est le suivant: Pôle + de la batterie (10) – Ligne – Ecouteur (1) – contact f du commutateur (3) – contact a du manipulateur (6) – ligne – contact c du manipulateur (7) – contact h du commutateur (4) – écouteur (2) – pôle – de la pile (10).

Appel

Poste 1

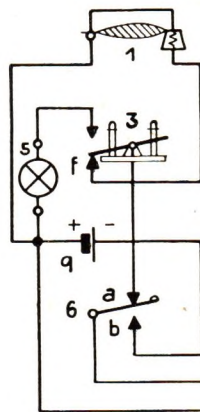


Poste 2

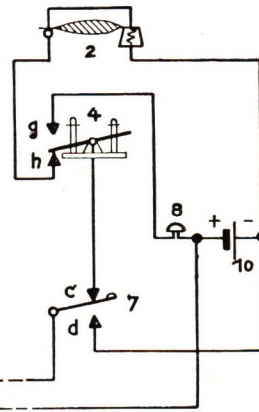


Communication

Poste 1



Poste 2



1 écouteur
2 écouteur

3 commutateur
4 commutateur

5 ampoule
6 manipulateur morse

7 manipulateur morse
8 sonnerie

9 pile
10 pile

c) Mise en service de la ligne téléphonique

Pièces nécessaires:

Poste 1:

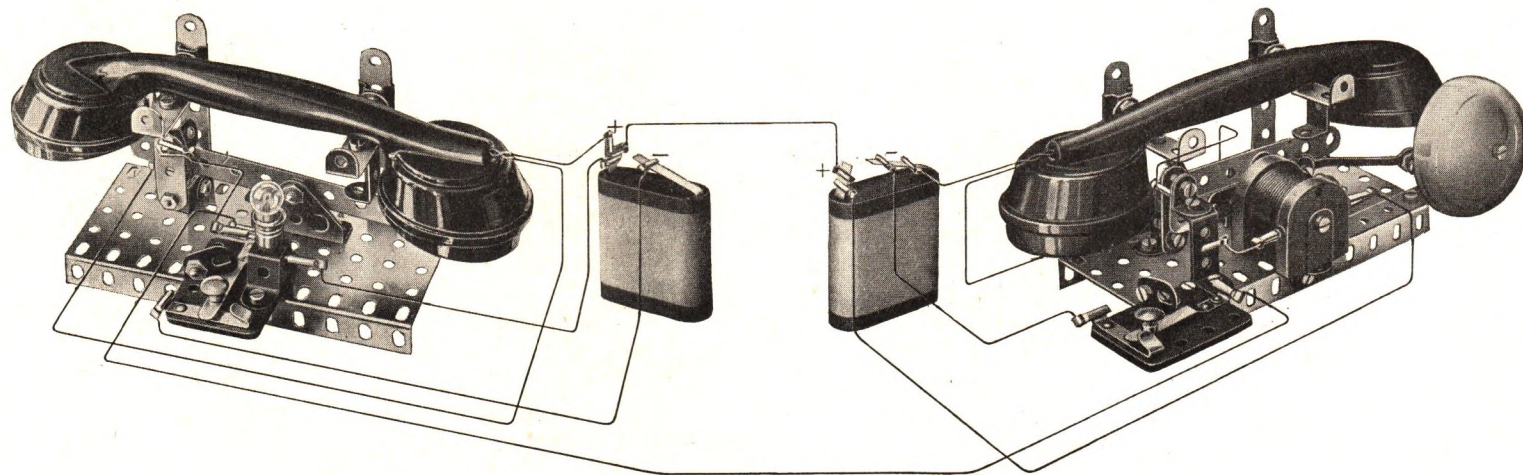
- 1 câble 12065
- 2 câbles 12075
- 1 pile

Poste 2:

- 3 câbles 12065
- 1 câble 12075
- 1 pile

Ligne:

