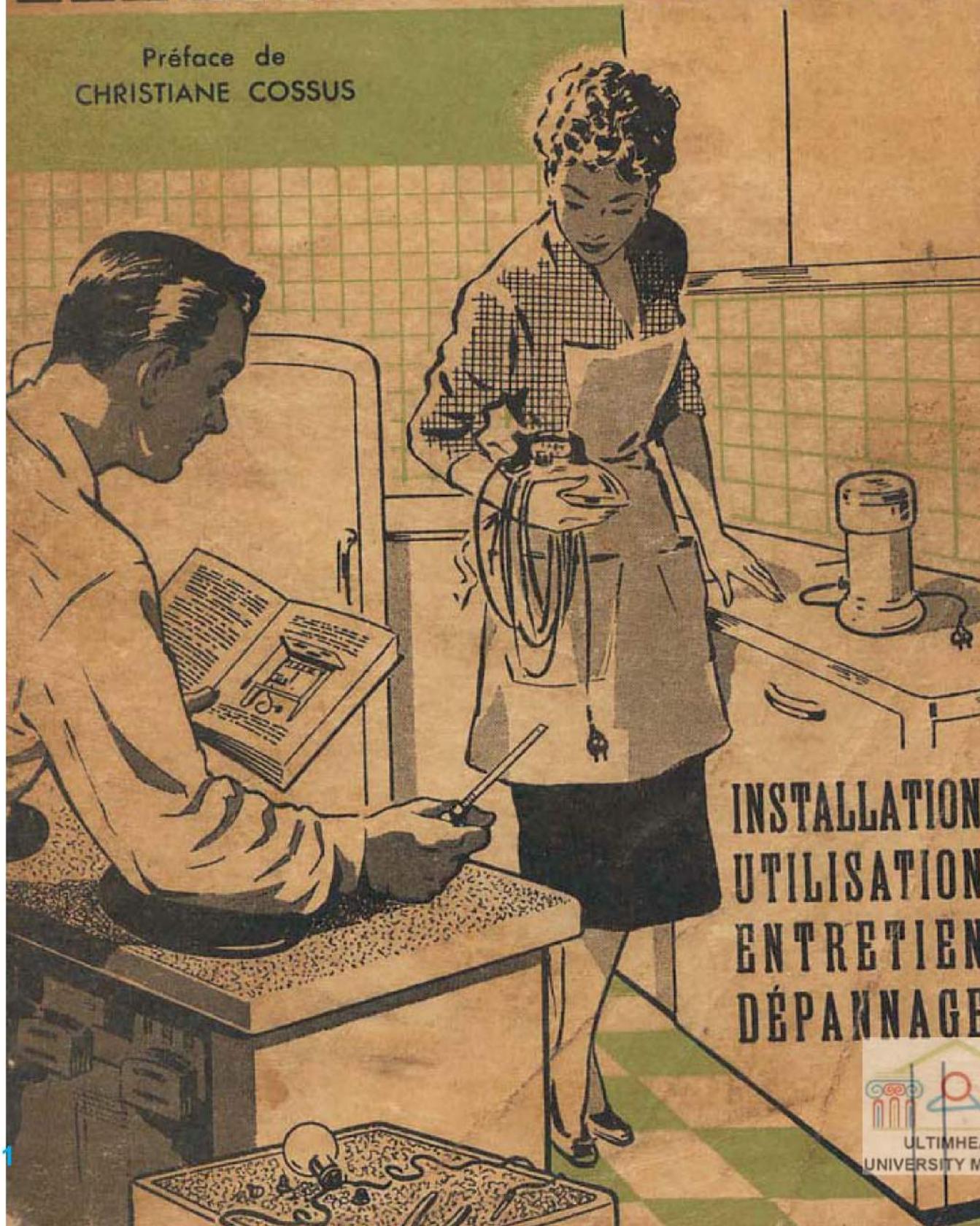


E. BONNAFOUS

Appareils ÉLECTRO-MÉNAGERS

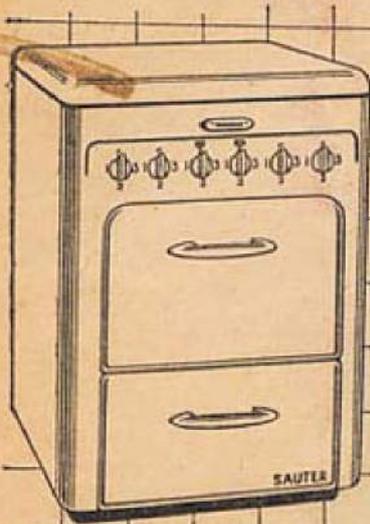
Préface de
CHRISTIANE COSSUS



INSTALLATION
UTILISATION
ENTRETIEN
DÉPANNAGE

Vos clients deviennent des amis...

...SI VOUS LEUR VENDEZ UN APPAREIL DE CLASSE.



CUISINIÈRES
3 ET 4 FOYERS
ÉLECTRIQUES
MIXTES
ET "TOUS GAZ"

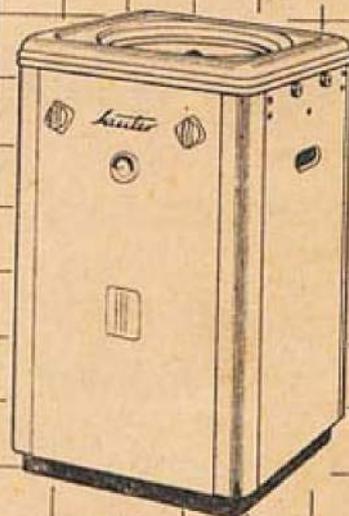
GAZ
ÉLECTRICITÉ
BUTANE



RÉCHAUDS-FOUR
ÉLECTRIQUES
MIXTES
ET "TOUS GAZ"



RADIATEUR,
CHAUFFE AU
RAS DU SOL



MACHINE A LAVER
2 MODÈLES
4 et 6 Kg

La Publicité que réalise
SAUTER auprès de votre clientèle par
la Presse, l'Affiche, le Cinéma, etc...
canalise chez vous
des clients tout préparés
A vous de savoir en profiter...
SOYEZ REVENDEUR SAUTER
la notoriété mondiale
de cette marque rejaillira sur vous.

Publi-Syntex 359



PROCÉDÉS
SAUTER
25, AV. DE LA GRANDE-ARMÉE - PARIS (16^e)

Un fait indiscutable. . .



Il est parfaitement exact que vous pouvez transformer
votre glacière en réfrigérateur ou construire vous-même
en 2 heures votre frigo
ménager pour. **14.900 Frs**

(Documentation technique et plans contre 30 francs en timbres)

C.I.M.A.T.

Magasin-Exposition : 100, Avenue Niel, Paris-17^e

Bureaux : 5, Place Péreire, Paris-17^e

Station-Service : 6^{bis}, Cité Véron, Paris-18^e

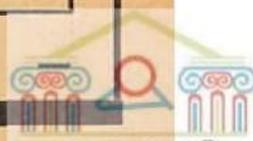
Téléphone : CARNOT 21-70

Vous renseignera et vous conseillera impartialement

Concessionnaire et Station-Service

BRANDT & FRIGEAVIA

— *Consultez-nous pour nos reprises et échanges*



ULTIMHEAT[®]
UNIVERSITY MUSEUM

APPAREILS ÉLECTRO-MÉNAGERS



Installation - Utilisation
Entretien - Dépannage



OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

MATHEMATIQUES SIMPLIFIEES POUR ABORDER L'ETUDE DE
L'ELECTRICITE ET DE LA RADIO.

MOTEURS ELECTRIQUES, DEPANNAGE ET REBOBINAGE.

L'ECLAIRAGE MODERNE PAR TUBES LUMINESCENTS ET FLUORES-
CENTS (2^e édition).

INSTALLATIONS ELECTRIQUES ET ELECTRO-DOMESTIQUES (2^e édition).

APPAREILS ÉLECTRO-MÉNAGERS

●
Installation - Utilisation
Entretien - Dépannage
●

PAR

E. BONNAFOUS

Ingénieur E.S.M.E.

PRÉFACE DE

CHRISTIANE COSSUS

Chef du Département "Enseignement Ménager"

*Société pour le Développement
des Applications de l'Électricité*

TECHNIQUE & VULGARISATION
5, rue Sophie-Germain, PARIS-14^e

—
1955

Tous droits réservés
Copyright 1955 by « Technique & Vulgarisation »



PRÉFACE

Depuis quelques années, une révolution s'opère dans tous les foyers. Pour de multiples raisons bien connues de tous, il devient nécessaire d'alléger la peine des femmes en rendant leur activité ménagère plus aisée et en diminuant le temps qu'elles doivent y consacrer. Pour arriver à ce double résultat la femme moderne fait appel dans une plus ou moins large mesure, suivant ses besoins et surtout ses possibilités financières, aux appareils électroménagers.

Or, il ne suffit pas, bien que cela soit indispensable, de posséder un peu d'argent pour acheter un appareil électroménager. Pour acheter à bon escient, éviter des déboires et retirer le profit maximum de son achat, il faut avoir quelques notions d'électricité et quelques connaissances correctes sur les bonnes installations, la sécurité et l'entretien des appareils. Ces diverses notions paraissent d'un accès difficile à la plupart des gens non spécialement initiés aux mystères de l'électricité. Le mérite de l'auteur est justement d'avoir songé à les présenter de manière à ce qu'elles deviennent intelligibles et utilisables.

Pour rendre les démonstrations et les schémas les accompagnant tout à fait clairs, l'auteur les divise « en autant de parcelles qu'il se peut et qu'il est requis pour les mieux résoudre ».

Enfin le livre s'adresse à la fois à la femme qui emploie un appareil électrodomestique et à son mari qui s'occupe de le conserver en bon état.

Nous souhaitons bien vivement que ce livre prenne place dans les bibliothèques familiales. Il rendra certainement de grands services, et cette pensée est la meilleure récompense des efforts de l'auteur.

CHRISTIANE COSSUS,

Chef du Département « Enseignement Ménager »
Société pour le Développement
des Applications de l'Electricité.

RÉPERTOIRE DES APPAREILS ÉLECTRO-DOMESTIQUES

Afin de faciliter au lecteur la recherche des renseignements relatifs à l'appareil qui l'intéresse, nous avons établi un répertoire alphabétique des appareils décrits dans l'ouvrage, avec l'indication de la page correspondante du livre où se trouve l'étude de cet appareil.

Aérateur	314	Machine à coudre	296
Allume-cigares	316	Machine à laver	248
Allumoîrs	299	Machine à repasser	290
Aspirateur	292	Mixer	311+
Bouilloire	302	Moulin à café	315+
Cafetière	304	Poêle à accumulation ..	221
Chauffe-eau à accumula- tion	187	Radiateur à ailettes	224
Chauffe-eau à chauffage accéléré	190	Radiateur parabolique ..	218
Chauffe-eau instantané .	191	Radiateur soufflant	222
Chauffe-plats	306	Radiateur obscur	223
Cheminée lumineuse ...	218	Rasoir	309
Cireuse	295	Réchaud	160
Couverture chauffante ..	310	Réchaud four	159
Cuisinière	160	Réfrigérateur à absorp- tion	232
Essoreuse	253	Réfrigérateur à compres- sion	234
Fer à repasser	285	Sèche-cheveux	308
Four	159	Thermoplasme	310
Gaufrier	307	Thermoplongeur	304
Grille-pain	307	Ventilateur	314
Grille-viande	306	Vibro-masseur	311

PREMIÈRE PARTIE

**RAPPEL DE NOTIONS GÉNÉRALES
D'ÉLECTRICITÉ**

CHAPITRE PREMIER

LES UNITES ET LES FORMULES ELECTRIQUES

L'électricité a tellement pénétré dans le domaine domestique qu'on ne saurait admettre, à l'heure actuelle, qu'un usager n'en connaisse pas les unités fondamentales.

Et, pourtant, les mesures électriques sont encore imprécises pour beaucoup. Les ampères et les volts sont fréquemment confondus.

Nous croyons donc utile de rappeler succinctement quelques notions indispensables.

I. — Les unités

Toute grandeur électrique se mesure et l'on en connaît les différents étalons.

L'ampère : C'est l'unité de débit électrique ou d'intensité. Elle sert à évaluer la quantité d'électricité qui circule dans les fils en une seconde.

On peut, pour se fixer les idées, évaluer à deux ou trois ampères, le courant absorbé par un fer à repasser, du type ménage.

Le volt : C'est l'unité de différence de potentiel ou de tension. Cette dernière est en général de 110 volts pour l'alimentation lumière et de 220 volts pour l'alimentation force motrice.

Le watt : C'est l'unité de puissance électrique. Elle figure en général sur la plaque signalétique des appareils électro-domestiques.

Le watt a deux multiples :

L'hectowatt = 100 watts ;

Le kilowatt = 1 000 watts = 10 hectowatts.

Un fer à repasser de trois ampères, fonctionnant sous une tension de 110 volts, a une puissance de 330 watts.

En ce qui concerne les moteurs, l'unité de puissance est le cheval vapeur (CV). Cette unité équivaut à 736 watts.

1 cheval vapeur = 736 watts.

✓ **L'ampère-heure** : C'est l'unité de quantité d'électricité. Elle sert à évaluer la quantité de courant que peut fournir une source (accumulateurs) pendant un certain temps. Par exemple, une batterie d'accumulateurs d'automobile d'une capacité de 40 ampères-heure indique que cette source peut débiter 40 ampères pendant une heure, ou un ampère pendant 40 heures, ou 2 ampères pendant 20 heures.

L'ampère-heure est la quantité d'électricité fournie par un courant de 1 ampère pendant 1 heure.

Il ne faut pas confondre ampère et ampère-heure. La première grandeur est une unité de débit, la deuxième une unité de quantité d'électricité.

✗ **Le watt-heure** : C'est l'unité pratique de l'énergie consommée par un appareil d'une puissance de 1 watt pendant 1 heure. Cette énergie est enregistrée par les compteurs électriques.

Le watt-heure a deux multiples :

L'hectowatt-heure = 100 watts-heure ;

Le kilowatt-heure = 1 000 watts-heure = 10 hectowatts-heure.

Ne pas confondre le watt et le watt-heure. La première valeur représente la puissance, l'autre l'énergie.

Le fer à repasser précédent, d'une puissance fixe de 330 watts, consommerait 660 watts-heure en deux heures, 990 watts-heure en trois heures, etc. L'énergie est une fonction du temps.

✗ **L'ohm** : C'est l'unité de résistance électrique. Les lampes à incandescence ont une résistance qui varie de 50 à 300 ohms. La résistance d'un fil de cuivre de 1 millimètre carré de section et de 50 mètres de long, représente 1 ohm environ.

L'ohm a un sous-multiple et un multiple :

Sous-multiple : le microhm = 1 millionième d'ohm.

Multiple : le mégohm = 1 million d'ohms.

✗ **Farad** : C'est l'unité pratique de capacité. Le sous-multiple est le microfarad qui vaut 1 millionième de farad. Il est le plus couramment employé. On appelle capacité d'un condensateur la charge électrique.

AUTRES DÉFINITIONS.

La **tension nominale** d'un appareil est la tension sous laquelle l'alimentation de cet appareil a été prévue et par laquelle il est désigné.

La **puissance nominale** d'un appareil est la puissance électrique inscrite sur sa plaque signalétique. Dans le cas

d'un appareil comportant plusieurs allures de marche, la puissance nominale s'entend pour l'allure correspondant à la puissance la plus élevée.

Le **courant nominal** est le courant pris par cet appareil lorsqu'il absorbe sa puissance nominale sous la tension nominale.

Densité de courant. Quotient de l'intensité du courant qui traverse un conducteur par la section droite de ce conducteur.

II. — Les formules

Les différentes unités électriques sont liées les unes aux autres par des relations que l'on appelle formules. Nous en donnons les principales qui sont d'ailleurs fort simples.

Loi d'Ohm.

C'est la formule fondamentale de l'électricité. Elle donne la relation entre la tension, l'intensité et la résistance.

$$\text{Résistance en ohms} = \frac{\text{tension en volts}}{\text{intensité en ampères}}$$

Application pratique de cette formule :

Une lampe à incandescence absorbe un courant de 2 ampères sous 110 volts, quelle est la valeur de sa résistance ?

$$\text{Résistance en ohms} = \frac{110 \text{ volts}}{2 \text{ ampères}} = 55 \text{ ohms}$$

La formule peut encore s'écrire :

Tension en volts = résistance en ohms \times intensité en ampères.

Elle permet de calculer la tension lorsque la résistance et l'intensité sont connues.

Une lampe à incandescence absorbe un courant de 2 ampères et sa résistance est de 55 ohms. Quelle est la tension appliquée à ses bornes ?

$$\text{Tension en volts} = 2 \text{ ampères} \times 55 \text{ ohms} = 110 \text{ volts.}$$

Autre transformation de la formule :

$$\text{Intensité en ampères} = \frac{\text{tension en volts}}{\text{résistance en ohms}}$$

Une lampe à incandescence de 55 ohms de résistance est alimentée sous 110 volts. Quel est le courant absorbé ?

$$\text{Intensité en ampères} = \frac{110 \text{ volts}}{55 \text{ ohms}} = 2 \text{ ampères}$$

REMARQUE. — Posons $U =$ tension, $I =$ intensité, $R =$ résistance.

Si U varie, I varie dans les mêmes proportions. Par exemple, si U devient $\frac{U}{2}$, I deviendra $\frac{I}{2}$ de telle manière qu'à chaque instant le rapport de $\frac{U}{I}$ soit toujours égal à R . R est donc une constante au point de vue électrique.

En effet, la résistance électrique dépend de la longueur du fil, de sa section et de la nature du métal.

$$R = \frac{U}{I} = \text{constante}$$

Si une résistance de 100 ohms est alimentée par une différence de potentiel de 100 volts, le courant qui la traverse est de :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100 \text{ volts}}{100 \text{ ohms}} = 1 \text{ ampère}$$

Si $U = 50$ volts, I deviendra :

$$I = \frac{50 \text{ volts}}{100 \text{ ohms}} = 0,5 \text{ ampère}$$

On peut donc mesurer une résistance à l'aide d'une différence de potentiel autre que celle qui lui est habituellement appliquée aux bornes, à condition cependant que l'intensité qui en résulte ne fasse pas griller la résistance.

Formule de la puissance.

Cette formule permet de calculer la puissance électrique d'un appareil en fonction de la tension et de l'intensité absorbée.

Puissance en watts = tension en volts \times intensité en ampères.

Exemple d'utilisation :

Un fer à repasser branché sur une prise à 110 volts absorbe un courant de 3 ampères. Quelle est sa puissance ?

$$\begin{aligned} \text{Puissance en watts} &= 110 \text{ volts} \times 3 \text{ ampères} \\ &= 330 \text{ watts.} \end{aligned}$$

Autre problème : Un fer à repasser d'une puissance de 330 watts est branché sur le secteur à 110 volts. Quelle est l'intensité absorbée par l'appareil ?

On applique la formule transformée :

$$\text{Intensité en ampères} = \frac{\text{Puissance en watts}}{\text{Tension en volts}}$$

d'où :

$$\text{Intensité en ampères} = \frac{330 \text{ watts}}{110 \text{ volts}} = 3 \text{ ampères}$$

REMARQUE. — Que se passerait-il, si le fer ci-dessus était branché sur un réseau de 220 volts ?

La résistance du fer étant constante, si la tension double, l'intensité doublera également et deviendra de ce fait égale à 6 ampères. La résistance du fer grillera sûrement.

En effet, la nouvelle puissance absorbée par le fer est de :

$$220 \text{ volts} \times 6 \text{ ampères} = 1\,320 \text{ watts}$$

soit 4 fois la puissance nominale de 330 watts.

Inversement, si un fer à repasser prévu pour 220 volts était branché sur 110 volts, il ne chaufferait pas, la puissance absorbée dans ce cas étant le quart de la puissance nominale. Autrement dit, l'intensité absorbée sous 110 volts serait la moitié de l'intensité absorbée sous 220 volts.

