

Auteur ou collectivité : Carpentier, Jules
Auteur : Carpentier, Jules (1851-1921)
Auteur secondaire : Ateliers J. Carpentier
Titre : Expériences et manipulations d'électricité

Adresse : Paris : Henri François (Imp.), [1940]
Collation : 1 vol. (55 p.); 30 cm
Cote : CNAM-MUSEE EN0.4-CAR
Sujet(s) : Mesure -- Instruments ; Mesures électriques -- Instruments ; Appareils électriques ;
Magnétisme ; Catalogues commerciaux

Date de mise en ligne : 06/12/2016
Langue : Français

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redirect?M2008>

ateliers J. Carpentier

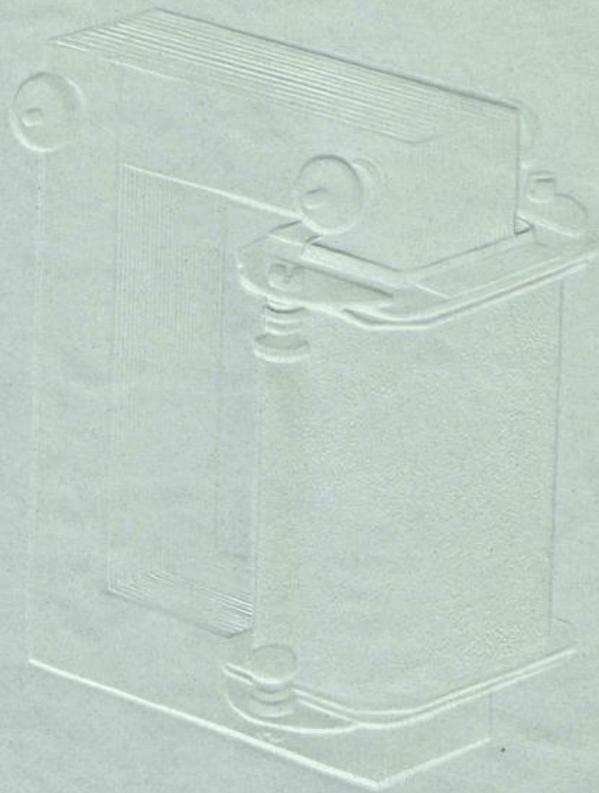


EXPÉRIENCES ET MANIPULATIONS D'ÉLECTRICITÉ

EN0.4-CAR



Ateliers J. Carpentier





2008
4065

ateliers J. Carpentier

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.000.000 DE FRANCS

Siège Social : 3, RUE LORD-BYRON, PARIS (VIII^e)

Téléph. : BALZAC 22-51 et suivants
R. C. SEINE 282 150 B

Télégraphe : RUHMKORFF-PARIS
Codes Lugagne 1929-Natio-Universal

EXPÉRIENCES ET MANIPULATIONS D'ÉLECTRICITÉ



USINE :

46 à 52, Rue Arago - PUTEAUX (Seine)

Tél. : Longchamp 07-61 et suivants

INTRODUCTION



Ce recueil donne la description de quelques expériences de manipulations et de mesures électriques réalisables avec le matériel catalogué dans la notice « Enseignement ». Ne pouvant décrire toutes les expériences possibles, nous nous sommes limités aux principales et aux plus caractéristiques d'entre elles.

Le matériel indiqué pour chaque manipulation aux titres I, II et III correspond, sauf indications particulières dans le texte ou sur les figures, à des sources de courant continu ou alternatif d'une tension de 110 volts.

Cependant, le choix des bobines et des rhéostats permet d'utiliser des sources ayant une tension différente. Dans ce cas, on se reportera au tableau de la page 18, qui donne les constantes et les conditions d'emploi des principales bobines.

Au cas de difficulté, nous sommes à la disposition de nos lecteurs pour leur fournir toutes indications particulières dont ils auraient besoin.

Nous profitons de l'occasion qui nous est offerte pour remercier MM. les Professeurs, et particulièrement M. Quevron, Docteur ès Sciences, Professeur à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, qui nous ont guidés dans la mise au point du matériel d'enseignement d'électricité et d'optique ; nous devons aussi rappeler le concours que nous avait apporté M. Ginat.

Nous accueillerons de même avec empressement les suggestions de ceux des membres du Corps enseignant qui souhaiteraient la création de nouveaux modèles complémentaires, et qui voudraient bien nous apporter, eux aussi, le concours de leur expérience.



TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
Introduction	4
Photographies de quelques appareils (avec dimensions approximatives en millimètres)	7
Liste du matériel	14
Caractéristiques du transformateur démontable	18

TITRE I

MAGNETISME - ELECTROMAGNETISME

EXPÉRIENCE 1. — Spectres magnétiques	21
— 2. — Electro-aimant	22
— 3. — Etude d'un champ magnétique - Polarité d'une bobine ...	23
— 4. — Galvanomètre Deprez-Carpentier	23
— 5. — Induction rémanente et champ coercitif	24
— 6. — Cycle d'hystérésis	25
— 7. — Galvanomètre à cadre mobile Deprez-d'Arsonval	25
— 8. — Electrodynamomètre	26

TITRE II

INDUCTION

EXPÉRIENCE 9. — Lois de l'induction	27
— 10. — Sens des courants induits	28
— 11. — Effets des courants induits	29
— 12. — Effets des courants induits	29
— 13. — Induction : générateurs de courants	30
— 14. — Etude d'un circuit magnétique	31
— 15. — Self-induction	32
— 16. — Constante de temps	32

TITRE III

COURANTS ALTERNATIFS

EXPÉRIENCE 17. — Déphasage des courants	33
— 18. — Déphasage des tensions	34
— 19. — Transformateur : principe	35
— 20. — Transformateur : principe	36
— 21. — Transformateur de tension	37
— 22. — Transformateur haute tension	38
— 23. — Transformateur d'intensité	39
— 24. — Transformateur à forte intensité	39
— 25. — Transformateur de puissance	40
— 26. — Champ tournant	41
— 27. — Moteurs triphasés	42
— 28. — Principe des appareils de mesure d'induction	43

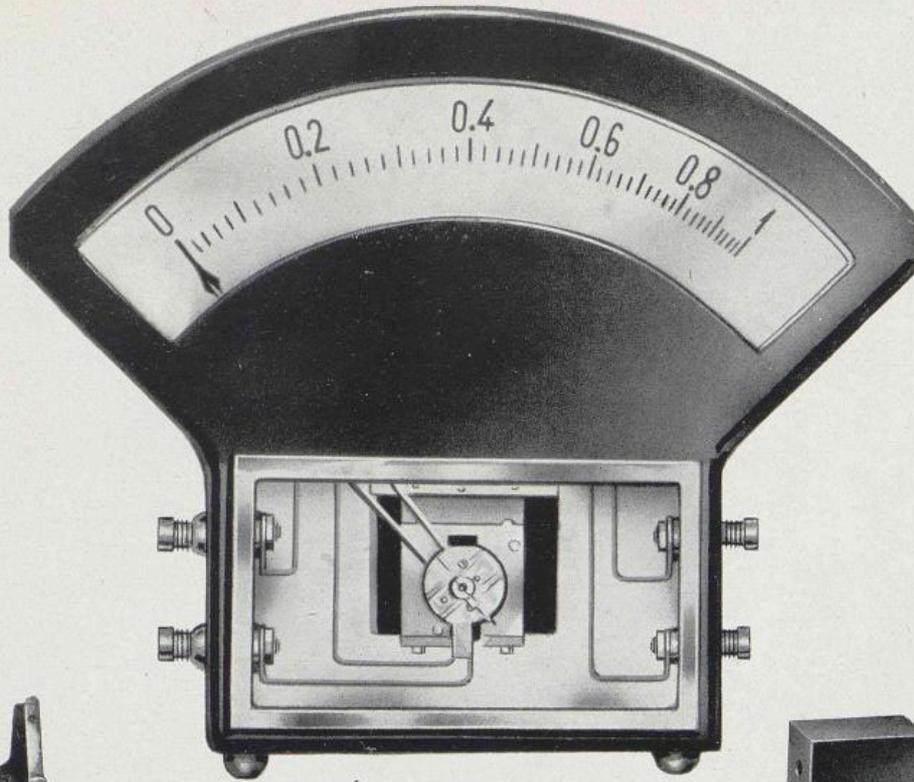


TITRE IV

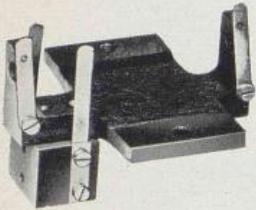
INSTRUMENTS ET MESURES DIVERS

	PAGES
1. — Voltampèremètre double de projection	45
2. — Galvanomètre à miroir	46
3. — Mesure de la résistance du cadre de galvanomètre	47
4. — Mesure de la sensibilité du galvanomètre à miroir	47
5. — Mesure du moment d'inertie K du cadre du galvanomètre et du couple de torsion C des fils de suspension.....	48
6. — Mesure de la constante balistique du galvanomètre	49
7. — Etude des oscillations amorties et non amorties du galvanomètre. Détermination de la résistance critique	49
8. — Mesures des résistances par le pont à fil	50
9. — Mesures des résistances par le pont de Wheatstone	51
10. — Mesures des résistances par le pont de Thomson	51
11. — Mesures des résistances par la méthode des déviations	52
12. — Mesure de la résistance intérieure d'une pile	52
13. — Self-induction étalonée	52
14. — Mesures de self-induction par la méthode de comparaison	53
15. — Capacités	53
16. — Flux	53
17. — Mesures qualitatives sur les courants d'induction produits par le courant continu	54
18. — Mesures qualitatives sur les courants d'induction produits par le courant alternatif	54
19. — Self-induction et résistance apparente	55
20. — Dynamo-moteur universelle	56

