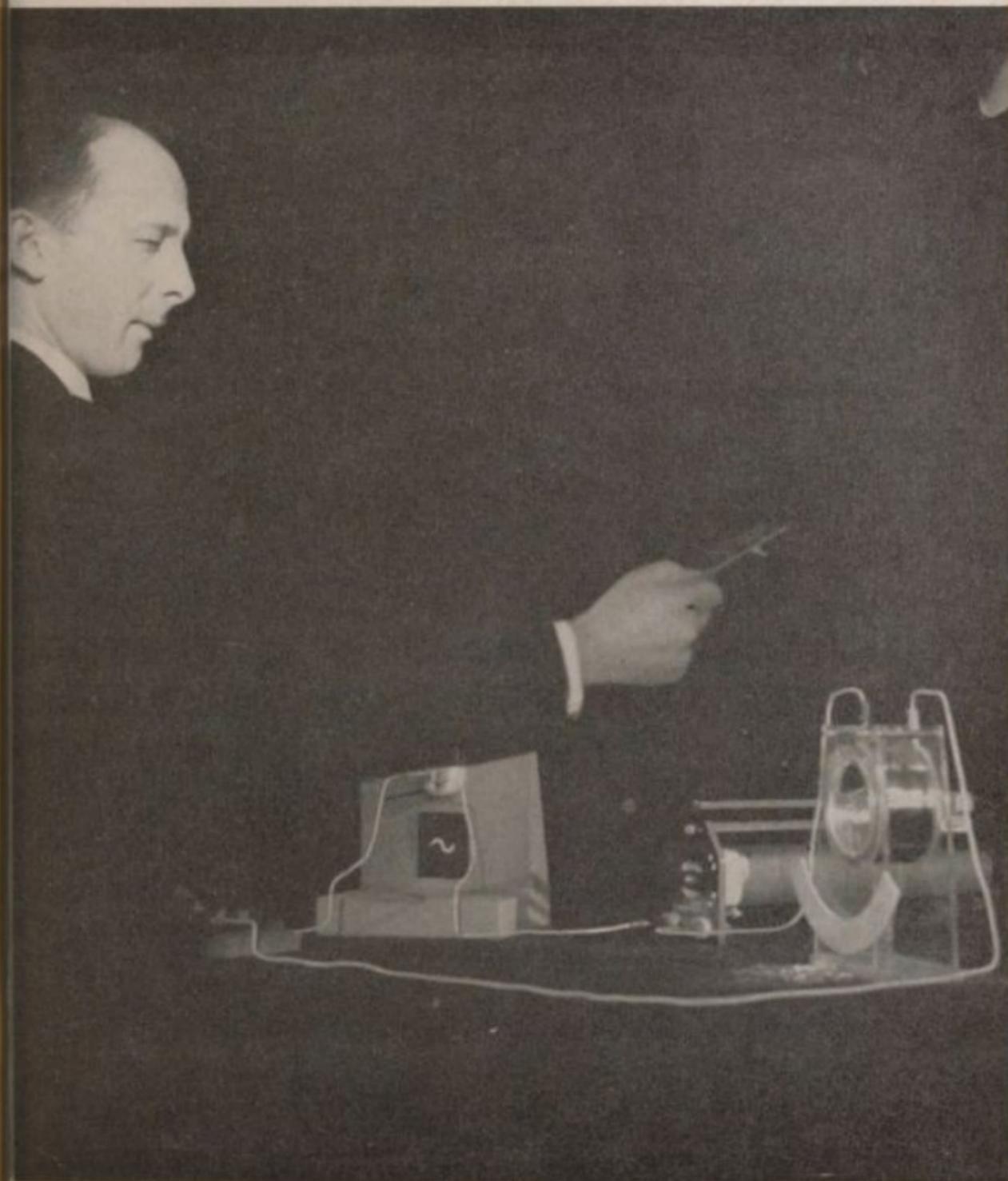




TÉLÉVISION SCOLAIRE  
ÉMISSIONS DESTINÉES AUX

# ADULTES

du 26 mars 1966  
au 30 avril 1966



## cours pratique d'électricité

### 16-17-18-19

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE - INSTITUT PÉDAGOGIQUE NATIONAL

# s o m m a i r e

<b>26 mars — 14 h 30 à 15 h</b> .....	<b>Emission 16</b>
Condensateurs .....	1
<b>16 avril — 14 h 30 à 15 h</b> .....	<b>Emission 17</b>
Courant alternatif .....	6
<b>23 avril — 14 h 30 à 15 h</b> .....	<b>Emission 18</b>
Impédances .....	12
<b>30 avril — 14 h 30 à 15 h</b> .....	<b>Emission 19</b>
Puissance en courant alternatif .....	18

**L'émission du samedi 30 avril sera la dernière pour l'année scolaire 1965-1966.**

Notre photo de couverture :  
M. MERAT, producteur des émissions n° 17-18-19,  
expérimente devant les caméras.

Brochure éditée par l'INSTITUT PÉDAGOGIQUE NATIONAL  
avec l'aide de la Délégation Générale de la Promotion Sociale  
Rédaction : 29, rue d'Ulm — PARIS (V°)

# condensateurs

## intentions pédagogiques

Après les éléments d'électrocinétique et d'électromagnétisme, l'étude des condensateurs complète l'exposé des phénomènes généraux.

Cette étude se rattache plus particulièrement à l'électrostatique et les applications interviennent surtout en régime transitoire et en régime alternatif.

Nous nous limiterons aux notions élémentaires justifiant les applications courantes des condensateurs.

## contenu de l'émission

### I. — CHARGE ET DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR.

1° Un condensateur industriel est branché pendant un temps très court aux bornes d'une source de tension continue d'environ 200 volts.

— Séparé de la source, en réunissant les bornes du condensateur par un conducteur, nous obtenons une vive étincelle accompagnée d'un bref claquement.

Dans un premier temps nous avons chargé le condensateur qui a emmagasiné une quantité d'électricité, dans le second nous l'avons déchargé et il a restitué cette charge.

Il faut recharger le condensateur pour obtenir une nouvelle décharge.

2° Etudions à l'aide d'un appareil de mesure la charge et la décharge du condensateur.

Avec le montage ci-contre, le commutateur (K) étant en position (1), le condensateur se charge sur la source, nous obtenons une brève déviation dont l'amplitude mesure  $Q$  coulombs. Le commutateur en fonction (2), le condensateur se décharge sur une résistance  $R$  il restitue la charge  $Q$ ; la déviation de l'appareil s'effectue en sens inverse, et présente même amplitude.

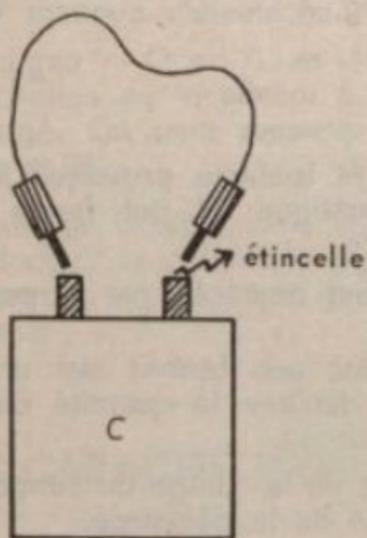


Fig. 1

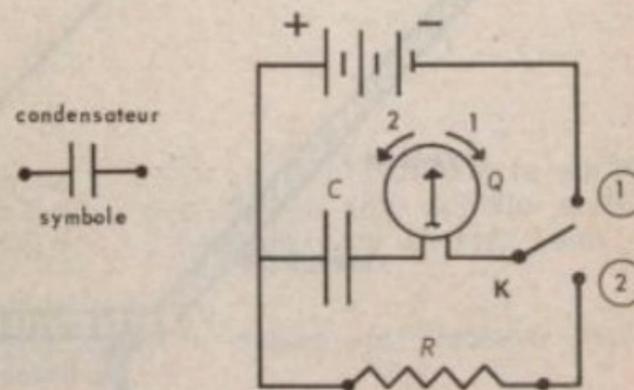


Fig. 2

## II. — CONSTITUTION D'UN CONDENSATEUR.

1° Ouvrons un condensateur, nous y trouvons deux armatures métalliques séparées par un isolant.

Dans celui-ci nous trouvons deux feuilles très minces d'aluminium isolées par du papier paraffiné.

Ces feuilles sont enroulées très serrées et souvent noyées dans un isolant, bitume, paraffine ou huile.

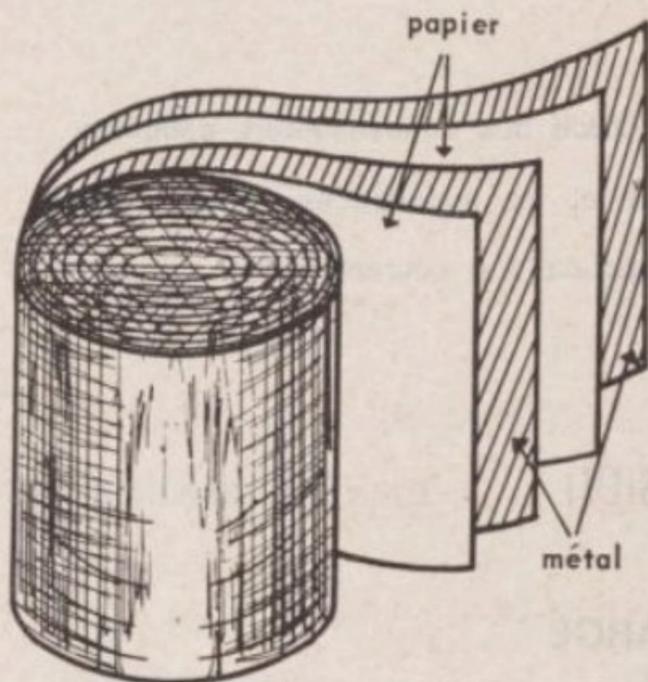


Fig. 3

2° S'il en est ainsi, nous pouvons réaliser un condensateur à l'aide de deux plaques de laiton séparées par une feuille d'isolant plastique.

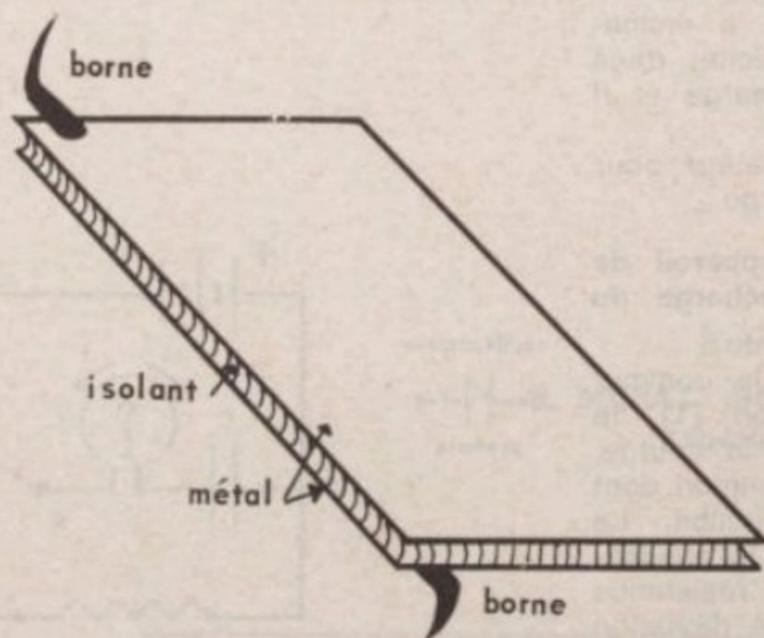
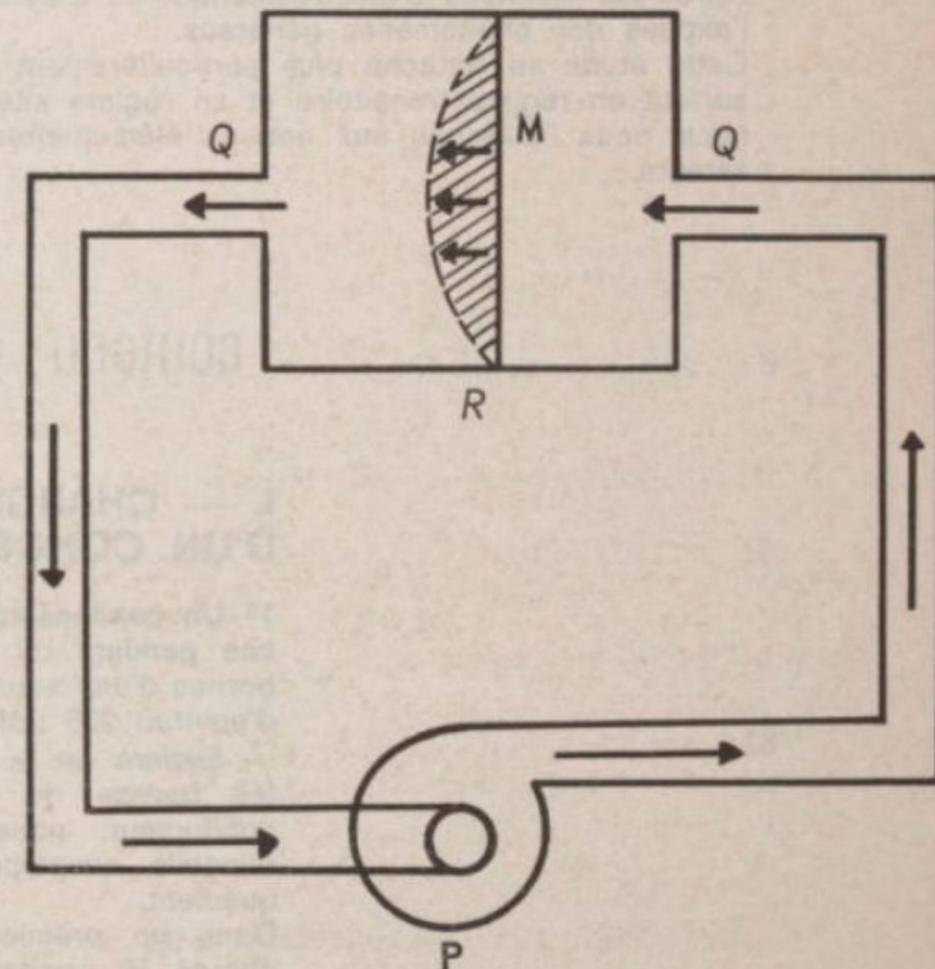


Fig. 4

Avec un appareil de mesure très sensible nous pouvons déceler la charge et la décharge de ce condensateur, (nous utilisons une source de tension élevée, environ 400 V).

## III. — INTERPRÉTATION.

1° Nous pouvons imaginer un dispositif hydraulique qui présente une grande analogie de fonctionnement avec un condensateur.



a) Une pompe  $P$  aspirante et foulante provoque la déformation d'une membrane élastique  $M$  qui forme cloison étanche dans un récipient  $R$ .

Une quantité  $Q$  de liquide est déplacée par la pompe.

b) La pompe s'arrête et n'est pas fermée par un clapet, l'élasticité de la membrane déplace la quantité de liquide  $Q$  en sens inverse dans le circuit.

Le phénomène (a) est l'image de la charge du condensateur, le phénomène (b) est l'image de la décharge.

En aucun cas le liquide n'a traversé la membrane étanche qui joue le rôle d'isolant.

## 2° Interprétation électronique.

Avant la charge, les deux armatures A et B sont électriquement neutres ainsi que l'isolant.