On peut également calculer la tension que l'on doit appliquer sur un appareil, connaissant sa puissance et son intensité.

$$\text{Tension en volts} = \frac{\text{Puissance en watts}}{\text{Intensité en ampères}}$$

Exemple : Un appareil consomme 3 ampères et sa puissance est de 330 watts. Quelle est la tension d'alimentation ?

$$\text{Tension en volts} = \frac{330 \text{ watts}}{3 \text{ ampères}} = 110 \text{ volts}$$

Remarque sur les unités électriques

Les unités étant définies dans le vocabulaire électrotechnique, essayons d'interpréter dans le domaine pratique, le sens des différentes grandeurs électriques.

Considérons une canalisation d'eau : le débit, c'est-à-dire la quantité d'eau écoulée par seconde, est évidemment proportionnelle à la pression. Cette pression, en électricité, est synonyme de tension. Dans un même conducteur, l'intensité sera d'autant plus importante que la tension sera plus forte. C'est ce que nous indique la loi d'ohm.

Un même courant peut aussi être produit par des tensions différentes. Une batterie d'accumulateurs peut débiter un courant de 10 ampères sous 12 volts par exemple, alors qu'un courant de 10 ampères peut circuler dans un circuit de lumière sous 110 volts.

La différence essentielle est la puissance. Dans le premier cas, elle sera de 120 watts, dans le second de 1 100 watts.

La tension est donc un facteur qui permet de produire plus de watts dans le transport d'un même courant.

Autrement dit : pour avoir une grande puissance avec une faible tension, il faut une forte intensité, d'où la nécessité de conducteurs de grande section.

Dans le transport du courant en haute tension (plusieurs milliers de volts), les conducteurs ont une section relativement faible, vis-à-vis de la puissance véhiculée. L'intérêt réside dans l'économie de cuivre. Bien entendu, des transformateurs situés aux centres de distribution, abaissent la tension à des valeurs plus basses.

Calcul de l'énergie tarifée par la Compagnie de distribution.

Ce calcul permet, avant même d'acheter un appareil électrodomestique, de savoir quelle sera l'énergie enregistrée par le compteur et par conséquent tarifée par la Compagnie. Considérons un appareil d'une puissance de 500 watts branché sur le secteur pendant 30 minutes.

$$\text{Energie en watts-heure} = \text{Puissance en watts} \times \text{Temps en heures.}$$

L'appareil ci-dessus consommera :

$$500 \text{ watts} \times 1/2 \text{ heure} = 250 \text{ watts-heure} \\ \text{ou } 2,5 \text{ hectowatts-heure ou } 0,250 \text{ kilowatt-heure.}$$

Connaissant le prix du kilowatt, il est alors facile de se rendre compte des frais horaires.

Principaux systèmes de tarification de l'énergie.

A Paris, par exemple, la tarification comprend trois systèmes.

1° Tarifs appliqués exclusivement aux locaux occupés bourgeoisement, aussi bien pour l'éclairage que pour les appareils électrodomestiques.

Il n'y a aucune modification à apporter dans l'installation intérieure. Utilisation d'un seul compteur à cadran unique. La consommation est facturée en trois tranches à des tarifs dégressifs. Elles dépendent du nombre de pièces et des périodes de l'année. Le tableau suivant en résume la répartition mensuelle.

La cuisine, l'antichambre, les salles de bains, cabinets de toilette, water-closets et couloirs doivent être comptés ensemble pour une pièce. L'abonné est tenu de déclarer exactement le nombre de pièces que comporte son appartement. Toute pièce dont le volume dépasse la valeur indiquée ci-dessus sera comptée pour autant de pièces que son volume contient de fois cette valeur maximum.

65 m ³	pour les appartements de 1 à 4 pièces
80 m ³	pour ceux de 5 pièces
90 m ³	— 6 pièces
100 m ³	— 7 pièces



Répartition mensuelle des 2 premières tranches

Mois	1 pièce		2 pièces		3 pièces		4 pièces		5 pièces		6 pièces	
	1 ^{re} T.	2 ^e T.										
Janvier	10	3	15	5	20	6	26	9	34	11	40	12
Février	8	3	12	5	16	6	22	8	27	11	32	12
Mars	8	3	12	4	16	6	22	8	27	11	32	12
Avril	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Mai	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Juin	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Juillet	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Août	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Septembre	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8
Octobre	6	3	9	4	12	6	16	8	22	10	24	12
Novembre	8	3	12	4	16	6	22	8	27	10	32	12
Décembre	8	3	12	5	16	6	22	9	27	11	32	12
Total	60	30	90	45	120	60	160	80	200	100	240	120

La première tranche correspond sensiblement à la consommation d'éclairage.

La deuxième, à celle du fer à repasser et du poste de T.S.F.

La troisième, à celle des autres appareils électro-domestiques.

2° Tarifs applicables également exclusivement aux locaux occupés bourgeoisement (éclairage et appareils électro-domestiques).

La consommation est facturée à des prix variant suivant les heures de la journée. Dans ce système de tarification, une somme complémentaire forfaitaire relative à la consommation éclairage est facturée mensuellement à l'abonné, suivant le nombre de pièces.

L'installation comporte un compteur à triple cadran (pointe, jour, nuit), mais un seul circuit pour tous les usages.

Dans le tarif de nuit, la saison d'hiver est limitée entre le 1^{er} novembre et le 30 avril ; la saison d'été est limitée entre le 1^{er} mai et le 31 octobre (fig. 1).

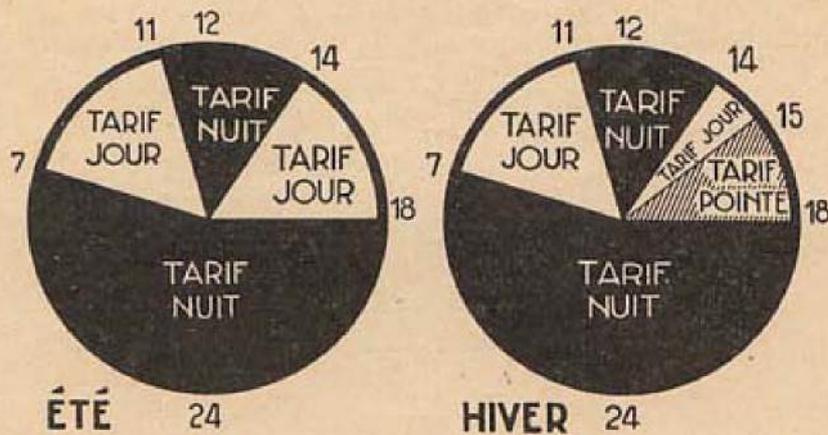


FIG. 1. — Répartition des heures pour les tarifs de pointe, de jour et de nuit

3° Tarification spéciale réservée exclusivement aux applications électro-domestiques et industrielles : chauffage de l'eau, chauffage des locaux, usages frigorifiques, etc.

Cette tarification de courant utilisé pour usages autres que l'éclairage et consommé principalement la nuit, peut s'appliquer aux particuliers aussi bien qu'aux industriels et commerçants dont la consommation est faible aux heures de pointe.

Tous les appareils d'utilisation doivent être groupés sur un circuit distinct de celui de l'éclairage. Un compteur à triple cadran, mesure l'énergie, soit pendant les heures de nuit, soit pendant les heures de jour, soit pendant les heures de pointe.

Ce que l'on peut faire avec 1 kilowatt-heure.

A titre d'exemple, voici ce que l'on peut faire avec une énergie de 1 kilowatt-heure :

- 1° Porter 10 litres d'eau à 85° ;
- 2° Repasser pendant 4 heures ;
- 3° Laver une livre de linge sec, y compris le chauffage de l'eau ;
- 4° Faire fonctionner une petite armoire frigorifique pendant un jour ;
- 5° S'éclairer pendant 25 heures avec une lampe à incandescence de 40 watts.

Remarque sur l'énergie.

Nous avons vu que :

Energie en watts-heure = Puissance en watts \times Temps en heures.

Autrement dit : $W = P \times T$.

Lors de l'achat d'un appareil électro-domestique d'une puissance déterminée, il est facile de connaître les frais horaires de ce dernier. En effet, la consommation dans l'heure sera égale au chiffre qui représente sa puissance sur la plaque signalétique.

Un appareil de 500 watts consommera donc 500 watts-heure.

1 watt-heure = 1 watt \times 1 heure

Si l'appareil a une puissance de 1 kilowatt, sa consommation horaire sera de 1 kilowatt-heure.

TABLEAU DONNANT L'INTENSITE ABSORBEE
PAR UN APPAREIL CHAUFFANT
(Courant continu ou monophasé)

Puissance en watts	Intensité en ampères	
	110 volts	220 volts
50	0,45	0,27
100	0,91	0,45
200	1,82	0,91
300	2,73	1,36
400	3,64	1,82
500	4,55	2,27
1 000	9,10	4,55
2 000	18,20	9,10
3 000	27,30	13,65
4 000	36,40	18,20

Les valeurs de ce tableau sont calculées en appliquant la formule

$$I \text{ en ampères} = \frac{\text{Puissance en watts}}{\text{Tension en volts}}$$

Rappelons que cette formule est valable en courant continu et en courant alternatif dans le cas des appareils utilisant l'échauffement d'une résistance.

Vérification de la puissance d'un appareil électro-domestique.

On peut vérifier la puissance d'un appareil électrodomestique ou la déterminer, si l'appareil ne possède aucune indication.

A cet effet, on le branche seul sur l'installation et l'on compte le nombre de tours effectués en 1 minute par le disque du compteur, soit 10 tours le nombre relevé.

Le calcul de la puissance est alors facile à faire. La plaque signalétique du compteur porte en particulier une inscription $k = 0,6 \text{ wh}$, par exemple. Cela veut dire que 1 tour du disque correspond à 0,6 watt-heure. Autrement dit, un appareil consommant 0,6 watt-heure ferait faire 1 tour de disque en 1 heure.

L'énergie consommée par un appareil faisant faire 10 tours de disque en 1 minute est donc de :

$$0,60 \text{ watt-heure} \times 10 = 6 \text{ watts heure}$$

Or, la puissance est donnée par la formule :

$$\text{Puissance} = \frac{\text{nombre de watts-heure}}{\text{temps en heures}}$$

$$\text{c'est-à-dire } \frac{6 \text{ watts-heure}}{1/60} = 360 \text{ watts.}$$

Energie calorifique du courant.

Tout conducteur parcouru par un courant dégage de la chaleur. C'est le principe de tous les appareils électriques chauffants. La quantité de chaleur déagée est proportionnelle à la résistance du conducteur, au carré de l'intensité et au temps pendant lequel le courant passe dans le conducteur considéré.

L'énergie calorifique se mesure en calories. La calorie dénommée millithermie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'eau.

La formule de la transformation du courant en chaleur est la suivante :

$$\text{Quantité de chaleur en calories} = \frac{R \times I^2 \times t}{4\ 180}$$

R = résistance du fil chauffant en ohms ;

I = intensité du courant en ampères ;

t = temps en secondes.

Application numérique de la formule.

Soit une résistance de 50 ohms parcourue par un courant de 2 ampères pendant 15 minutes. Calculons la quantité de chaleur dégagée par cette résistance.

$$\begin{aligned} \text{Quantité de chaleur en calories} &= \frac{50 \times 2 \times 2 \times 15 \times 60}{4\ 180} \\ &= 43 \text{ calories} \end{aligned}$$

Remarquons qu'il faut toujours exprimer le temps en secondes dans la formule :

$$15 \text{ minutes} = (15 \times 60) \text{ secondes}$$

En considérant la puissance d'un appareil, on peut éviter le calcul par la formule précédente. Il suffit de savoir que :

le kilowatt-heure correspond à 864 calories,
autrement dit : un radiateur d'une puissance de 1.000 watts fonctionnant pendant une heure dégagera :

$$\begin{aligned} 1\ 000 \text{ watts} \times 1 \text{ heure} &= 1\ 000 \text{ watts-heure} \\ &= 864 \text{ calories} \end{aligned}$$

Exemple : Un fer à repasser d'une puissance de 300 watts en service pendant 2 heures dégagera :

$$\begin{aligned} 300 \text{ watts} \times 2 \text{ heures} &= 600 \text{ watts-heure} \\ &= 0,6 \text{ kilowatt-heure} \\ \text{et } 0,6 \text{ kilowatt-heure} \times 864 &= 518 \text{ calories} \end{aligned}$$

REMARQUE : On pourrait évaluer en kilowatts-heure l'énergie calorifique dont le corps a besoin journallement. Si l'on admet qu'il faut 2 400 calories pour un adulte sédentaire et 5 800 calories pour un travailleur de force, la correspondance est la suivante :

1° Adulte sédentaire :

$$\frac{2\ 400 \text{ calories}}{864 \text{ calories}} = 2,8 \text{ kilowatts-heure environ}$$

2° Travailleur de force :

$$\frac{5\ 800 \text{ calories}}{864 \text{ calories}} = 6,7 \text{ kilowatts-heure environ}$$

A titre documentaire, voici quelques valeurs de pouvoir calorifique, de diverses denrées :

100 gr. d'huile donnent	846	calories
100 gr. d'oignons donnent	281	—
100 gr. de beurre donnent	753	—
100 gr. de pommes de terre donnent	69	—
1 poulet de 1 000 gr. donne	1 430	—
1 dl. de vin blanc donne	20	—
6 litres de lait donnent	700	—

Chaleur spécifique.

A poids égal, tous les corps n'exigent pas la même quantité de chaleur pour subir une même augmentation de température. On appelle chaleur spécifique d'un corps la quantité de chaleur exprimée en calories nécessaire pour élever de 1° C la température de 1 kilogramme de ce corps.

Nous voyons que, par définition, la chaleur spécifique de l'eau est 1. Elle a été choisie pour unité. L'eau est le corps qui a la plus grande chaleur spécifique. Celle des huiles est variable, elle est de l'ordre de grandeur de 0,5. Cela signifie que pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'huile il faut une quantité de chaleur égale à 0,5 calorie.

Modes de transmission de la chaleur.

La chaleur se transmet de trois façons : conduction, convection et rayonnement.

1° *Conduction*. : C'est la transmission de la chaleur à travers un corps, de la surface chaude vers la surface froide. Cette propagation est d'autant plus rapide que le corps a un fort coefficient de conductibilité. En général, les métaux sont bons conducteurs de la chaleur, le cuivre en particulier. La transmission de la chaleur produite par une résistance électrique a des applications multiples. La résistance protégée peut être appliquée contre la paroi à chauffer, c'est le cas des plaques de cuisson des cuisinières, ou bien être noyée dans la masse dont on veut élever la température.

2° *Convection* : C'est la transmission de la chaleur d'une paroi à un liquide ou à un gaz. La vitesse de propagation augmente avec la différence de température entre le fluide et la paroi, et avec le mouvement du fluide. La résistance chauffante, source de chaleur, est noyée dans la paroi du récipient contenant le liquide (chauffe-eau, bouilloire). C'est également par convection qu'agissent les radiateurs obscurs, les sèche-cheveux).

3° *Rayonnement* : C'est la transmission de la chaleur par rayons calorifiques.

Les corps polis n'absorbent pas la chaleur. On se servira de cette propriété dans les radiateurs paraboliques. En effet, les rayons calorifiques émis par la résistance chauffante à feu visible seront réfléchis vers l'espace dont on veut élever la température. Au contraire, sur un réchaud à feu vif, on utilisera des casseroles à fond mat et plat pour concentrer la chaleur.

Association des résistances.

Dans les cuisinières électriques, les foyers de cuisson sont constitués par deux résistances que l'on branche sur

le courant de différentes manières au moyen d'un commutateur, de façon à obtenir trois allures de chauffe. En particulier, on utilise le branchement en série et le branchement en dérivation.

1° *Montage en série* : Dans le cas du montage série (fig. 2), les deux résistances sont reliées métalliquement bout à bout. Si bien que le courant arrivant en A passe dans la première résistance, ensuite dans la deuxième, pour se retrouver intégralement en B (sens des flèches sur la figure). Les deux résistances partielles sont donc parcourues par le même courant. Il est évident que la valeur de la résistance totale sera égale à la somme des valeurs des deux résistances. Si elles ont par exemple pour valeur 100 et 200 ohms, l'ensemble aura :

$$100 \text{ ohms} + 200 \text{ ohms} = 300 \text{ ohms de résistance.}$$

Le même calcul se ferait si l'on avait trois résistances.

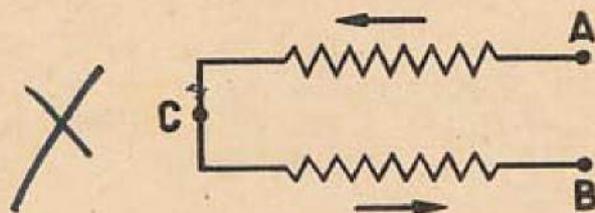


FIG. 2. — Montage en série de deux résistances

Il est facile de se rendre compte de la tension sous laquelle se trouve chaque résistance. Supposons que la tension d'alimentation aux bornes AB soit de 120 volts. Les 120 volts sont répartis le long du circuit ACB, à raison de 120 volts : 300 ohms = 0,4 volt par ohm. La résistance de 100 ohms sera sous une tension de :

$$100 \times 0,4 \text{ volt} = 40 \text{ volts}$$

Et la résistance de 200 ohms sera alimentée sous

$$200 \times 0,4 \text{ volt} = 80 \text{ volts}$$

On retrouve aux bornes AB :

$$40 \text{ volts} + 80 \text{ volts} = 120 \text{ volts.}$$

En réalité, nous venons d'appliquer simplement la loi d'Ohm sous une forme déguisée. En effet : l'intensité parcourant la résistance totale est de :

$$\text{Intensité} = \frac{120 \text{ volts}}{300 \text{ ohms}} = 0,4 \text{ ampère.}$$

Tension aux bornes de la résistance de 100 ohms :

$$\text{Tension} = 100 \text{ ohms} \times 0,4 \text{ amp.} = 40 \text{ volts.}$$

Tension aux bornes de la résistance de 200 ohms :

$$\text{Tension} = 200 \text{ ohms} \times 0,4 \text{ amp.} = 80 \text{ volts.}$$

$$\text{Tension totale} = 40 \text{ volts} + 80 \text{ volts} = 120 \text{ volts.}$$

Nous pouvons déduire de ces constatations que dans un montage de résistances en série :

- 1° La résistance totale est égale à la somme des résistances partielles ;
- 2° Le courant est le même dans chaque résistance ;
- 3° La tension aux bornes de chaque résistance en série est proportionnelle à la valeur de la résistance considérée.

Application pratique.

Deux lampes de 110 volts peuvent très bien se monter en série sur un secteur de 220 volts. Elles éclaireront normalement. Cependant, si l'une d'elles est court-circuitée, l'autre est grillée puisqu'elle est alimentée sous 220 volts.

2° *Montage en dérivation ou en parallèle* : Des résistances sont montées en dérivation sur un circuit (fig. 3),

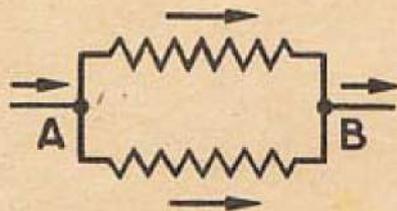


FIG. 3. — Montage en dérivation ou en parallèle

lorsque l'une de leurs extrémités est réunie à une borne A, l'autre étant reliée à la deuxième borne B. Dans ces conditions, le courant arrivant en A passe dans les différentes résistances pour se retrouver en B. Dans les installations intérieures d'appartement, toutes les lampes sont branchées en dérivation aux bornes du compteur. Chacune d'elles ne prend que l'intensité qui lui est nécessaire pour fonctionner. Le courant dans l'une des lampes est indépendant de celui des autres, puisque la tension est constante aux bornes AB de l'ensemble (tension du secteur).

Considérons les résistances précédentes de 100 et 200 ohms montées en dérivation et calculons les intensités dans chaque résistance en supposant la tension du secteur toujours égale à 110 volts.

Intensité dans la résistance de 100 ohms :

$$\text{Intensité} = \frac{110 \text{ volts}}{100 \text{ ohms}} = 1,10 \text{ ampère.}$$

Intensité dans la résistance de 200 ohms :

$$\text{Intensité} = \frac{110 \text{ volts}}{200 \text{ ohms}} = 0,55 \text{ ampère.}$$

Nous remarquons que l'intensité dans la résistance de 100 ohms est le double de celle qui traverse la résistance de 200 ohms. Par conséquent, les intensités sont inversement proportionnelles aux valeurs des résistances dans un montage en dérivation.