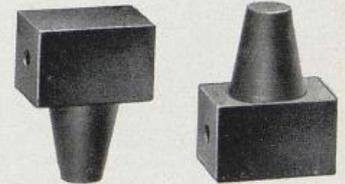




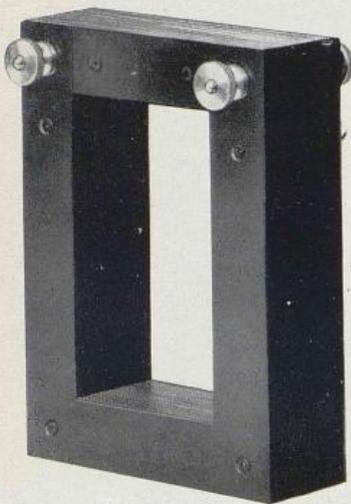
325 × 415 mm.
MAE 1



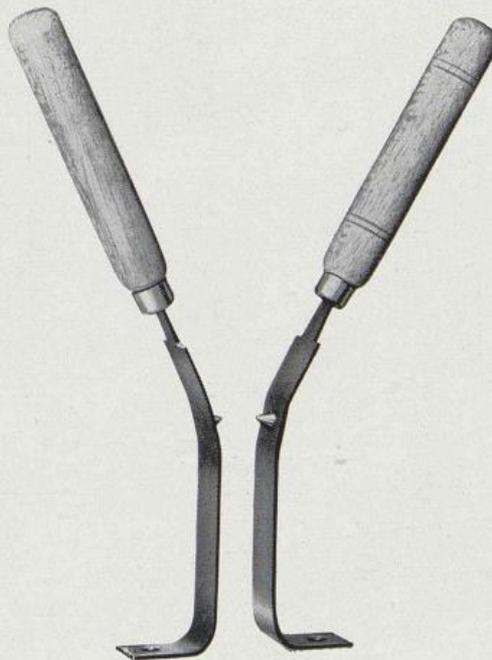
78 × 70 mm.
MAE 63



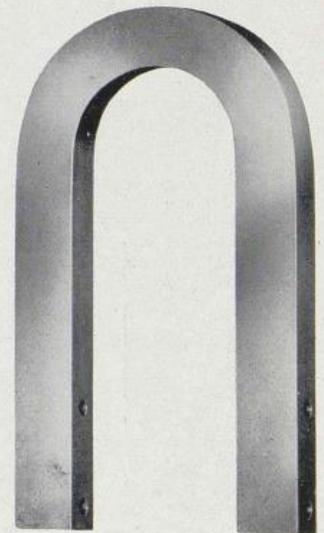
38 × 24 × 50 mm.
MAE 24



158 × 112 × 42 mm.
MAE 20

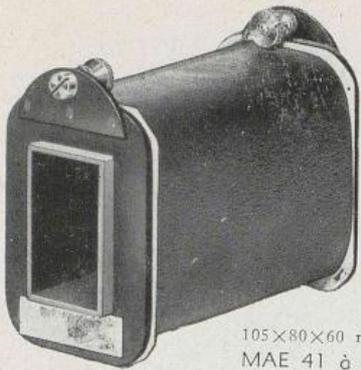


240 × 20 mm.
MAE 60

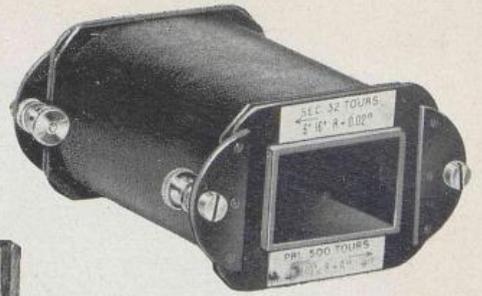


115 × 75 mm.
MAE 80





105×80×60 mm.
MAE 41 à 44



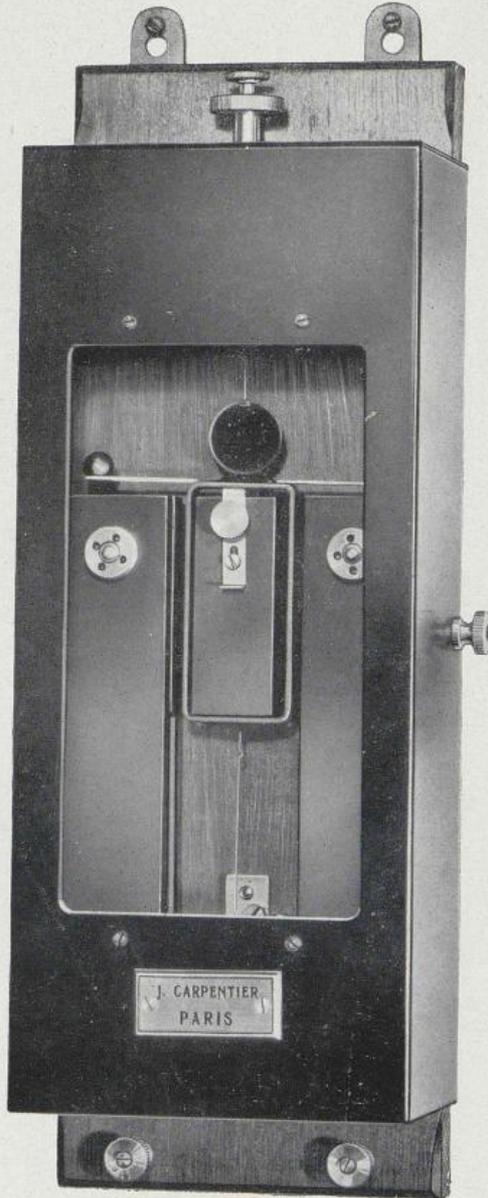
105×80×60 mm.
MAE 45



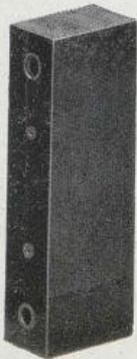
340×50×25 mm.
MAE 79



290×48×24 mm.
MAE 78



310×125×70 mm.
MAM 24



112×38×24 mm.
MAE 21



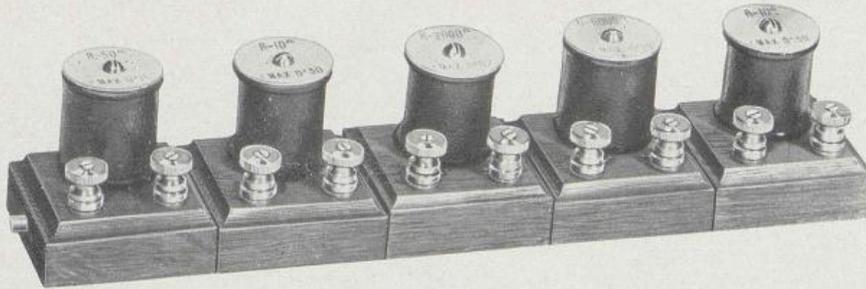
210×35×25 mm.
MAE 28



150×25×38 mm.
MAE 26

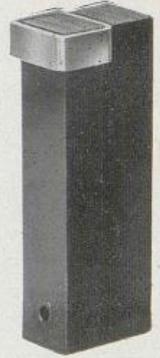


150 mm, d = 26 mm.
MAM 36



MAM 16

MAE 76
↓

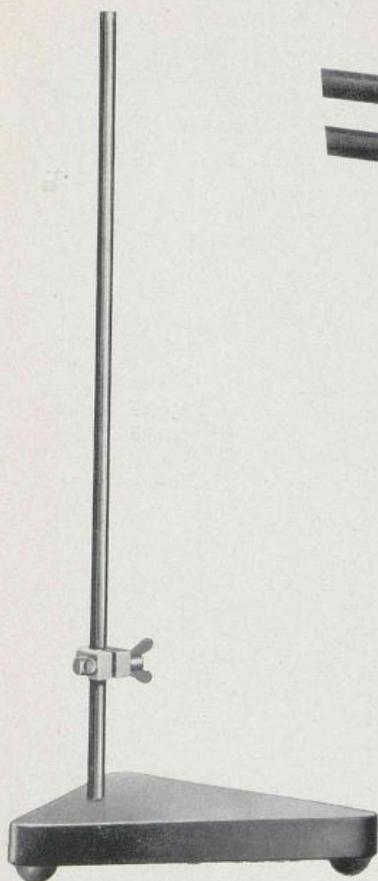


112×38×24 mm.
MAE 22

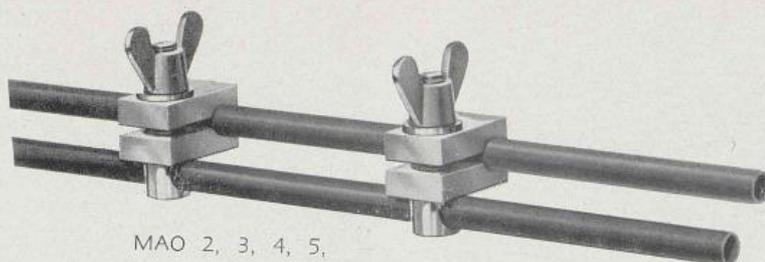


300×210×100 mm.
MAM 40

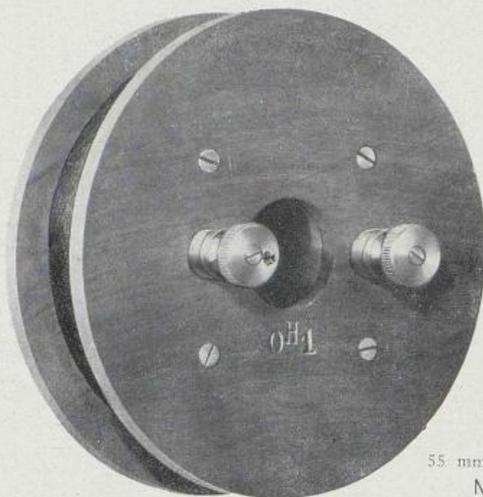




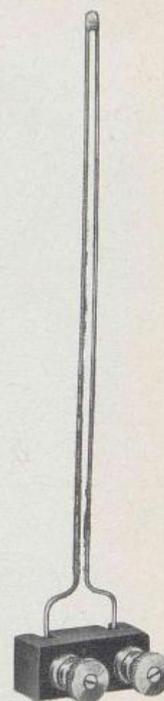
250×250 mm.
long. tige 620 mm.
MAO 1



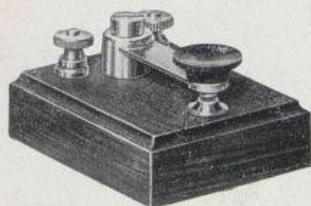
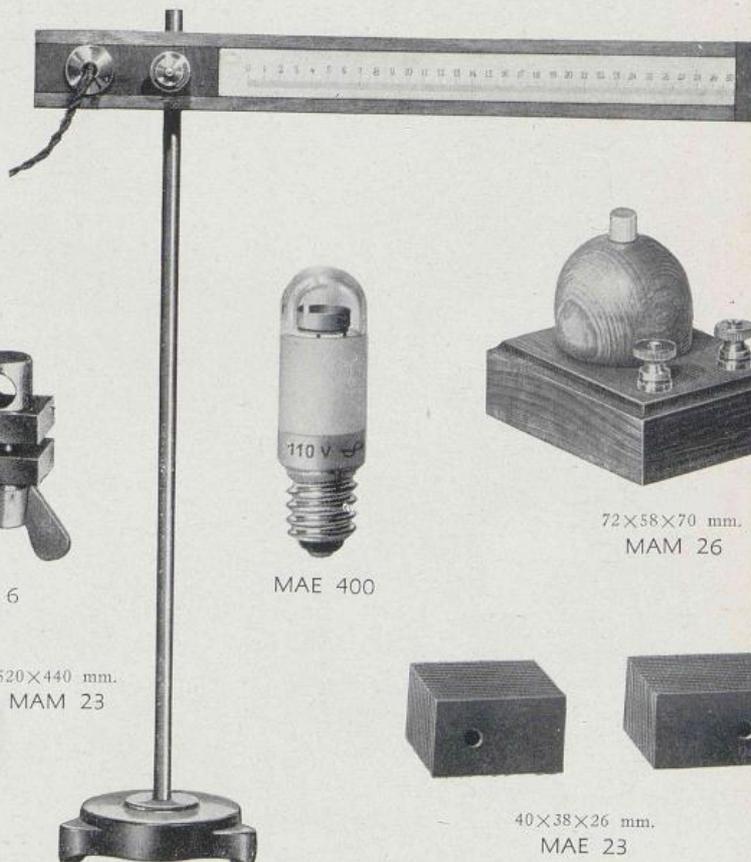
MAO 2, 3, 4, 5,



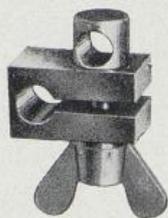
55 mm. d = 125 mm.
MAM 17



180×35 mm.
MAE 82



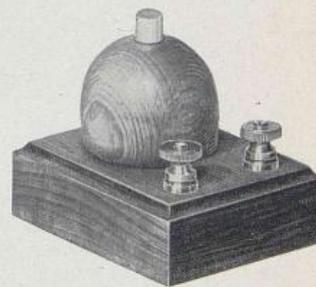
72×58 mm.
MAM 18



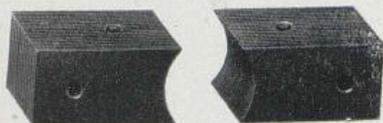
MAO 6



MAE 400

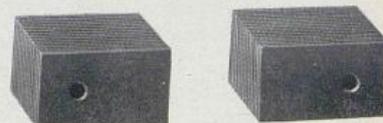


72×58×70 mm.
MAM 26

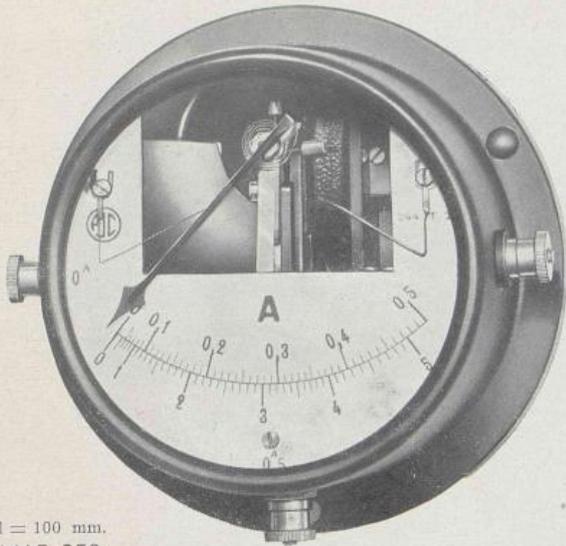


45×36×26 mm.
MAE 25

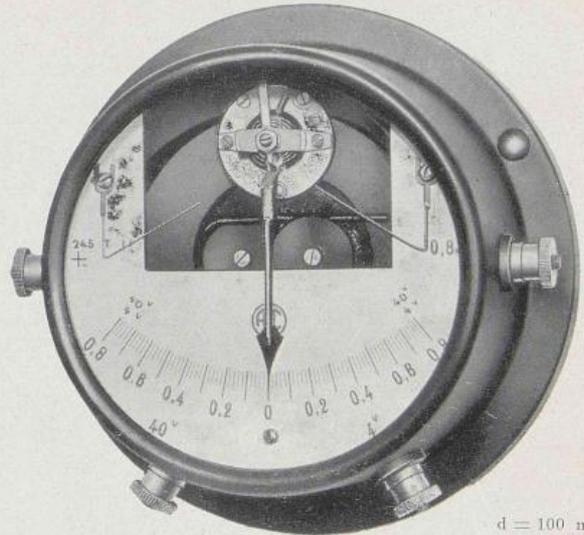
520×440 mm.
MAM 23



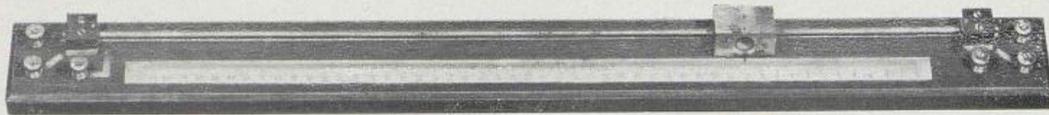
40×38×26 mm.
MAE 23



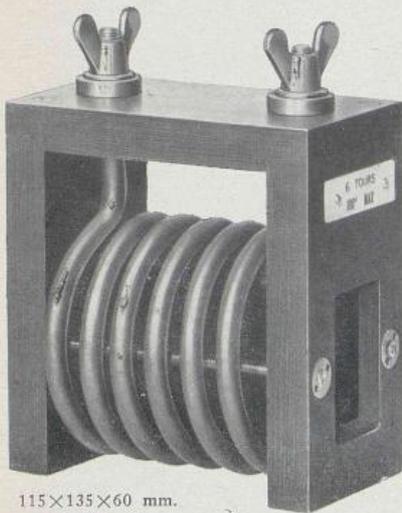
d = 100 mm.
MAE 250



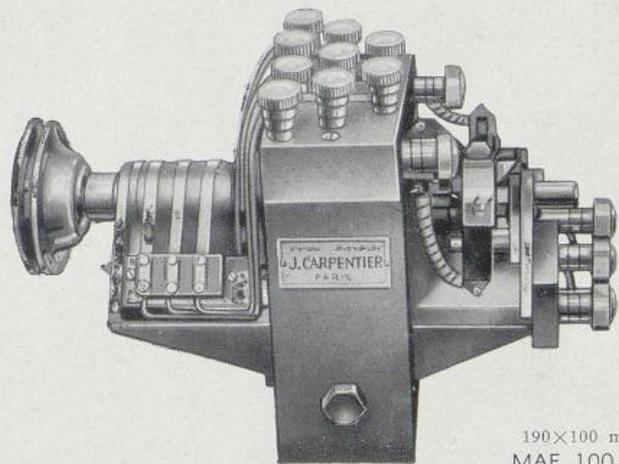
d = 100 mm.
MAE 253



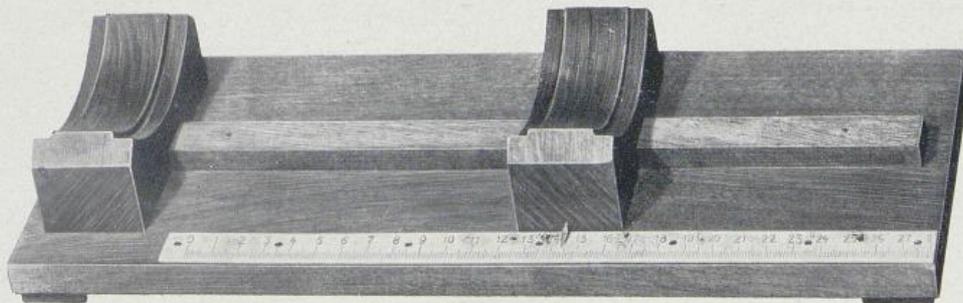
680×65×45 mm.
MAM 31



115×135×60 mm.
MAE 40



190×100 mm.
MAE 100

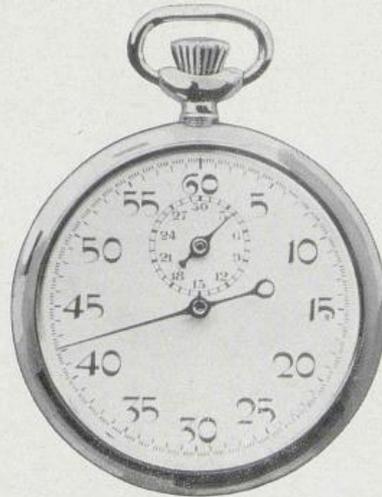


350×140×60 mm.
MAM 29

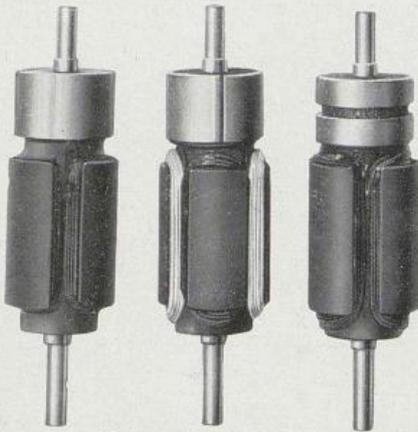




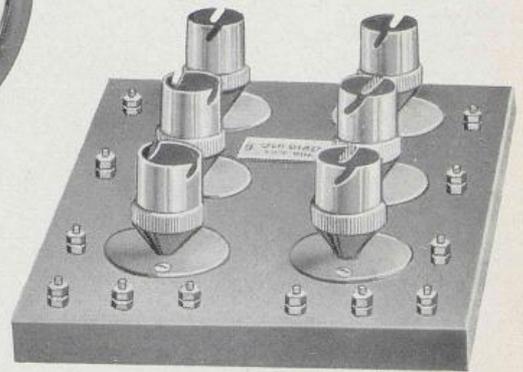
200 mm. d = 30 mm.
MAE 301 à 306



d = 45 mm.
MAE 371



95 mm. d = 24 mm.
MAE 64 à 66



MAE 300



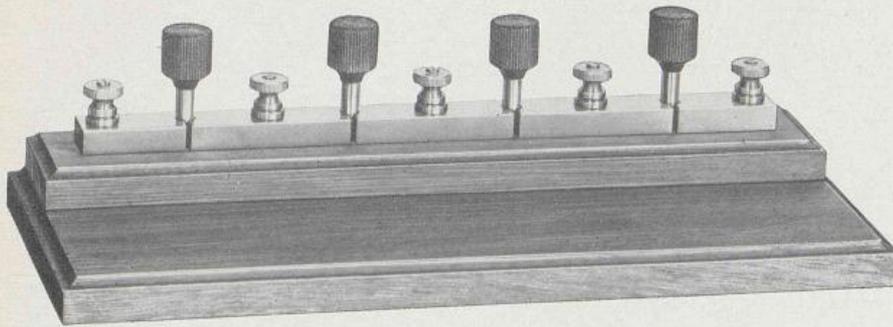
78x40 mm.
MAE 62



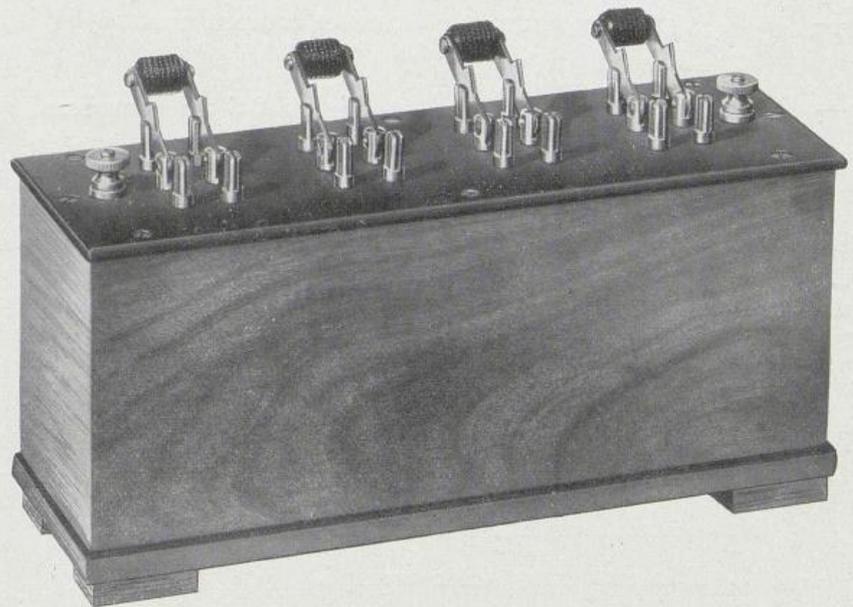
200x100 mm.
MAE 372



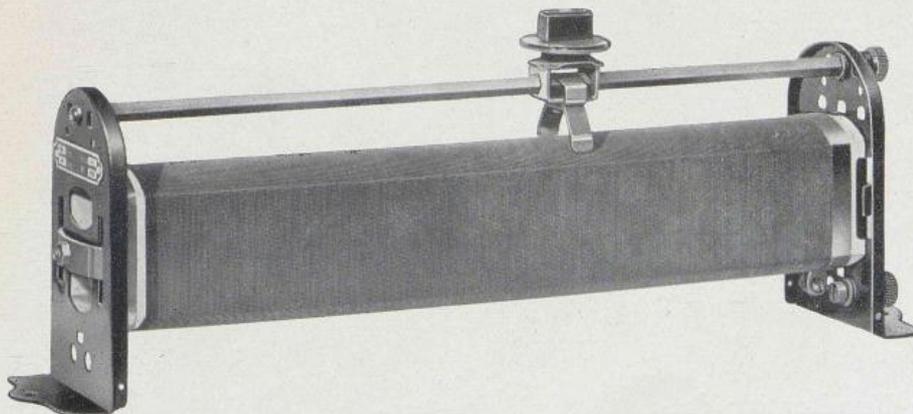
MAE 362



245×100 mm.
MAM 19



225×110×80 mm.
MAE 321-322



400×145 mm.
MAE 310 à 315



LISTE DU MATÉRIEL

Appareils de mesure, boîtier métallique, grand cadran éclairé, intérieur visible

Encombrement : 325 × 415 mm. (Fig. page 7.)

- MAE 1. Milliampèremètre courant continu et courant alternatif (par redresseur) sensibilités : 10-100-1.000 milliampères.
- 2. Shunt extérieur (pour d°) de 1 v. 5 donnant 10 ampères.
- 3. Voltmètre courant continu et courant alternatif (par redresseur) à 3 sensibilités : 1 v. 5 - 15 v.-150 v.
- 4. Galvanoscope courant continu 5-0-5 milliampères.

Transformateur démontable et ses accessoires

- MAE 20. Circuit magnétique fermé avec 2 tiges d'assemblage. (Fig. page 7.)
- 21. Élément droit feuilleté court. (Fig. page 8.)
- 22. Élément droit feuilleté pour spire de Frager. (Fig. page 9.)
- 23. Paire de pôles courts. (Fig. page 10.)
- 24. Paire de pôles tronconiques. (Fig. page 7.)
- 25. Paire de pôles inducteurs pour modèles d'induits. (Fig. page 10.)
- 26. Élément droit fer doux. (Fig. page 8.)
- 27. Élément droit acier trempé.
- 28. Élément droit feuilleté long. (Fig. page 8.)
- 40. Bobine 6 spires. (Fig. page 11.)
- 41. — 200 — (Fig. page 8.)
- 42. — 600 — —
- 43. — 1.200 — —
- 44. — 24.000 — —
- 45. Bobine transformateur pour alimentation de la lanterne MAO 15 (voir recueil Optique). (Fig. page 8.)
- 60. Paires de pinces à souder. (Fig. page 7.)
- 61. Spire creuse avec manche.
- 62. Bobine rectangulaire d'exploration de champ. (Fig. page 12.)