- 2 câbles 12100
- ou mieux env. 20 m. fil de sonnerie
- Générateur = 4 volts

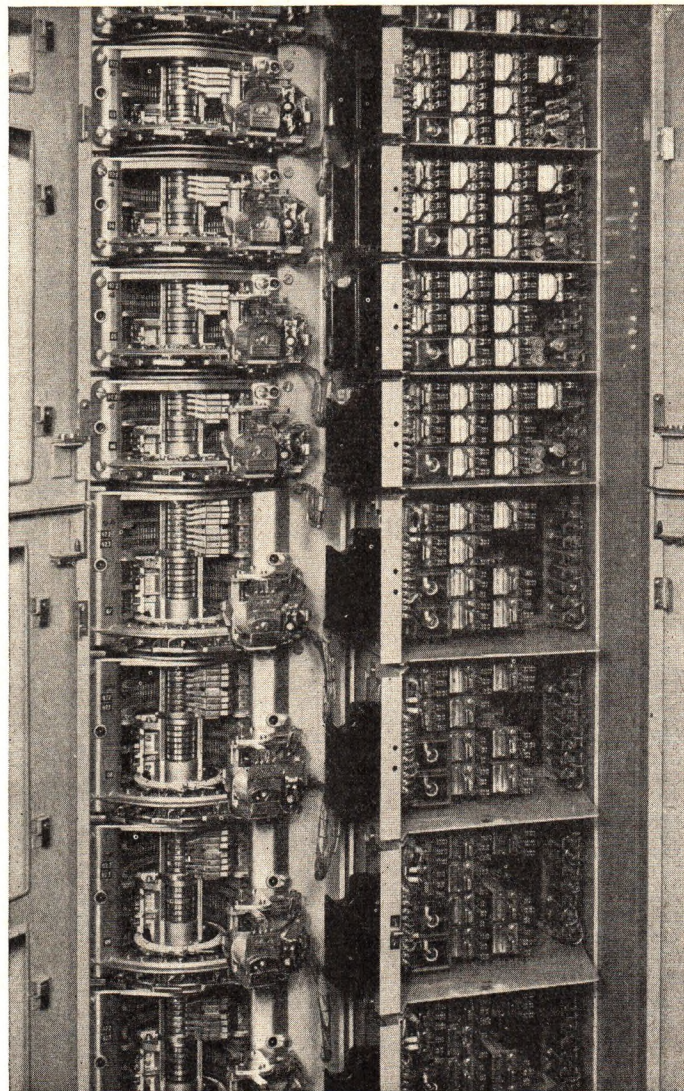


Les remarques faites sous 166 c sont aussi applicables ici.

Ce schéma permet d'éviter un conducteur de ligne par rapport au schéma précédent; par contre il nécessite l'emploi d'une pile supplémentaire.

Central automatique

Si un abonné actionne le disque de son appareil, il émet des impulsions, le nombre de ces impulsions correspondant au numéro choisi. Ces impulsions actionnent les relais à impulsions logés dans le central automatique et ces relais donnent automatiquement la communication avec la ligne de l'abonné appelé. Les contacts de ces relais doivent donner d'excellents contacts; aussi sont-ils en métaux précieux.



Pièces détachées des boîtes de constructions électriques MÄRKLIN-ELEX



10009 Bande, 9 trous, 11 cm
10007 Bande, 7 trous, 8 cm
10003 Bande, 3 trous, 3,5 cm



11702 Clavette



11703 Clavette



14000 Tourne-vis



10000 Pièce plate



10001 Pièce en U



10002 Equerre



75655
Vis (longue) en laiton
75653
Vis (courte) en laiton



75770
Eccrou
(laiton)



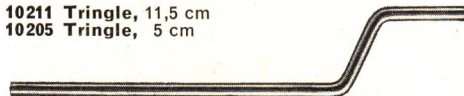
10046 Support



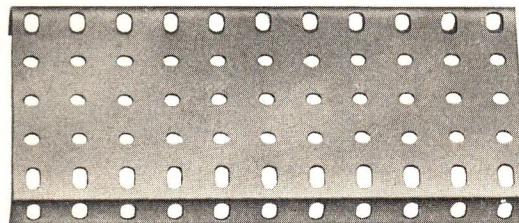
10042 Pièce en S



10211 Tringle, 11,5 cm
10205 Tringle, 5 cm



10200 Manivelle, 17 cm



11321 Plaque rectangulaire (laiton nickelé)



11712 Glissière



11059 Bague d'arrêt



10325 Poulie
25 mm ø



10457 Roue dentée
39 mm ø, 57 dents



75101
Vis (longue)
(en fer)



75720
Eccrou
(laiton nickelé)



75100
Vis (courte)
(en fer)



10066
Bande coudée
(laiton nickelé)



11727 Rondelle (en fer)
72134 Rondelle (laiton nickelé)
72126 Rondelle (en fibre)



11700 Clé



12020 Tube isolant

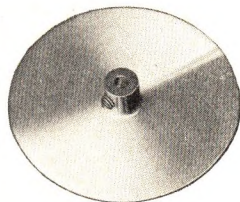
Pièces détachées pour les boîtes de construction électriques MÄRKLIN-ELEX



12000
Ecouteur
téléphonique
complet



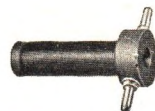
12021 Plaque de fer



12022 Disque en aluminium
avec vis de serrage



12025 Condensateur avec fiches



12030 Bobine, petite



12035 Lame de contact, plate



12036 Lamde de contact, courbée

12040 Fil résistant, \varnothing 0,15 mm

12042 Fil résistant, \varnothing 0,35 mm

12044 Fil de cuivre vernis, \varnothing 0,15 mm

12046 Fil de cuivre vernis, \varnothing 0,40 mm



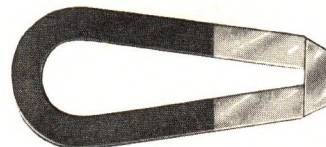
12050
Aiguille aimantée,
verticale



12055 Aiguille aimantée, horizontale



12057 Pivot avec écrou



14070 Aimant en fer à cheval



14072 Clou en fer



12060 Douille sur support

14073 Ampoule, 3,5 volts

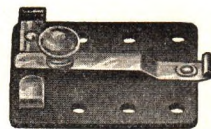


12100 Câble, long. 100 cm

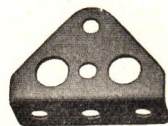
12075 Câble, long. 25 cm

12065 Câble, long. 15 cm

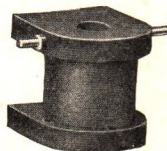
Pièces détachées pour les boîtes de construction électrique MARKLIN-ELEX