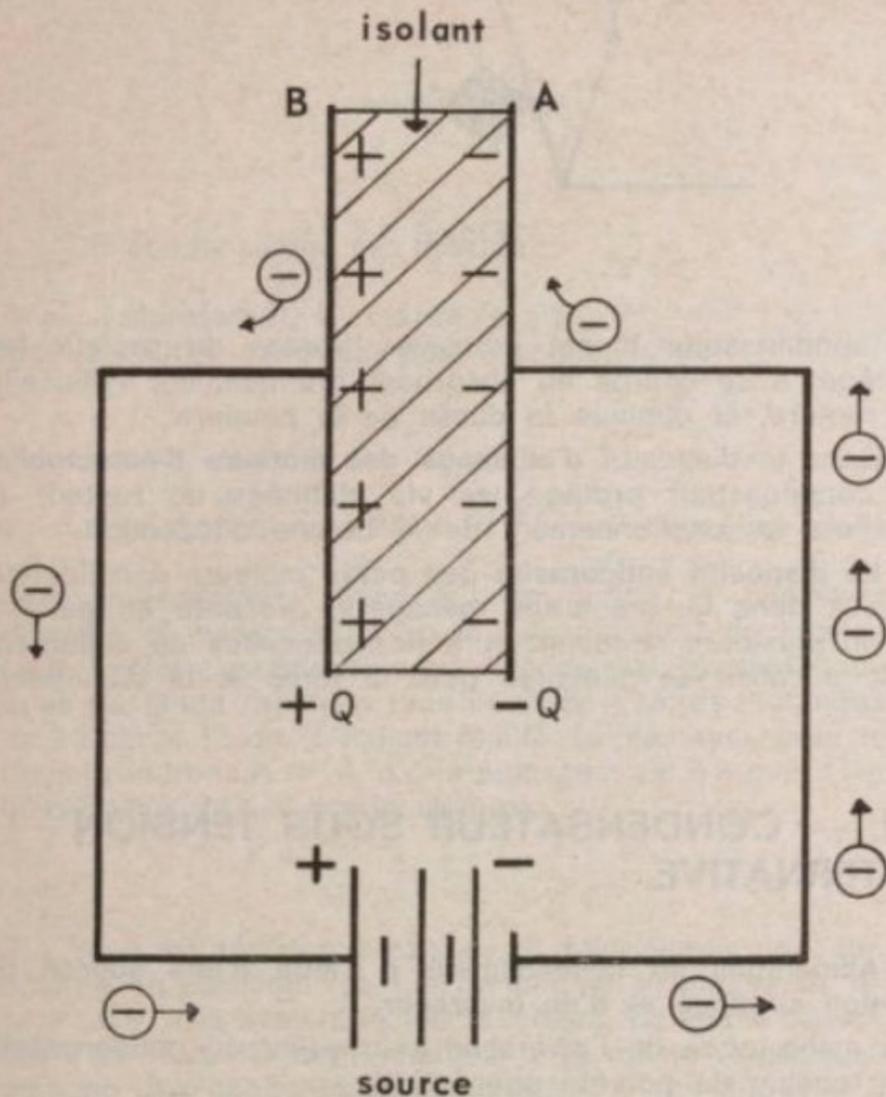


Fig. 5

a) La source refoule des électrons par sa borne négative vers l'armature A, et attire des électrons de B par la borne positive.

A devient négative par excès d'électrons, B devient positive par manque d'électrons.

Ces charges  $-Q$  en A, et  $+Q$  en B, s'attirent à travers l'isolant, elles se localisent à sa surface; le condensateur est chargé. On peut mesurer une différence de potentiel entre A et B.

b) Séparé de la source, le condensateur est déchargé par un conducteur réunissant les armatures A et B: les électrons constituant la charge  $-Q$  en A vont neutraliser la charge  $+Q$  en B.

## IV. — CAPACITÉ D'UN CONDENSATEUR.

1° Reprenons l'expérience du début (schéma 2) dans laquelle nous avons mesuré la charge  $Q$  d'un condensateur, en utilisant une source de tension réglable.

Pour une tension double ou triple, nous obtenons respectivement une charge double ou triple.

La charge d'un condensateur est proportionnelle à la tension  $U$  utilisée.

2° Utilisons maintenant divers condensateurs chargés avec la même tension, nous mesurons des charges  $Q$  différentes. La charge d'un condensateur, pour une tension donnée, dépend du condensateur employé.

**Conclusion:** nous écrirons:  $Q = C \times U$ .

Le terme  $C$  caractérise le condensateur, on l'appelle **capacité du condensateur**.

Dans cette relation la charge  $Q$  est mesurée en coulombs, la capacité  $C$  en farads, la tension  $U$  en volts.

Le farad est une unité trop grande pour les condensateurs usuels, on utilise des sous-multiples.

Le microfarad  $\mu F$  (millionième de farad):  $10^{-6}$  F,

le nanofarad nF (millième de  $\mu F$ ) =  $10^{-9}$  F,

le picofarad pF (millième de nF) =  $10^{-12}$  F.

**Exemple:** condensateur de  $10 \mu F$ , chargé sous la tension 200 volts, prend une charge  $Q = 2000 \mu C$  (microcoulombs).

3° Reprenons le condensateur réalisé avec des plaques métalliques.

Avec une source de tension constante  $U$ , la charge mesurée par la déviation de l'appareil est proportionnelle à la capacité du condensateur.

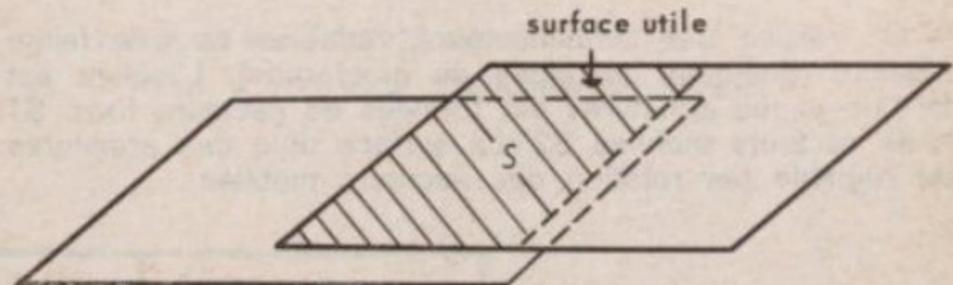


Fig. 6

Nous montrons:

a) que la capacité est d'autant plus grande que la surface utile des armatures est plus élevée (on appelle surface utile la section qu'elles présentent en regard l'une de l'autre).

b) la capacité dépend de la nature de l'isolant, papier, matière plastique...

c) la capacité est d'autant plus grande que l'isolant est plus mince.

## V. — TECHNOLOGIE.

Ces propriétés sont mises en application dans la construction des condensateurs.

— On réalise de grandes surfaces sous un faible volume, par enroulement serré d'armatures et d'isolants en feuilles.

— L'isolant est en général très mince, ce qui limite la **tension de service**, à cause du risque de claquage de cet isolant.

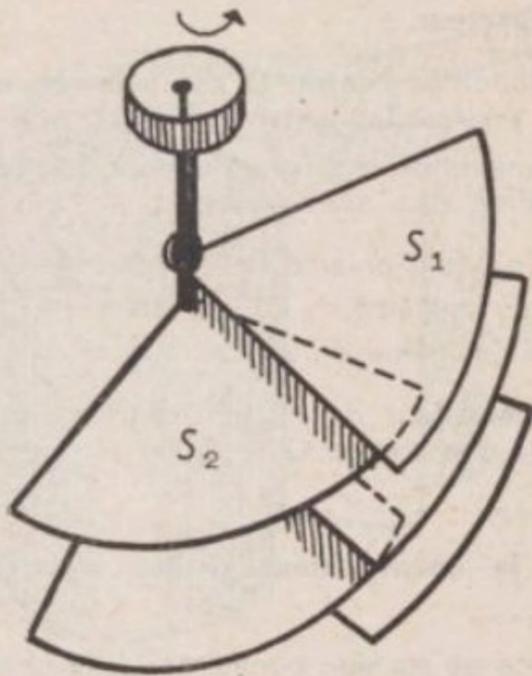


Fig. 7

— On réalise des condensateurs variables de très faible capacité (quelques centaines de picofarads). L'isolant est de l'air, et les armatures ont formées de secteurs fixes  $S_1$  et de secteurs mobiles  $S_2$ . La surface utile des armatures est réglable par rotation des secteurs mobiles.

## VI. — EMPLOI DES CONDENSATEURS SOUS TENSION CONTINUE.

— Les « flash » employés en photographie réalisent des éclairs très lumineux et très brefs.

Ils utilisent la brusque décharge d'un condensateur :

- soit dans une lampe qui est détruite par cette décharge,
- soit dans un tube à gaz à usage permanent.

Nous avons signalé (leçon 14) les effets nocifs de l'auto-induction sur les pièces de rupteur au moment de la coupure du courant dans un circuit inductif.

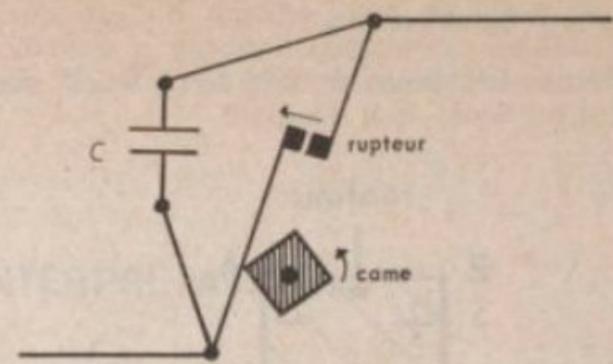


Fig. 8

Un condensateur monté entre les bornes du rupteur les protège. Il se charge en absorbant pratiquement l'étincelle de rupture, et diminue la durée de la coupure.

— Dans le dispositif **d'allumage des moteurs d'automobile**, un condensateur protège les vis platinées du rupteur et améliore le fonctionnement de la bobine d'induction.

— Le **dispositif antiparasite** des petits moteurs à collecteur utilisés dans les appareils ménagers, présente en général un ou plusieurs condensateurs (les étincelles au collecteur sont la cause de parasites pour la radio et la télévision).

## VII. — CONDENSATEUR SOUS TENSION ALTERNATIVE.

— Alimentons un condensateur à l'aide d'une source de tension continue et d'un inverseur.

Les manœuvres de l'inverseur fournissent au condensateur une tension de polarité alternative.

L'appareil de mesure permet de déceler une série de charges et décharges, réalisant, dans le circuit extérieur au condensateur, un courant alternatif.

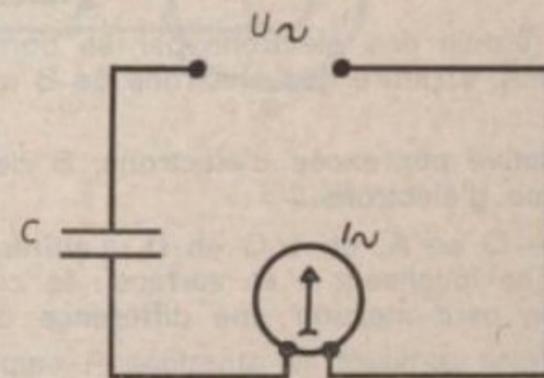


Fig. 9

— Si nous alimentons un condensateur à l'aide d'un réseau alternatif, un ampèremètre indique sur le circuit un courant alternatif permanent.

Tout se passe pour le circuit extérieur comme si le condensateur « laissait passer » le courant alternatif, alors qu'il bloquait le courant continu (sauf pendant les périodes transitoires de charge ou de décharge).

— L'étude du condensateur sous tension alternative sera développée dans une leçon ultérieure.

# questionnaire

## Questions

1 - Un condensateur est marqué :

$4 \mu\text{F}$  (microfarad),  $U$  maximale 250 V.  
Quelle charge maximale peut-il emmagasiner ?

2 - La relation  $C = 8,85 \times 10^{-12} K \frac{S}{e}$  s'applique au calcul des condensateurs plans. ( $C$  en farads,  $K$  constante de l'isolant,  $S$  surface utile en  $\text{m}^2$ ,  $e$  épaisseur de l'isolant en mètre). Notre condensateur expérimental présentait 2 plaques de laiton (bien en face l'une de l'autre) rectangulaires de  $20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ . L'isolant feuille de plastique, pour lequel nous prendrons  $K = 4$ , a une épaisseur de  $0,3 \text{ mm}$ . Calculer la capacité de ce condensateur.

3 - Pour ajouter des capacités, il faut monter les condensateurs en parallèle (ce qui reviendrait à augmenter la surface utile, s'ils avaient le même isolant, de même épaisseur). Dans ce cas, ils sont chargés à la même tension  $U$ . On dispose des condensateurs marqués :  $2 \mu\text{F}$ , 200 V -  $5 \mu\text{F}$ , 250 V -  $3 \mu\text{F}$ , 400 V. On les monte en parallèle, quelle tension maximale pourra-t-on appliquer à l'ensemble ? Quelle sera la capacité du groupe et la charge qu'il prendra sous cette tension ?

## Réponses

$$Q = C \times U.$$

$$Q = 4 \times 10^{-6} \times 250 = 0,001 \text{ coulomb ou } 1 \text{ millicoulomb.}$$

$$C = 8,85 \times 10^{-12} \times 4 \times \frac{0,2 \times 0,15}{0,0003} = 3,5 \times 10^{-9} \text{ F}$$

soit 3,5 nanofarads environ  
(soit une capacité environ 3000 fois plus faible que le condensateur de  $10 \mu\text{F}$ ).

Pour éviter le claquage du premier on ne peut dépasser  $U = 200$  volts (ils disposent tous de la même tension).

La capacité du groupe est :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 10 \mu\text{F}.$$

La charge  $Q$  sous 200 V est

$$Q = 10 \mu\text{F} \times 200 \text{ V} = 2000 \text{ microcoulombs.}$$

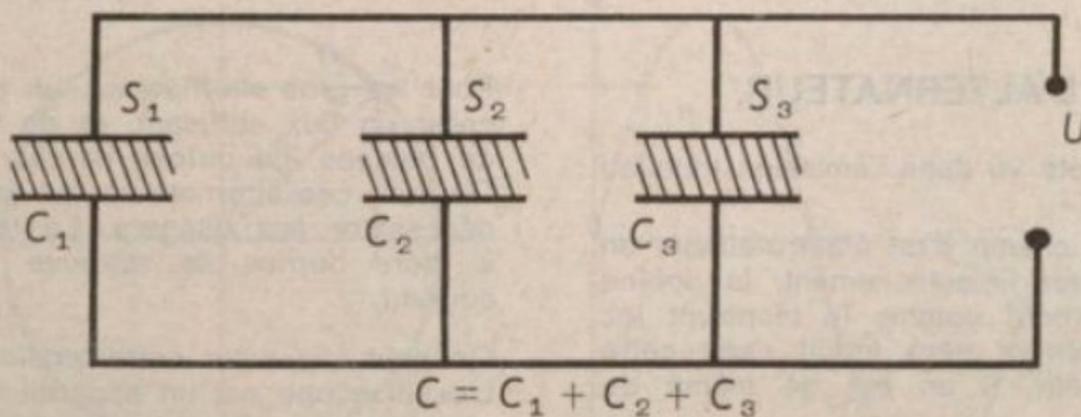


Fig. 10

# le courant alternatif

## intentions pédagogiques

Après avoir rappelé comment on peut produire le courant alternatif, on étudie le courant fourni par l'E.D.F.

Le but de cette leçon est de dégager les caractéristiques d'un courant alternatif sinusoïdal en partant de cet exemple. En premier lieu on est amené à expliquer pourquoi on l'appelle courant alternatif sinusoïdal. Ceci implique un retour sur l'étude d'une grandeur sinusoïdale.

En second lieu on tire les conséquences de ce que l'on vient de voir. On déduit la période du phénomène.

Il a paru nécessaire ensuite de préciser les propriétés du courant alternatif, en partant constamment de celles du courant continu.

Cette étude nous amène à étudier successivement :

— l'effet thermique,

— l'effet chimique,  
— l'effet électromagnétique.

Et pour que cette étude soit complète, il faut définir les caractéristiques d'un courant alternatif. D'où la notion d'intensité efficace qui se déduit d'une comparaison de l'effet thermique produit par un courant alternatif inconnu et de celui produit par un courant continu, connu, dans la même résistance et pendant le même temps.