- MAE 63. Support d'induit. (Fig. page 7.)
- 64. Induit courant continu - collecteur à 2 lames. (Fig. page 12.)
- 65. — — — 4 lames. (Fig. page 12.)
- 66. — alternatif. (Fig. page 12.)
- 75. Disque de cuivre monté sur pivot pour champ tournant.
- 76. Spire de Frager. (Fig. page 9.)
- 77. Pendule pour l'étude des courants de Foucault s'adaptant sur le support universel et 3 corps pendulaires différents.
- 78. Prise de courant à godets de mercure s'adaptant sur le support universel. (Fig. page 8.)
- 79. Prise de courant pour suspension bifilaire s'adaptant sur le support universel. (Fig. page 8.)
- 80. Aimant fer à cheval. (Fig. page 7.)
- 81. Barreau aimanté.
- 82. Couple thermo-électrique monté sur planchette deux bornes. (Fig. page 10.)
- 100. Dynamo-moteur universelle puissance 50 W. (Fig. page 11.)
- 101. Moteur d'entraînement pour d° 110 volts courant continu, avec accouplement.
- 102. Socle auxiliaire permettant l'accouplement de la dynamo et du moteur.

APPAREILLAGE POUR LES TRAVAUX PRATIQUES

Appareils de mesure, diamètre 100 mm., boîtier métallique et intérieur visible
(Fig. page 11.)

- MAE 250. Ampèremètre électromagnétique courant continu et courant alternatif, deux sensibilités : 0-0,5 A et 0-5 A. Résistance sur 0,5 A : env. 8 Ω 5 ; résistance sur 5 A : env. 0 Ω 1.
- 251. Voltmètre courant continu et courant alternatif, deux sensibilités : 0-3 et 0-150 volts. Résistance sur 3 V : environ 3 Ω 5. Résistance sur 150 V : environ 6.000 Ω .
- 253. Galvanoscope, trois sensibilités : 0,8-0-0,8 MA, 4-0-4 V, 40-0-40 V. Résistance sur 0,8 MA : environ 100 Ω ; résistance sur 40 V : environ 50.000 Ω .
- 254. Compteur courant alternatif 110 volts, 5 ampères.
- 255. Compteur courant alternatif 110 volts, 5 ampères, avec face avant vitrée.

Appareils divers pour expériences d'électricité

- MAE 300. Rhéostat à 6 lampes monté sur planchette bois (douilles à baïonnette ou à vis sur demande). (Fig. page 12.)

Résistances fixes avec pattes de fixation et réglage de la résistance par collier
(Fig. page 12.)

- | | | | | |
|----------|------|------|--------|-----|
| MAE 301. | 4150 | ohms | 0 amp. | 2. |
| — 302. | 1010 | — | 0 — | 5. |
| — 303. | 180 | — | 1 — | 15. |
| — 304. | 47 | — | 2 — | 4. |



- MAE 305. 7,4 ohms 5 amp. 8.
 — 306. 2 — 11 — 4.
 — 307. Collier de réglage supplémentaire.

Rhéostats à curseur à main potentiométriques

- MAE 310. 6400 ohms 0 amp. 3. (Fig. page 13.)
 — 311. 1100 — 0 — 70. —
 — 312. 262 — 1 — 6. —
 — 313. 32 — 4 — ». —
 — 314. 12 — 8 — 5. —
 — 315. 3,2 — 12 — 5. —
 — 316. Carter de protection.
 — 321. Boîte de capacités à clés n° 1 (1 à 10 mfd). (Fig. page 13.)
 — 322. — — n° 2 (0,1 à 1 mfd). (Fig. page 13.)
 — 350. Batterie d'accumulateurs - 3 éléments cadmium-nickel 40 AH.
 — 360. Élément Fery (complet avec sel).
 — 362. Pile Daniell. (Fig. page 12.)
 — 370. Compte-tours à 4 chiffres, boîtier noir, deux axes, avec remise à zéro, écrin et accessoires.
 — 371. Chronoscope graduation au 1/5° de seconde totalisant 30 minutes, départ, arrêt et remise à zéro par pressions successives sur la couronne, modèle incassable monté sur pare-choc. (Fig. page 12.)
 — 372. Goniomètre. (Fig. page 12.)
 — 380. Ecouteur téléphonique bobiné spécialement à 200 ohms sans cordon.
 — 390. Bouilloire électrique 110 v., 300 w., 1/2 litre.
 — 400. Lampe au néon 110 volts, filament à spiral. (Fig. page 10.)

SUPPORTS (Fig. page 10.)

- MAO 1. Plateau triangulaire en fonte vernie noir et sa tige de 600 mm. de longueur en acier parkerisé (diamètre : 15 mm.).
 — 2. Tige en acier parkerisé de 1 mètre (diamètre : 10 mm.).
 — 3. — — — 500 mm. —
 — 4. — — — 250 mm. —
 — 5. Noix d'assemblage en laiton nickelé pour assemblage de deux tiges de 10 mm. de diamètre.
 — 6. Noix d'assemblage pour une tige de 10 mm. et une de 15 mm.

INSTRUMENTS DE MESURES ELECTRIQUES

- MAM 16. Bobines de résistance, fil manganin, socle noyer à 2 bornes. Les bobines courantes ont des valeurs de 1 à 5.000 ohms de la série 1, 2, 5. (Fig. page 9.)
- 17. Bobine de self-induction étalonnée de 0,1 henry (sans noyau de fer), résistance : 50 ohms environ. (Fig. page 10.)
- 18. Clé à 1 contact. (Fig. page 10.)
- 19. Combinateur à 4 bobines. (Fig. page 13.)
- 23. Echelle de galvanomètre, règle celluloïd de 300 divisions de 1 mm., hauteur réglable, spot lumineux obtenu par une lampe de 2 volts (MAM 27). (Fig. page 10.)
- 24. Galvanomètre de manipulation, en boîtier métallique avec glace à l'avant ; un courant de 1.300×10^{-10} ampère déplace le spot d'une division de l'échelle placée à 1 mètre. (Fig. page 8.)
- 26. Interrupteur. (Fig. page 10.)
- 27. Lampe 2 volts à filament rectiligne.
- 29. Planchette à glissière graduée permettant de former une self variable à l'aide de deux bobines étalonnées de 0,1 henry. (Fig. page 11.)
- 30. Pont à fil - fil de 50 cm. - résistance 0,8 ohm.
- 31. Pont double à curseur - curseur à 2 contacts se déplaçant respectivement sur un fil de résistance de 1 ohm et une barre de 0,01 ohm et index se déplaçant devant une règle divisée en millimètres. (Fig. page 11.)
- 36. Faisceau de fil de fer doux pour bobine de self. (Fig. page 9.)
- 38. Ampèremètre thermique, sensibilité 1 ampère avec shunts 2 et 5 A.
- 40. Voltampèremètre de projection complet en coffret comprenant : (Fig. page 9.)
- 41. Voltampèremètre ;
- 42. Boîte de transport ;
- 43. Shunt universel ;
- 44. Résistance additionnelle.
- 45. Couple thermoélectrique ;
- 46. Cellule photoélectrique ;
- 47. Redresseur ;
- 48. 2 paires de cordons ;
- 49. 8 jacks de prise de courant ;
- 50. 3 tiges de montage.



CARACTÉRISTIQUES DU TRANSFORMATEUR DÉMONTABLE



Bobines du transformateur démontable

Bobines	Résistances	Self (sans fer)	Courant maximum en régime permanent	Courant maximum pendant la durée d'une exp.	Tension normale en courant continu	Tension norm en courant 50~ (barreau MAE 28)	Tension norm. en courant 50~ circuit MAE 20 ouvert	Tension norm. en courant 50~ circuit MAE 20 fermé
	Ohms	Millihenry	Ampères	Ampères	Volts	Volts	Volts	Volts
MAE 40 6 spires	0,001	"	100	400	"	"	"	1
MAE 41 200 spires	0,35	0,9	3	10	1	12	15	40
MAE 42 600 spires	3,5	8	1	3	4	40	50	120
MAE 43 1200 spires	15	32	0,5	1,5	8	75	100	250
MAE 44 24000 spires	8000	12000	0,02	0,06	200	1000	1500	5000
MAE 45 transform.	500 _{sp=4ⁿ} 29 _{sp=0ⁿ2}	<i>Avec le circuit MAE 20 ; primaire 500 tours alimenté sous 110V 50 ~ ; le secondaire fournit 6V-25 A maximum</i>						

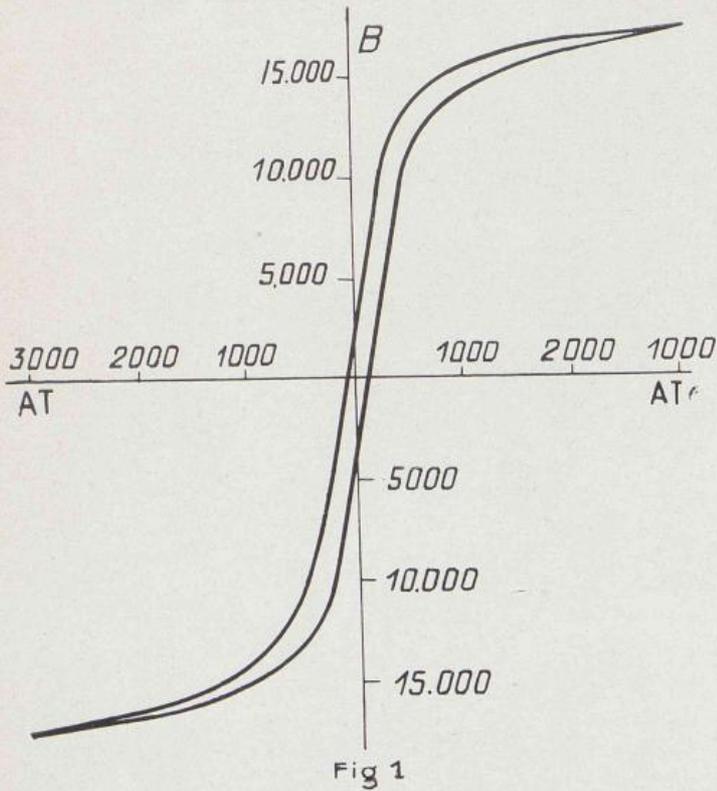
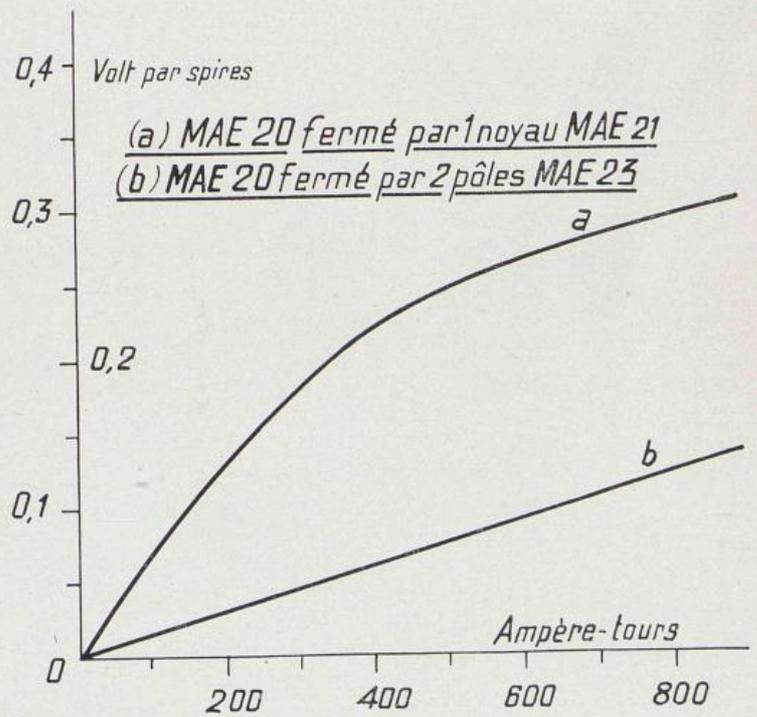


FIG. 1
TRANSFORMATEUR DE
MANIPULATION.
COURBE D'HYSTÉRÉSIS
(FER DOUX).

FIG. 2
CARACTÉRISTIQUES EN
COURANT 50 \sim DU
CIRCUIT MAE 20 AVEC
UNE BOBINE MAE 40
A MAE 45.



TITRE I

◆
MAGNÉTISME - ÉLECTROMAGNÉTISME
◆

EXPERIENCE I

SPECTRES MAGNETIQUES

Matériel. — Aimant MAE 80 - Circuit magnétique MAE 20 - Bobine MAE 43 - Élément droit MAE 28.

Expérience (fig. 3). — On se servira de feuilles de papier rigide d'un format de 200×300 mm. environ.

Pour l'étude des spectres magnétiques du transformateur, on découpera un trou de 80×105 mm. environ pour le passage de la bobine; la feuille de papier devant être appliquée contre le noyau de fer.

Les principaux spectres intéressants sont donnés par :

- a) Barreaux d'acier trempé et aimanté; forme droite ou en U.
- b) Bobine seule, bobine avec noyau droit.
- c) Bobine avec circuit en U (ouvert et fermé).
- d) Circuit magnétique en forme de tore.

On peut tirer de l'étude des spectres ainsi obtenus de nombreux enseignements, et par exemple montrer :

- L'analogie des spectres magnétiques et électromagnétiques.
- Les actions des masses magnétiques (attraction ou répulsion) à l'aide des spectres obtenus en opposant deux aimants (a) les pôles de même nom face à face, et (b) les pôles de noms contraires vis-à-vis.
- A l'aide du circuit magnétique ouvert, puis fermé, que les fuites diminuent quand on ferme un circuit magnétique.



A l'aide de deux tôles en fer doux ayant la forme d'un anneau sur lequel on a enroulé régulièrement quelques spires de fil parcouru par un courant, montrer que la limaille n'est pas attirée; on a réalisé un aimant sans pôle, sans magnétisme libre. Pour constater une aimantation, il faut couper l'anneau.

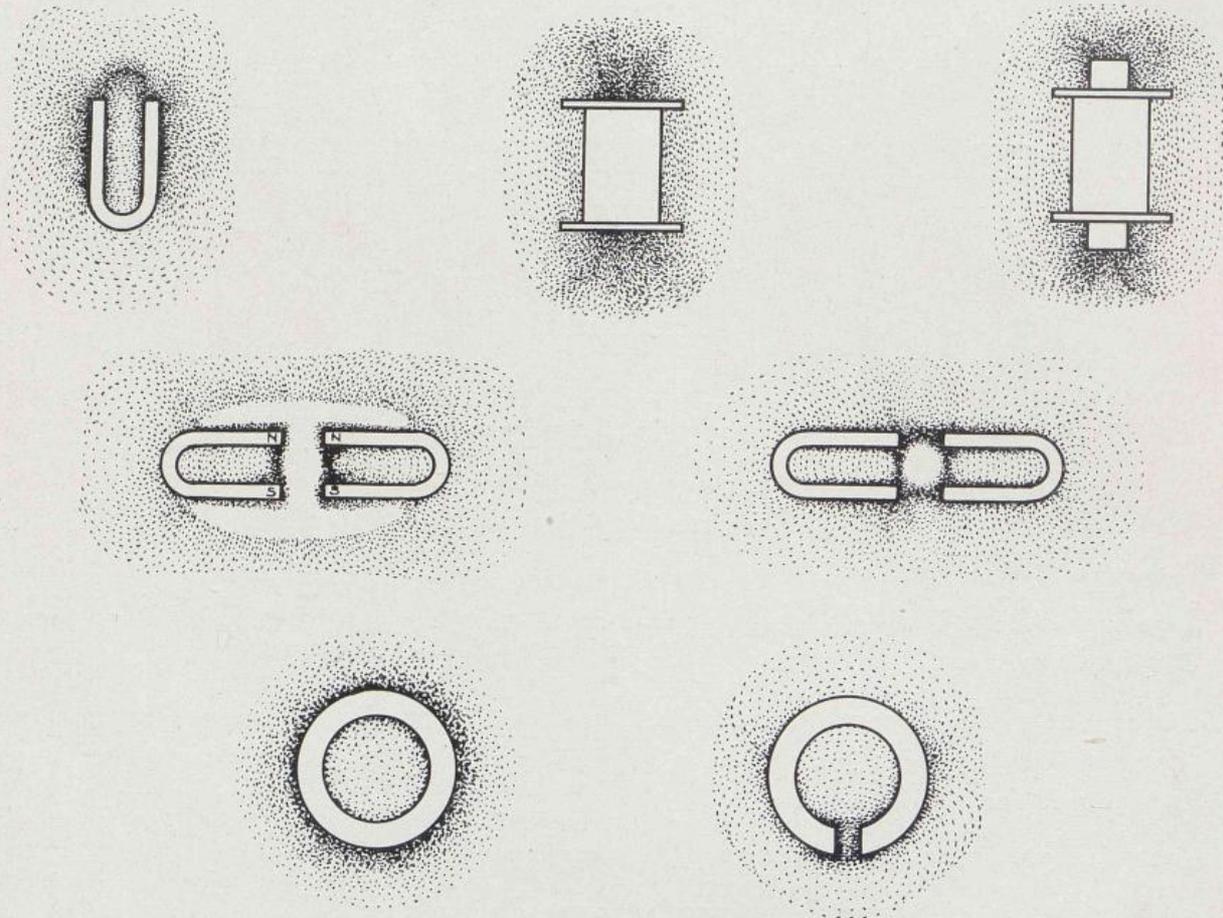


FIG. 3.

Dans le premier cas le plan de la coupure est parallèle aux lignes d'aimantation donc pas de magnétisme libre; dans le deuxième cas, le plan de la coupure est perpendiculaire à ces lignes, on obtient deux pôles qui attirent la limaille (voir figure 3).



EXPERIENCE II

ELECTRO - AIMANT

Matériel. — Aimant MAE 80 - Circuit magnétique MAE 20 - Bobine MAE 43 - Eléments droits MAE 21 - MAE 26 et MAE 27 - Rhéostat MAE 311.

Expérience (fig. 4). — Les éléments droits MAE 21 portent un trou taraudé de 4 mm. qui permet de suspendre un crochet pouvant supporter les poids.

Constater que la force portante d'un électro croît rapidement avec l'intensité qui parcourt la bobine magnétisante. (Le poids moyen d'un noyau droit MAE 21 est de 750 gr. environ.)