12101 Interrupteur
(manipulateur)



12108 Support triangulaire



12109 Bobine (grande)



12115 Noyau de fer



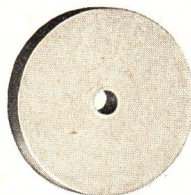
12116 Armature de bobine



14074 Mine de crayon



12117 Porte-mines
(en 2 pièces)



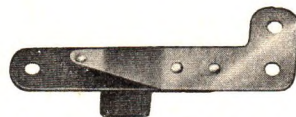
14075 Rouleau de papier



12120 Guide-papier



12122 Ressort



12123 Lame vibreur avec armature



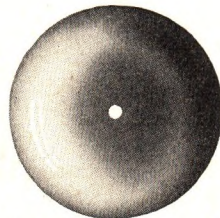
12130 Contact en alliage
argent-platine sur support



12135 Poignée, sans câble



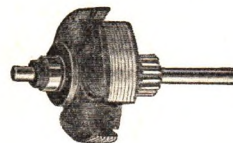
12140 Marteau de sonnerie



14076 Timbre de sonnerie



12141 Inducteur



12142 Induit



12152 Porte-balais



12155 Boîte de limaille de fer



12158 Fiche intermédiaire

14952 Manuel d'instructions

14942 Carton à découper

14962 Carton à découper

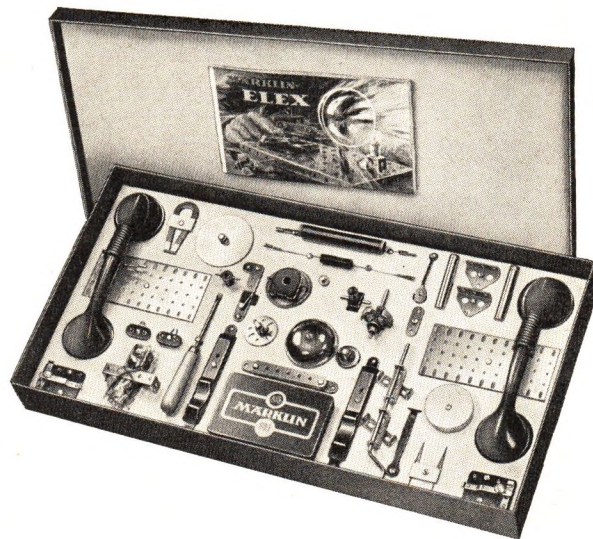
CONTENU DES BOITES MÄRKLIN-ELEX

Numéro	Désignation des pièces	1052	1062	1053
10000	Pièce plate	2	2	4
10001	Support en U	1	3	4
10002	Equerre	2	10	12
10003	Bande, 3 trous, 3,5 cm	—	2	2
10007	Bande, 7 trous, 9 cm	2	2	4
10009	Bande, 9 trous, 11 cm	2	—	2
10042	Pièce en S	1	—	1
10046	Support	1	—	1
10066	Bande coudée (laiton nickelé)	2	2	4
10200	Manivelle	1	—	2
10205	Triangle, 5 cm	2	—	2
10211	Triangle, 11 cm	—	1	1
10325	Poulie, 25 mm diamètre	1	—	1
10457	Roue dentée, 39 mm diamètre, 57 dents	1	—	1
11059	Bague d'arrêt	—	2	2
11321	Plaque rectangulaire (laiton nickelé)	1	1	1
11700	Tourne-vis	1	—	1
11702	Clavette	4	—	4
11703	Clavette	4	—	4
11712	Glissière	4	—	4
11727	Rondelle (fer)	8	4	4
12000	Ecouteur complet	—	—	8
12020	Tube isolant	—	2	2
12021	Plaque de fer	—	1	1
12022	Disque en aluminium	—	1	1
12025	Condensateur	—	1	1
12030	Bobine, petite	—	1	1
12035	Lame contact, plate	—	1	1
12036	Lame contact, courbe	—	—	—
12040	Fil résistant, 0,15 mm diamètre	—	1	1
12042	Fil résistant, 0,35 mm diamètre	—	1	1
12044	Fil verni, 0,15 mm diamètre	—	1	1
12046	Fil verni, 0,40 mm diamètre	—	1	1
12050	Aiguille aimantée, verticale	1	—	1
12055	Aiguille aimantée, horizontale	1	—	1
12057	Pivot avec écrou	1	—	1
12060	Douille sur support	1	—	1
12065	Câble, 15 cm long	3	—	4
12075	Câble, 25 cm long	3	1	4
12100	Câble, 100 cm long	2	—	3
12101	Interrupteur manipulateur	1	1	2
12108	Support triangulaire	2	—	2
12109	Bobine grande	1	—	1
12115	Noyau de fer	1	—	1
12116	Armature	1	—	1
12117	Porte-mines (2 pièces)	1	—	1
12120	Guide-papier	1	—	1
12122	Ressort	1	1	2
12123	Lame vibreur avec armature	1	—	1
12130	Contact en alliage argent-platine sur support	1	—	1
12135	Poignée	2	—	2
12140	Marteau de sonnerie	1	—	1
12141	Inducteur	2	—	2
12142	Induit	1	—	1
12152	Porte-balais	1	—	1
12155	Boîte de limaille de fer	1	—	1
12158	Fiche intermédiaire	2	—	2
14000	Clé	1	—	1
14070	Aimant en fer à cheval	1	—	1
14072	Clou	2	—	2
14073	Ampoule 3,5 volts	1	—	1
14074	Mine de crayon	2	—	2
14075	Rouleau de papier	1	—	1
14076	Timbre de sonnerie	1	—	1
14942	Carton découpages	1	—	1
14952	Manuel d'instructions	1	—	1
14962	Carton découpages	1	—	1
72126	Rondelle (fibre)	—	10	10
72134	Rondelle (laiton nickelé)	—	3	3
75100	Vis courte en fer	—	2	2
75101	Vis longue (fer)	—	3	3
75653	Vis en laiton, courte	18	24	42
75655	Vis en laiton, longue	4	4	8
75720	Ecrou (laiton nickelé)	4	5	5
75770	Ecrou (laiton)	22	28	50
		126	124	250

MARKLIN-ELEX existe en 3 boîtes différentes

- 1052** Boîte fondamentale permettant de faire plus de 100 expériences (par exemple éclairage électrique, appareil à électriser, télégraphe Morse etc.) livré avec manuel d'instructions.
- 1062** Boîte complémentaire, transforme la boîte 1052 en boîte 1053.
- 1053** Boîte fondamentale, permet de faire plus de 150 expériences (par exemple pont de Wheatstone, relais, téléphone etc.) – Livré avec manuel d'instructions illustré.

MÄRKLIN est synonyme de qualité. Il importe de confier aux jeunes des jouets bien conçus, car c'est pendant les années de jeunesse que l'on prend l'habitude du travail fini. C'est aussi le jeu avec les boîtes de construction MÄRKLIN qui éveille dès le plus jeune âge un intérêt pour les questions techniques et contribue ainsi au plein épanouissement de talents créateurs.

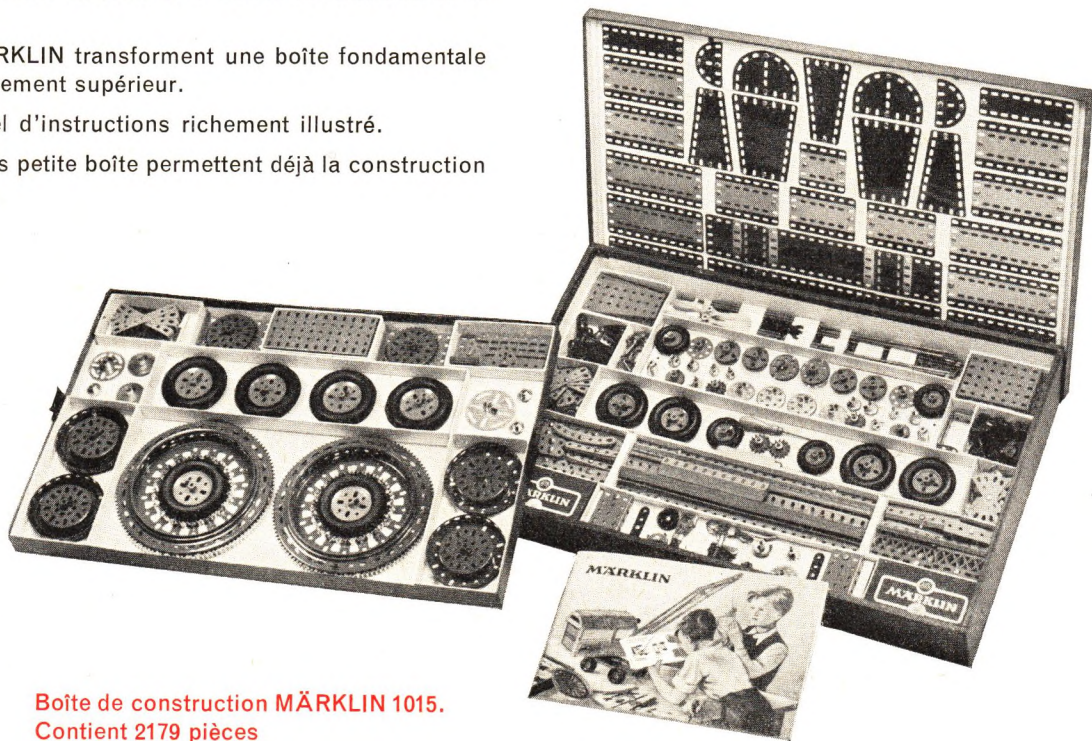


Les boîtes de constructions métalliques MÄRKLIN

Une boîte de construction MÄRKLIN est le jouet idéal de notre âge technique qui passionne de plus en plus les jeunes. Par la grande variété des modèles réalisables, elle développe l'esprit d'invention des jeunes.

Une boîte de construction MÄRKLIN est un jouet de qualité éprouvée. Il importe de confier aux jeunes des jouets bien conçus; l'habitude du travail fini en sera le résultat.

- Les boîtes de construction MÄRKLIN existent en 7 boîtes fondamentales et 8 boîtes complémentaires.
- Les boîtes complémentaires MÄRKLIN transforment une boîte fondamentale en une boîte de numéro immédiatement supérieur.
- Chaque boîte contient un manuel d'instructions richement illustré.
- Les pièces contenues dans la plus petite boîte permettent déjà la construction de nombreux modèles instructifs.