Quelle est la valeur de l'ensemble des deux résistances ? Autrement dit, quelle est la résistance unique qu'il faudrait placer aux bornes AB pour conserver dans le circuit la même intensité ?

Dans le cas des deux résistances partielles de 100 et 200 ohms en dérivation, nous avons vu que les intensités partielles étaient de 1,10 ampère et 0,55 ampère. L'intensité totale arrivant au point de jonction A est par conséquent la somme de ces intensités.

$$1,10 \text{ ampère} + 0,55 \text{ ampère} = 1,65 \text{ ampère.}$$

La résistance unique ou équivalente aux deux résistances qui maintiendra dans le circuit l'intensité totale de 1,65 ampère aura pour valeur :

$$\begin{aligned} \text{Résistance unique} &= \frac{\text{tension entre AB}}{\text{intensité totale}} \\ &= \frac{110 \text{ volts}}{1,65 \text{ ampère}} = 66 \text{ ohms, } 66 \end{aligned}$$

Remarquons que la résistance unique est toujours inférieure à la résistance la plus faible des deux résistances montées en dérivation.

On pourrait, pour connaître la résistance unique, employer une autre méthode. Il est, en effet, inutile d'appliquer la loi d'Ohm. Lorsque plusieurs résistances sont branchées en dérivation, le courant a plus de facilité pour parcourir le trajet AB que s'il y avait seulement la résistance de 100 ou 200 ohms. Par conséquent, le fait d'ajouter une résistance en dérivation ne fait qu'augmenter le nombre de passages au courant. Dans le montage en série, il en était autrement. Donc, une difficulté dans le montage en série se transforme en facilité dans le montage en dérivation. Or, une facilité électrique (conductance) est l'inverse d'une difficulté (résistance) ; cela s'écrit :

$$\text{conductance} = \frac{1}{\text{résistance}}$$

En résumé, dans un montage en dérivation, les conductances s'ajoutent et la conductance totale sera la somme des conductances. Reprenons l'exemple précédent :

conductance totale = 1^{re} conductance + 2^e conductance
c'est-à-dire :

$$\frac{1}{\text{résistance totale}} = \frac{1}{1^{\text{re}} \text{ résistance}} + \frac{1}{2^{\text{e}} \text{ résistance}}$$

en remplaçant les résistances par leurs valeurs :

$$\frac{1}{\text{résistance totale}} = \frac{1}{100 \text{ ohms}} + \frac{1}{200 \text{ ohms}}$$

en réduisant les fractions au même dénominateur :

$$\frac{1}{\text{résistance totale}} = \frac{200 + 100}{100 \times 200} = \frac{300}{20\,000} = \frac{3}{200}$$

En prenant les inverses :

$$\text{résistance totale} = \frac{200}{3} = 66,66 \text{ ohms}$$

résultat que nous avons déjà trouvé.

En généralisant, c'est-à-dire en considérant le cas de plusieurs résistances quelconques branchées en dérivation, on peut établir une formule directe.

Soit R_1 , R_2 , R_3 , trois résistances montées en dérivation et R la résistance équivalente à ces résistances partielles, on aura :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Récapitulons les caractéristiques de ce montage :

- 1° L'inverse de la résistance totale est égal à la somme des inverses des résistances partielles ;
- 2° Le courant dans chaque résistance est inversement proportionnel à la valeur de la résistance considérée ;
- 3° La tension aux bornes de l'ensemble est la même que la tension aux bornes de chaque résistance.

Formule de la résistance.

Elle permet de trouver la résistance d'un conducteur connaissant sa longueur et sa section. Elle fait intervenir la résistivité, qui est la résistance du conducteur considéré ayant 1 centimètre de long et 1 centimètre carré de section. Cette valeur est donnée par le fabricant et ne dépend que du métal utilisé.

$$\text{Résistance en ohms} = \frac{\text{résistivité}}{100} \times \frac{\text{longueur en mètres}}{\text{section en mill. carrés}}$$

Dans cette formule, la résistivité est exprimée en microhms centimètres.

Pour le cuivre, par exemple, la valeur de la résistivité est de 1,7 microhm centimètre carré par centimètre.

Un conducteur de cuivre de 100 mètres de longueur et de 2 millimètres carrés de section aurait donc une résistance de :

$$\frac{1,7 \times 100 \text{ mètres}}{100 \times 2 \text{ mm}^2} = 0 \text{ ohm } 85.$$

Résistivité de quelques métaux et alliages

Argent	1,46 microhm par cm	—
Cuivre	1,7 à 2 microhms	—
Aluminium	2,36	—
Zinc	5,60	—
Laiton	7,00	—
Platine	8,98	—
Fer	9	—
Plomb	19	—
Maillechort	30	—
Constantan	50 +	—
Mercure	94,07	—

De ces quelques valeurs, nous en déduisons que l'argent est le métal le plus conducteur de tous les métaux. Le maillechort est souvent utilisé dans la fabrication des résistances électriques pour rhéostats. Les isolants qui sont des corps mauvais conducteurs de l'électricité ont par conséquent une très grande résistivité. Cette dernière s'exprime généralement en ohms.

Remarque sur la mesure des résistances.

Dans la mesure des résistances on doit procéder à froid. En effet, la résistance augmente avec la température (sauf pour le carbone où elle diminue). La relation entre la résistance à 0° et la résistance à une température t° pour un même métal est la suivante :

Résistance à $t^\circ =$ résistance à $0^\circ + K$ fois le produit de la résistance à 0° par la température considérée.

K est un coefficient qui donne l'augmentation de résistance de 1 ohm lorsque la température du conducteur s'élève de 1 degré.

EXEMPLE : Soit une résistance de 200 ohms à 0° . Quelle sera sa nouvelle valeur si la température devient égale à 100° ? La valeur du coefficient K est donnée par le constructeur et dépend de la nature du métal. Pour le cuivre, elle est de 0,004.

Cela signifie qu'une résistance en fil de cuivre de 1 ohm dont la température s'élève de 1° a pour nouvelle valeur 1,004 ohm.

Nous aurons donc :

$$\begin{aligned} \text{Résistance à } 100^\circ &= 200 \text{ ohms} + (0,004 \times 200 \times 100) \\ &= 280 \text{ ohms.} \end{aligned}$$

On voit que la différence est très sensible.

Les résistances chauffantes.

Les résistances employées dans le chauffage électrique doivent avoir une résistivité de faible variation en fonction de la température.

Les alliages les plus courants utilisés dans la confection des résistances sont :

- le nickel-chrome (80 % de nickel, 20 % de chrome) ;
- le constantan (cuivre et nickel en parties égales).

Ces éléments chauffants ont les caractéristiques suivantes :

1° Nickel-chrome :

Résistivité : 108 microhms-centimètre à 24° C ;
 Coefficient de température : 0,00016 par 1° C ;
 Densité : 8,45 ;
 Température de régime : 1 050° C ;
 Point de fusion : 1 400° C environ.

2° Constantan :

Résistivité : 49 microhms-centimètre à 24° C ;
 Coefficient de température : 0 ; ~
 X Densité : 8,9 ;
 X Température de régime : 500° C ;
 X Point de fusion : 1 200° C environ.

Les résistances chauffantes sont utilisées soit en fils, soit en rubans, suivant le genre d'appareil.

Les vêtements, couvertures, tapis chauffants utilisent des cordes résistantes. Certains éléments se présentent sous forme de collier avec vis de serrage et deux bornes, pour l'équipement des bouilloires, par exemple.

Le problème du branchement des résistances dans les appareils chauffants.

Considérons deux résistances inégales, soit 110 et 220 ohms. L'association de ces résistances peut fournir une gamme de puissances utile pour les différentes allures de chauffage.

1° Si la résistance de 110 ohms est branchée seule sur le réseau que nous supposons de 110 volts, l'intensité absorbée sera de :

$$\text{Intensité} = \frac{\text{tension}}{\text{résistance}} = \frac{110 \text{ volts}}{110 \text{ ohms}} = 1 \text{ ampère}$$

et la puissance dissipée de :

$$\text{Puissance} = \text{tension} \times \text{intensité} = 110 \text{ volts} \times 1 \text{ A} = 110 \text{ watts}$$

Pour la deuxième résistance de 220 ohms :

$$\text{Intensité} = \frac{110 \text{ volts}}{220 \text{ ohms}} = 0,50 \text{ A}$$

$$\text{Puissance} = 110 \text{ volts} \times 0,5 \text{ A} = 55 \text{ watts}$$

Sous une même tension, une résistance élevée chauffe moins qu'une résistance faible, et dépense moins de courant.

2° Les deux résistances sont branchées en série.

$$\text{Intens. totale} = \frac{\text{tension}}{\text{résistance totale}} = \frac{110 \text{ volts}}{330 \text{ ohms}} = 0,30 \text{ A}$$

$$\text{Puissance totale} = 110 \text{ volts} \times 0,30 \text{ A} = 33 \text{ watts}$$

Nous verrons que cette disposition est prise dans les cuisinières pour obtenir l'allure « doux ».

La formule précédente (une seule résistance branchée) sert au chauffage « moyen ».

Remarquons que la tension aux bornes de chaque résistance est inégale ; elle est en chiffres ronds de 37 volts pour la résistance de 220 ohms et 74 volts pour la résistance de 110 ohms. Si les résistances étaient égales et de n'importe quelle valeur, la tension aux bornes de chacune d'elles serait de 55 volts.

3° Les deux résistances sont branchées en dérivation. La résistance unique vaudrait 73,33 ohms.

$$\text{L'intensité totale serait : } \frac{110 \text{ volts}}{73,33} \neq 1,5 \text{ A}$$

$$\text{et la puissance} = 110 \text{ volts} \times 1,5 \text{ ampère} = 165 \text{ watts.} =$$

Cette disposition constitue l'allure « fort » des appareils de cuisson.

Les puissances mises en jeu par l'association des deux résistances sont donc, par ordre croissant :

Résistances en série	33 watts
Résistance de 220 ohms	55 —
Résistance de 110 ohms	110 —
Résistances en dérivation	165 —

REMARQUE. — L'association de certains éléments chauffants se fait en série ou en parallèle suivant la tension du secteur. Généralement, ces éléments identiques sont prévus pour deux tensions, dont l'une est le double de l'autre, par exemple 110 et 220 volts.

On branche toujours les éléments en série pour la tension la plus élevée, en dérivation (parallèle) pour la tension la plus faible.

Chute de tension.

On appelle chute de tension, la perte de tension entre les deux extrémités d'un circuit électrique, par suite de la résistance des conducteurs constituant ce circuit.

Cette chute est égale au produit de la résistance totale du circuit (longueur de la ligne, aller et retour) par l'intensité qui traverse les conducteurs. Elle s'exprime en volts.

$$\text{Chute de tension} = \text{résistance} \times \text{intensité.}$$

Exemple : Un appareil électrodomestique est alimenté par une ligne bifilaire de 25 mètres de longueur, ayant une résistance de 5 ohms au kilomètre. L'appareil absorbe une intensité de 10 ampères. Quelle est la chute de tension entre les deux extrémités du circuit ?

Résistance totale de la ligne :

$$25 \text{ mètres} \times 2 \times 5/1000 \text{ d'ohm} = 0,250 \text{ ohm}$$

Chute de tension :

$$U = RI = 0,250 \times 10 \text{ ampères} = 2,5 \text{ volts}$$

Si la tension du secteur à l'entrée de la ligne est de 120 volts, à la sortie elle sera de :

$$120 \text{ volts} - 2,5 \text{ volts} = 117,5 \text{ volts}$$

Généralement, la compagnie de distribution exige une chute de tension maximum admissible. Pour les lignes d'alimentation des appareils électrodomestiques, elle ne doit pas excéder 5 % de la tension secteur.

EXEMPLE. — Une ligne bifilaire de 25 mètres de longueur doit alimenter une cuisinière électrique d'une puissance de 1 kilowatt sous 120 volts au départ du compteur. La chute de tension ne doit pas excéder 5 % aux bornes de l'appareil. Quelle est la résistance à donner à la ligne ?

Intensité absorbée par l'appareil :

$$I = \frac{\text{puissance en watts}}{\text{tension en volts}} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8,33 \text{ A}$$

Chute de tension en ligne :

$$120 \times \frac{5}{100} = 6 \text{ volts}$$

Résistance totale à donner à la ligne :

$$R = \frac{\text{chute de tension}}{\text{intensité}} = \frac{6 \text{ V}}{8,33 \text{ A}} = 0,72 \text{ ohm}$$

Résistance par mètre de conducteur :

$$\frac{0,72 \text{ ohm}}{25 \text{ mètres} \times 2} = 14/1000 \text{ d'ohm}$$

On a intérêt, pour le rendement des canalisations et des appareils, à diminuer autant que possible la chute de tension.

III. — Distribution de l'énergie électrique

Le courant électrique est généralement distribué aux usagers sous tension constante, 110 ou 115 volts, 220 volts, 380 volts, suivant les systèmes utilisés.

I. — Courant continu.

a) Distribution à deux fils :

De la dynamo 110 ou 115 volts placée à l'usine génératrice, partent deux fils appelés artère.

Sur cette artère sont prises toutes les dérivations alimentant les différents immeubles (fig. 4).

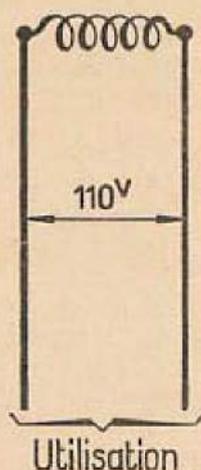


FIG. 4. — Système de distribution en courant continu à deux fils ou en courant alternatif monophasé

b) Distribution à trois et cinq fils :

Ces systèmes sont peu utilisés. Nous les signalons simplement pour mémoire.

II. — Courant alternatif.

a) Distribution par courant monophasé :

Cette distribution est semblable au système à deux fils en courant continu. L'alternateur de l'usine génératrice fournit du 115 ou 220 volts. L'ensemble des deux fils est appelé phase.

b) Distribution par courants diphasés :

Le système diphasé à quatre fils se comporte comme deux circuits monophasés séparés. L'utilisation est prise sur chacune des deux phases à 110, 115 ou 220 volts, suivant le type de l'alternateur (fig. 5).

On obtient un système diphasé à trois fils, en réunissant les deux enroulements de la machine électrique (fig. 6). Si l'un des enroulements identiques fournit une tension U volts, la tension U_1 aux bornes extrêmes de l'alternateur sera :

$$U_1 = U\sqrt{2}$$

EXEMPLE : Si $U = 110$ volts

$$U_1 = U\sqrt{2} = 110 \times 1,414 = 156 \text{ volts.}$$

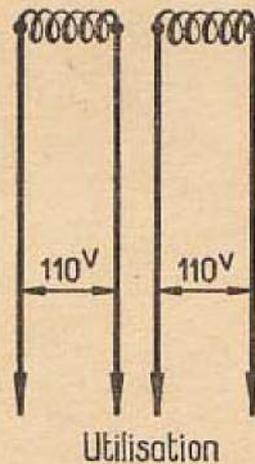


FIG. 5. — *Système de distribution par courants alternatifs diphasés à quatre fils*

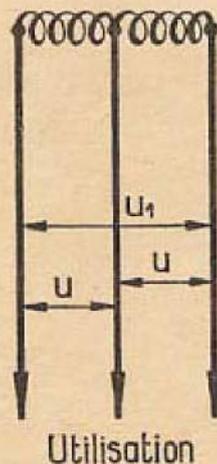


FIG. 6. — *Système de distribution par courants alternatifs diphasés à trois fils*

c) Distribution par courants triphasés :

Ce sont les distributions les plus répandues. Selon la combinaison des trois enroulements induits du même alternateur, on obtient des distributions à trois ou

1° Montage triangle :

Ce système comporte trois fils, l'ensemble de deux fils quelconques s'appelle phase. La tension généralement fournie est de 110, 115 ou 220 volts suivant le type de l'alternateur (fig. 7).

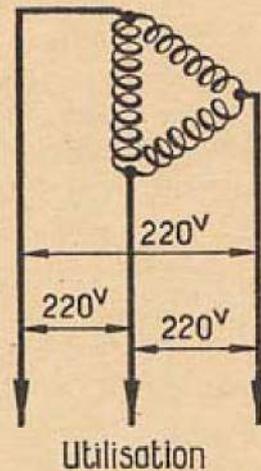


FIG. 7. — Système de distribution par courants triphasés. Montage triangle

2° Montage étoile à trois fils :

Comme dans le système précédent, les trois phases sont identiques. Les tensions obtenues sur chacune d'elles sont les mêmes (fig. 8).

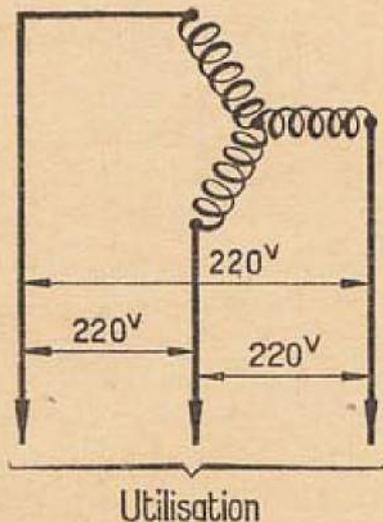


FIG. 8. — Système de distribution par courants triphasés. Montage étoile

3° Montage étoile à quatre fils :

Du point commun aux trois enroulements, un quatrième fil est branché. Ce fil est appelé neutre (fig. 9). Ce système

ne comporte que trois phases. Cependant les tensions différent, selon que l'utilisation se trouve prise entre deux fils de phase, ou entre un fil de phase et le neutre. Si la tension entre fils de phase (2-3 ou 4 sur la figure 9) et le

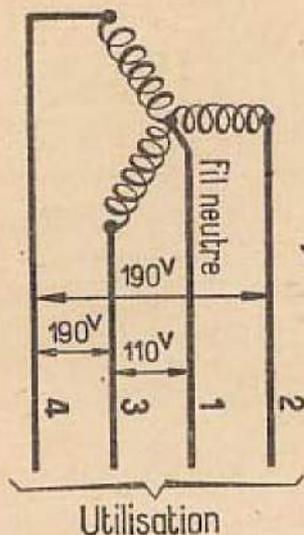


FIG. 9. — Système de distribution par courants triphasés. Montage étoile avec fil neutre

neutre (1) est de 110 volts, la tension entre fils de phase (2-3, 2-4, 3-4) sera de :

$$110 \text{ volts} \times \sqrt{3} = 110 \times 1,732 = 190 \text{ volts}$$

Distinction entre le courant continu et le courant alternatif.

Pour reconnaître si une installation est parcourue par du courant continu ou du courant alternatif, plusieurs méthodes sont à notre disposition :

1° Le plus simple est de regarder le compteur, les indications portées sur le capot sont suffisamment explicites pour dissiper le doute.

2° On peut également brancher sur le secteur une lampe à filament de carbone.

Si à l'approche d'un aimant, le filament est attiré ou repoussé, le courant est continu.

Si le filament vibre, le courant est alternatif.

Dans cette expérience, il est nécessaire d'utiliser une lampe à filament de carbone, parce que celui-ci est assez flexible pour obéir aux attractions et répulsions de l'aimant.

3° Le papier tournesol vendu chez les électriciens permet aussi de distinguer le genre de courant.

— Dès à présent, signalons que certains appareils électroménagers fonctionnent indifféremment en continu ou en alternatif, d'autres sur un seul genre de courant.