En ajoutant des feuilles de papier entre les deux noyaux droits, constater que la force portante diminue très rapidement si on augmente l'entrefer.

Constater le magnétisme rémanent du noyau acier.

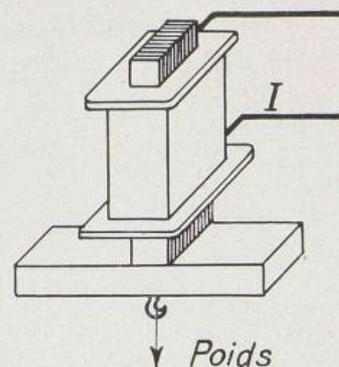


FIG. 4.

EXPERIENCE III

ETUDE D'UN CHAMP MAGNETIQUE - POLARITE D'UNE BOBINE

Matériel. — Eléments MAE 21 et MAE 27 - Aimant MAE 80 - Ampèremètre MAE 250 - Bobines MAE 41 et 43 - Rhéostat MAE 311 - Boussole.

Expérience (fig. 5). — La bobine, la boussole et l'aimant doivent être dans un même axe (dirigé de préférence dans la direction Est-Ouest).

Constater que la déviation de la boussole augmente lorsque l'on fait croître l'intensité magnétisante ou le nombre de tours.

Elle augmente aussi si on rapproche la bobine de la boussole.

Elle diminue énormément si on enlève le noyau de fer de la bobine magnétisante (perméabilité). Elle subsiste si, après avoir introduit le noyau d'acier, on coupe le courant magnétisant (Rémanence).

Elle s'inverse si on change le sens du courant; les faces d'une bobine parcourue par un courant ont une polarité, la bobine est assimilable à un aimant droit.

EXPERIENCE IV

GALVANOMETRE DEPREZ - CARPENTIER

Matériel. — Mêmes appareils que pour l'expérience précédente.

Expérience. — On peut profiter de l'expérience précédente pour mettre en évidence les caractéristiques du Galvanomètre Deprez-Carpentier (fig. 5).

- Montrer que la déviation augmente quand on augmente le courant (couple actif), et qu'elle augmente quand on éloigne l'aimant car on diminue le couple de rappel à zéro.
- Montrer la grande sensibilité obtenue en enlevant l'aimant : l'aiguille de la boussole est alors seulement ramenée au zéro par le champ terrestre.



— En inversant le courant dans la bobine, la déviation change de sens. Le Galvanomètre D.C. est donc polarisé.

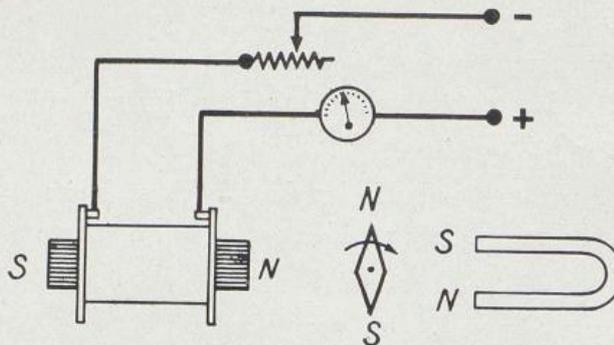


FIG. 5.

EXPERIENCE V

INDUCTION REMANENTE ET CHAMP COERCITIF

Matériel. — Deux bobines 1.200 tours MA 43 - Noyau droit fer doux MAE 26 - Élément droit acier MAE 27 - Ampèremètre MAE 1 ou MAE 250 - Rhéostat MAE 311 - Inverseur - Clous ou épingles.

Expérience (fig. 6). — Les 2 barreaux ayant des dimensions identiques et étant soumis à des champs égaux (bobines identiques parcourues par le même courant) on peut admettre que le nombre de clous qui restent attirés renseigne sur la valeur respective de l'induction dans les barreaux.

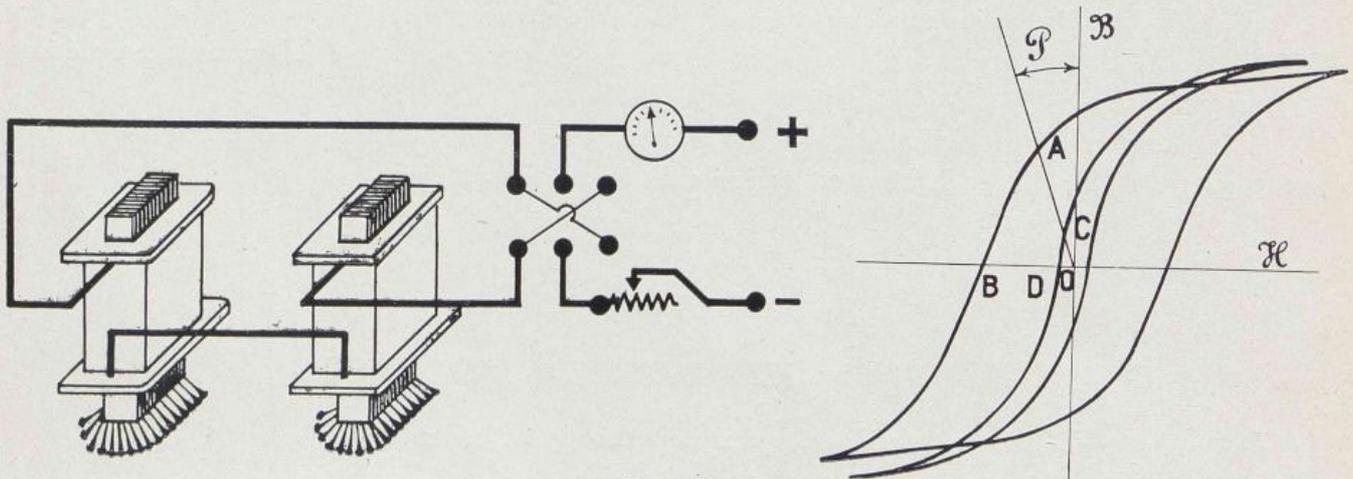


FIG. 6.

- On montrera que l'induction dans les barreaux croît avec le courant qui traverse les bobines.
- Si on coupe le courant, les clous, attirés par le noyau fer doux, tombent tandis qu'un certain nombre de clous restent attirés par le noyau d'acier (induction rémanente O A).

— En inversant le courant on montrera qu'il faut augmenter l'intensité jusqu'à une certaine valeur pour que les clous attirés par le noyau d'acier tombent tous : cette intensité correspondant au champ coercitif $O B$ du noyau d'acier.

NOTA. — Préalablement, on démagnétisera le noyau d'acier en faisant parcourir la bobine de 1.200 tours par un courant de 1 à 2 ampères que l'on réduira progressivement jusqu'à zéro.

En se servant de la limaille de fer au lieu de clous, on peut montrer que le noyau de fer doux conserve une induction rémanente $O C$ et un champ coercitif $O D$ ayant des valeurs beaucoup plus faibles que $O A$ et $O B$.



EXPERIENCE VI

CYCLE D'HYSTERESIS

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Barreau droit fer doux MAE 26 - Barreau droit acier trempé MAE 27 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Bobine exploratrice MAE 62 - Galvanomètre de manipulation MAM 24 - Rhéostats MAE 311 et MAE 312 - Ampèremètre MAE 1 ou MAE 250 - Inverseur - Interrupteur.

Expérience (fig. 7). — On peut, en disposant la bobine exploratrice comme il est indiqué sur la figure, étudier le cycle d'hystérésis d'un noyau droit.

Le tracé du cycle se fait facilement par la méthode d'Ewing.

On transformera pour cela le galvanomètre de manipulation en galvanomètre balistique G en ajoutant les 2 boules en plomb au cadre mobile.

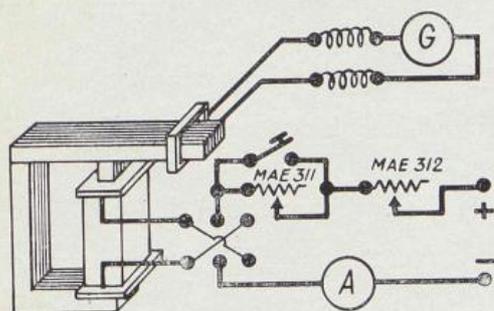


FIG. 7.

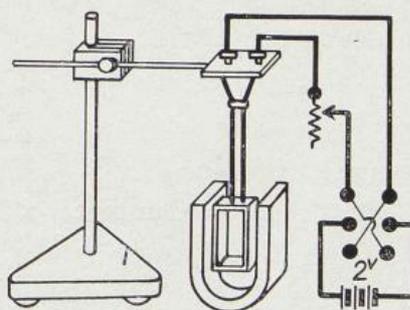


FIG. 8.

EXPERIENCE VII

GALVANOMETRE A CADRE MOBILE DEPRESZ - D'ARSONVAL

Matériel. — Aimant MAE 80 - Bobine d'exploration MAE 62 - Support universel MAO 1 - Support à 2 bornes MAE 79 - Rhéostat - Inverseur.

Expérience (fig. 8). — On peut constater :

- 1° Que l'angle de rotation du cadre augmente avec l'intensité.
- 2° Qu'il croît lorsque l'on introduit un morceau de fer à l'intérieur de la bobine.

3° Que la déviation change de sens quand on inverse le courant.

4° Si on inverse rapidement plusieurs fois le courant (courant alternatif) la déviation reste nulle.

En repérant à l'avance, à l'aide d'une boussole, les pôles de l'aimant et ceux de la bobine, montrer que, quel que soit le sens du courant qui parcourt la bobine, celle-ci tend toujours à se placer de façon à recevoir le maximum de flux magnétique par la face négative.



EXPERIENCE VIII

ELECTRODYNAMOMETRE

Matériel. — Support universel MAO 1 - Support de prises de courant MAE 79 - 2 bobines 600 tours MAE 42 - Bobine exploratrice MAE 62 - 2 noyaux MAE 21 - Rhéostats MAE 311 et MAE 312.

Expérience (fig. 9). — L'expérience peut être faite avec ou sans les noyaux feuilletés. L'appareil est plus sensible si les noyaux sont en place.

Constater, en manœuvrant les rhéostats R_1 et R_2 , que la déviation de la bobine mobile augmente quand on fait croître l'un des courants I et i et qu'elle s'inverse si l'un d'eux change de sens, la déviation ne s'inversant pas si on inverse à la fois les deux courants (emploi en courants alternatifs). La déviation peut être supposée :

$$d = Cte \times I \times i$$

a) MESURE D'UNE PUISSANCE. — Si on maintient constante la valeur du rhéostat R_1 le courant i ne dépend que de la tension U .

$$d = Constante \times U \times I \text{ (Wattmètre électrodynamique).}$$

b) MESURE D'UNE TENSION. — Si on maintient invariables les rhéostats R_1 et R_2 pour la même raison que précédemment

$$d = Constante \times U_2 \text{ (Voltmètre électrodynamique).}$$

c) MESURE D'UNE INTENSITÉ. — Si les deux bobines 600 tours sont mises en série avec la bobine mobile $I = i$ et

$$d = Constante \times I_2 \text{ (Ampèremètre électrodynamique).}$$

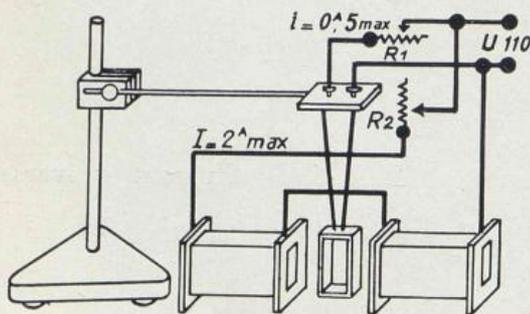


FIG. 9.

Montrer qu'en b) et c) la déviation ne change pas si on inverse la tension ou l'intensité; les quantités mesurées peuvent donc être alternatives.

En comparant avec l'expérience précédente, montrer que l'action reste de même nature lorsque le champ agissant est créé :

- soit par un aimant,
- soit par une bobine,
- soit par un électro-aimant.

TITRE II

INDUCTION

EXPERIENCE IX

LOIS DE L'INDUCTION

Matériel. — Transformateur démontable MAE 20 - Bobine 1.200 spires MAE 43 - Aimant MAE 80 - Bobine exploratrice MAE 62 - Ampèremètre MAE 1 ou 250 - Galvanoscope MAE 253 - Interrupteur - Inverseur - Rhéostat MAE 311.

Expérience (fig. 10). — *a)* Régler le courant I à 0,5 ampère et introduire rapidement la bobine exploratrice dans la branche libre de l'électro :

On observe une déviation notable du Galvanomètre.

On observe une élongation égale et de sens inverse en retirant la bobine.

Si on ramène à 0,25 ampère l'intensité dans la bobine de l'électro, on observe des élongations sensiblement deux fois plus petites que les précédentes.

Les déviations doublent de valeur :

— si on retire la bobine et si on la remet en place rapidement en la retournant (cette manœuvre correspond à deux variations de flux ayant toutes deux le même sens).

Une f.e.m. induite correspond à toute variation du flux embrassé par la bobine; elle est proportionnelle à cette variation : $E = dF$.

b) Les élongations observées sont égales si, au lieu d'enlever la bobine d'exploration, on coupe le courant I .

On peut donc obtenir une f.e.m. induite, soit à l'aide d'un mouvement relatif de l'induit par rapport à l'inducteur (machines tournantes), soit au repos à l'aide d'une variation de flux due à une variation d'intensité (transformateurs statiques).

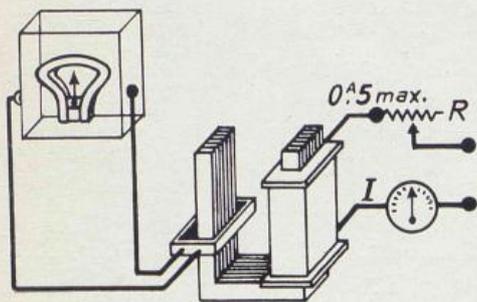


FIG. 10.

c) Mettre le rhéostat R à sa valeur maxima, introduire la bobine exploratrice et fermer le circuit magnétique à l'aide d'un barreau droit.

Diminuer lentement la valeur du rhéostat : on constatera une déviation permanente du galvanomètre pendant toute la durée de la variation du courant I.

Recommencer l'expérience en diminuant plus rapidement la valeur du rhéostat : on constatera que la déviation du galvanomètre est plus grande que précédemment.

La f.e.m. induite est d'autant plus grande que la variation est plus rapide : elle est inversement proportionnelle au temps :

$$E = -\frac{dF}{dT}$$

d) Recommencer les expériences en remplaçant l'électro par un aimant et montrer l'identité de l'induction produite par un champ magnétique avec celle provenant d'un champ électromagnétique.



EXPERIENCE X

SENS DES COURANTS INDUITS

Matériel. — Transformateur démontable MAE 20 - Bobine 1.200 spires MAE 43 - Support universel MAO 1 - Prise de courant à mercure MAE 78 - 50 centimètres fil cuivre 10/10 - Galvanomètre manipulation - Rhéostats MAE 311 et MAE 313 - Pièces polaires MAE 23 ou MAE 24.

Expérience. — a) Couder et placer le fil de cuivre suivant la figure 11.

Régler le courant de la bobine inductrice à 0,5 ampère et connecter aux 2 prises des godets à mercure un accu de 2 volts par l'intermédiaire d'un rhéostat de 40 ohms.

On constate un déplacement de la tige de cuivre placée dans l'entrefer. Ce déplacement change de sens si on inverse l'un des courants.

En déduire *la règle des trois doigts (action électrodynamique)*, et montrer que cette règle s'applique aux moteurs électriques transformant une énergie électrique en énergie mécanique.

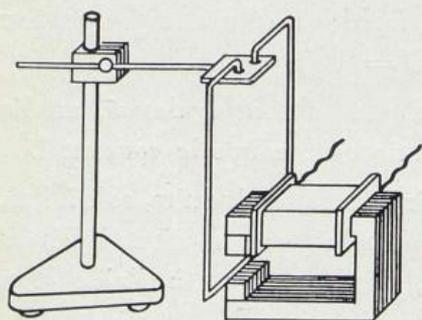


FIG. 11.

b) Relier le galvanomètre balistique à la prise des godets à mercure et faire osciller le fil de cuivre placé dans l'entrefer de l'électro-aimant.

Le galvanomètre oscille et ses déviations suivent les déviations du pendule.

En déduire *la règle des trois doigts concernant l'induction*.

C'est le principe des générateurs électriques : transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.

EXPERIENCE XI

EFFETS DES COURANTS INDUITS

Matériel. — Noyau feuilleté droit MAE 21 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Bobine exploratrice MAE 62 - Support universel MAO 1 - Support à deux bornes MAE 79 - Interrupteur - Rhéostat MAE 312.

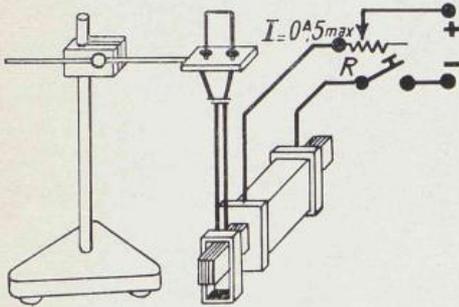


FIG. 12.

En analysant le sens du courant d'induction est tel que ce dernier s'oppose à l'action (variation de flux) qui lui donne naissance.



EXPERIENCE XII

Matériel. — Transformateur démontable MAE 20 - Bobine 1.200 spires MAE 43 - Support universel MAO 1 - Pendule MAE 77 - Interrupteur - Rhéostat MAE 312.

Expérience (fig. 13). — On constate un amortissement notable dans le cas du disque annulaire ou du disque plein alors que l'anneau fendu ne donne aucun amortissement.

L'amortissement croît rapidement avec la valeur du courant I (on peut obtenir un arrêt brusque en exagérant la valeur de I pendant un temps assez court pour ne pas chauffer la bobine).

L'analyse du sens de courant à l'aide de la règle des trois doigts confirme la loi déduite de l'expérience précédente.

Le courant induit change de sens quatre fois par période double d'oscillation, il s'oppose à l'action (mouvement) qui lui donne naissance.

La comparaison des expériences XI et XII montre que les effets des courants d'induction sont identiques, soit que ceux-ci proviennent d'une variation statique de flux, soit d'un mouvement relatif du système induit par rapport au système inducteur.