- Les différentes pièces contenues dans les boîtes sont fabriquées à l'aide de métaux de premier choix et finement laquées.
- Les plaques de revêtement finement vernies donnent aux modèles construits un aspect très réaliste.
- Il existe des pièces détachées spéciales qui permettent encore de compléter les boîtes.
- Vous pouvez vous procurer le nouveau prospectus «les boîtes de construction MÄRKLIN» chez tous les dépositaires MÄRKLIN.



Boîte de construction MÄRKLIN 1015.
Contient 2179 pièces

Photos:

Les photos reproduites dans ce manuel ont été aimablement mises à notre disposition par:

AEG, Berlin 57, 70, 84, 89, 92, 97, 98, 104, 107, 112, 114 (millivoltmètre),
115, 126, 127, 131, 135, 149

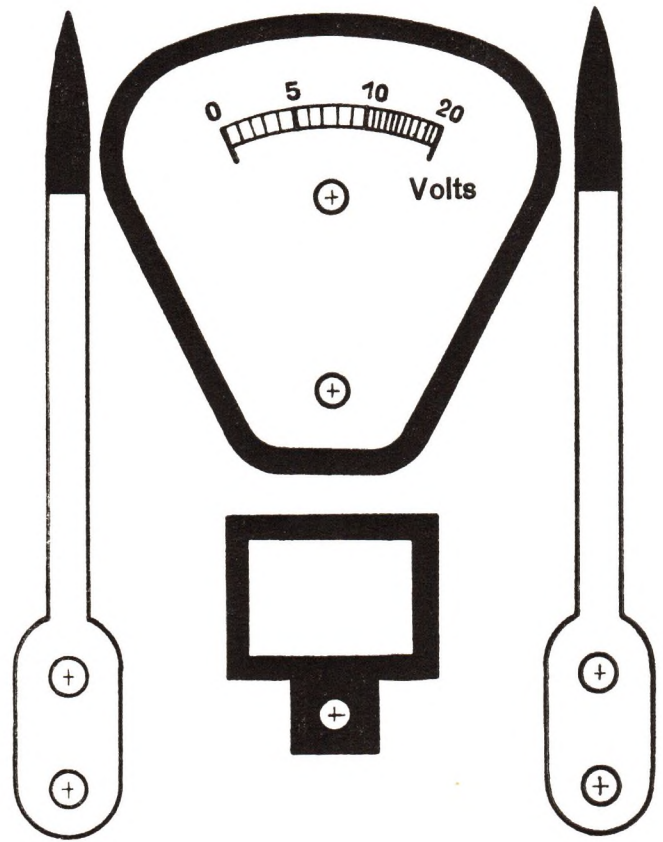
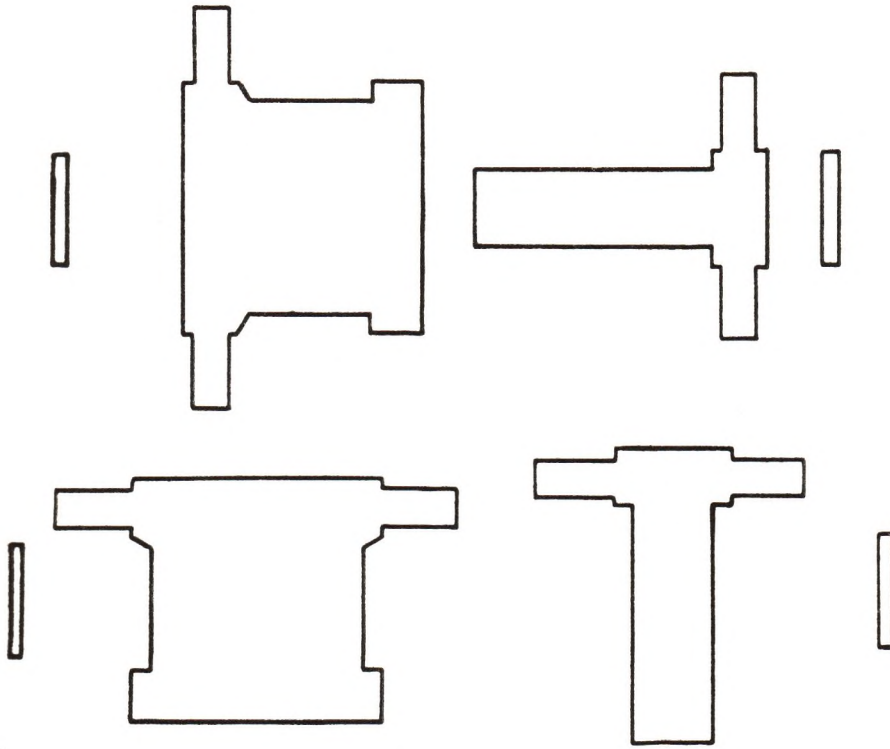
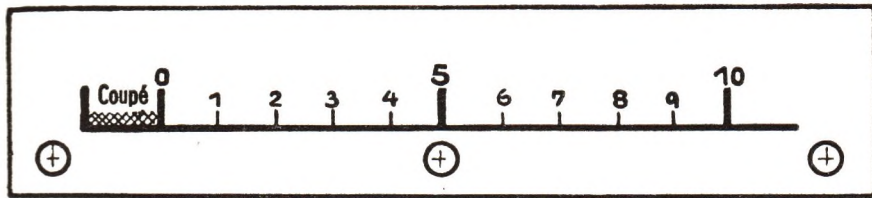
**Brown, Boveri & Cie., AG.,
Mannheim** 37, 54 (2×), 85, 88 117

