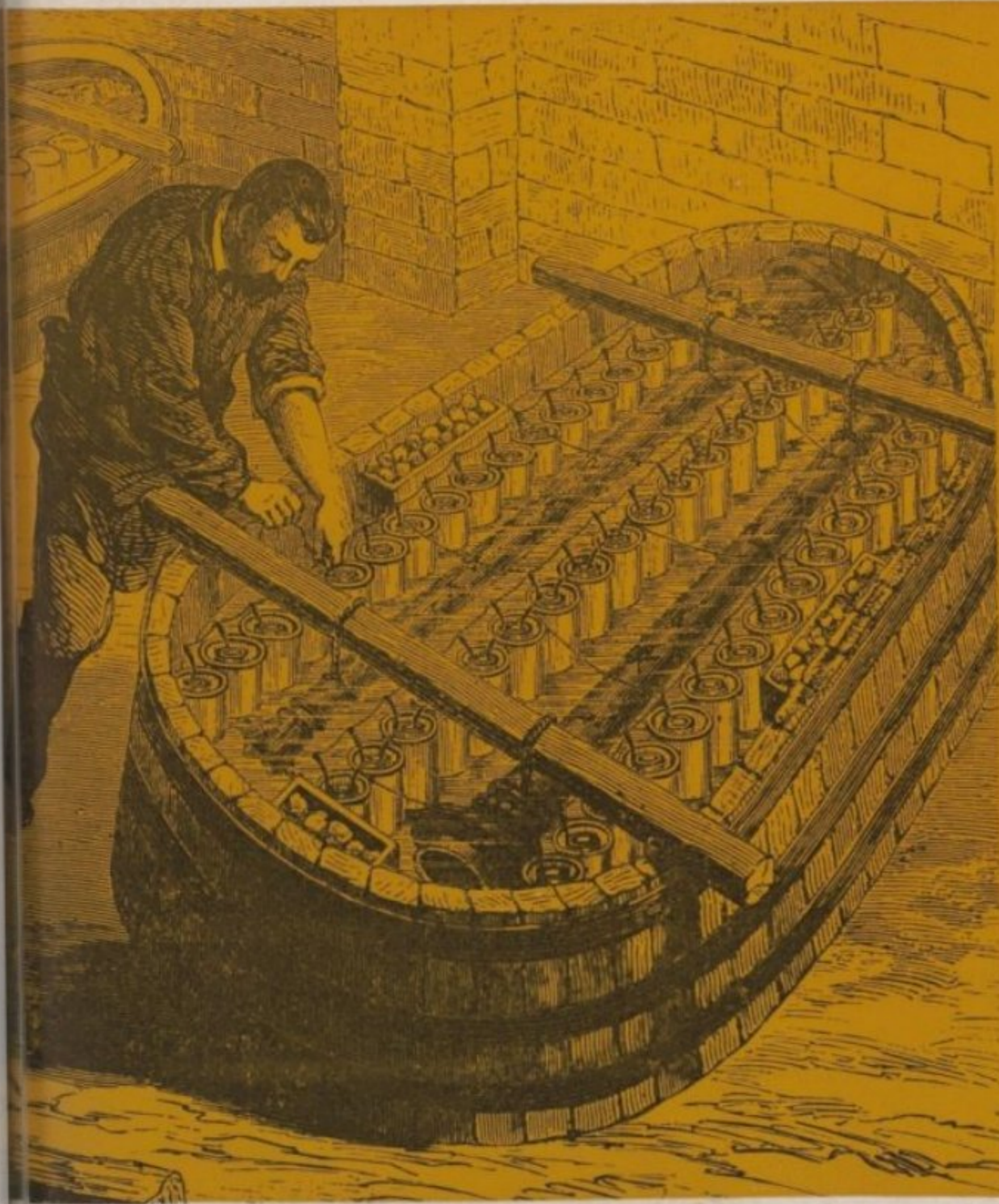




TÉLÉVISION SCOLAIRE
ÉMISSIONS DESTINÉES AUX

ADULTES

du 4 décembre 1965
au 29 janvier 1966



cours pratique d'électricité

8-9-10-11

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE - INSTITUT PÉDAGOGIQUE NATIONAL

s o m m a i r e

4 décembre — 14 h 30 à 15 h	Emission	8
Les effets chimiques du courant électrique		1
11 décembre — 14 h 30 à 15 h	Emission	9
Montage d'éléments en série		6
18 décembre — 14 h 30 à 15 h	Emission	9
Montage d'éléments en série (<i>rediffusion</i>)		6
8 janvier — 14 h 30 à 15 h	Emission	10
Montage d'éléments en dérivation		11
15 janvier — 14 h 30 à 15 h	Emission	10
Montage d'éléments en dérivation (<i>rediffusion</i>)		11
22 janvier — 14 h 30 à 15 h	Emission	11
Magnétisme et électromagnétisme		17
29 janvier — 14 h 30 à 15 h	Emission	11
Magnétisme et électromagnétisme (<i>rediffusion</i>)		17

Notez bien

A la demande d'un certain nombre d'utilisateurs et à titre d'essai, il a été décidé qu'à partir du samedi 18 décembre, chaque émission du « Cours pratique d'électricité » serait diffusée deux samedis consécutifs. Cette disposition permettra aux utilisateurs qui n'auraient pu assister à l'une des émissions de ne pas être gênés dans la progression du cours.

Vous trouverez en page 20 de ce livret la liste complète des émissions prévues pour l'année 1965-1966.

L'impression de ce document d'accompagnement n'a pu se faire qu'avec un certain décalage par rapport à la programmation des émissions. D'autre part, le courrier de plus en plus abondant que nous recevons ne permet pas d'assurer une prise en considération rapide des demandes de documents. Nous prions nos utilisateurs de bien vouloir nous en excuser ; les différents services responsables s'efforcent actuellement de réduire au maximum les délais d'envoi.

Notre photo de couverture : bain pour le cuivrage électro-chimique d'un candélabre de fonte (fin du XIX^e siècle).

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^e)

les effets chimiques du courant électrique

plan de l'émission

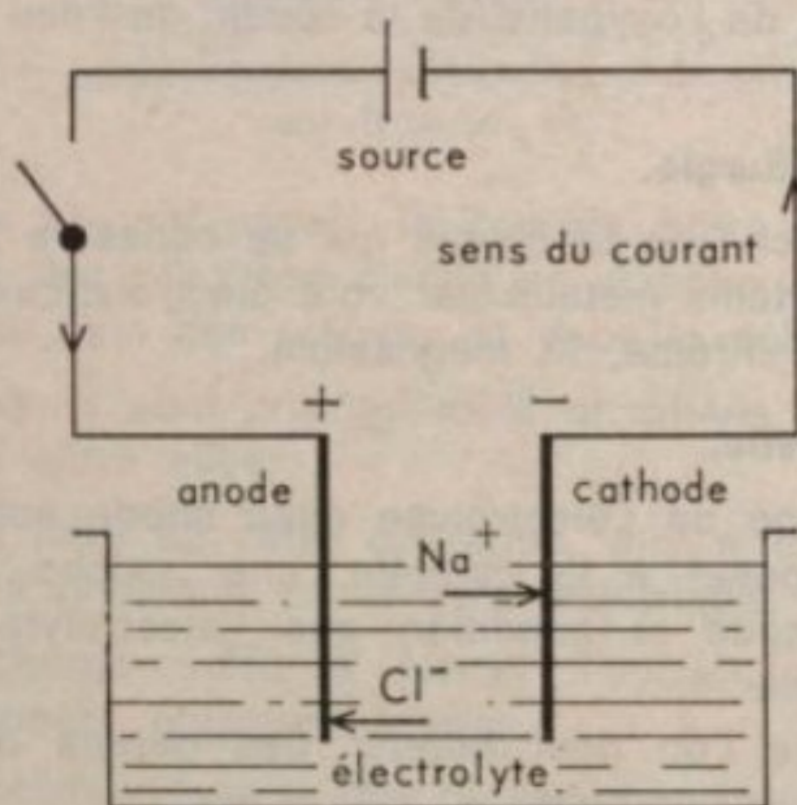
- Notions d'électrolyse ;
- Applications industrielles de l'électrolyse ;
- Effets chimiques : transformation de l'énergie chimique en énergie électrique - Piles et accumulateurs.

contenu de l'émission

I — ÉLECTROLYSE

1 - Electrolyse du chlorure de sodium fondu.

Représentons une cuve à électrolyse, contenant une solution de chlorure de sodium. Le bain est appelé électrolyte.



Les éléments métalliques qui plongent dans le bain sont les électrodes.

Le courant électrique entre dans la solution par l'électrode

positive appelée anode, il sort de l'électrolyte par l'électrode négative ou cathode.

Si l'on ferme l'interrupteur on constate que du chlore se dégage à l'anode, et que du sodium liquide flotte sur le bain autour de la cathode.

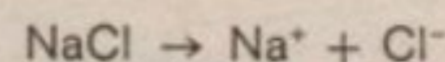
Pour comprendre ce qui s'est passé, examinons plus profondément la solution.

Le chlorure de sodium dissous est en partie dissocié en ions, avant le passage du courant.

Les ions positifs sont des atomes ou des groupements d'atomes ayant perdu un ou plusieurs électrons.

Les ions négatifs sont formés d'atomes ou de groupements chimiques, ayant capté un ou plusieurs électrons.

La dissociation ionique du NaCl s'exprime de la façon suivante :



Initialement, l'atome de sodium est électriquement neutre, ce qui veut dire que la somme des charges positives du noyau est égale et de signe contraire à la somme des charges négatives des électrons.

Appelons $-q$ la charge d'un électron.

Atome de sodium : charge du noyau $+ 11 q$
charge des 11 électrons $- 11 q$.

La somme des charges est égale à zéro.

Dans l'ion sodium Na^+ , le noyau est le même, mais il manque un électron.

Ion sodium : charge du noyau $+ 11 q$
charge des 10 électrons $- 10 q$.

La somme totale des charges égale $+ q$, raison pour laquelle on affecte l'ion sodium d'un signe $+ = \text{Na}^+$.

Atome de chlore : charge du noyau $+ 17 q$
charge des 17 électrons $- 17 q$.

Ion chlore : charge du noyau $+ 17 q$
charge des 18 électrons $- 18 q$.

La somme totale des charges égale $- q$.

L'ion chlore se note Cl^- , c'est un atome de chlore, qui a capté un électron supplémentaire.

C'est la dissolution du sel, qui provoque sa dissociation électrolytique.

Donc avant la fermeture de l'interrupteur la solution contient de nombreux ions Na^+ et Cl^- .

En faisant passer le courant, on établit une différence de potentiel entre les électrodes.

Sachant que deux corps chargés d'électricité de signe contraire s'attirent, les ions Cl^- se dirigent vers l'anode. Ils perdent leurs électrons à son contact et forment des molécules de gaz chlore qui se dégagent.

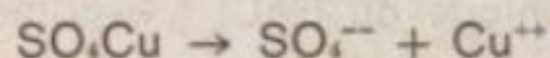
Chaque électron libéré par un ion Cl^- se dirige vers la cathode le long du circuit, en s'opposant au sens du courant. Simultanément, les ions Na^+ se dirigent vers la cathode. Chaque ion Na^+ capte un électron au contact de celle-ci et redevient atome de sodium.

Cela explique que les produits de décomposition n'apparaissent que sur les électrodes.

Le transport des charges électriques des ions explique le passage du courant.

2 - Solution de SO_4Cu avec anode en cuivre.

Le sulfate de cuivre en solution se dissocie de la façon suivante :

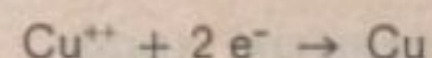


L'ion SO_4^{--} a capté deux électrons.

L'ion Cu^{++} a capté deux électrons.

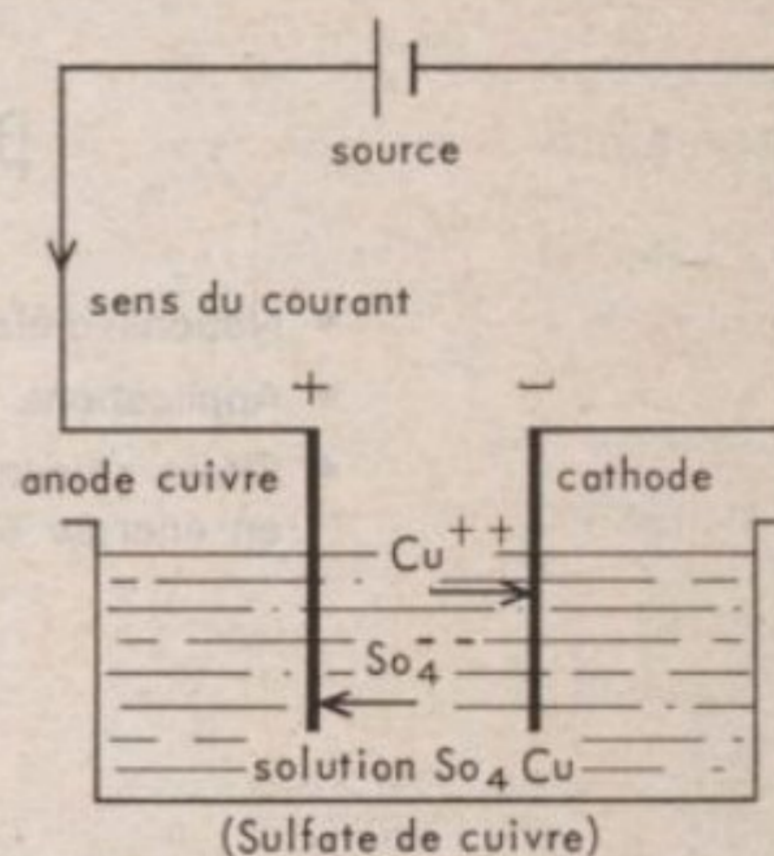
Après passage du courant pendant un certain temps, on constate que l'anode se détériore et que du cuivre s'est déposé sur la cathode.

Les ions Cu^{++} se dirigent vers la cathode, où chacun d'eux prend 2 électrons pour former un atome de cuivre.