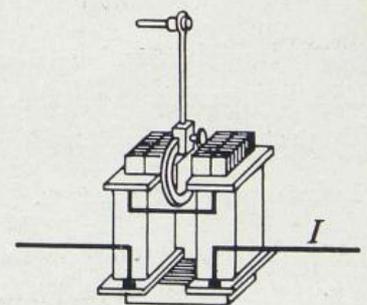


FIG. 13.

EXPERIENCE XIII

INDUCTION : GENERATEURS DE COURANTS

Matériel. — Transformateur démontable MAE 20 - Paire de pôles inducteurs MAE 25 - Support MAO 1 - Induits pour courant continu MAE 63 à MAE 65 - Induit pour courant alternatif MAE 66 - Galvanomètre de manipulation MAM 24 - Rhéostat - Bobine 1.200 tours MAE 43.

Expérience (fig. 14). — Relier les deux prises du support d'induit au galvanomètre de manipulation que l'on transformera en galvanomètre balistique à l'aide de deux boules de plomb.

On placera successivement les trois induits sur le support et on constatera en les faisant tourner :

a) *Induit à courant alternatif à 2 bagues.*

Le spot du galvanomètre se déplace de part et d'autre du zéro (une période simple correspondant à une rotation de $1/2$ tour de l'induit) il y a production de courant alternativement dans un sens puis dans un autre.

En faisant varier le courant, on remarquera que la valeur des élongations augmente avec le champ inducteur.

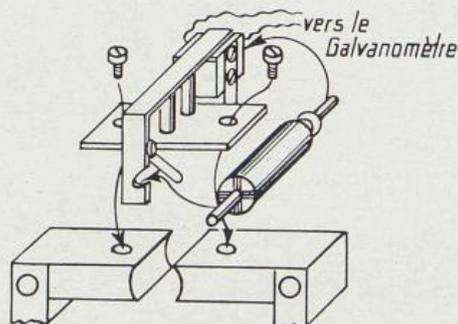


FIG. 14

b) *Induit à courant continu à deux lames.*

Le galvanomètre dévie toujours dans le même sens. En tournant lentement on obtiendra une déviation permanente (shunter au besoin le galvanomètre ou réduire le courant d'excitation si la déviation est trop grande). On constate de légères oscillations autour de la position d'équilibre.

c) *Induit à quatre lames.*

Le résultat est le même que précédemment, mais les oscillations autour de la position d'équilibre ont beaucoup moins d'amplitude.

On peut constater, en faisant varier la vitesse, que la déviation croît lorsque la vitesse augmente.

EXPERIENCE XIV

ETUDE D'UN CIRCUIT MAGNETIQUE

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 1.200 spires MAE 43 - Galvanoscope MAE 253 - Bobine exploratrice MAE 62 - Ampèremètre MAE 1 ou MAE 250 - Aimant MAE 80 - Rhéostat.

Expérience (fig. 15).

a) *Aimant.*

Introduire rapidement la bobine exploratrice entre les branches de l'aimant ou la retirer rapidement (fig. A). Dans les deux cas, la valeur de la déviation du galvanomètre caractérise la valeur du champ dans l'entrefer de l'aimant : $\Phi = \text{Constante} \times H \times S$ ($S = \text{Section de la bobine}$).

Montrer la répartition du champ en plaçant la bobine dans diverses positions par rapport à l'aimant, et constater la diminution énorme du champ si on court-circuite les pôles par un barreau de fer doux.

b) *Aimant.*

Introduire de même la bobine dans la branche de l'aimant jusqu'à la zone neutre (fig. B). La valeur de l'élongation caractérise l'induction dans l'aimant : $\Phi = \text{Constante} \times B \times S$ ($S = \text{Section de l'aimant}$).

Montrer l'augmentation de B quand on court-circuite l'aimant.

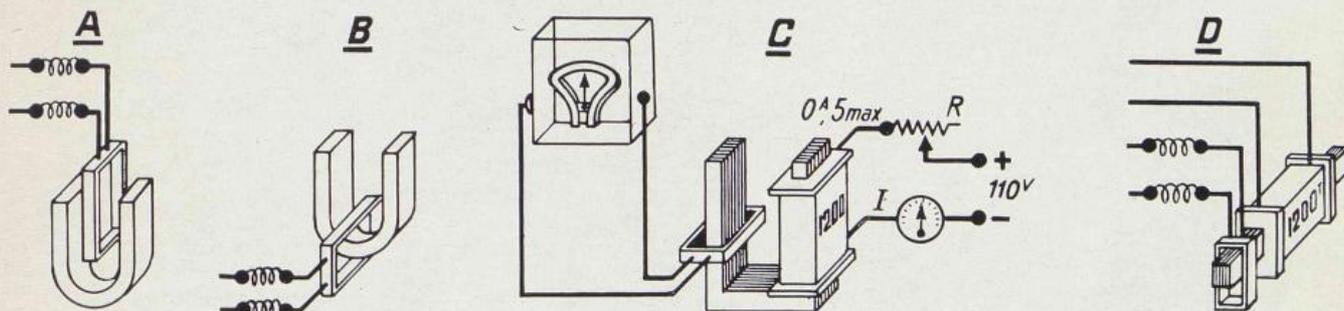


FIG. 15

c) *Electro-aimant.*

Les mêmes expériences peuvent être répétées en mesurant le champ ou l'induction de l'électro-aimant (fig. C). Les mesures faites avec les diverses intensités 0 A 12, 0 A 25, 0 A 5, et avec différentes sortes de pièces polaires (MAE 23 - 24) mettent en évidence que l'induction obtenue croît avec le courant magnétisant et augmente d'autant plus que le circuit magnétique est mieux fermé.

d) *Rémanence.*

L'induction rémanente pourra être mise en évidence en employant le noyau d'acier MAE 27 à la place du circuit magnétique (fig. D); l'élongation obtenue en coupant le courant est beaucoup moins forte que celle que l'on obtient en retirant la bobine exploratrice du noyau d'acier.

EXPERIENCE XV

SELF-INDUCTION

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 600 tours MAE 42 - Lampe au néon 110 volts MAE 400 - Interrupteur.

Expérience. — Réaliser le montage de la fig. 16; on constatera, si le circuit magnétique est bien fermé, qu'en ouvrant le circuit électrique, la lampe au néon s'éclaire pendant un très court moment. La variation du flux magnétique induit, dans la bobine elle-même, une force électromotrice qui atteint plus de 110 volts.

On pourra faire constater cette f.e.m. en faisant toucher à la fois les deux bornes de la bobine. On devra toutefois intercaler dans le circuit de l'accumulateur, un rhéostat MAE 312 dont on diminuera la valeur jusqu'à ce que le choc soit ressenti, mais ne soit pas trop brutal.

On fera constater qu'en ouvrant le circuit magnétique, l'allumage de la lampe est de moins en moins fort. En enlevant peu à peu la bobine du circuit magnétique, on constate que la lampe ne s'éclaire plus.

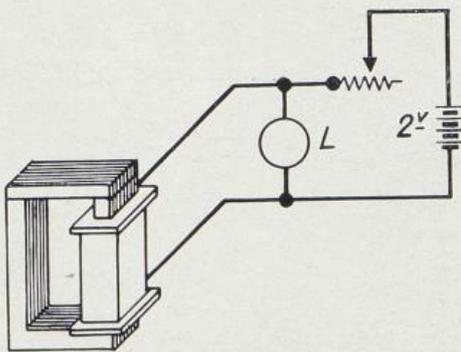


FIG. 16

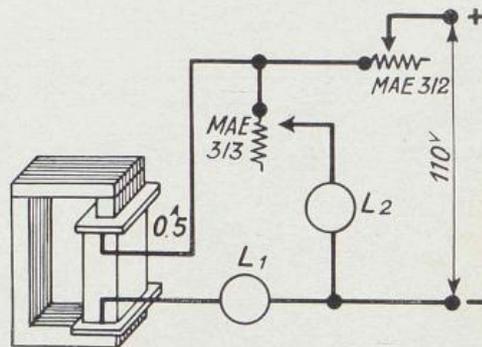


FIG. 17

EXPERIENCE XVI

CONSTANTE DE TEMPS

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Rhéostat MAE 313 - Rhéostat MAE 312 - Support de lampe MAE 300 - Lampes 2 V, 0 A 5 - Interrupteur.

Expérience (fig. 17). — On réglera les rhéostats MAE 312 et MAE 313 de façon à obtenir un éclairage sensiblement égal des deux lampes.

On constatera, en fermant l'interrupteur, que la lampe en série avec la self s'allume en retard par rapport à la lampe en série avec le rhéostat.

Cet effet diminue si on ouvre le circuit magnétique et si on retire la bobine de ce circuit.

La variation de flux produite par le courant crée une f.e.m. qui, s'opposant à la cause qui le produit, contrarie la variation du courant et retarde l'établissement de celui-ci.

TITRE III

◆
COURANTS ALTERNATIFS
◆

GENERATEURS DE COURANTS ALTERNATIFS

Se reporter à l'expérience IX (paragraphe *a*) pour la démonstration du principe des alternateurs.

◆
EXPERIENCE XVII

DEPHASAGE DES COURANTS

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Noyau droit MAE 21 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Condensateur variable 10 microfarads MAE 321 - Ampèremètre MAE 1 ou MA 250 - Support de lampe MAE 300 - Rhéostat MAE 302 ou 311 - Lampes (2 volts - 0 A 5).

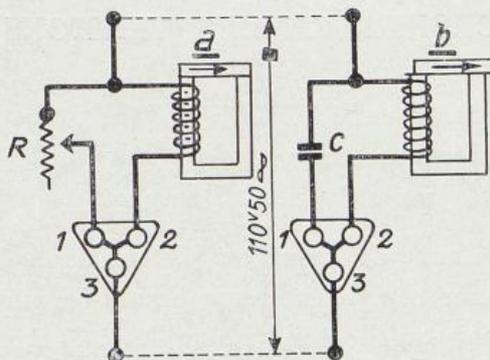


FIG. 18

Expérience (fig. 18). — Réaliser le montage (*a*).

1°) Montrer, en mettant l'ampèremètre (sensibilité 0,5 ampère) en série avec la lampe 2, que l'intensité parcourant la bobine de l'électro augmente au fur et à mesure que l'on ouvre le circuit magnétique (déplacer lentement le noyau droit dans le sens de la flèche);

La valeur de l'impédance de la bobine est d'autant plus grande que le circuit magnétique est plus fermé.

2°) Régler la position du noyau droit de façon que $I_2 = 0,3$ ampère. Mettre l'ampèremètre en série avec la lampe 1 et régler la valeur du rhéostat R de sorte que $I_1 = 0,3$ ampère et constater, en mettant l'ampèremètre en série avec la lampe 3, que l'intensité totale n'est pas égale à la somme des intensités : $I_1 + I_2$, mais voisine de $I_1 \sqrt{2}$ ou de $I_2 \sqrt{2}$; les deux intensités I_1 et I_2 ne sont pas en phase mais sensiblement décalées de 90 degrés.

3°) Mettre en évidence le décalage en avance, en remplaçant la self par la boîte de capacité (afin de ne pas griller les lampes introduire les capacités 1, 2, 2 et 5 microfarads une à une).

4°) Réaliser le schéma de la fig. 18. Le circuit magnétique étant complètement fermé, introduire une à une les capacités 1 + 2 + 2 + 5 microfarads. On constatera que les lampes 1 et 3 brillent, la lampe 2 restant éteinte. Déplacer lentement le noyau droit dans le sens de la flèche et constater que, peu à peu, la lampe 2 s'allume et la lampe 3 s'éteint.

Pour une position déterminée du noyau, les lampes 1 et 2 brillent également pendant que la lampe 3 est obscure : la somme des courants 1 et 2 est nulle, il y a résonance, les courants 1 et 2 étant en opposition.

Si on continue à déplacer le noyau au-delà de la position de résonance la lampe 3 s'allume à nouveau. L'expérience peut être refaite avec une capacité de 5 microfarads, la résonance aura lieu pour une nouvelle position du noyau droit.



EXPERIENCE XVIII

DEPHASAGE DES TENSIONS

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Noyau droit MAE 21 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Rhéostat MAE 312 - Condensateur variable 10 microfarads MAE 321 - Support de lampe MAE 300 - 5 lampes MAE 400 - 1 lampe 2 volts 0,5 ampère.

Expérience (fig. 19). — Avant de connecter la tension de 110 volts 50 périodes, régler la capacité à 10 microfarads et fermer complètement le circuit magnétique. Régler le rhéostat R de façon que la lampe 5 s'éclaire mais qu'elle soit voisine de la limite d'allumage.

Montrer qu'en déplaçant le noyau droit du circuit magnétique dans le sens de la flèche, la lampe au néon 5 s'éteint alors que les lampes 1, 2, 3 et 4 s'allument. La tension totale 5 n'est pas égale à la somme des tensions 1 + 2 + 3 + 4. La tension aux bornes de la self (1 + 2) est de sens opposé à la tension aux bornes du condensateur (3 + 4).

En continuant à déplacer le noyau, les lampes 1, 2, 3 et 4 passent par un maximum d'éclairement (résonance) puis, peu à peu, s'éteignent alors que 5 se rallume.

Montrer, à l'aide de la lampe L (0,5 amp. 2 v.), que la résonance correspond au maximum du courant dans le circuit résonant.

Attention : Au moment de la résonance, les tensions aux bornes de la self- induction et aux bornes du condensateur sont élevées et peuvent devenir dangereuses surtout si la valeur du rhéostat est peu élevée.

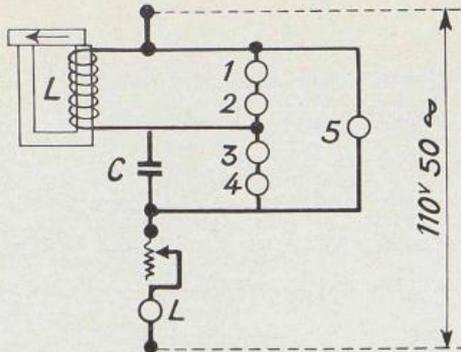


FIG. 19

NOTA. — Les déphasages des tensions peuvent être mis en évidence en utilisant le miroir tournant et des lampes au néon à électrodes centrales MAE 400.

On recouvrira ces lampes d'un capuchon en papier noir, percé d'un trou de 2 mm. environ de diamètre.

L'observation au miroir tournant d'une lampe alimentée par une tension en courant alternatif, donne une série de traits lumineux séparés par une partie obscure de même longueur. Les premiers représentent les alternances positives et les parties obscures figurent les alternances négatives de la tension. L'examen de deux tensions en phase donne par exemple cette représentation :



alors que deux tensions en quadrature seront représentées par :



et qu'une tension triphasée se verra sous la forme :



EXPERIENCE XIX

TRANSFORMATEUR — PRINCIPE

Matériel. — Barreau droit MAE 21 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Bobine exploratrice MAE 62 - Voltmètre de cours MAE 3.



Expérience (fig. 20). — Employer la sensibilité « 15 volts courant alternatif » du voltmètre MAE 3. On constatera, en approchant la bobine d'épreuve, que la déviation du voltmètre est d'autant plus grande que le couplage magnétique est plus fort : un plus grand nombre de lignes de flux traverse la bobine induite.

On fera remarquer que le courant est alternatif en appuyant sur le commutateur « courant continu » du voltmètre : l'aiguille revient à zéro et elle oscille légèrement et rapidement autour de ce point.

En interposant une plaque de fer entre la bobine magnétisante et la bobine induite, on constatera que la déviation du voltmètre diminue fortement : la plaque de fer dérive la plus grande partie des lignes de flux qui ne traversent plus la bobine induite.

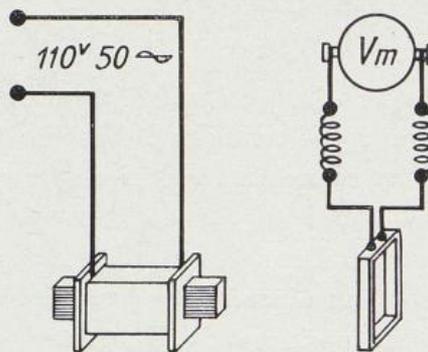


FIG. 20

Interposer, entre les deux bobines, une plaque de cuivre épaisse. On constatera une petite diminution de la déviation. Les courants d'induction, en s'opposant à la cause qui les produit (voir expériences 9 et 10), créent un champ magnétique de sens inverse à celui de la bobine inductrice.

Ce champ induit diminue l'action du champ inducteur (faire remarquer l'échauffement de la plaque de cuivre).

Le sens des courants d'induction peut d'ailleurs être mis en évidence par l'expérience suivante.



EXPERIENCE XX

Matériel. — Noyau droit feuilleté long MAE 28 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Bobine exploratrice MAE 62 - Rhéostat MAE 312.

Expérience. — Le noyau étant vertical (fig. 21) et la bobine d'exploration étant à circuit ouvert on ne constate aucune action.

Si on court-circuite la bobine d'exploration (la connecter par exemple aux bornes de l'ampèremètre MAE 250, sensibilité 5 ampères), on peut constater une répulsion très nette. En diminuant jusqu'à zéro la valeur du rhéostat, on augmente cette action jusqu'à ce que la bobine se soulève et qu'elle se tienne seule dans l'espace (l'ampèremètre indique alors un courant induit de 1 A 5).

La répulsion montre que les deux bobines présentent des pôles de même nom face à face. Les courants sont de sens opposés.

NOTA. — La durée de l'expérience doit être suffisamment courte pour ne pas provoquer un échauffement anormal de la bobine exploratrice.

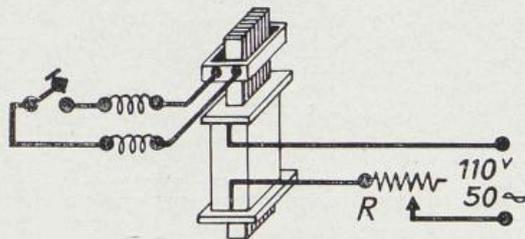


FIG. 21



EXPERIENCE XXI

TRANSFORMATEUR DE TENSION

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Barreau droit MAE 21 - Bobines 6 tours MAE 40 et 600 tours MAE 42 - Voltmètre MAE 3 ou à défaut Voltmètre MAE 251.