**Siemens & Halske AG., Berlin-
München**

**Siemens-Schuckertwerke,
Berlin-Erlangen** 50, 113 (centrale), 114 (instrument à cadre mobile), 124, 134,
145, 146, 165 (2×), 179

Wolff & Tritschler, Frankfurt 11, 21, 48, 51, 76, 118, 136, 162, 173

Toutes les autres illustrations proviennent des archives MÄRKLIN.

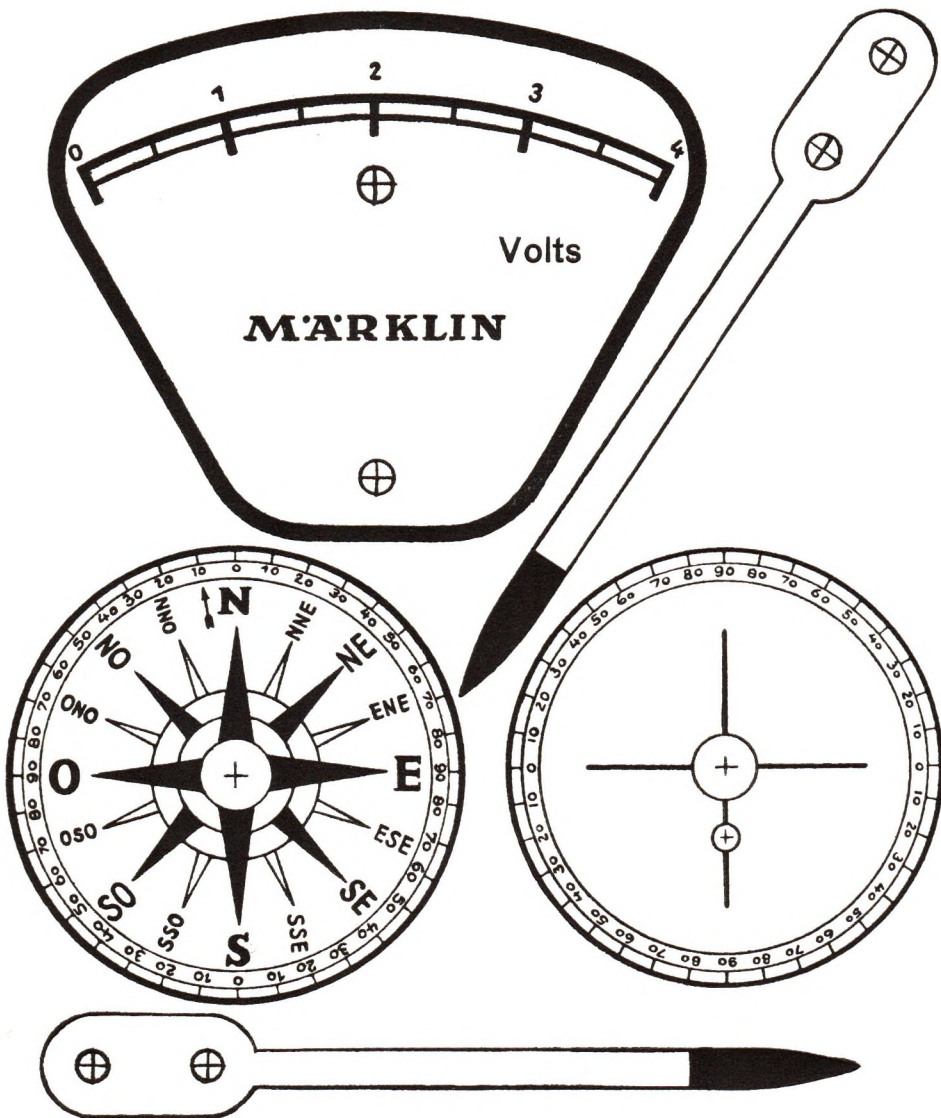


MÄRKLIN-ELEX 14942

GEBR. MÄRKLIN & CIE. SM · GÖPPINGEN/WÜRTT.