Cette notion implique l'idée de tension efficace et on la précise aussitôt.

Le rapport de la valeur efficace et de la valeur maximale d'une grandeur sinusoïdale est donné à ce moment-là. Et pour éviter des erreurs on termine par une mise en garde. Il ne faut jamais appliquer les lois du courant continu aux valeurs efficaces du courant alternatif.

Deux exemples simples en apporteront la preuve.

## contenu de l'émission

### I. — LE PRINCIPE DE L'ALTERNATEUR.

Le principe de l'alternateur a été vu dans l'émission intitulée « induction électromagnétique ».

On place une bobine dans le champ d'un électro-aimant en forme de U. Si on fait tourner l'électro-aimant, la bobine est balayée par un flux alternatif comme le montrent les figures 1 et 2. Donc un courant sera induit dans cette bobine. Le flux étant alternatif, il en est de même du courant produit.

Ce dispositif, qui correspond au principe de l'alternateur, se retrouve dans ce que l'on appelle des « dynamos » de bicyclettes. Pour des commodités de réalisation, la bobine est divisée en 2 parties. L'aimant, placé entre ces 2 bobines, tourne lorsque la roue de la bicyclette l'entraîne. Ainsi le cycliste peut s'éclairer la nuit (fig. 2 bis).

Pour les gros alternateurs, un aimant permanent ne pourrait créer un flux suffisant, et on le remplace par un système de bobines inductrices parcourues par un courant continu. Ce sont ces alternateurs qui produisent l'énergie électrique nécessaire aux usagers. La tension alternative qui existe à leurs bornes se retrouve aux bornes des prises de courant.

On peut visualiser cette tension à l'aide d'un oscilloscope. L'oscilloscope est un appareil qui permet de voir comment varie une grandeur en fonction du temps : sur l'écran du tube cathodique, on observe donc la courbe de la figure 3. Pour plus de précision, on place sur cette courbe le système d'axes rectangulaires habituels, et le résultat est représenté sur la figure 4.

Cette courbe s'appelle une sinusoïde.

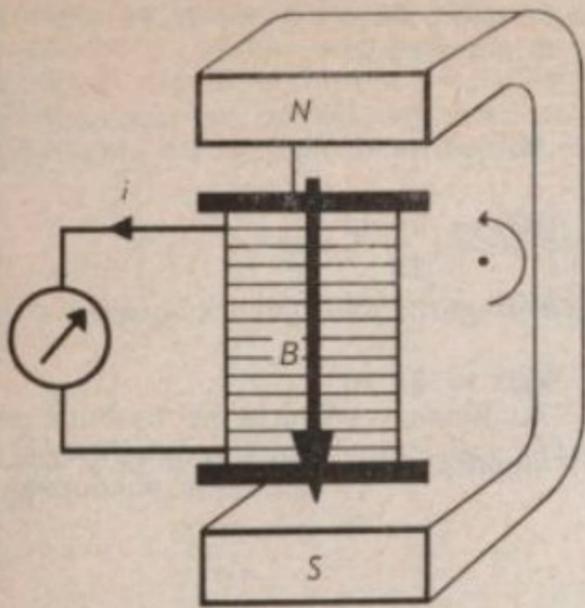


Fig. 1

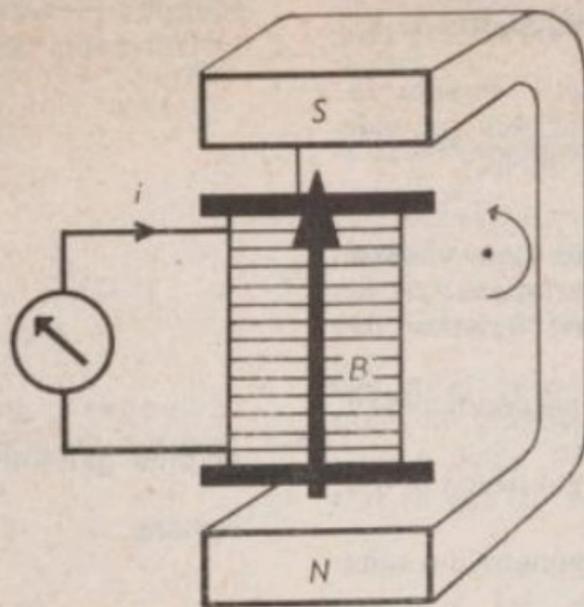


Fig. 2



écran de l'oscilloscope

Fig. 3

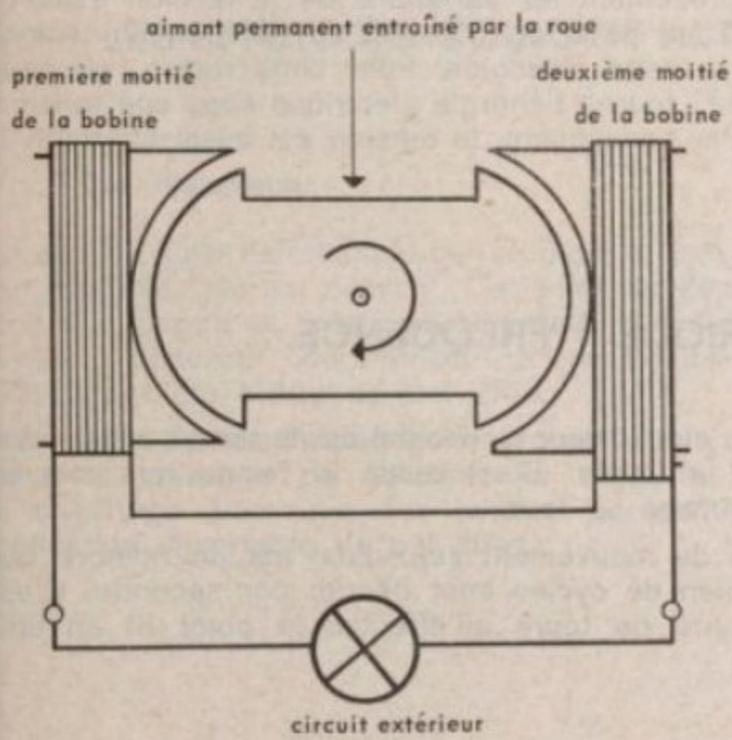


Fig. 2 bis

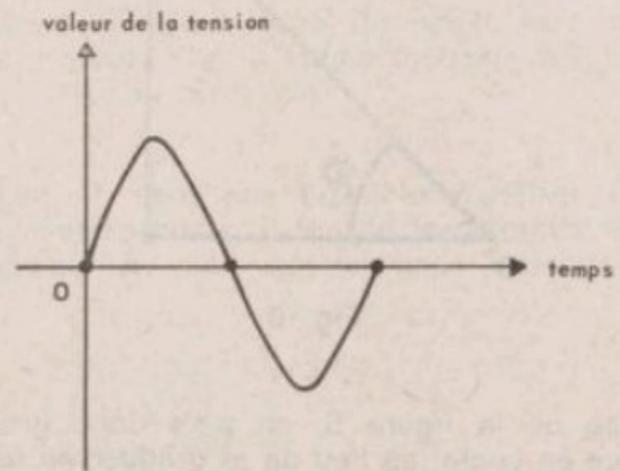
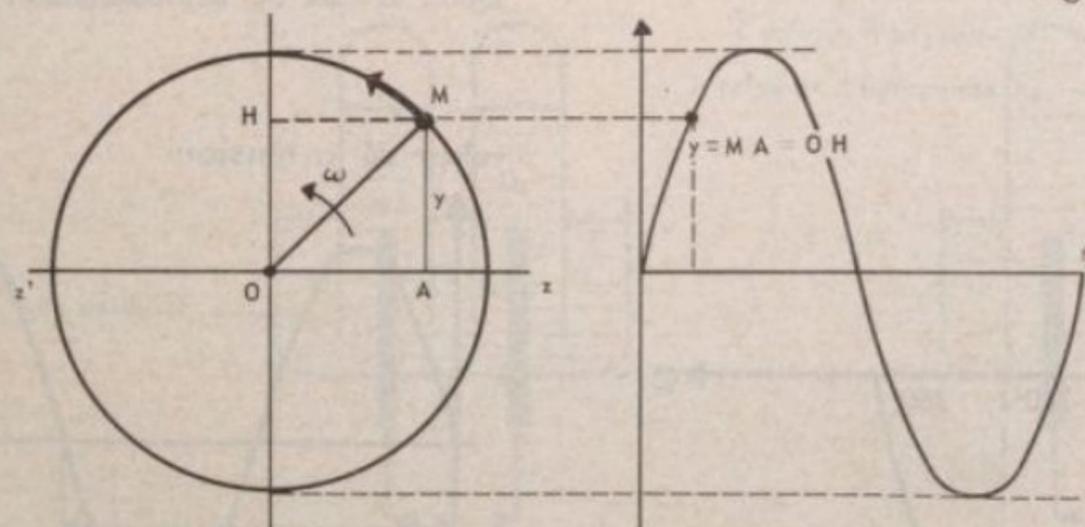


Fig. 4



Le point M est animé d'un mouvement circulaire uniforme

courbe représentant les variations de y en fonction du temps

Le point H est animé d'un mouvement sinusoïdal

Fig. 5

## II. — ÉTUDE D'UNE GRANDEUR SINUSOÏDALE.

Un mouvement sinusoïdal peut être considéré comme la projection du mouvement circulaire d'un point sur un axe du cercle qui constitue la trajectoire de ce point.

On va le vérifier dans un cas simple.

Un point M se déplace sur un cercle avec une vitesse angulaire constante. Si on représente les variations de la distance y du point M à l'axe zz' (fig. 5) en fonction du temps, on obtient une sinusoïde.

Donc la projection H du point M sur un axe perpendiculaire à zz' est animée d'un mouvement sinusoïdal.

Cette courbe montre bien qu'une grandeur sinusoïdale est alternativement positive et négative.

Pour le courant, cela se traduit par un changement du sens du courant.

**Remarque :** une sinusoïde représente les variations du sinus d'un angle.

Le sinus de l'angle  $\phi$  est le rapport  $\frac{AM}{OM}$  (fig. 6).

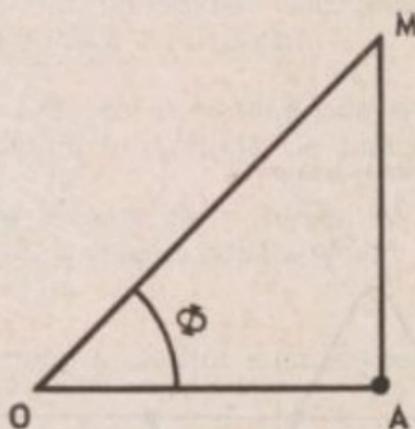


Fig. 6

Dans le cas de la figure 5, on peut donc graduer l'axe des abscisses en angle, au lieu de le graduer en temps. Cela nous donne le résultat de la figure 7.

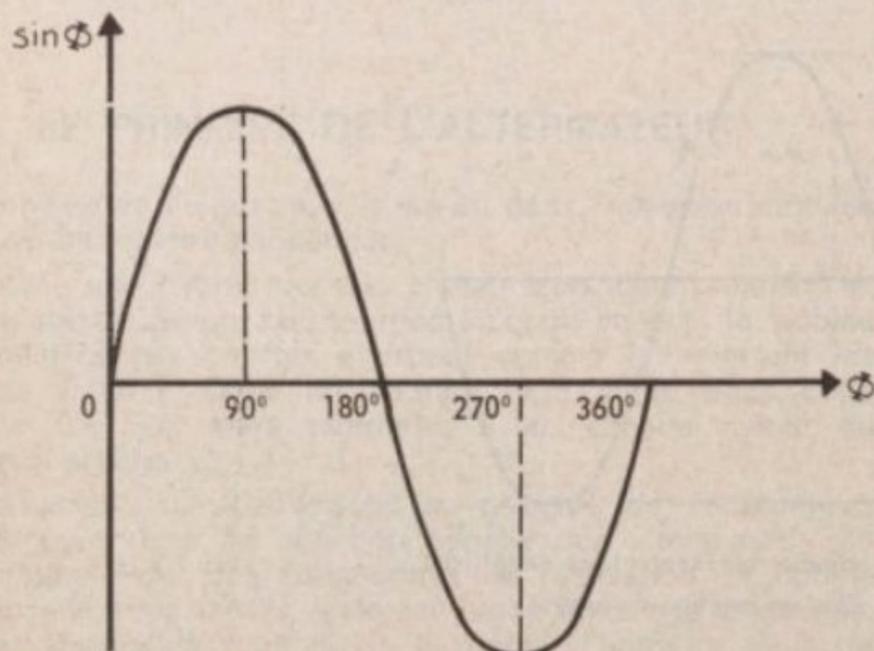


Fig. 7

**Rappel :** on rappelle qu'un angle peut s'exprimer en radians. La correspondance est la suivante :

$$90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rd}$$

$$180^\circ = \pi \text{ rd}$$

$$270^\circ = \frac{3\pi}{2} \text{ rd}$$

$$360^\circ = 2\pi \text{ rd}$$

et plus généralement x degrés correspondent à  $(\pi \times \frac{x}{180})$  radians.

**Conclusion :**

la courbe représentant les variations de la tension existant aux bornes d'une prise de courant, en fonction du temps, est analogue à cette sinusoïde. Pour cette raison, on peut dire que l'E.D.F. fournit l'énergie électrique sous une tension sinusoïdale. Par conséquent, la tension est aussi alternative.

## III. — PÉRIODE - FRÉQUENCE.

La période du mouvement sinusoïdal est le temps nécessaire pour décrire un cycle. C'est aussi le temps que met le point M pour faire un tour.

La fréquence du mouvement sinusoïdal est un nombre qui indique combien de cycles sont décrits par seconde. C'est aussi le nombre de tours qu'effectue le point M en une seconde.

$$\text{Dans le cas du secteur E.D.F. : } \left\{ \begin{array}{l} T = \frac{1}{50} \text{ s} \\ f = 50 \text{ hertz} \end{array} \right.$$

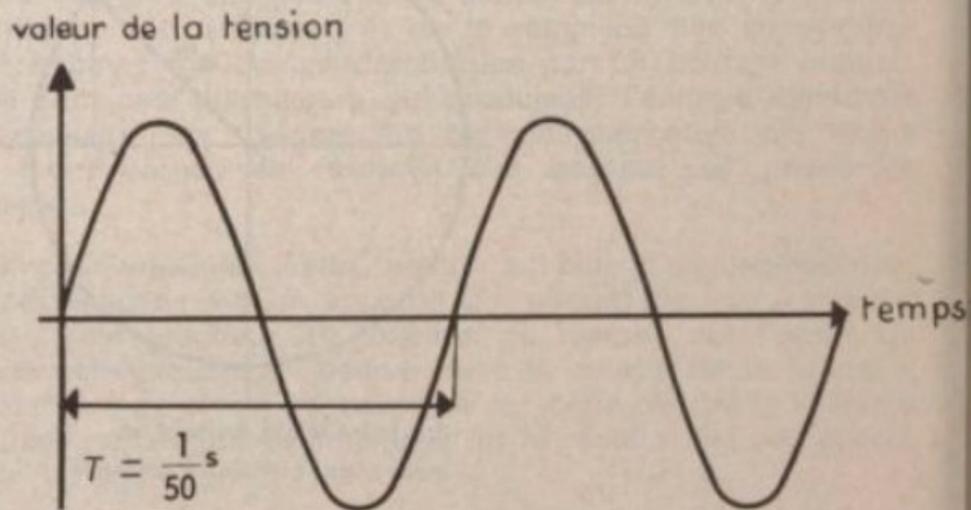


Fig. 7 bis

Un cycle est donc décrit en  $1/50^e$  de seconde. Par voie de conséquence, en une seconde on peut observer 50 cycles. La période s'exprime en seconde puisqu'il s'agit d'un temps. La fréquence est parfois exprimée en cycles par seconde, mais l'unité du système international est l'hertz.

$$1 \text{ hertz} = 1 \text{ cycle/seconde}$$

On la mesure à l'aide d'un fréquencesmètre.

Cet appareil se branche comme un voltmètre, c'est-à-dire en dérivation sur l'installation. Par lecture directe on obtient la fréquence cherchée.

#### IV. — LES EFFETS DU COURANT ALTERNATIF.

##### IV.1. Effet thermique.

On appelle ainsi l'effet Joule qui se produit dans un conducteur parcouru par un courant. Cet effet ne dépend pas du sens du courant et existe en alternatif comme en continu. Il peut s'observer couramment car de nombreuses applications ont été tirées de cet effet.

Une lampe à incandescence ne produit de la lumière que grâce au passage du courant qui chauffe le filament. Le chauffage électrique des locaux représente une autre application importante de cet effet.

La protection d'une installation par des fusibles est possible grâce à l'effet thermique.

##### IV.2. Effet chimique.

Un électrolyte parcouru par un courant continu se décompose. Les produits de cette décomposition apparaissent aux électrodes ou réagissent avec l'électrode, ou l'électrolyte, etc. C'est ce qu'on appelle l'effet chimique du courant.

Cet effet dépend du sens du courant. Il faut se rappeler qu'à la cathode se dégage l'hydrogène, si on effectue l'électrolyse d'un acide ; il se dépose le métal si l'électrolyte est un sel ou une base.

Mais en courant alternatif chaque électrode est  $1/2$  période anode et  $1/2$  période cathode.

Examinons le résultat de l'électrolyse de l'eau par exemple (fig. 8).

Pendant une demi-période on recueille un volume d'oxygène à l'anode et deux volumes d'hydrogène à la cathode.

Pendant la demi-période suivante le rôle des électrodes s'inverse. Aussi au volume d'oxygène précédent, viennent s'ajouter deux volumes d'hydrogène. Par contre aux deux volumes d'hydrogène vient se mélanger un volume d'oxygène. A chaque période il en est de même. Au total pendant une période, on recueille le même mélange d'hydrogène et d'oxygène à chaque électrode.

En conclusion, il n'est pas possible d'utiliser le courant alternatif en électrochimie. Il faut le transformer en courant continu avant de l'envoyer vers les bacs à électrolyse.

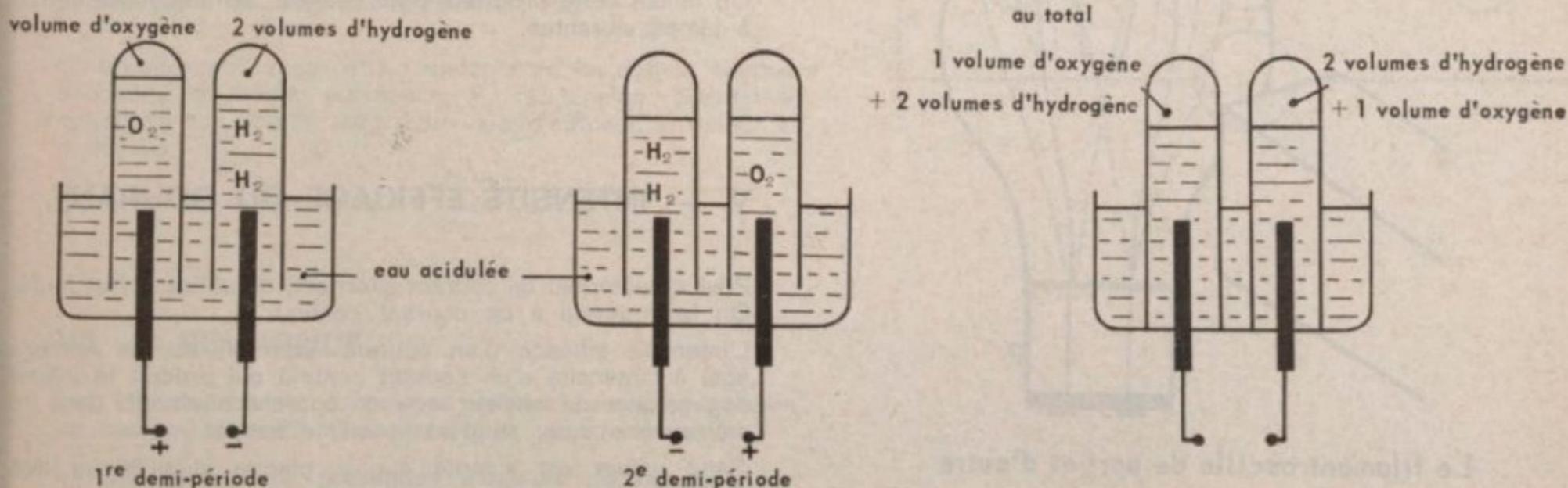


Fig. 8

### IV.3. Effet électromagnétique.

#### — Action d'un champ permanent sur un conducteur parcouru par un courant alternatif.

Le conducteur que l'on considère est le filament de carbone d'une lampe. On le place dans le champ magnétique créé par un aimant permanent.

D'après la loi de Laplace, une force électromagnétique prend naissance et déforme le filament.

Le sens de cette force dépend du sens du courant comme le montrent les fig. 9a et 9b.

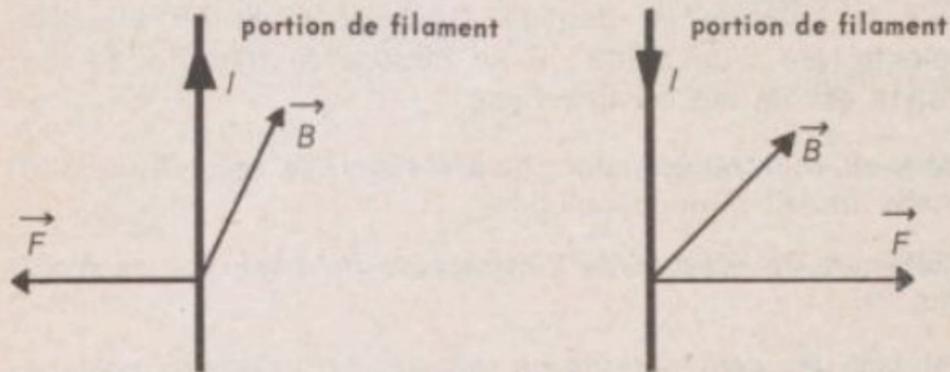


Fig. 9

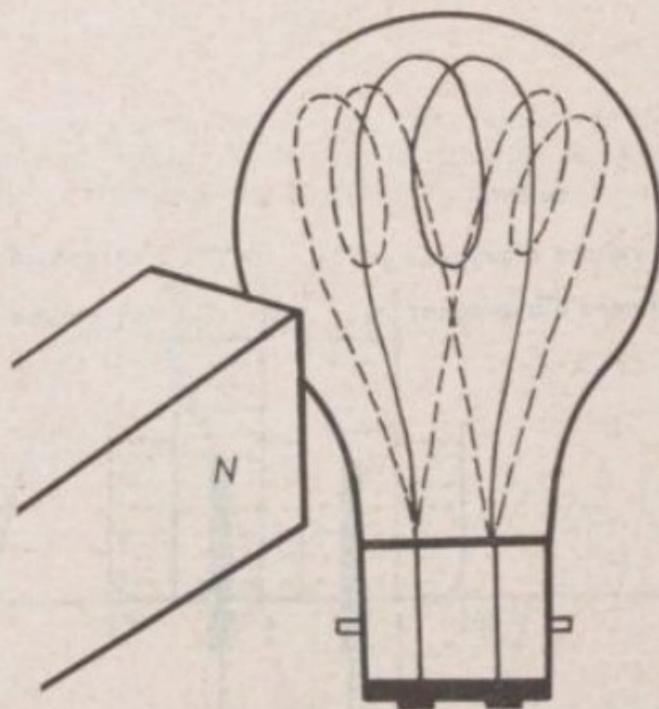
→  $B$  est l'induction créée par l'aimant.

→  $F$  est la force électromagnétique dont le sens dépend de celui du courant.

On déduit immédiatement que, lorsque le filament est traversé par un courant alternatif, une force électromagnétique alternative s'exerce. Chaque demi-période, le sens de cette force s'inverse.

L'inertie du filament étant faible, il vibre.

La fréquence des oscillations effectuées est évidemment égale à celle du courant, soit 50 hertz (fig. 10).



Le filament oscille de part et d'autre de la position verticale

Fig. 10

#### — Création d'un champ magnétique alternatif.

Un solénoïde parcouru par un courant alternatif crée un champ magnétique alternatif de même fréquence que le courant. Une aiguille aimantée placée dans ce champ ne dévie pas car son inertie trop grande ne lui permet pas d'osciller à cette fréquence.

Une lame de fer doux, de très faible inertie peut, par contre, osciller (fig. 11).

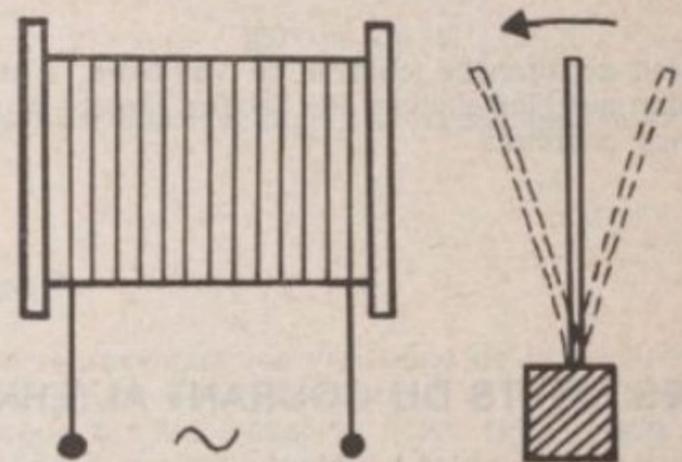


Fig. 11

Dans ce cas, il faut déterminer la fréquence des oscillations de la lame.

Pendant une demi-période la bobine présente, par exemple, un pôle Nord à la lame et l'attire. La force d'attraction augmente avec le courant et diminue avec lui. Elle est nulle en même temps que le courant.

Mais durant la demi-période suivante le pôle présenté par la bobine change, tandis que la force ne change pas de sens. Il y a encore attraction. Il n'en serait pas ainsi si la lame n'était pas en fer doux et restait aimantée. Donc la lame est attirée 100 fois par seconde. Elle oscille à une fréquence de 100 hertz.

On utilise cette propriété pour réaliser les fréquencemètres à lames vibrantes.

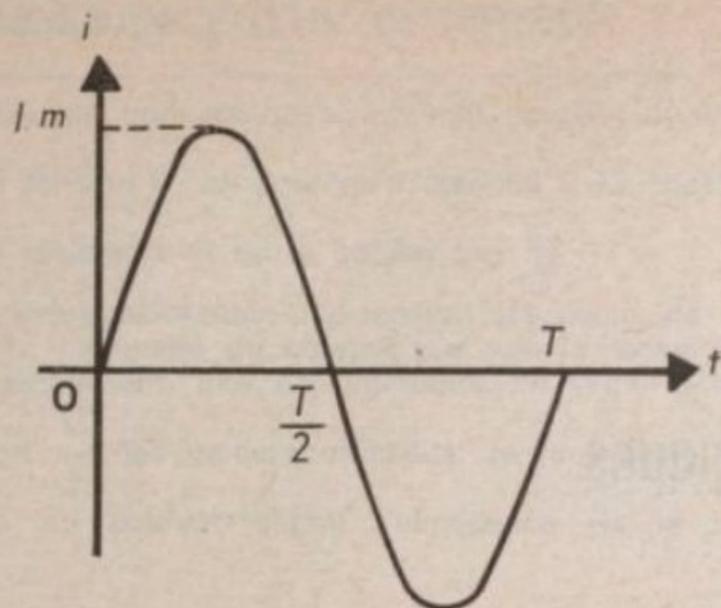
### V. — INTENSITÉ EFFICACE DU COURANT.

Pour caractériser un courant alternatif, on utilise l'effet Joule. On le compare à un courant continu.

L'intensité efficace d'un courant alternatif est un nombre égal à l'intensité d'un courant continu qui produit le même dégagement de chaleur que ce courant alternatif, dans la même résistance, pendant le même temps.

Cette valeur est inscrite sur la plaque signalétique des appareils.

Relation entre l'intensité maximale du courant et l'intensité efficace.



$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = 0,707 I_m$$

#### Mesure de l'intensité efficace.

Les ampèremètres donnent par lecture directe l'intensité efficace du courant.

Il est indiqué sur le cadran de l'appareil si on peut l'utiliser en courant alternatif. Le symbole l'indiquant est le signe :  $\infty$ .

### VI. — TENSION EFFICACE.

La tension  $U$  existant aux bornes d'une résistance  $R$ , parcourue par un courant continu, est liée à la puissance  $P$  perdue par effet Joule par la relation :  $P = \frac{U^2}{R}$ .

Si, en alternatif, dans cette résistance  $R$ , on obtient chaque seconde, la même puissance  $P$ , la tension alternative appliquée aux bornes aura pour valeur efficace la valeur  $U$  ci-dessus.

On a encore la relation  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ .

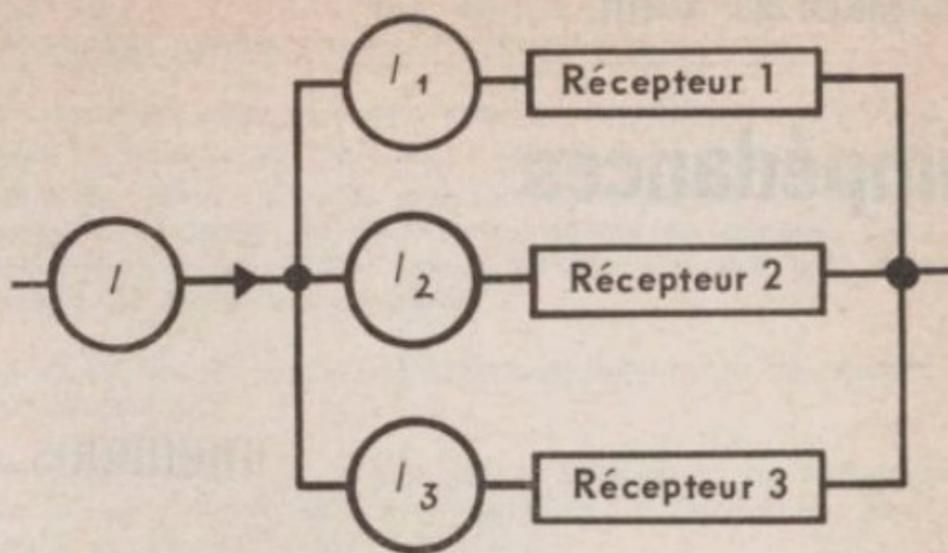
### VII. — REMARQUE.

Les lois du courant continu ne doivent pas être utilisées en courant alternatif. Deux exemples vont le montrer.

#### — Cas d'un circuit présentant plusieurs dérivations.

En courant continu on écrit :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$



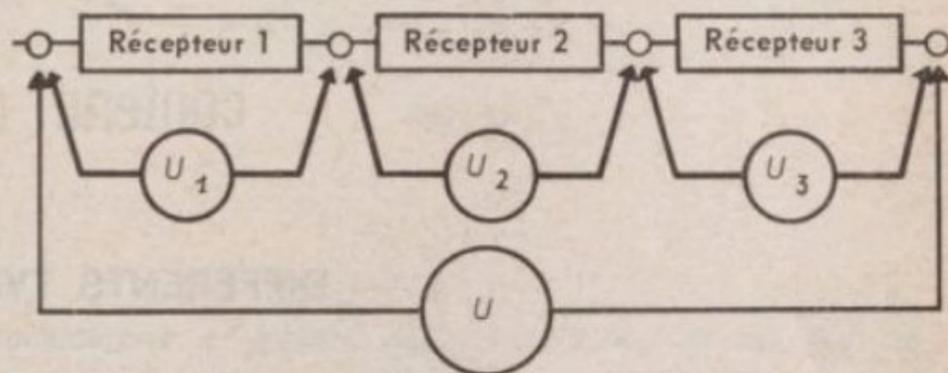
En alternatif ceci est faux : l'intensité efficace du courant dans le circuit principal n'est pas égale à la somme des intensités efficaces des courants dans les circuits dérivés. On peut très bien avoir  $I_1 = 1$  A,  $I_2 = 10$  A,  $I_3 = 9$  A et  $I = 2$  A. L'intensité  $I$  peut être inférieure numériquement aux intensités :  $I_1$ ,  $I_2$  ou  $I_3$ .

#### — Cas d'un circuit comportant plusieurs récepteurs en série.

En courant continu on écrit :  $U = U_1 + U_2 + U_3$ .

En courant alternatif ceci est faux en général.

Il faut retenir, en règle générale, qu'on ne doit pas additionner des valeurs efficaces.



# impédances

## intentions pédagogiques

Dans l'émission précédente, on a vu que les relations établies pour le courant continu ne sont pas applicables aux grandeurs efficaces en courant alternatif.

Il s'agit donc à présent de déterminer les lois à utiliser dans ce cas.

Cela nous conduit à définir 2 grandeurs nouvelles :

- l'impédance d'un récepteur,
- le déphasage du courant sur la tension.

Il est possible de déterminer ensuite les lois applicables à chaque type de récepteurs passifs. On examine donc :

- le circuit résistif,
- le circuit inductif,
- le circuit capacitif.

## contenu de l'émission

### I. — DIFFÉRENTS TYPES DE RÉCEPTEURS.

En courant continu on a distingué :

- les récepteurs mécaniques (exemple : un moteur),
- les récepteurs chimiques (exemple : un voltamètre),
- les résistances.

Les deux premiers types présentent une force contre électromotrice quand ils fonctionnent. On les appelle récepteurs actifs.

Par opposition, les résistances sont appelées des récepteurs passifs. En courant alternatif, cette classification est valable, mais dans les récepteurs passifs on place à côté des résistances, les inductances et les condensateurs.

Les récepteurs passifs seulement constituent l'objet de cette émission.

## II. — IMPÉDANCE D'UN RÉCEPTEUR.

Si on alimente une bobine en courant continu, on mesure pour une tension  $U$ , un courant d'intensité  $I$ . Le rapport  $\frac{U}{I}$  définit la résistance  $R$  de la bobine (fig. 1).

Si on applique maintenant une tension alternative de valeur efficace  $U$ , l'intensité du courant n'a pas la même valeur que précédemment. Elle est inférieure en règle générale.

Le rapport  $\frac{U}{I}$  des valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant définit l'impédance de la bobine (fig. 2).

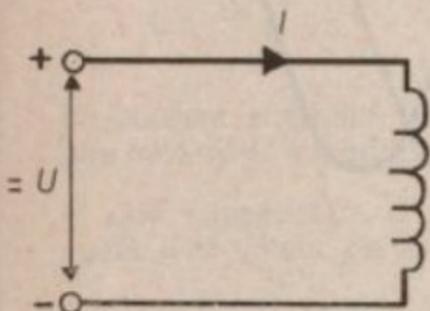


Fig. 1

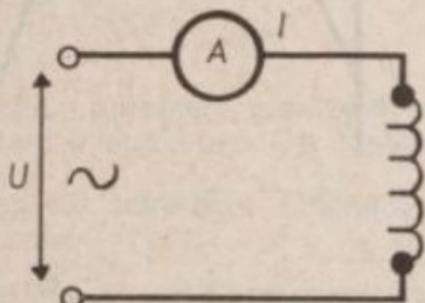


Fig. 2

Ce nombre est constant pour un récepteur donné et une fréquence donnée. Il s'exprime en ohms, comme une résistance puisqu'il s'agit d'un rapport volt/ampère.

## III. — DÉPHASAGE DU COURANT SUR LA TENSION.

En utilisant un oscilloscope, on peut visualiser en même temps la tension  $U$  et l'intensité  $i$  du courant.

Sur l'écran apparaissent les 2 courbes suivantes (fig. 3) :

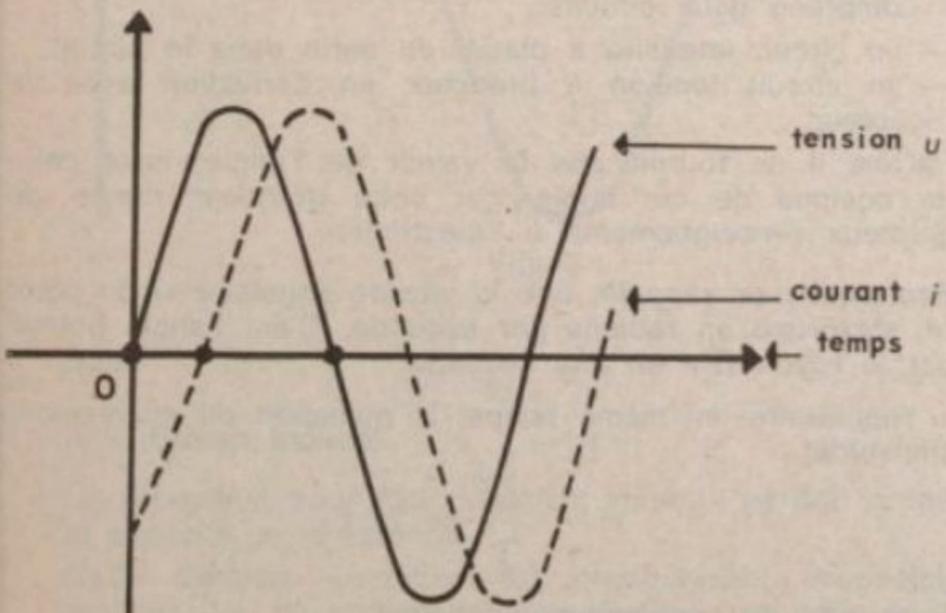


Fig. 3

Pour rendre le dessin plus clair, la courbe correspondant au courant est représentée en pointillés.

On constate alors que ces courbes sont deux sinusôides. Elles apparaissent décalées. Le courant reproduit les variations de la tension mais avec un certain retard. On exprime ce retard en degrés en radians en général. Ceci est facile puisqu'on a vu que l'axe des abscisses peut être gradué en temps ou en angle.

La valeur de cet angle représente le déphasage du courant sur la tension.

On peut donner une image de ce déphasage en revenant sur la correspondance qui existe entre un mouvement sinusoïdal et un mouvement circulaire.

On sait que lorsqu'un point  $M$  décrit un cercle, d'un mouvement uniforme, la distance  $MH$  de ce point à un axe quelconque varie sinusôïdalement (fig. 4) dans le temps.

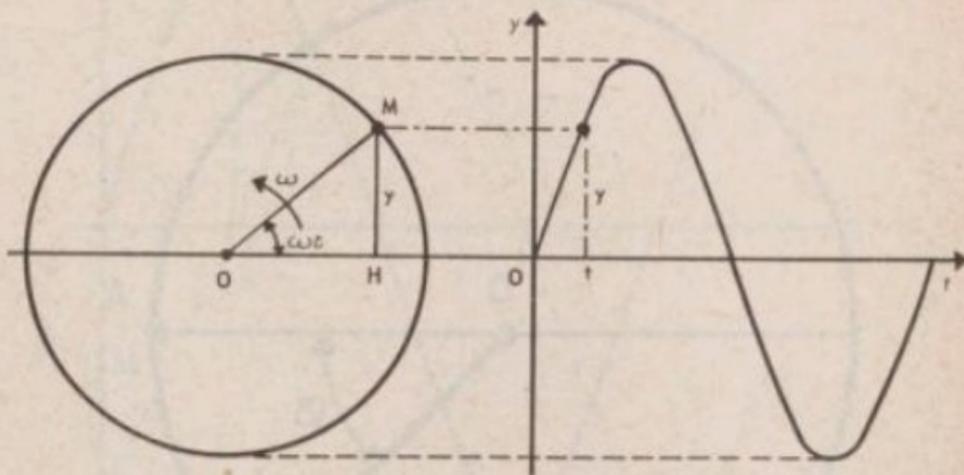


Fig. 4

Considérons à présent deux points  $M_1$  et  $M_2$  (fig. 5).

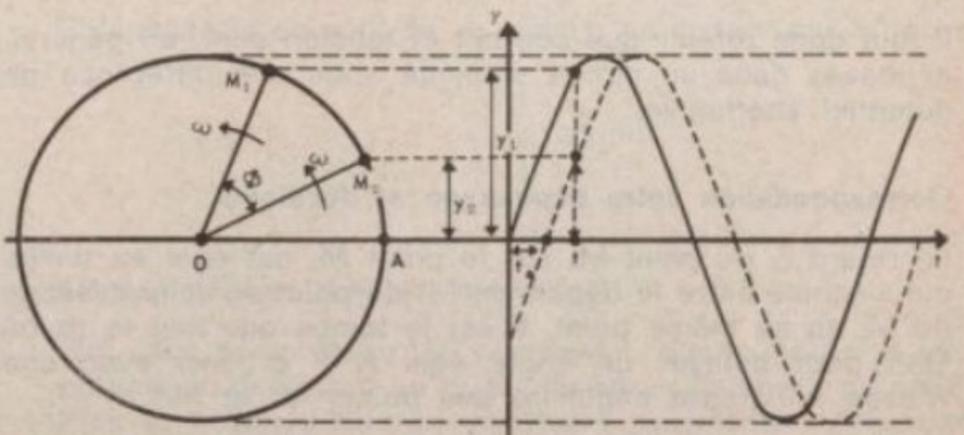


Fig. 5

Les deux rayons  $OM_1$  et  $OM_2$  font entre eux un angle  $\Phi$ . Les variations de la distance  $y_1$  sont représentées par la sinusoïde tracée en traits pleins.

Celles de la distance  $y_2$  sont représentées par la sinusoïde en pointillés.

Le point  $M_2$  reproduit le mouvement du point  $M_1$  mais avec un certain retard. Il passe, par exemple, au point A,  $t_0$  secondes après lui.  $t_0$  représente le retard du mouvement de  $M_2$  sur celui de  $M_1$ . On dit aussi que le décalage arrière s'élève à  $t_0$  secondes.

Mais ce retard peut être évalué d'une autre façon.

L'angle des rayons  $OM_1$  et  $OM_2$  est constant. Il peut servir à repérer le retard de  $M_2$  sur  $M_1$ . On l'appelle le déphasage du 2<sup>e</sup> mouvement sur le premier.

En particulier, examinons l'aspect de la figure à l'instant pris pour origine (fig. 6). Les rayons  $OM_1$  et  $OM_2$  déterminent l'angle  $\Phi$ .

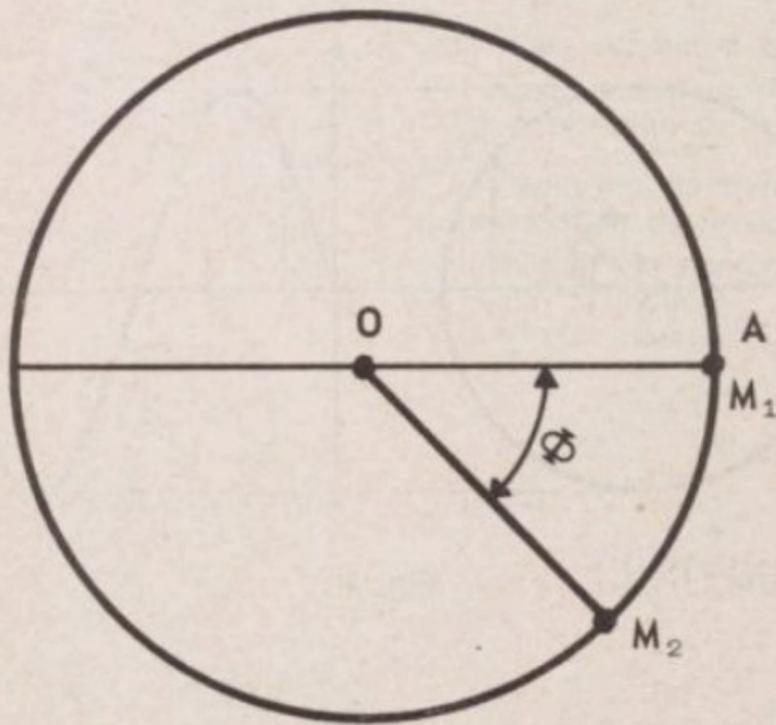


Fig. 6

Il faut donc retenir que courant et tension sont, en général, déphasés dans un circuit alimenté sous une différence de potentiel alternative.

#### Correspondance entre déphasage et décalage.

Le retard  $t_0$  du point  $M_2$  sur le point  $M_1$  est égal au temps qui s'écoule entre le départ de  $M_1$  du point A, et le passage de  $M_2$  en ce même point. C'est le temps que met le rayon  $OM_2$  pour balayer un angle égal à  $\Phi$  et ceci avec une vitesse  $\omega$  (vitesse angulaire des points  $M_1$  et  $M_2$ ).

Donc :

$$\Phi = \omega t_0$$

#### Mesure du déphasage.

— Le déphasage du courant sur la tension peut s'évaluer à l'aide de l'oscilloscope (fig. 7).

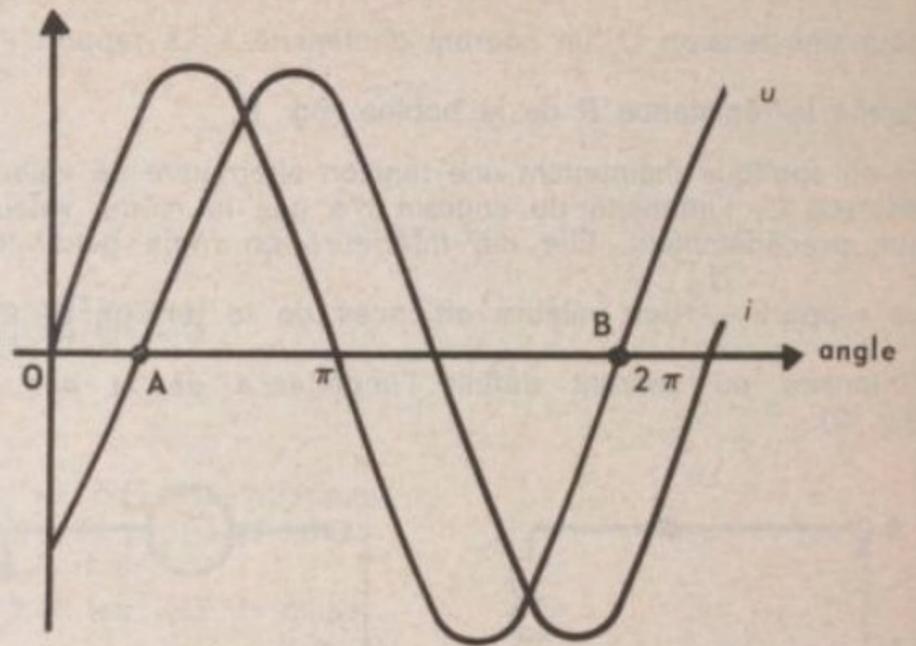


Fig. 7

L'axe des abscisses est gradué en angle.

Le déphasage  $\Phi$  du courant sur la tension correspond au segment OA.

Comme à un segment OB correspond un angle de  $2\pi$

radians, nous pouvons écrire :  $\frac{OA}{OB} = \frac{\Phi}{2\pi}$

ou

$$\Phi = 2\pi \cdot \frac{OA}{OB}$$

On mesure alors les segments OA et OB, et on les exprime avec la même unité (en centimètres par exemple).

— Le phasemètre est l'appareil qui donne directement le déphasage cherché.

Il comprend deux circuits :

- un circuit intensité à placer en série dans le circuit,
- un circuit tension à brancher en dérivation avec le récepteur.

Parfois il ne fournit pas la valeur de l'angle, mais celle du cosinus de cet angle, car cette grandeur donne de précieux renseignements à l'électricien.

**Remarque :** on rappelle que la vitesse angulaire  $\omega$  du point M, s'exprime en radians par seconde. C'est l'angle balayé par le rayon OM en une seconde.

$\omega$  représente, en même temps, la pulsation du mouvement sinusoïdal.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

T période du mouvement sinusoïdal.

f fréquence du mouvement sinusoïdal.

## IV. — ÉTUDE DE QUELQUES CIRCUITS.

### IV.1. Circuit résistant.

Un récepteur est dit purement résistant si son coefficient d'auto-induction est négligeable, ou mieux, nul, et s'il ne présente aucune capacité.

On le représente schématiquement de la façon suivante (fig. 8).

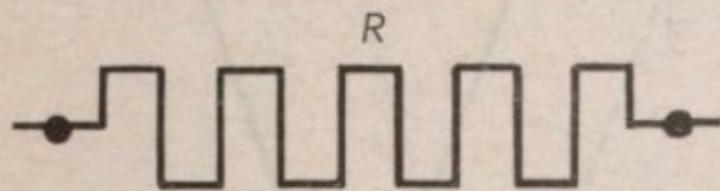


Fig. 8

En courant alternatif, un récepteur purement résistant, sous une tension  $U$  absorbe un courant d'intensité  $I$ . On constate :

1° que l'impédance d'un récepteur purement résistant est égale à la valeur de sa résistance

$$Z = R$$

2° que tension et courant sont en phases. Les 2 sinusoïdes correspondantes, placées dans le même système d'axes, présentent l'aspect de la figure 9.

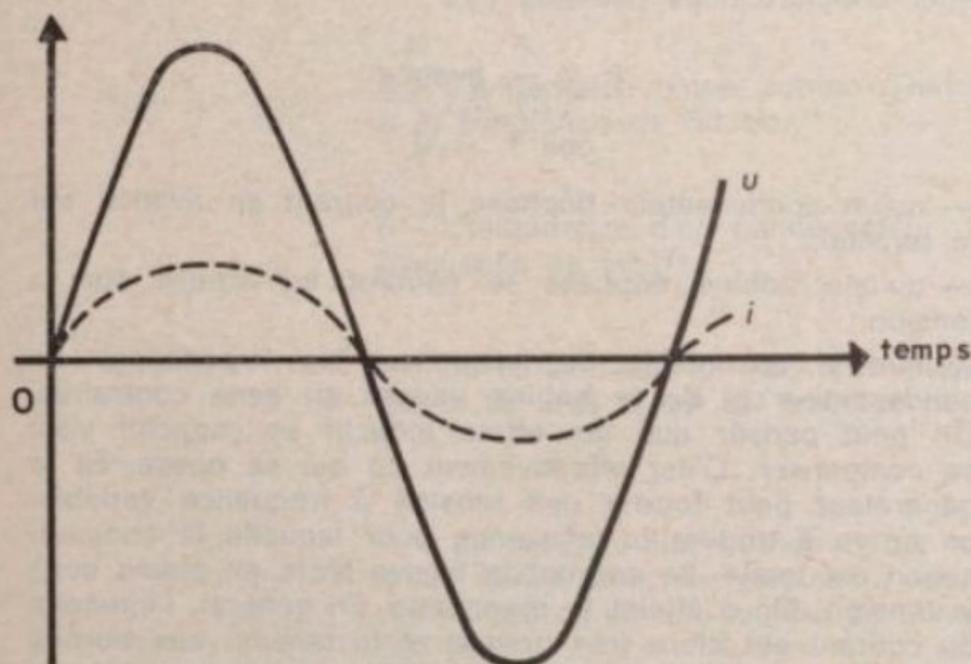


Fig. 9

Donc

$$\Phi = 0$$

### IV.2. Circuit inductif.

Un récepteur, pour être purement inductif, ne doit présenter ni capacité, ni résistance.

Cette dernière condition est pratiquement impossible à réaliser. Le fil constituant une bobine ne peut pas, en général, avoir une résistance nulle.

On admet donc qu'il suffit que la résistance soit négligeable pour considérer un circuit inductif comme purement inductif.

Représentations schématiques (fig. 10).

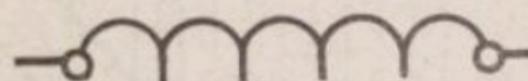
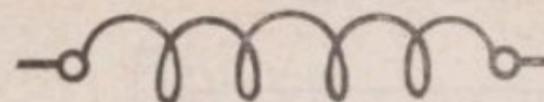


Fig. 10

En courant alternatif, un circuit purement inductif d'inductance  $L$  (fig. 11)

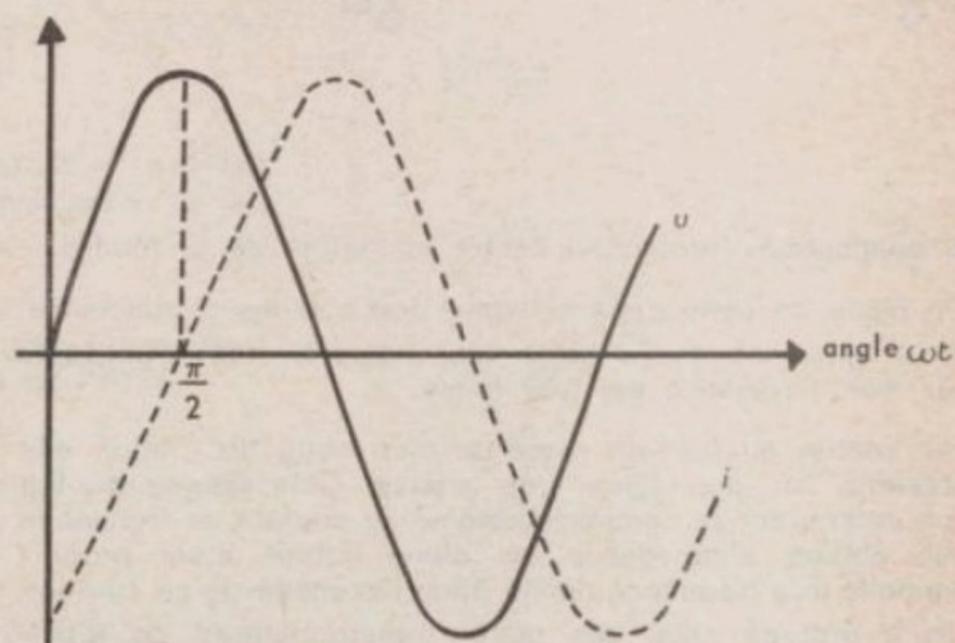


Fig. 11

1) présente une impédance  $Z$  telle que

$$Z = L\omega, \quad \omega \text{ pulsation du courant.}$$

$$\omega = 2\pi f = 314 \text{ rd/s pour le secteur E.D.F.}$$

2) déphase le courant de  $\frac{\pi}{2}$  radian, en arrière sur la tension.

$$\Phi = \frac{\pi}{2} \text{ arrière}$$

$$\cos \Phi = 0$$

1<sup>re</sup> application : rhéostat inductif.

On peut faire varier le coefficient d'auto-induction d'une bobine, en déplaçant un noyau de fer à l'intérieur de celle-ci. Plus le noyau s'enfonce et plus  $L$  augmente. L'impédance présentée par cette bobine augmente donc, et l'intensité du courant diminue.

Ce réglage de l'intensité du courant est commode et économique. L'énergie perdue par effet Joule reste bien inférieure dans ce cas, à la valeur qu'elle atteint le plus souvent lorsqu'on utilise une résistance variable, pour une même variation d'intensité (fig. 12).

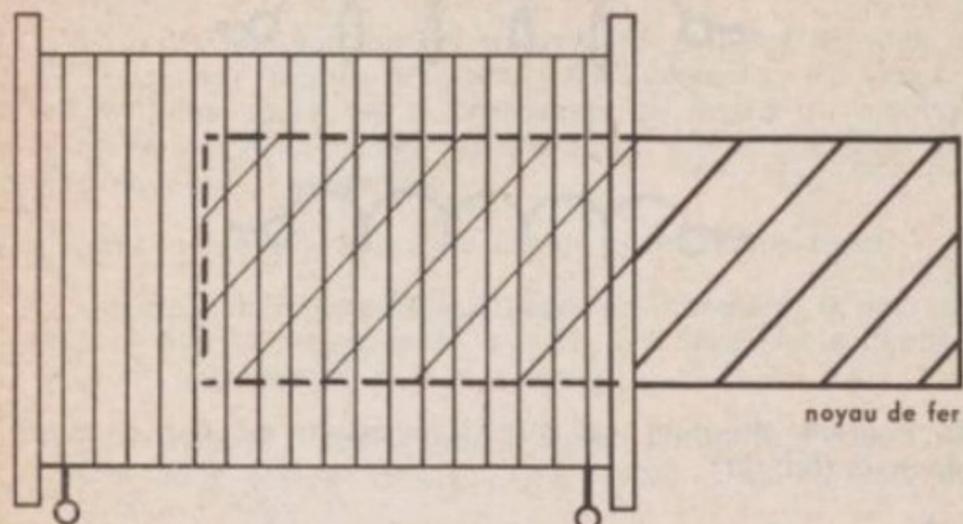


Fig. 12

### 2<sup>e</sup> application : protection contre les effets de la foudre.

On place en série dans la ligne, des bobines d'inductance. A la fréquence de 50 hertz, leur influence est négligeable car leur impédance est très faible.

Par contre, au courant résultant d'un coup de foudre, elle présente une impédance très grande. Cela résulte du fait que ce courant se comporte comme un courant de fréquence très élevée. L'impédance  $L\omega$  d'une bobine étant proportionnelle à la fréquence, limite donc l'intensité de ce courant. On a protégé ainsi des petits transformateurs de distribution, comme ceux que l'on peut voir, en campagne, placés au sommet d'un poteau.

### IV.3. Circuit capacitif.

Un condensateur se comporte, en général, comme un circuit purement capacitif.

Représentation schématique (fig. 13).

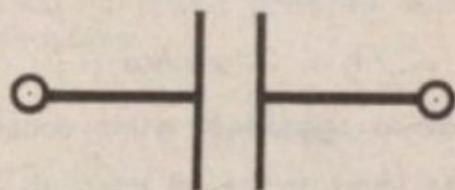


Fig. 13

En courant alternatif, un condensateur de capacité  $C$  est traversé par un courant et cet appareil (fig. 14)

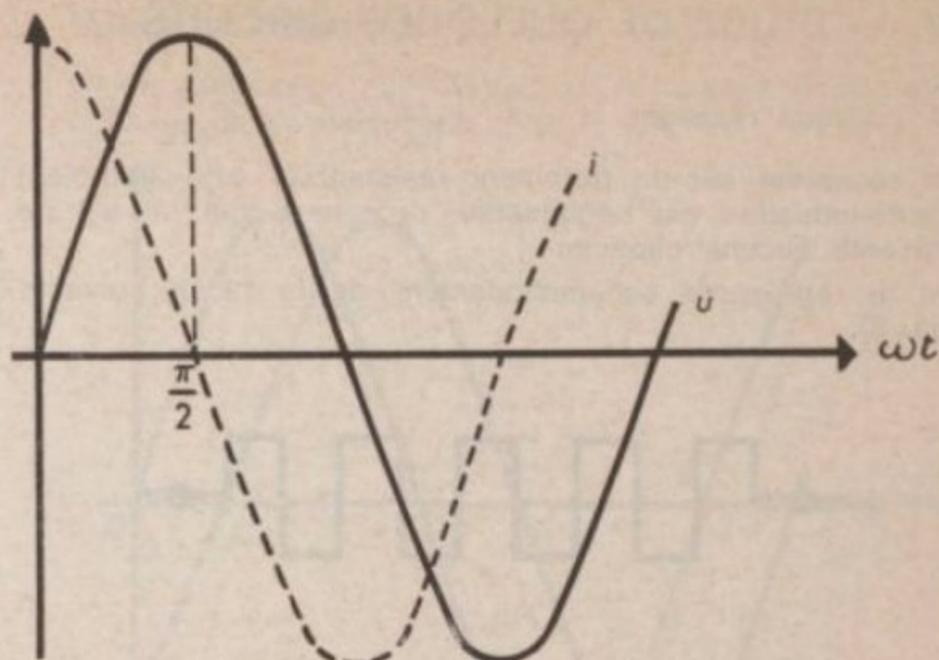


Fig. 14

1) présente une impédance  $Z$  telle que

$$Z = \frac{1}{C\omega}, \quad \omega \text{ pulsation du courant,}$$

2) déphase le courant de  $\frac{\pi}{2}$  radian en avance sur la tension

Pour conclure nous pouvons dire :

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{\pi}{2} \text{ avance} \\ \cos \Phi &= 0 \end{aligned}$$

— qu'un condensateur déphase le courant en avance sur la tension,

— qu'une bobine déphase le courant en arrière sur la tension,

— que si on modifie la fréquence, les impédances du condensateur et de la bobine varient en sens contraires. On peut penser que les effets inductif et capacitif vont se compenser. C'est effectivement ce qui se passe. Si le générateur peut fournir une tension à fréquence variable, on arrive à trouver la fréquence pour laquelle la compensation est totale. Le courant le trouve alors en phase avec la tension. On a atteint la résonance. En général, l'intensité du courant est alors très grande et la tension aux bornes du condensateur, et de la bobine dépasse la valeur de la tension d'alimentation du circuit. Elle peut être 10 à 20 fois plus grande, voire même davantage. La résonance peut donc être très dangereuse. La résonance électrique présente beaucoup d'analogie avec la résonance mécanique. Pour obtenir des oscillations de grande amplitude sur une balançoire, il faut donner des impulsions avec une fréquence convenable. Comme pour le circuit électrique, c'est la fréquence du dispositif produisant l'excitation qu'il faut régler. Et dans les deux cas, on peut limiter l'amplitude des oscillations. Il suffit, pour la balançoire, d'opposer une résistance mécanique en freinant par exemple celle-ci. Pour la circuit électrique, ce rôle sera joué par une résistance.

# questionnaire

## Questions

## Réponses

Calculer :

1 - L'impédance d'un récepteur parcouru par un courant de 3 A sous 120 V.

40

2 - L'intensité du courant dans un circuit purement résistif placé sous une tension de 220 V. La résistance de ce circuit est de 22.

10 A

3 - L'intensité du courant dans une bobine dont l'impédance est 100, et que l'on place sous une tension de 220 V.

2,2 A

4 - L'impédance d'une bobine d'inductance pure de 0,2 H à la fréquence de 50 Hz.

62,8

5 - L'impédance d'un condensateur de capacité 200 F à la fréquence de 50 Hz.

15,9

6 - La tension aux bornes d'un récepteur ayant une impédance de 63,5 et qui est traversé par un courant d'intensité 2 A.

127 V

7 - La tension aux bornes d'une bobine d'inductance de 0,006 henry, dont la résistance peut être négligée, si elle est parcourue par un courant de 3 A (fréquence du courant : 500 Hz).

90 V

8 - La tension aux bornes d'un condensateur ayant une capacité de 100 microfarads, si l'intensité du courant est 3 A (fréquence du courant : 500 Hz).

60 V

# puissance en courant alternatif

## intentions pédagogiques

- Il s'agit de préciser la notion de puissance en mettant en évidence les différences qui existent entre les notions valables en courant continu, et celles nécessaires en courant alternatif.
- On définira ensuite le facteur de puissance d'un récepteur ou d'une installation.
- Les inconvénients d'un faible facteur de puissance seront alors mis en évidence.
- Comme on peut remédier à cet état, on décrira un procédé de compensation du facteur de puissance.

## contenu de l'émission

### I. — PUISSANCE CONSOMMÉE PAR UN RÉCEPTEUR.

En courant continu, si un récepteur placé sous une tension  $U$ , est traversé par un courant d'intensité  $I$  (fig. 1) il absorbe une puissance  $P$  donnée par la relation :

$$P = UI$$

Ceci est vrai quel que soit le récepteur considéré (résistance ou moteur). C'est pourquoi nous avons représenté (fig. 1) le récepteur sous une forme très générale. On mesure cette puissance à l'aide d'un wattmètre. Cet appareil doit effectuer le produit  $UI$  à partir des informations qu'on lui fournit.

Pour cela, un wattmètre se compose de 2 circuits. Le premier circuit, très résistant, est placé sous la tension  $U$  comme s'il s'agissait d'un voltmètre. On l'appelle circuit

tension. Le deuxième circuit, contrairement au précédent présente une résistance très faible, et est traversé par le courant  $I$ . On l'insère en série avec le récepteur comme on le fait pour un ampèremètre. On le nomme circuit intensité (fig. 2).

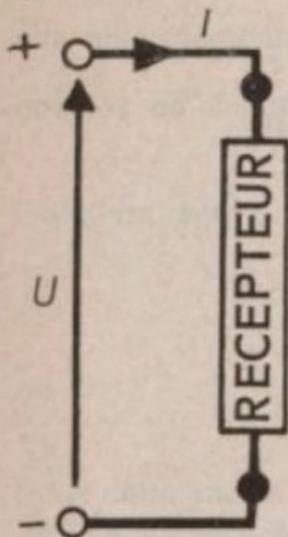


Fig. 1

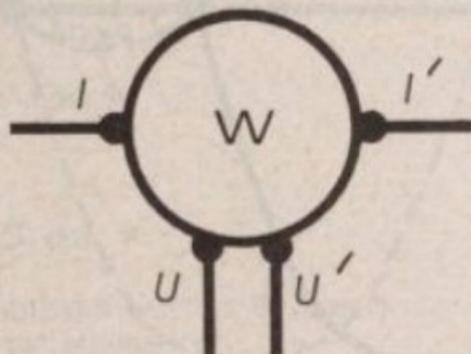


Fig. 2

Pour mesurer la puissance absorbée par un récepteur, on effectue le branchement représenté figure 3. Le circuit  $I I'$  se trouve bien en série avec le récepteur, et le circuit  $U U'$  est bien placé en dérivation sur celui-ci. En alternatif, le wattmètre indique aussi la puissance consommée par le récepteur. Il fonctionne de la même façon, en courant continu et en courant alternatif. On réalise le même montage dans les deux cas, et c'est celui représenté figure 3.

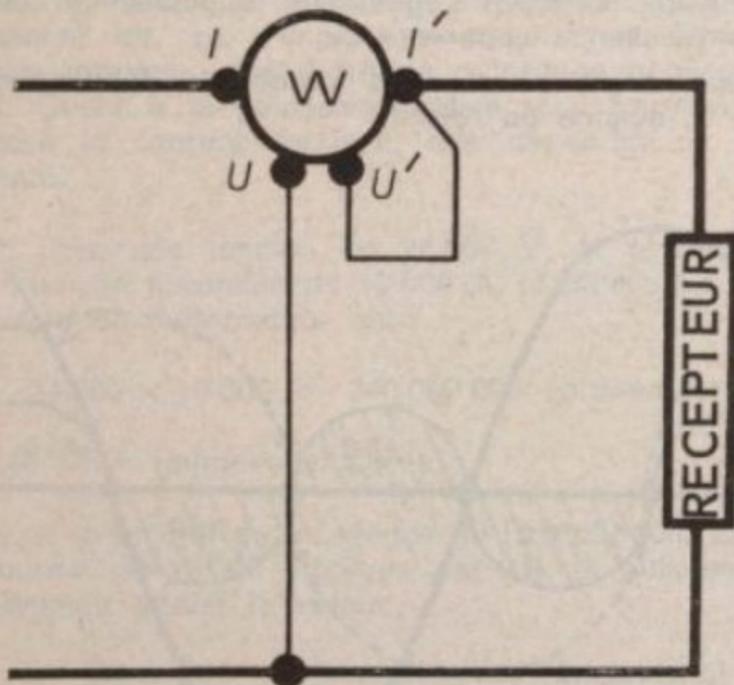


Fig. 3

Cependant, pour notre étude, nous allons considérer le montage de la figure 4. Ainsi, on peut relever la tension aux bornes du récepteur, l'intensité du courant dans celui-ci et la puissance qu'il absorbe. Les mesures montrent que le produit  $UI$  est supérieur à l'indication donnée par le wattmètre en général.

Ce montage permet donc de mettre en évidence que la puissance apparemment consommée, donnée par le produit

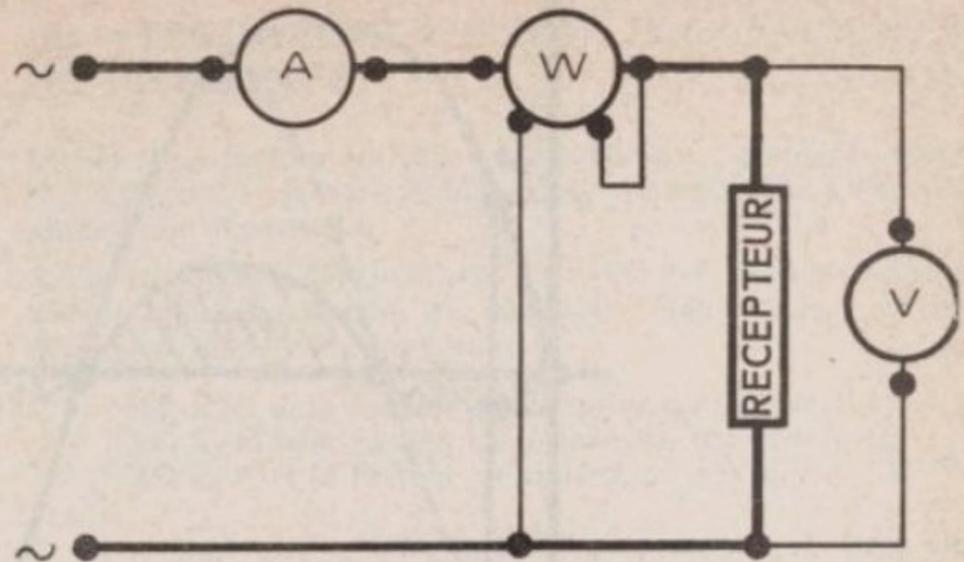


Fig. 4

$UI$ , est très différente de la puissance  $P$  effectivement absorbée par le récepteur.

On distingue ces deux grandeurs en appelant : **puissance apparente** le produit  $UI$ , et **puissance active** la puissance effectivement consommée par le récepteur.

On représente souvent la puissance apparente par la lettre  $S$ . Donc, on peut écrire  $S = UI$ .

L'unité de puissance apparente s'appelle le **volt-ampère** parce que la puissance apparente résulte du produit d'une tension par une intensité.

Evidemment, la puissance active étant une puissance électrique, analogue à celles rencontrées en courant continu, s'évalue en watts. On la représente le plus souvent par la lettre  $P$ .

## II. — ÉTUDE DU RAPPORT $\frac{P}{S}$ .

Si à l'aide du montage de la figure 4 on étudie différents récepteurs, on constate que le rapport  $\frac{P}{S}$  est en général inférieur à 1.

Il prend la valeur 1 si le récepteur est constitué par un circuit purement résistif.

Par exemple si le récepteur est un moteur ou une bobine d'inductance, le rapport  $\frac{P}{S}$  est toujours inférieur à 1.

Par contre, s'il s'agit d'une cuisinière électrique, d'un radiateur, d'un fer à repasser, ce rapport est égal à 1. Parce

que ce rapport  $\frac{P}{S}$  caractérise un récepteur, ou certaines

conditions de fonctionnement d'une installation, on cherche constamment à connaître sa valeur et on l'appelle le **facteur de puissance** du récepteur ou de l'installation.

Dans le cas où tension et courant sont des grandeurs sinusoïdales, on comprend facilement pourquoi le facteur de puissance n'atteint l'unité qu'avec un récepteur purement résistif.

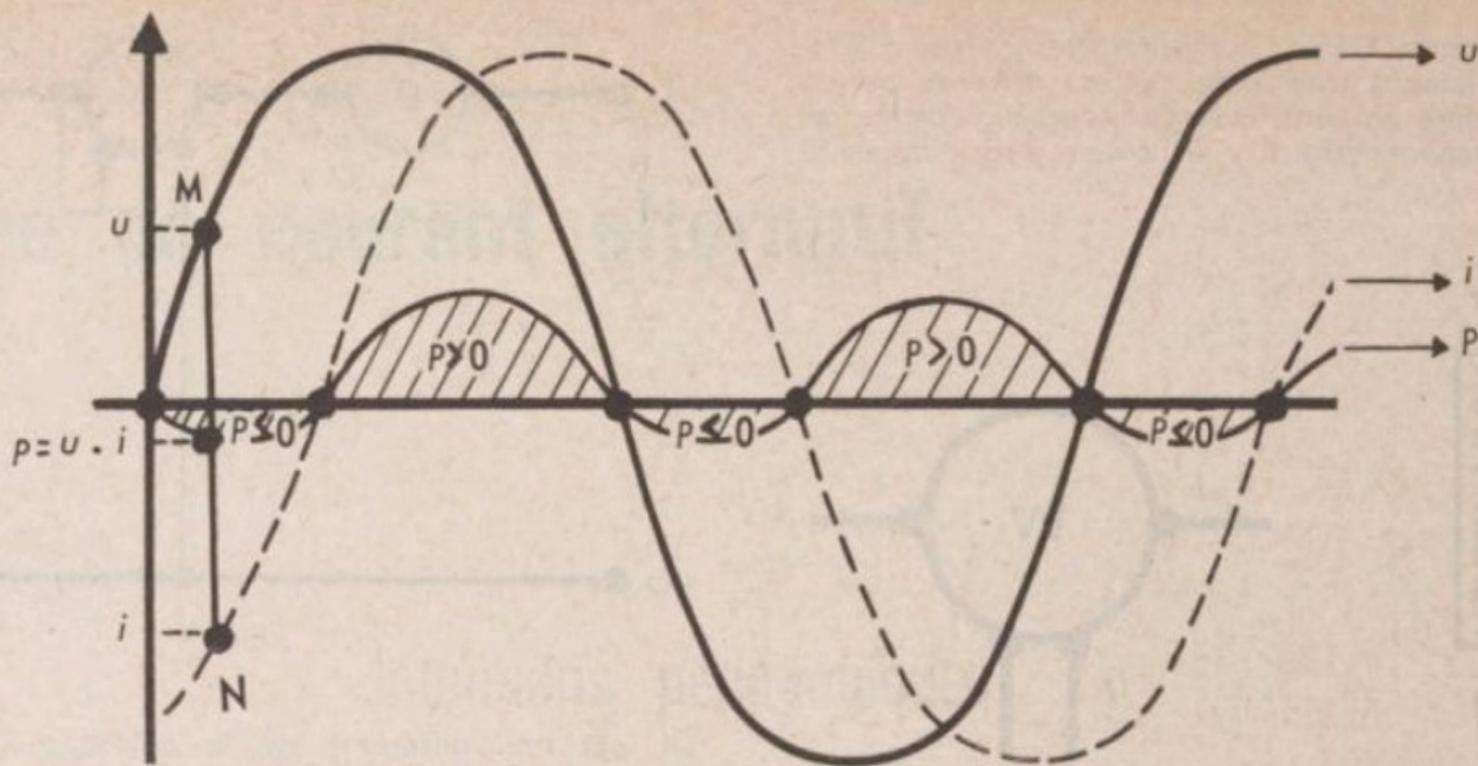


Fig. 5

Traçons les courbes de la tension et du courant, déphasées d'un angle  $\Phi$ . Ensuite, plaçons graphiquement la courbe représentant la valeur de la puissance mise en jeu à chaque instant  $p = ui$  (fig. 5). Il faut pour cela prendre les valeurs  $u$  et  $i$  correspondant à des points M et N sur une même verticale. Nous constatons que grâce à cette courbe, la puissance  $p$  est tantôt positive, tantôt négative. Le récepteur absorbe donc de la puissance ( $p > 0$ ) par moments, et en fournit ( $p < 0$ ) à d'autres.

Au total, selon la valeur du déphasage, la puissance moyenne absorbée, ou puissance active, est plus ou moins importante.

Elle atteint sa valeur maximale lorsque la puissance instantanée  $p$  reste constamment positive. Ce cas se présente lorsque le déphasage  $\Phi$  est nul (fig. 6).

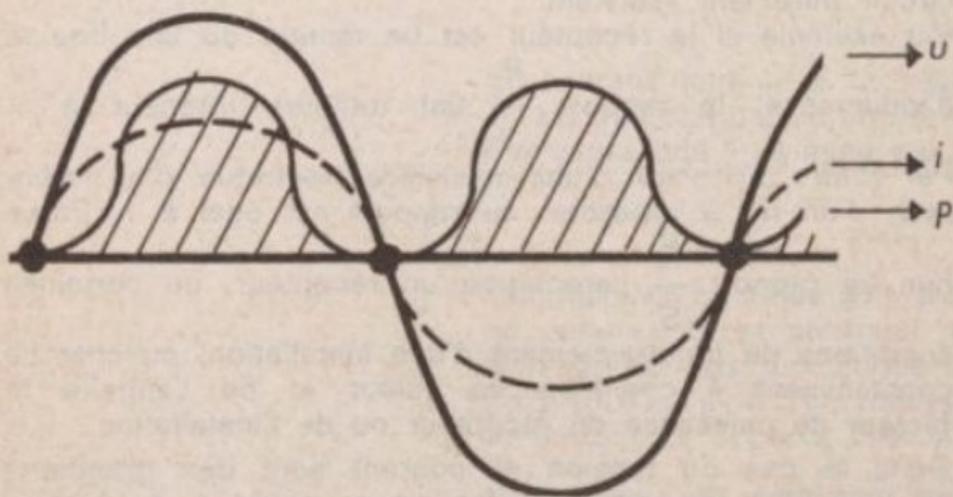


Fig. 6

En effet, dans ce cas  $u$  et  $i$  sont à chaque instant de même signe. Donc, leur produit est positif.

Pour cette raison, dans le cas d'une cuisinière électrique, nous pouvons constater l'égalité de la puissance active  $P$ , et de la puissance apparente  $S$ .

La puissance active est nulle lorsque le déphasage vaut  $90^\circ$  (fig. 7 (avance ou retard)).

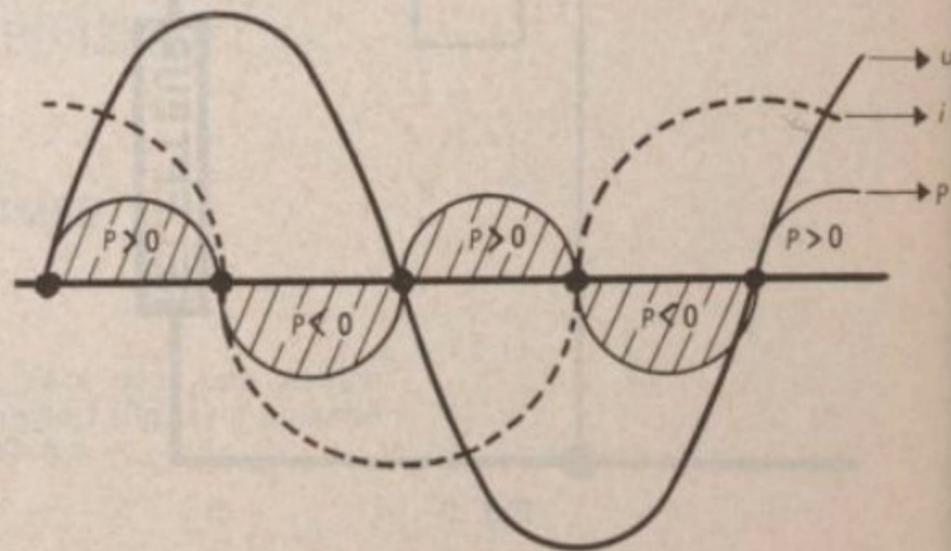


Fig. 7

Dans ce cas, le récepteur absorbe autant de puissance qu'il en fournit. Ce fonctionnement se rencontre lorsque le récepteur n'est constitué que par des condensateurs, car le courant se trouve déphasé en avance sur la tension de  $90^\circ$  pratiquement.

— Lorsque le déphasage du courant sur la tension prend une valeur comprise entre 0 et 90°, alors la puissance active est inférieure à la puissance apparente.

On peut démontrer que le rapport  $\frac{P}{S}$  est alors égal au cosinus de l'angle de déphasage.

Donc on écrit :

$$\frac{P}{S} = \cos \Phi$$

ou

$$P = S \cos \Phi$$

Pour cette raison, on parle souvent du  $\cos \Phi$  d'un appareil, au lieu de dire son facteur de puissance.

#### Remarque :

On caractérise souvent un récepteur par la valeur maximale de la puissance active qu'il peut absorber. Par contre, pour un alternateur, pour un transformateur, on donne la valeur maximale de la puissance apparente.

Cette façon d'opérer, très différente, s'explique facilement. Lorsqu'on prévoit un alternateur (ou un transformateur) on se fixe la tension sous laquelle il fournira l'énergie électrique, et l'intensité maximale du courant qu'il débitera. Autrement dit, on s'impose la tension, et l'intensité du courant maximal, c'est-à-dire la puissance apparente maximale. Quant à la puissance active qu'il fournira, lorsqu'il débitera le courant maximal, elle dépendra du récepteur alimenté.

Ainsi, pour une tension de 24 000 V, et si le courant a une intensité maximale de 10 000 A, la puissance apparente maximale de l'alternateur est :

$$S = 24\,000 \times 10\,000 = 240\,000\,000 \text{ volts-ampères}$$

ou 240 MVA (mégavoltampères).

Alors, si le facteur de puissance de l'installation qui absorbe le courant de 10 000 ampères est 0,9, la puissance active consommée atteint la valeur :

$$P_1 = 240 \times 0,9 = 216 \text{ MW (mégawatts)}$$

Si ce facteur de puissance est 0,8 la puissance active consommée devient  $P_2$  telle que :

$$P_2 = 240 \times 0,8 = 192 \text{ MW (mégawatts)}$$

Vous constatez bien que la puissance active dépend essentiellement des récepteurs et ne peut pas servir à caractériser l'alternateur. La puissance apparente, par contre, fixe l'intensité maximale du courant, si on connaît la tension de fonctionnement. C'est donc bien cette donnée qui permet de choisir les lignes et les appareils de protection nécessaires.

### III. — INCONVÉNIENTS D'UN FAIBLE FACTEUR DE PUISSANCE.

Un mauvais facteur de puissance implique, lorsqu'on désire une puissance active donnée, des appareils de puissance apparente importants.

Ainsi, pour une puissance active de 800 kW, les alternateurs, transformateurs, lignes et appareils électriques, doivent avoir une puissance apparente de :

$$\begin{aligned} &800 \text{ kVA si le facteur de puissance est égal à } 1 \\ &1\,000 \text{ kVA si le facteur de puissance est égal à } 0,8 \\ &1\,600 \text{ kVA si le facteur de puissance est égal à } 0,5 \end{aligned}$$

Et il ne faut pas oublier que le prix augmente très vite lorsque la puissance apparente croît.

On peut aussi illustrer ces inconvénients à l'aide des résultats suivants : ils concernent une installation prévue pour une puissance apparente de 1 000 kVA. Supposons que la tension d'alimentation soit 1 000 volts, avec le courant maximal de 1 000 A, si le facteur de puissance est égal à 1, la puissance active dont on peut disposer s'élève à 1 000 kW.

S'il est égal à 0,8, la puissance active s'élève à 800 kW.  
S'il est égal à 0,5, la puissance active s'élève à 500 kW.  
S'il est égal à 0,2, la puissance active s'élève à 200 kW.

Les diminutions de la puissance active et du facteur de puissance sont proportionnelles dans cet exemple. Malgré cela, les pertes par effet Joule restent les mêmes puisque **l'intensité n'a pas changé dans ces différents cas**. Le prix du kilowattheure utile se trouve donc majoré si le facteur de puissance est faible puisque les pertes ne varient pas alors que la puissance utilisable reste très inférieure au maximum possible.

En règle générale, un mauvais facteur de puissance correspond à un rendement insuffisant pour les appareils, et à une capacité diminuée pour l'installation.

Utilisateur et fournisseur d'énergie se trouvent devant un système coûteux, et non rentable sur le plan économique. Pour cette raison, l'E.D.F. exige un facteur de puissance de 0,86 au moins, afin de pouvoir fournir l'énergie dans des conditions acceptables. Si le facteur de puissance d'une installation industrielle est inférieure à 0,86, des pénalisations frappent l'utilisateur. Ces pénalisations augmenteront donc encore le prix de revient du kilowattheure utile. Si le facteur de puissance dépasse la valeur 0,86, des bonifications sont accordées.

Ce système encourage les utilisateurs à améliorer leurs installations, si celles-ci présentent un facteur de puissance inférieur à 0,86.

### IV. — COMPENSATION DU FACTEUR DE PUISSANCE.

Pour comprendre qu'une compensation est possible, plaçons, en dérivation sur le récepteur utilisé figure 4, un condensateur de capacité C (fig. 8).

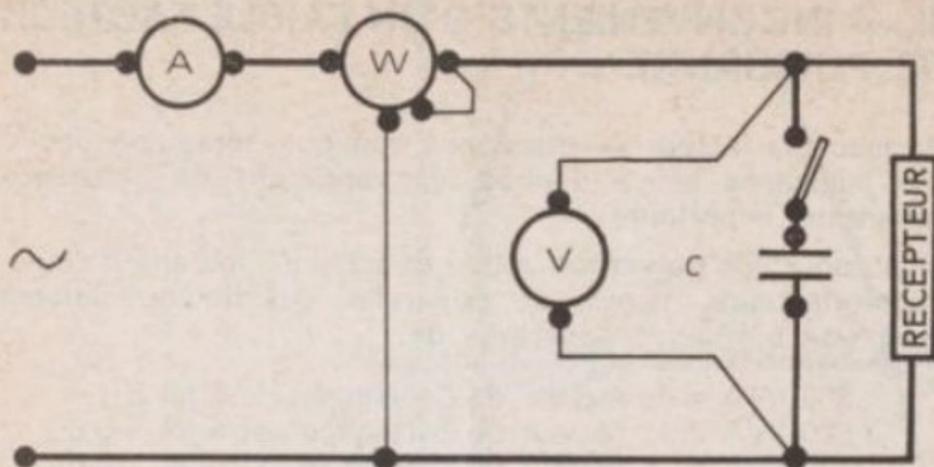


Fig. 8

Lorsque l'interrupteur K est ouvert, nous relevons les valeurs suivantes :

- sur l'ampèremètre :  $I = 10 \text{ A}$
- sur le voltmètre :  $U = 125 \text{ V}$
- sur le wattmètre :  $P = 1\,000 \text{ W}$ .

Nous constatons que la puissance apparente, dans ce cas, a pour valeur :

$$S = UI = 125 \times 10 = 1\,250 \text{ VA}$$

Le facteur de puissance du récepteur est donc égal à 0,8. En effet, le calcul donne :

$$\cos \Phi = \frac{P}{S} = \frac{1\,000}{1\,250} = 0,8$$

Fermons l'interrupteur K, les nouvelles valeurs relevées sont :

- sur l'ampèremètre :  $I = 8 \text{ A}$
- sur le voltmètre :  $U = 125 \text{ V}$
- sur le wattmètre :  $P = 1\,000 \text{ W}$ .

L'intensité du courant a diminué, et aussi la puissance apparente, puisqu'elle devient  $S'$ .

$$S' = UI' = 125 \times 8 = 1\,000 \text{ VA}$$

Il en résulte une augmentation du facteur de puissance qui passe de 0,8 à 1. En effet :

$$\frac{P}{S'} = \frac{1\,000}{1\,000} = 1$$

Donc en plaçant des condensateurs en parallèle sur une installation, on peut améliorer le facteur de puissance de celle-ci.

C'est la méthode employée par la plupart des utilisateurs pour une compensation globale, soit en dérivation sur les condensateurs se placent soit à l'entrée de l'installation chaque machine pour compenser chacune d'entre elles.

Il faut remarquer dans le cas de la figure 8 que le fait de compenser le circuit, modifie la valeur de l'intensité du courant dans les fils situés en amont du condensateur. Pour le récepteur, il n'y a rien de changé. Et cette constatation est générale. En définitive on a amélioré les conditions de transport de l'énergie. Mais les conditions de fonctionnement du récepteur sont restées les mêmes.

Pour cette raison, sans négliger de compenser son installation, l'utilisateur doit rechercher aussi parmi ses machines, celles qui fonctionnent avec un mauvais facteur de puissance. Il peut ensuite les éliminer ou veiller à les faire fonctionner, dans la mesure du possible, avec le meilleur facteur de puissance réalisable. Ainsi il faut éviter de laisser sous tension un transformateur ou un moteur asynchrone à vide, ou à faible charge.

Voici un exemple illustrant bien cette idée. Pour un moteur asynchrone pouvant fournir au maximum 16 kilowatts, le facteur de puissance prend les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

Puissance fournie par le moteur	0 kW (moteur à vide)	4 kW (1/4 de la charge normale)	8 kW (moitié de la charge normale)	12 kW (3/4 de la charge normale)	16 kW (charge normale)
Facteur de puissance	0,15	0,55	0,73	0,8	0,84

En conclusion, il ne faut pas choisir un moteur d'une puissance trop supérieure à celle dont on a besoin. Il ne faut pas non plus le laisser tourner à vide inutilement.

## questionnaire

### Questions

### Réponses

Calculer :

- 1) La puissance dissipée dans une résistance de  $25 \Omega$  parcourue par un courant de 2 A. 100 W
  
- 2) La puissance apparente d'un moteur asynchrone qui absorbe un courant de 10 A sous 127 V. 1 270 VA
  
- 3) Le facteur de puissance de ce moteur si, dans ces conditions, sa puissance active s'élève à 127 W. 0,1
  
- 4) La puissance apparente d'un récepteur absorbant une puissance de 1 600 W avec un facteur de puissance égal à 0,8. 2 000 VA
  
- 5) La puissance active absorbée par un moteur de facteur de puissance égale à 0,8 et dont la puissance apparente s'élève à 2 500 VA. 2 000 W
  
- 6) L'intensité du courant dans une ligne transportant une puissance de 11 kW, sous une tension de 220 V, pour les différentes valeurs du facteur de puissance suivantes :
  - $\cos \varphi = 0,25$  100 A
  - $\cos \varphi = 0,50$  66,5 A
  - $\cos \varphi = 0,75$  50 A
  - $\cos \varphi = 1$  200 A

# cours pratique d'électricité

Programme de l'année 1965-1966

- Emission 1 — **Le circuit électrique.**
- Emission 2 — **Les effets du courant électrique.**
- Emission 3 — **Courant électrique : intensité, différence de potentiel.**
- Emission 4 — **De l'électrostatique à l'électrodynamique.**
- Emission 5 — **Résistance électrique. Loi d'Ohm.**
- Emission 6 — **Loi de Joule et récepteurs.**
- Emission 7 — **Générateurs et récepteurs.**
- Emission 8 — **Effets chimiques du courant électrique.**
- Emission 9 — **Montage d'éléments en série.**
- Emission 10 — **Montage d'éléments en dérivation.**
- Emission 11 — **Magnétisme et électromagnétisme.**
- Emission 12 A - **Force électromagnétique — Principe.**
- Emission 12 B - **Force électromagnétique — Applications.**
- Emission 13 — **Induction électromagnétique.**
- Emission 14 — **Auto-induction.**
- Emission 15 — **Circuit magnétique.**
- Emission 16 — **Condensateurs.**
- Emission 17 — **Courant alternatif.**
- Emission 18 — **Impédances.**
- Emission 19 — **Puissance en courant alternatif.**

# LA TÉLÉVISION SCOLAIRE

*offre aux adultes cinq autres séries :*

## MARDI 18 h 25 - 18 h 55 ——— SCIENCES PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES

La série s'intègre dans les programmes des classes terminales du Second Cycle.

22 mars — Du laboratoire à l'industrie (I).

29 mars — Du laboratoire à l'industrie (II).

19 avril — Pourquoi une théorie ondulatoire de la lumière.

26 avril — Un étonnant phénomène : l'effet Doppler.

Les fiches d'accompagnement paraissent chaque quinzaine dans les Dossiers Pédagogiques de la RTS (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles) — Abonnement au S.E.V.P.E.N., 13, rue du Four, Paris-VI<sup>e</sup>.

## SAMEDI 10 h 05 - 10 h 35 ——— ÉMISSIONS D'ESSAI

Destinées au second degré, elles comprennent des émissions consacrées aux civilisations et à la philosophie. Fiches d'accompagnement : voir série ci-dessus.

26 mars — Morale et raison.

16 avril — L'eau et la vie quotidienne.

23 avril — L'eau et le sacré.

30 avril —

## SAMEDI 14 h - 14 h 30 ——— A MOTS DÉCOUVERTS

Emissions d'expression française destinées à lier l'étude du langage à la vie quotidienne et professionnelle. Conçues sous forme d'un magazine, elles sont accompagnées d'un livret gratuit édité par l'INSTITUT PÉDAGOGIQUE NATIONAL, 29, rue d'Ulm, Paris-V<sup>e</sup>.

## SAMEDI 10 h 40 - 11 h 10 ——— ANGLAIS

« WALTER AND CONNIE REPORTING ». Niveau moyen. Second cycle.

26 mars — The Tailor's, chop.

16 avril — At the Waxworks.

23 avril — The driving lesson.

30 avril — The strong lesson.

## DIMANCHE 9 h - 9 h 30 ——— ANGLAIS

« WALTER AND CONNIE ». Niveau élémentaire.

27 mars — Walter and Connie as guides to London.

17 avril — Connie's sewing party.

24 avril — Walter as a music teacher.

Les livrets accompagnant les deux séries d'anglais sont en vente aux Disques BBC, 8, rue de Berri, Paris-VIII<sup>e</sup>.

**9000 établissements scolaires utilisent la télévision.**

**35000 établissements scolaires utilisent la radio.**

**14 HEURES 30 MINUTES** par semaine d'émissions télévisées,  
**18 HEURES 10 MINUTES** par semaine d'émissions radiophoniques

constituent la première tentative d'envergure pour mettre la radio et la télévision au service de l'enseignement

## **LE BULLETIN DE LA RADIO-TÉLÉVISION SCOLAIRE**

apporte aux utilisateurs des éléments qui leur permettront de tirer le meilleur parti des émissions

- PROGRAMMES détaillés de la radio et de la télévision scolaires
- THÈMES DE RÉFLEXION PÉDAGOGIQUE
- PRODUCTIONS en cours
- COMPTES RENDUS d'expériences, d'enquêtes et de recherches sur l'efficacité des émissions
- TRIBUNE CRITIQUE

## **LES DOSSIERS PÉDAGOGIQUES DE LA R. T. S.**

à couverture rouge sont le complément du Bulletin et publient les fiches pédagogiques accompagnant les émissions du cycle élémentaire. Ils sont envoyés gratuitement à tous les abonnés au Bulletin.

## **LE BULLETIN DE LA RADIO-TÉLÉVISION SCOLAIRE**

crée entre les utilisateurs et les rédacteurs un lien permanent de

### **COOPÉRATION PÉDAGOGIQUE**

**Tarif de l'abonnement annuel : France : 20 F - Étranger : 24 F**



*numéro spécimen gratuit sur demande*

**S.E.V.P.E.N. 13, rue du Four, PARIS (6<sup>e</sup>) — C.C.P. 9060-06 Paris**