Les ions SO_4^{--} se dirigent vers l'anode et attaquent celle-ci, après avoir libéré deux électrons qui s'acheminent vers la cathode au sein du circuit extérieur, en s'opposant au sens du courant.

C'est l'électrolyse à anode soluble.



2

II — APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTROLYSE

1 - Electrochimie.

Les réactions du premier type, telle que l'électrolyse du chlorure de sodium, permettent d'obtenir du chlore à l'anode.

D'autres électrolyses favorisent la préparation industrielle de l'hydrogène, de l'oxygène, de la soude, de l'eau de Javel, des chlorates...

2 - Electrometallurgie.

C'est une branche de la chimie qui se consacre à la préparation de certains métaux par voie électrolytique, comme l'aluminium, le chrome, le magnésium.

3 - Galvanoplastie.

C'est le principe de l'électrolyse avec anode soluble, qui permet de déposer à la cathode, une couche du métal constituant l'anode, à condition que l'électrolyte soit un sel de ce métal.

C'est ainsi que l'on peut obtenir des dépôts de nickel, cuivre, chrome, or, argent...

On peut de cette manière, prendre des empreintes ou reproduire des objets, tels que planches typographiques, statues...

L'opération porte le nom de galvanoplastie.

III — GÉNÉRATEURS DE COURANT CONTINU

1 - Les accumulateurs.

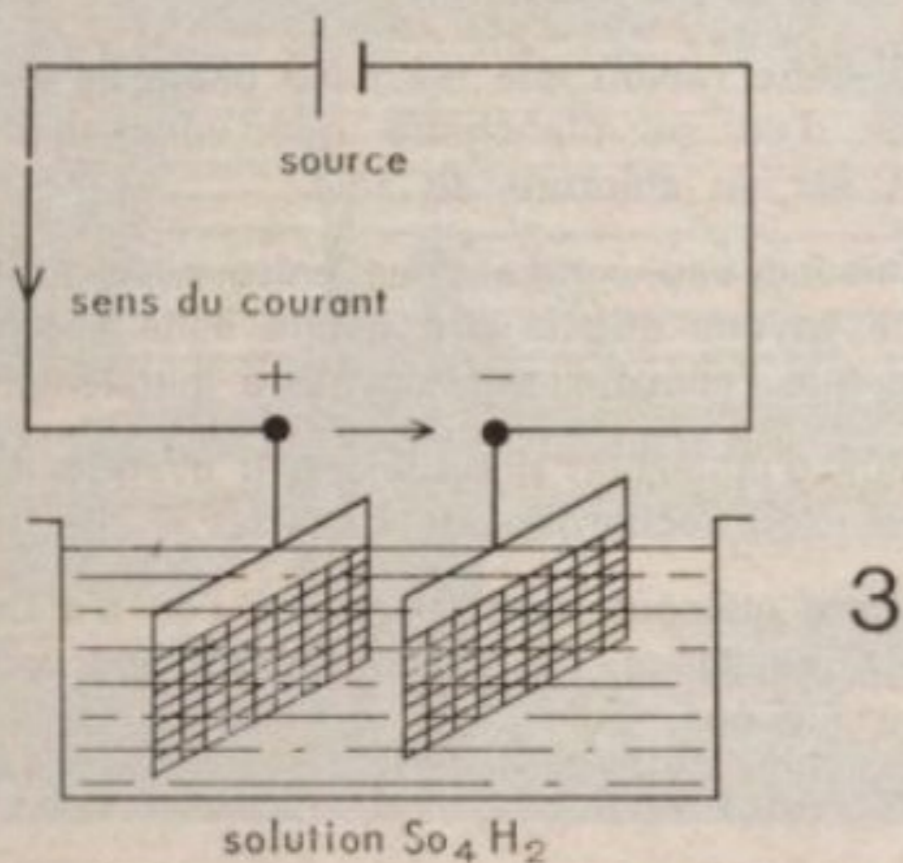
Ils sont constitués par des plaques de plomb reliées les unes aux autres, plongeant dans une solution d'acide sulfurique à 25 % de concentration.

Ces plaques sont percées d'alvéoles, dans lesquels on dispose du minium Pb_3O_4 sur les plaques positives et du protoxyde de plomb PbO ou litharge, sur les plaques négatives.

a) Charge des accumulateurs.

Les différents éléments, une fois placés dans la cuve et immergés dans la solution électrolytique, constituent une batterie, qu'il faut traiter avant de recueillir une tension d'emploi.

Schématisons une batterie par une cuve dans laquelle plongent deux plaques de plomb alvéolées.



Si nous faisons passer le courant entre les pôles de la batterie, des réactions chimiques complexes prennent naissance au sein des plaques et dans la solution.

Les plaques sont profondément modifiées, une dissymétrie apparaît entre elles.

Tout au long de cette opération, il y a eu transformation d'énergie chimique en énergie électrique.

Cette charge suffit à former l'accumulateur, elle dure généralement plusieurs heures.

L'accumulateur joue le rôle de récepteur pendant la charge ; il possède une force contre électromotrice.

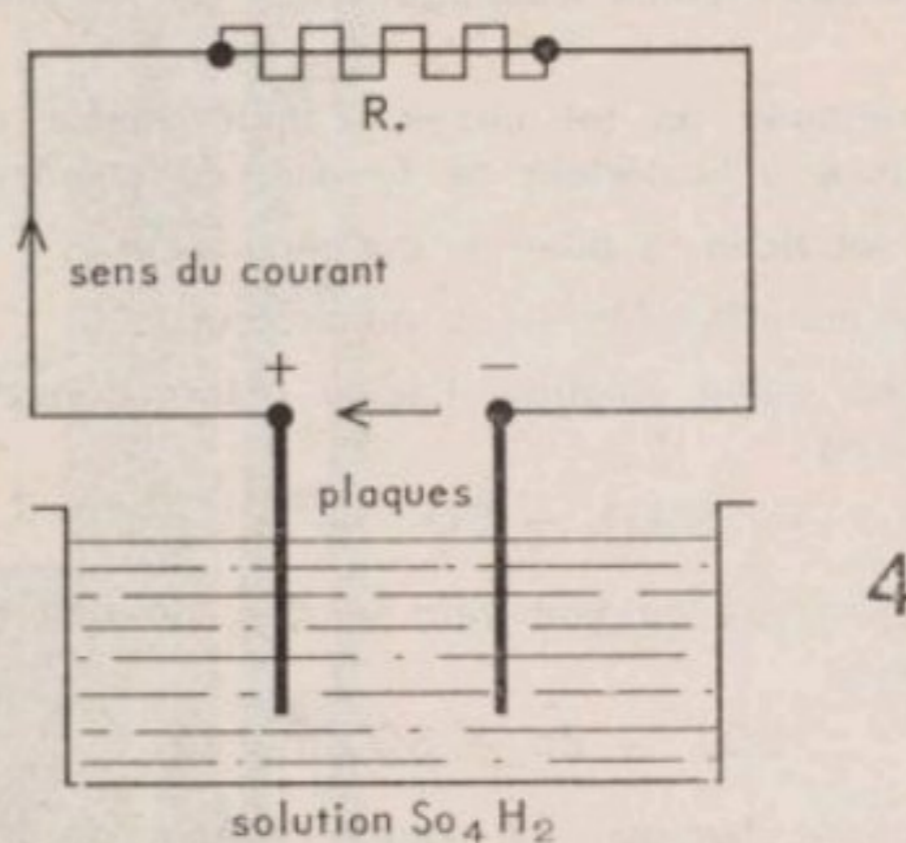
b) Décharge des accumulateurs.

Après avoir modifié les plaques, l'accumulateur est chargé.

Il est prêt à restituer en partie l'énergie qu'il a emmagasinée.

Réalisons un circuit avec une résistance R , du fil conducteur et la batterie préalablement chargée.

Si nous fermons le circuit, nous obtenons un courant, produit par la batterie.



L'accumulateur est devenu générateur.

Il possède une force électromotrice entre ses bornes.

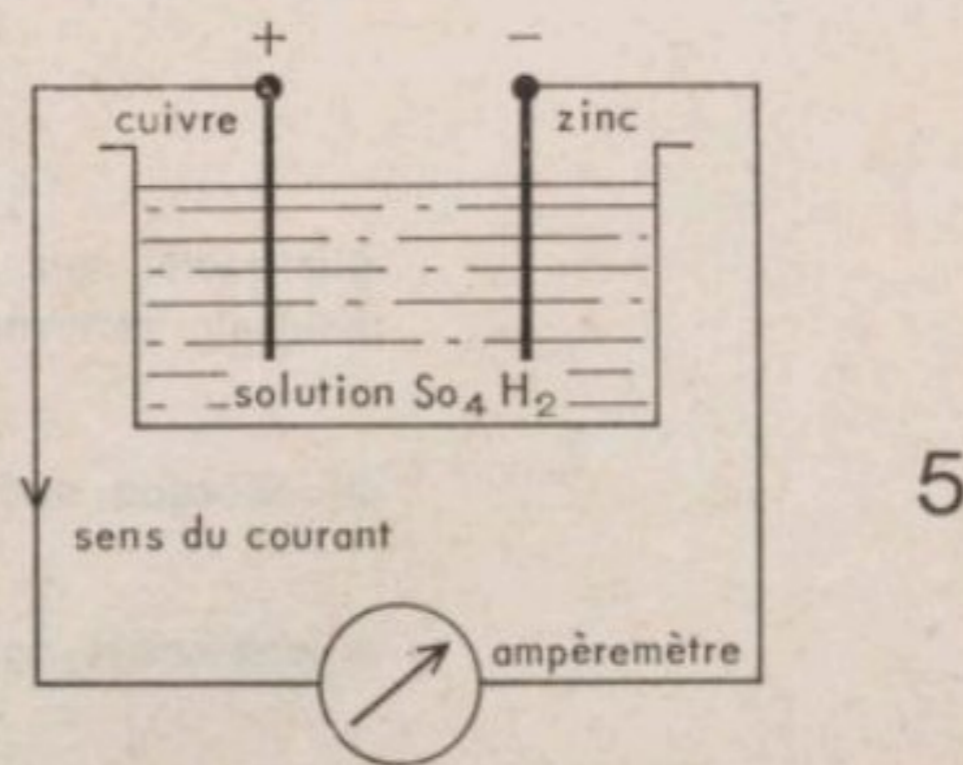
Pendant la décharge, le courant qui circule entre les plaques est de sens contraire à celui de la charge.

Ce courant de décharge contribue à modifier de nouveau l'état des plaques.

Au cours de cette opération, il y a eu transformation d'énergie chimique en énergie électrique.

2 - Les piles hydro-électriques.

Si la dissymétrie entre les électrodes est réalisée par



construction, il sera possible d'obtenir directement une énergie électrique.

Un tel générateur est une pile hydro-électrique.

a) Pile de Volta.

Elle est constituée d'une lame de cuivre et d'une lame de zinc très pur, plongeant dans une solution d'acide sulfurique.

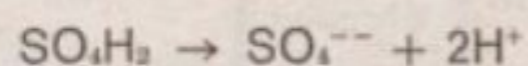
Relions les deux lames métalliques aux bornes d'un ampèremètre.

Si nous fermons un tel circuit, l'ampèremètre dévie, le courant passe à l'extérieur de la pile, du cuivre au zinc.

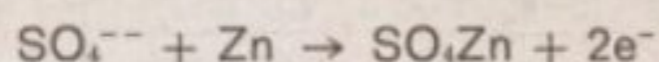
Le cuivre est donc le pôle + du générateur.

Le zinc est donc le pôle — du générateur.

Nous savons qu'en solution, l'acide chlorhydrique se dissocie en ions :

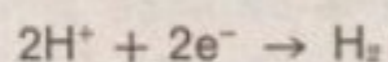


Les ions SO_4^{--} se dirigent vers le zinc, où une oxydation se manifeste :



Cette réaction chimique est seule capable de libérer de l'énergie électrique dans la lame de zinc.

Les 2 ions H^+ se dirigent vers le cuivre où ils captent 2 électrons pour former une molécule d'hydrogène :



Autour du cuivre, l'hydrogène est libéré sans profit énergétique.

Il y a transformation d'énergie chimique en énergie électrique, au niveau du zinc.

Le dégagement d'hydrogène sur la plaque de cuivre modifie l'état de sa surface, ce qui entraîne une diminution de la force électromotrice.

On dit que la pile se polarise.

b) Pile sèche.

Le pôle négatif est constitué par un cylindre de zinc creux, à l'intérieur duquel se trouve un bâtonnet de graphite, entouré de l'électrolyte, généralement du chlorure d'ammonium NH_4Cl , fixé au moyen d'une substance solide appelée gélose.

Ceci permet son transport sans écoulement de l'électrolyte.

Dans ce type de pile, on entoure le graphite d'une poche contenant du bioxyde de manganèse qui absorbe l'hydrogène, empêchant la pile de se polariser.

L'énergie chimique des piles résulte, le plus souvent, de l'attaque du zinc par l'électrolyte.

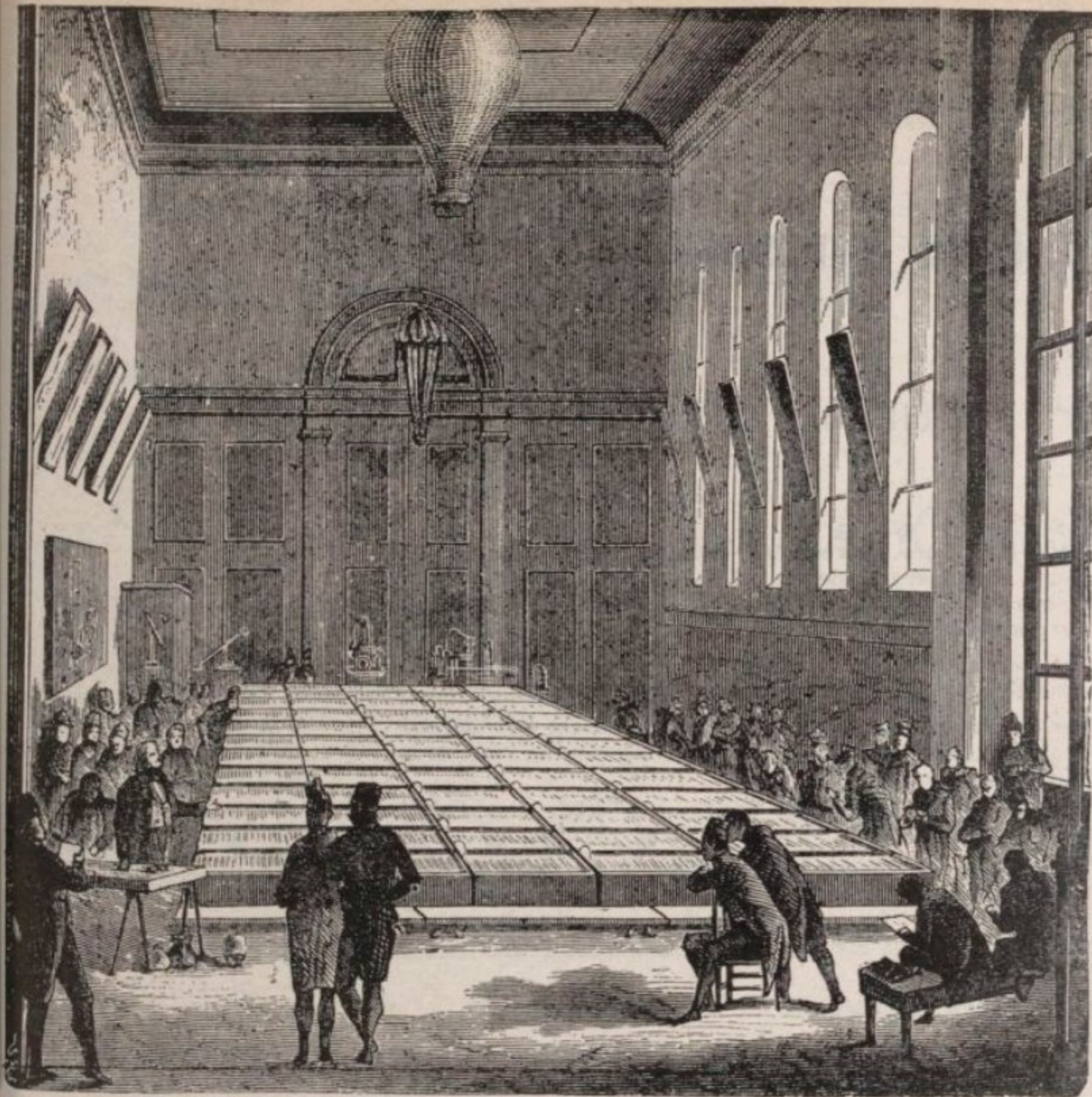
C'est pour cette raison que les piles usagées sont parfois recouvertes d'un sel blanchâtre que vous avez souvent observé. C'est un chlorure de zinc.

Si nous faisons une comparaison entre piles et accumulateurs, nous voyons que la pile débite sans charge préalable, tandis que l'accumulateur doit être initialement chargé.

Il n'y a plus d'utilisation pour une pile usagée, tandis que l'on peut à loisir recharger une batterie.

Les piles sont utilisées dans le cas où l'on n'a besoin que d'une faible puissance, les accumulateurs pour obtenir des puissances élevées.

Fiche pédagogique établie par M. Dammann.



La grande pile de l'Ecole Polytechnique construite en 1813, sur l'ordre de Napoléon 1^{er}.

« Comme Berthollet lui parlait un jour des grands travaux de Davy sur l'électricité, l'Empereur demanda, avec son impétuosité ordinaire, pourquoi ces découvertes n'avaient pas été faites en France.

— Sire, répondit Berthollet, c'est que jusqu'à ce jour nous n'avons pas possédé de pile voltaïque assez puissante.

— Eh bien ! qu'on en construise sur-le-champ une suffisante, et qu'on n'épargne ni soin ni dépense.

C'est ainsi que fut construite aux frais de l'Etat la magnifique pile voltaïque de l'Ecole Polytechnique. »

L. FIGUIER — Les Merveilles de la Science

montage d'éléments en série

intentions pédagogiques

Dans les leçons précédentes nous avons défini les grandeurs électriques : énergie, puissance, courant et tension et mis en évidence les fonctions des éléments récepteurs ou générateurs.

Les réalisations font en général intervenir des circuits constitués par des ensembles de ces éléments.

Par simple analyse, de tels dispositifs peuvent être décomposés en deux types de montages fondamentaux, dont nous allons dégager les lois :

1° Montage d'éléments en série, cette étude fera l'objet de cette émission.

2° Montage d'éléments en dérivation, étude, qui sera présentée dans l'émission suivante.

plan de l'émission

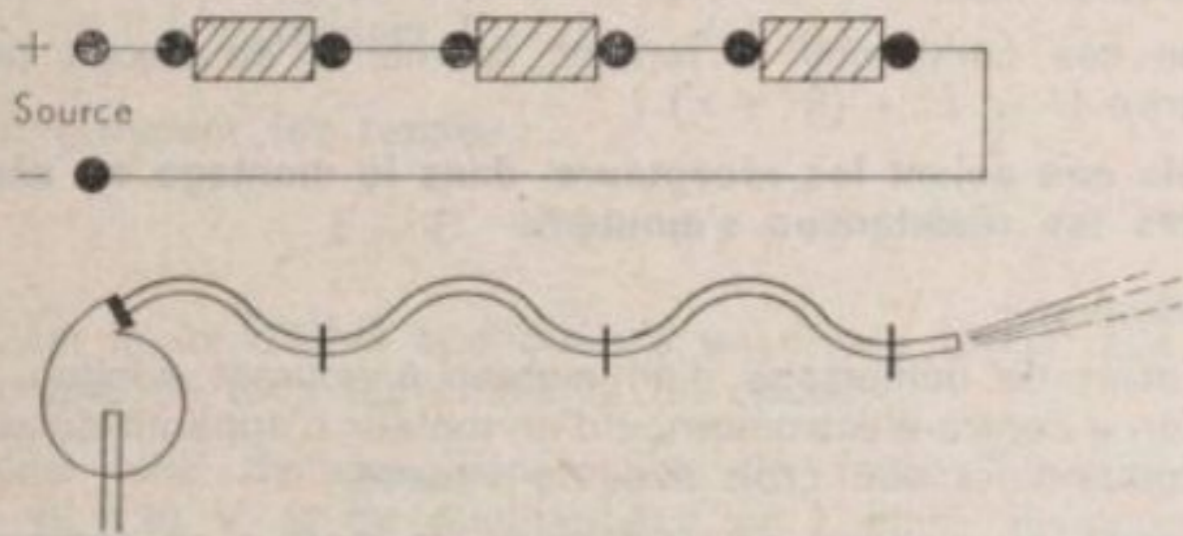
- 1 - Eléments en série.
- 2 - Cas des récepteurs thermiques - application aux rhéostats.
- 3 - Cas des récepteurs quelconques - application au démarrage des moteurs à courant continu.
- 4 - Circuit fermé - comportant générateurs et récepteurs.
- 5 - Récapitulation.

Un questionnaire comportant des exercices d'application directe (avec les réponses), complète cette notice.

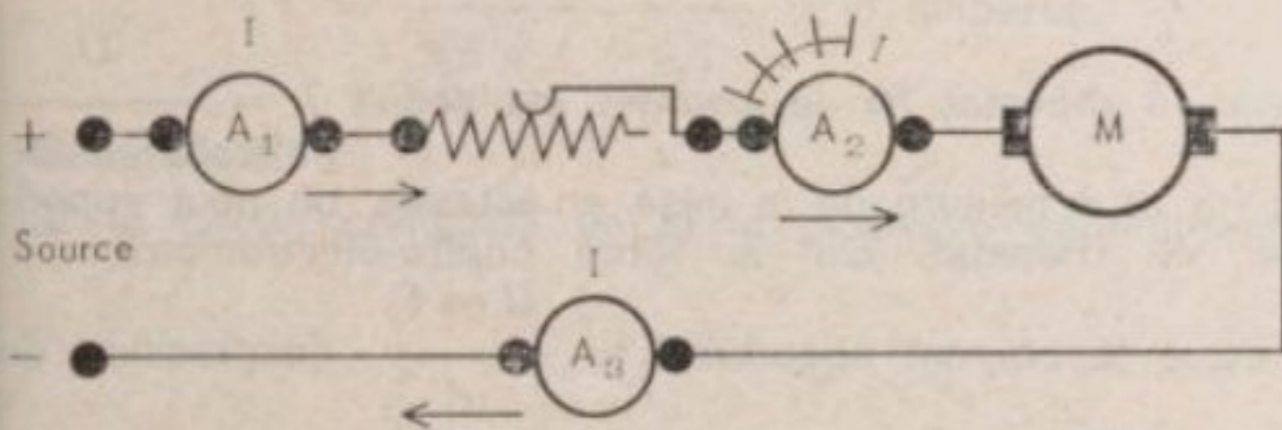
contenu de l'émission

I — ÉLÉMENTS EN SÉRIE

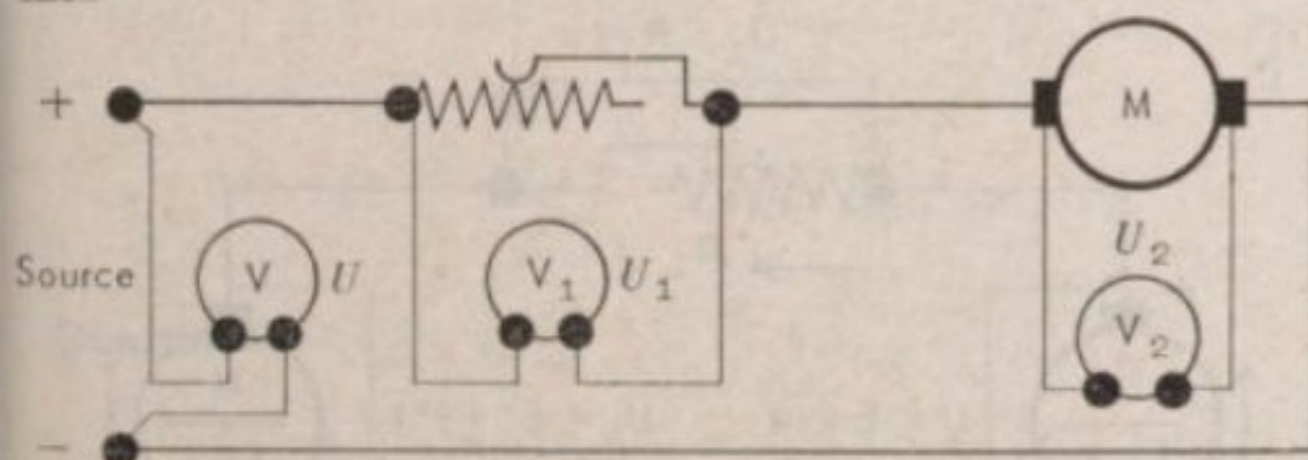
Ils sont disposés l'un à la suite de l'autre comme des tuyaux formant une seule conduite.



a) Dans ce circuit le même courant I traverse simultanément tous ces éléments.



Vérification expérimentale à l'aide d'ampèremètres placés en divers points du circuit comportant en série un rhéostat et un moteur.

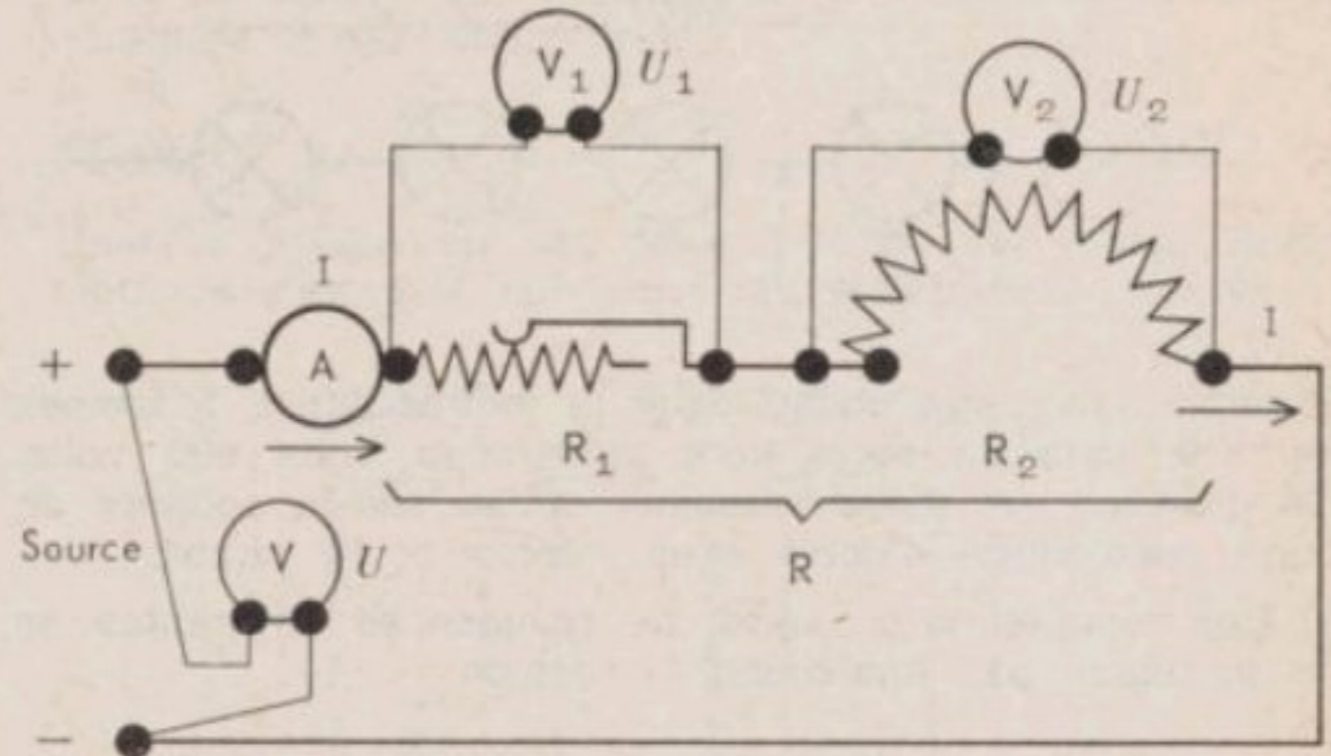


b) Relevons à l'aide de voltmètres la tension U_1 et U_2 aux bornes de chaque élément, et la tension U fournie par la source : nous constatons que $U = U_1 + U_2$.

Cette relation caractérise ce montage et peut se généraliser à plus de deux récepteurs.

II — CAS DES RÉCEPTEURS THERMIQUES

Le montage expérimental comporte un rhéostat et un réchaud.



Chacun est caractérisé par sa résistance électrique mesurée par la loi d'Ohm :

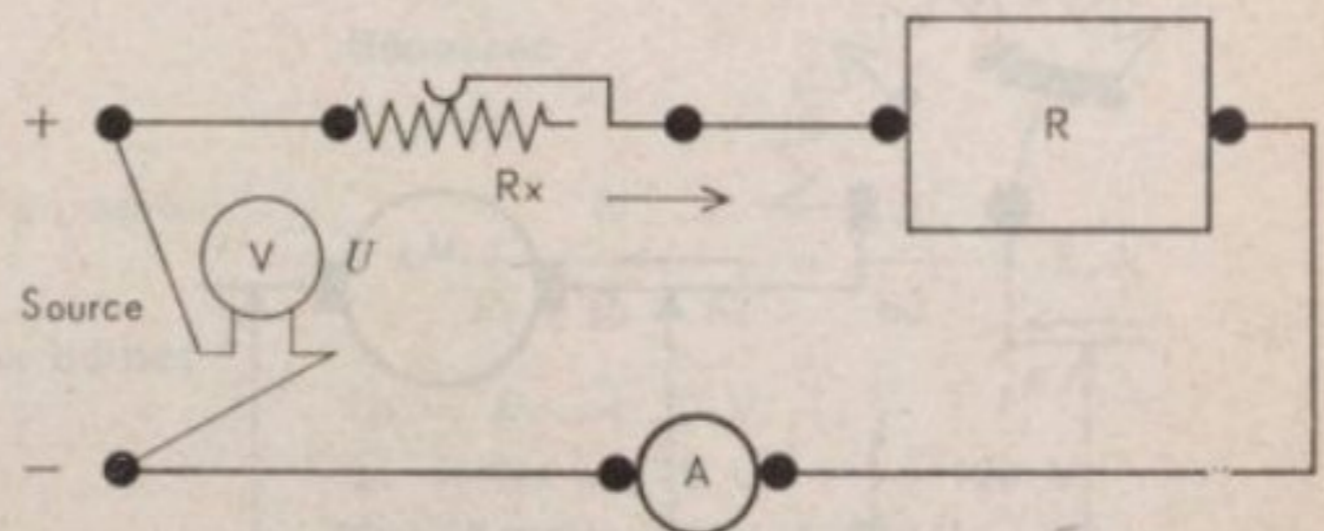
$$R_1 = \frac{U_1}{I} \text{ et } R_2 = \frac{U_2}{I}; \text{ les tensions et le courant sont lus aux appareils de mesure.}$$

La résistance totale de l'ensemble $R = \frac{U}{I}$

(U tension fournie par la source et I courant commun.)
Puisque $U = U_1 + U_2$, cette résistance totale R est la somme $R_1 + R_2$.

Généralisation : les résistances en série s'ajoutent.

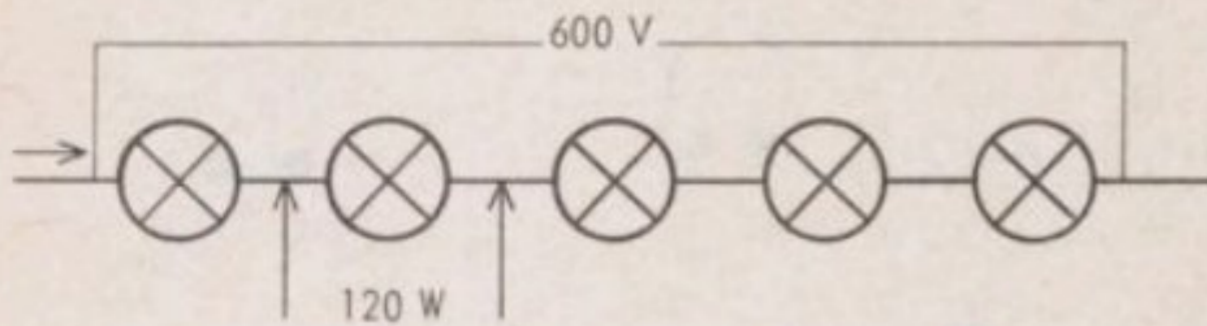
Applications.



a) Un rhéostat est une résistance réglable R_x que l'on place en série sur un circuit de résistance R pour modifier l'intensité du courant

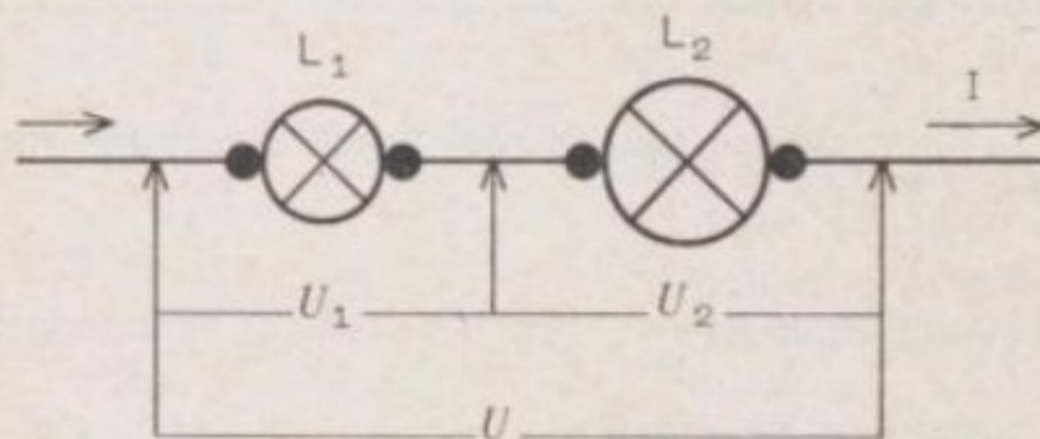
$$I = \frac{U}{R + R_x}$$

b) Des lampes identiques en série se partagent également la tension totale.



Exemple : montage utilisé dans le métropolitain, 5 lampes de 120 volts en série sont alimentées sous 600 volts. Ce montage est assez rarement utilisé car la coupure de l'une quelconque d'entre elles interrompt le circuit.

c) Des récepteurs en série, de résistances différentes ne se partagent pas également la tension.

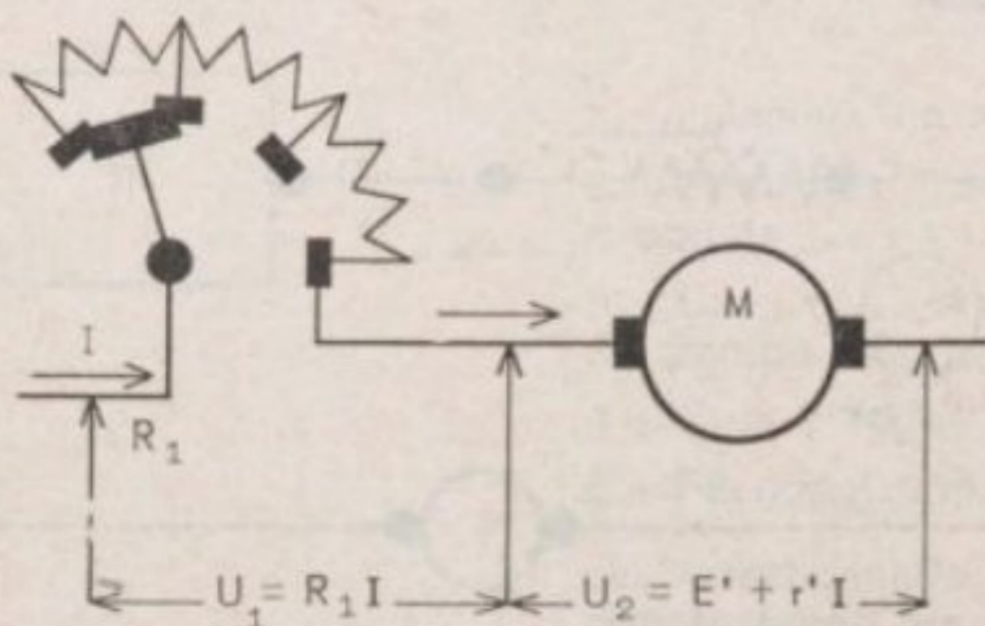


Les tensions partielles sont proportionnelles à la résistance de chacun, $U_1 = R_1 I$ et $U_2 = R_2 I$.

Nous contrôlons ce résultat avec un montage de deux lampes différentes en série.

III — CAS DES RÉCEPTEURS QUELCONQUES

Le montage comporte en série, un rhéostat (récepteur thermique) et un moteur (récepteur mécanique).



Nous mesurons les tensions : U fournie par la source U_1 aux bornes du rhéostat et U_2 aux bornes du moteur.

La relation générale $U = U_1 + U_2$ s'applique à tous les cas de montage en série.

Exprimons ces tensions, compte tenu des résultats établis dans les leçons précédentes.

Pour le rhéostat de résistance R_1 on a $U_1 = R_1 \times I$. Pour le moteur de force contre-électromotrice E' et de résistance interne r' on a $U_2 = E' + r' \times I$.

Dans ces conditions la tension fournie à ce circuit peut s'écrire $U = E' + (R_1 + r') I$

Quels que soient les récepteurs, dans le montage en série, toutes les résistances s'ajoutent.

Application.

Rhéostat de démarrage d'un moteur à courant continu. La force contre-électromotrice d'un moteur n'apparaît qu'avec la rotation, et elle croît avec la vitesse.

A l'arrêt, au moment du démarrage, le moteur se comporte comme une résistance r' (assez faible en général).

Le courant qu'il absorberait sans rhéostat serait prohibitif

$$I_a = \frac{U}{r'}$$

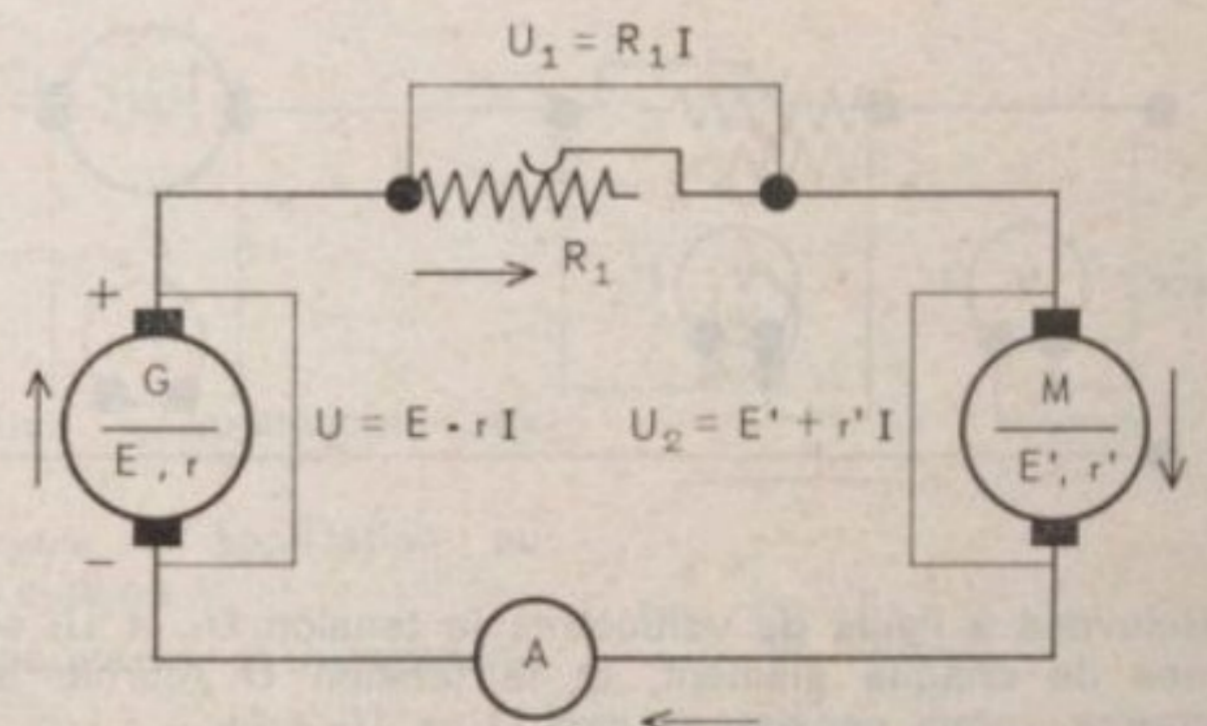
Avec le rhéostat R_x le courant est réduit $I = \frac{U}{r' + R_x}$

au fur et à mesure de la mise en vitesse, on peut supprimer ce rhéostat, car la force contre-électromotrice E'

diminue le courant absorbé $I = \frac{U - E'}{r'}$ (expression de

la loi d'Ohm appliquée à ce récepteur).

IV — CIRCUIT FERMÉ



Considérons maintenant l'ensemble du circuit comprenant les récepteurs en série et le générateur lui-même.

Ce générateur fournit la tension U au circuit ; le premier récepteur, résistance, utilise la tension U_1 ; le second récepteur, moteur, utilise la tension U_2 . Nous avons établi à la leçon sur les générateurs la relation $U = E - rI$, dans laquelle U est la tension utile qu'il fournit, E est sa force électromotrice et r sa résistance interne.

Compte tenu de cette relation et de celles des récepteurs l'expression

$$U = U_1 + U_2$$

$$\text{devient } E - rI = R_1 I + E' + r' I$$

En groupant les termes :

$$E - E' = (R_1 + r + r') \times I$$

C'est la loi d'Ohm appliquée à un circuit fermé, elle tient compte de tous les éléments du circuit.

Ainsi une dynamo génératrice de force électromotrice $E = 120 \text{ V}$ et de résultante $r = 1 \text{ ohm}$, alimentant un circuit qui comporte un rhéostat $R_1 = 3,5 \text{ ohms}$, et un moteur de force contre-électromotrice $E' = 90 \text{ volts}$ et de résistance $r' = 0,5 \text{ ohm}$, débite dans ce circuit le courant :

$$I = \frac{120 - 90}{3,5 + 1 + 0,5} = 6 \text{ ampères.}$$

Généralisation

Si le circuit comporte en série plusieurs générateurs et

récepteurs, la loi s'écrit (en langage condensé) :

$$\Sigma E - \Sigma E' = I \times \Sigma R$$

Le signe Σ se lit sigma et signifie somme de tous les termes tels que...

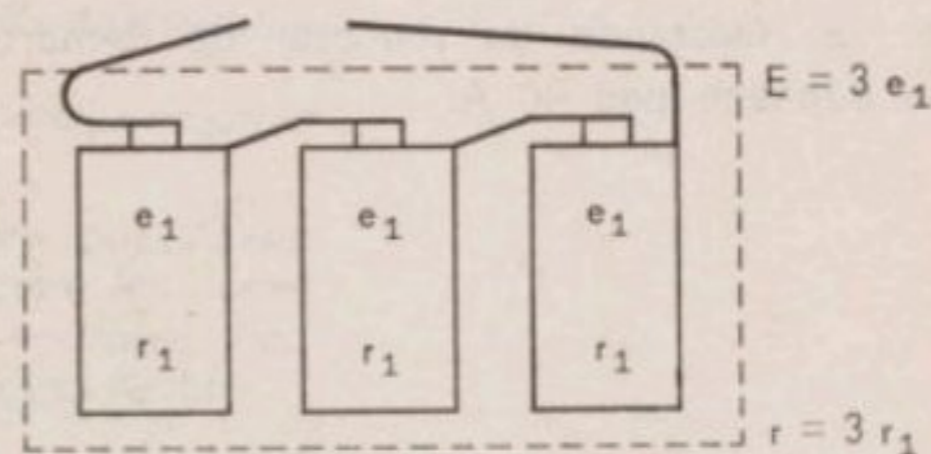
(ΣE = somme des forces électromotrices

$\Sigma E'$ = somme des forces contre-électromotrices

ΣR = somme des résistances, y compris celles des générateurs et des récepteurs).

Exemple.

Dans le groupement des piles en série, les forces électromotrices s'ajoutent ainsi que les résistances internes.



Il existe des piles de 4,5 V (utilisées dans les lampes de poche) qui comportent 3 éléments de 1,5 V en série. Et des piles de 9 V (utilisées pour les transistors) qui comportent 6 éléments de 1,5 V en série.

questionnaire

Questions

1) Aux bornes d'une source de tension $U = 120 \text{ V}$, on place en série 3 résistances $R_1 = 15 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 25 \Omega$.

Quelle est l'intensité du courant dans le circuit, et la tension aux bornes de chaque résistance ?

Réponses

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A.}$$

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = R_1 I = 30 \text{ V} \\ U_2 = R_2 I = 40 \text{ V} \\ U_3 = R_3 I = 50 \text{ V} \end{array} \right\} 120 \text{ V}$$

2) Un moteur a une force contre-électromotrice $E' = 100 \text{ V}$ et une résistance interne $r' = 1 \Omega$, il absorbe un courant $I = 25 \text{ A}$.

Calculer la tension U à ses bornes.

Faire le bilan des puissances mises en jeu.

$$U = E' + r'I = 125 \text{ V}$$

$$\text{La source fournit } P = UI = 3125 \text{ W}$$

Le moteur transforme :

$$\text{sous forme thermique } p = r' I^2 = 625 \text{ W}$$

$$\text{sous forme mécanique } P^v = E'I = 2500 \text{ W}$$

$$\text{total : } 3125 \text{ W}$$

3) Au démarrage le moteur précédent est alimenté sous $U = 125 \text{ V}$.

Déterminez la résistance du rhéostat de démarrage R_x pour que le courant ne dépasse pas 40 A .

Au démarrage $E' = 0$

$$\text{donc } I = \frac{U}{r' + R_x} \text{ soit}$$

$$40 = \frac{125}{1 + R_x} \text{ d'où } R_x = 2,12 \Omega$$

4) On groupe en série 3 éléments de pile ayant chacun une f.e.m. $E = 1,6 \text{ V}$ et une résistance 1Ω . Cette source débite sur une ampoule de résistance 17Ω .

Calculer le courant I débité par la source et la tension aux bornes de l'ampoule.

Appliquons la loi générale.

$$\Sigma E - \Sigma E' = I \times \Sigma R$$

Ici il n'y a pas de force contre-électromotrice E' , donc :

$$1,6 \times 3 = I \times (1 + 1 + 1 + 17)$$

$$I = 0,24 \text{ A}$$

$$\text{Aux bornes de l'ampoule } U = 17 \times 0,24 = 4,08 \text{ V.}$$

Fiche pédagogique établie par M. Auclerc.

montage d'éléments en dérivation

intentions pédagogiques

Cette émission termine l'étude des bases de l'électrocinétique qui font intervenir les grandeurs :
courant, tension, puissance, résistance, forces électromotrice et contre-électromotrice.

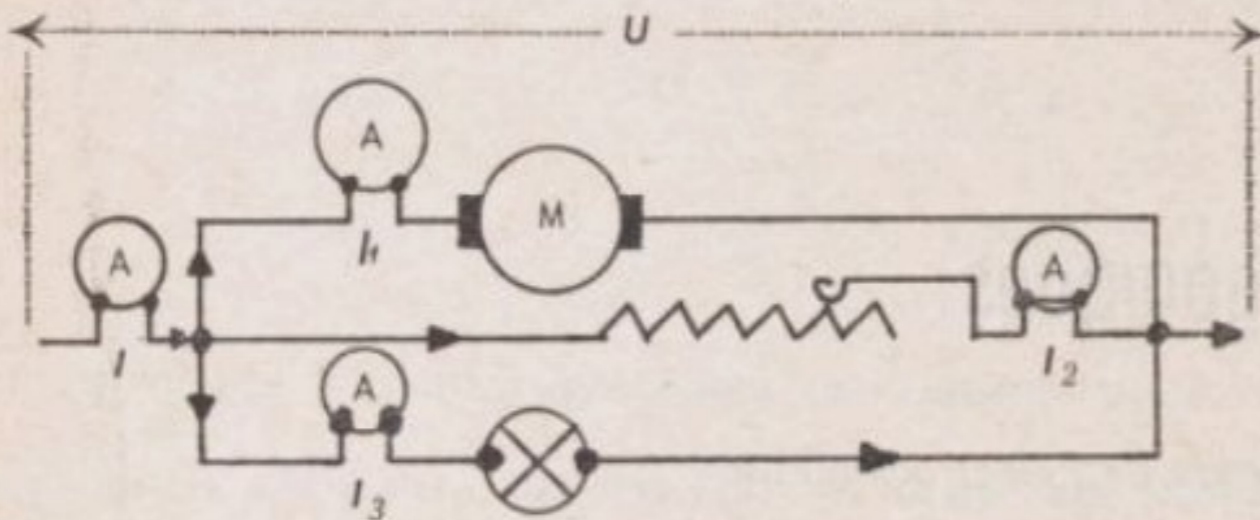
Les résultats, que nous mettons en évidence par l'expérience et les mesures, peuvent apparaître comme les conséquences des conclusions antérieures ; c'est pourquoi nous serons amenés à préciser certains rappels indispensables.

plan de l'émission

- 1° Partage du courant dans les dérivation sous tension commune.
- 2° Indépendance des récepteurs, si cette tension commune est constante.
 - a) Application : distribution à tension constante ;
 - b) Conditions : les chutes de tension en ligne et dans la source doivent pouvoir être négligées.
- 3° Résistance équivalente à un ensemble de résistances en dérivation.
- 4° Expression de la résistance d'un fil conducteur.
- 5° Remarques sur les appareils de mesure :
 - shunt d'ampèremètre,
 - résistance d'un voltmètre.

contenu de l'émission

1° Dans un montage en dérivation (ou en parallèle), les récepteurs sont connectés entre deux points communs.



Nous pouvons vérifier à l'aide d'ampèremètres que les divers courants I_1 , I_2 , I_3 ... ont pour somme le courant I débité par la source.

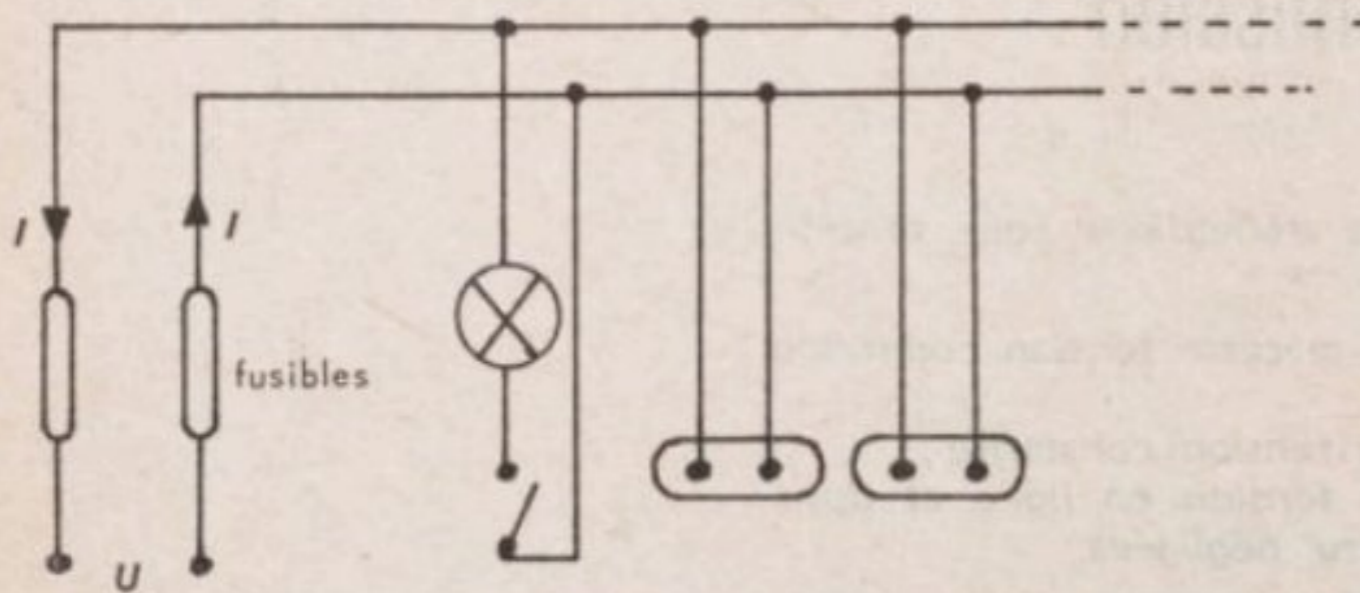
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Chaque récepteur utilise la même tension U entre les bornes communes.

2° Si la tension U est constante, les récepteurs sont indépendants.

En enlevant l'un des récepteurs, ou en ajoutant un nouveau récepteur en dérivation, le régime de fonctionnement des autres (c'est-à-dire le courant absorbé par chacun), n'est pas modifié.

a) **Application** : distribution de l'énergie électrique sous tension constante ; tous les récepteurs sont montés en dérivation ; les prises de courant rendent ce montage aisé.



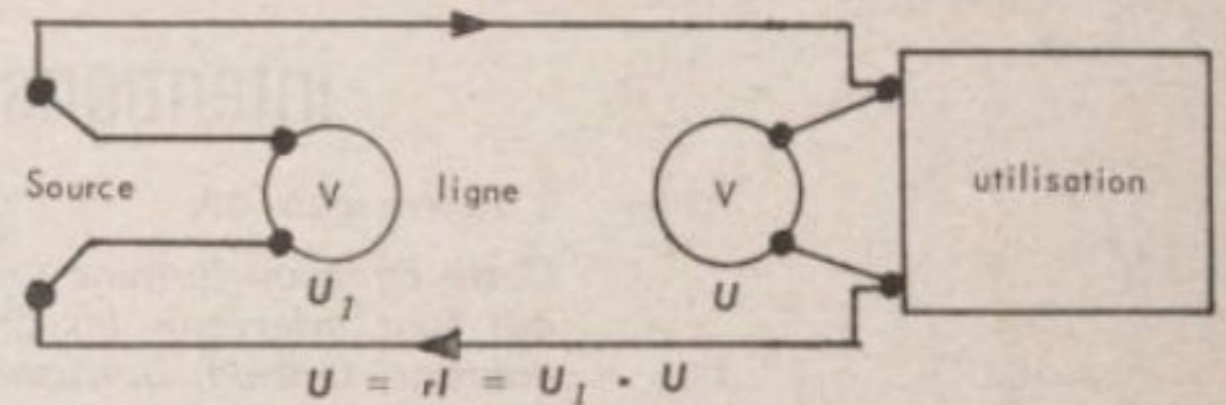
Le courant total I absorbé dépend du nombre et de la nature des récepteurs.

Les fusibles de l'installation (ou le disjoncteur) interrompent l'alimentation si ce courant I dépasse une limite imposée.

b) **Conditions.**

Nous montrons à l'aide d'une ligne constituée de fils très résistants l'importance de la chute de tension en ligne

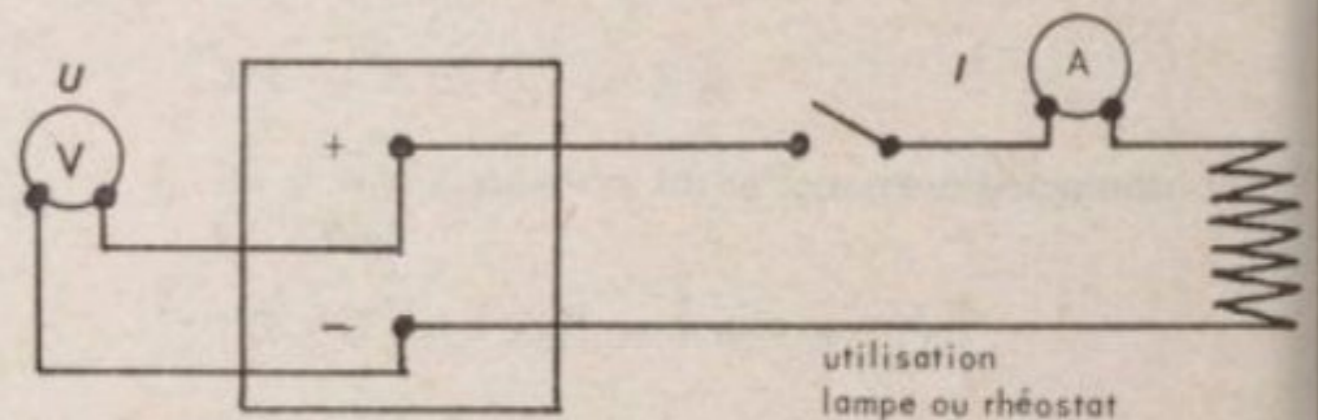
$$u = U_1 - U$$



Cette chute de tension $u = rI$ dépend de la résistance r de la ligne et du courant absorbé.

A l'aide d'une ligne réalisée en fils très bons conducteurs, cette chute de tension devient négligeable.

Nous montrons que certaines sources, les piles par exemple, ont une tension utile décroissante avec l'augmentation du



courant qu'elle débite (voir leçon sur les générateurs), tandis qu'une batterie d'accumulateurs présente une tension pratiquement indépendante de son débit I .

Conclusion : Pour obtenir une tension sensiblement constante il faudra choisir :

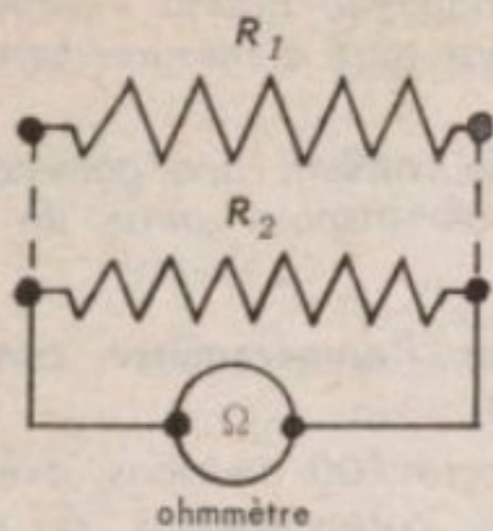
- une ligne de très faible résistance,
- une source de très faible chute de tension.

3° **Résistance en dérivation** (ou en parallèle).

Nous mesurons directement à l'aide d'un ohmètre séparément $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 55 \Omega$, la résistance de l'ensemble R_1 et R_2 en dérivation est 35Ω environ.

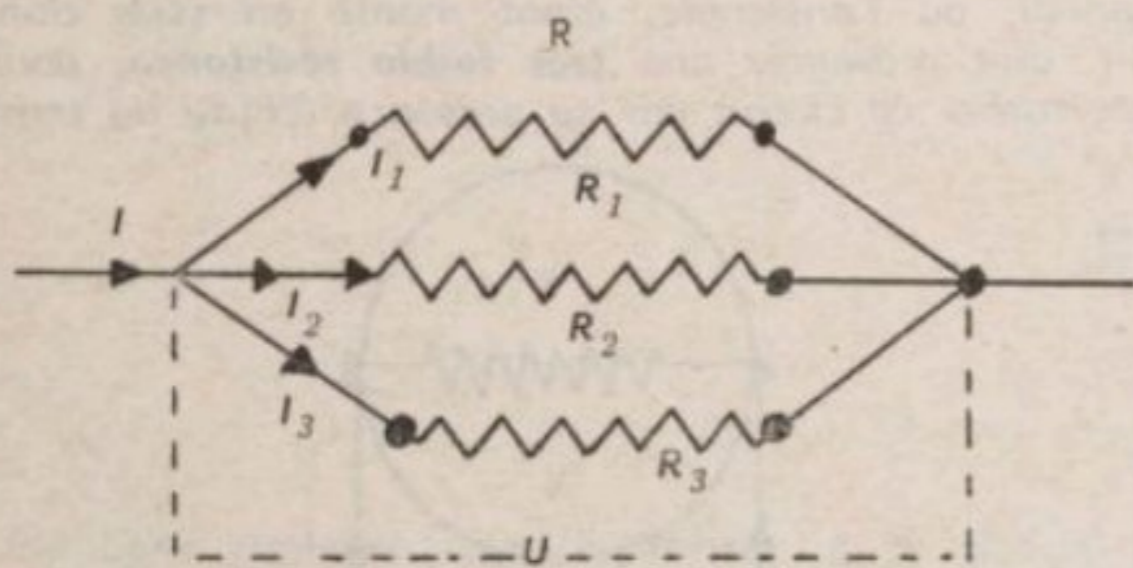
L'ensemble présente une résistance plus faible que chacune des deux résistances. Ceci est en accord avec la notion intuitive de résistance : le courant trouve dans l'ensemble « plus de passage » que dans l'une d'elles.

Remarque : Un ohmmètre à pile utilise la loi d'Ohm.



La déviation de son milliampèremètre est d'autant plus grande que la résistance montée sur son circuit est plus faible. La graduation en **Ohms** tient compte de cette propriété.

— Etudions le montage des résistances en parallèle en tenant compte de la loi d'Ohm.
Sous la même tension U .



$$I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2}, \text{ le courant total est } I = I_1 + I_2 = U$$

$$\left(\frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2}\right)$$

Or la résistance de l'ensemble est R telle que $I = \frac{U}{R}$.

$$\text{Nous en déduisons } \frac{I}{R} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2}$$

Pour simplifier l'écriture et les calculs on définit la **conductance** $G = \frac{I}{R}$.

Pour des résistances en dérivation :

la conductance de l'ensemble G est la somme des conductances ($G_1 + G_2$) des éléments.

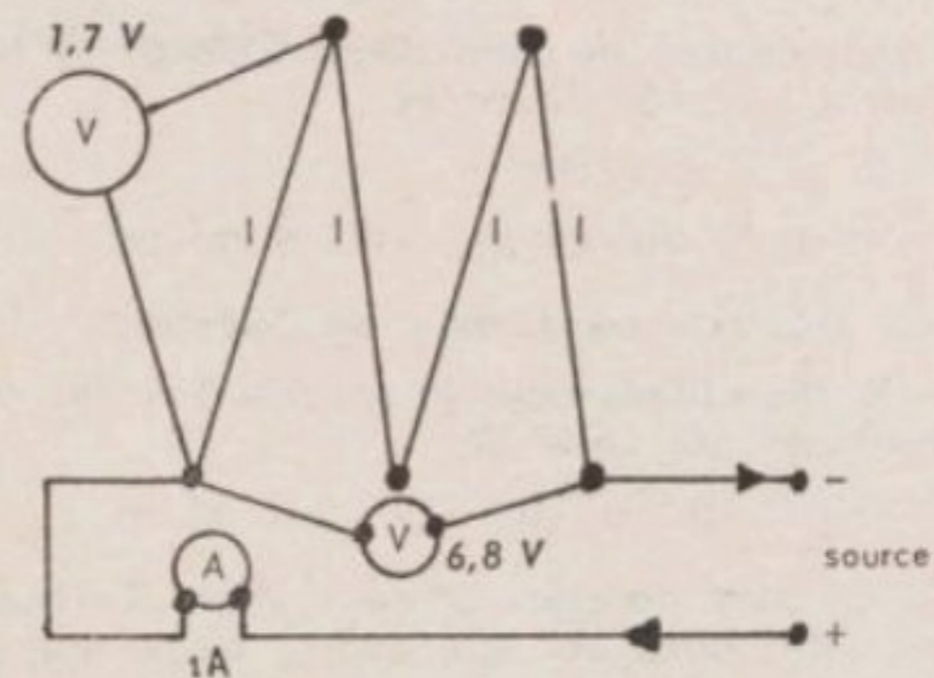
Si les résistances sont égales, par exemple trois résistances de $100 \Omega = R_1 = R_2 = R_3$.

$$G = G_1 + G_2 + G_3 = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{3}{100}$$

$R = \frac{100}{3} = 33 \Omega$, la résistance de l'ensemble est trois fois plus faible que chacune d'elles.

4° Expression de la résistance d'un fil conducteur.

Dans ces éléments de fil en série, nous réglons un courant I de 1 ampère.



a) Pour un fil homogène, de section constante :

— aux bornes d'une longueur l nous lisons 1,7 Volt (sa résistance est donc $r_1 = 1,7 \Omega$);

— aux bornes d'une longueur $2l$ nous lisons 3,4 Volts ($r_2 = 3,4 \Omega$);

— aux bornes d'une longueur $4l$ nous lisons 6,8 Volts ($r_3 = 6,8 \Omega$).

La résistance du fil est donc proportionnelle à sa longueur.

b) Comparons deux fils de même longueur, et de même nature mais de sections différentes : s_1 et s_2 .

$$s_1 = 4 s_2 \text{ (diamètre } \frac{4}{10} \text{ et } \frac{8}{10} \text{ de mm).}$$

Pour $I = 1$ ampère, nous lisons les tensions :

$U_1 = 6,8$ volts, donc $R_1 = 6,8 \Omega$ et $U_2 = 1,7$ volt, donc $R_2 = 1,7 \Omega$.

La résistance du fil est donc inversement proportionnelle à sa section.

c) Comparons deux fils de même longueur, de même section, mais de nature différente (maillechort et ferro-nickel). Pour $I = 1$ A nous lisons les tensions :

$U_1 = 6,8$ volts, donc $R_1 = 6,8 \Omega$ et $U_2 = 3$ volts, donc $R_2 = 3 \Omega$.

La résistance d'un fil dépend donc de sa nature ; on caractérise cette propriété par une nouvelle grandeur : la résistivité ρ (se lit rô).

L'expression de la résistance d'un conducteur de section constante s en m^2 , de longueur l mètres, de résistivité ρ est donc :

$$R \text{ en ohms} = \rho \times \frac{l}{s}$$

Dans le système international des unités, $\rho = \frac{R \times s}{l}$ s'exprime en ohms $\times m^2/m$.

Les tables de technologie utilisent souvent un sous-multiple : le microhm $\times cm^2/cm$.

Ainsi à la température de zéro degré Celsius, la résistivité du cuivre est $1,5 \times 10^{-8} \Omega m^2/m$

soit aussi $1,5 \mu \Omega cm^2/cm$

$$(1 \mu \Omega cm^2/cm = 10^{-8} \Omega m^2/m)$$

Le cuivre est très bon conducteur de l'électricité.

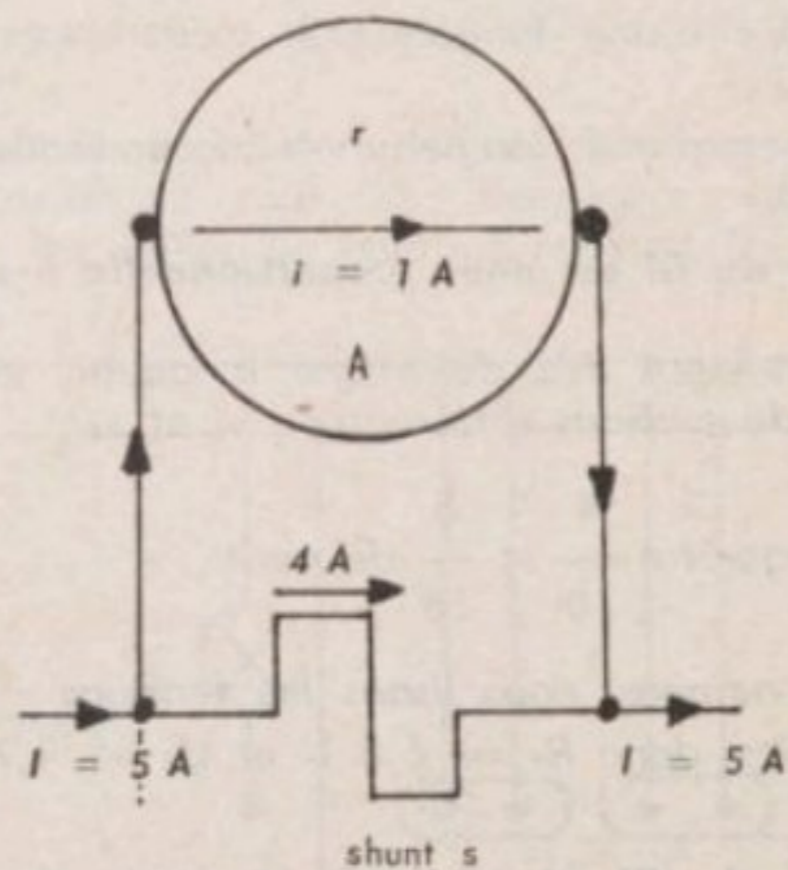
Par contre les fils utilisés pour la constitution des rhéostats ont une résistivité qui varie de

$$30 \times 10^{-8} \text{ à } 100 \times 10^{-8} \Omega m^2/m$$

Ces résistivités sont données à zéro degré Celsius ; nous avons vu en effet dans une précédente leçon que la résistance des métaux augmente avec la température.

5° Remarques sur les appareils de mesure.

a) Shunt d'ampèremètre.



Pour mesurer un courant de 5 ampères par exemple, avec un ampèremètre dont le calibre (valeur de la déviation maximale) est 1 ampère, on utilise un dispositif appelé shunt. Dans ce cas l'ampèremètre est monté en dérivation aux bornes d'un shunt, résistance s , quatre fois plus faible que la résistance propre r de l'ampèremètre (avec ses cordons).

Ainsi le courant $I = 5 A$ à mesurer se partage en $i = 1 A$ qui traverse l'ampèremètre et $4 A$ qui traverse le shunt. Ainsi shunté au cinquième quand l'ampèremètre marquera $i = 0,5 A$ le courant total à mesurer sera $I = 0,5 \times 5 = 2,5 A$.

Les constructeurs fournissent une gamme de shunts ; avec un ampèremètre, on dispose ainsi de plusieurs calibres d'utilisation.

Avec chaque shunt l'ampèremètre constitue un nouvel appareil de mesure.

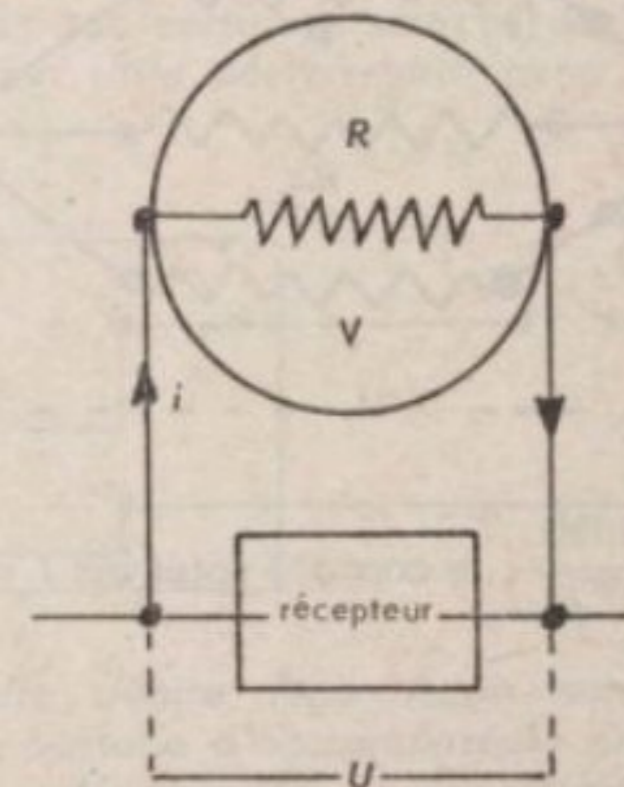
Si l'ampèremètre porte 100 divisions, avec le shunt marqué 10 A, la lecture correspondant à 42 divisions sera

$$\frac{10 \times 42}{100} = 4,2 A.$$

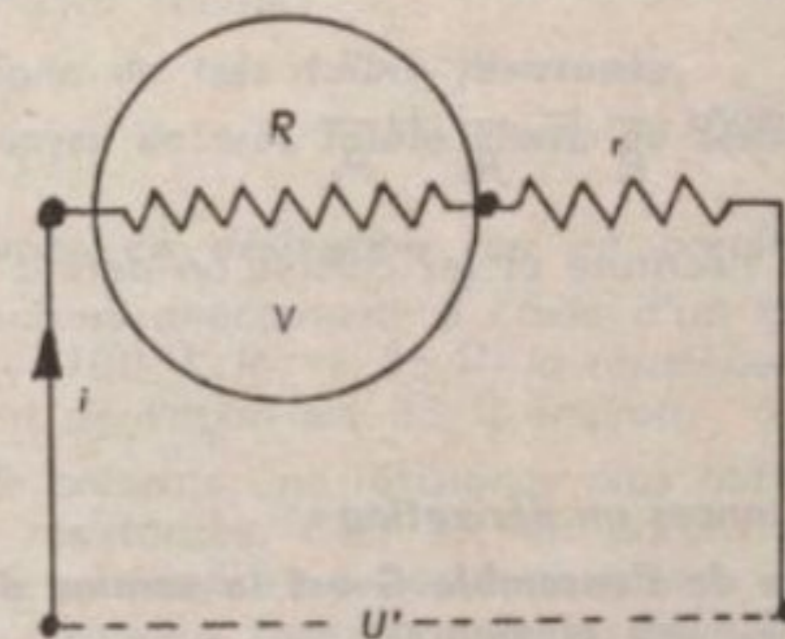
Pour des raisons de commodité d'emploi, les shunts et leurs connexions peuvent être dans le boîtier de l'appareil. Celui-ci présente alors une série de bornes correspondant aux divers calibres d'utilisation.

Résistance d'un ampèremètre (avec ou sans shunt).

L'appareil, ou l'ensemble, étant monté en série dans le circuit, doit présenter une **très faible résistance**, pour ne pas perturber ce circuit par sa présence (chute de tension).



b) Résistance d'un voltmètre.



Par contre un voltmètre, monté en dérivation entre deux points, pour mesurer une différence de potentiel U , ne doit dériver qu'un très faible courant i qui assure son fonctionnement.

Donc la résistance R du voltmètre = $\frac{U}{i}$ doit être très grande.

On peut modifier le calibre d'un voltmètre à l'aide d'une résistance additionnelle r en série, pour la même déviation (avec le courant i) il mesurera la tension :

$$U' = i \times (R + r)$$

Les constructeurs fournissent des voltmètres multicalibres à plusieurs bornes ; des résistances additionnelles sont incorporées dans le boîtier.

questionnaire

1) Une ligne présente une résistance : $r = 0,5 \Omega$; sachant que la source présente une tension constante $U_s = 100 \text{ V}$, quelle sera la tension U utile au récepteur quand il absorbe soit 2 A, soit 10 A, soit 20 A ?

$$U = 100 - 0,5 \times 2 = 99 \text{ V}$$

$$U' = 100 - 0,5 \times 10 = 95 \text{ V}$$

$$U'' = 100 - 0,5 \times 20 = 90 \text{ V}$$

2) On monte en dérivation, sous la tension 120 V, 10 lampes marquées 60 W-120 V et un réchaud marqué 300 W-120 V.

Calculer le courant total débité par la source.

Pour une lampe :

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{60}{120} = 0,5 \text{ A}$$

Pour le réchaud :

$$I_2 = \frac{300}{120} = 2,5 \text{ A}$$

$$I = 10 \times 0,5 + 2,5 = 7,5 \text{ A}$$

P totale 900 Watts.

3) Quelle est la résistance R équivalente à 10 lampes marquées 120 V-60 W montées en dérivation (dans les conditions de fonctionnement) ?

$$\text{Courant par lampe : } I = \frac{60}{120} = 0,5 \text{ A.}$$

$$\text{Résistance d'une lampe : } r = \frac{U}{I} = 240$$

$$R = \frac{r}{10} = 24 \Omega.$$

4) Quelle est la résistance d'un fil de cuivre de 1 mm^2 de section, de 62 mètres de longueur (à froid) ?

$$\rho = 1,6 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}^2/\text{m}$$

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

$$l = 62 \text{ m} = 0,000001 \text{ m}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2.$$

$$R = \frac{1,6 \times 10^{-8} \times 62}{10^{-6}} = 1 \Omega \text{ environ.}$$

5) Un milliampèremètre de calibre 100 mA a une résistance $r = 0,9 \Omega$.

On veut le shunter au dixième, quel shunt doit-on employer ?

Ainsi shunté il marque $60 \text{ mA} = i$.

Quel est le courant I que l'on mesure ?

$$I = 10 i.$$

Il passe i dans l'appareil et $9 i$ dans le shunt.

$$\text{donc } s = \frac{r}{9} = 0,1 \Omega.$$

$$I = 60 \text{ mA} \times 10 = 600 \text{ mA} = 0,6 \text{ A.}$$

6) Un voltmètre a un calibre de 15 V et une résistance $R = 10\,000 \Omega$.

Quelle résistance r doit-on lui ajouter en série pour que son calibre soit porté à 150 V ?

$$i_{\text{maximal}} = \frac{15}{10\,000}$$

$$U' = 150 = (R + r) \times i$$

$$\text{soit } R + r = 100\,000 \Omega$$

$$\text{et } r = 90\,000 \Omega.$$

magnétisme - électromagnétisme

intentions pédagogiques

- Mettre en évidence le magnétisme et le définir.
- Etudier les grandeurs qui permettent de caractériser cette notion, et qui sont l'induction et le flux magnétique.
- Revenir sur les effets magnétiques d'un courant.
- Visualiser quelques spectres magnétiques.

contenu de l'émission

I — NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Le magnétisme est un chapitre nouveau et il faut le définir à l'aide de grandeurs nouvelles.

Rappelons d'abord quelques constatations fondamentales
1^{re} constatation : un aimant attire la limaille de fer. Cette attraction ne se produit qu'en deux zones de l'aimant appelées les pôles.

2^e constatation : à la surface de la terre une aiguille aimantée, qui est un petit aimant mobile autour d'un axe, prend une direction bien définie.

Ceci a conduit à appeler le pôle de l'aiguille aimantée, orientée vers le nord terrestre, pôle Nord, l'autre pôle, orienté vers le sud terrestre, pôle Sud.

Application : la boussole.

Conséquence : notion de champ magnétique.

Lorsqu'une aiguille aimantée se déplace, on met en évidence des forces magnétiques et on dit que l'aiguille est placée dans un champ magnétique, c'est-à-dire dans une région où l'on peut mettre en évidence des phénomènes magnétiques.

Exemple : la surface de la terre se trouve dans le champ magnétique terrestre.

3^e constatation : un champ magnétique peut être créé par un aimant ou par un courant (voir les effets électromagnétiques des courants).

4^e constatation : l'aimantation d'une substance est possible si le corps est ferromagnétique :

exemples de corps ferromagnétiques :

- le fer, le cobalt, le nickel,
- alliages divers comportant ces mêmes corps.

II — ÉTUDE DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Pour caractériser le champ magnétique, on utilise provisoirement la force s'exerçant sur le pôle Nord d'un barreau aimanté.

En un point donné, le champ est défini à l'aide d'un vecteur dont les caractéristiques sont les suivantes :

- direction : celle de la force s'exerçant sur le pôle Nord,
- sens : celui de cette même force,
- point d'application : le point considéré,
- intensité à définir ultérieurement.

Cette grandeur est appelée l'**induction magnétique**.

Unité d'induction : le tesla (symbole T).

Conséquence : orientation d'une aiguille aimantée dans un champ magnétique : elle s'oriente en prenant la direction

→
 du vecteur B . Et le sens Sud-Nord défini par les deux pôles de l'aiguille, est le même que le sens de l'induction magnétique.

Application : étude qualitative des champs magnétiques.

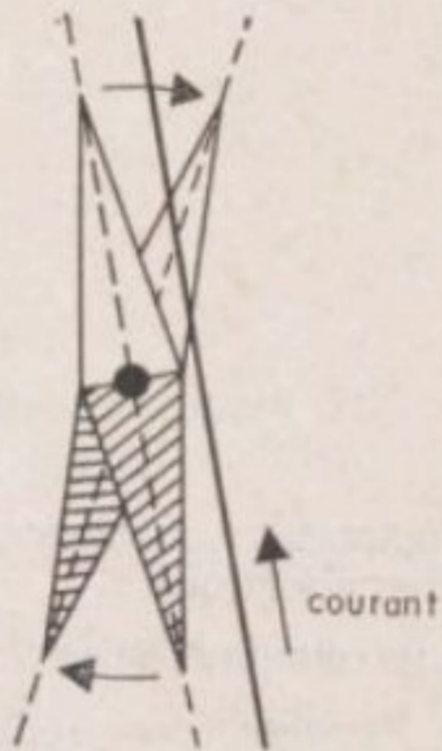
— Une aiguille aimantée très petite appelée magnétomètre est utilisée pour donner la direction et le sens de l'induction magnétique en un point d'un champ magnétique.

— Plusieurs magnétomètres permettent d'observer, au même instant, l'induction magnétique en plusieurs points d'un champ magnétique.

— On peut utiliser pour cette exploration des grains de limaille de fer. Par aimantation induite, en entrant dans le champ magnétique, ils deviennent autant de petits aimants. On visualise le champ magnétique ainsi. On dit qu'on réalise un **spectre magnétique**.

III — CHAMP MAGNÉTIQUE, CRÉÉ PAR UN COURANT, DANS L'AIR (OU LE VIDE)

1) Expérience d'Oersted :



Au-dessus d'une aiguille aimantée, et parallèlement à celle-ci, on place un conducteur rectiligne.

Lorsqu'un courant parcourt le conducteur, on observe une déviation de l'aiguille.

On explique ce déplacement par l'existence d'un champ magnétique que crée le courant qui parcourt le conducteur. La règle de l'**Observateur d'Ampère** permet de déterminer le sens du déplacement lorsque le sens du courant est connu.

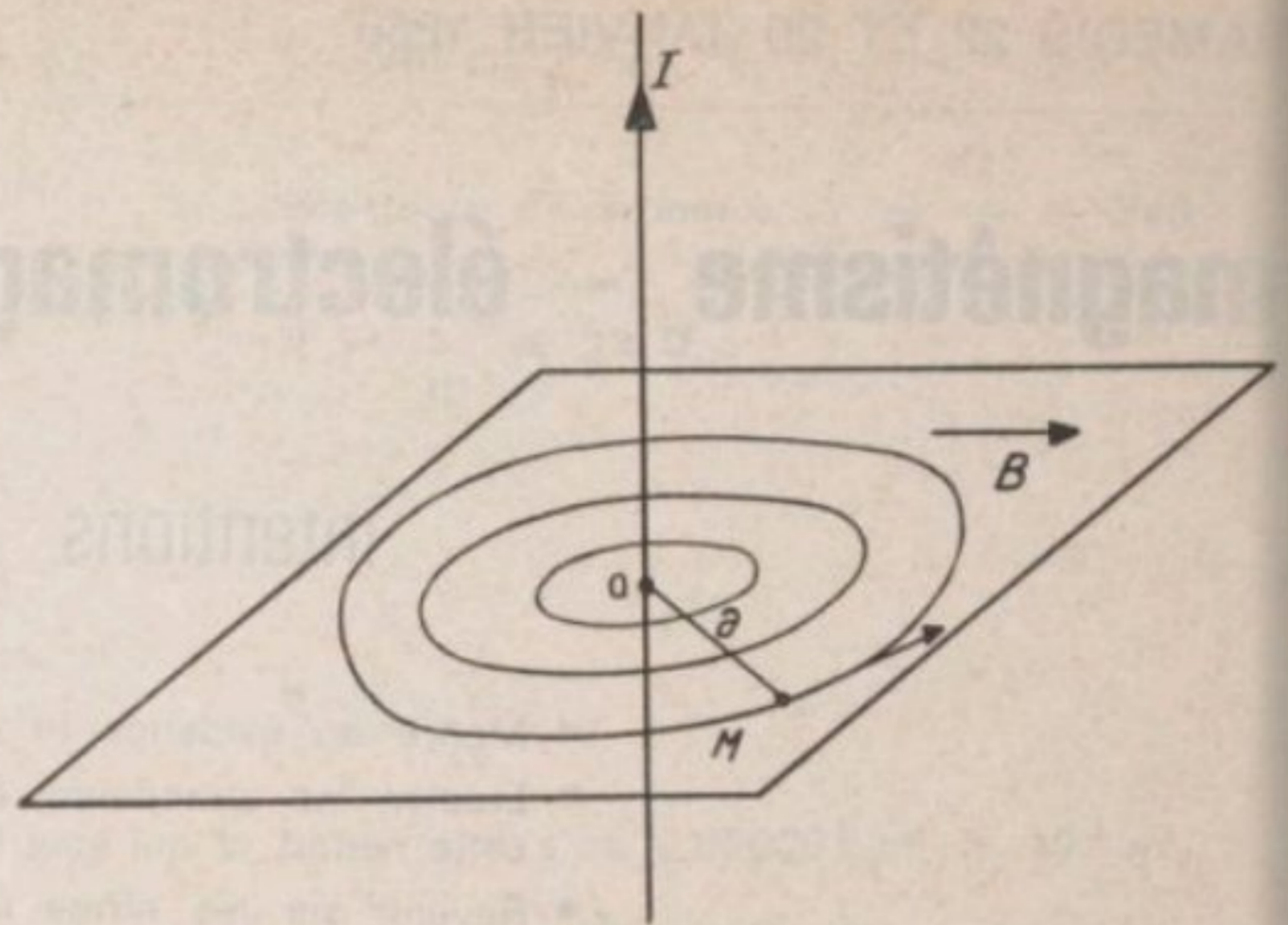
Cet observateur, couché sur le conducteur, est traversé par le courant des pieds vers la tête.

Règle : l'observateur d'Ampère, regardant le pôle Nord de l'aiguille aimantée, voit ce pôle se déplacer vers sa gauche.

2) Etude du champ magnétique créé par un courant circulant dans un conducteur rectiligne.

Cette étude est possible grâce aux spectres magnétiques que l'on peut réaliser. Les grains de limaille dessinent des lignes appelées lignes d'induction.

Les lignes d'induction sont des **circonférences** admettant pour axe le conducteur.



(On rencontre de telles lignes dans tous les spectres et ce sont toujours des courbes fermées.)

La valeur de l'induction B au point M situé dans l'air à la distance x du conducteur, est donnée par la relation

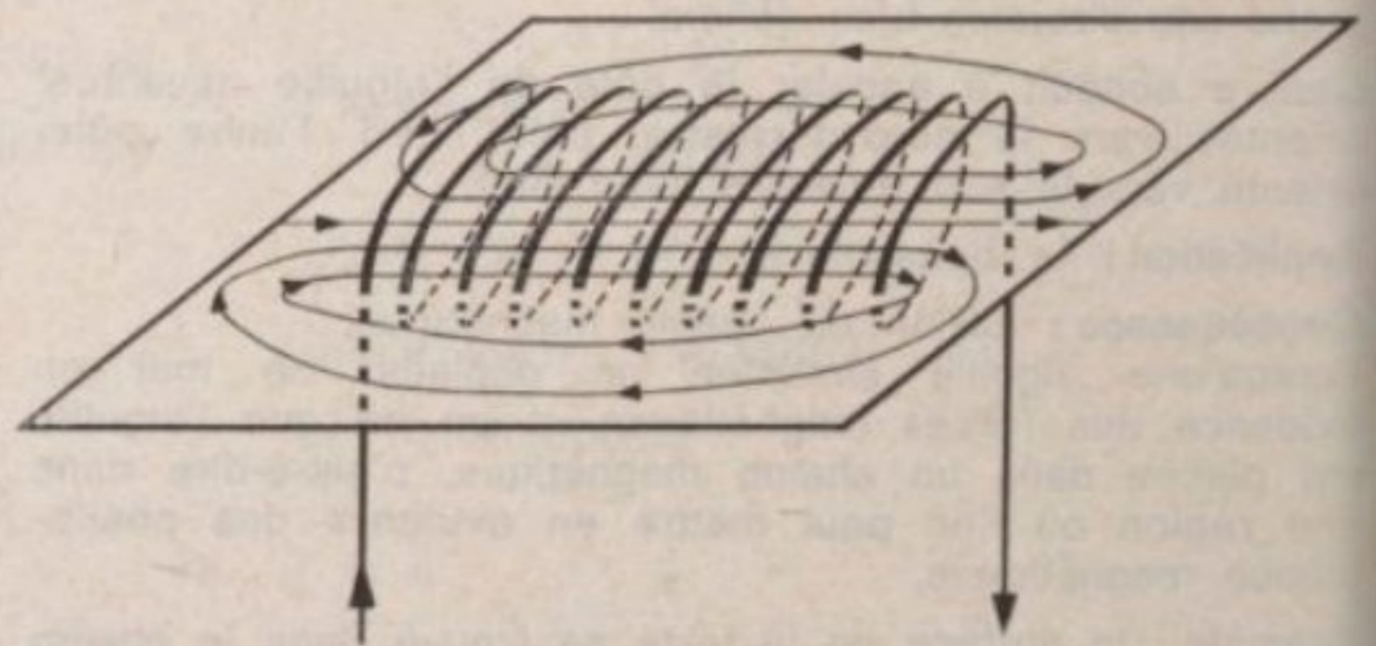
$$B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{x}$$

I exprimé en ampères,
 x exprimé en mètres.

3) Etude du champ magnétique créé par une bobine longue.

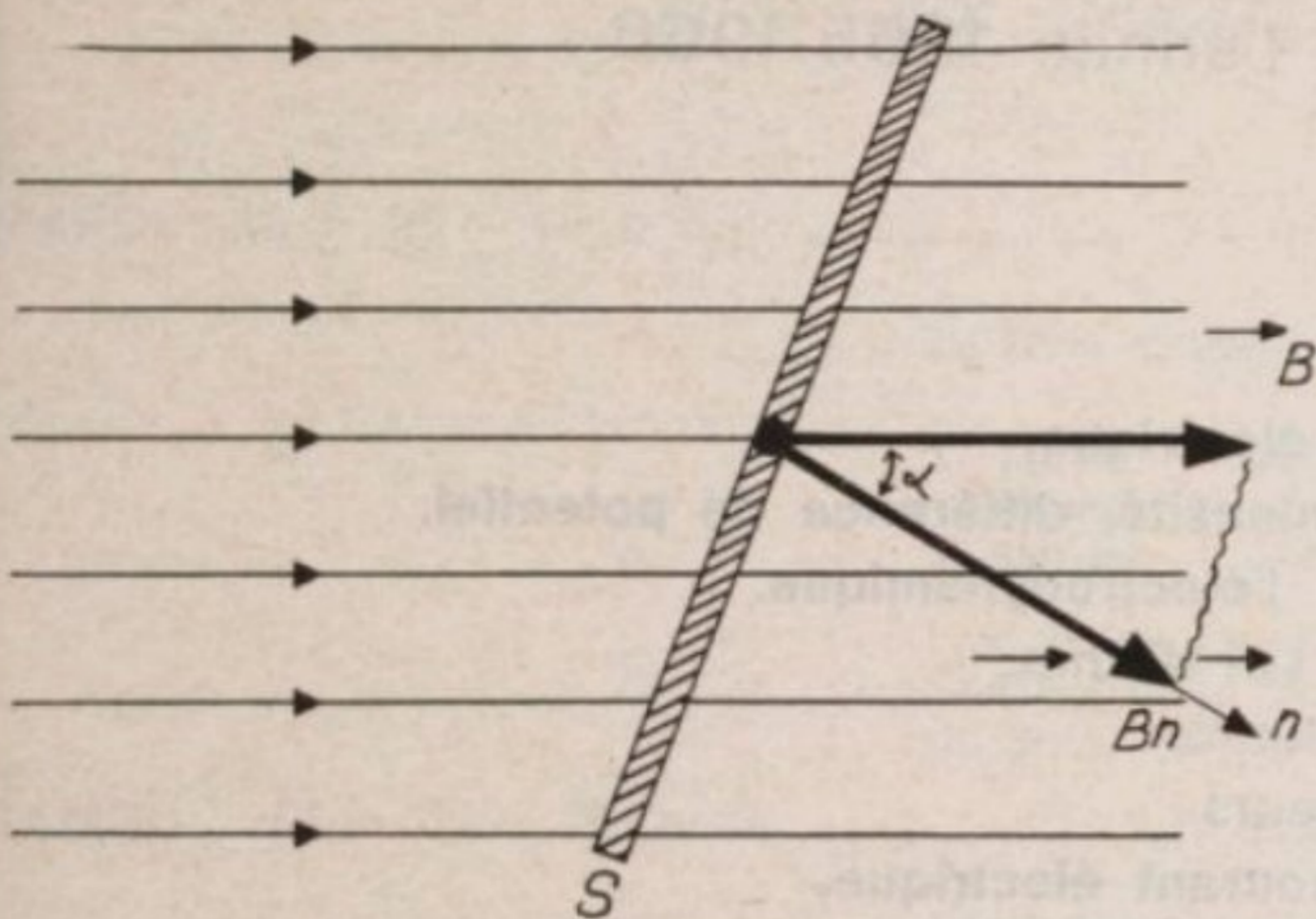
On appelle ainsi des bobines dont la longueur vaut plus de 10 fois le diamètre. On les nomme aussi solénoïdes.

Le spectre magnétique obtenu montre que les lignes d'induction sont des droites parallèles à l'intérieur du solénoïde (champ uniforme).



A l'extérieur, le spectre ressemble à celui d'un aimant droit. Ceci amène à définir une face Nord et une face Sud pour la bobine.

La règle suivante permet de les déterminer. La face Nord du solénoïde est à la gauche de l'observateur d'Ampère placé sur un fil d'une spire quelconque, et regardant l'axe de la bobine. Au centre d'un solénoïde, possédant n spires



par mètre, et placé dans l'air, l'induction est égale à :

$$B = 4 \pi \cdot 10^{-7} n I$$

I exprimé en ampères.

IV — FLUX D'INDUCTION

Considérons une surface S placée dans un champ d'induction uniforme (schéma ci-contre).

On appelle flux d'induction magnétique à travers la surface S le produit de l'aire S par la composante normale Bn de l'induction magnétique B .

On représente le flux d'induction par la lettre φ (lire phi).

$$\varphi = Bn \cdot S$$

$$\text{ou } \varphi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

Unité de flux :

$$\alpha = 0, B = 1 \text{ T}, S = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Alors } \varphi = 1 \text{ Wb}$$

L'unité de flux est le weber (symbole Wb).

Mesure du flux : au fluxmètre.

questionnaire

Questions - Calculer :

1. Champ d'induction au centre d'un solénoïde parcouru par un courant d'intensité $I = 20 \text{ A}$. Nombre de spires par mètres : $n = 1000$.
2. Champ d'induction à la distance $x = 2 \text{ cm}$ du fil rectiligne parcouru par un courant de 20 A .
3. Composante normale d'une induction de 2 teslas dont la direction fait un angle de 60° avec la direction de la normale à la surface S (fig. 4).
4. Flux à travers une surface de 200 cm^2 normale aux lignes d'induction en un point d'un champ uniforme où l'induction est de 1 tesla.
5. Même question si la normale à la surface fait un angle de 60° avec la direction des lignes d'induction.
6. Même question, mais l'angle n'est plus que de 30° .

Réponses

$$B = 25 \cdot 10^{-3} \text{ tesla.}$$

$$B = 2 \cdot 10^{-4} \text{ tesla.}$$

$$Bn = 1 \text{ T}$$

$$\varphi = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\varphi = 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\varphi = 1,73 \cdot 10^{-2} \text{ Wb.}$$

Fiche pédagogique établie par M. Merat.

cours pratique d'électricité

Programme prévu pour 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 (11 et 18 décembre 1965).**
- Emission 10 — **Montage d'éléments en dérivation (8 et 15 janvier 1966).**
- Emission 11 — **Magnétisme et électromagnétisme (22 et 29 janvier 1966).**
- Emission 12 — **Force électromagnétique (5 et 12 février 1966).**

- 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 du courant alternatif.**
- Emission 20 — **Courants polyphasés.**
- Emission 21 — **Transformateurs statiques.**
- Emission 22 — **Alternateurs et moteurs synchrones.**
- Emission 23 — **Moteurs asynchrones.**
- Emission 24 — **Générateur de courant continu.**
- Emission 25 — **Moteurs à courant continu.**
- Emission 26 — **Redresseurs.**

N. B. Ce programme est donné à titre indicatif, les responsables pouvant être amenés, en cours d'année, à modifier les titres, le numérotage et la progression de ces émissions. Se reporter au sommaire publié en page II (couverture) de chacun des livrets d'accompagnement. En encadré, les quatre émissions qui, à titre d'essai, seront diffusées deux samedis consécutifs.

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.

- 11 janvier — Quantité de mouvements et applications.
- 18 janvier — Transformations de l'énergie : problèmes d'actualité.
- 25 janvier — Analyse de mouvements (1) : les méthodes.

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

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.

- 8 janvier — Philosophie et morale.
- 15 janvier — La Révolution dans la civilisation de l'Europe (1).
- 22 janvier — La Révolution (2).
- 29 janvier — Peut-on encore être stoïcien ?

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^e.

SAMEDI 10 h 40 - 11 h 10 ——— ANGLAIS

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

- 8 janvier — On the train.
- 15 janvier — At the Town Hall.
- 22 janvier — The darts match.
- 29 janvier — The cuff-links.

DIMANCHE 9 h - 9 h 30 ——— ANGLAIS

« WALTER AND CONNIE ». Niveau élémentaire.

- 2 janvier — Walter and Connie as cooks.
- 9 janvier — Walter and Connie as baby sitters.
- 16 janvier — Walter and Connie at the office.
- 23 janvier — Walter the businessman.
- 30 janvier — Walter and Connie at the changing of the guard.

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

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^e) — C.C.P. 9060-06 Paris