IV. — NORMALISATION ET INTERPRÉTATION DES SYMBOLES

Désignation	Symboles
Source de courant continu	
Source de courant alternatif	
Canalisation, symbole général	
Croisement de deux canalisations sans connexion électrique	
Croisement de deux canalisations avec connexion électrique	
Dérivation	
Canalisation à un conducteur (deux variantes)	
Canalisation à deux conducteurs	
Canalisation à plusieurs conducteurs (exemple de 7)	
Canalisation diphasée à 5 conducteurs dont un neutre	
Conducteur de terre	
Mise à la terre, prise de terre, masse d'un appareil ou d'une machine, bâti, châssis	
Interrupteur unipolaire	
Interrupteur bipolaire	
Interrupteur tripolaire	
Commutateur à deux directions	
Interrupteur à lampe témoin	
Coupe-circuit à fusible, symbole général	
Résistance électrique	

Désignation	Symboles
Bobinage _____	
Transformateur _____	
Condensateur _____	
Armature de relais et contacts _____	
Ampèremètre _____	
Voltmètre _____	
Branchement des enroulements en triangle _____	
Branchement des enroulements en étoile _____	
Moteur électrique _____	
Appareil de mesure en général _____	
Contact glissant _____	
Isolant _____	
Dispositif antiparasite _____	
Appareil de cuisson ; exemple : tension nominale 200 volts, puissance nominale 4 kilowatts _____	200 V 4 KW
Appareil de chauffage ; exemple : tension nominale 230 volts, puissance nominale 3 kilowatts _____	230 V 3 KW
Chauffe-eau ; exemple : tension nominale 115 volts, puissance nominale 1,2 kilowatt, à accumulation _____	115 V 1,2 KW
Armoire frigorifique électrique _____	
Ventilateur électrique _____	
Appareil pour changement horaire de tarification : horloge ou relais _____	

CHAPITRE II

LES APPAREILS DE MESURE

Le dépanneur en installations électrodomestiques a, pour ses recherches, un certain nombre d'appareils de mesure à sa disposition. Il doit pouvoir, en effet, mesurer l'intensité d'un courant, la différence de potentiel ou tension, la puissance d'un appareil électroménager, la résistance des circuits et organes, la résistance d'isolement des installations, la vitesse des moteurs, etc.

Nous donnons quelques précisions indispensables pour l'utilisation pratique des principaux appareils de mesure et de contrôle.

Tous ces appareils possèdent un équipage mobile solidaire d'une aiguille dont la déviation indique la valeur mesurée sur un cadran gradué.

Mesure des intensités

L'intensité d'un courant se mesure à l'aide d'un ampèremètre. On distingue plusieurs sortes d'appareils basés sur des principes différents. Certains de ces appareils fonctionnent indifféremment sur courant continu et sur courant alternatif ; d'autres ne se branchent que sur un courant déterminé (continu ou alternatif).

a) Ampèremètres à fer doux.

Ils sont basés sur le principe de l'attraction d'un barreau de fer doux placé à l'intérieur d'une bobine parcourue par le courant à mesurer. Cette attraction étant indépendante du sens du courant, ces ampèremètres sont utilisés indifféremment en continu et en alternatif.

b) Ampèremètres à cadre mobile.

Ils se composent d'un aimant permanent fixe et d'un cadre mobile sur lequel sont enroulés un grand nombre de spires de fil fin parcourues par le courant à mesurer. Ces appareils universellement employés pour la mesure des courants continus ne peuvent servir en courant alternatif.

En effet, sous l'action de ce dernier, le cadre mobile serait sollicité dans un sens puis dans l'autre, finalement il n'y aurait aucune déviation.

c) Ampèremètres thermiques.

Ils sont basés sur le fait qu'un fil s'échauffe et s'allonge quand il est parcouru par un courant. Ils servent également en continu et en alternatif.

Branchement des ampèremètres

Les ampèremètres se branchent en série dans le circuit dont on veut mesurer l'intensité. Ils devront donc être peu résistants pour ne pas modifier sensiblement les résultats. Avant de brancher l'appareil sur le circuit, il faut s'assurer que le courant à mesurer pourra être supporté sans danger pour les enroulements.

Par exemple, si l'on désire mesurer le courant absorbé par un radiateur de 2 000 watts sous 110 volts, on calcule par la formule de la puissance le courant qui, normalement, doit alimenter le radiateur :

$$\text{Intensité} = \frac{2\,000 \text{ watts}}{110 \text{ volts}} = 18 \text{ ampères}$$

Il faudra prévoir, pour plus de sécurité, un ampèremètre d'un calibre minimum de 25 ampères (cas d'une résistance court-circuitée en partie).

Cela oblige le dépanneur d'avoir à sa disposition une gamme assez variée d'ampèremètres. On préfère incorporer un shunt dans le circuit de l'appareil.

Un shunt est une résistance fixe étalonnée par le constructeur, que l'on place aux bornes de l'ampèremètre pour dériver une partie importante du courant. Généralement, leur résistance est établie par rapport à celle de l'ampèremètre dont ils font partie, de telle manière que celui-ci ne laisse passer que le 1/10 ou le 1/100 du courant.

Avec un shunt de 1/10 l'essai du radiateur précédent ne nécessiterait qu'un appareil de calibre 2 ampères.

Le shunt doit être branché directement sur le circuit. S'il en était autrement (appareil relié au circuit), une ouverture ou un mauvais contact des fils du shunt laisserait passer la totalité du courant dans l'ampèremètre et ce dernier risquerait de griller (fig. 10 et 11).

Un shunt est toujours indiqué par le nombre d'ampères qui fait dévier l'aiguille de l'ampèremètre d'une quantité égale à la totalité de l'échelle de lecture. Ainsi, si nous voulons mesurer un courant de 10 ampères avec un appa-

reil ne pouvant supporter que 1 ampère, nous choisirons un shunt qui absorbera les 9/10 de l'intensité totale, c'est-à-dire un shunt de 10 ampères. Lorsque l'aiguille marquera la déviation totale 1 ampère, il passera dans le circuit à contrôler 10 ampères (1 A dans l'appareil + 9 A dans le shunt).

La plupart des shunts ont pour calibre : 1, 3, 10, 30, 50, 100, 300, 500, 1 000 ampères, permettant de mesurer avec un même appareil des intensités allant de 0 à 10 000 ampères.

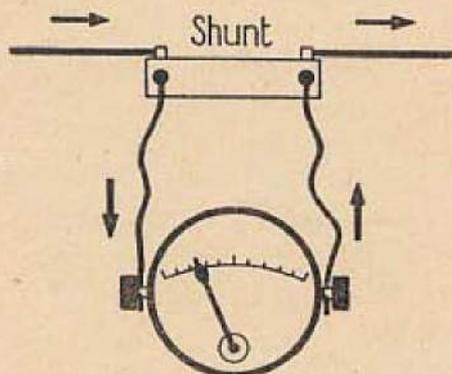


FIG. 10. — Montage correct d'un ampèremètre avec son shunt

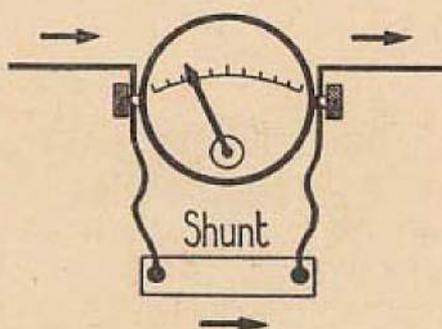


FIG. 11. — Montage incorrect

Les milliampèremètres.

Pour mesurer avec précision des intensités inférieures à 1 ampère, on utilise des milliampèremètres. Ces appareils ont des principes identiques à ceux des ampèremètres, mais leur résistance intérieure est plus élevée.

Mesure des tensions

La mesure des tensions se fait à l'aide d'un voltmètre. On distingue les voltmètres à fer doux, les voltmètres à cadre mobile et les voltmètres thermiques. Ces appareils se branchent en dérivation sur le circuit dont on veut connaître la tension. Ils ont une grande résistance, pour ne pas créer de dérivation sensible du courant (fig. 12).

Pour pouvoir mesurer des tensions diverses, ils sont souvent de plusieurs calibres. Quelquefois le même appareil comporte plusieurs graduations, une borne commune et des bornes intermédiaires.

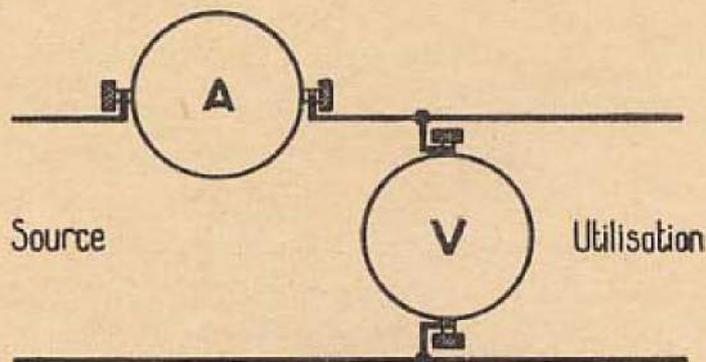


FIG. 12. — Montage d'un ampèremètre et d'un voltmètre sur un circuit

Ampèremètre-voltmètre combinés.

Souvent l'ampèremètre et le voltmètre sont associés dans un même boîtier et l'ensemble porte le nom de boîte de contrôle. Cet ensemble (fig. 13), particulièrement pratique pour les monteurs et les dépanneurs, permet les mesures de précision courantes dans une gamme très étendue. Cette



FIG. 13. — Mallette universelle ampèremètre-voltmètre combinés (boîte de contrôle)
(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

boîte de contrôle, facilement transportable, comporte un ampèremètre et un voltmètre du type ferromagnétique amorti (Chauvin et Arnoux). Les graduations sont valables indifféremment en continu et alternatif de 25 à 50 périodes.

L'appareil le plus pratique pour la vérification des installations et du matériel électrodomestique est le modèle comprenant :

- Voltmètre 7,5, 30, 150, 300, 600 volts (5 calibres) ;
- Ampèremètre 1, 5, 25, 50 ampères (4 calibres).

Voltmètre, ampèremètre à transfo-pince.

C'est un appareil précieux pour l'inspection rapide des circuits électriques en courant alternatif basse tension. Il permet tous les contrôles d'intensité et de tension, aussi bien des circuits de forte puissance que des circuits d'éclairage de 100 à 200 watts, ou de petits moteurs de 1/5 CV (fig. 14).



FIG. 14. — Voltmètre, ampèremètre à transfo-pince
(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

Grâce à une prise d'intensité par transformateur pince, la mise en œuvre de l'appareil est immédiate et n'exige aucun débranchement du circuit contrôlé, ce qui est pratique pour vérifier un circuit mal placé, très haut ou peu accessible, ou même dans un local mal éclairé. Les cordons de liaison du transformateur à l'appareil peuvent atteindre plusieurs mètres.

Le transformateur articulé s'ouvre comme une pince et s'engage autour du câble à contrôler et se referme de lui-même. Sa monture isolante peut s'adapter à tout câble jusqu'à 48 mm de diamètre. Huit calibres peuvent être utilisés (fig. 15) :

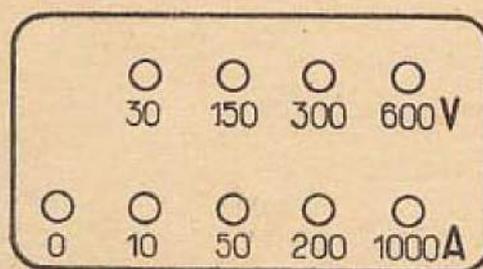


FIG. 15. — Indication des calibres sur le boîtier de l'appareil

Tension : 30, 150, 300, 600 volts. Résistance 1 000 ohms/volt.

Intensité : 10, 50, 200, 1 000 ampères avec transfo-pince.

1° Mesure des tensions :

Relier directement le circuit à contrôler à la douille 0 et à l'une des douilles 30, 150, 300, 600 volts, suivant la tension à mesurer.

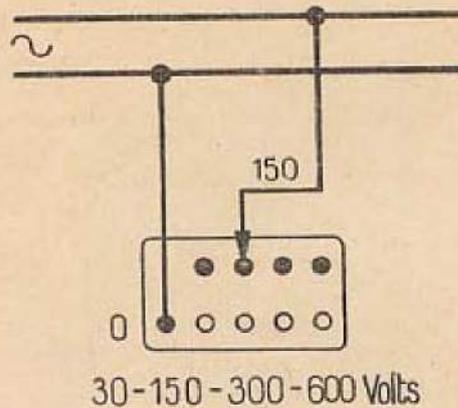


FIG. 16. — Mesure de la tension avec un voltmètre-ampèremètre transfo-pince. Ex. : 150 volts

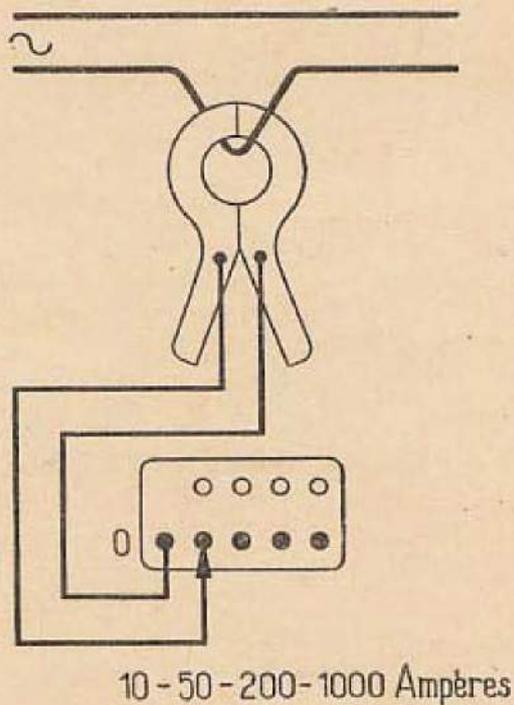


FIG. 17. — Mesure de l'intensité avec un voltmètre-ampèremètre transfo-pince. Ex. : 10 ampères

2° Mesure des intensités :

Relier le transfo-pince à la douille 0 et à l'une des douilles 10, 50, 200, 1 000 ampères. Ouvrir la pince et l'engager sur le câble à contrôler, en veillant à ce que rien ne gêne la fermeture (fig. 17).

3° Cas des courants faibles :

Lorsque l'intensité est très faible, il est possible de réaliser un calibre supplémentaire 5 ampères en passant le câble à contrôler deux fois dans l'ouverture de la pince, de façon à constituer un primaire de deux spires. Utiliser alors les douilles 0 et 10 ampères, et diviser la lecture par 2 (fig. 18).

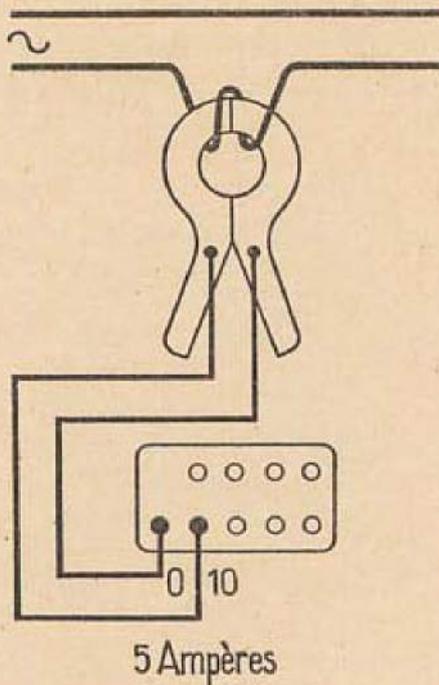


FIG. 18. — *Mesure des courants faibles avec le voltmètre-ampère-mètre à transfo-pince*

De même, en passant le câble cinq fois dans l'ouverture de la pince, on obtient un calibre supplémentaire. Par ces artifices, il est donc possible de mesurer des courants faibles à partir de 200 mA.

Mesure des résistances

Il existe plusieurs procédés pour mesurer les résistances : pont de Wheatstone, loi d'Ohm, au moyen d'un voltmètre et d'un ampèremètre, mais la mesure directe se fait par l'ohmmètre.

A. Ohmmètre.

L'ohmmètre comporte, comme tous les appareils de mesures électriques, un équipage mobile qui transmet le mouvement à une aiguille se déplaçant devant un cadran

gradué. Ces appareils à lecture directe servent principalement pour les mesures d'isolement. Leur précision est en général suffisante pour le dépanneur électricien. On distingue :

- 1° Les ohmmètres à magnéto ;
- 2° Les ohmmètres à piles.

1° OHMMÈTRES A MAGNÉTO

Ces appareils se composent de deux cadres mobiles solidaires l'un de l'autre, décalés de 90° et placés dans le champ magnétique d'un aimant permanent. Les deux cadres reçoivent le courant continu de la magnéto, mais l'un est branché en série avec la résistance à mesurer. Il s'établit ainsi une position d'équilibre de l'ensemble des deux cadres soumis aux forces électromagnétiques. L'aiguille indique alors la valeur de la résistance mesurée. En fait, l'un des cadres dévie sous l'action du courant, l'autre sous l'action de la tension fournie par la magnéto. Le quotient :

$$\text{Résistance} = \frac{\text{tension}}{\text{intensité}}$$

se lit directement sur la graduation du cadran, grâce à l'étalonnage de l'appareil. Pratiquement, l'ohmmètre à magnéto se présente sous forme d'un boîtier monobloc contenant l'équipage mobile et la magnéto (fig. 19). Deux

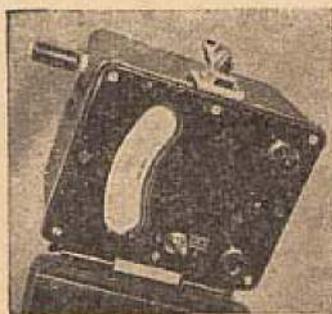


FIG. 19. — Ohmmètre secteur à magnéto

(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

bornes de raccordement sont visibles sur l'appareil. Si l'on veut mesurer une résistance, on branche celle-ci aux deux bornes. Si l'on veut mesurer la résistance d'isolement d'une installation, on branche l'une des bornes à la ligne, l'autre à la terre.

Un commutateur permet d'incorporer, en série avec le cadre intensité, une résistance additionnelle pour changer

la sensibilité de l'appareil. On peut ainsi mesurer de fortes résistances variant de 0 à 50 mégohms.

Notons que les lectures sont rigoureusement indépendantes de la vitesse de rotation de la manivelle de la magnéto.

2° OHMMÈTRES A PILES

Dans les ohmmètres à piles (fig. 20), la magnéto est remplacée par une batterie de piles de 4,5 volts logée dans le boîtier de l'appareil. Le cadran est également à lecture directe. Deux calibres permettent de mesurer les résistances de 0 à 50 000 ohms et de 0 à 5 mégohms. Dans d'autres modèles, les calibres sont de 0 à 200 ohms et de 0,5 à 50 ohms.

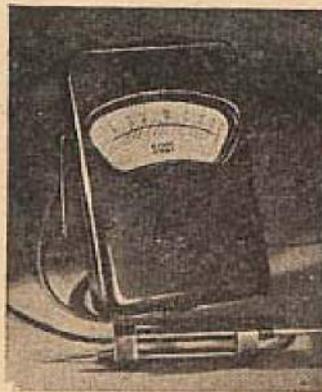


FIG. 20. — Ohmmètre compact à pile
(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

Pour la mesure des résistances d'isolement, il est préférable d'utiliser les ohmmètres à magnéto. Ils permettent en effet de faire des essais, sous une tension au moins égale à celle sous laquelle fonctionne l'installation. La magnéto fournit des tensions allant de 200 à 500 volts.

B. Méthode du voltmètre et de l'ampèremètre.

C'est une application directe de la loi d'Ohm.

$$R \text{ ohms} = \frac{U \text{ volts}}{I \text{ ampères}}$$

Deux montages sont possibles.

1° MONTAGE AMONT (fig. 21)

L'ampèremètre A se branche en série avec la résistance à mesurer, le voltmètre V en dérivation aux bornes de l'ensemble ampèremètre-résistance.

Ce montage convient pour les résistances moyennes supérieures à 100 ohms. C'est le cas des lampes à incandescence et des appareils électrodomestiques.

Pour que la mesure soit précise, il faut en effet que la résistance de l'ampèremètre soit négligeable par rapport à la résistance à mesurer.

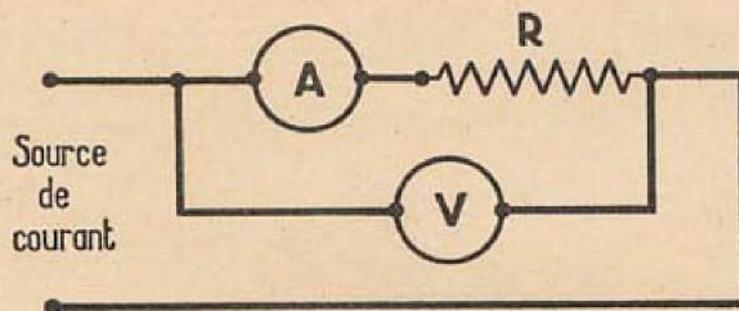


FIG. 21. — Mesure des résistances. Montage amont

2° MONTAGE AVAL (fig. 22)

Pour les résistances faibles, inférieures à 100 ohms, on réalise le montage aval.