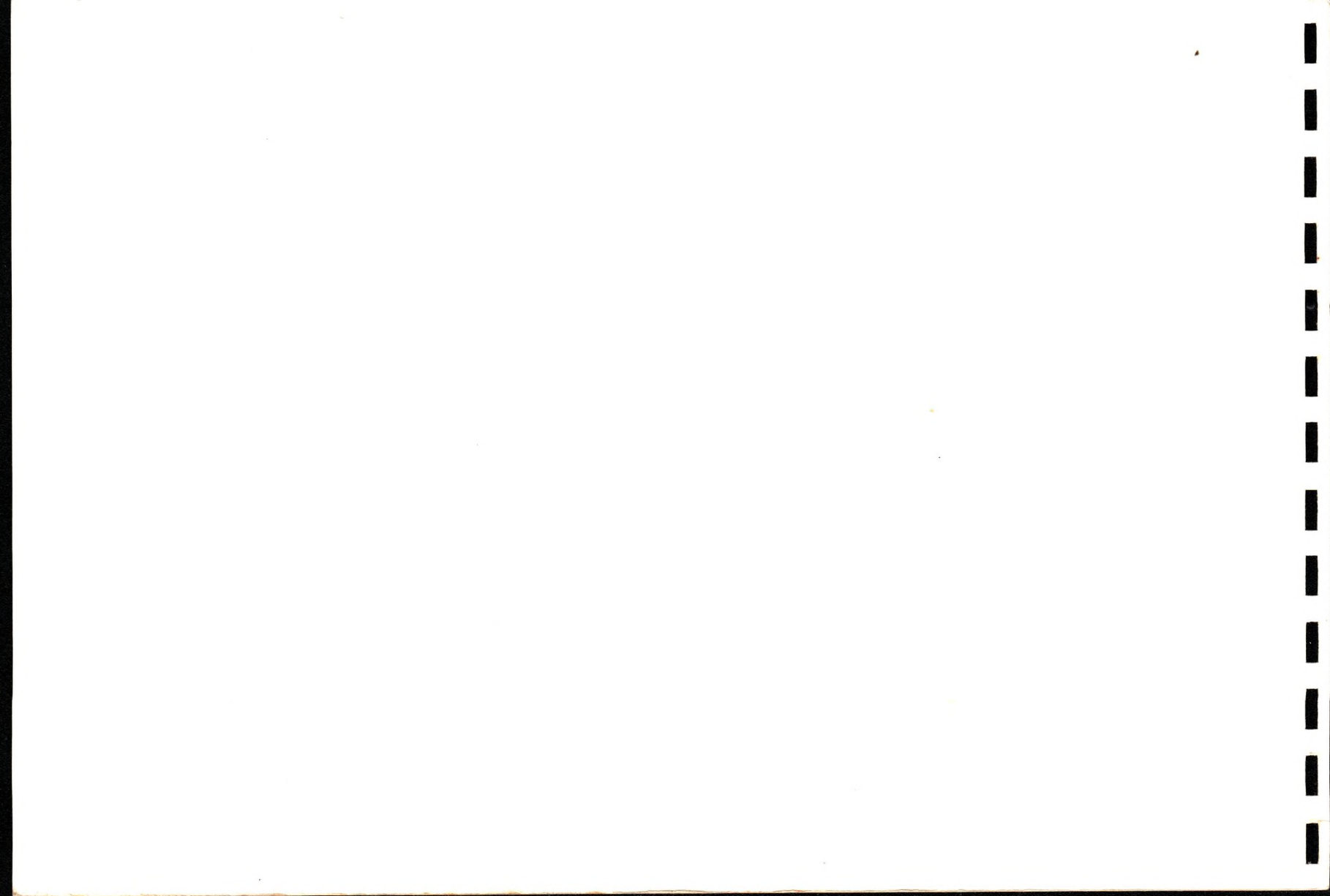
MARKLIN-ELEX 14962

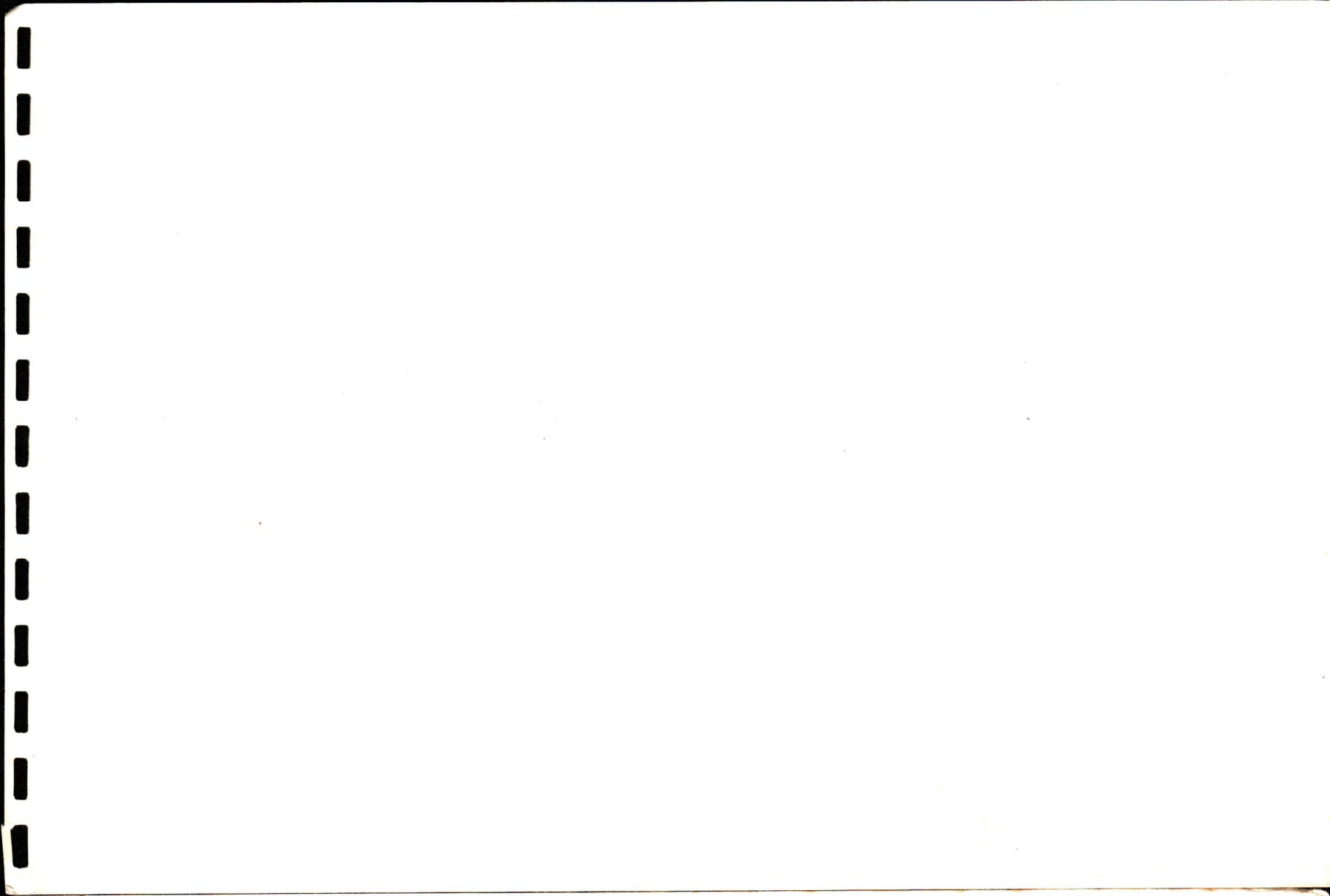


Alphabet Morse

a	..-	1	.....
b	....	2	.....
c	---.	3	.....
d	---.	4	.....
e	..	5	.....
f	....	6	.....
g	---	7	.....
h	....	8	.....
i	..	9	.....
j	....	0	.....
k	---		
l	....	.	.....
m	--	,	.....
n	---	:	.....
o	---	?	.....
p	....	
q	---		
r	---		
s	...		
t	-		
u	...		
v	....	
w	---		
x	---		
y	---		
z	---		
ch	---		
ä	---		
ö	---		
ü	---		
é	---		
		Appel	
		(suivi de la désignation	
		du poste appelé)	---
		Début de message	.....
		Message urgent	
		(placé devant le signe	
		«Début de message»)	.....
		Erreur	.....
		Compris	---
		Fin de message	
		(si un autre	
		message suit)	.....
		Fin de message	
		et fin de trafic	
		télégraphique	.....

GEBR. MARKLIN & CIE. SM · GÖPPINGEN / WÜRTT.





ELEX
ELEX
ELEX
ELEX
ELEX
ELEX
ELEX

MÄRKLIN