Expérience (fig. 22).

1°) Le milliampèremètre MAE 1 peut être utilisé comme voltmètre sur la sensibilité « courant alternatif 0 A, 01 » ; cette sensibilité correspond à une différence de potentiel de 1,5 volt pour toute la déviation (à défaut prendre le voltmètre MAE 251, sensibilité 3 volts).

Le circuit magnétique fermé étant monté avec la bobine de 600 tours (branchée directement sous 110 volts) et la bobine de 6 spires, on vérifiera, en branchant le voltmètre entre une borne et successivement les différentes spires de la bobine « 6 tours », que la tension secondaire est sensiblement égale à $\frac{110}{600} \times N$ volts ($N =$ nombre de spires) et on en déduira que le rapport de transformation $\frac{E_1}{E_2}$ est égal au rapport des nombres de tours.

2°) Monter deux bobines de 600 tours sur le circuit magnétique, connecter l'une d'elles à la tension 110 volts et vérifier avec le voltmètre MAE 3 ou MAE 251 (sensibilité 150 volts) que les

tensions primaires et secondaires sont sensiblement égales. Laissant le voltmètre sur le secondaire, on montrera, en déplaçant le noyau droit du circuit magnétique, que le rapport de transformation n'est exact que si le couplage est parfait (confirmation de l'expérience précédente n° 19).

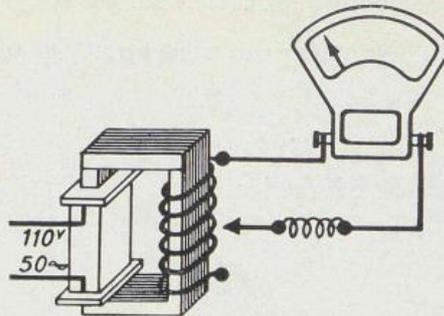


FIG. 22

EXPERIENCE XXII

TRANSFORMATEUR HAUTE TENSION

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 600 tours MAE 42 - Bobine 24.000 tours MAE 44.

Expérience. — Montrer que l'on peut obtenir des hautes tensions à l'aide du transformateur. Employer comme primaire une bobine de 600 tours, 110 volts, 50 périodes et comme secondaire une bobine de 24.000 spires.

(Attention : Danger - 4.500 volts.)

Pour montrer la haute tension obtenue, on peut connecter aux bornes de la bobine secondaire soit des tubes de Geissler ou des lampes au néon. On peut aussi relier aux bornes deux fils ayant la forme de la figure 23.

$$e = 2 a 10^m / m$$

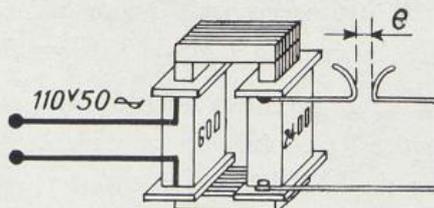


FIG. 23

En approchant une flamme, on ionisera l'air environnant, et on fera amorcer un arc électrique entre les deux fils. Sous l'influence de l'air chaud, l'arc monte. La forme des cornes augmentant la longueur de l'étincelle, l'arc s'éteint pour s'allumer à nouveau. On obtient aussi une série d'étincelles du plus bel effet.

EXPERIENCE XXIII

TRANSFORMATEUR D'INTENSITE

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 1.200 tours MAE 43 et 600 tours MAE 42 - Support de lampe MAE 300 (3 lampes 0,5 amp. - 2 volts).

Expérience (fig. 24). — Régler le rhéostat de façon à obtenir l'éclairage convenable des lampes. Montrer que les trois lampes s'éclairant d'une façon sensiblement égale, le courant secondaire est égal au double du courant primaire : le rapport de transformation est égal au rapport inverse des nombres de tours secondaire et primaire.

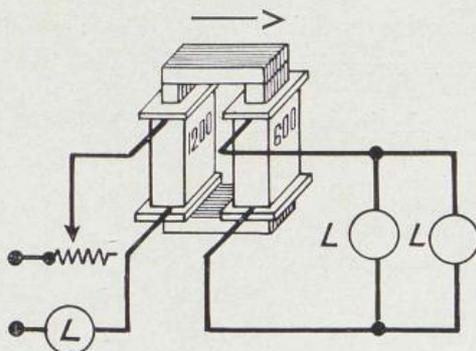


FIG. 24

Montrer que le rapport n'est exact que si le couplage est parfait. Pour cela, déplacer le noyau droit du transformateur dans le sens de la flèche et constater que les lampes du secondaire s'éteignent progressivement alors que l'éclairement de la lampe primaire ne varie pas sensiblement.

Montrer que le transformateur d'intensité permet d'obtenir de gros courants à l'aide des expériences suivantes.



EXPERIENCE XXIV

TRANSFORMATEUR A FORTE INTENSITE

Matériel. — Circuit magnétique MAE 20 - Bobine 600 tours MAE 42 - Bobine 6 tours MAE 40 - Rhéostat MAE 302 ou MAE 311 - Spire creuse MAE 61 - Pincés à souder MAE 60.

Expérience (fig. 25).

a) Court-circuiter les deux bornes de la bobine 6 tours par un fil de cuivre (diamètre entre 0,5 et 2,5 mm). Diminuer la valeur du rhéostat jusqu'à ce que ce fil rougisse puis fonde sous l'effet de la grosse intensité qui le traverse.

b) On peut, à l'aide de cette expérience, montrer le principe des oscillographes bifilaires.

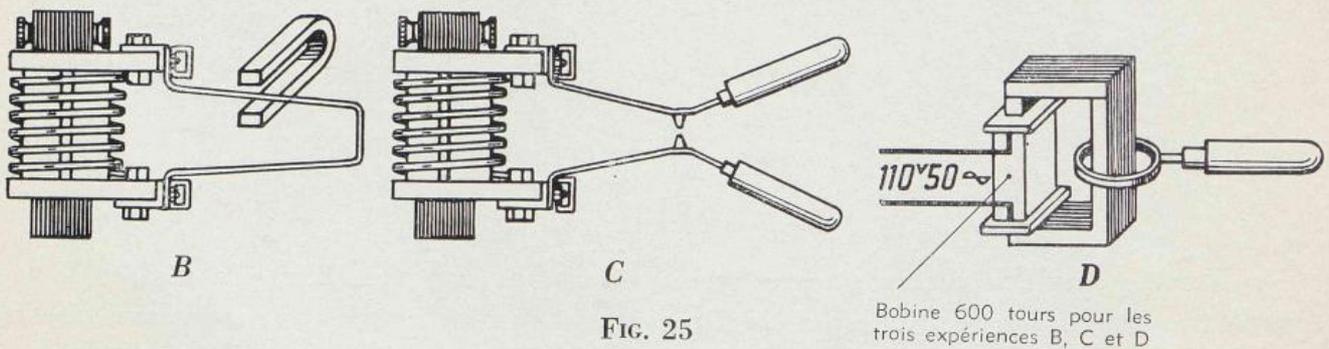
Donner, au fil connecté aux bornes de la bobine 6 spires, la forme indiquée par la figure 25 B, régler le rhéostat jusqu'à ce que ce fil rougisse sans toutefois fondre. Approcher un aimant MAE 80 de façon que le fil soit soumis au champ de l'aimant.

L'action de ce champ sur le fort courant qui parcourt le fil imprime à ce dernier une vibration dont la fréquence est égale à la fréquence du courant. Il suffit d'examiner la vibration à l'aide d'un miroir tournant pour observer une sinusoïde lumineuse dont l'amplitude varie avec le courant. (Placer au besoin, entre le fil et le miroir, un écran de papier percé d'une fente de 5 mm. de large et 30 mm. de long, cette fente étant parallèle au sens de la vibration.

c) Connecter aux bornes de la bobine de 6 spires les deux pinces à souder MAE 60. Préparer quelques plaques minces en métal peu conducteur (tôle en fer, par exemple, de 0,05 à 0,2 millimètre d'épaisseur).

Il suffit de présenter deux lames entre les deux pinces et de serrer un court instant celles-ci (1 à 3 secondes) pour que les deux lames soient soudées en un point. Si les lames sont suffisamment minces, on peut souder 3 ou 4 lames ensemble.

Cette expérience donne le principe de la soudure industrielle par point.



d) Remplacer la bobine de 6 spires par la spire creuse en cuivre rouge MAE 61, placer dans cette spire un morceau de fil ou des grains de plomb ou d'étain. Il suffit d'attendre un court moment pour que l'intensité induite dans la spire creuse chauffe suffisamment celle-ci pour fondre la soudure.

Cette expérience montre le principe des fours à induction.



EXPERIENCE XXV

TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE

Matériel. — 2 circuits magnétiques MAE 20 - 3 bobines 200 tours MAE 41 - 2 bobines 600 tours MAE 42 - 2 bobines 24.000 tours MAE 44 - Voltmètre MAE 3 ou MAE 251 - Support de lampe MAE 300 - Rhéostat MAE 312.

Expérience (fig. 26).

La bobine B1 et la bobine B4 sont deux bobines de 600 tours; B1 est connectée à la tension d'alimentation de 110 volts 50 périodes et B4 est reliée au voltmètre V et au rhéostat de lampe L.

Le rhéostat R et la self L (bobine 200 tours) constituent l'impédance d'une ligne de transmission de puissance.

Mettre deux bobines de 200 tours à la place des bobines B2 et B3, et mesurer la tension aux bornes de B4.

Remplacer les deux bobines de 200 tours par deux bobines de 24.000 tours (**attention, ces bobines donnent une tension de 4.500 volts. Danger**) et mesurer la tension aux bornes de B4.

Cette expérience met en évidence l'utilité des lignes de haute tension pour le transport de l'énergie électrique à des grandes distances et montre que la valeur de la tension choisie s'élève lorsque l'impédance de la ligne croît, c'est-à-dire lorsque la longueur de la ligne augmente.

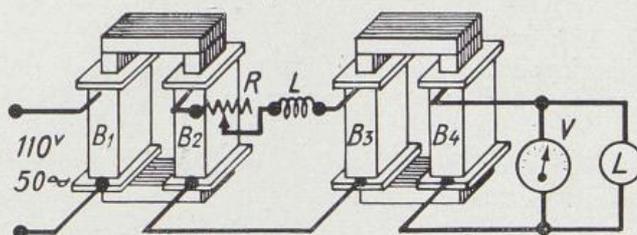


FIG. 26



EXPERIENCE XXVI

CHAMP TOURNANT

Matériel. — 2 noyaux droits MAE 21 (à défaut prendre des noyaux MAE 22 ou MAE 28) - Bobine 600 tours MAE 42 - Bobine 1.200 tours MAE 43 - Disque pour champ tournant MAE 75 - Rhéostat MAE 312 - Ampèremètre MAE 250.

Expérience (fig. 27). — La bobine de 1.200 tours est reliée directement à la tension de 110 V., 50 périodes. La bobine 600 tours est reliée à la même tension par l'intermédiaire d'un rhéostat dont la valeur est réglée de façon que le courant soit voisin de 1 ampère.

Le courant I_2 est fortement déphasé en arrière; alors que le courant I_1 est presque en phase.

Ces deux champs alternatifs créent un champ tournant qui entraîne le disque de cuivre rouge.

Faire remarquer, qu'en inversant le courant dans l'une des deux bobines, on inverse le sens du champ tournant et, par conséquent, le sens de rotation du disque.

On obtient le même effet en faisant tourner l'une des bobines d'un angle de 180 degrés autour du disque.

Montrer que la rotation du disque n'a lieu que si les axes des bobines font un angle différent de zéro ou de 180 degrés.

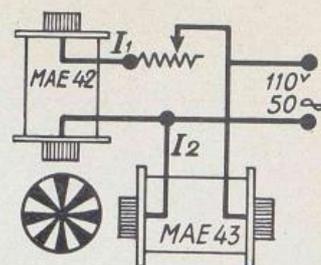


FIG. 27

EXPERIENCE XXVII

MOTEURS TRIPHASES

Matériel. — Trois éléments droits MAE 21 (à défaut prendre des noyaux MAE 22 ou MAE 28) - Trois bobines MAE 41 à 43 - Disque pour champ tournant MAE 75.

Expérience (fig. 28). — On choisira le nombre de tours des bobines employées suivant la valeur de la tension triphasée disponible en se référant au tableau de la page 19 : Tension nominale en courant de 50 périodes, avec un barreau MAE 28.

Pour 110 volts entre phases, on choisira trois bobines de 1.200 tours pour un montage étoile. Ces bobines peuvent encore convenir si la tension est de 110 volts entre phase et neutre mais, dans ce cas, les bobines étant surchargées, la durée de l'expérience sera limitée par l'échauffement des bobinages.

Montrer la rotation rapide du disque dans le sens du champ tournant ; en intervertissant les fils arrivant à deux bobines, on inverse à la fois le sens du champ tournant et le sens de rotation.

Constituer, avec les trois bobines, un montage en triangle (faire attention à l'échauffement des bobines la tension étant 1,7 fois plus élevée) et montrer que le champ tournant existe encore, et qu'il a conservé le même sens que dans l'essai précédent.

Le disque tournant porte sur sa face plane une étoile qui permet l'étude par stroboscopie, en l'éclairant à l'aide d'une lampe au néon branchée sur la tension d'alimentation.

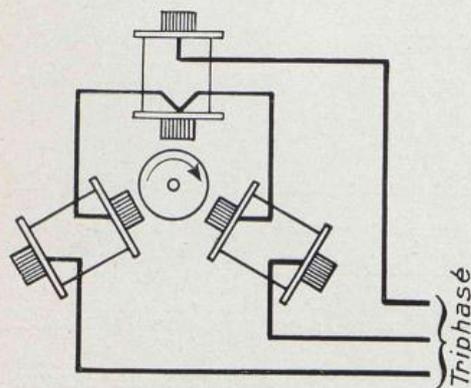


FIG. 28

Cette expérience démontre le principe des moteurs asynchrones triphasés.

En remplaçant le disque par une aiguille aimantée montée sur un pivot placé bien au centre des bobines, on voit l'aiguille, après plusieurs oscillations, se mettre à tourner très vite.

L'étude avec la lampe au néon permet de voir que la vitesse de rotation de l'aiguille est synchrone (principe des moteurs synchrones).

Cette aiguille peut d'ailleurs être ajoutée sur le disque de cuivre; on obtient ainsi un moteur qui, démarrant en moteur asynchrone, s'accroche lorsque la vitesse est arrivée suffisamment près du synchronisme. On constitue ainsi un moteur asynchrone synchronisé identique aux moteurs des pendules électriques synchrones.



EXPERIENCE XXVIII

PRINCIPE DES APPAREILS DE MESURE D'INDUCTION

Matériel. — Bobine 1.200 tours MAE 43 - Noyau droit MAE 22 - Spire de Frager MAE 76 - Disque pour champ tournant MAE 75.

Expérience. — Montrer que si la spire de Frager n'est pas en place, le disque ne tourne pas (fig. 29).

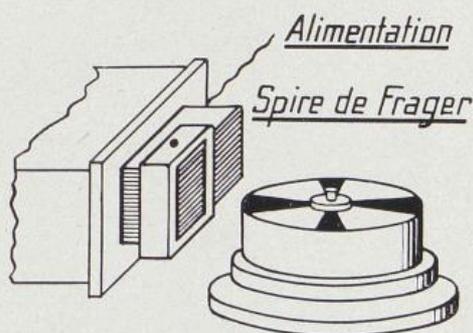


FIG. 29

En plaçant la spire de cuivre autour d'une moitié du noyau le disque tourne dans un sens. (Les courants induits dans la spire décalent la moitié du flux magnétique; la spire joue le même rôle que le rhéostat de l'expérience 27).

Inverser le sens de rotation en mettant la spire de Frager sur l'autre moitié du noyau.

En mettant un rhéostat MAE 312 en série avec la bobine, montrer que la vitesse varie avec l'intensité du courant (principe des compteurs en courants alternatifs).



TITRE IV

◆

INSTRUMENTS ET MESURES DIVERS

◆

1. — VOLTAMPÈREMÈTRE DOUBLE DE PROJECTION (MAM 40)

Cet appareil, robuste et de belle présentation, permet de faire les démonstrations à toute une classe.

Nous attirons particulièrement l'attention de MM. les Professeurs sur **le caractère universel de ce modèle**, qui présente un type réellement nouveau dans le domaine de l'enseignement.

Le voltampèremètre comporte deux équipages mobiles à aiguille avec zéro au milieu de l'échelle. L'un des équipages donne toute sa déviation à gauche et à droite pour 50 microampères. Il est gradué 50-0-50 (25 divisions de part et d'autre du zéro).

Le second équipement donne toute sa déviation pour 20 millivolts. Il est également gradué 50-0-50 (25 divisions de part et d'autre du zéro).

Le voltampèremètre double est livré dans un coffret avec poignée de transport et comporte les accessoires ci-dessous :

- MAM 43 - 1 shunt universel 1 - 5 - 10 - A. ;
- 44 - 1 résistance additionnelle 0,1 - 1 - 10 - 100 - 250 V. ;
- 45 - 1 couple thermoélectrique ;
- 46 - 1 cellule photoélectrique ;
- 47 - 1 redresseur à oxyde de cuivre ;
- 48 - 2 paires de cordons ;
- 49 - 8 jacks de prise de courant ;
- 50 - 3 tiges de montage.

Ces tiges sont destinées à être vissées sur le voltampèremètre, le couple thermoélectrique et la cellule, en vue de leur fixation sur un support.

Les lectures sont faites sur un écran normal et la projection est obtenue en plaçant le voltampèremètre devant une bonne lanterne courante.

Nous conseillons, pour la réalisation rapide des montages, l'emploi de notre support universel prévu avec tiges et noix de serrage spéciales.

On peut également utiliser la lanterne de projection que nous avons créée pour le matériel Gariel (Réf. M.A.O. 15) et qui s'adapte facilement sur le support universel (Catalogue d'appareils manipulation d'optique).



On réalise les principales mesures suivantes :

Emploi en galvanomètre. — Ces deux équipages mobiles peuvent être utilisés en tant que galvanomètre en choisissant de préférence celui marqué V pour des mesures de faible courant et celui marqué A pour des mesures de faible tension.

Le voltampèremètre peut être aussi utilisé en galvanomètre pour courant alternatif, en employant le redresseur à oxyde de cuivre contenu dans la boîte d'accessoires.