Le voltmètre se branche aux bornes de la résistance à mesurer. L'ampèremètre est donc en série avec l'ensemble voltmètre-résistance.

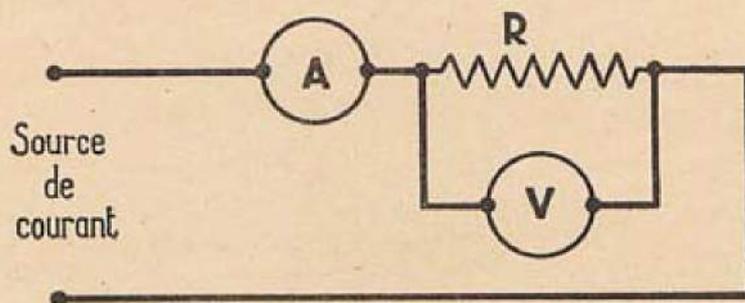


FIG. 22. — Mesure des résistances. Montage aval

La méthode du voltmètre et de l'ampèremètre est rapide et pratique. On a toujours intérêt à se servir de bons appareils de mesure et à soigner les connexions. La précision obtenue est de l'ordre de 1 %, ce qui est grandement suffisant.

Le contrôleur universel

A titre d'exemple, nous décrivons l'appareil Chauvin et Arnoux (fig. 23-24).

C'est un appareil qui mesure les tensions, les intensités,

les résistances aussi bien en courant continu qu'en courant alternatif. Il comprend plusieurs sensibilités directes :

1,5, 7,5, 30, 150, 300, 750 volts ;
3, 30, 150 milliampères ; 1,5, 7,5 ampères.

Grâce à des accessoires, l'extension des sensibilités peut s'étendre ainsi :

1 500, 3 000, 4 500 volts avec les résistances ;
15, 30, 75, 150 ampères avec les shunts ;
30 à 1 000 ampères avec les transformateurs ;
1 000 ohms à 1 mégohm avec le bloc superohm.

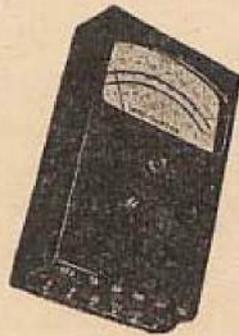


FIG. 23. — *Super-contrôleur 24*
(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

Pour l'utilisation du contrôleur, placer le commutateur sur courant continu = ou sur courant alternatif ~ suivant la nature du courant. Insérer la fiche noire sur 0 et la fiche rouge dans la douille marquée aux valeurs maxima :



FIG. 24. — *Contrôleur universel*
(Document « CHAUVIN-ARNOUX »)

750 volts pour les tensions ou 7,5 ampères pour les intensités. Relier les cordons au circuit à vérifier (rouge au +, courant continu). Déplacer la fiche rouge de douille en douille, par sensibilités décroissantes, pour obtenir la plus grande division possible de l'aiguille, et, par suite, la meilleure précision.

Faire ensuite la lecture sur l'échelle convenable d'après les indications se trouvant sur le cadran.

Mesure de la consommation des appareils électro-domestiques chauffants

Nous avons déjà vu une première méthode qui consiste à se servir des indications données par le compteur électrique. Une deuxième méthode utilise le contrôleur universel.

Il suffit de brancher l'appareil de mesure des intensités en série avec l'appareil électrodomestique chauffant à vérifier (fig. 25).

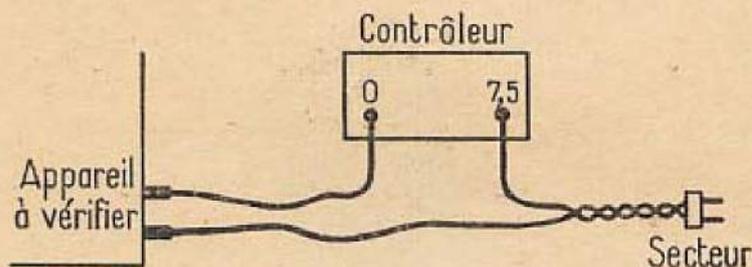


FIG. 25. — Mesure de la consommation d'un appareil électrodomestique chauffant

Choisir le calibre 7,5 ampères pour faire les essais. C'est une précaution indispensable pour ne pas détériorer le contrôleur universel. S'assurer cependant que le calibre de 7,5 ampères est suffisant pour l'appareil chauffant considéré. La lecture de l'intensité débitée se fait sur le cadran en tenant compte du calibre choisi.

On peut ainsi en déduire la puissance en multipliant l'intensité par la tension du secteur.

Avant de brancher la fiche de prise de courant, bien vérifier que le réglage du contrôleur a été fait sur la nature du courant de fonctionnement de l'appareil. Si l'on désire une valeur plus précise de la mesure de la puissance, on peut, avant le premier essai de l'intensité, faire une mesure de la tension du secteur.

Il est évident que si l'appareil à vérifier possède plusieurs allures de chauffe, il faut faire les essais sur chaque position du commutateur.

Le polymètre : ses possibilités

Le polymètre est un appareil de mesure complet. Il est utilisé pour toutes les mesures de radio et tous les contrôles industriels en courant continu et alternatif de 25 à 2 000 périodes par seconde. Il se présente sous la forme d'un boîtier plat facilement transportable et se compose de deux galvanomètres indépendants, à cadre mobile.

1° Galvanomètre de gauche (tensions et intensités) : comprend treize sensibilités directes, utilisables en courant continu et alternatif :

1,5, 7,5, 30, 150, 300, 750 volts ;
3, 7,5, 30, 75, 300 millis ; 1,5, 7,5 ampères.

a) Mesure des tensions et intensités :

Un commutateur est à orienter sur continu ou alternatif, suivant la nature du courant.

Des résistances additionnelles permettent de mesurer la tension jusqu'à 1 500, 3 000, 4 500 volts.

Des shunts extérieurs réalisent les sensibilités supplémentaires : 15, 30, 75, 150 ampères.

Le transfo-pince, utilisable en alternatif 25 à 60 périodes, évite de couper le fil pour la mesure des intensités. Son

rapport est de $\frac{1\ 000}{1}$ et réalise quatre sensibilités :

30, 75, 300, 1 500 ampères.

2° Galvanomètre de droite (résistances et capacités) :

a) Mesure des résistances :

1 000 et 10 000 ohms ; 1 mégohm avec pile intérieure 3 volts.

b) Mesure des capacités :

0,005, 0,5, 5 microfarads, alimentation par réseau 115 volts alternatif.

c) Mesure des intensités faibles (continu et alternatif) :

150 microampères en continu ;
180 microampères en alternatif.

Mesure des puissances

Nous savons que la puissance en courant continu est le produit de la tension par l'intensité.

Puissance = tension \times intensité.

On peut donc mesurer la puissance en continu à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre. Soit à évaluer la puissance d'un récepteur. On mesure successivement la tension et l'intensité, c'est-à-dire on branche en premier l'un ou l'autre appareil (voltmètre ou ampèremètre), on fait la lecture ; on branche ensuite le deuxième appareil après avoir retiré le premier, et l'on fait le produit des deux valeurs obtenues (fig. 26-27).

Si par exemple on a relevé les indications 110 volts et 6 ampères, la puissance de l'organe récepteur sera 660 watts.

Ce procédé évite les erreurs dues à la consommation propre des appareils de mesure. Toutefois, il n'est pas toujours possible d'utiliser cette façon d'agir. Brancher alors les

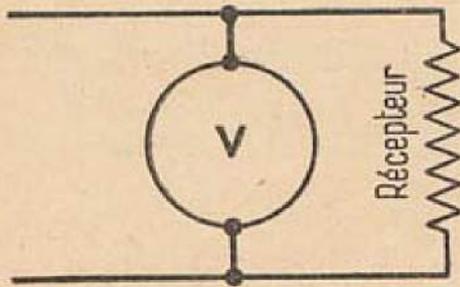


FIG. 26. — *Mesure de la puissance (1^{re} opération)*

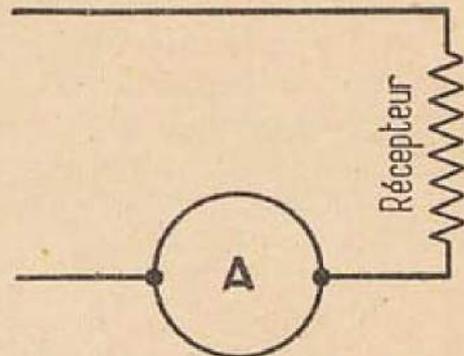


FIG. 27. — *Mesure de la puissance (2^e opération)*

deux instruments de mesure simultanément. Deux montages se présentent à nous : montage aval (fig. 28) et montage amont (fig. 29). Il y aura intérêt à utiliser le premier lorsque la tension est faible et le courant élevé. Le deuxième, dans le cas d'un courant faible et d'une tension élevée.

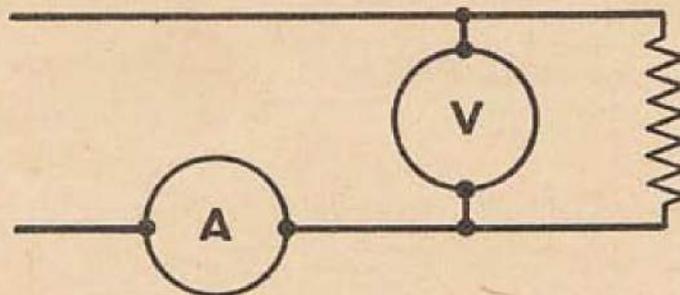


FIG. 28. — *Mesure de la puissance. Montage aval*

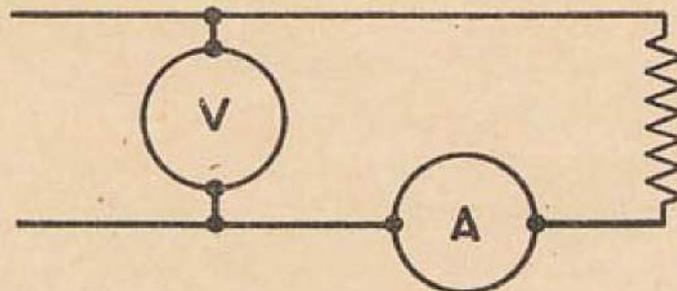


FIG. 29. — *Mesure de la puissance. Montage amont*

En courant alternatif, cette méthode n'est pas valable, parce que dans le calcul de la puissance il y a lieu de considérer le facteur de puissance. L'appareil à lecture

directe donnant la puissance réelle en courant alternatif et en courant continu est le wattmètre. Cependant, dans la mesure de la puissance en courant alternatif, lorsque les récepteurs ne sont constitués que par des résistances pures (sans self), la méthode de l'ampèremètre et du voltmètre donne des résultats réels. C'est le cas des lampes à incandescence. Les tubes fluorescents n'entrent pas dans cette catégorie.

Mesure de l'énergie

L'énergie électrique se mesure par les compteurs électriques. Ce sont des appareils enregistreurs que la compagnie de distribution place chez les usagers. Ils servent à tarifier l'énergie consommée.

Le compteur se compose d'un moteur tournant sous l'action de la tension du secteur et du courant débité dans les installations. Il est muni d'un mouvement d'horlogerie qui fonctionne pendant tout le temps d'utilisation du courant.

Lecture du compteur.

L'indicateur d'énergie comprend six cadrans gradués de 0 à 9 (fig. 30).

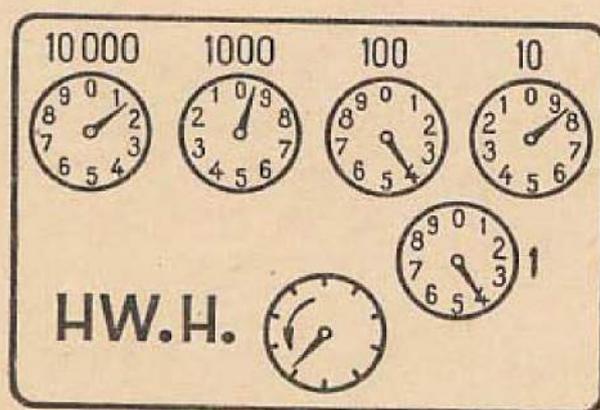


FIG. 30. — Indicateur d'énergie

Nous remarquons que ces cadrans ne sont pas tous gradués dans le même sens de rotation ; ceci est simplement dû à l'entraînement des engrenages intérieurs, c'est une disposition purement mécanique. Le cadran inférieur comporte une aiguille rouge et n'a pas de chiffres. Il indique des 1/10 d'hectowatt et n'intervient pas dans la lecture. Les cadrans 1, 10, 100, 1 000, 10 000 intéressent, seuls, les usagers. Le cadran 1 indique des hectowatts, c'est le chiffre des unités ; le cadran 10 indique des dizaines d'hectowatts, c'est le chiffre des dizaines ; le cadran 100 indique le chiffre des centaines, etc. L'aiguille du cadran 10 000

avance d'une division, par exemple de 1 à 2, lorsque l'aiguille du cadran 1 000 a fait un tour complet. De même, l'aiguille du cadran 1 000 avance d'une division lorsque l'aiguille du cadran 100 a fait un tour complet, et ainsi de suite. Ceci étant dit, il nous sera facile de faire la lecture sans erreur.

Prenons en exemple les indications des cadrans représentés par la figure 30.

CADRAN 1. — Chiffre des unités :

L'aiguille se trouve sur 4. (Si elle se trouvait entre 3 et 4, on prendrait le chiffre 3, toujours le chiffre qu'elle vient de dépasser).

CADRAN 10. — Chiffre des dizaines :

L'aiguille se trouve entre 8 et 9. Le chiffre qu'il faut prendre est 8.

CADRAN 100. — Chiffre des centaines :

L'aiguille semble être sur 4, cependant en consultant l'aiguille du cadran 10, cela enlève le doute sur le chiffre à prendre. En effet, cette dernière aiguille n'est pas encore arrivée sur 0, donc l'aiguille du cadran 100 n'est pas encore sur le chiffre 4. Le chiffre que nous devons relever est 3.

CADRAN 1.000. — Chiffre des mille :

Le chiffre à prendre est 9.

CADRAN 10.000. — Chiffre des dizaines de mille :

Le chiffre à prendre est 1.

Les lettres H W H indiquent que le nombre trouvé représente des hectowatts-heure.

La lecture donne donc : 19.384 hectowatts-heure
ou : 1.938,4 kilowatts-heure.

Ce nombre n'indique pas que nous avons consommé 19.384 hectowatts-heure depuis le dernier passage de l'agent de la compagnie, c'est un nombre totalisateur. Il suffit de prendre le dernier relevé du compteur inscrit sur le carnet, soit 19.050, pour en déduire que nous avons à payer :

$19.384 - 19.050 = 334$ hectowatts-heure dans cette période.

Remarques sur les appareils de mesure

Sensibilité.

La sensibilité d'un appareil de mesure est la plus petite valeur de la grandeur à mesurer capable de déplacer l'aiguille. C'est la principale qualité d'un appareil. Elle permet de pouvoir apprécier une fraction de division de l'échelle de lecture.

Calibre.

C'est la valeur de la grandeur mesurée correspondant au maximum de l'échelle. On dit également que l'appareil comportant plusieurs calibres a plusieurs sensibilités. Ainsi, nous avons vu que les ampèremètres voltmètres combinés ont 5 calibres pour le voltmètre et 4 calibres pour l'ampèremètre.

Examinons le cas de l'ampèremètre de calibres = 1, 5, 25, 50 ampères.

Sur la sensibilité 50, l'aiguille ira au maximum de l'échelle de lecture pour une intensité de 50 ampères. Sur la sensibilité 25, l'aiguille ira au maximum de l'échelle pour une intensité de 25 ampères, etc. Si l'échelle de lecture comprend 100 divisions numérotées de 1 à 100, chaque division vaudra :

pour la sensibilité 50 :	$50/100 = 0,5$	ampère
»	»	25 : $25/100 = 0,25$
»	»	5 : $5/100 = 0,05$
»	»	1 : $1/100 = 0,01$

Une intensité de 20 ampères sur la sensibilité 50 fera dévier l'aiguille de $20/0,5 = 40$ divisions, et sur la sensibilité 25 de $20/0,25 = 80$ divisions.

Evidemment, les sensibilités 5 et 1 ne peuvent être utilisées dans le cas considéré sous peine de détériorer l'appareil.

Il faut donc, lorsqu'on ne connaît pas la valeur approximative de l'intensité à mesurer, commencer par la sensibilité correspondant à la plus forte intensité.

Faisons remarquer que le terme « sensibilité » employé à la place de calibre est impropre. La vraie définition a été indiquée ci-dessus.

L'évaluation de 1 ampère suivant les calibres est la suivante, pour l'exemple précédent :

- 1 ampère pour la sensibilité 50 correspond à 2 divisions ;
- 1 ampère pour la sensibilité 25 correspond à 4 divisions ;
- 1 ampère pour la sensibilité 5 correspond à 20 divisions ;
- 1 ampère pour la sensibilité 1 correspond à 100 divisions.

Lorsque l'aiguille se trouve entre deux divisions, il faut évaluer à l'œil la partie décimale de la division.

Pour diminuer les erreurs dues à la parallaxe, les appareils de mesure sont équipés d'un miroir qui réfléchit l'image de l'aiguille. Une lecture correcte se fait lorsque l'aiguille coïncide avec son image.

Précision.

On appelle précision d'un appareil de mesure la plus petite partie de la quantité à mesurer que l'on peut évaluer sur l'échelle de lecture. Avec un appareil à plusieurs

calibres, il est préférable de prendre celui qui indique le maximum de déviation pour la mesure effectuée. En effet, les graduations d'une échelle ne sont pas toujours égales et les divisions les plus grandes se trouvent dans la deuxième partie du cadran.

Appareils apériodiques

Lorsqu'un appareil branché sur un circuit permet une lecture assez rapide, sans oscillation de part et d'autre de la position d'équilibre de l'aiguille, on dit qu'il est apériodique. C'est une qualité intéressante dans les mesures. Les appareils à cadre mobile et aimant fixe sont apériodiques.

Les erreurs

La précision de la mesure d'une quantité sur l'échelle de lecture d'un appareil dépend de plusieurs causes :

Avant tout essai il faut s'assurer que l'aiguille au repos est bien sur le 0 de l'échelle.

Au besoin, parfaire le réglage par la vis destinée à cet effet. Cette vis agit directement sur l'équipage mobile.

Une aiguille mince et les divisions fines facilitent la mesure.

La faculté d'apprécier correctement les interdivisions influe sur l'évaluation de la quantité à lire.

Les erreurs ont plusieurs origines. Elles dépendent de l'appareil lui-même ou de son mauvais branchement (connexions mal établies, vis mal serrées), de l'opérateur, des méthodes de mesure utilisées, etc.

Si les appareils servent à contrôler un circuit, c'est-à-dire à rechercher une ouverture, un mélange, les erreurs n'ont pas beaucoup d'importance ; seul, le déplacement de l'aiguille est une indication suffisante.

CHAPITRE III

LES CONTACTS ELECTRIQUES

Le matériel électrodomestique de qualité est d'une fabrication soignée, en général garanti contre tous vices de construction. Les pannes sérieuses, nécessitant le remplacement d'un organe par exemple, sont de ce fait très rares. Les défauts courants sont dus, la plupart du temps, à de mauvais contacts, soit dans les connexions soudées ou vissées, soit dans les liaisons électriques par pression.

Les dérangements qui en résultent sont souvent intermittents et leur recherche n'en est pas simplifiée.

1° Les soudures.

Les jonctions entre fils faisant partie d'un câblage fixe sont quelquefois soudées. C'est le cas, par exemple, d'une dérivation prise sur une ligne principale pour alimenter une prise de courant. Si la soudure a été mal effectuée, les fils sont tout simplement collés. En terme de métier, on appelle cela une « soudure sèche ». Il s'ensuit de mauvais contacts qui risquent de paralyser par intermittence une partie de l'installation électrique. La soudure sèche résulte en général de l'utilisation d'un fer insuffisamment chauffé ou à panne trop faible. La soudure n'a pas le temps de faire corps avec les parties à unir et le dérangement futur est déjà amorcé.