Emploi en ampèremètre. — En reliant les 2 bornes du galvanomètre marqué A aux 2 bornes G du shunt universel, on peut obtenir 3 sensibilités : 1 - 5 et 10 ampères.

Emploi en voltmètre. — En reliant les 2 bornes du galvanomètre marqué V aux 2 bornes G de la résistance additionnelle, on peut obtenir un voltmètre à 5 sensibilités : 0,1 - 1 - 10 - 100 et 250 volts.

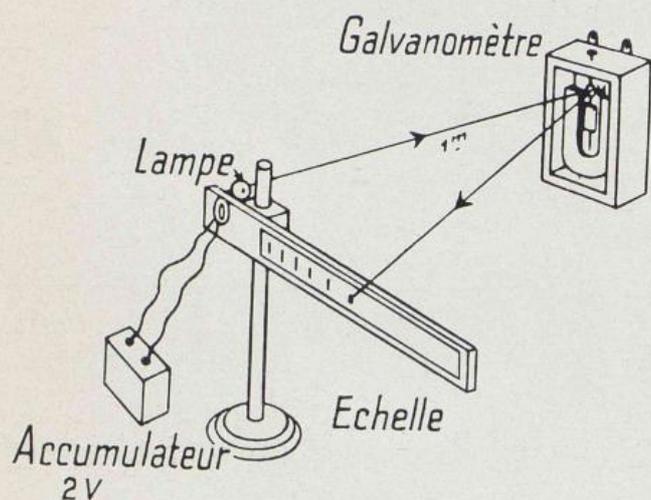
Emploi en pyromètre. — Un couple thermoélectrique constitué par un fil de nichrome et un fil de constantan permet la mesure des températures, en utilisant l'équipage mobile marqué A. La déviation totale de cet équipage (division 50) correspond à une température de 500°. Les lectures de la graduation sont à multiplier par le coefficient 10.

Mesure des éclairagements. — Une cellule photoélectrique au sélénium permet des mesures entre 0 et 1.000 lux, en utilisant le galvanomètre marqué V. Les lectures de celui-ci (graduation de 0 à 50), sont à multiplier par le coefficient 20.

Les deux paires de cordons fournies avec l'appareillage doivent être utilisées de préférence. Dans le cas où l'on serait amené à utiliser des cordons d'une plus grande longueur, leur résistance ne devrait pas dépasser 0,1 ohm pour l'équipage marqué A et 5 ohms pour l'équipage marqué V.

2. — GALVANOMETRE A MIROIR AVEC ECHELLE ET LAMPE A INCANDESCENCE

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23.



Le galvanomètre, très simplifié, est protégé par une boîte métallique fermée, en avant, par une glace et pouvant facilement se retirer. Le miroir est formé d'une lentille convexe, plane, de 1 mètre de rayon de courbure, argentée sur sa face plane. L'appareil est à cadre mobile et la résistance du cadre est de 200 ohms.

Un courant de 1.300×10^{-10} ampère déplace le spot de 1 division de l'échelle.

La résistance totale d'amortissement est de 300 ohms environ, de sorte qu'en ajoutant 100 ohms environ en série sur le cadre non surchargé, il revient au zéro et s'y arrête sans le dépasser.

La durée d'oscillation est de 1 seconde. En ajoutant 2 billes de plomb de 3 grammes aux extrémités d'une tige que porte le cadre, la durée d'oscillation devient 3 secondes.

C'est dans ces conditions que l'on doit employer l'appareil comme balistique. Une décharge de 0,16 microcoulomb donne une première élongation de une division.

Une glissière fixée sur l'armature en fer intérieure au cadre permet de soulever légèrement celui-ci, et de le caler pour les transports.

3. — MESURE DE LA RESISTANCE DU CADRE DE GALVANOMETRE

Matériel. — Galvanoscope MAE 253 - Pont à fil MAM 30 - Clé à contact MAM 18 - Interrupteur MAM 26 - Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Bobines de résistance MAM 16.

a) Méthode ordinaire du pont de Wheatstone :

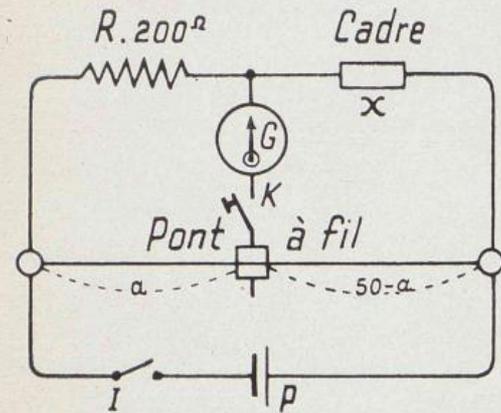
Le cadre étant immobilisé, on réalise le montage figuré ci-contre.

Le curseur étant réglé de façon que le galvanoscope G reste au zéro quand on appuie sur la clef K on a

$$\frac{X}{200} = \frac{50 - a}{a}$$

La sensibilité de la mesure est surtout limitée par celle du galvanoscope.

b) Méthode du pont de Wheatstone avec faux zéro de Kelvin :



On rend le cadre libre, on supprime le galvanoscope, on intercale une résistance de 50 ou 100 ω entre la source et le pont. Le spot du galvanomètre dévie. On observe sa position et elle doit rester invariable quand on appuie sur K. On a alors :

$$\frac{X}{200} = \frac{50 - a}{a}$$

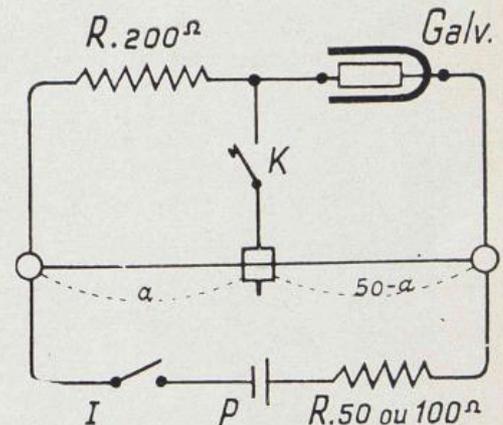
On trouve ainsi :

$$R = 200 \quad a = 253 \text{ mm.}$$

$$R = 1000 \quad a = 419 \text{ »}$$

Ces mesures conduisent à des valeurs qui sont très voisines de $X = 195 \omega$.

Cette méthode, utilisant la sensibilité du galvanomètre à miroir, est beaucoup plus précise que la précédente.

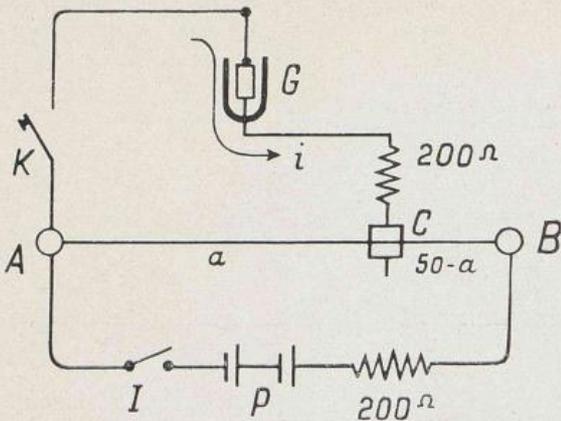


4. — MESURE DE LA SENSIBILITE DU GALVANOMETRE

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Pont à fil MAM 30 - Bobine de résistance MAM 16 - Clé à contact MAM 18 - Interrupteur MAM 26.

On mesure la f.e.m. de la source d'électricité. Plus simplement on peut admettre 2 volts pour un accumulateur, ou 1 volt pour un élément Daniell. La mesure précise est sans grand intérêt.

On règle a de façon que la déviation du spot soit assez forte, c'est-à-dire supérieure à la moitié de l'échelle, une résistance de 200 ohms étant en série avec le galvanomètre.



Calcul. — Dans une expérience faite avec une batterie de deux accumulateurs (admettons 4 volts), dont le circuit est fermé sur le fil AB et une bobine de 200 ohms en série, la déviation du spot a été de 165 divisions pour $a = 500$ mm.; la résistance du fil AB étant de $0,76$,

$$V_A - V_B = \frac{4 \times 0,76}{200}$$

et l'intensité i du courant qui traverse le galvanomètre vaut :

$$i = \frac{V_A - V_B}{g + 200} = \frac{4 \times 0,76}{200 \times 400}$$

Ce courant i ayant donné un déplacement du spot de 165 divisions, le courant i' qui déplacerait le spot de 1 division sera :

$$i' = \frac{4 \times 0,76}{200 \times 400 \times 165} = 2,3 \times 10^{-7}$$

Remarque. — On indiquait plus haut que le galvanomètre était sensible à 2×10^{-7} ampère, mais il faut comprendre que c'est là l'ordre de grandeur de la sensibilité du galvanomètre et que, d'ailleurs, les valeurs numériques éprouvent toujours une légère variation quand on passe d'un appareil à un autre.

5. — MESURE DU MOMENT D'INERTIE K DU CADRE DU GALVANOMETRE ET DU COUPLE DE TORSION C DES FILS DE SUSPENSION

Première opération. — On fait osciller le cadre en circuit ouvert et on mesure la durée d'oscillation T :

$$(1) \quad T^2 = \pi^2 \frac{K}{C}$$

Deuxième opération. — On recommence à faire osciller le cadre, après l'avoir surchargé des deux petites balles de plomb (masse m ; distance à l'axe r) qui sont destinées au galvanomètre balistique. On trouve une durée d'oscillation plus grande T' :

$$(2) \quad T'^2 = \pi^2 \frac{K + 2 m r^2}{C}$$

De ces deux équations on tire facilement

$$C = \frac{\pi^2 2 m r^2}{T'^2 - T^2} \text{ et } K = \frac{2 m r^2 T^2}{T'^2 - T^2}$$

Résultats numériques d'une mesure. — On a trouvé ainsi :

$$\begin{aligned} T &= 1 \text{ seconde ;} & T' &= 2,25 \text{ secondes ;} \\ m &= 3 \text{ grammes ;} & r &= 4 \text{ centimètres.} \end{aligned}$$

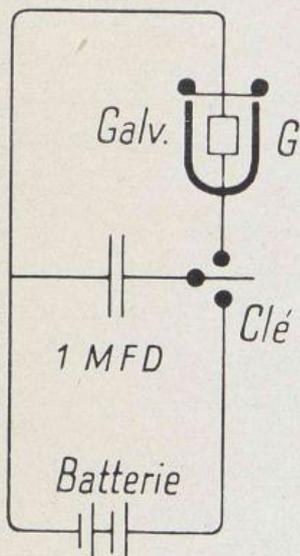
On en déduit : $C = 233$ ergs par radian. $K = 23,6$ gr. cm^2 .

6. — MESURE DE LA CONSTANTE BALISTIQUE DU GALVANOMETRE

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Boîte de capacités MAE 322 - Clé de décharge.

Le cadre du galvanomètre G doit être surchargé de deux petites sphères de plomb. La batterie de piles ou d'accumulateurs ne doit pas dépasser une f.e.m. de 15 volts. La connaissance approchée de la valeur de sa f.e.m. est suffisante.

On établit les connexions de façon à charger le condensateur, puis on fait basculer la clé pour décharger le condensateur dans le galvanomètre et on note la première élongation. On en conclura la constante balistique, c'est-à-dire le nombre de coulombs que doit fournir la décharge pour que la première élongation soit de 1 division.



Résultats numériques d'une mesure. — Batterie d'accumulateurs de 6 éléments (12 volts).

Capacité : 1 microfarad, 1^{re} élongation : 83 ;

Constante balistique : $\frac{12}{83} = 0,145$ microcoulomb.

Remarque. — Il est classique de varier cette expérience en chargeant le condensateur par divers groupements d'éléments de pile ou d'accumulateurs. On peut ainsi y trouver une mesure relative des f.e.m.

Si l'on dispose de plusieurs condensateurs, on en déduit les capacités relatives.

7. — ETUDE DES OSCILLATIONS AMORTIES ET NON AMORTIES DETERMINATION DE LA RESISTANCE CRITIQUE

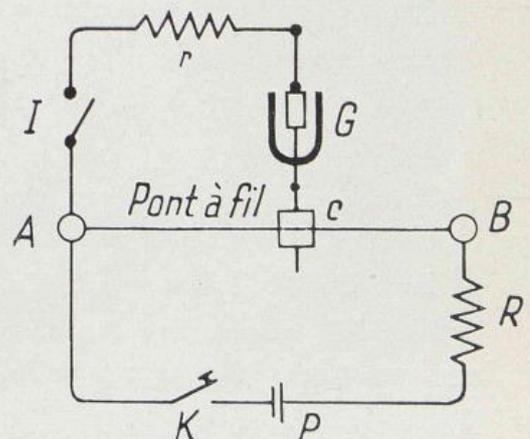
Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Pont à fil MAM 30 - Rhéostat à curseur MAE 312 - ou résistance à curseur quelconque - Bobines de résistance MAM 16.

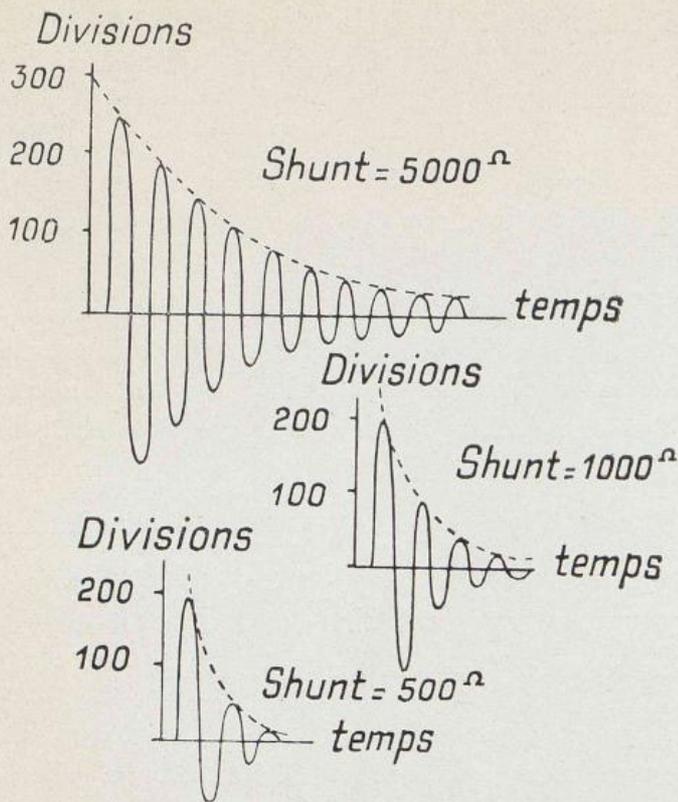
On règle d'abord le galvanomètre et l'échelle de façon que le spot soit au zéro.

Etablissant ensuite les connexions, P étant quelconque, on règle R et le curseur C de façon que le spot soit fortement dévié de 400 divisions par exemple.

Si on interrompt en I, le spot oscille avec un amortissement très faible. On mesure la durée $T \approx$ de l'oscillation et les amplitudes successives du côté de la déviation primitive.

On construira la sinusoïde très peu amortie qui en résulte.





Exemple : amplitudes 244, 240, 236, 232, 229, 225, 221, 217, etc.

On recommence l'expérience en mettant en r une résistance de 1.000Ω et on interrompt en K. On mesure la durée d'oscillation T_{1000} et les amplitudes successives. D'où une nouvelle courbe (voir la figure).

Mêmes expériences successivement avec $r = 900 \Omega, 800 \Omega, 100 \Omega, 0$.

De la comparaison de ces expériences on déduira la *résistance critique totale d'amortissement* ($g + r$). g est la résistance du cadre (voisine de 200Ω), et r la plus grande résistance sur laquelle on peut fermer le circuit du cadre, sans qu'il y ait d'oscillations de part et d'autre du zéro. On trouve ici $195 + 30 = 225$ ohms.

8. — MESURES DES RESISTANCES PAR LE PONT A FIL

Matériel. — Pont à fil MAM 30 - Galvanoscope MAE 253 - Bobines de résistances MAM 16 - Clé à un contact MAM 18 - Interrupteur MAM 26.

R et R' sont les résistances à comparer.

Quand le galvanoscope reste à zéro, on a :

$$\frac{R}{R'} = \frac{L}{50 - L}$$

Le rapport des résistances R et R' est connu et on peut calculer l'une de ces résistances si l'autre est donnée.

Les résistances R et R' que l'on comparera pourront être successivement les suivantes :

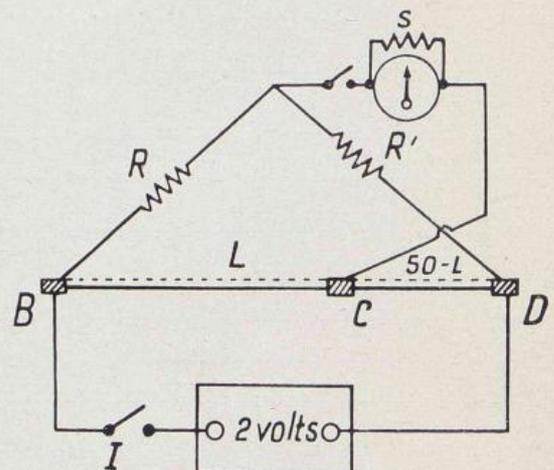
R_1 : Une des bobines de la série 1 à 10Ω .

R'_1 : Tous les groupements possibles, en série ou en dérivation des autres bobines.

R_2 : Une des bobines de la série 1 à 10Ω .

R'_2 : Fils de manganin, ou de cuivre, ou de fer, ou d'autres substances, dont on fera varier la longueur et la section pour vérifier la loi d'Ohm. On calculera la résistivité de chaque substance.

R_3 : La bobine de 5Ω .

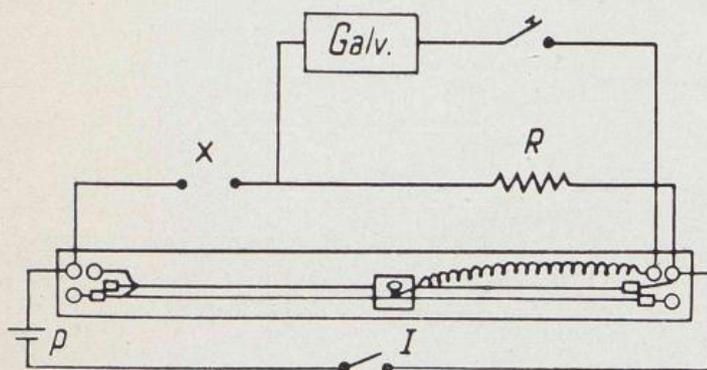


R_3 : Un fil de cuivre (diamètre = 1/10 mm. ; longueur = 3 mètres) ayant une résistance voisine de 5 Ω . On le mettra enroulé sur un bout de règle d'écolier dans un tube à essai rempli d'huile de vaseline, avec un thermomètre donnant la température. On chauffera le tube et on déterminera la résistance à différentes températures. Même expérience avec du manganin, ou du constantan, ou du ferro-nickel.

On fera un autre montage du pont en mettant dans l'une des branches la portion BC du fil du pont, et, sur les trois autres côtés, les bobines de la série 1 à 10. On mesurera ainsi la résistance du fil du pont, et on constatera qu'elle est voisine de 1 ohm.

On mesurera avec l'ampèremètre ordinaire ou avec le galvanoscope le courant qu'un accumulateur débite dans des fils de cuivre, fer, manganin..., de même diamètre (1/10 mm.) et même longueur (3 mètres par exemple), et on constatera que ces courants inégaux sont dans le rapport inverse des résistances mesurées au pont.

9. — MESURES DES RESISTANCES PAR LE PONT DE WHEATSTONE



Matériel. — Pont double à curseur MAM 31 - Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Interrupteur MAM 26 - Clé à 1 contact MAM 18 - 4 bobines 1, 10, 100, 1.000 ohms MAM 16 - 1 pile.

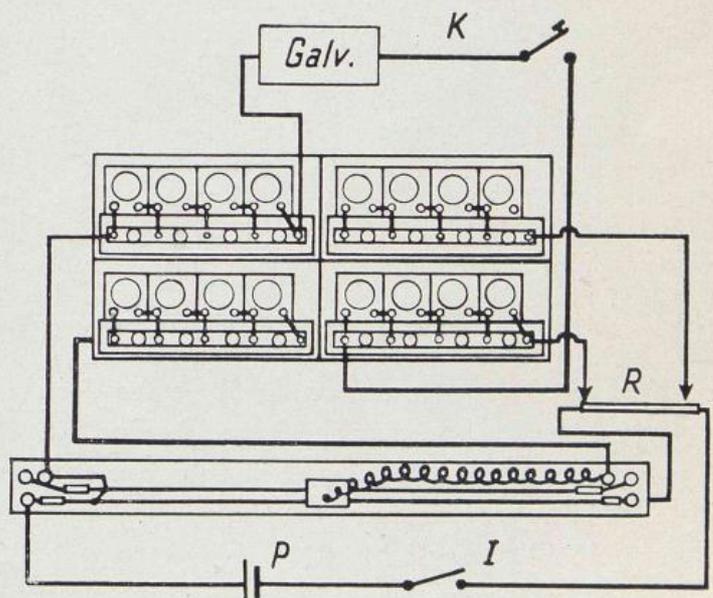
Cette méthode peut se monter simplement avec les appareils déjà décrits. On peut mesurer quelques dixièmes d'ohm à 10.000 ohms avec une précision de 1 pour 100 environ par le montage connu.

10. — MESURES DES RESISTANCES PAR LE PONT DE THOMSON

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Pont double à curseur MAM 31 - Interrupteur MAM 26 - Clé à 1 contact MAM 18 - Bobines de résistances MAM 16 - 4 combinateurs à 4 bobines MAM 19.

On monte en série le circuit dont la résistance est à mesurer, la barre du pont, une source pouvant débiter et l'interrupteur. Sur ce circuit principal, on branche, aux bornes convenables du pont, les deux dériviations qui constituent les rapports de réductions, puis enfin, entre ceux-ci, le pont constitué par le galvanomètre et une clé simple.

Le schéma représente les rapports

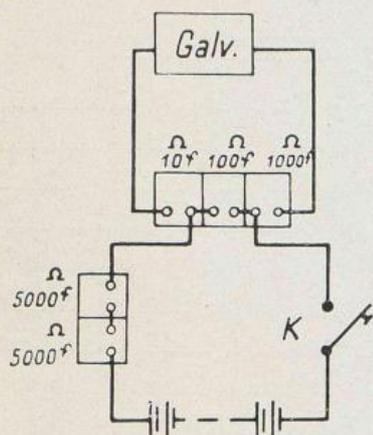


de réduction constitués par 16 résistances en 4 groupes de valeurs 1, 10, 100, 1.000, par exemple, montés chacun sur un combinateur. Le nombre de 16 bobines n'est d'ailleurs pas indispensable dans le montage du pont et l'on peut déjà constituer des ponts mesurant depuis 0,0001 ohm, en disposant de deux groupes de résistances de 1.000, 100, 10 ohms, si l'on prend soin d'inverser les connexions extrêmes pour passer des rapports plus grands que 1 à ceux plus petits que 1.

11. — MESURES DES RESISTANCES PAR LA METHODE DES DEVIATIONS

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Bobines de résistance MAM 16 - Clé à 1 contact MAM 18.

On branchera le galvanomètre à miroir sur un shunt universel constitué par deux ou trois bobines, par exemple, de 20 - 200 et 2.000 ohms. On utilisera une pile de faible débit.



Pour effectuer les mesures, on insérera une résistance connue, de 5.000 ohms par exemple : on notera, après avoir appuyé sur la clef K, l'élongation sur l'échelle ; on remplacera la résistance connue par la résistance à mesurer et on notera la nouvelle élongation du spot.

On en déduira dans le cas d'une résistance de 5.000 ohms :

$$X = 5.000 \times \frac{\text{lecture de mesure}}{\text{lecture d'étalonnage}}$$

Si l'on devait modifier pour la lecture de mesure le branchement au shunt, il faudrait tenir compte du pouvoir multiplicateur :

$$m = \frac{g + s}{s}$$

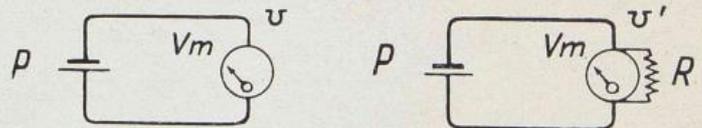
12. — MESURE DE LA RESISTANCE INTERIEURE D'UNE PILE

Matériel. — Voltmètre MAE 251 - Bobine de résistance MAM 16.

V_m étant le voltmètre de 3 volts, la première expérience nous donne la force électromotrice U ;

la seconde donne $U' = RI$
 $= R \frac{U}{R + X}$

on en tire facilement $X = R \frac{U - U'}{U'}$



13. — BOBINE DE SELF-INDUCTION ETALONNEE

Matériel. — Faisceau de fil de fer doux MAM 36 - 2 bobines de self-induction MAM 17.

Les caractéristiques de chaque bobine sont :

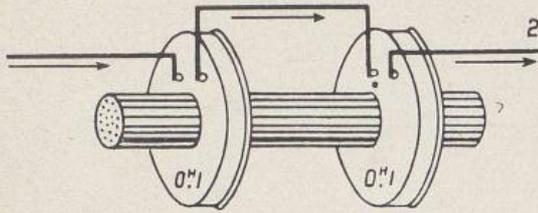
Bobinage : 1.000 tours de fil de cuivre de diamètre 4/10^e de millimètre.

Résistance ohmique : 50 ohms.

Self : 0 Henry 1.

Courant maximum qu'elles peuvent supporter : 1 A.

Quand les deux bobines sont montées en série et sans fer, leurs champs étant de même sens, la self varie de 0,14 H (distance infinie) à 0,25 H (bobines en contact par leurs faces sans bornes).



Les deux selfs montées en série avec le noyau de fer amovible et de telle façon que leurs champs magnétiques soient équivalents.

Quand les deux bobines sont montées en dérivation, leur self varie de 0,03 H à 0,06 H dans la même position que précédemment.

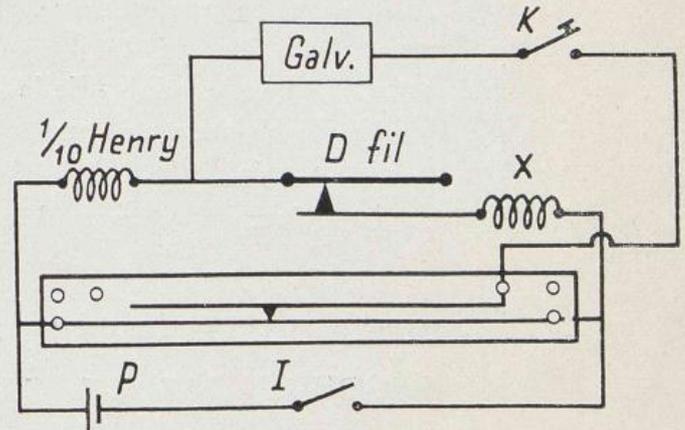
Pour plus de commodité dans les mesures, il a été établi une planchette à glissière graduée permettant de former une self variable avec deux bobines étalonnées de $1/10^e$ de Henry.

14. — MESURES DE SELF-INDUCTION PAR LA METHODE DE COMPARAISON

Matériel. — Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23 - Pont à curseur MAM 31 - Interrupteur MAM 26 - Clé à contact MAM 18 - Bobine de self induction étalonnée MAM 17.

Les mesures se font à l'aide du courant continu et interrompu. On peut mesurer à 2 % près des coefficients de self-induction de quelques centièmes à quelques dixièmes de Henry sur des circuits sans fer.

La résistance D sera variable et sans self ; elle peut être constituée avantageusement par de simples fils nus tendus. X étant la bobine dont on mesure la self.



15. — MESURES DE CAPACITE

Il suffit de poser, à l'extrémité des bras d'aluminium fixés à la partie supérieure du cadre, les 2 billes de plomb de 8 mm. de diamètre qui sont fournies avec le galvanomètre pour rendre celui-ci balistique avec une sensibilité d'environ 0,15 microcoulomb par millimètre de déviation sur une échelle placée à 1 mètre de distance.

On peut alors mesurer des capacités par comparaison, à la charge ou à la décharge, par la méthode connue qui ne nécessite, en plus du galvanomètre et des clés, que l'emploi d'un condensateur étalonné.

16. — MESURES DE FLUX

Comme balistique, le galvanomètre peut être encore employé à des mesures de flux d'aimants, d'intensités de champs magnétiques ou encore à des mesures d'induction, au moyen de bobines induites faites de quelques spires de section connue que chaque opérateur peut préparer lui-même.

17. — MESURES QUALITATIVES SUR LES COURANTS D'INDUCTION PRODUITS PAR LE COURANT CONTINU

Matériel. — Faisceau de fil de fer doux MAM 36 - 2 bobines de self-induction MAM 17 - Interrupteur MAM 26 - Galvanomètre MAM 24 - Echelle MAM 23.

Les deux bobines de self B_1 et B_2 sont montées sur leur noyau de fer, presque au contact.

B_1 , qui sera la bobine inductrice, est reliée à la batterie d'accumulateurs P par l'interrupteur I .

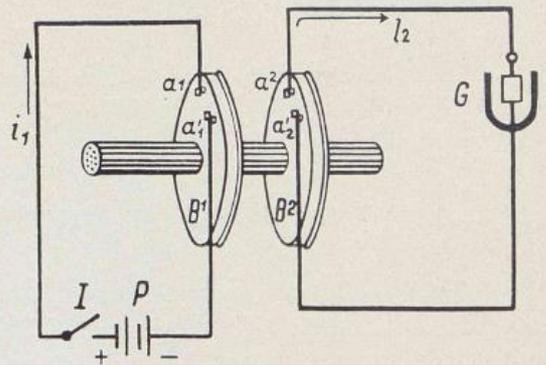
B_2 , qui sera la bobine induite, est reliée au galvanomètre G .

On établit le courant i_1 .

On crée le courant induit i_2 de sens contraire. Etc.

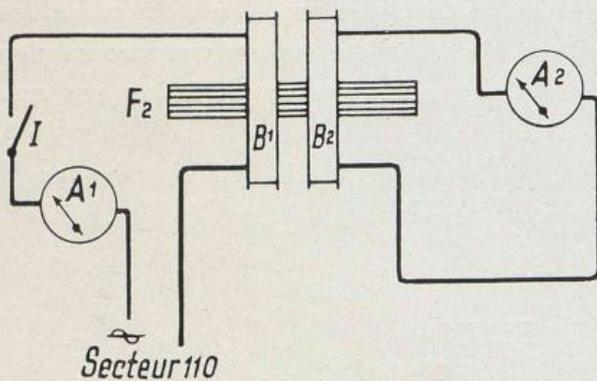
Vérifier que i_1 et i_2 sont de sens contraire. Shunter le galvanomètre G par une résistance de 100Ω pour diminuer sa sensibilité. Attacher en a'_2 le pôle $+$ de la batterie tandis que le fil enlevé de a'_2 est rattaché au pôle $-$ de la batterie, et la déviation permanente du galvanomètre sera de même sens que l'impulsion reçue dans l'expérience précédente.

On vérifiera la formation des courants d'induction tels qu'ils sont décrits dans tous les cours.



18. — MESURES QUALITATIVES SUR LES COURANTS D'INDUCTION PRODUITS PAR LE COURANT ALTERNATIF

Matériel. — Faisceau de fil MAM 36 - 2 bobines de self-induction MAM 17 - Interrupteur MAM 26 - 1 ou 2 ampèremètres électromagnétiques MAE 250.



B_1 bobine inductrice.

B_2 bobine induite.

Première expérience. — B_1 étant alimenté par le secteur alternatif à 110 volts, on mesure :

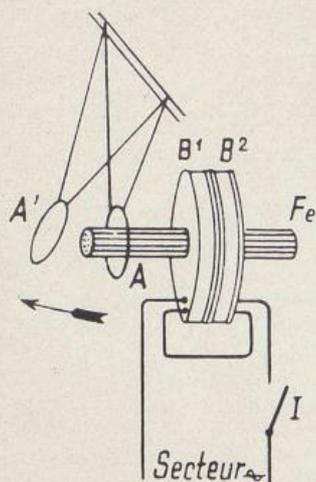
$$I_1 = 1 \text{ A, } 6. \quad I_2 = 0 \text{ A, } 7.$$

Si l'on ne dispose pour ces deux mesures que d'un seul ampèremètre, on l'installe successivement en A_1 et A_2 . (Ne pas maintenir plus de deux minutes le courant et constater que la bobine B_1 chauffe sensiblement.)

Enlever le noyau de fer peu à peu. Le courant I_1 augmente et le courant I_2 diminue.

Constater que les deux bobines B_1 et B_2 ont une tendance à se repousser.

Deuxième expérience. — Les bobines B_1 et B_2 sont montées en série et, avec interposition de l'interrupteur I , peuvent être alimentées par le secteur \sim



Un anneau métallique A est suspendu à une barre horizontale par un bifilaire et il entoure sans le toucher le noyau de fer.

Quand on lance le courant alternatif, il est parcouru par un courant induit et chassé de A en A' .

Si on le maintient autour du fer, tout près des bobines, on constate qu'il chauffe. Il constitue le secondaire à faible résistance d'un transformateur dont les deux bobines sont le primaire.

19. — SELF-INDUCTION ET RESISTANCE APPARENTE

Matériel. — Faisceau de fil MAM 36 - 2 bobines de self-induction MAM 17 - Ampèremètre thermique MAM 38.

B_1 et B_2 , bobines de self montées en tension de façon que les courants qui les traversent soient parallèles et de même sens.

Fe , noyau amovible en fer.

T , thermique.

S , shunt à installer quand le courant dépasse 1 ampère.

E , f.e.m. connue du secteur.

Expérience. — On commencera par constater que le courant (pour un secteur de 110 volts et 50 \sim) est inférieur à 1 ampère avec le dispositif figuré, bien que la résistance ohmique ne soit que de l'ordre de 100 Ω .

En écartant les deux bobines, on diminue la résistance selfique, et l'intensité augmente.

Il en est de même quand on enlève de plus en plus le noyau Fe . On constatera, pendant ce mouvement, que le noyau est aspiré et tend à rentrer dans les bobines.

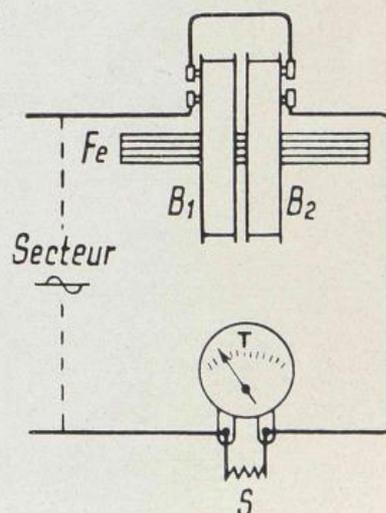
On calculera la self du système, avec ou sans noyau de fer, en appliquant les formules

$$I = \frac{V}{Z} \quad Z = \sqrt{r^2 + 4\pi^2 N^2 L^2}$$

Résultats numériques d'une expérience.

$$R = 39 + 42 = 81 \omega \quad I = 0,64 \quad V = 110 \text{ v}$$

$$\text{d'où} \quad Z = \frac{110}{0,64} = 172 \omega \quad \text{et} \quad L = 0,5 \text{ H.}$$



20. — DYNAMO-MOTEUR UNIVERSELLE

Ce groupe, d'une puissance maximum de 50 watts, peut, soit comme moteur, soit comme générateur, servir à de très nombreux essais.

Son circuit d'excitation se compose de deux bobinages séparés pouvant être utilisés, l'un comme enroulement shunt, l'autre comme enroulement série. Leur groupement constitue une excitation compound.

De part et d'autre de l'induit se trouvent un collecteur pour courant continu et une série de 7 bagues pour courants alternatifs mono, tri ou diphasé. Le groupe peut être utilisé :

- 1° Comme moteur à courant continu, shunt, série ou compound;
- 2° Comme moteur synchrone mono, tri ou diphasé;
- 3° Comme commutatrice ou commutatrice inverse.

Entraîné par un moteur de 1/5 HP environ, il peut servir :

- 1° Comme génératrice à courant continu shunt, série ou compound;
- 2° Comme génératrice à courant alternatif mono, tri ou diphasé.