Nous recommandons de bien dénuder les extrémités des fils de cuivre à souder. Les passer au papier de verre pour obtenir une surface brillante. Se servir d'un fer à souder électrique à grosse panne. Etamer les fils découpés et la panne. Voici la façon rationnelle de faire une bonne épissure : frotter au papier de verre les fils dénudés, torsader, chauffer au fer, appliquer la résine, ensuite la soudure. Lisser avec un chiffon, décaper à nouveau, mettre une deuxième couche de soudure, et ainsi de suite jusqu'à ce que les interstices soient bien bouchés. Limer les bavures et isoler soigneusement au caoutchouc ou à la toile chatterton. Utiliser de la soudure comprenant deux parties d'étain et une partie de plomb. Ne jamais employer

des produits à base d'acide qui risqueraient d'attaquer le cuivre. Prendre de préférence de la résine ou de la bougie.

S'il s'agit de souder un fil sur une broche, il faut procéder comme suit (fig. 31) : Etamer le fil et la broche, boucler le fil sur la broche, le petit bout en haut, placer le fer sous la face inférieure et la soudure sur la face supé-

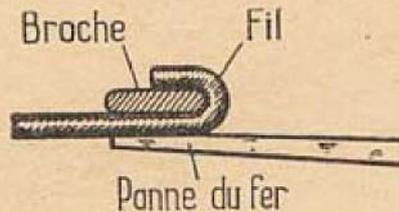


FIG. 31. — Soudure d'un fil sur une broche

rieure. Il faut que le fer chauffe d'abord la broche ensuite le fil et la soudure. Dès que la soudure est bien fondue, retirer le fer sans bouger le fil. Au bout de dix secondes environ, la soudure est bien prise et il n'y a pas de risque de soudure sèche.

2° Serrage par vis.

Le raccordement des fils par vis de serrage se fait lorsque les connexions à établir sont susceptibles d'être modifiées. Il est encore employé pour le branchement des fils sur la plaque à bornes de certains appareils électrodomestiques. Le bouclage du conducteur sur la vis doit se faire dans le sens de la rotation des aiguilles d'une montre (fig. 32), c'est-à-dire dans le sens du vissage. Le fil tend

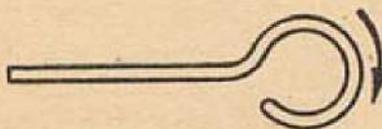


FIG. 32. — Serrage d'un fil par vis

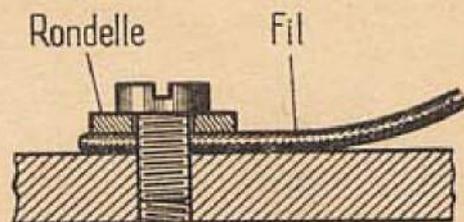


FIG. 33. — Serrage d'un fil avec interposition d'une rondelle. Assure une bonne surface de contact

alors à s'enrouler autour de la vis lorsqu'on serre cette dernière. Ne pas oublier d'interposer une rondelle pour assurer une bonne surface de contact (fig. 33). Souvent, la fixation se fait à l'aide d'une cosse, ce qui évite le bouclage du fil. On est alors obligé d'enlever entièrement la vis ou

l'écrou pour la déconnexion. Malgré cet inconvénient, cette méthode est préférable (fig. 34-35).

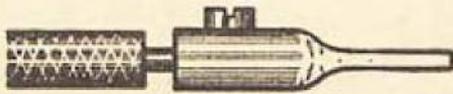


FIG. 34. — *Cosse pour plaque à bornes*

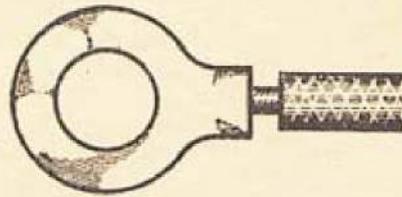


FIG. 35. — *Cosse pour serrage par rondelle*

Dans les jonctions au moyen de serre-fils (fig. 36), il faut que le diamètre du conducteur dénudé soit légèrement inférieur à celui du tube du serre-fil utilisé. Bien vérifier que le serrage de la vis est efficace. La pointe doit être émoussée pour ne pas blesser le conducteur (fig. 37).



FIG. 36. — *Prolongement d'un fil par serre-fil métallique à vis*

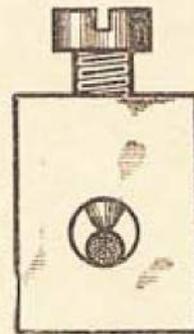


FIG. 37. — *Serrage d'un fil sur une plaque à bornes*

3° Contacts par pression.

On appelle contact par pression un contact qui établit un circuit par la seule tension d'une lame faisant ressort. C'est le cas de l'établissement du courant dans les bobines d'une sonnerie trembleuse. Le thermostat agit également par la déformation d'un bilame.

L'établissement ou la rupture du circuit au moyen de contacts par pression se fait généralement par l'intermédiaire d'un électro-aimant (relais, fig. 38) ; c'est le cas des contacteurs, des disjoncteurs, etc., ou encore par l'effet d'une force manuelle, bouton-poussoir de manœuvre d'une sonnerie, réenclenchement d'un disjoncteur, etc.

La poussière est la principale cause des mauvais contacts. En effet, lorsque le courant est interrompu, la poussière se dépose sur les pastilles des lames et, si la pression de ces dernières n'est pas assez forte, une couche isolante empêche le courant de circuler lors de son établissement. Il convient donc d'assurer la parfaite propre

des contacts. A la rupture, la faible pression des lames ne coupant pas le courant assez franchement, une étincelle d'extra-courant ronge à la longue les pastilles et les contacts deviennent cratéreux.

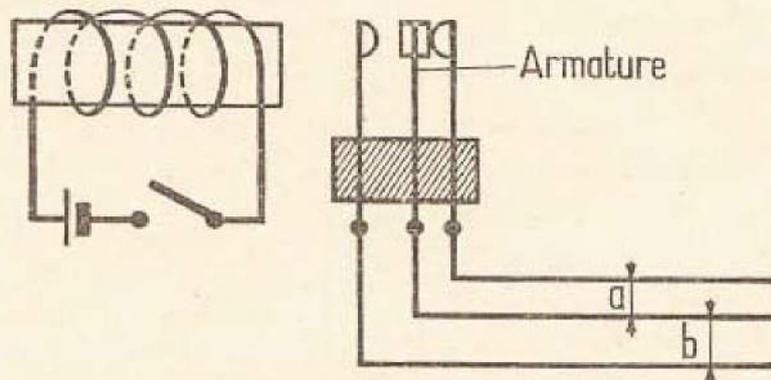


FIG. 38. — Principe du relais :

- a) Circuit établi par la relombée de l'armature ;
b) Circuit établi par l'attraction de l'armature

On appelle cratère une cavité qui se forme sur un contact. Il s'ensuit une couche isolante très tenace qu'il faut gratter avec une lame d'acier mince jusqu'à absorption de la cavité.

Si la pression des lames est trop forte, les contacts s'aplatissent à la longue et deviennent défectueux parce qu'ils ne portent pas correctement.

Il existe des appareils appelés tensiomètres qui mesurent en grammes la pression des lames. Cette pression est en général très faible, de l'ordre de 20 à 40 grammes.

Avec un peu d'habitude, on apprécie facilement la tension raisonnable à donner aux lames, quand l'organe qui les commande fonctionne à tout ou rien. C'est-à-dire qu'à la mise en ou hors service, le relais établit ou coupe ses contacts, indépendamment de l'intensité du courant qui le traverse. Notons qu'à la relombée de l'armature du relais, on peut, par les contacts de repos des lames, établir un nouveau circuit, mais cela ne change rien à l'exposé.

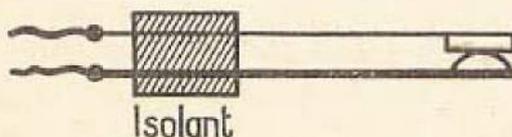


FIG. 39. — Contact par pression.
Circuit établi

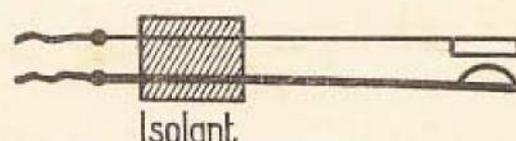


FIG. 40. — Contact par pression.
Circuit rompu

On vérifie la bonne pression d'une lame sur une autre par son accompagnement lors de l'établissement des contacts (fig. 39-40). Autrement dit, il faut que la lame

venant s'appuyer sur l'autre la pousse encore de 2 à 3 dixièmes de millimètre lorsque les contacts sont en présence et cela sans déformation sensible des lames. Les deux lames doivent rester parallèles et droites.

4° Contacts glissants.

On appelle contact glissant un contact qui s'établit ou se rompt par le glissement d'un balai sur un plot (rhéostat, interrupteur, etc.) (fig. 41-42).

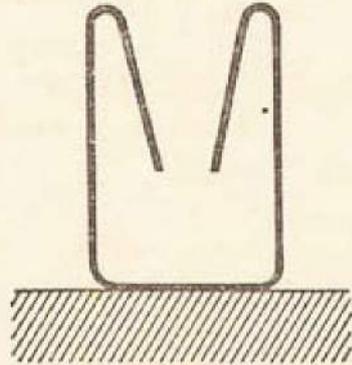


FIG. 41. — *Mâchoires à lames recourbées*

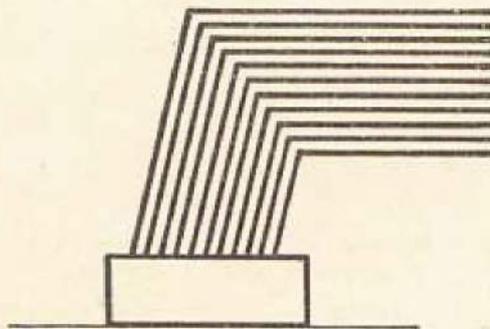


FIG. 42. — *Plot de rhéostat avec son balai frotteur*

La poussière a moins d'importance que dans le cas précédent parce qu'elle se trouve balayée et non écrasée. Cependant, veiller au bon polissage des contacts. Ces derniers doivent être à rupture brusque afin d'éviter l'extracourant d'ouverture qui occasionne des traînées noirâtres isolantes sur les plots et les balais. Les passer au papier de verre pour enlever toutes rayures et bavures.

5° Contacts à mercure.

Une ampoule contenant du mercure joue le rôle d'un interrupteur sur un circuit (fig. 43). Ces contacts automatiques sont commandés par un système de leviers arti-

culés sur un thermostat. La rupture est provoquée par basculement de l'ampoule. Ces contacts ne nécessitent aucun entretien. Ils équipent la plupart des chauffe-eau.

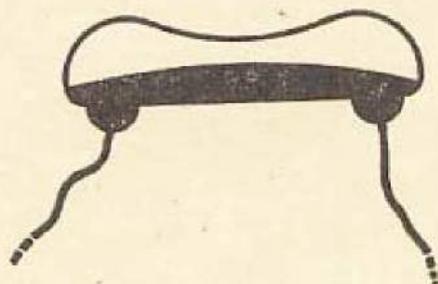


FIG. 43. — Contact basculant à mercure

Entretien des contacts à pression et glissants.

Ne pas utiliser des produits acides pour le nettoyage des contacts. Le polissage se fait au papier de verre. La poussière est enlevée avec un chiffon non pelucheux. Ne pas graisser les contacts ; il se forme, avec la poussière, une pellicule isolante qui s'incruste dans le cuivre. Les contacts doivent être secs. N'oubliez pas que la plupart des dérangements sont dus aux mauvais contacts électriques.

CHAPITRE IV

REPERAGE DES CONDUCTEURS

Dans les installations de lumière, les conducteurs sous moulures ou sous tubes ont des couleurs différentes et le repérage se fait très facilement. Dans les câbles téléphoniques à plusieurs paires de fils, les conducteurs sont tressés deux à deux, l'un de ces conducteurs possède un isolant blanc, l'autre conducteur un isolant de couleur. Cette dernière varie pour chaque paire. Cependant, lorsque le câble est usagé, on ne distingue plus les teintes. Il faut donc cisailer la gaine du câble sur quelques centimètres pour mettre à nu un nouveau tronçon à couleurs plus vives. Mais si le câble est en place, sa longueur étant déjà établie, on ne peut l'écourter. Il s'agit donc de repérer les paires, s'il y a modification du montage des appareils par exemple. Même dans le cas de fils lumière, il est quelquefois nécessaire de les tester, lorsque l'installation comporte plusieurs conducteurs de grande longueur et de même couleur. Ce sont les méthodes de repérage que nous allons examiner.

Il faut considérer les câbles à gaine métallique (plomb, acier, etc.) et les câbles à gaine isolante (caoutchouc, coton, etc.). De toutes façons, placer les fils en éventail aux deux extrémités, si le câble n'est pas fixé sur une réglette de raccordement. Dénuder chaque fil des deux côtés, sur une faible longueur, 10 à 15 millimètres.

Principe de la méthode.

Soit à repérer les fils d'un câble très long dont les extrémités sont séparées par une cloison (fig. 44). En A, placer le pôle d'une pile sur l'un des fils, l'autre pôle étant relié à la terre, c'est-à-dire à une conduite d'eau, par exemple. En B, brancher une borne de la sonnerie à la terre, l'autre borne à un fil volant. Avec ce fil volant, il s'agit de toucher (tester) successivement les extrémités 1, 2, 3, jusqu'à ce que la sonnerie fonctionne. A ce moment, le circuit de la pile est fermé, avec retour par la terre et le fil 2 est bien repéré aux deux extrémités. Si l'on ne dispose pas d'une terre aux deux extrémités, nous verrons plus loin le système à adopter. Si le fil est court, on peut remplacer le retour à la terre par un fil réunissant la batterie et la sonnerie. On peut évidemment remplacer la sonnerie par une lampe



à incandescence dont la tension est égale à celle de la pile. S'assurer, bien entendu, que le courant est suffisant, soit pour actionner la sonnerie, soit pour faire briller la lampe.

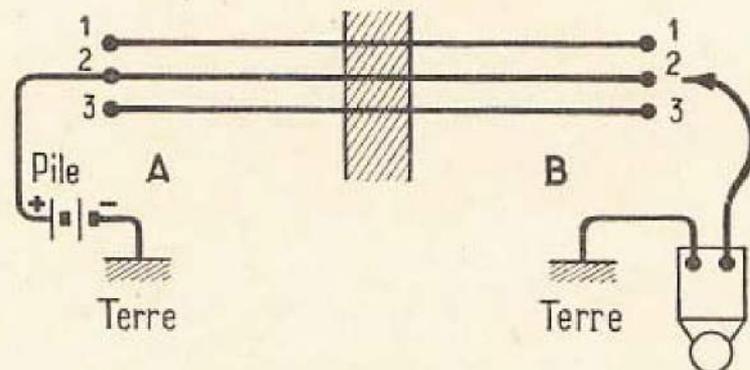


FIG. 44. — Repérage d'un câble à extrémités éloignées (gaine isolante)

Repérage des conducteurs à gaine métallique.

Si le câble est sous gaine métallique, utiliser cette dernière comme fil de retour.

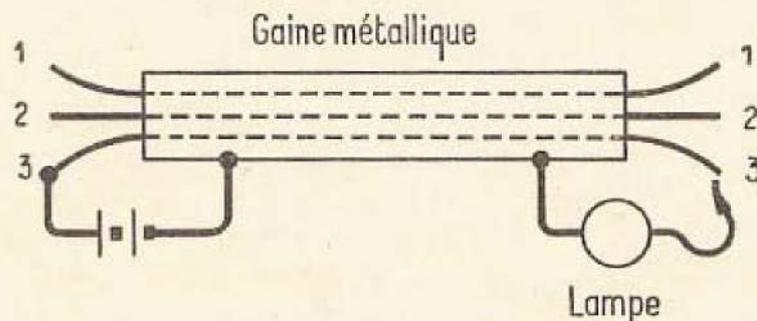


FIG. 45. — Repérage d'un câble à extrémités éloignées (gaine métallique)



FIG. 46. — Repérage d'un câble court à gaine métallique

Dans le cas d'un câble à plusieurs conducteurs à gaine isolante, il faudrait placer un fil de retour remplaçant la gaine métallique. Cette solution est possible pour le repérage d'un câble de faible longueur. Lorsque le câble est

très long ou que les deux extrémités se trouvent dans des pièces différentes, il est préférable d'utiliser un deuxième fil du câble à repérer comme fil de retour (fig. 47).

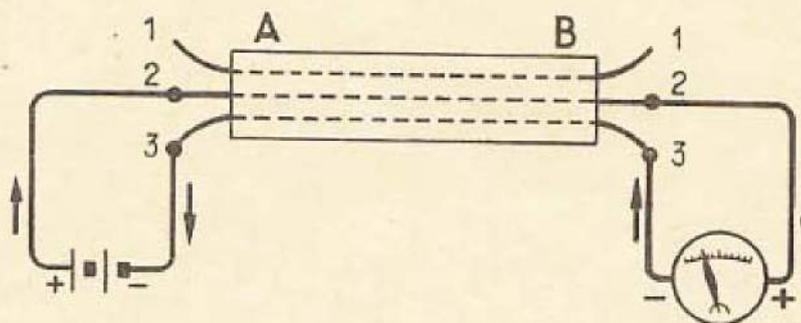


FIG. 47. — Repérage d'un câble trifilaire

Cependant, l'appareil de contrôle ne pourra plus être une lampe ou une sonnerie. En effet, il y aura bien allumage de la lampe ou fonctionnement de la sonnerie lorsque nous aurons, après tâtonnement, éliminé le fil 1. L'ensemble des fils 2-3 sera bien repéré, mais pas les deux séparément. Il faut donc obligatoirement employer un ampèremètre ou un voltmètre à courant continu. En nous référant à la figure, si nous avons inversé les bornes de l'appareil de mesure en B (— sur le fil 2, + sur le fil 3), l'aiguille de l'appareil aurait été bloquée sur sa butée de repos. Les connexions sont normalement établies lorsque l'aiguille dévie. On peut en déduire alors que le fil 2 relié au pôle + de la pile correspond à l'extrémité reliée au + de l'appareil de mesure. Avec un seul essai, on repère les 3 conducteurs du câble (câble trifilaire). Dans le cas d'un câble à 4 conducteurs (2 paires), on branche la source de courant (fig. 48) en A sur deux fils quelconques, 3 et 4 par exemple.

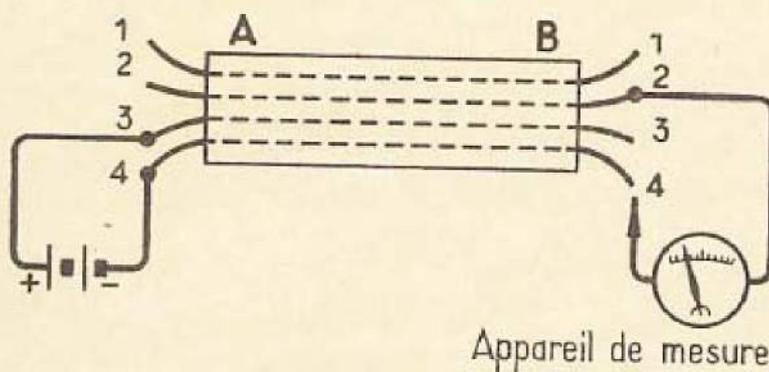


FIG. 48. — Repérage d'un câble à quatre conducteurs

En B, on relie l'un des quatre fils inconnus, soit le fil 2, à l'un des pôles de l'appareil de mesure. Avec le fil relié à l'autre borne, on commence le test. Il est évident que nous n'obtiendrons aucune déviation de l'aiguille puisque le cir-

cuit de la pile ne sera pas fermé. Avec le fil 1 comme fil de base, il en sera de même. Donc, aucun doute, la paire reliée en A à la pile correspond à 3-4 en B. Nous opérons ensuite sur les conducteurs 1-2.

REMARQUE : Malgré que l'appareil de mesure soit inversé sur le circuit, l'aiguille peut se déplacer légèrement, la butée ne touchant pas l'aiguille au repos.

Repérage par courant secteur.

Si l'on n'a pas à sa disposition une petite source de courant, on peut se servir du courant secteur.

Le montage est celui indiqué sur la figure 49 ; la méthode consiste à faire briller la lampe pour repérer le fil. On peut également remplacer la lampe par une sonnerie 110 ou 220 volts suivant la tension du secteur.

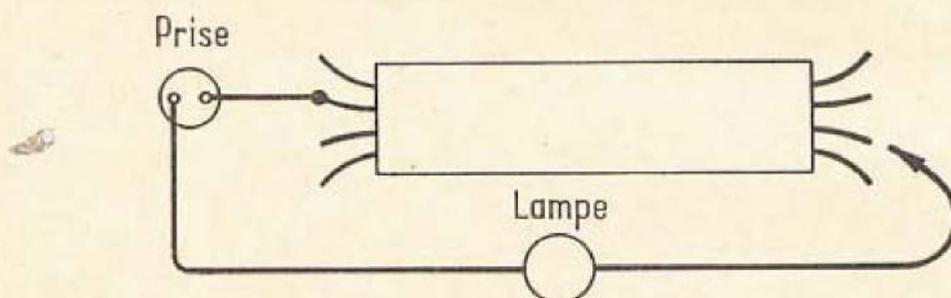


FIG. 49. — Repérage d'un câble par courant secteur

Repérage des circuits.

Comme nous le savons, un circuit électrique est constitué par deux fils, l'un d'aller, l'autre de retour. Pour repérer un circuit, il suffit donc d'appliquer les mêmes méthodes que nous venons de décrire pour un ensemble de deux fils

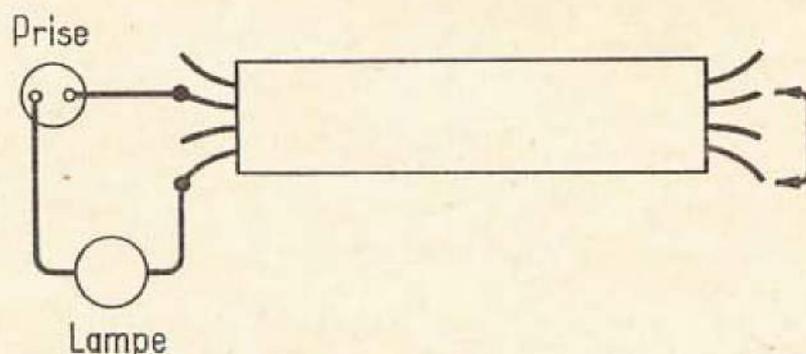


FIG. 50. — Repérage d'un circuit par le courant secteur

(circuit considéré). Il va sans dire que le courant secteur peut également être utilisé. Dans ce cas, afin d'éviter un court-circuit toujours possible, il est bon de brancher la lampe côté prise de courant (fig. 50).

A l'autre extrémité, on boucle directement les fils deux à deux, jusqu'à allumage de la lampe ou fonctionnement d'une sonnerie que l'on branche à la place de la lampe.

Si les deux extrémités du câble à repérer se trouvent dans des pièces différentes, remplacer la lampe par un fusible et adopter le montage suivant (fig. 51).

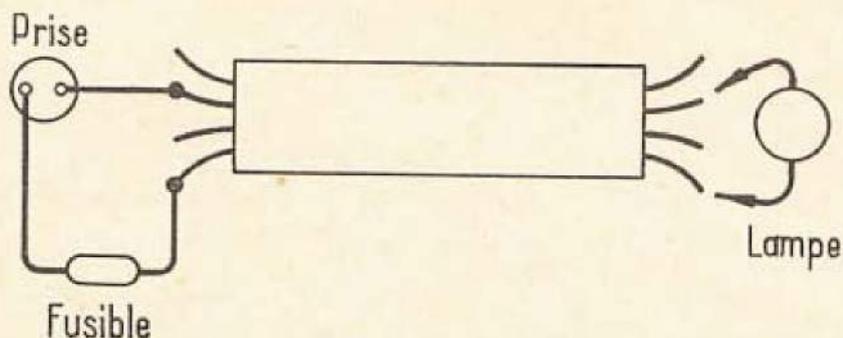


FIG. 51. — Repérage d'un circuit par le courant secteur. Cas d'un câble à extrémités éloignées

Repérage par secteur et transformateur.

Si l'isolement des conducteurs à repérer ne supporte pas la tension du secteur (cas des fils téléphoniques), on peut utiliser tout de même le secteur par l'intermédiaire d'un transformateur abaisseur de tension de 110 à 6 volts, par exemple. La lampe d'éclairage ou la sonnerie employée sera branchée comme l'indique le schéma sur le secondaire du transformateur et aura une tension de fonctionnement de 6 volts (fig. 52).

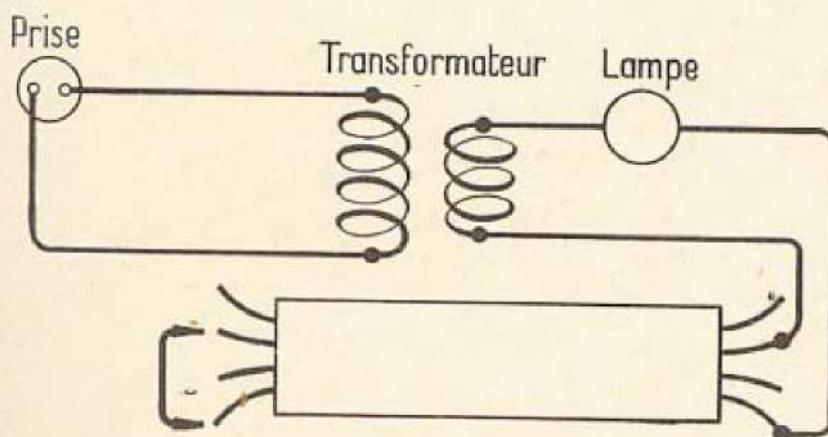


FIG. 52. — Repérage d'un circuit par courant secteur alternatif et transformateur abaisseur de tension

CHAPITRE V

LES DANGERS DU COURANT ELECTRIQUE

Le courant électrique et le corps humain.

Dans ce paragraphe, nous allons vous montrer quelles sont les actions néfastes du courant électrique sur le corps humain. Certes, l'électricité n'est pas plus dangereuse que l'eau ou le feu, il suffit de prendre les précautions indispensables et ne pas s'exposer inconsidérément.

Les accidents dus au courant électrique sont souvent mortels ; quelquefois même, celui-ci provoque des troubles assez graves dans l'organisme, tels que : brûlures profondes, destruction des tissus vivants par électrolyse du contenu des cellules, dérèglement du système nerveux, paralysie des centres respiratoires, d'où asphyxie, paralysie du cœur.

La prédisposition à tous ces troubles varie avec les personnes ainsi qu'avec l'état physiologique et psychique de chacune d'elles au moment de l'accident.

Le courant alternatif à basse fréquence (25 à 100 périodes par seconde) produit des contractions musculaires telles qu'il est impossible de lâcher un câble sous tension lorsqu'il a été saisi. Le corps humain étant conducteur, il ne faut pas penser porter secours à la personne accidentée en cherchant à lui dégager les mains ; il faut absolument, comme le prescrit le règlement, couper le courant.

Le courant alternatif de haute fréquence (plus de 5 000 périodes) est beaucoup moins dangereux, parce qu'il se propage simplement par la couche externe de la peau. Il ne produit pas de crispations.

Il a été établi que la mort peut être causée par une intensité de 0,05 ampère en courant continu et de 0,025 ampère en courant alternatif de fréquence comprise entre 25 et 100 périodes. (Nous vous rappelons que le secteur est généralement de 50 périodes, 25 périodes dans certaines villes).

Quelle est la résistance du corps humain ?

Elle varie évidemment avec les individus et pour une même personne, suivant son état.

Si l'on fait la mesure entre les deux mains calleuses sèches de plusieurs ouvriers, la résistance varie de 40 000 à

100 000 ohms. Tandis qu'entre les mains d'une employé de bureau, elle se stabilise aux environs de 5 000 ohms.

Si les mains sont humides, la résistance diminue très sensiblement à 1 000 ohms.

Nous pouvons calculer quelles sont les tensions dangereuses dans le cas le plus défavorable (résistance minimum de 1 000 ohms). Pour le courant continu, nous obtenons :

$$1\,000 \text{ ohms} \times 0,05 \text{ ampère} = 50 \text{ volts.}$$

Pour le courant alternatif :

$$1\,000 \text{ ohms} \times 0,025 \text{ ampère} = 25 \text{ volts.}$$

Habituellement, les cas mortels se produisent lorsqu'on touche les deux fils d'un circuit sous tension ou bien un fil et la terre.

En conclusion, soyez prudents, ne touchez jamais à un fil électrique extérieur, même tombé à terre, il peut être sous tension. Respectez toujours les plaques « Danger de mort » apposées dans les endroits dangereux.

Chez vous, ne manœuvrez pas les interrupteurs avec les mains humides ou en tenant un robinet de gaz ou d'eau.

Dans les salles de bains, il y a intérêt à placer l'interrupteur en dehors de la pièce, ou bien employer un appareil à tirage.

La lampe portative dite « baladeuse » est une source fréquente d'accidents.

Lorsque vous l'utilisez, ayez toujours les pieds très secs.

Dans tous les petits travaux de réparation ou d'installation, coupez toujours le courant. Ne travaillez jamais sur un organe sous tension (tels que : douille, interrupteur, prise de courant).

Toutes ces consignes étant suivies et les règlements observés, vous pouvez sans crainte entreprendre l'électrification de votre maison.

Instructions officielles

Tout contact avec des conducteurs électriques est dangereux et peut provoquer, dans des conditions spéciales, une électrocution.

Dans les caves, cuisines, salles de bains, dans les locaux dont le sol est humide ou bon conducteur de l'électricité, évitez l'usage des lampes portatives et, d'une manière générale, des appareils électriques mobiles.

Dans tous les cas, ayez toujours soin, dans ces locaux, avant de toucher un conducteur, une lampe, un appareil électrique, de vous isoler du sol par un tapis, un escabeau, un tabouret, une chaise de bois.

En prenant un conducteur, une lampe, un appareil électrique, faites attention à ne pas entrer en contact,

même temps, avec des pièces métalliques reliées à la terre, des robinets, des radiateurs, des canalisations d'eau, de gaz, de vapeur, ou, encore, avec l'eau d'un évier, d'un lavabo, d'une baignoire.

Secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques.

Soustraire le plus rapidement possible la victime aux effets du courant en se conformant rigoureusement aux prescriptions ci-dessous indiquées pour ne pas s'exposer personnellement au danger. L'humidité rend le sauvetage particulièrement dangereux.

PREMIER CAS (*accident survenu dans une installation particulière par contact avec les fils, les fusibles, les interrupteurs ou le supports de lampes*) :

Ecarter immédiatement du courant la victime avec un bâton ou un linge sec, ou bien supprimer le courant au moyen de l'interrupteur général (noter que le plus souvent l'interrupteur particulier ne supprime pas complètement la tension). Si ces opérations sont impossibles, couper les fils conducteurs de part et d'autre de la victime en s'entourant les mains avec des gants, des morceaux d'étoffe, ou en s'isolant de la terre en se plaçant sur une chaise, par exemple.

Dans l'exécution de ces manœuvres sur les conducteurs électriques, opérer toujours avec une seule main.

SECOND CAS (*accident survenu dans une distribution quelconque en dehors d'une installation particulière domestique par un contact avec un conducteur*) :

S'efforcer de faire couper le courant le plus rapidement possible en prévenant l'usine par téléphone, ou, à défaut, par un mode de locomotion rapide (automobile, bicyclette, etc.). Si un agent de l'entreprise d'électricité se trouve à proximité, le prévenir en même temps.

Ne pas intervenir avant que la tension soit supprimée.

Pendant que cette opération s'effectue :

Ecarter la foule du lieu de l'accident (se méfier de la chute des fils) ;

Prévenir un médecin ;

Si la victime est suspendue, amortir préventivement sa chute en disposant sur le sol : matelas, bottes de paille, etc.

Préparer les moyens d'atteindre la victime (cordes, échelles, etc.).

Dès que l'on sera avisé de l'arrêt du courant, écarter le fil de la victime, ou, si elle est suspendue, s'élever jusqu'à elle, la descendre au sol.

Premiers soins à donner en attendant l'arrivée du médecin.

Donner à la victime, dès qu'elle a été soustraite aux effets du courant, les soins ci-après indiqués, même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort.

Transporter d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un très petit nombre d'aides, trois ou quatre, les autres personnes étant écartées.

Desserrer les vêtements et s'efforcer le plus rapidement possible de rétablir la respiration et la circulation.

Pour rétablir la respiration, on doit avoir recours à la respiration artificielle.

Chercher concurremment à ramener la circulation en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

Méthode de la respiration artificielle (Schœfer, d'Edimbourg).

Coucher la victime sur le ventre, les bras étendus le long de la tête. Le sauveteur se place à genoux, à cheval sur la victime, de manière à pouvoir s'asseoir sur ses mollets ; il étend les bras et pose les mains ouvertes sur le dos du sujet au niveau de dernières côtes, les pouces se touchant presque. Il appuie progressivement et de tout son poids sur le thorax de manière à provoquer l'expiration, puis il cesse tout en laissant ses mains en place : l'inspiration se produit alors par l'élasticité des côtes de l'abdomen. Le sauveteur recommence les mêmes pressions et continue ainsi à raison d'une quinzaine de pressions par minute, réglées sur sa propre respiration.

Ces mouvements doivent être répétés jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle, rétablissement qui peut demander plusieurs heures.

N'abandonnez jamais un électrocuté sans avoir des signes certains de sa mort.

CHAPITRE VI

VERIFICATION DES INSTALLATIONS

Les installations sont appelées à être vérifiées lors de leur mise en service ainsi qu'à l'occasion de toute modification importante, puis périodiquement à des intervalles convenables.

Les vérifications ont pour but de contrôler que les installations sont établies et maintenues en conformité avec les règles en vigueur.

Les vérifications à la mise en service comportent :

- la mesure de l'isolement ;
- le contrôle des mises à la terre ;
- l'efficacité des dispositifs de protection contre les surintensités et les courts-circuits ;
- le contrôle des dispositifs de raccordement des conducteurs.

Les vérifications ultérieures comportent également celles que nous venons d'énumérer.

Vérification de l'isolement d'une installation électrique

La vérification de l'isolement d'une installation électrique comprend deux essais. Le premier entre l'un des deux fils d'alimentation et la terre. Le deuxième entre les deux fils d'alimentation. Les deux essais sont effectués avec un ohmmètre à magnéto pouvant donner une tension de 500 volts.

1° Vérification entre un fil et la terre.

Il faut ouvrir l'interrupteur général au compteur, pour séparer l'installation intérieure du secteur.

Brancher ensuite l'ohmmètre, une borne à la terre, l'autre à l'un des fils de l'installation intérieure A par exemple, directement sur la borne de l'interrupteur.

Si l'ohmmètre est à plusieurs sensibilités, prendre au moins un mégohm.

Mettre en position de marche tous les interrupteurs intérieurs de l'installation, et laisser tous les appareils d'utili-

sation en service (lampes sur les douilles, appareils électrodomestiques branchés sur les prises. Ensuite, actionner la magnéto pour effectuer la vérification de l'isolement.

La résistance d'isolement de toute partie d'installation comprise entre deux coupe-circuits doit, lors de la mise en service, être au moins égale à 250 000 ohms, tant entre conducteurs qu'entre un quelconque conducteur et la terre. La même valeur doit être atteinte pour tout appareil d'utilisation par rapport à la terre. Lors des vérifications ultérieures, le même chiffre doit être atteint dans les locaux secs ainsi que dans les locaux humides. Quand, dans les locaux mouillés ou imprégnés, l'isolement descend à 50 000 ohms, il est nécessaire d'y remédier dans les plus brefs délais.

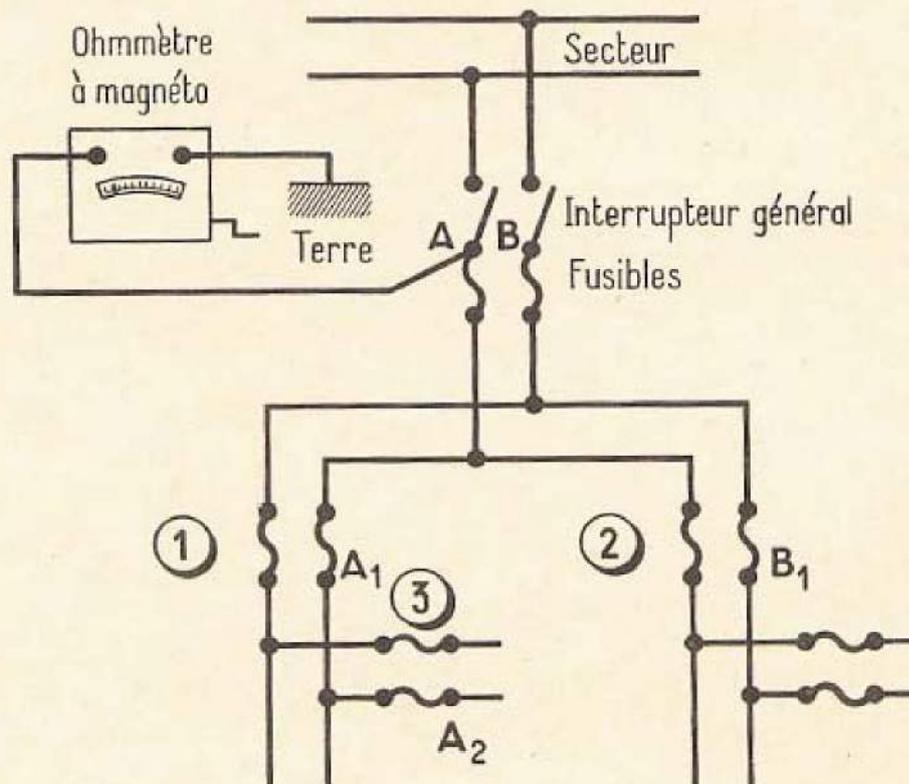


FIG. 53. — Vérification de l'isolement d'une installation électrique entre un fil et la terre par l'ohmmètre à magnéto

Afin de permettre la comparaison des valeurs obtenues lors des vérifications successives, il y a lieu d'opérer dans des conditions aussi identiques que possible et en tout cas de noter, en même temps que les valeurs obtenues, les facteurs qui influent sur les résultats de mesure et notamment :

- l'endroit où la mesure est faite ;
- les déconnexions d'appareils effectuées pour les mesures ;

- l'ordre de grandeur de la tension d'essai ;
- les conditions météorologiques du moment et l'état hygrosopique.

Si l'isolement est défectueux à partir de l'interrupteur général, il faut opérer par élimination en divisant l'installation en deux par exemple.

Pour cela, on enlève les coupe-circuits 1 et 2. On débranche le fil volant de l'ohmmètre de la borne A et on le connecte sur la borne A₁ du fusible 1.

On recommence l'essai. Si la valeur trouvée ne donne pas satisfaction, on débranche le fil de l'ohmmètre sur A₁, on enlève le coupe-circuit 3 et on connecte l'appareil sur A₂. En opérant de proche en proche on arrive à déceler le tronçon de la ligne ou l'appareil d'utilisation en défaut. Il est également nécessaire de refaire les essais sur le fil B et la terre en procédant comme précédemment.

Généralement, lorsqu'un tronçon de ligne est en dérangement, ce dernier est occasionné par une pointe de fixation du couvercle de la moulure qui pénètre dans un conducteur, en le mettant ainsi à la terre. Il faut aussi vérifier les épissures, les fils dénudés, etc.

Dans l'appareillage, vérifier principalement : les appliques, les interrupteurs, les douilles, les prises de courant.

Dans l'essai du dernier tronçon, à partir du dernier fusible, retirer un à un les appareils d'utilisation après une mesure, pour essayer de trouver l'organe en défaut.

2° Vérification de l'isolement entre les deux fils.

L'interrupteur général séparant le secteur de l'installation intérieure est toujours ouvert (courant ne passe pas). On branche l'ohmmètre sur les deux bornes A et B.

Dans cette vérification entre conducteurs, il faut débrancher tous les appareils d'utilisation, enlever les lampes d'éclairage de leur douille.

Fermer tous les interrupteurs (courant passe), sauf évidemment l'interrupteur général sur lequel est relié l'ohmmètre.

Ensuite actionner la magnéto pour faire la mesure de l'isolement.

Procéder par élimination successive comme dans le cas précédent.

Quant on aura décelé la partie de l'installation en dérangement, vérifier particulièrement les douilles, lustres, etc.

REMARQUE : Dans le cas de montages spéciaux des lampes d'éclairage (va-et-vient, allumage alternatif de deux lampes par un même commutateur, éclairage séparé de deux lampes à l'aide de deux commutateurs, etc.), il faut, pour que l'essai d'isolement soit complet, manœuvrer le ou les

commutateurs dans les positions qui mettent en circuit les différents fils de l'installation particulière d'éclairage considérée.

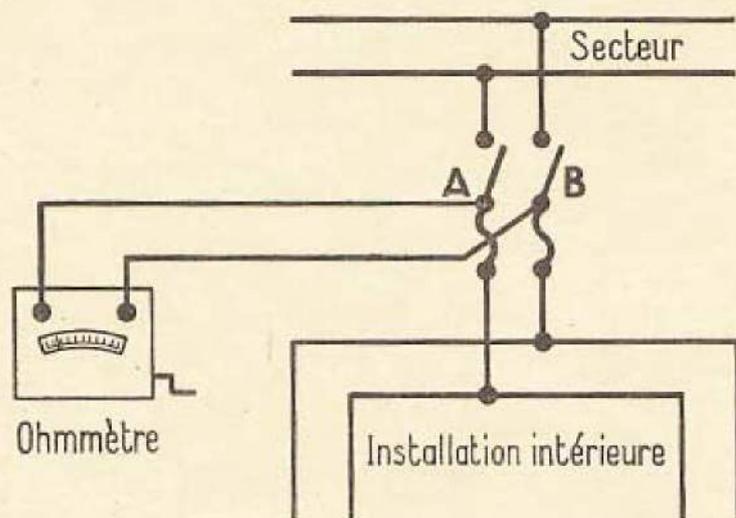


FIG. 54. — Vérification de l'isolement entre deux fils

C'est ainsi que, dans le cas d'un va-et-vient, un premier essai d'isolement sera effectué avec les commutateurs C_1 et C_2 sur les plots 1 et un deuxième essai avec les commutateurs sur les plots 2 (fig. 55).

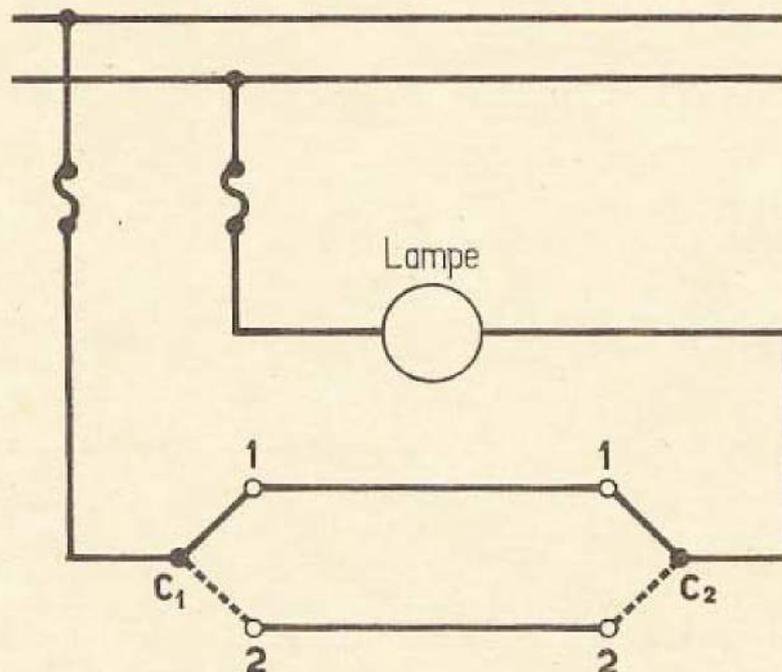


FIG. 55. — Vérification de l'isolement des fils d'un montage va-et-vient

Indicateur de terre.

La vérification de l'isolement d'une ligne peut se faire au moyen d'un indicateur de terre. Ce système se compose de deux lampes à incandescence identiques mises en série.

Le point milieu du fil de jonction des deux lampes est relié à la terre par l'intermédiaire d'une sonnerie. Si l'installation est normale, les lampes brillent très faiblement, puisque chacune d'elles est alimentée par la moitié de la tension de ligne. S'il y a une perte à la terre sur l'un des fils de ligne, l'une des lampes s'éteint, l'autre brille fortement et la sonnerie fonctionne (fig. 56).

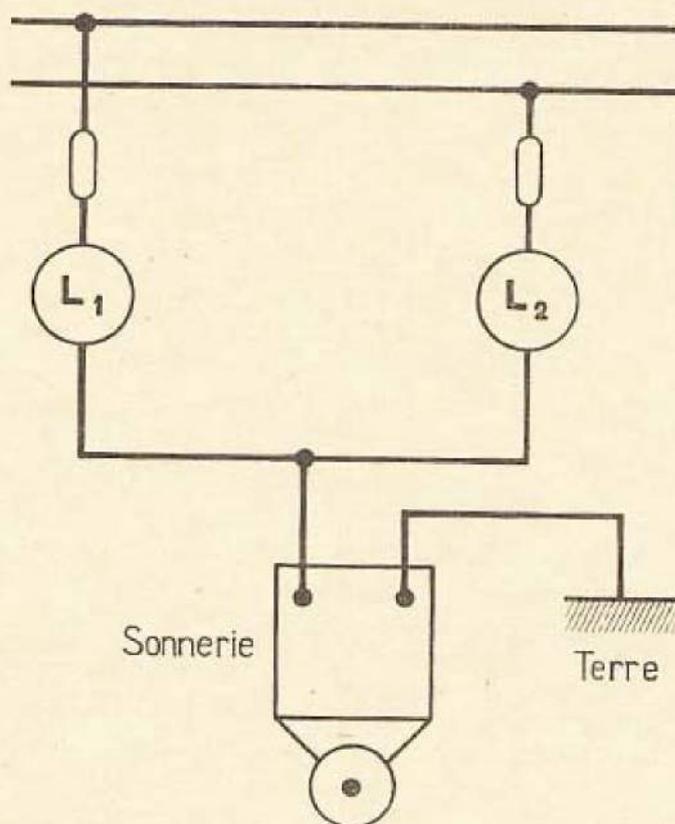


FIG. 56. — Indicateur de terre

Vérification des fusibles d'une installation

On doit placer au départ de chaque circuit d'alimentation des fusibles calibrés, de telle sorte qu'ils ne laissent passer que le courant nécessaire à l'appareil ou à la partie de l'installation qu'ils protègent.

Il est donc indispensable, pour plus de sûreté, de prévoir un fusible sur chaque fil d'alimentation, c'est-à-dire monter un coupe-circuit bipolaire par tronçon d'installation.

La répartition des fusibles sur l'installation représentée sur la figure 57 sera la suivante :

- Fusibles 1 : protègent toute l'installation ; ce sera les fusibles du panneau du compteur ;
- Fusibles 2 : protègent les dérives 3 et 6 ;
- Fusibles 3 : protègent les dérives 4 et 5 ;
- Fusibles 4 : protègent uniquement les appareils placés sur leur tronçon.

Un court-circuit sur le tronçon 4 ne devra faire fondre que les fusibles 4.

Les différents calibres des fusibles 1 à 7 seront donc étudiés sérieusement en fonction des intensités respectives.

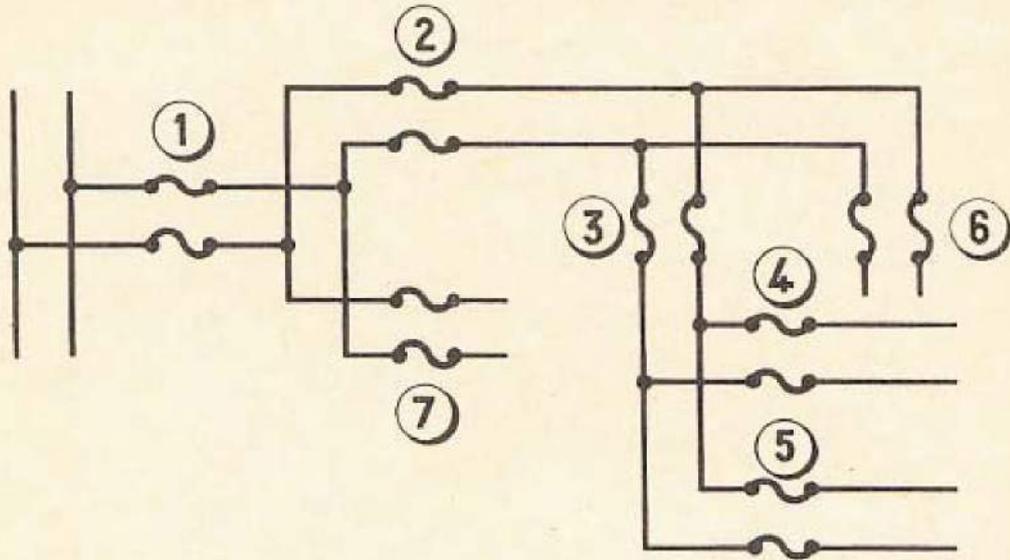


FIG. 57. — Exemple de répartition des fusibles sur une installation

En supposant que la répartition des intensités demandées soit la suivante :

fusibles 7 : 2 ampères ;	fusibles 6 : 1 ampère ;
fusibles 4 : 3 ampères ;	fusibles 5 : 3 ampères.

Les fusibles 3	devront laisser passer	6 ampères
Les fusibles 2	— — —	7 ampères
Les fusibles 1	— — —	9 ampères

D'après les valeurs indiquées sur le tableau du diamètre des fusibles, nous devons adopter les dimensions suivantes dans le cas du plomb-étain :

fusibles 1 = 12/10 de mm	fusibles 5 = 7/10 de mm
fusibles 2 = 11/10 —	fusibles 6 = 3/10 —
fusibles 3 = 10/10 —	fusibles 7 = 5/10 —
fusibles 4 = 7/10 —	

Il est indispensable de vérifier si les fusibles répondent bien à la protection qui leur est demandée, en faisant des essais systématiques.

Par exemple, un courant exagéré sur le tronçon 4 devra faire sauter les fusibles 4 seulement. En provoquant un court-circuit dans la douille de lampe placée sur le circuit 4, on le vérifiera. On remplacera ensuite les fusibles 4 par des fusibles de calibre supérieur, soit 12/10 de mm. On recommencera l'essai sur la même lampe, ce sont les fusibles 3 de 10/10 qui devront sauter. Pour l'essai des

fusibles 2 on devra placer sur 3 et 4 des calibres supérieurs à celui de 2, soit 14/10 de mm. Enfin, pour l'essai de 1, on utilisera des calibres 14/10 sur 2, 3 et 4. En court-circuitant la douille primitive, les fusibles 1 devront sauter. On rétablira alors l'ordre par les fusibles du début et l'installation sera rationnellement protégée.

Tableau du diamètre des fusibles

Diamètre en 1/10 de mm	Section en mm ²	Intensité normale en ampères	
		Plomb-étain	Aluminium
2/10	0,030	0,5	3
3/10	0,070	1	4,5
4/10	0,126	1,5	8
5/10	0,196	2	11
6/10	0,280	2,5	14
7/10	0,385	3,5	18
8/10	0,503	4	22
9/10	0,636	5	26
10/10	0,785	6	30
12/10	1,130	9	40
14/10	1,540	11	50
16/10	2,010	14	60
18/10	2,545	16	75
20/10	3,141	19	90
22/10	3,800	24	105
24/10	4,524	28	115
26/10	5,310	32	130
30/10	7,070	42	160

REMARQUE I : Rappelons que l'on ne doit pas mettre de fusible de protection sur le fil neutre.

Si une ligne à deux fils comportant un neutre est protégée par un coupe-circuit bipolaire, il faudra remplacer le fusible du neutre par une barrette de cuivre.

REMARQUE II : La vérification précédente est inutile si l'installation comporte des coupe-circuits calibrés (fig. 58).

Normalisation des coupe-circuits à fusibles calibrés.

Les coupe-circuits se composent de deux parties :

- le socle, partie inamovible destinée à être raccordée à la canalisation et à recevoir le porte-fusible ;
- le porte-fusible, partie amovible contenant le fusible et servant à son remplacement.

On appelle élément de calibrage l'organe adjoit à un socle ou faisant corps avec lui, destiné à empêcher l'emploi d'un porte-fusible établi pour un courant supérieur à celui qui correspond à cet organe.

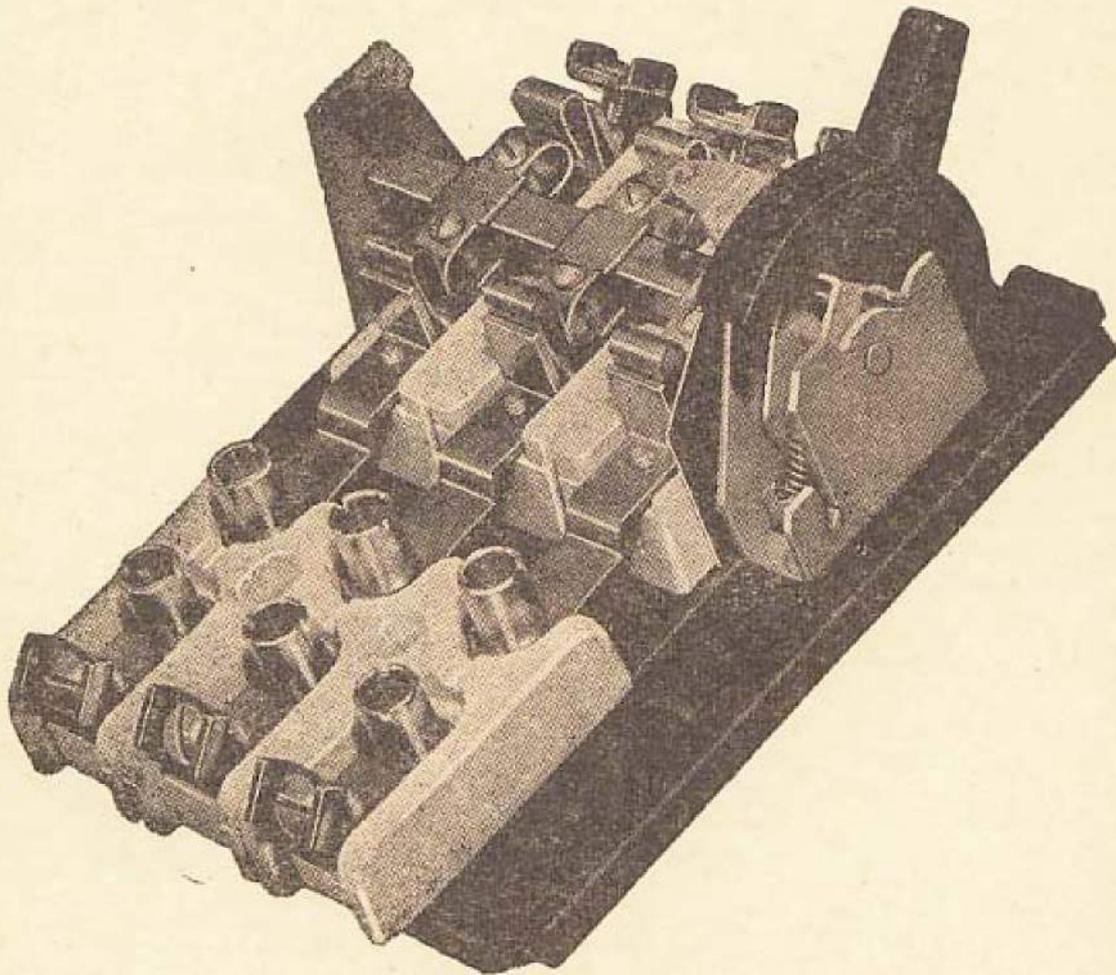


FIG. 58. — *Appareil combiné (interrupteur et coupe-circuit) pour fusibles calibrés*
(Document « COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ »)

La normalisation de courants nominaux des porte-fusibles et éléments de calibrage est la suivante :

2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 ampères.

On distingue :

- les coupe-circuits à broche ;
- les coupe-circuits à vis.

Le coupe-circuit à broches est un appareil normalisé utilisant l'une des quatre séries de porte-fusibles suivantes qui assurent l'interchangeabilité entre différentes fabrications.

La tension nominale des coupe-circuits à broches est ainsi fixée :

Série bleue : 250 volts en courant continu et en courant alternatif ;

Série blanche : 250 volts en courant continu et 380 volts en courant alternatif ;

Série jaune : 250 volts en courant continu et 380 volts en courant alternatif ;

Série violette : 500 volts en courant continu et en courant alternatif.

Les coupe-circuits à vis sont tous établis pour une tension nominale de 500 volts. Ils appartiennent à une même série.

L'ininterchangeabilité est assurée par le diamètre différent de la partie mâle selon les intensités normalisées.

Les indications portées sur le porte-fusible sont :

- la tension nominale ou les tensions nominales, lorsque la tension nominale est différente en courant continu et en courant alternatif ;
- le courant nominal ;
- la nature du courant, lorsque la tension nominale est différente en courant continu et en courant alternatif.

Série	Courant nominal (ampères)	Diamètre des broches (mm)	Entraxe des broches (mm)
Bleue	2	3	20
—	4	3,5	20
—	6	4,5	20
Blanche	4	5	20
—	6	6	20
—	10	7	20
Jaune	4	4	30
—	6	5	30
—	10	6	30
—	15	7	30
—	20	8	30
—	25	8,8	30
Violette	15	6	45
—	20	7	45
—	25	8	45
—	30	9	45
—	40	10	45
—	50	11	45
—	60	12	45

Les disjoncteurs

Les disjoncteurs-interrupteurs automatiques sont utilisés pour protéger les lignes et les appareils électriques contre les échauffements préjudiciables dus aux surcharges excessives. Tandis que les fusibles normaux, par suite de leur capacité minime d'accumulation thermique, doivent être dimensionnés assez largement pour supporter des surintensités passagères, la zone de fonctionnement des disjoncteurs-interrupteurs automatiques peut être adaptée aux besoins de chaque cas particulier. Ces appareils permettent donc d'utiliser de la façon la plus économique, par rapport aux échauffements admissibles, les lignes et les appareils électriques qu'ils protègent.

Par rapport aux fusibles normaux, ils présentent en outre l'avantage d'une résistance élevée aux courts-circuits. Après chaque déclenchement provoqué par un court-circuit, ils sont prêts à fonctionner à nouveau par simple actionnement d'un bouton-poussoir. Ils répondent à toutes les exigences qui s'imposent à un dispositif de protection thermique et magnétique ; ils peuvent être utilisés dans les installations à courant alternatif ou continu, pour toutes les tensions et intensités courantes.

Le disjoncteur peut tenir lieu d'interrupteur ; il comporte alors, en sus de la commande automatique, un organe de commande manuelle permettant à volonté d'établir ou d'interrompre le courant.

Si le disjoncteur protège toute l'installation, il se place sur le panneau du compteur. Dans le cas de l'adjonction d'appareils électrodomestiques nouveaux, il devient nécessaire de modifier l'intensité nominale du disjoncteur pour suivre l'augmentation de consommation. Il est alors pratique de ne pas avoir à remplacer le disjoncteur existant, mais de pouvoir faire la modification sur l'appareil même.

Le disjoncteur à calibre multiple répond à ce besoin. Il réalise plusieurs intensités nominales avec le même appareil (fig. 59 et 60).

Les pièces de contact sont calculées pour une intensité maximum, et le relais de déclenchement pour une intensité minimum. Ces deux valeurs limites entre lesquelles l'appareil peut fonctionner déterminent son calibre. Dans un calibre 15-30 ampères, par exemple, les contacts sont calculés pour un courant de 30 ampères et le relais réglé pour un courant de 15 ampères.

Ce calibre est dit multiple, car il est possible, en shuntant les relais, d'obtenir plusieurs intensités nominales comprises entre les deux limites.



Fig. 59 et 60. — Disjoncteur à calibre multiple
(Document « COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ »)