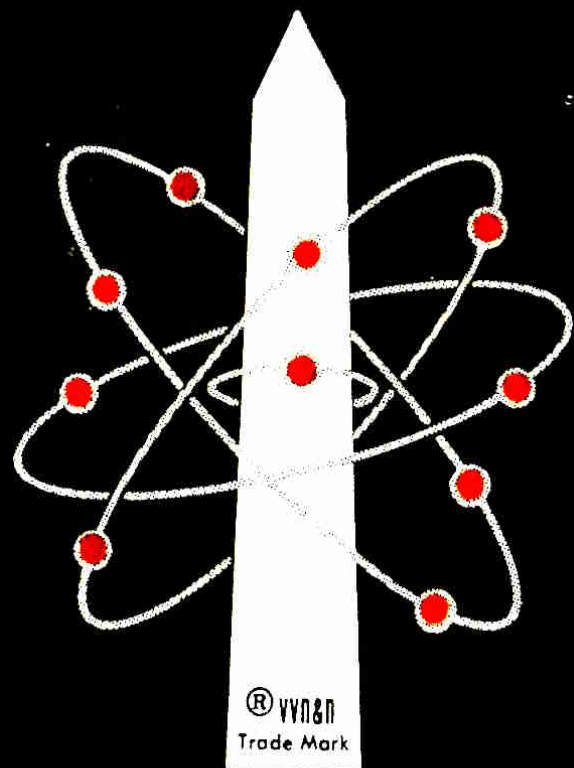


NOOGER & NEVILLE, INC

**VOL  
1**



COMMON-CORE

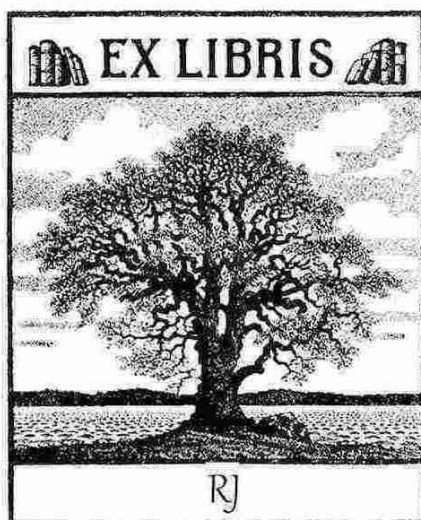
# L'ÉLECTRONIQUE

*Introduction à l'électronique - Lampes à deux électrodes - Redresseurs secs - Qu'est-ce qu'un circuit d'alimentation - Filtres, régulateurs de tension.*

EDITIONS GAMMA

# ÉLECTRONIQUE

Tome 1





# **PROGRAMME COMMON-CORE**

## **ÉLECTRICITÉ**

1. D'où vient l'électricité — Action de l'électricité — Courant, tension, résistance — Magnétisme — Appareils de mesure pour courant continu.
2. Circuits en courant continu — Lois d'Ohm et de Kirchhoff — Puissance électrique.
3. Courant alternatif — Résistance, inductance, capacité en courant alternatif — Réactance — Appareils de mesure pour courant alternatif.
4. Impédance — Circuits en courant alternatif — Résonance série et résonance parallèle — Transformateurs.
5. Génératrices et moteurs à courant continu — Alternateurs et moteurs à courant alternatif — Dispositifs contrôleurs de puissance.

## **ÉLECTRONIQUE**

1. Introduction à l'électronique — Lampes à deux électrodes — Redresseurs secs — Qu'est-ce qu'un ensemble d'alimentation — Filtres régulateurs de tension.
2. Introduction aux amplificateurs — Triode — Tétrode et pentodes — Amplificateurs de tension et de puissance basse fréquence.
3. Amplificateurs vidéo — Amplificateurs haute fréquence — Oscillateurs.
4. Émetteurs — Lignes de transmission et antennes — Émission d'ondes entretenues et modulation d'amplitude.
5. Antennes de réception — Détecteurs et mélangeurs — Récepteurs à amplification directe — Récepteurs superhétérodynes.
6. Électronique de l'état solide — Diodes à semi-conducteurs — Fonctionnement d'un transistor — Circuits de transistors — Récepteurs à transistors — Principes de la modulation de fréquence — Émetteurs à modulation de fréquence — Récepteurs à modulation de fréquence.

## **SYSTÈMES DE SYNCHRONISATION ET SERVOMÉCANISMES**

1. Introduction aux systèmes d'asservissement — Synchro-machines — Synchro-différentiel, Selsyns — Introduction aux servomécanismes — Construction d'un servomécanisme.
2. Détecteurs d'erreurs — Servomoteurs et servoamplificateurs — Thyatron et circuits de commande — Système Ward Leonard et système de commande amplidyne —

## PRÉFACE

*Le développement de l'électricité et de l'électronique est surprenant et nous assistons actuellement à une infiltration rapide de ces techniques dans presque toutes les activités de la vie moderne.*

*Ce progrès inattendu réalisé dans les laboratoires exige une formation d'un nombre de plus en plus important de techniciens capables d'en suivre le développement.*

*Il devient donc urgent de constituer des équipes spécialisées pouvant assurer une exploitation rationnelle et un entretien efficace d'un matériel électronique nouveau et parfois révolutionnaire.*

*L'utilisation de ce matériel devenant de jour en jour grandissante et tendant à être universelle, tous les pays et particulièrement ceux qui sont techniquement sous-développés doivent faire un effort afin de former dans les plus brefs délais un personnel qualifié pour entretenir ces équipements modernes.*

*Afin que le technicien puisse se familiariser dans les meilleures conditions avec ce matériel électronique, il faut qu'il ait reçu une formation de base convenable.*

*Différentes méthodes d'enseignement peuvent être utilisées pour donner cette formation.*

*La méthode qui est, à mon avis, la plus révolutionnaire et la plus efficace est celle préconisée par Messieurs Van Valkenburgh, Nooger et Neville de New York dans leurs cours « Common-Core » d'électricité et d'électronique de base.*

*En effet, Messieurs Van Valkenburgh, Nooger et Neville ont fait des efforts dignes d'éloges pour sélectionner des mots simples et appropriés dans ces cours qu'ils ont, d'autre part, illustrés par des dessins bien suggestifs pour parvenir à une assimilation plus rapide de la part des étudiants.*

*Les étudiants qui ont suivi ces cours sont immédiatement aptes à aborder les circuits et les systèmes d'électronique compliqués.*

*Je me réjouis d'apprendre la parution en français de ces cours qui existent déjà dans les autres langues principales du monde.*

*C'est là un succès supplémentaire pour la méthode d'enseignement « Common-Core ».*

FRANS J. SOEDE

Casablanca, 1963.

# TABLE DES MATIÈRES

## Tome 1 – L'électronique

|                                                                        |       |
|------------------------------------------------------------------------|-------|
| Introduction à l'électronique . . . . .                                | 1-1   |
| Qu'est-ce qu'un circuit d'alimentation? . . . . .                      | 1-7   |
| Redresseurs à une alternance — Redresseurs secs . . . . .              | 1-17  |
| Redressement d'une alternance — Tubes redresseurs à vide . . . . .     | 1-23  |
| Redressement d'une alternance — Redresseurs à transformateur . . . . . | 1-39  |
| Circuit redresseur à double alternance ou biphasé . . . . .            | 1-45  |
| Circuits filtres . . . . .                                             | 1-52  |
| Circuits régulateurs de tension . . . . .                              | 1-81  |
| Autres types de circuits d'alimentation . . . . .                      | 1-92  |
| Caractéristiques des tubes à vide à deux électrodes . . . . .          | 1-109 |

**NOOGER & NEVILLE, INC**

*Ingénieurs conseils en organisation et en formation*

# **ÉLECTRONIQUE**

Traduit et adapté par D. LUCK,  
M. CAMUSET, professeur d'électronique  
des Écoles techniques de la Chambre de  
Commerce de Paris, professeur à l'École  
Chariat  
& P. GORJUX, professeur au  
C.E.T. de La Goulette (Tunis)

Préface de F. J. SOEDE, professeur  
à Casablanca

**1**

---

---

**Introduction à l'électronique**

**Lampes à deux électrodes**

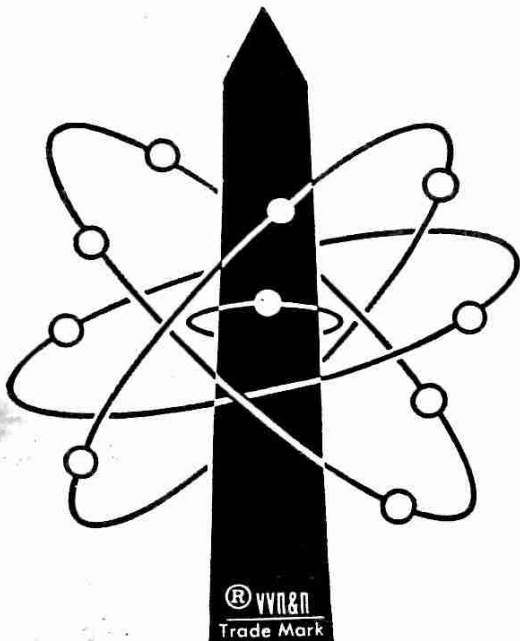
**Redresseurs secs**

**Qu'est-ce qu'un circuit  
d'alimentation ?**

**Filtres régulateurs de tension**

---

---



**COMMON-CORE**

**THE BROLET PRESS - NEW YORK  
EDITIONS GAMMA**

1, rue Garancière, Paris 6<sup>e</sup>

**Édition française, 1<sup>re</sup> édition 1963**

**© Copyright 1963 by  
Van Valkenburgh, Nooger & Neville, Inc.  
New York, U.S.A. All Rights reserved**

**1<sup>re</sup> édition hollandaise, publiée en 1961 & 1962**

**1<sup>re</sup> édition espagnole, publiée en 1958**

**1<sup>re</sup> édition portugaise, publiée en 1960**

**1<sup>re</sup> édition anglaise, publiée en 1959**

**1<sup>re</sup> édition américaine, publiée en 1955**

**Basic Electronics**

**© Copyright 1955 by  
Van Valkenburgh, Nooger & Neville, Inc.  
New York, U.S.A.  
Library of Congress (U.S.A.) Catalog Card N° 55-6984  
All Rights reserved**

**Le label « Common-Core » est une marque déposée  
par Van Valkenburgh, Nooger & Neville, Inc.  
New York, U.S.A.**

**Imprimé en Belgique  
Printed in Belgium**

# INTRODUCTION À L'ÉLECTRONIQUE

## LIVRES D'ÉLECTRICITÉ

Vous possédez maintenant des connaissances de base solides en matière d'électricité. Vous savez comment l'électricité est produite, comment le courant électronique traverse un circuit, comment on se sert d'aimants et quelles sont leurs propriétés, comment on utilise et entretient des appareils de mesure, quelles sont les caractéristiques du courant continu et celles du courant alternatif et comment fonctionnent différents types de moteurs et d'autres dispositifs électriques.

Vous avez donc toutes les connaissances de base nécessaires pour aborder l'étude d'une nouvelle matière passionnante : l'électronique.

### BASES DE L'ÉLECTRICITÉ

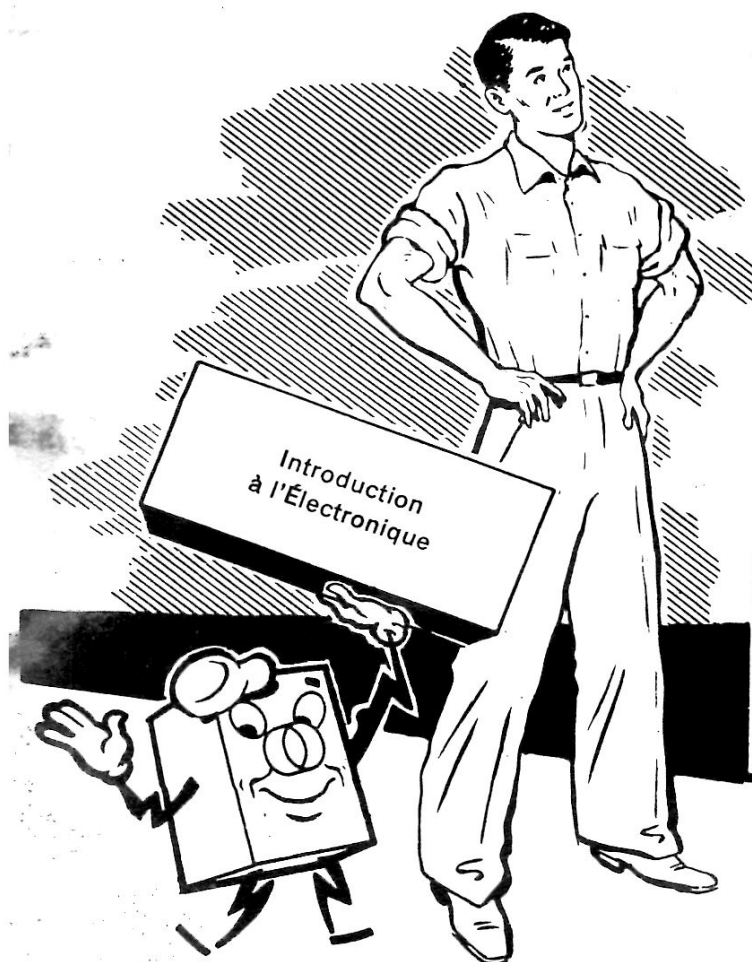
Tome 5  
Appareils  
à courant continu  
et à courant alternatif

Tome 4  
Circuits  
à courant alternatif

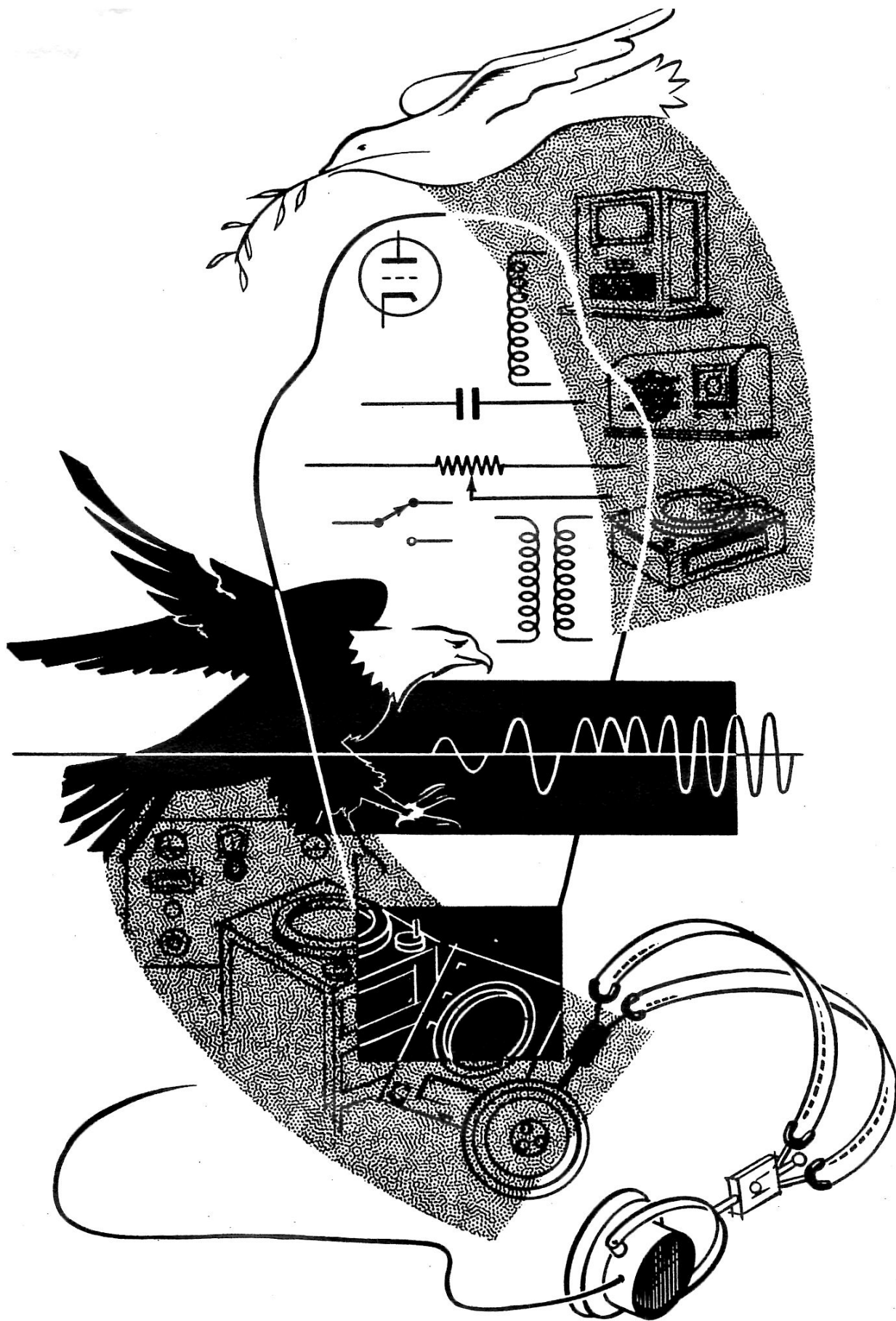
Tome 3  
Courant  
alternatif

Tome 2  
Circuits  
à courant continu

Tome 1  
Introduction  
à l'électricité





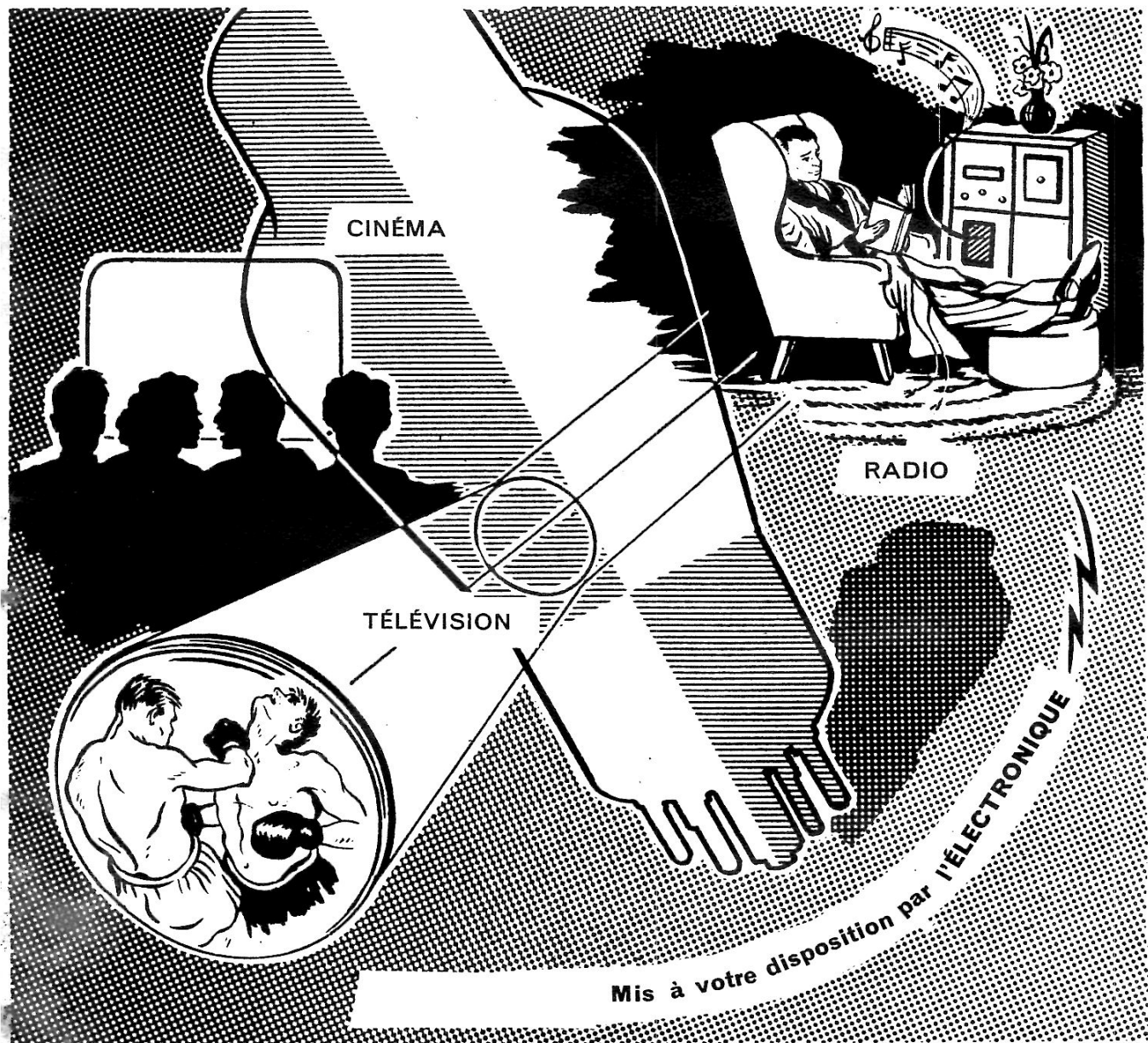


**INTRODUCTION À L'ÉLECTRONIQUE**

## QUE SIGNIFIE « ÉLECTRONIQUE » ?

Vous avez souvent entendu prononcer le mot « électronique ». Il signifie « science de l'électron ». Comme la notion de courant électronique est utilisée aussi bien dans l'étude de l'électricité que dans celle de l'électronique, vous vous demandez peut-être où se termine l'électricité et où commence l'électronique. Pour vous rendre la distinction facile, retenez simplement que l'électronique est la science qui étudie le courant électronique dans des tubes à vide ou à gaz que l'on appelle parfois « tubes électroniques ». Ainsi, l'électronique comprend l'étude de tout appareillage à « tubes ».

Plusieurs types d'appareils électroniques vous sont déjà familiers. La radio, le cinéma parlant, les électrophones, les dispositifs de sonorisation extérieure, la télévision, « l'œil magique » pour l'ouverture automatique des portes : tous ces dispositifs utilisent des « tubes » et sont désignés par la dénomination « appareils électroniques ». Evidemment, ils utilisent également différents types de circuits à courant continu et à courant alternatif ainsi que des appareils de mesure, des transformateurs, des condensateurs et tous les autres éléments que vous avez étudiés dans les Livres d'Électricité. C'est la raison pour laquelle il vous fallait un cours d'introduction avant de pouvoir continuer vos études sur l'électronique.

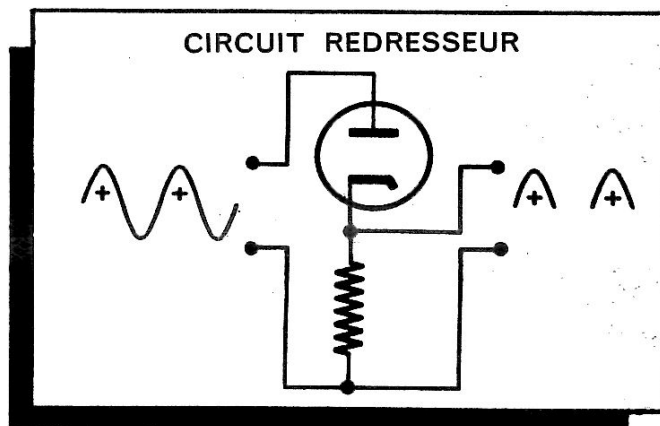


## ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE

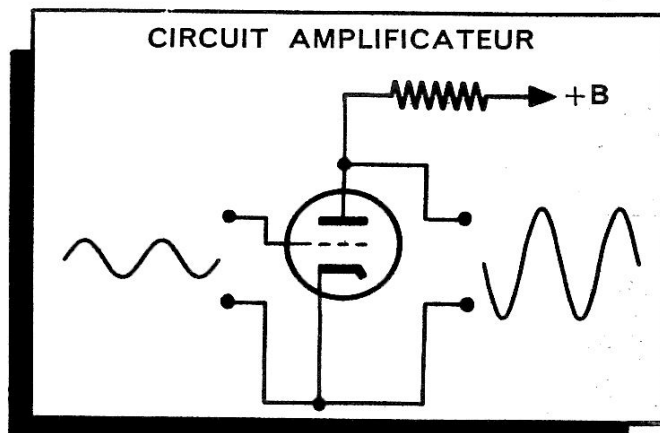
Tout appareillage électronique se compose de quelques circuits de base. Combien existe-t-il de circuits de base? Trois. Y a-t-il d'autres types de circuits qu'il vous faudra connaître? Il existe quelques circuits spéciaux qu'il vous faudra connaître lorsque vous étudierez les appareils électroniques, mais ces circuits spéciaux ne sont rien d'autre que des variantes des trois circuits électroniques de base.

Les trois circuits électroniques de base sont : le circuit redresseur; le circuit amplificateur et le circuit oscillateur.

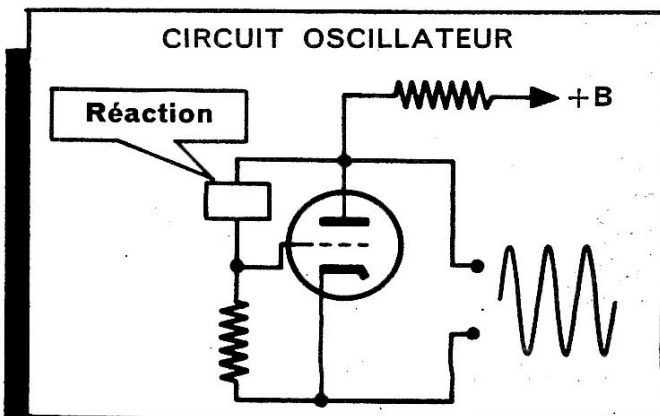
Les circuits redresseurs transforment du courant alternatif en courant unidirectionnel. Ils sont le plus souvent utilisés dans les circuits d'alimentation d'appareils électroniques qui reçoivent du courant alternatif à partir du réseau et le transforment en courant continu pour les besoins de tubes électroniques.



Les circuits amplificateurs reçoivent de faibles variations de tension et les agrandissent ou les amplifient en grandes variations de tension. Les circuits amplificateurs sont de loin les circuits les plus couramment utilisés dans l'appareillage électronique. Ils reçoivent des signaux à peine perceptibles et les amplifient jusqu'à ce qu'ils soient assez forts pour pouvoir être transmis par téléphone, par haut-parleur ou par oscilloscope.



Les circuits oscillateurs produisent du courant alternatif à la fréquence voulue. Ils servent à produire des tensions alternatives qui transmettent des signaux radioélectriques d'un lieu à un autre. Les circuits oscillateurs sont aussi couramment employés pour vérifier d'autres circuits électroniques.



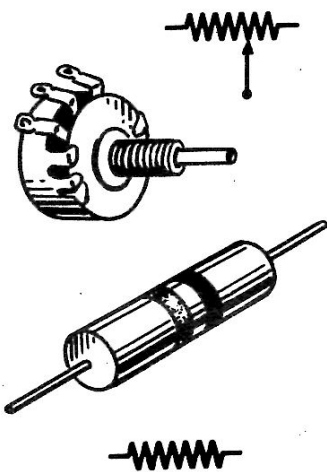
## PARTIES D'UN ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE

Maintenant que vous savez qu'il n'existe que trois types principaux de circuits électroniques dont la connaissance est indispensable (redresseurs, amplificateurs et oscillateurs), vous voudriez probablement connaître les parties qui composent ces circuits. En fait, les circuits électroniques se composent généralement de six types de dispositifs. Cinq de ces six composantes vous sont déjà familières : les résistances, les condensateurs, les bobines d'impédance, les transformateurs et les interrupteurs. Très bientôt, vous étudierez la seule composante que vous ne connaissez pas encore, le « tube à vide ».

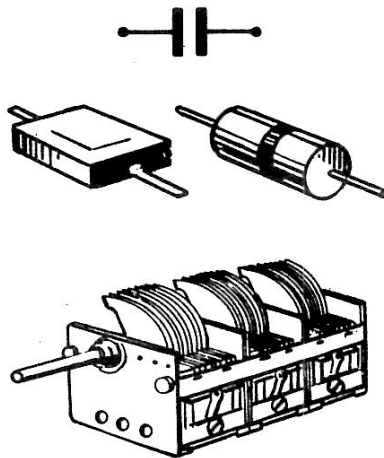
Vous voyez qu'il suffit de comprendre les trois types élémentaires de circuits électroniques et la manière dont s'y trouvent combinées les six composantes, pour comprendre tout ce qu'il vous faut savoir, pour le moment, en matière d'électronique.

### VOICI LES TYPES DE DISPOSITIFS

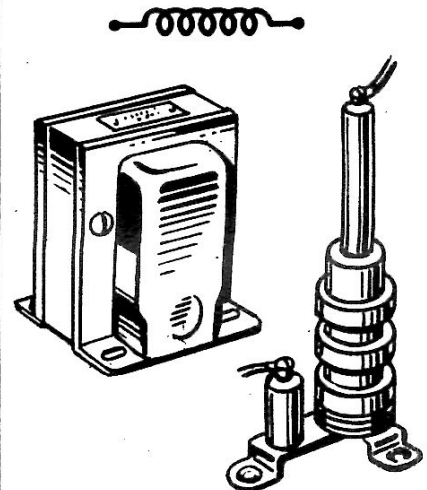
### QUI COMPOSENT LES CIRCUITS...



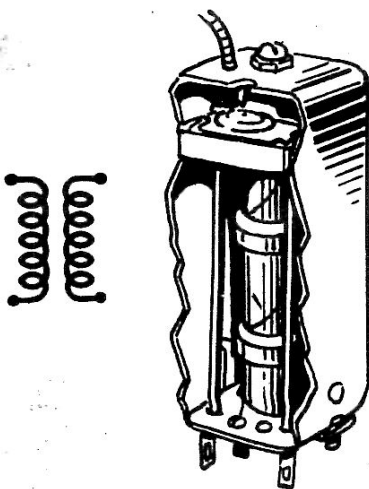
RÉSISTANCE



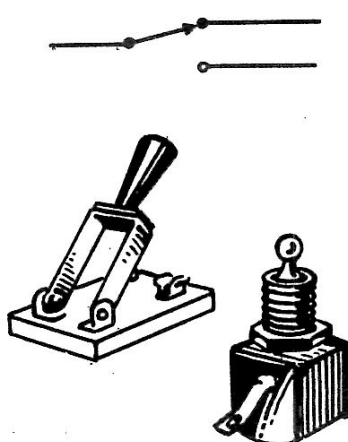
CONDENSATEUR



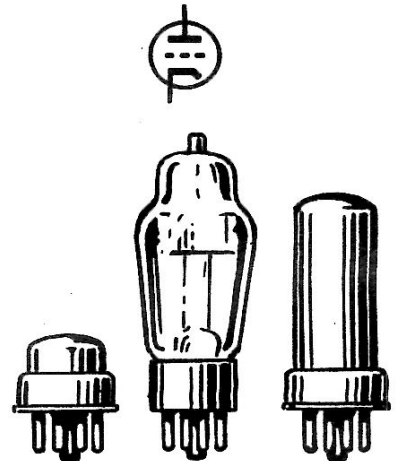
BOBINE  
D'IMPÉDANCE



TRANSFORMATEUR

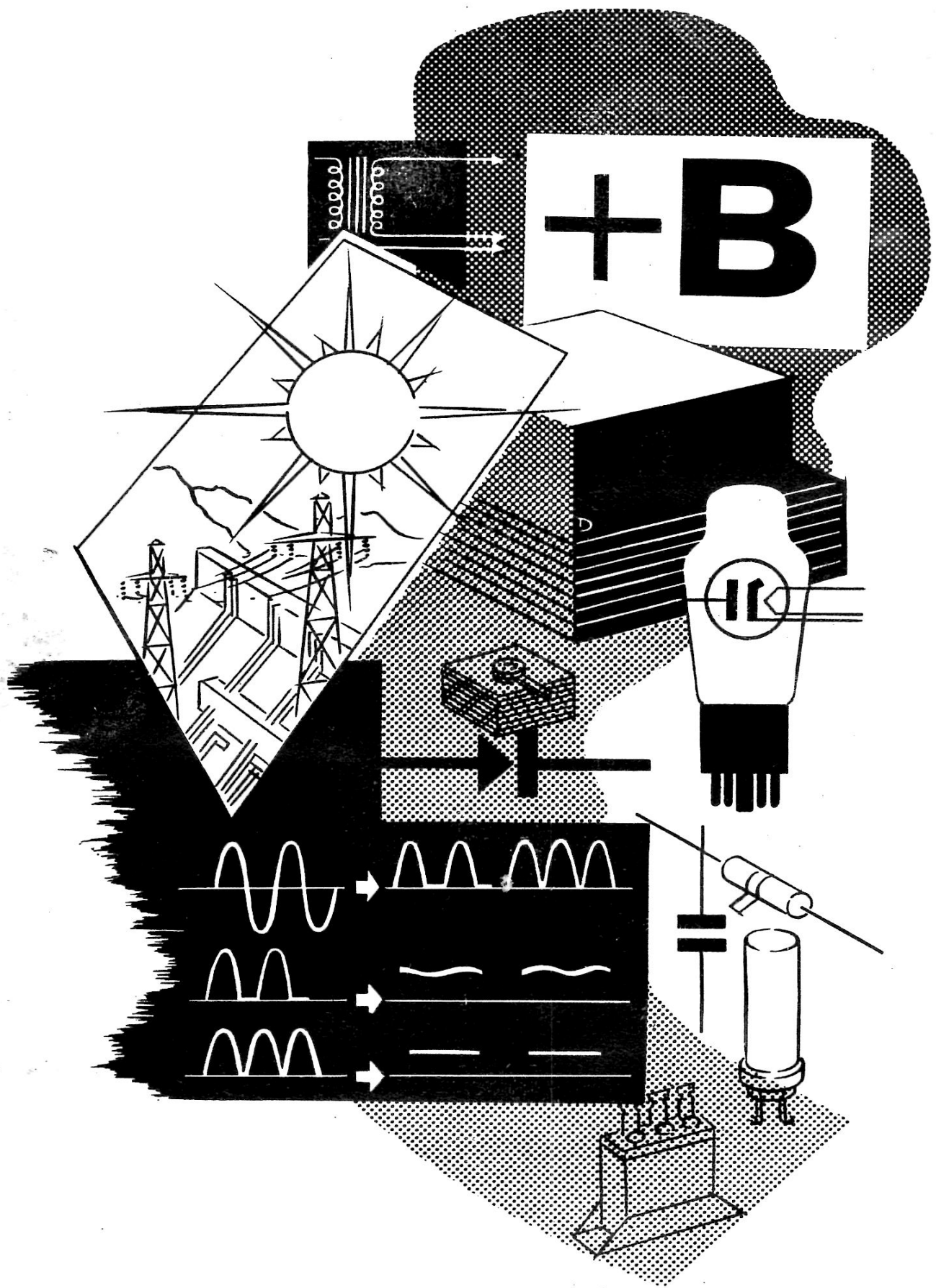


INTERRUPTEUR



TUBE À VIDE





SOURCES DE PUISSANCE

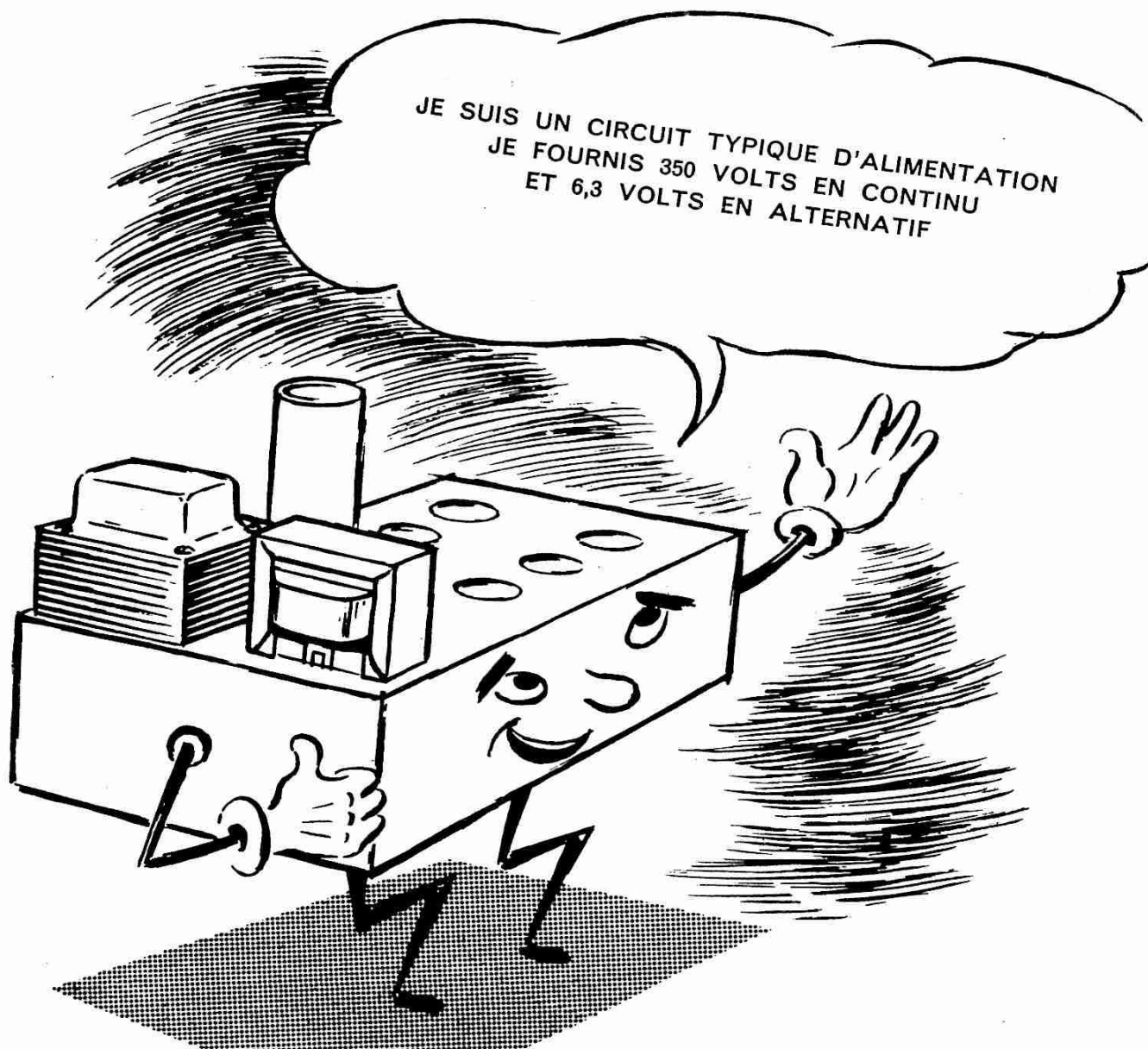




## FONCTION DES CIRCUITS D'ALIMENTATION

Prenons des exemples pratiques et essayons simplement de déterminer quelle est la fonction d'un circuit d'alimentation. Différents types d'appareils électroniques, par exemple des amplificateurs, des oscillateurs, des émetteurs et des récepteurs, comprennent différents types de circuits de tubes à vide. Ces circuits ne fonctionnent que lorsqu'ils sont alimentés en tensions alternatives et continues déterminées. Quelques exceptions mises à part, ces divers circuits de tubes à vide exigent tous environ 350 volts en continu et 6,3 volts en alternatif. Pourquoi faut-il juste ces deux valeurs de tension? Vous trouverez la réponse ultérieurement, lorsque vous étudierez ces circuits. Pour l'instant, contentez-vous de savoir qu'un circuit d'alimentation doit normalement fournir ces tensions.

Lorsque vous branchez un appareil électronique sur une prise de courant, celle-ci fournit 110 volts en alternatif. Ce n'est pas ce qu'il vous faut, car les circuits de tubes à vide exigent généralement 350 volts en continu et 6,3 volts en alternatif. Ce tome sera donc essentiellement consacré à la question de savoir comment un circuit d'alimentation transforme la tension fournie par le réseau en haute tension continue (on l'appelle en électronique tension «+B») et en basse tension alternative.



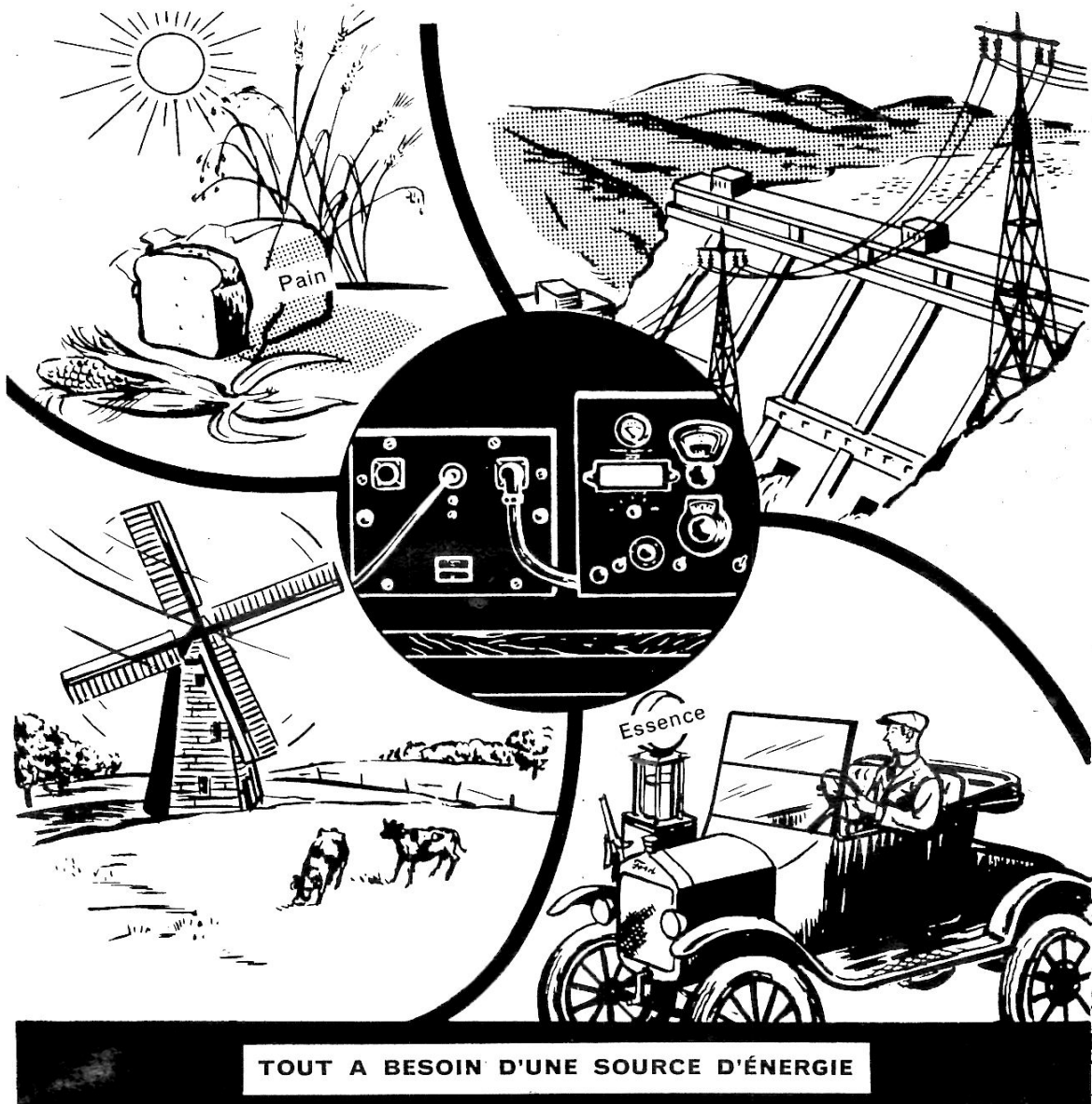


# QU'EST-CE QU'UN CIRCUIT D'ALIMENTATION?

## L'IMPORTANCE DES ENSEMBLES D'ALIMENTATION

Tout ce qui vit ou effectue un travail doit avoir une source de puissance ou un « ensemble d'alimentation ». Le soleil fournit l'énergie nécessaire pour que les plantes puissent produire des matières comestibles, et ces matières comestibles fournissent à leur tour l'énergie qui vous permet de vivre et de bouger, de parler, de courir et de penser. Dans le règne des objets non animés, le moteur du vieux modèle d'automobile fournissait l'énergie nécessaire pour propulser cette voiture de façon tout aussi sûre que les immenses turbines de Génissiat, qui aujourd'hui fournissent l'énergie nécessaire à la propulsion de générateurs électriques.

Il est évident que l'énergie, de type identique, n'est pas utilisée de la même manière dans ces différents cas. Chaque objet, qu'il soit grand ou petit, animé ou non animé, reçoit l'énergie qui lui est nécessaire à partir d'une source d'énergie primaire telle que le soleil, une chute d'eau ou une prise de courant électrique. C'est seulement après cela que l'énergie est transformée en la forme d'énergie particulière et adaptée aux besoins donnés. En électronique, une « source d'énergie » est un circuit ou un dispositif qui transforme la puissance électrique primaire en quantité de courant alternatif ou continu que nécessitent les différents types de circuits électroniques.



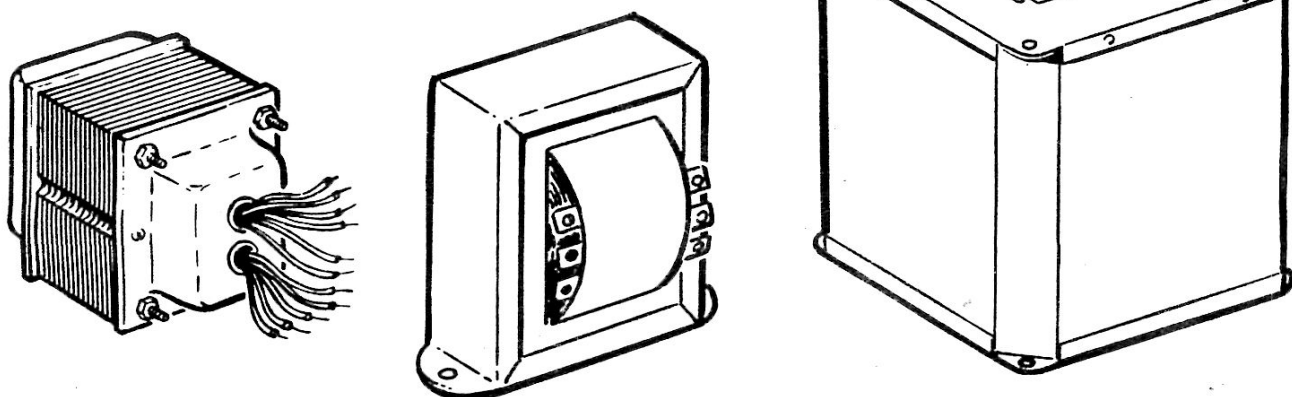
TOUT A BESOIN D'UNE SOURCE D'ÉNERGIE

## FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT D'ALIMENTATION — LE TRANSFORMATEUR

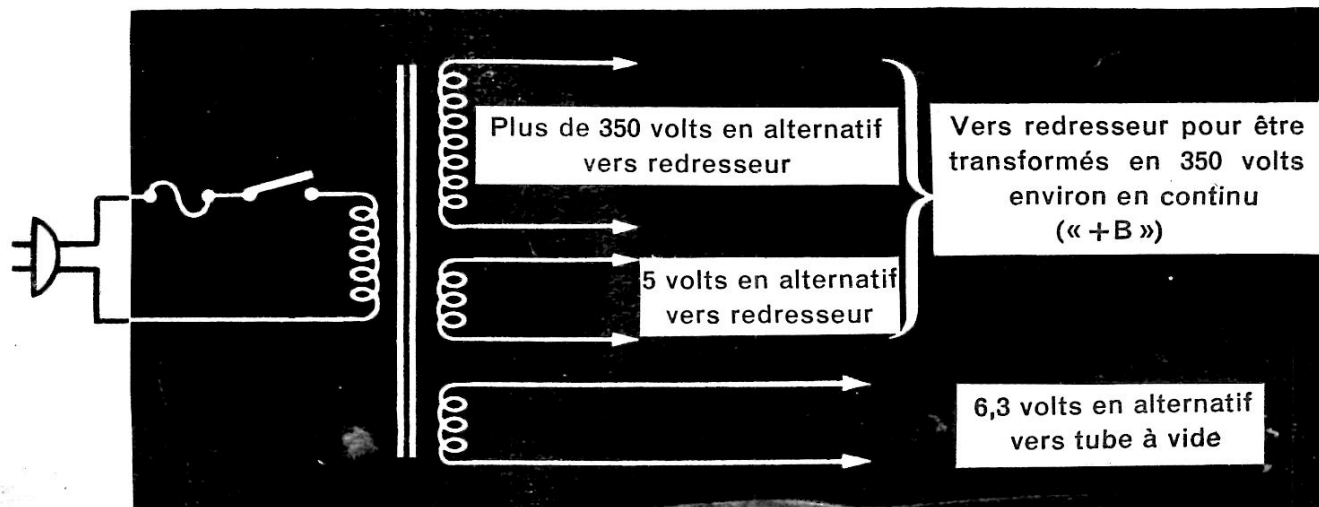
Un circuit d'alimentation typique se compose de trois éléments majeurs : un transformateur, un redresseur et un filtre.

Vous savez déjà, par vos études des Livres d'Électricité, comment fonctionne un transformateur. Un transformateur est un dispositif qui se compose de deux bobines, ou plus, de fil conducteur enroulé sur un noyau de fer. Les transformateurs sont alimentés par une tension alternative qu'ils accroissent ou diminuent selon le nombre de spires de chacun de leurs enroulements. Voici quelques-uns des transformateurs que vous trouverez dans des circuits d'alimentation d'appareils électroniques.

### TRANSFORMATEURS TYPIQUES D'ALIMENTATION



Dans un circuit typique d'alimentation, le transformateur est branché sur un réseau alternatif à 110 volts par un fusible et un interrupteur appropriés. Le transformateur fournit trois tensions de sortie alternatives, dont la première est un peu supérieure à 350 volts, la deuxième étant de 5 volts environ et la troisième de 6,3 volts. La tension de sortie de 6,3 volts en alternatif est directement utilisée pour alimenter les tubes à vide. Les deux autres tensions alimentent le circuit redresseur, où la haute tension alternative est transformée en 350 volts environ en continu. Il faut plus de 350 volts en alternatif pour obtenir 350 volts en continu, car le processus de transformation entraîne certaines pertes. Il faut donc toujours commencer par une tension plus élevée que celle que vous désirez obtenir à la sortie.

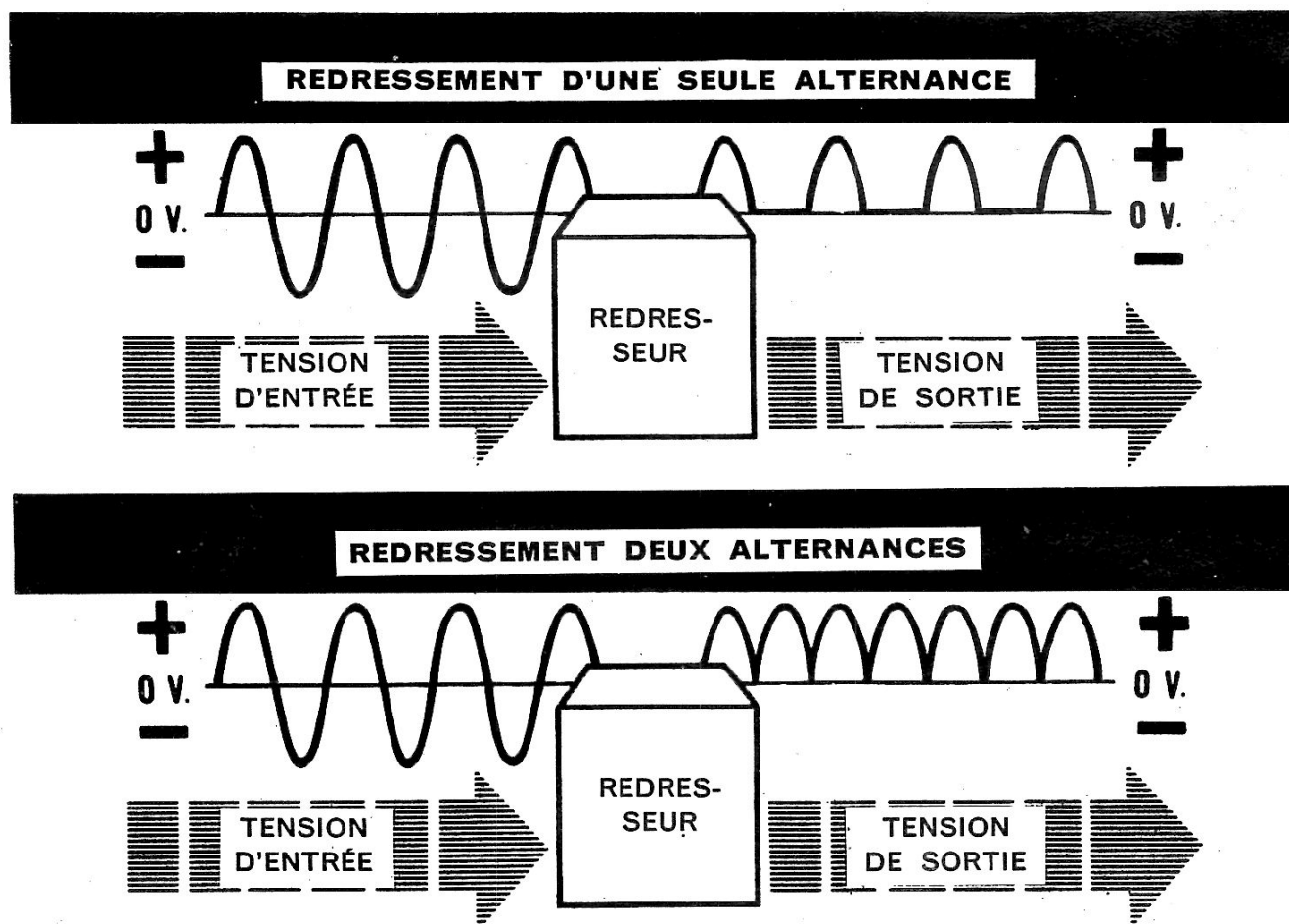


## FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT D'ALIMENTATION — LE REDRESSEUR

Jusqu'ici, vous avez appris que la tâche d'un circuit d'alimentation typique consistait à recevoir 110 volts en alternatif d'un réseau et à les transformer en environ 350 volts en continu et 6,3 volts en alternatif. Vous avez appris qu'un circuit d'alimentation se composait essentiellement d'un transformateur, d'un circuit redresseur et d'un circuit filtre, et vous avez vu quelle était la fonction du transformateur.

La fonction du redresseur consiste à transformer la haute tension alternative fournie par le transformateur en haute tension continue. La tension alternative de 5 volts fournie par le transformateur est utilisée pour chauffer le redresseur lorsque celui-ci le nécessite. Si elle n'est pas nécessaire au redresseur, cette tension de 5 volts en alternatif est supprimée par l'élimination, dans le transformateur, de l'enroulement correspondant.

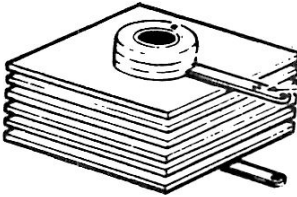
La transformation d'une haute tension alternative en haute tension continue est difficile. Tout ce qu'un redresseur peut faire, c'est transformer le courant alternatif en courant pulsé unidirectionnel comme suit :



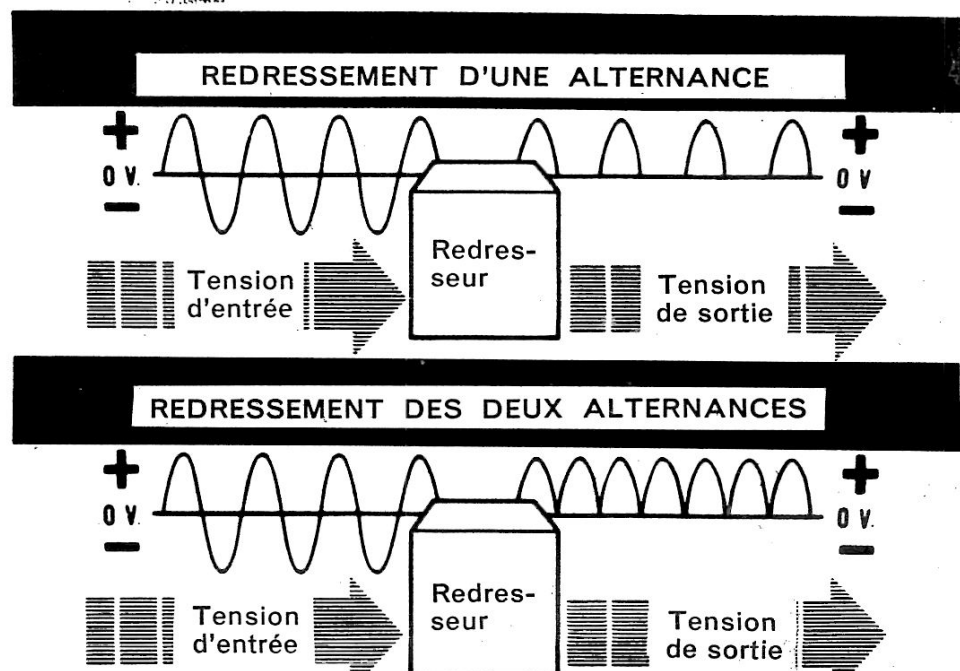
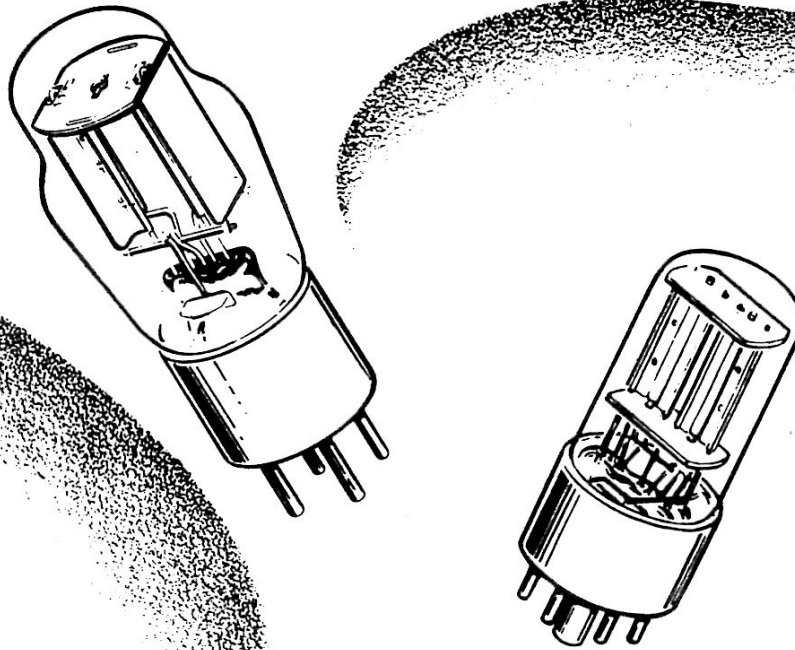
Remarquez que la tension de sortie n'est pas une tension continue constante, mais elle croît et décroît en même temps que la tension d'entrée alternative. Lorsqu'on ne laisse passer par le redresseur que les demi-périodes positives de la tension d'entrée et non pas les demi-périodes négatives, on appelle ce procédé « redressement d'une seule alternance ».

Lorsqu'on ne laisse pas seulement passer les demi-périodes positives, mais également les demi-périodes négatives qui sont transformées en demi-périodes positives, on parle de « redressement

Dans ce tome, vous travaillerez avec des redresseurs secs ou avec des redresseurs du type tube à vide. L'un et l'autre de ces types de redresseurs existent pour le redressement d'une seule alternance et pour le redressement des deux alternances. Les redresseurs du type tube à vide exigent que le transformateur comporte un enroulement à basse tension alternative qui puisse fournir au tube redresseur la tension de chauffage nécessaire. Les redresseurs secs n'exigent pas de tels enroulements.



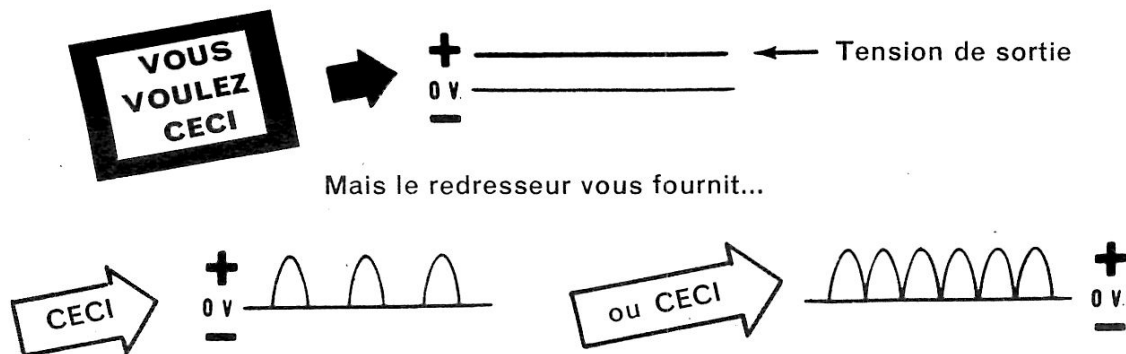
## REDRESSEURS



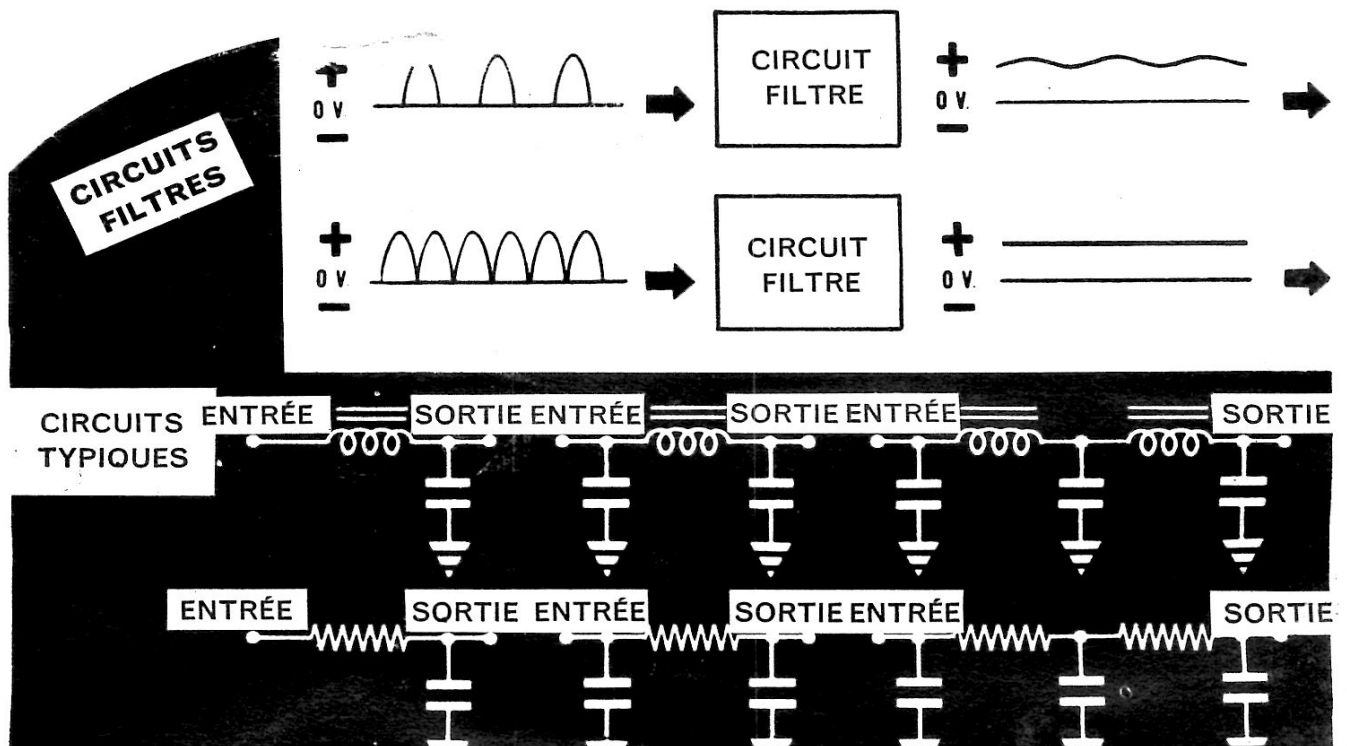
## **FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT D'ALIMENTATION — LE FILTRE**

Jusqu'ici, vous avez appris que la fonction d'un circuit d'alimentation typique consistait à recevoir du réseau une tension alternative de 110 volts et à la transformer en environ 350 volts en continu et 6,3 volts en alternatif. Vous savez également qu'un circuit d'alimentation se compose essentiellement d'un transformateur, d'un circuit redresseur et d'un circuit filtre. Vous avez vu quelle était la fonction du transformateur et du redresseur. Maintenant, vous allez pouvoir étudier le filtre.

Vous savez que la tension de sortie du redresseur est une tension pulsée unidirectionnelle. Mais il vous faut une tension continue qui soit constante à +350 volts et qui comporte le moins de pulsations possible.



Le rôle du circuit filtre consiste à éliminer les pulsations de la tension de sortie du redresseur de façon à fournir une tension peu ou pas du tout modulée. Il existe différentes formes de circuits filtres, mais ils consistent tous en des combinaisons de bobines d'impédance et de condensateurs ou de résistances et de condensateurs. Vous étudierez la façon dont ces circuits filtres éliminent les pulsations de la tension de sortie des redresseurs, lorsque vous aurez travaillé un peu avec différents circuits redresseurs.



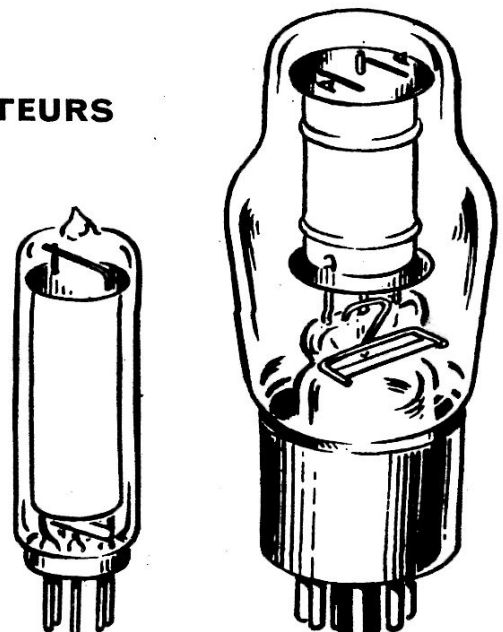
## RÉGULATEURS DE TENSION

Un circuit typique d'alimentation se compose d'un transformateur, d'un redresseur et d'un filtre. C'est tout ce qu'il faut pour obtenir la haute tension continue et la basse tension alternative nécessaires au fonctionnement de divers types de circuits électroniques. Cependant lorsqu'on prend du courant à partir de la haute tension continue d'un circuit d'alimentation, il se produit une chute de tension. Cette chute de tension est due à la résistance interne du circuit d'alimentation. Il n'est pas exceptionnel de voir la tension de sortie continue baisser de 350 à 300 volts, lorsque le courant de sortie s'accroît de 0,05 à 0,100 ampère.

Pour beaucoup de circuits électroniques, cette chute de tension n'est pas grave et ils continuent à fonctionner correctement. Il existe cependant certains types de circuits électroniques qui ne fonctionnent plus correctement lorsque les variations de tension dépassent 2 ou 3 volts. Pour ces types de circuits électroniques, le circuit d'alimentation doit comporter un circuit régulateur de tension. Lorsqu'un circuit d'alimentation comporte un circuit régulateur de tension, seuls ceux des circuits qui exigent une tension constante sont reliés au régulateur de tension, les autres circuits étant généralement reliés directement à la borne à haute tension continue non régulée.

La partie la plus importante de tout circuit régulateur de tension est le tube régulateur. Ces tubes sont construits de façon à maintenir la tension à un niveau fixe malgré d'éventuelles variations de l'intensité de courant. Il existe des tubes régulateurs pour différentes valeurs de tension continue. En utilisant différentes combinaisons de ces tubes, vous pouvez obtenir une tension constante de presque toute valeur qui peut être nécessaire.

### TUBES REGULATEURS





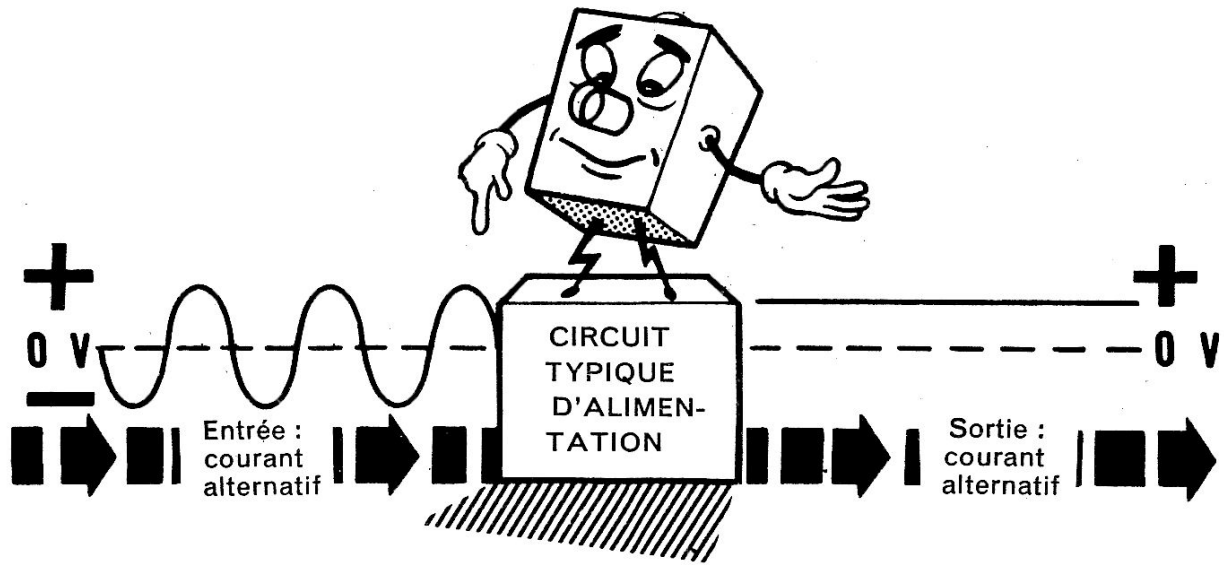
## POURQUOI EXISTE-T-IL DIFFÉRENTS TYPES DE CIRCUITS D'ALIMENTATION

Vous savez que la plupart des circuits d'alimentation se composent d'un transformateur, d'un redresseur et d'un filtre, et parfois d'un régulateur de tension. En combinant ces quelques composantes de différentes manières, vous pouvez obtenir à peu près toutes les sortes de circuits d'alimentation. Évidemment, il vous faudra tantôt de grands tubes redresseurs et de grands transformateurs, tantôt des parties extrêmement petites. Ceci n'empêche que tous les circuits comportent les mêmes composantes.

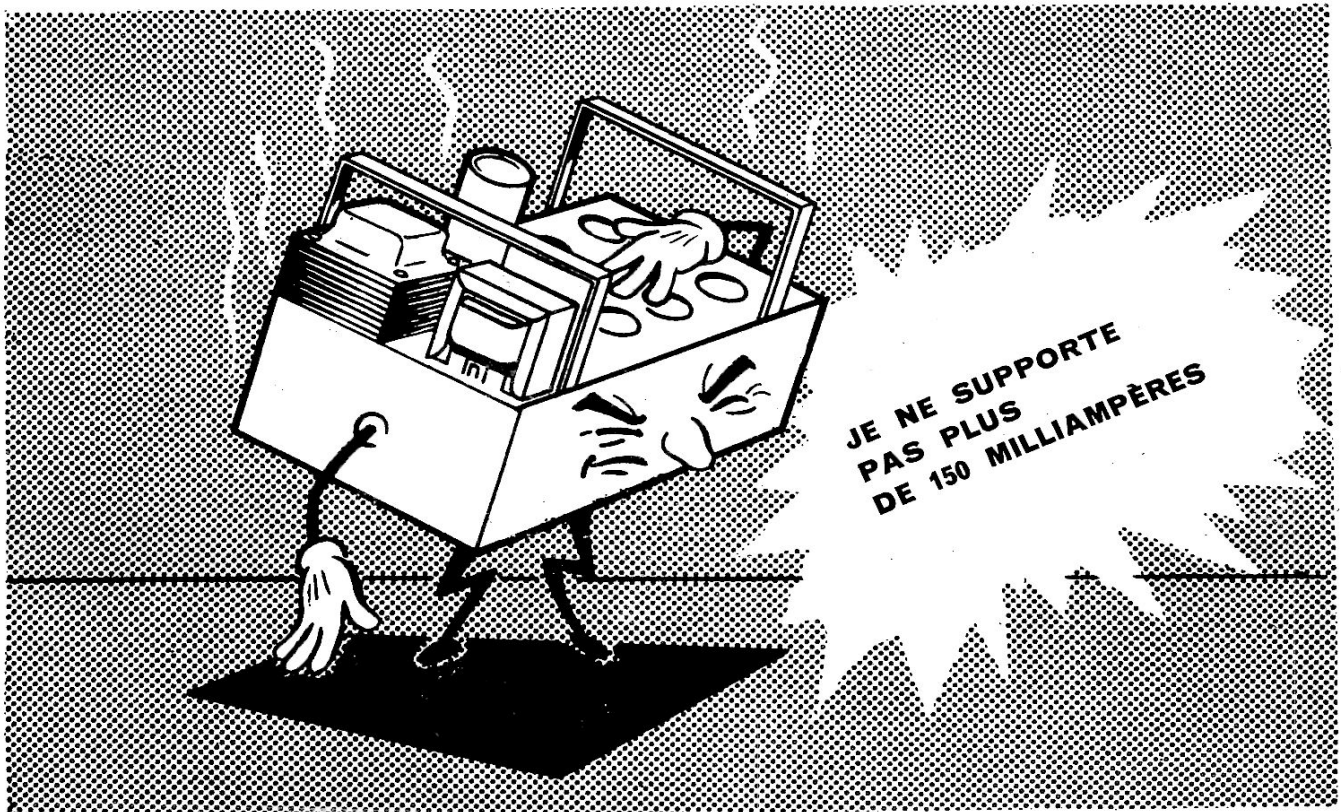




Vous vous demandez probablement pourquoi, dans différents types d'appareils, on utilise différents types d'alimentation. Après tout, leur rôle essentiel est simplement de transformer du courant alternatif en courant continu.



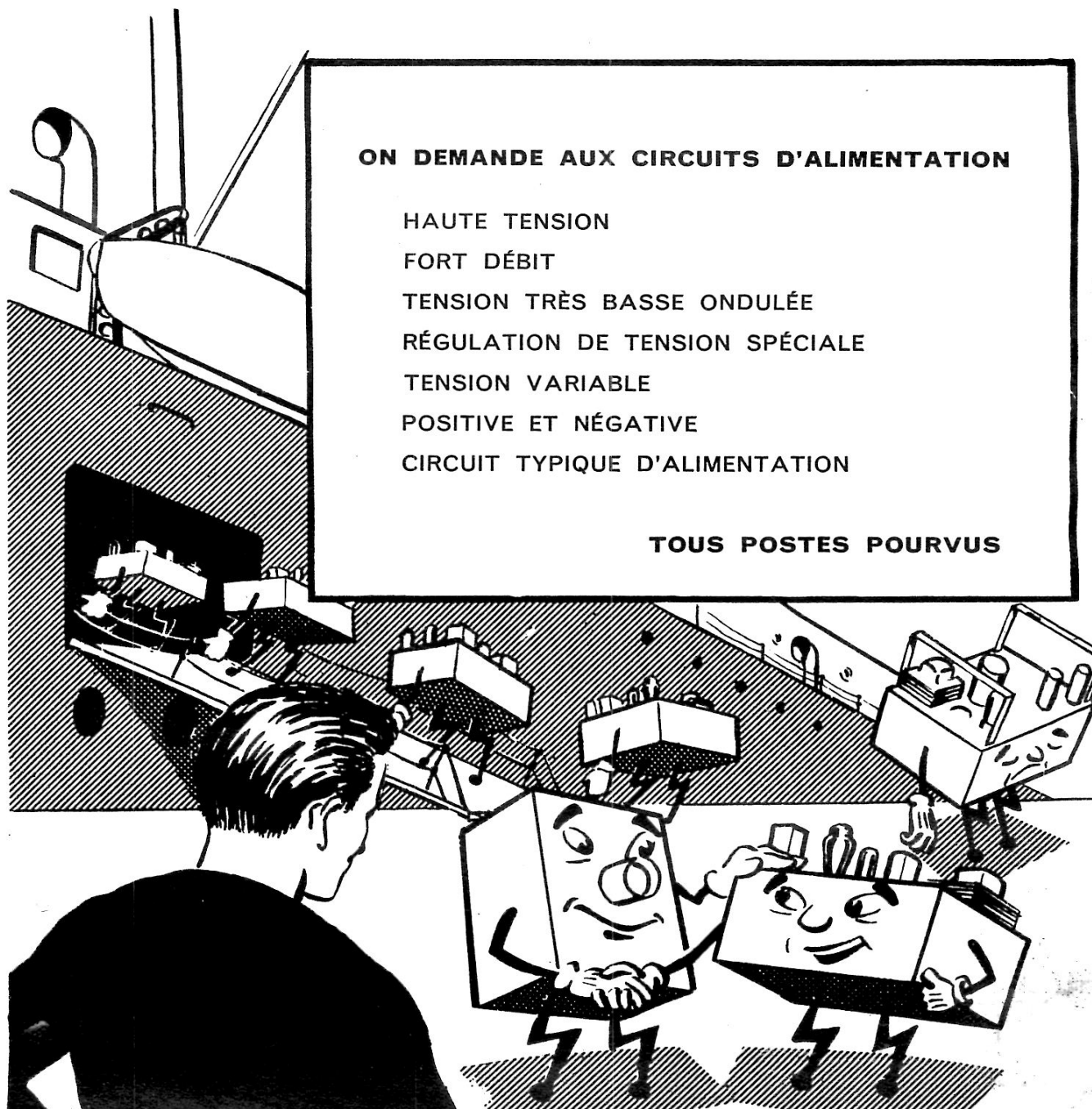
La raison pour laquelle il faut différents types d'alimentation est facile à comprendre. Si vous construisez un circuit d'alimentation, vous ne pouvez tirer de la haute tension continue plus de 150 mA de courant sous peine de voir votre circuit d'alimentation griller. Or, certains types d'émetteurs exigent de leurs circuits d'alimentation 5 000 à 10 000 mA. Certains circuits spéciaux d'oscilloscope peuvent exiger une tension de sortie continue de 10 000 volts ou plus.



Certains circuits spéciaux radar exigent des alimentations comportant une régulation de tension particulièrement bonne. Ceci signifie que la tension continue fournie par l'alimentation ne doit pas varier de plus de 1 ou 2 volts lorsque l'intensité de courant subit des changements.

Parfois, on a besoin de circuits d'alimentation qui fournissent non pas des tensions continues positives, mais des tensions continues négatives. Et parfois on a besoin de circuits d'alimentation qui fournissent plusieurs tensions continues positives et plusieurs tensions continues négatives. Parfois, il faut une tension ondulée très basse, etc., etc.

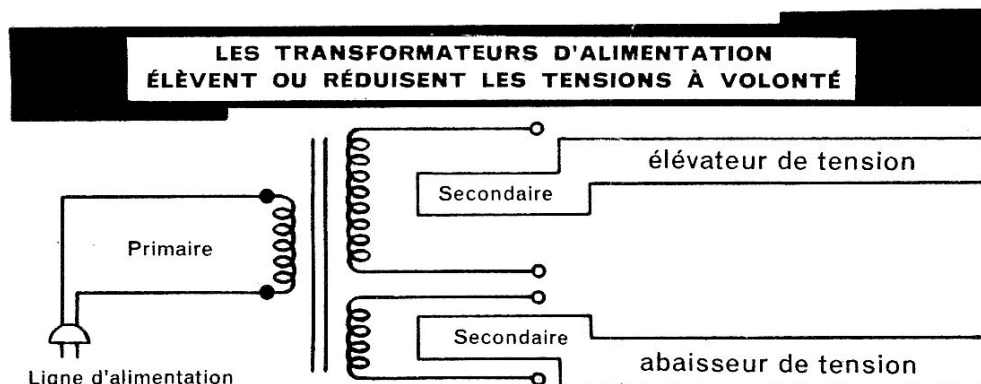
Vous voyez que les circuits d'alimentation peuvent avoir des rôles très différents.



# REDRESSEURS À UNE ALTERNANCE — REDRESSEURS SECS

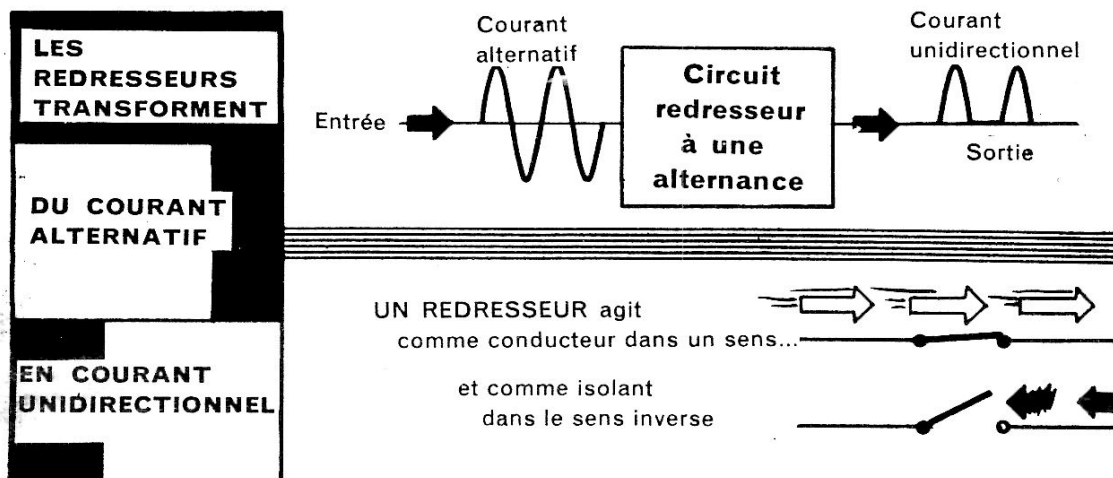
## TRANSFORMATION D'UN COURANT ALTERNATIF EN COURANT CONTINU

La plus grande partie de l'énergie électrique est distribuée par des lignes à courant alternatif, et la majorité des appareils électroniques comportent des alimentations qui transforment la tension alternative fournie en des tensions continues et alternatives qu'exigent les appareils. Il est relativement simple de transformer la tension alternative du réseau en d'autres tensions alternatives. Pour obtenir les tensions alternatives nécessaires, on utilise des transformateurs élévateurs ou des transformateurs abaisseurs.



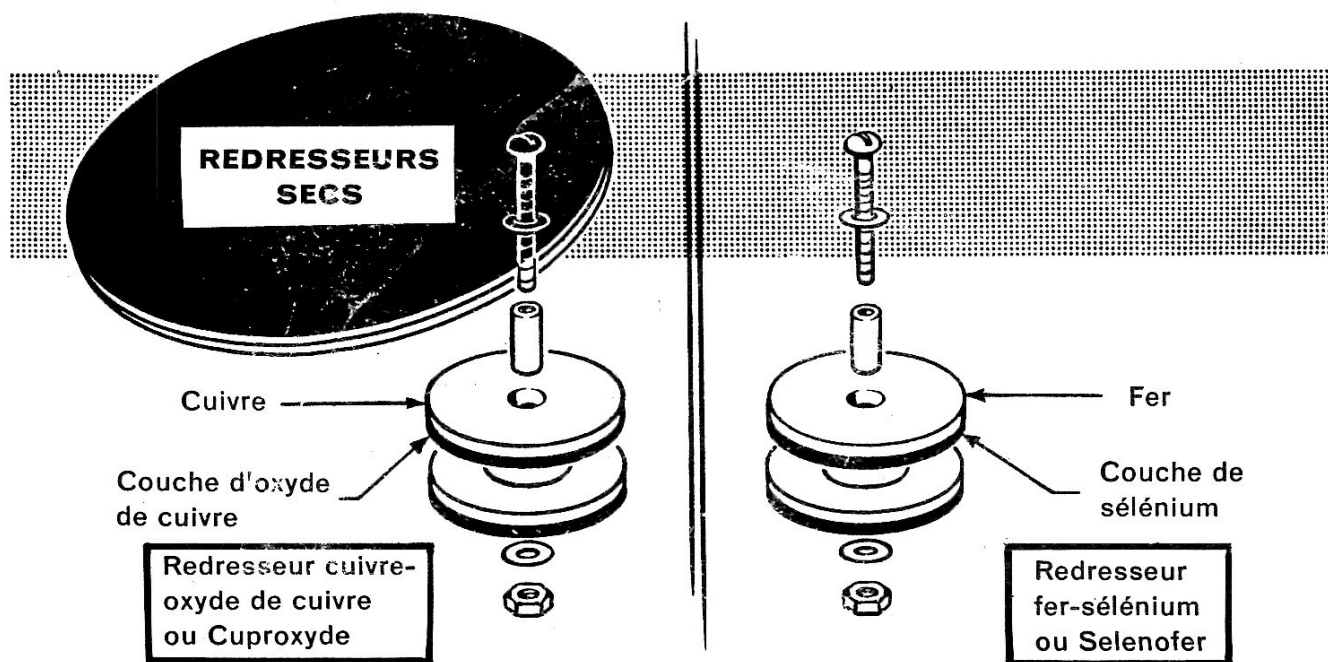
Pour obtenir les tensions continues nécessaires, il faut transformer la tension alternative du réseau en tension continue. Cette transformation d'un courant alternatif en courant continu s'appelle « redressement ». Les dispositifs qui servent à réaliser cette transformation de courant alternatif en courant unidirectionnel s'appellent « redresseurs » et les circuits utilisés pour transformer du courant alternatif en courant unidirectionnel sont appelés « circuits redresseurs ».

Les redresseurs sont des dispositifs qui ne peuvent être traversés par le courant que dans un seul sens, parce qu'ils agissent comme conducteurs pour un courant qui les traverse dans un sens, tandis que, pour un courant dans le sens inverse, ils agissent comme isolants. Lorsqu'on place un redresseur dans un circuit en courant alternatif, il n'agit comme conducteur que pour une demi-période sur deux du courant alternatif et ne laisse passer le courant que dans le sens pour lequel il agit ainsi comme conducteur. Comme les demi-périodes alternatives essaient de faire passer le courant dans le sens pour lequel le redresseur agit comme isolant, il ne se produit aucun *courant du tout* pendant ces demi-périodes. Il en résulte que le courant dans un circuit redresseur simple est un courant pulsé unidirectionnel (il passe une demi-période sur deux du courant alternatif) plutôt qu'un courant continu constant.



## REDRESSEURS SECS

Lorsque certaines matières métalliques sont comprimées de façon à former un ensemble, celui-ci agit comme redresseur. C'est-à-dire qu'il a une résistance très faible vis-à-vis du courant qui le traverse dans un sens déterminé, mais une très grande résistance vis-à-vis du courant qui essaierait de traverser cet ensemble dans le sens inverse. Cela est dû aux propriétés chimiques des matières qui se trouvent combinées dans le redresseur. On utilise généralement des combinaisons de cuivre et d'oxyde de cuivre, ou de fer et de sélénium. Les redresseurs secs se composent de plaques dont le diamètre varie entre moins de 12,5 et plus de 150 mm. Les redresseurs à oxyde de cuivre se composent de plaques de cuivre dont une face est revêtue d'oxyde de cuivre, tandis que les redresseurs au sélénium se composent de plaques de fer dont une face est revêtue de sélénium.



Les éléments de redresseur sec (un élément est représenté par une seule plaque) ont généralement la forme de rondelles qui sont montées sur un boulon et assemblées soit en série, soit en parallèle suivant la combinaison désirée. Le symbole ci-dessous est employé pour représenter n'importe quel type de redresseur sec. Puisque ces redresseurs étaient connus avant qu'on ait utilisé la théorie des électrons pour déterminer le sens du courant, la flèche indique la direction du courant conventionnel, c'est-à-dire la direction inverse de celle que suit le courant électronique.

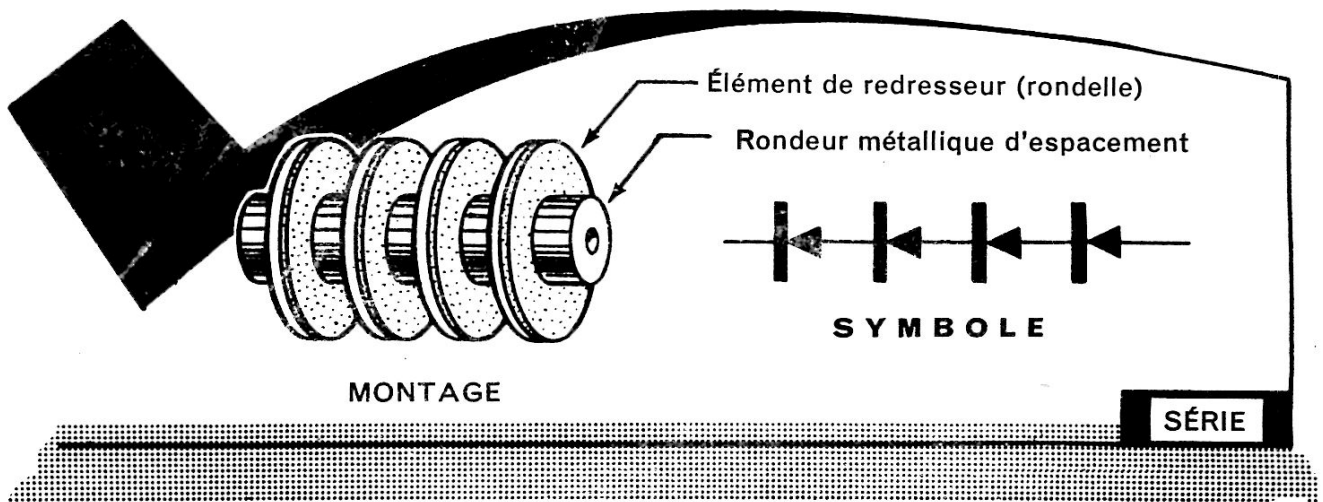
### SYMBOLE DE REDRESSEUR SEC



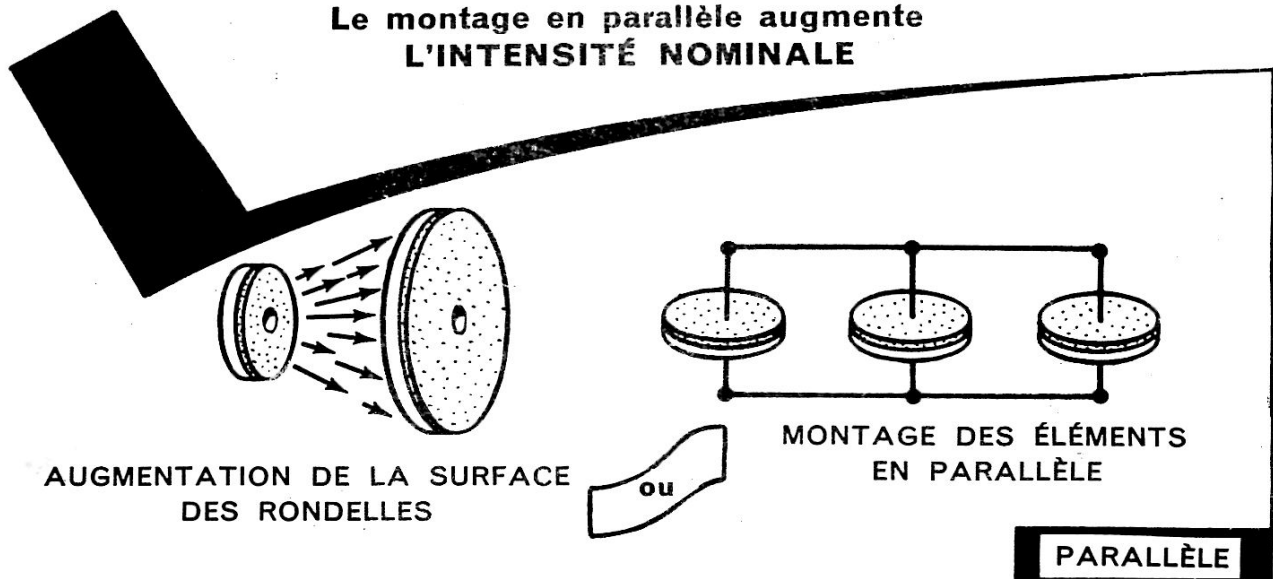
Courant ÉLECTRONIQUE

Un élément de redresseur ne supporte qu'une tension très limitée mais on peut augmenter la tension nominale en montant en série plusieurs éléments. De la même manière, chaque élément ne peut être traversé que par un courant limité. Lorsqu'on a besoin d'un courant plus fort, il suffit de monter en parallèle plusieurs jeux d'éléments.

### Le montage en série augmente la **TENSION NOMINALE** d'un redresseur sec



### Le montage en parallèle augmente L'**INTENSITÉ NOMINALE**

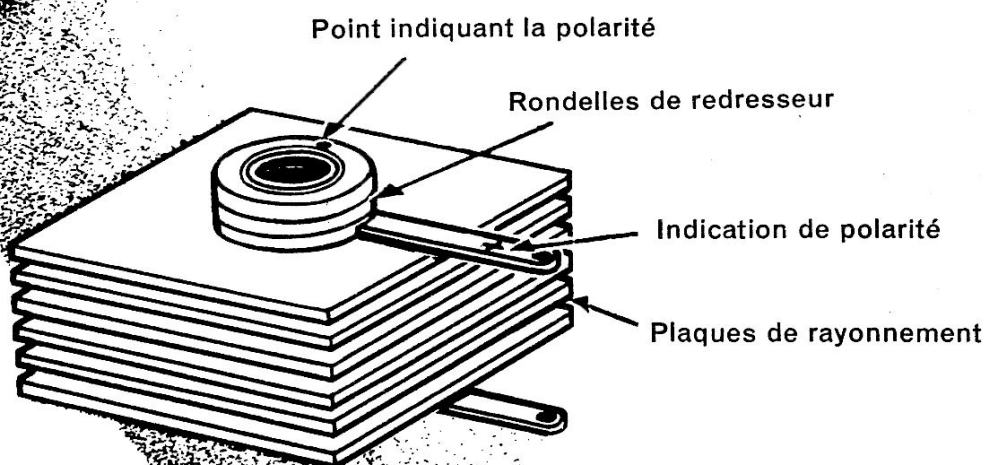


Les redresseurs secs sont très solides et ont une vie presque illimitée si l'on n'en abuse pas. Comme la tension nominale d'un élément de redresseur est faible, on emploie les redresseurs secs généralement pour des tensions relativement faibles (130 volts ou moins), car il ne serait pas pratique de monter en série un grand nombre d'éléments. Par contre, le montage des éléments en parallèle ou l'augmentation du diamètre des rondelles permet de porter l'intensité nominale à plusieurs ampères, ceci explique pourquoi les redresseurs secs sont couramment employés dans les cas où l'on n'a besoin que d'une tension faible, mais en même temps d'une intensité de courant élevée. De très petits éléments de redresseur sont utilisés pour mesurer des tensions alternatives avec un voltmètre pour tension continue. Des éléments plus importants sont utilisés dans les chargeurs de batteries et dans différents types de circuits d'alimentation pour appareils électroniques.



Les redresseurs au fer-sélénium sont utilisés dans les circuits d'alimentation tandis que les redresseurs cuivre-oxyde de cuivre sont utilisés dans des appareils spéciaux tels que les appareils de mesure à redresseur. Ci-dessous, vous voyez un redresseur typique au fer-sélénium tel qu'il est couramment employé dans les alimentations. Il est calibré pour 130 volts en alternatif et peut fournir un courant continu d'une intensité maximum de 100 mA. Le signe + sur l'une des bornes est l'indication de polarité du redresseur et sert à identifier les fils lorsque le redresseur est inséré dans un circuit. Parfois, on identifie la borne positive par un point rouge.

### REDRESSEUR TYPIQUE AU FER-SÉLÉNIUM



### UTILISÉ DANS DES CIRCUITS D'ALIMENTATION

Le redresseur idéal présenterait une résistance nulle au courant dans un sens, et une résistance infinie dans l'autre sens. Mais un tel redresseur n'existe qu'en théorie. Pratiquement, les redresseurs utilisés dans les circuits d'alimentation ont une résistance faible dans un sens et une résistance très élevée dans l'autre sens. On peut mesurer les valeurs de résistances de redresseurs secs avec un ohmmètre.

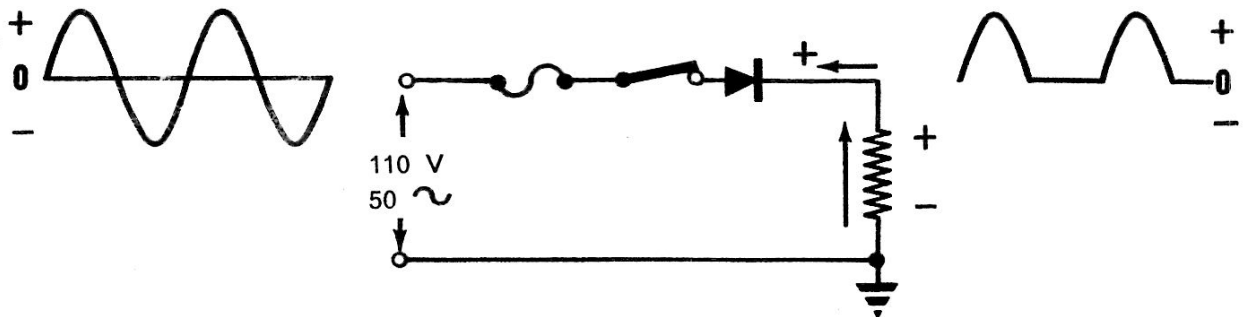
Pour vérifier un redresseur au fer-sélénium, on mesure d'abord la résistance entre les deux bornes du redresseur dans un sens, puis on inverse les fils de l'ohmmètre pour mesurer la résistance dans l'autre sens. Si la valeur supérieure ainsi mesurée est au moins dix fois plus élevée que la valeur inférieure, le redresseur est en bon état.

## CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE

Un montage ou circuit redresseur élémentaire d'une seule alternance se compose d'un redresseur monté en série entre la source de tension alternative et la résistance de charge du circuit. Le redresseur ne permet le passage du courant que pendant une demi-période sur deux du courant alternatif appliqué, de sorte que le courant dans le circuit est un courant pulsé unidirectionnel. Dans le circuit ci-dessous, la tension du réseau appliquée est de 110 volts et la fréquence de 50 cycles par seconde. Comme il s'agit d'un courant alternatif, il ne se produit un courant que pendant la moitié de chaque période. Le courant dans le circuit comporte donc 50 pulsations par seconde. En réalité, il se produit également un courant très faible dans le sens opposé, pendant les demi-périodes négatives. Mais ce courant dans l'autre sens est si faible qu'on peut le considérer comme étant nul.

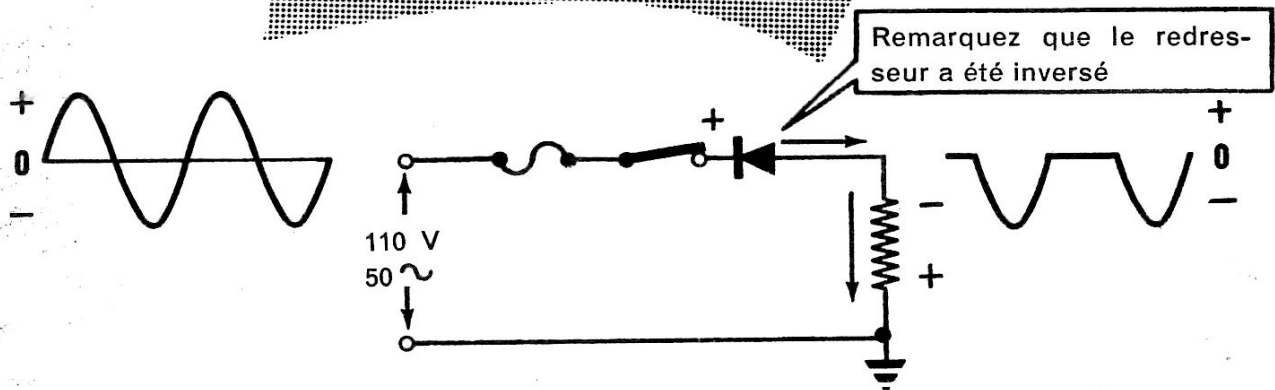
Ce circuit simple représenté ci-dessous est le circuit de base qui sert à transformer le courant alternatif en courant unidirectionnel. Lorsqu'il est monté comme vous le voyez sur le schéma, la tension unidirectionnelle entre les bornes de la résistance de charge est positive à la borne qui est reliée au redresseur et négative à l'autre borne. La borne négative de la résistance de charge est normalement, dans une alimentation, mise à la masse par le moyen du châssis.

### CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE



Pour inverser la polarité de la tension unidirectionnelle obtenue, on inverse le redresseur. Le passage du courant n'est alors possible que dans le sens opposé à celui du circuit précédent. Ce nouveau circuit est utilisé pour obtenir, par rapport à la masse, une tension unidirectionnelle négative. L'extrémité de la résistance de charge, qui a été mise à la masse, est positive.

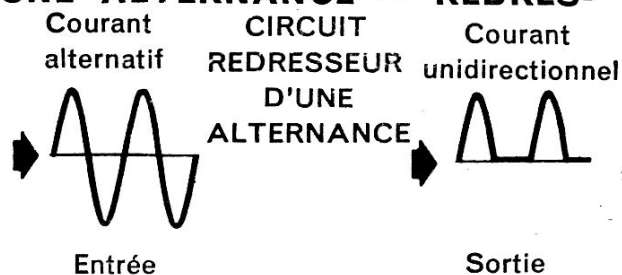
### INVERSION DE LA POLARITÉ DE LA TENSION DE SORTIE



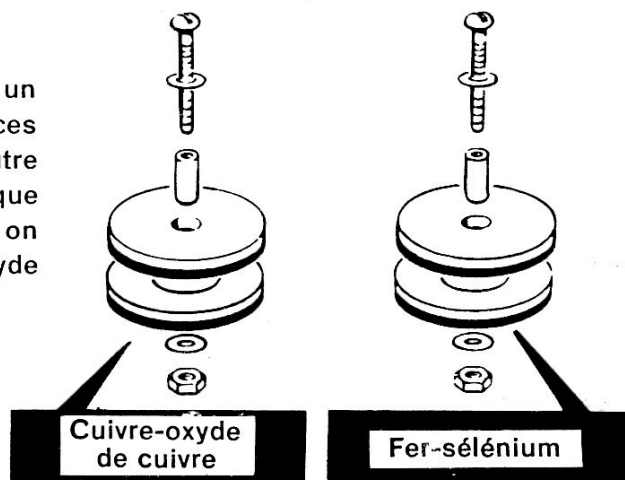


## RÉCAPITULATION. REDRESSEURS À UNE ALTERNANCE — REDRESSEURS SECS

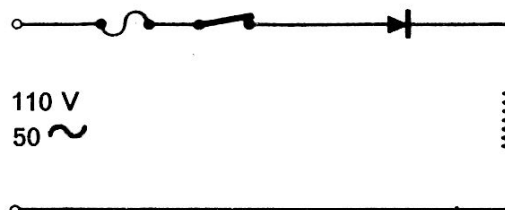
**REDRESSEMENT** — Lorsqu'un dispositif appelé redresseur est monté en série avec un circuit en courant alternatif, il ne permet le passage d'un courant que dans un seul sens. Il en résulte la transformation du courant alternatif appliqué en un courant pulsé unidirectionnel. Le redressement consiste en la transformation d'un courant alternatif en courant unidirectionnel.



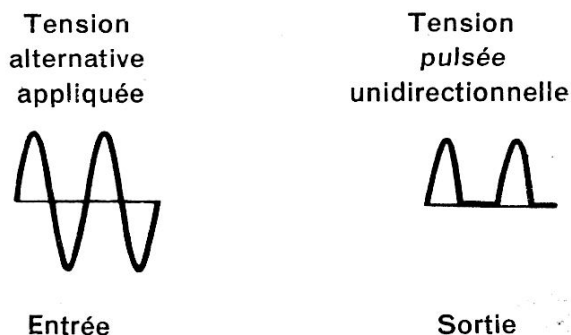
**REDRESSEURS SECS** — Le redresseur sec est un dispositif qui se compose de deux substances métalliques différentes pressées l'une contre l'autre de façon à ne permettre le passage d'un courant que dans un seul sens. Pour les redresseurs secs, on utilise généralement des combinaisons cuivre-oxyde de cuivre ou fer-sélénium.



**CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE** — Il se compose d'un redresseur inséré en série entre une source de courant alternatif et la résistance de charge du circuit. Le redresseur transforme la tension alternative appliquée en une tension unidirectionnelle qui est ensuite appliquée à la résistance de charge.



**COURBES DE TENSION D'UN CIRCUIT REDRESSEUR** — Lorsque la tension appliquée est alternative et sinusoïdale, la tension de sortie consiste en des demi-périodes de la tension alternative appliquée. Cette tension de sortie est une tension pulsée unidirectionnelle.



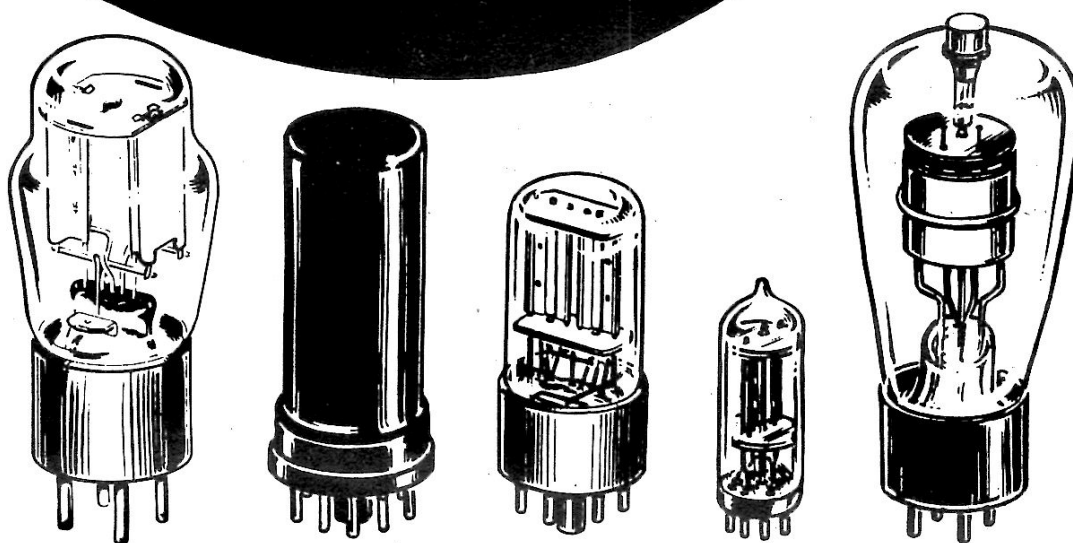
# REDRESSEMENT D'UNE ALTERNANCE TUBES REDRESSEURS À VIDE

## TUBES À VIDE

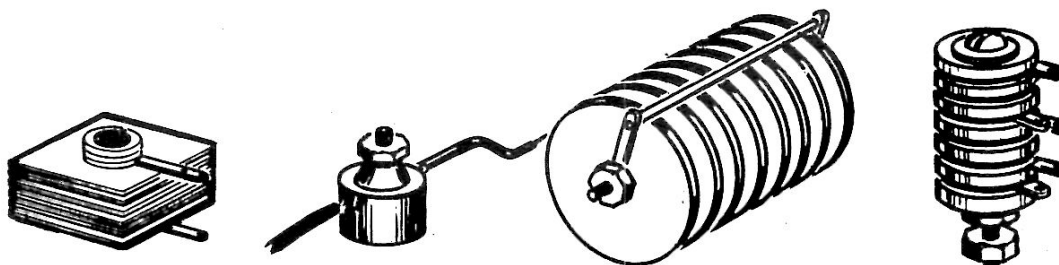
Les redresseurs secs sont utilisés dans de nombreux circuits d'alimentation pour transformer du courant alternatif en courant unidirectionnel. Cependant, leur emploi est limité à une certaine tension et à une certaine intensité de courant. Ainsi, les redresseurs secs ne sont généralement pas calibrés pour des tensions dépassant 130 volts en alternatif. Les redresseurs calibrés pour de basses tensions, c'est-à-dire pour 10 volts ou moins, supportent des intensités de courant relativement élevées qui dépassent 1 ampère. Par contre, les éléments calibrés pour des tensions plus élevées supportent des intensités moindres, qui sont de beaucoup inférieures à 1 ampère.

Étant donné la limitation des redresseurs secs à une certaine tension et à une certaine intensité de courant, les circuits d'alimentation utilisent souvent un autre type de redresseur : le tube à deux électrodes. Utilisé comme redresseur, le tube à deux électrodes fonctionne selon les mêmes principes que le redresseur sec : il agit comme conducteur pour le courant qui le traverse dans un sens, mais comme isolant pour le courant en sens inverse. Le tube à deux électrodes a des utilisations diverses que vous étudierez plus loin.

**LES TUBES À DEUX ÉLECTRODES  
SONT UTILISÉS COMME REDRESSEURS**



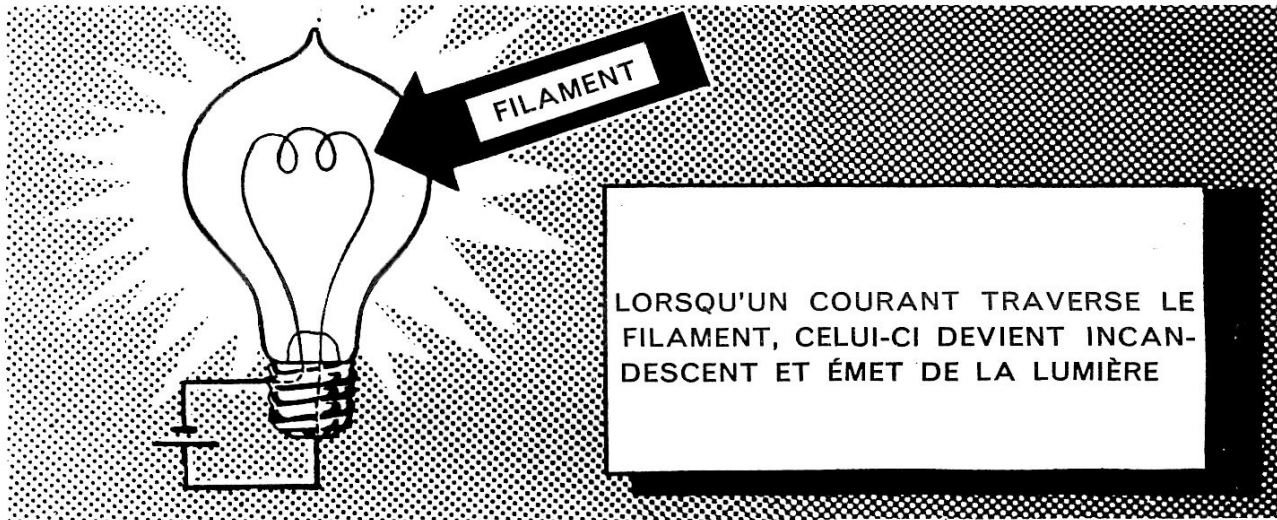
**LES REDRESSEURS À TUBE  
RENDENT LES MÊMES SERVICES  
QUE LES REDRESSEURS SECS**



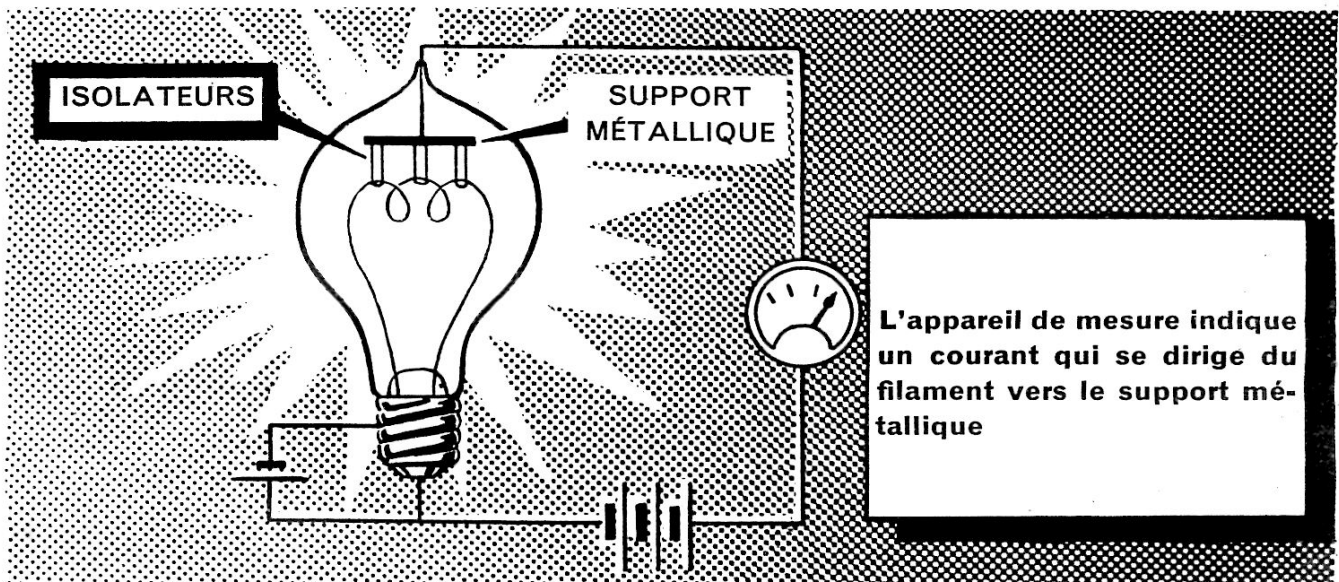
## INVENTION DE LA DIODE

Le principe selon lequel fonctionne une diode fut découvert il y a environ 70 ans, c'est-à-dire avant qu'on ait établi la théorie des électrons.

C'est Thomas Edison qui a découvert ce principe en faisant des expériences avec des lampes à incandescence, dans lesquelles il utilisait des filaments de carbone. Ces filaments se cassaient trop facilement, parce qu'ils étaient fabriqués avec du fil de carbone très mince.



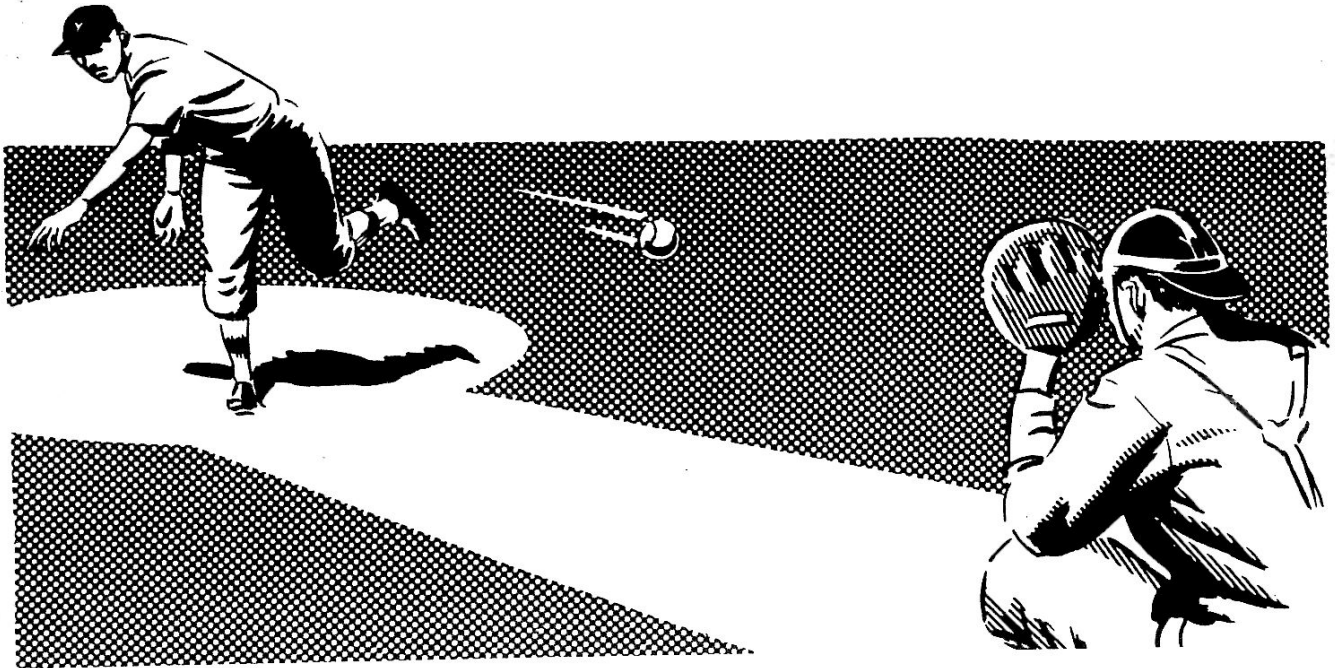
Pour assurer à ses ampoules une vie plus longue, Edison construisit un support métallique qu'il relia ensuite, par le moyen d'isolateurs, au filament fragile. Pour une raison inconnue, Edison relia le support métallique avec la borne positive de la batterie et le filament, avec la borne négative. A sa surprise, il constata qu'il se produisait un courant.



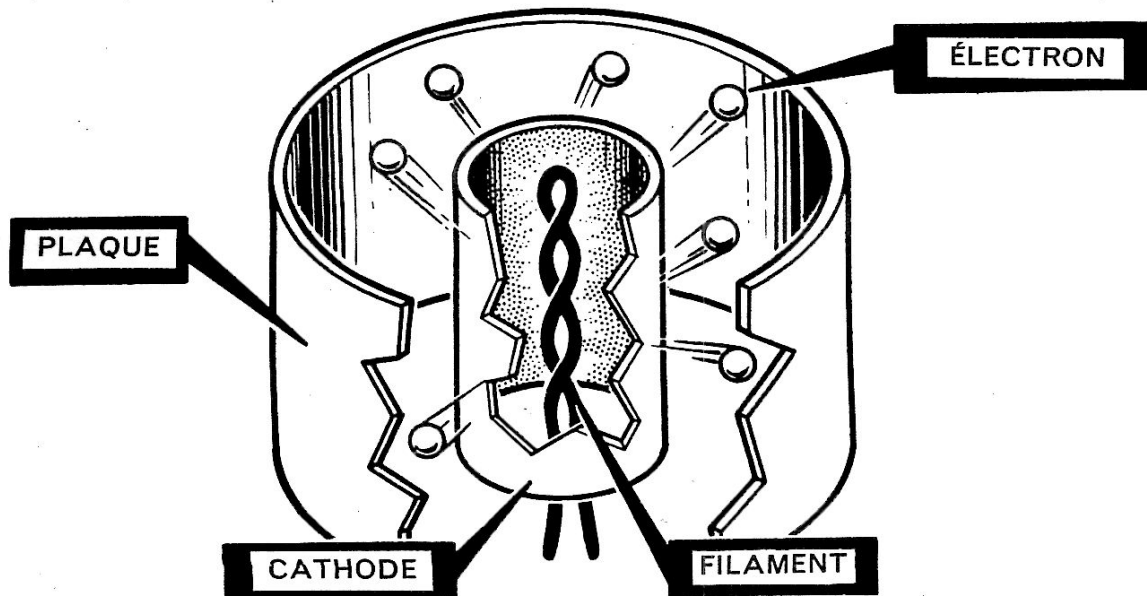
Comme on ne savait encore rien de l'existence des électrons, Edison ne pouvait pas comprendre l'importance de sa découverte, et il fallut 21 ans avant que Fleming, un chercheur anglais, comprît la signification de ce flux d'électrons. Fleming observa que le courant ne se produisait que dans un seul sens. C'est pourquoi il appela son tube à vide « tube redresseur ».

## FONCTIONNEMENT DU TUBE À DEUX ÉLECTRODES

On pourrait comparer le tube à deux électrodes à un jeu de base-ball, dans lequel le contrôle de la direction des balles joue un rôle important. Il est en effet indispensable de comprendre comment le tube à deux électrodes contrôle le courant pour pouvoir ensuite comprendre comment le tube à deux électrodes agit comme redresseur.



Les parties du tube à deux électrodes qui influencent directement le courant sont appelées électrodes. L'élément qui, sous l'influence de la chaleur, émet des électrons est appelé cathode. La plaque est un élément cylindrique qui entoure la cathode et qui, lorsqu'elle est chargée positivement, attire des électrons. La cathode est chauffée par un filament en fil résistant appelé filament chauffant. Le filament chauffant n'est pas considéré comme électrode puisqu'il n'influence pas directement l'intensité du courant entre la cathode et la plaque. Un tube à vide du type décrit ci-dessus s'appelle diode parce qu'il se compose seulement de deux électrodes, qui sont la cathode et la plaque.



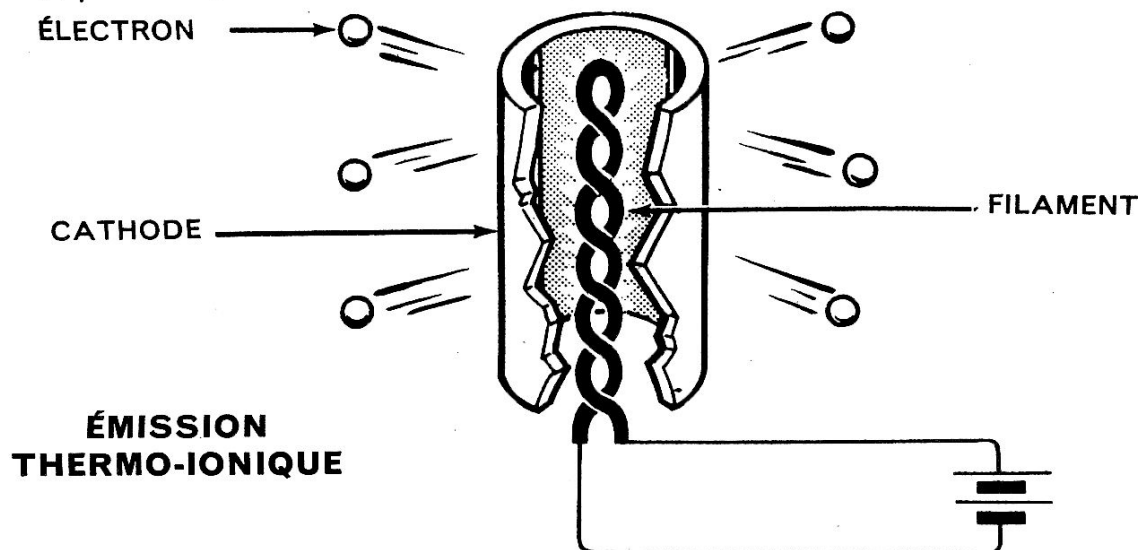
En faisant le vide à l'intérieur du tube, on n'empêche pas seulement le filament de griller, mais on empêche également les molécules d'air de se mêler au flux d'électrons qui va de la cathode vers la plaque. Parfois, on remplace l'air par un gaz inerte qui favorise le passage des électrons au lieu de s'y opposer.

## ÉMISSION D'ÉLECTRONS

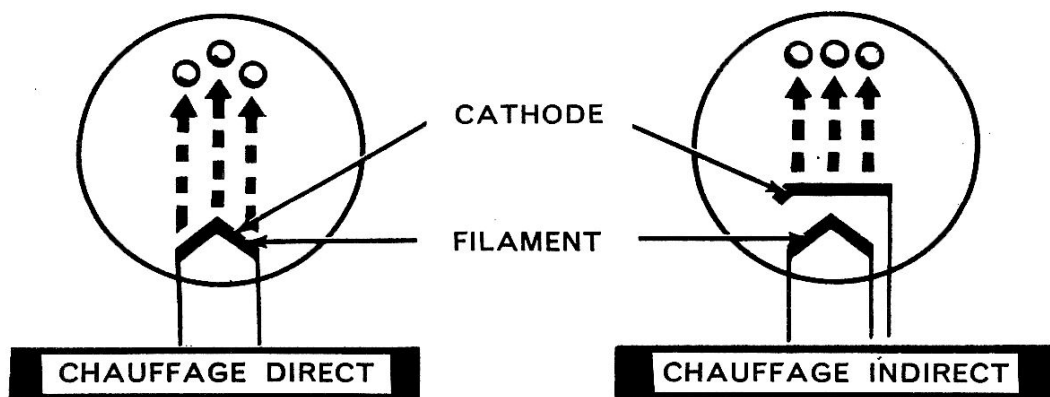
Pour qu'un tube à deux électrodes puisse fonctionner, il est indispensable qu'il y ait une source d'électrons libres qui soit susceptible de fournir un courant. Ceci est une condition préalable. Bien entendu, les atomes de toutes les substances renferment des électrons, mais il nous faut encore un moyen pour amener la substance à libérer des électrons.

Dans l'expérience d'Edison, ce moyen était la chaleur du filament. Dans la presque totalité des tubes à vide que vous aurez l'occasion de voir, on se sert effectivement de la chaleur pour obtenir des électrons libres. Le procédé qui consiste à se servir de la chaleur pour amener une substance à libérer des électrons est appelé « émission thermo-ionique ».

Dans le schéma ci-dessous, vous voyez que la cathode consiste en un cylindre ou « boîtier » qui entoure le filament sans cependant le toucher. Le filament est chauffé par le courant qui le traverse, et la cathode est chauffée parce qu'elle est tout près du filament. Ce montage des différentes parties est appelé montage de la cathode à chauffage indirect.



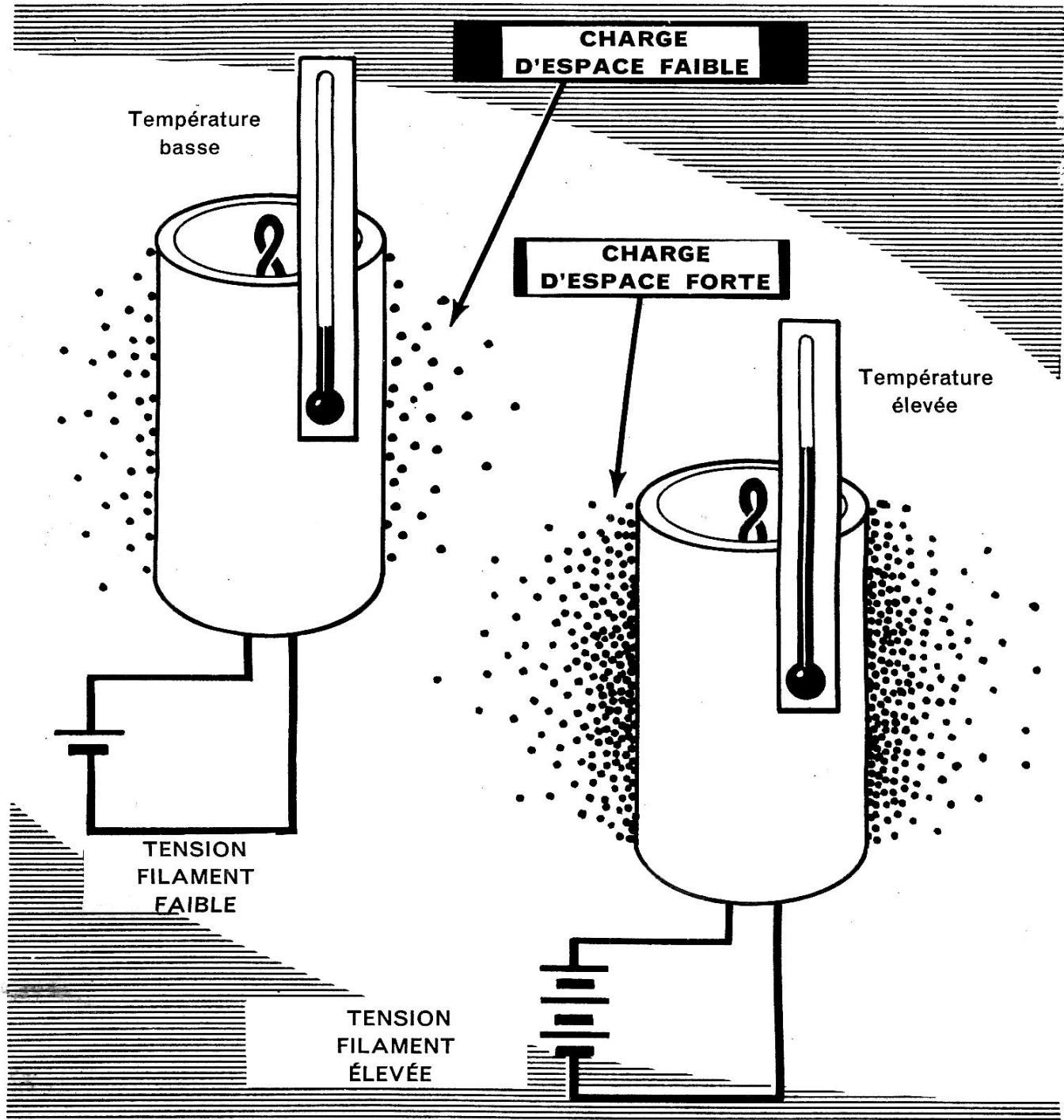
Certains tubes à vide, tels que le redresseur de Fleming ou le redresseur du type 80, comportent des cathodes chauffées directement. Cela signifie que le filament n'est pas entouré par un boîtier, mais qu'il émet lui-même des électrons.



Les cathodes à chauffage direct peuvent émettre beaucoup plus d'électrons que les cathodes à chauffage indirect. C'est pourquoi on utilise les cathodes à chauffage direct dans des circuits d'alimentation destinés à fournir des courants de forte intensité. Les cathodes à chauffage indirect sont plus fréquemment utilisées dans des circuits d'alimentation destinés à fournir des courants de faible intensité. La séparation du filament chauffant (filament) et de l'émetteur d'électrons (cathode) dans le tube à chauffage indirect permet de séparer les circuits électriques du filament et de la cathode.



S'il n'y avait dans le tube de verre que la cathode et le filament, les électrons émis formeraient un nuage appelé « charge d'espace » autour de la cathode. Comme les électrons qu'elle contient, cette charge d'espace est chargée négativement et a par conséquent tendance à repousser d'autres électrons. Elle empêcherait ainsi la cathode d'émettre d'autres électrons. Au bout d'un certain temps, il s'établirait un équilibre entre la tendance de la cathode à émettre des électrons et celle de la charge d'espace à les repousser.



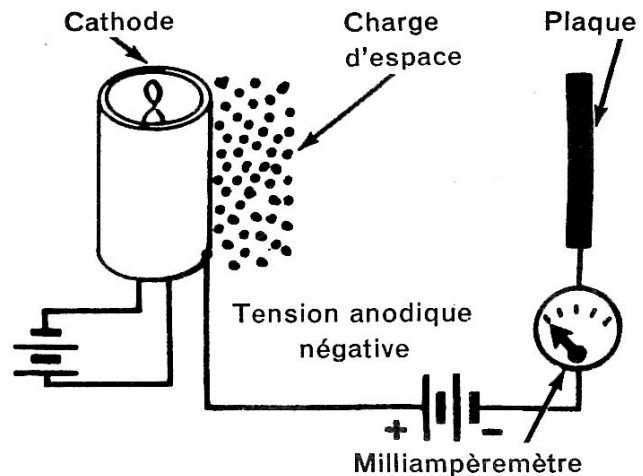
Pour augmenter l'émission d'électrons, vous seriez obligés d'augmenter la température de la cathode en faisant traverser le filament par un courant plus fort. Par contre, si l'on diminue la température de la cathode, la charge d'espace va forcer un certain nombre de ses électrons de regagner la cathode. Il en résulte une diminution de l'émission électronique. Généralement, les tubes sont calibrés pour une certaine tension de chauffage. Selon les types de tubes, les tensions de chauffage sont des tensions continues ou alternatives et varient entre 1,25 et 110 volts.



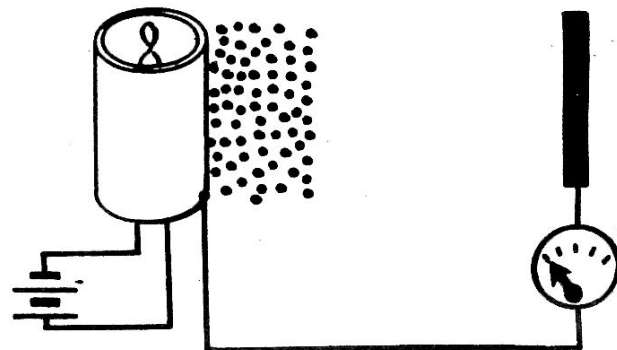
## COMMENT LE COURANT TRAVERSE LA DIODE

Lorsqu'une plaque à charge positive est placée autour de la cathode, les électrons émis par celle-ci sont attirés par la charge positive. Le nombre d'électrons qui prennent ainsi le chemin de la plaque dépend de la tension de celle-ci par rapport à la cathode.

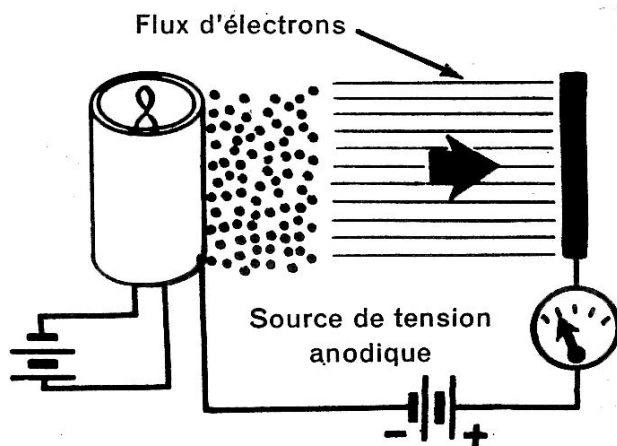
Lorsque la charge de la plaque est **plus négative** que la cathode, il ne se produit aucun courant entre les deux, parce que la plaque repousse les électrons. D'autre part, il ne peut se produire un courant dans le sens inverse, car la plaque n'émet pas d'électrons.



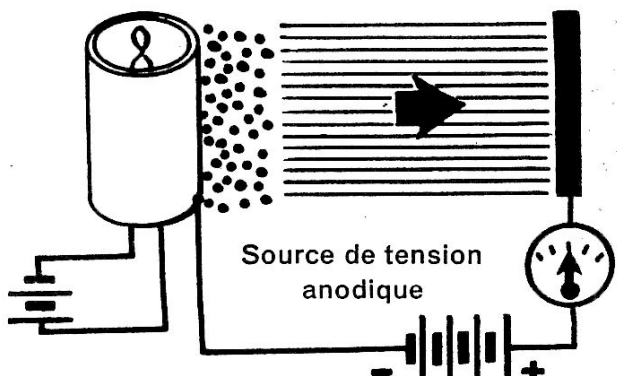
Lorsque la plaque et la cathode sont de **potentiel égal**, la plaque ne repousse pas les électrons, mais ne les attire pas non plus. Il en résulte que le courant reste nul.



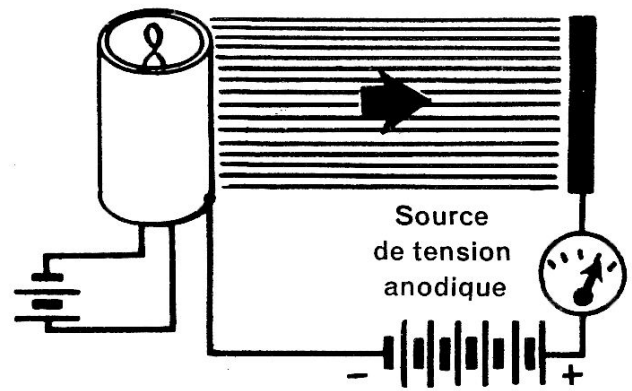
Dès que la plaque devient **positive** par rapport à la cathode, il se produit un courant qui se dirige de la charge d'espace vers la plaque.



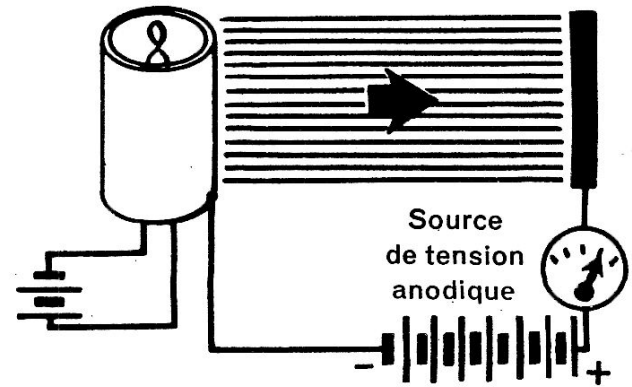
Lorsqu'on double la tension anodique, le courant est également doublé. Le principe de fonctionnement d'une diode est donc le suivant : **Tant que la plaque est positive par rapport à la cathode, tout changement de tension anodique provoque un changement proportionnel du courant anodique.**



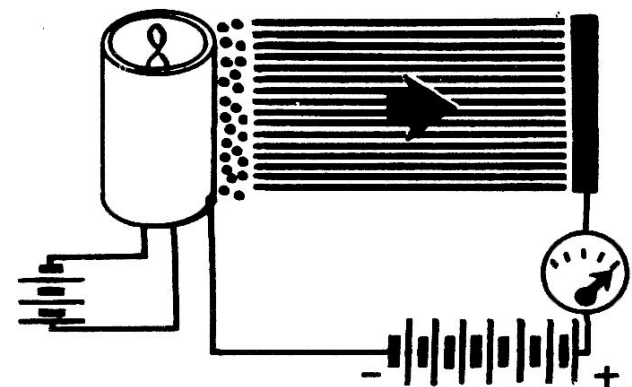
Maintenant que la plaque est fortement positive par rapport à la cathode, le milliampèremètre indique un courant élevé. La plaque attire les électrons à la même vitesse que leur émission se fait par la cathode.



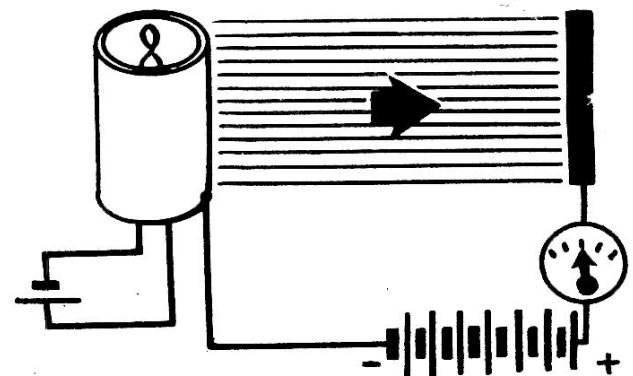
Lorsque ce point est atteint, une nouvelle augmentation de tension de la plaque ne provoque plus une augmentation de courant. Le courant ne peut plus augmenter parce que la cathode émet son maximum d'électrons. Il est **ANORMAL** d'appliquer à une diode une tension anodique si élevée que des changements de la tension anodique ne provoquent plus de changements du courant anodique.



Si nous augmentons maintenant la tension de chauffage au-dessus de sa valeur normale, nous donnons à la cathode la possibilité d'émettre un plus grand nombre d'électrons et, en conservant la même tension anodique qu'auparavant, nous voyons augmenter le courant anodique.



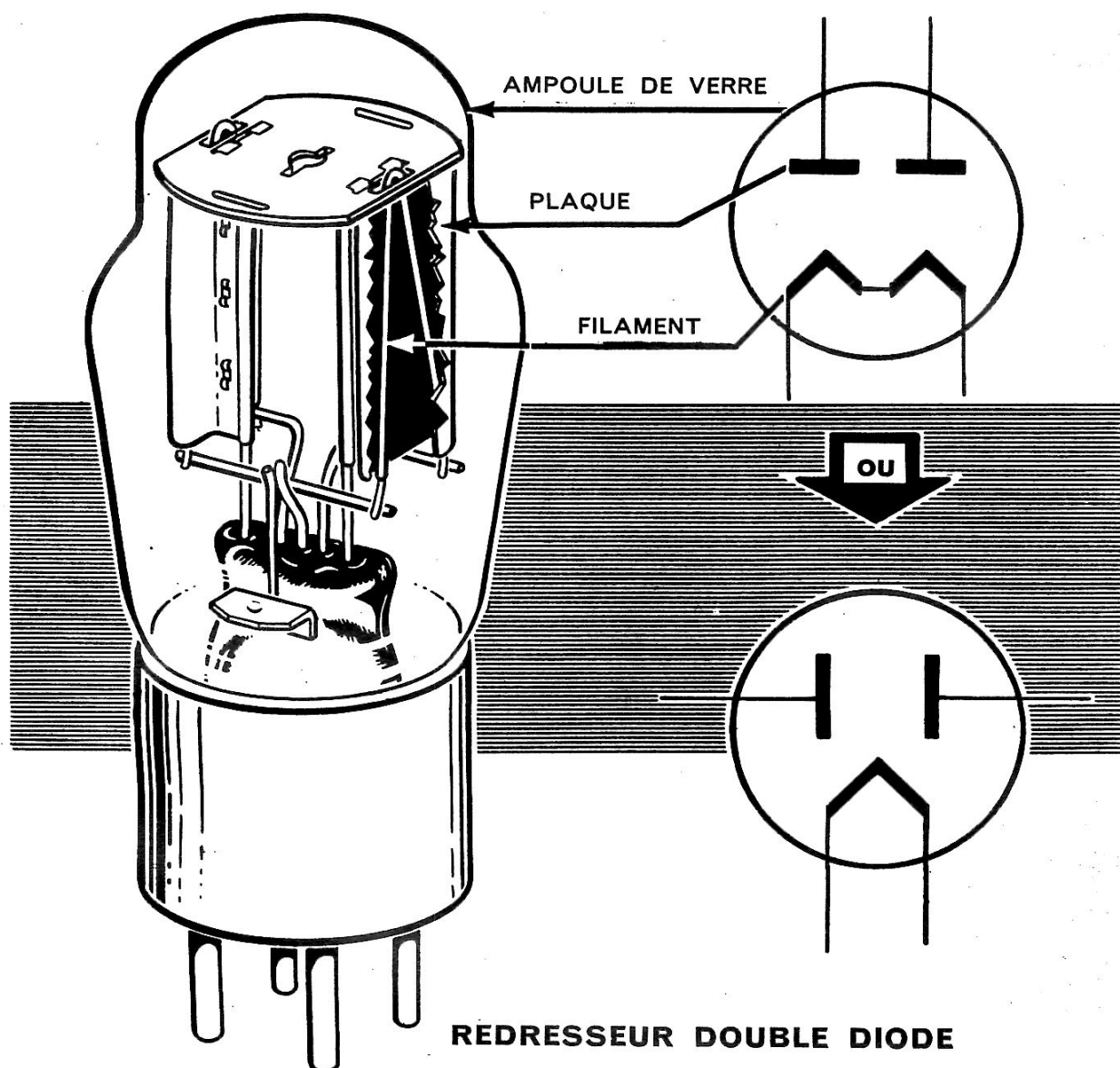
Si nous avons réduit la tension de chauffage, le courant aurait diminué parce que la cathode n'aurait plus pu émettre le même nombre d'électrons qu'auparavant. En pratique, on ne modifie pas la tension de chauffage. On obtient les changements voulus du courant anodique en modifiant la tension anodique, comme nous venons de le voir. Cependant, lorsqu'un tube a été utilisé pendant un certain temps, l'émission d'électrons par la cathode diminue, et le résultat est le même que si l'on diminuait la tension de chauffage.



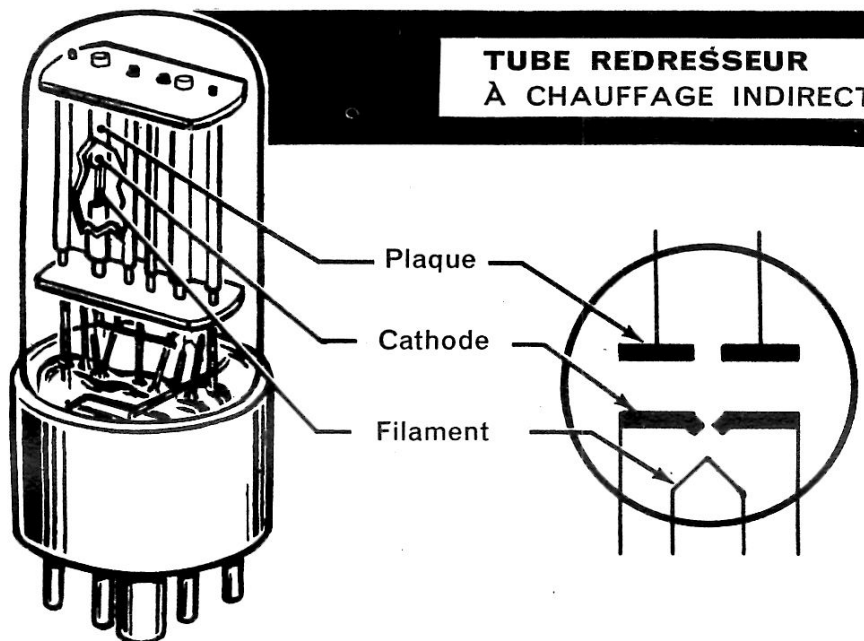
## TUBE REDRESSEUR

Le procédé qui consiste à transformer un courant alternatif en courant unidirectionnel s'appelle « redressement ». Pour transformer un courant alternatif en courant unidirectionnel, il faut un dispositif qui ne permette le passage d'un courant que dans un seul sens. Le tube à deux électrodes est un de ces dispositifs car il ne permet le passage d'un courant que dans le sens de la cathode vers la plaque. Le courant ne peut se diriger dans le sens de la plaque vers la cathode, parce que la plaque n'est pas chauffée et n'émet donc pas d'électrons. Puisque la plaque n'émet pas d'électrons mais attire les électrons de la charge d'espace cathodique, lorsque la plaque possède une charge positive, la diode n'agit comme conducteur que pour un courant qui se dirige de la cathode vers la plaque, et non pas pour un courant qui se dirigerait de la plaque vers la cathode.

N'importe quelle diode transforme le courant alternatif en courant unidirectionnel, mais certaines diodes sont particulièrement aptes à l'usage dans des circuits d'alimentation; on les appelle tubes redresseurs. Ci-dessous, vous voyez un tube redresseur typique et le symbole par lequel il est représenté. Il s'agit d'un tube « double diode » (deux tubes à diode dans une même ampoule de verre) qui comporte une cathode à chauffage direct. Le filament qui agit en même temps comme cathode est suspendu à l'intérieur de chaque plaque et les deux filaments sont montés en série.



Certains redresseurs comportent des cathodes à chauffage indirect. Le schéma ci-dessous montre un tube redresseur de ce type. Les différents types de tubes sont identifiés par des numéros, et le numérotage, que vous étudierez plus loin, donne certains renseignements sur le tube. Le redresseur de la page précédente est du type 80, et celui que vous voyez ci-dessous est un 117Z6-GT.

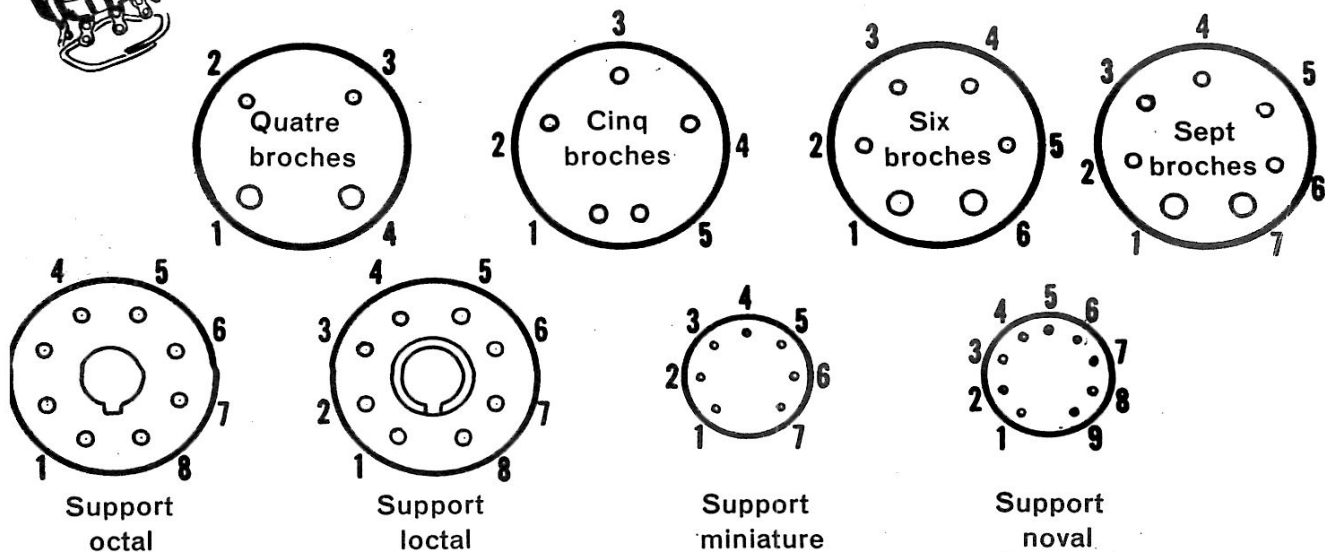


Les tubes à vide sont construits avec un culot à broches adapté au support. Le support est monté sur le circuit de façon permanente, et le tube est amovible et peut facilement être échangé. Par opposition à d'autres dispositifs utilisés en électronique, les tubes à vide ont une vie relativement courte, ce qui implique une facilité maximum de remplacement.

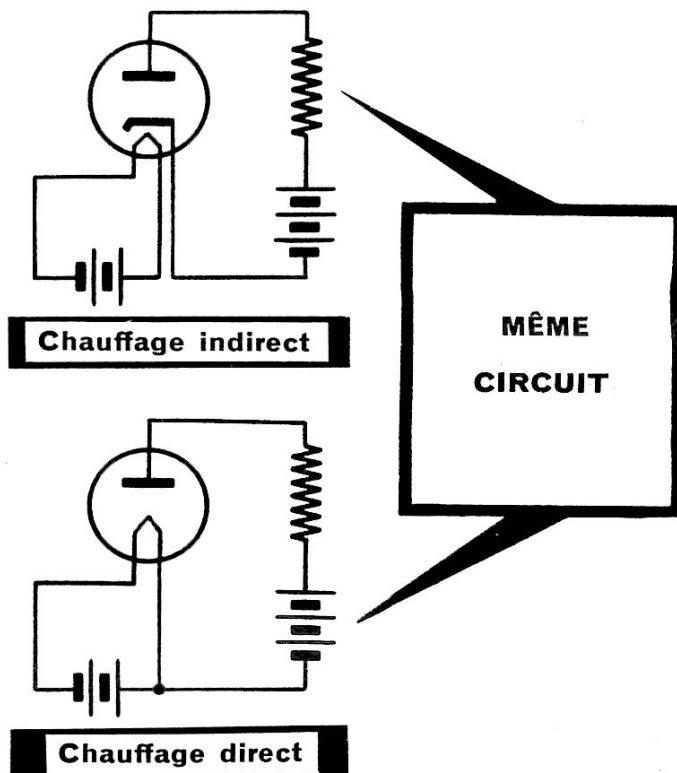
Bien qu'il existe un grand nombre de supports spéciaux, la plupart des tubes à vide exigent l'un des huit supports que vous voyez ci-dessous. On peut également classer les tubes selon le genre de support qu'ils exigent. Le schéma ci-dessous vous montre aussi le système de numérotage par broches, lequel se réfère au-dessous du support puisque le montage du circuit se fait de ce côté-là.



### SUPPORTS DE TUBES À VIDE

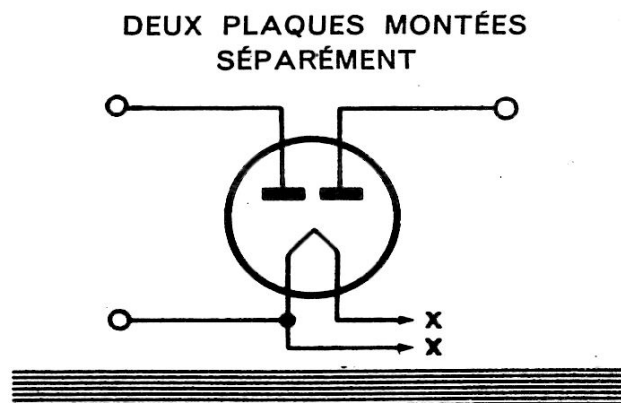
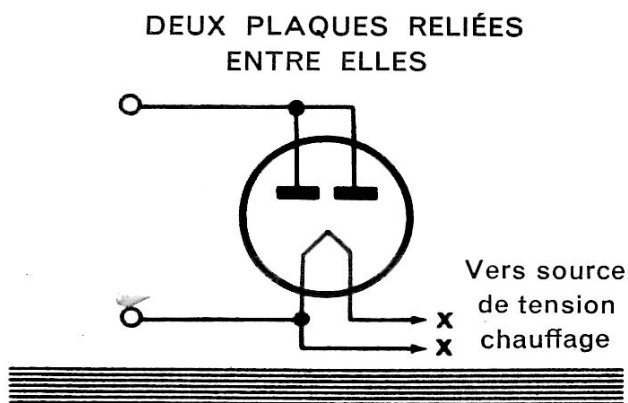


Dans un tube à chauffage indirect, la cathode et le filament sont séparés et reliés à des circuits distincts. Dans un tube à chauffage direct, le filament remplit les deux fonctions à la fois et est relié à deux circuits. Les fils du filament reçoivent une tension faible de 5 volts environ, qui chauffe le filament et provoque l'émission thermo-ionique. En outre, l'une des bornes du filament est branchée sur le circuit auquel serait reliée la cathode en cas de chauffage indirect.



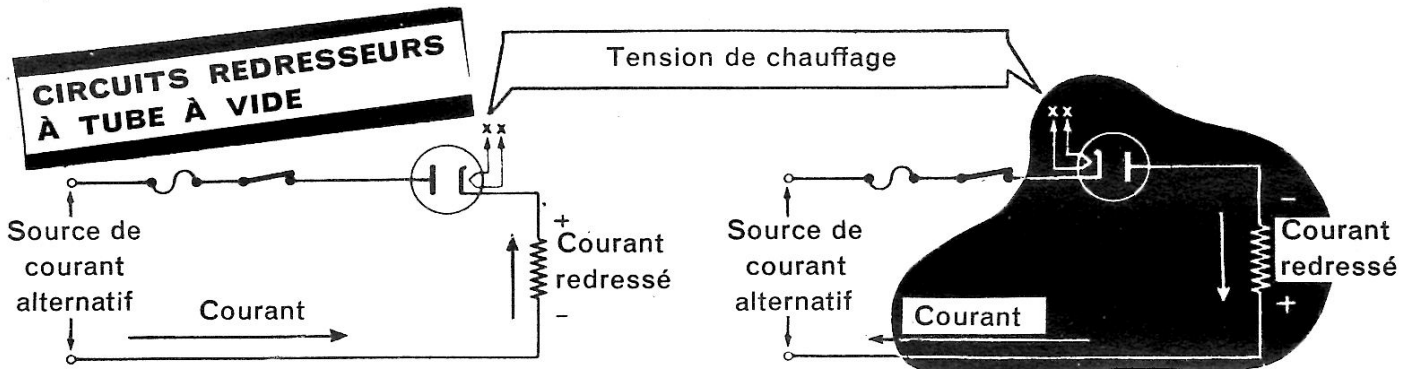
Il existe deux manières de se servir d'un tube redresseur qui comporte deux plaques mais un seul filament. Si les deux plaques sont reliées l'une à l'autre, le tube agit exactement comme une seule diode, car, en fait, vous avez seulement augmenté la surface de la plaque.

La deuxième manière de se servir d'un tel tube consiste à brancher les deux plaques séparément sur deux parties différentes du circuit. Dans ce cas, les deux tensions anodiques ne seront pas égales, et l'effet sera le même que celui qu'on obtiendrait en utilisant deux diodes séparées dont les cathodes (ou filaments) seraient reliées entre elles. Quelle que soit la connexion choisie, chaque plaque ne provoquera un courant que si elle est positive par rapport au filament.

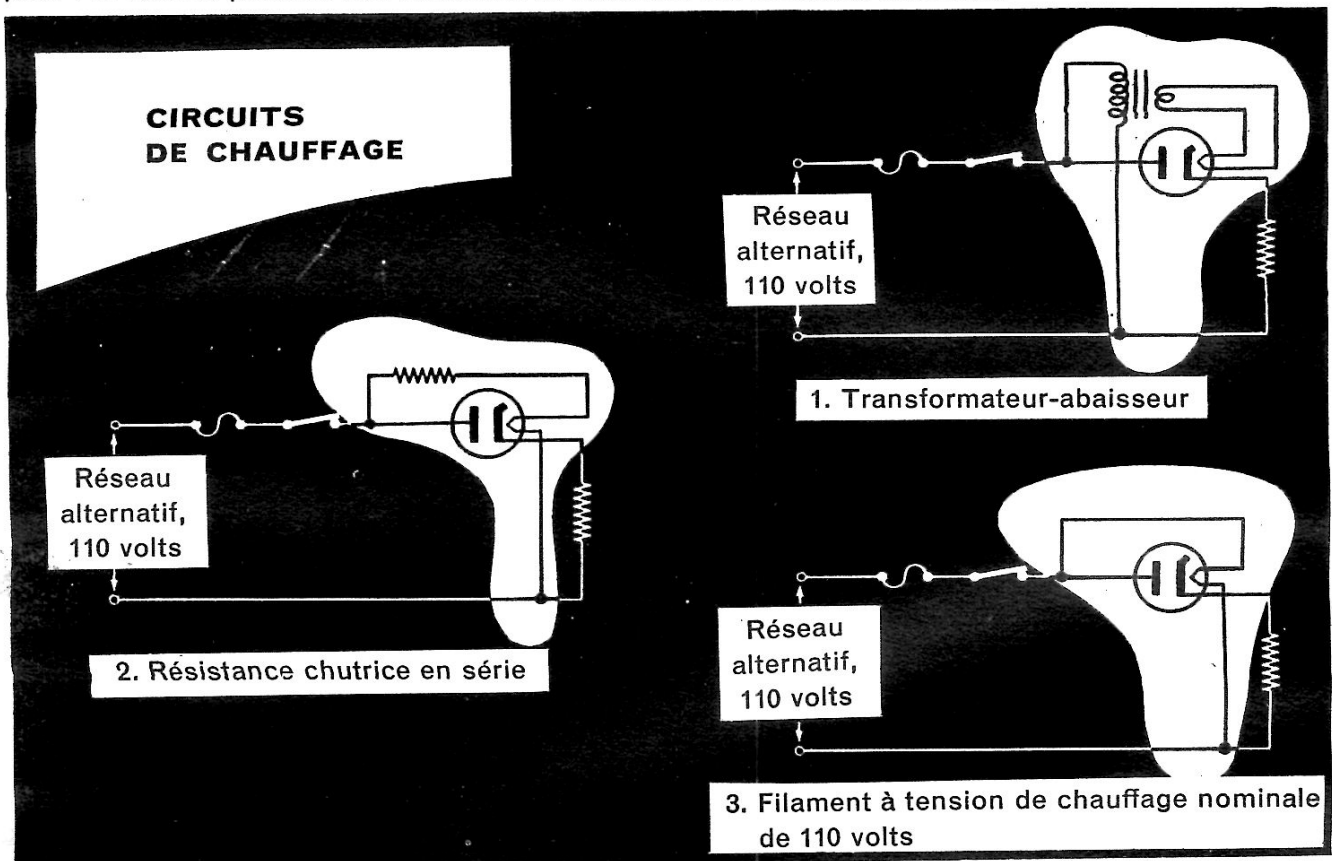


## CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE

Dans le circuit redresseur d'une alternance, on peut utiliser une lampe à deux électrodes à la place du redresseur fer-sélénium, à condition de disposer d'une source de tension susceptible de fournir le courant de chauffage que nécessite le tube redresseur. Le schéma ci-dessous montre un circuit redresseur élémentaire à tube à vide. Lorsqu'on inverse les connexions de la plaque et de la cathode, la polarité de la tension unidirectionnelle de sortie est également inversée.



Le circuit de chauffage du tube redresseur exige une source supplémentaire de tension de chauffage, dont le redresseur fer-sélénium n'a pas besoin. A part cette différence, le principe de fonctionnement du circuit est exactement le même que celui du circuit d'un redresseur fer-sélénium. Les filaments des tubes redresseurs ont une tension et une intensité nominales. Le filament doit donc toujours être branché sur une source de tension dont le voltage et l'intensité correspondent aux valeurs nominales du filament. Généralement, on obtient les tensions de chauffage à partir d'un transformateur abaisseur ou par le moyen d'une résistance série destinée à abaisser la tension du réseau utilisé jusqu'à la valeur correcte. Parfois, plusieurs tubes redresseurs dont les courants de chauffage sont de valeur nominale identique sont montés en série et branchés sur une même source de courant alternatif. Les filaments chauffants de certains tubes redresseurs sont calibrés pour 110 volts et peuvent être branchés directement sur le réseau alternatif.





## MONTAGE D'UN TUBE REDRESSEUR DANS UN CIRCUIT

Dans les schémas de circuits électroniques, les tubes à vide, comme d'ailleurs les autres parties du circuit, sont représentés par des symboles. Normalement, le symbole montre seulement la connexion des électrodes du tube avec les différentes parties du circuit. Pour brancher le support d'un tube redresseur, il faut se référer à un manuel qui donne les numéros de broche de chaque électrode du tube. Dans le schéma ci-dessous, vous voyez un tube du type 117Z6-GT inséré dans le circuit et dont les plaques et les cathodes sont reliées entre elles pour former une seule diode. Ci-dessous, vous voyez le schéma normalisé du culot du tube tel que vous le trouveriez dans un manuel pour tubes redresseurs, et les connexions du support telles qu'elles se font en pratique.

### CONNEXIONS DU SUPPORT D'UN TUBE 117Z6-GT

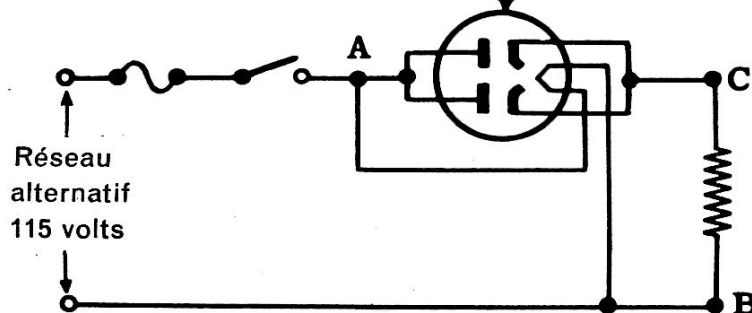
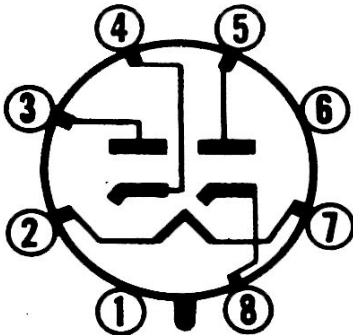
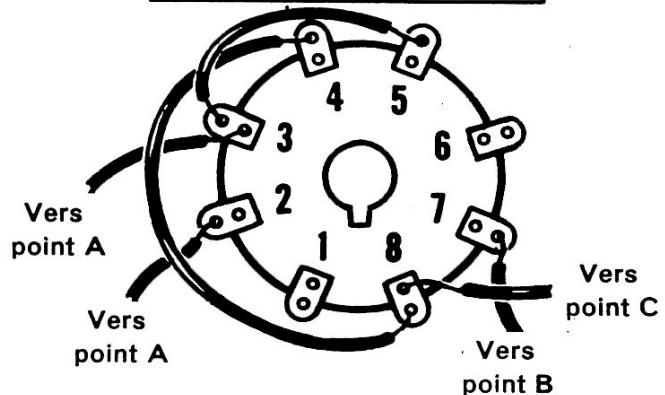


Schéma tel qu'il figure dans le manuel

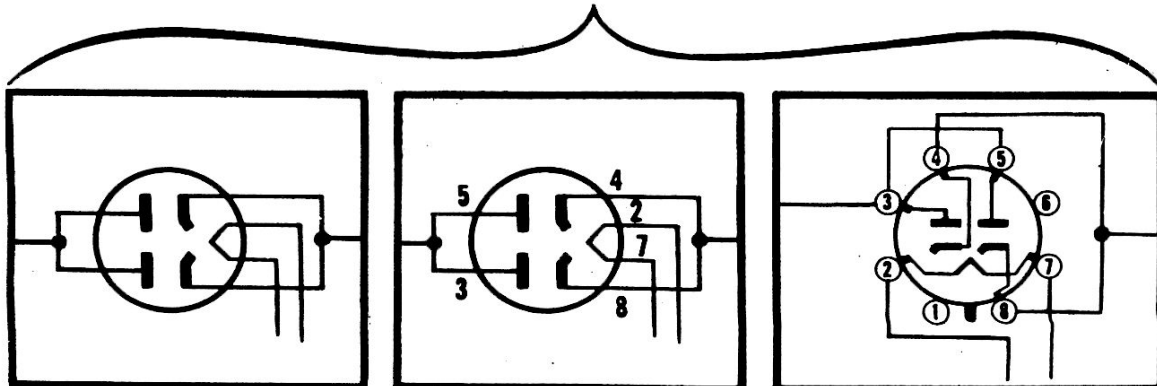


Connexions telles qu'elles se font en pratique



Il existe diverses méthodes pour représenter un tube à vide dans le schéma d'un circuit, et parfois on indique à la fois les électrodes et les broches du tube.

### DIFFÉRENTES MÉTHODES POUR REPRÉSENTER DES TUBES À VIDE DANS LES CIRCUITS

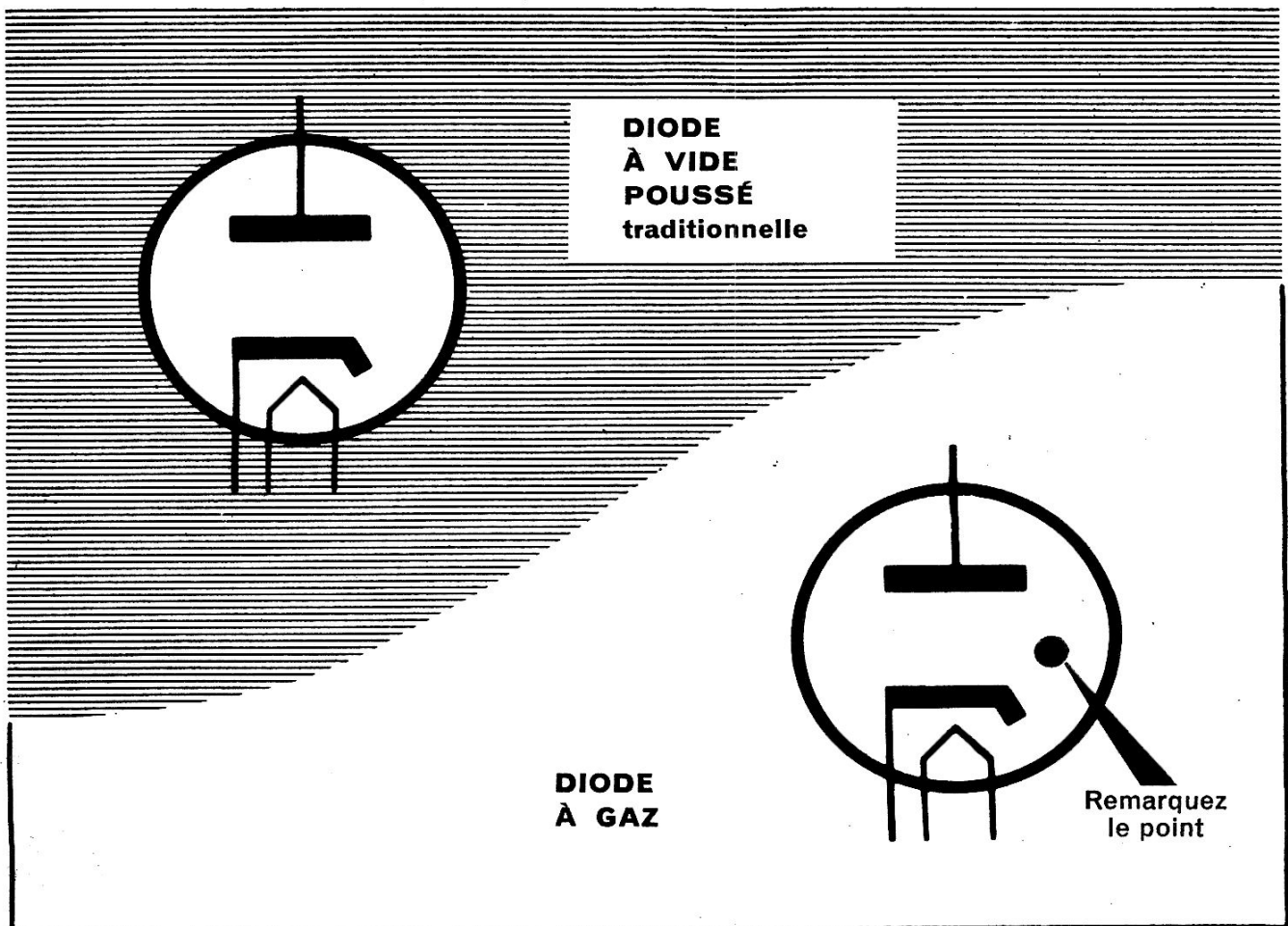


## DIODE À GAZ

Vous venez d'étudier deux types de dispositifs redresseurs, le tube à vide et le redresseur sec. Vous avez appris que les redresseurs secs pouvaient être utilisés dans les mêmes circuits que les diodes, et que les circuits fonctionneraient dans les deux cas de la même manière. Maintenant, vous allez étudier un troisième type de dispositif redresseur qui est utilisé dans des circuits semblables aux précédents et fonctionne de la même manière.

Toutes les diodes ne sont pas des tubes à vide. Dans certains cas, on vide l'air du tube mais, avant de refermer celui-ci, on y introduit une petite quantité d'un gaz chimiquement inerte. La diode n'est plus alors un tube à vide poussé, mais renferme du gaz sous une pression faible. L'un des tubes à gaz les plus courants renferme une petite quantité de vapeur de mercure, qui se forme à partir du mercure sous l'influence de la pression faible. La vapeur de mercure agit exactement comme d'autres gaz inertes tels que le néon ou l'argon.

Le symbole représentant un tube à gaz, ou un tube à vapeur de mercure, ne se distingue du symbole représentant un tube à vide poussé que par un point rond qui indique la présence d'un gaz dans le tube. Chaque fois que vous voyez un point rond sur le symbole d'un tube, vous savez qu'il s'agit d'un tube à gaz.

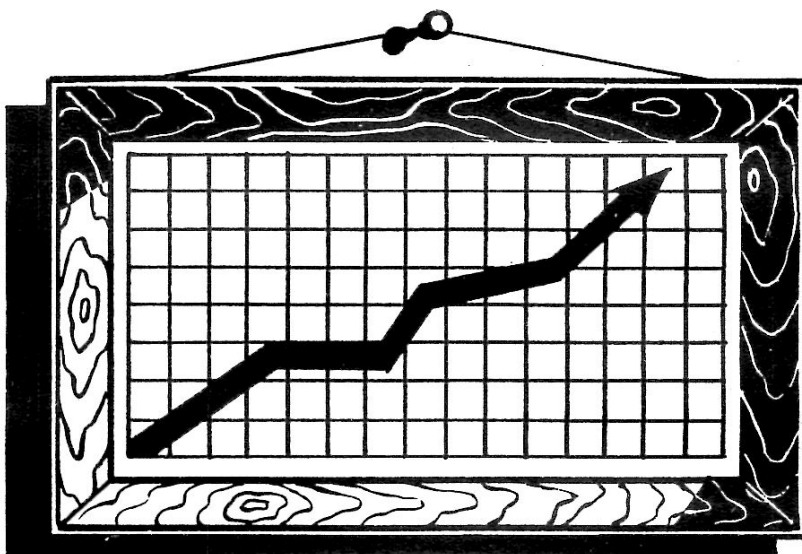


Comme vous le voyez dans le schéma ci-dessus, le tube à gaz comporte le même genre de fil de chauffage et de cathode que la diode usuelle. Beaucoup de tubes à gaz comportent des cathodes à chauffage direct semblables à celle utilisée dans le tube redresseur à vide poussé du type 80. La fonction de la cathode est la même dans les deux types de tubes. Elle consiste à émettre des électrons.

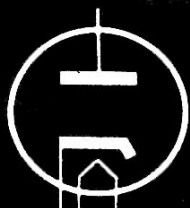
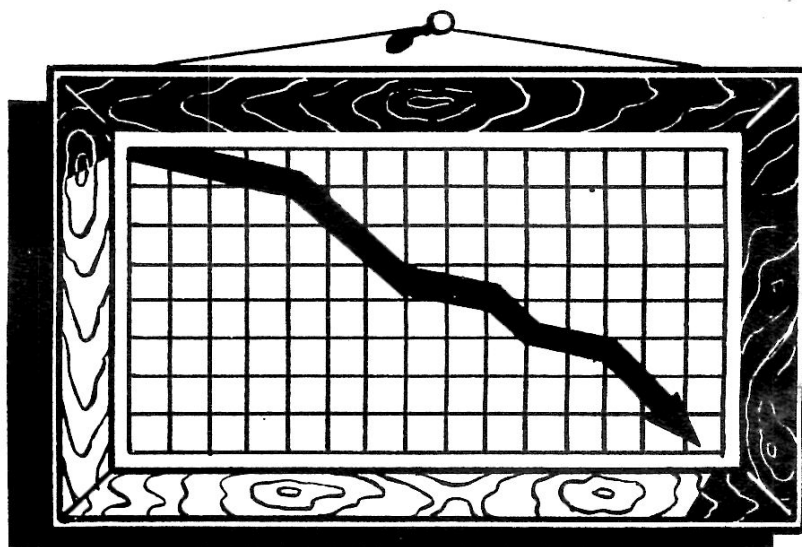
Lorsque le tube est traversé par un courant, la diode agit comme une résistance ordinaire. C'est là son désavantage. Voyons pourquoi.

Lorsqu'un circuit d'alimentation qui comporte un tube à vide poussé ne fournit qu'un courant assez faible, la chute de tension dans la diode reste petite. Par conséquent, la tension  $+B$  est très élevée. Par contre, lorsque le circuit d'alimentation fournit un fort courant, la chute de tension dans le tube devient très importante et, par conséquent, la tension  $+B$  diminue. C'est pourquoi un circuit qui utilise un tube à vide poussé n'a pas une bonne régulation. La régulation d'un circuit d'alimentation est une mesure qui indique à quel point le circuit maintient une tension de sortie constante, lorsque le courant débité s'accroît jusqu'à atteindre sa valeur nominale. Comme leur régulation est mauvaise, les redresseurs à vide poussé ne sont pas utilisés dans des circuits d'alimentation qui doivent fournir de forts débits.

**LORSQUE  
LE COURANT  
DÉBITÉ  
S'ACCROÎT ...**



**LA TENSION  
DE SORTIE  
(+B)  
DÉCROÎT**



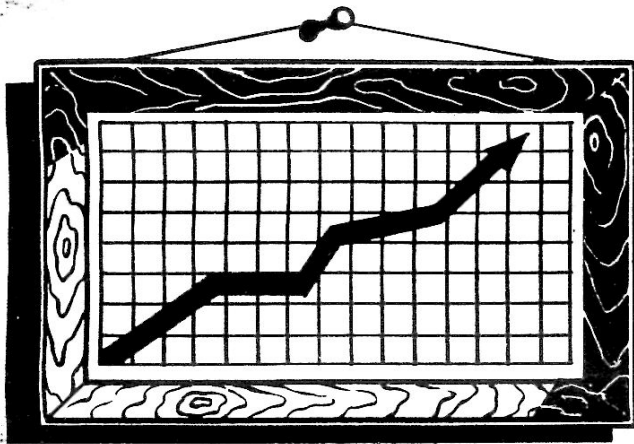
**Un circuit d'alimentation  
qui utilise une diode à vide poussé  
a une MAUVAISE régulation**

Dans une diode à gaz, les électrons se dirigent de la cathode vers la plaque, exactement comme dans toutes les diodes. Les électrons traversent le gaz à une vitesse assez élevée et arrachent au gaz d'autres électrons, ce qui fait que les atomes de gaz restants ont une charge positive. On dit alors que le gaz est ionisé. Les ions positifs (les atomes auxquels des électrons ont été arrachés) se dirigent vers la cathode pour y récupérer les électrons qui leur manquent. Cependant, d'autres électrons qui arrivent à des vitesses élevées vont de nouveau arracher des électrons aux atomes neutres et ioniseront ceux-ci. Ainsi, le gaz contient toujours quelques atomes ionisés.

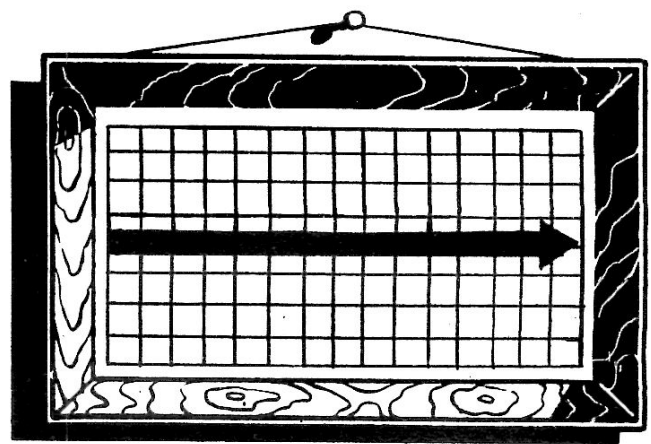
Le gaz ionisé possède une propriété étonnante : lorsque le courant dans le tube est faible, il s'y produit une chute de tension de 15 volts environ. Lorsque le courant dans le tube est fort, cette chute de tension se maintient à 15 volts environ. Ainsi, la chute de tension à travers le tube ne subit que des variations minimales même s'il y a des variations très importantes du courant dans le tube.

Vous comprenez facilement que, si la tension entre les bornes du tube reste constante pour des courants débités différents, la tension  $+B$  ne change pas autant qu'elle le faisait dans un circuit d'alimentation qui utilisait un tube à vide poussé.

Vous trouverez des redresseurs à gaz chaque fois qu'un circuit d'alimentation devra fournir de forts débits. Comme la chute de tension dans le redresseur à gaz est faible, un circuit d'alimentation de ce type est beaucoup plus efficace qu'un circuit qui utiliserait un tube à vide poussé.



**LORSQUE  
LE COURANT  
DÉBITÉ  
S'ACCROÎT ...**



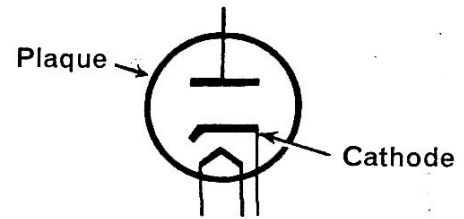
**LA TENSION  
DE SORTIE  
( $+B$ )  
RESTE CONSTANTE**



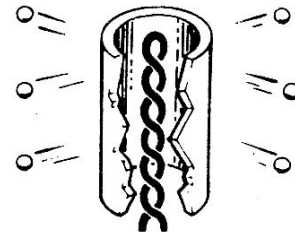
**Un circuit d'alimentation  
qui utilise une DIODE À GAZ  
possède une BONNE régulation**

## RÉCAPITULATION. TUBES REDRESSEURS À VIDE

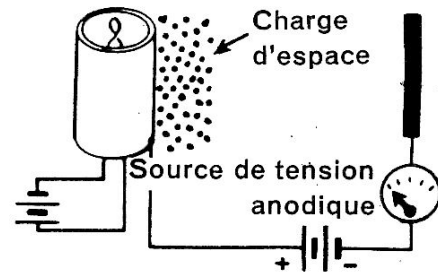
**TUBE À DEUX ÉLECTRODES** — Un tube à vide à deux électrodes se compose d'une cathode chauffée et d'une plaque métallique entourées d'un boîtier ou tube de verre dans lequel on a fait le vide.



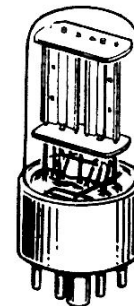
**ÉMISSION ÉLECTRONIQUE** — L'émission électronique est l'action de la cathode qui consiste à libérer des électrons lorsqu'elle est chauffée.



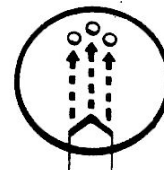
**CHARGE D'ESPACE** — On appelle charge d'espace la charge négative qui entoure la cathode et qui est produite par l'émission d'électrons de la cathode.



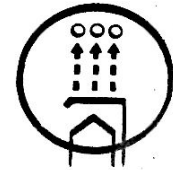
**TUBE REDRESSEUR** — Le tube redresseur est un tube à vide construit spécialement pour être utilisé comme redresseur.



**FILAMENTS** — Le filament consiste en un fil chauffant fin qui sert à chauffer la cathode d'un tube à vide. Dans les tubes qui comportent des cathodes à chauffage indirect, le filament sert uniquement à chauffer la cathode, tandis que, dans les tubes qui comportent des cathodes à chauffage direct, le filament et la cathode sont constitués par le même fil.

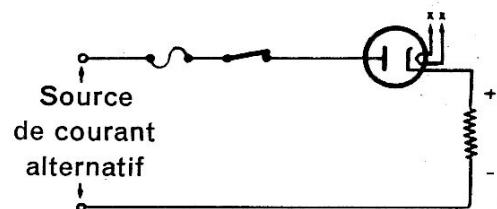


Chauffage direct



Chauffage indirect

**CIRCUIT ÉLÉMENTAIRE DE TUBE REDRESSEUR À VIDE** — Le circuit élémentaire de tube redresseur à vide se compose d'un tube à deux électrodes monté en série avec une source de courant alternatif et destiné à transformer du courant alternatif en courant unidirectionnel.

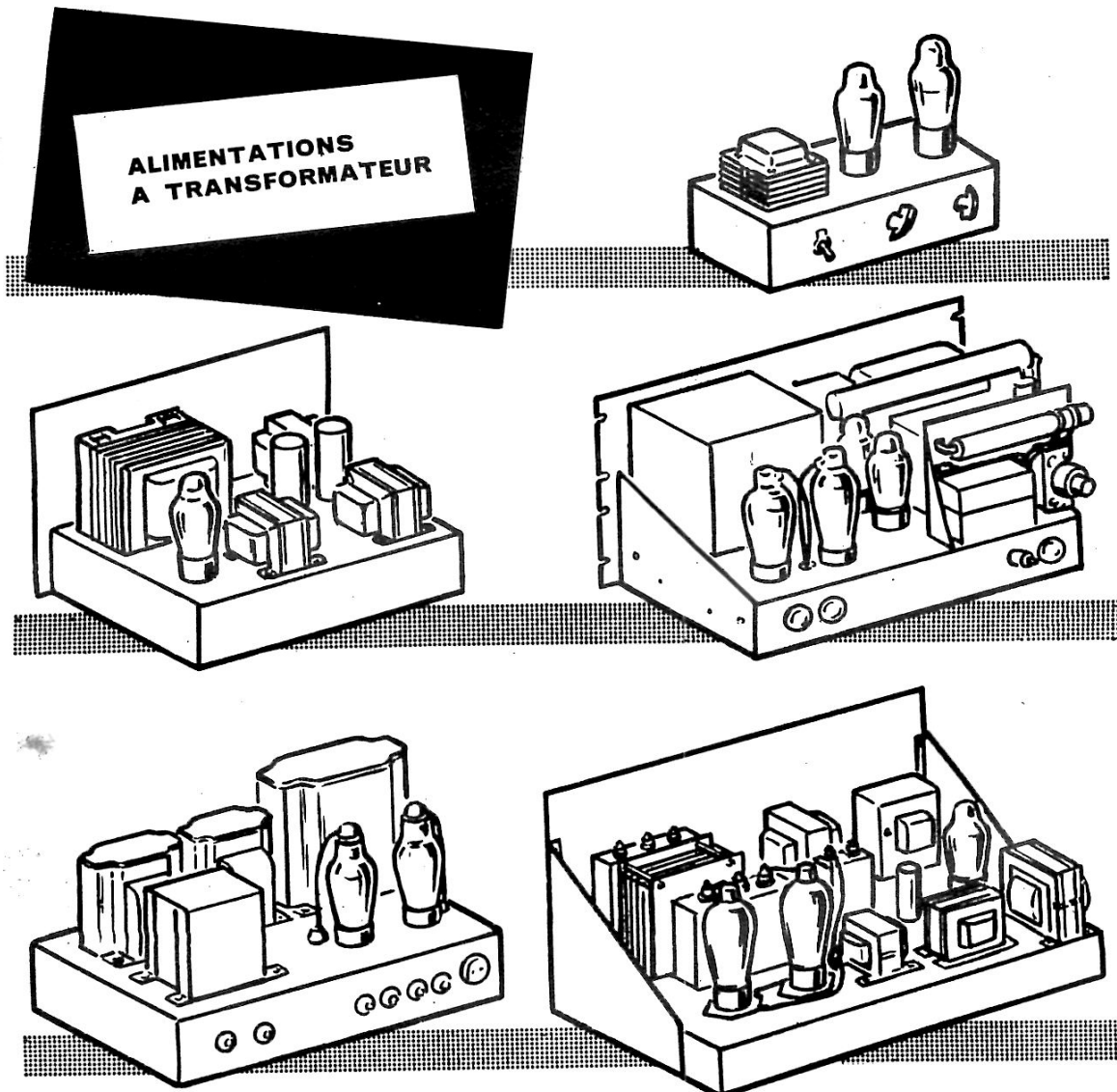


# REDRESSEMENT D'UNE ALTERNANCE REDRESSEURS À TRANSFORMATEUR

## CIRCUITS D'ALIMENTATION À TRANSFORMATEUR

Les deux circuits redresseurs élémentaires que vous venez d'étudier sont utilisés pour transformer la tension alternative de 110 volts en tension continue. Ces circuits de redressement sont souvent employés dans des circuits d'alimentation économiques, lorsqu'il n'est pas nécessaire d'isoler le circuit redresseur de la tension alternative du réseau et que l'on n'a pas besoin de tensions continues de plus de 120 volts.

En insérant un transformateur entre le réseau et le redresseur, on peut accroître ou diminuer la tension alternative, d'où il résulte un accroissement ou une diminution correspondante de la tension de sortie. Dans ce cas, le circuit redresseur va être complètement isolé du réseau, et l'on modifie la tension de chauffage à l'aide d'enroulements secondaires supplémentaires qu'on ajoute au transformateur. Comme on a le plus souvent besoin de tensions de chauffage différentes et qu'il faut, dans la plupart des appareils électroniques, isoler les circuits, la majorité des circuits d'alimentation comportent des transformateurs. Ci-dessous, vous voyez plusieurs exemples typiques de ce genre de circuits d'alimentation.



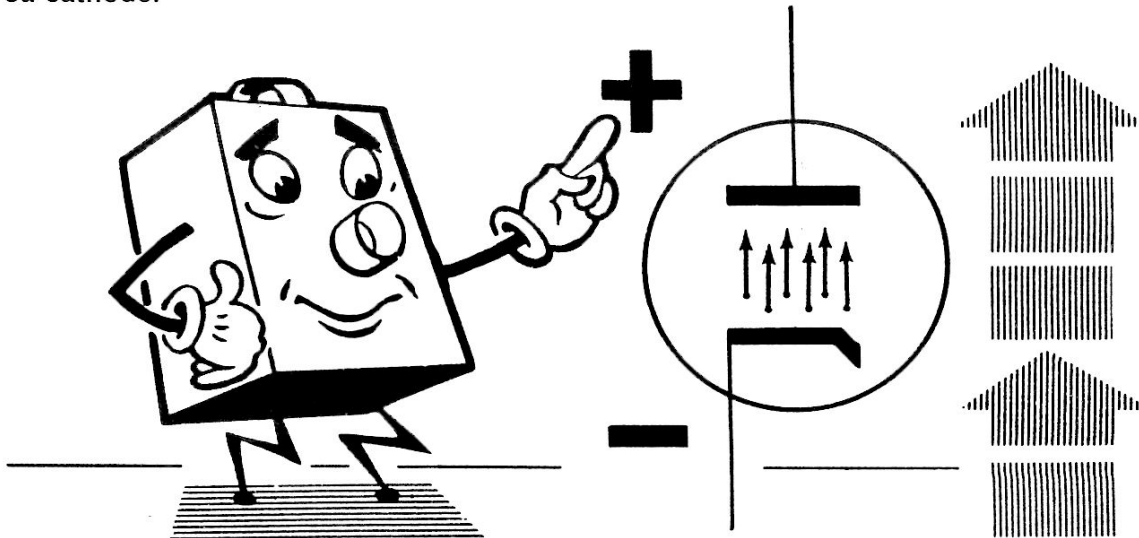


## DIODE DANS LE CIRCUIT D'ALIMENTATION À TRANSFORMATEUR

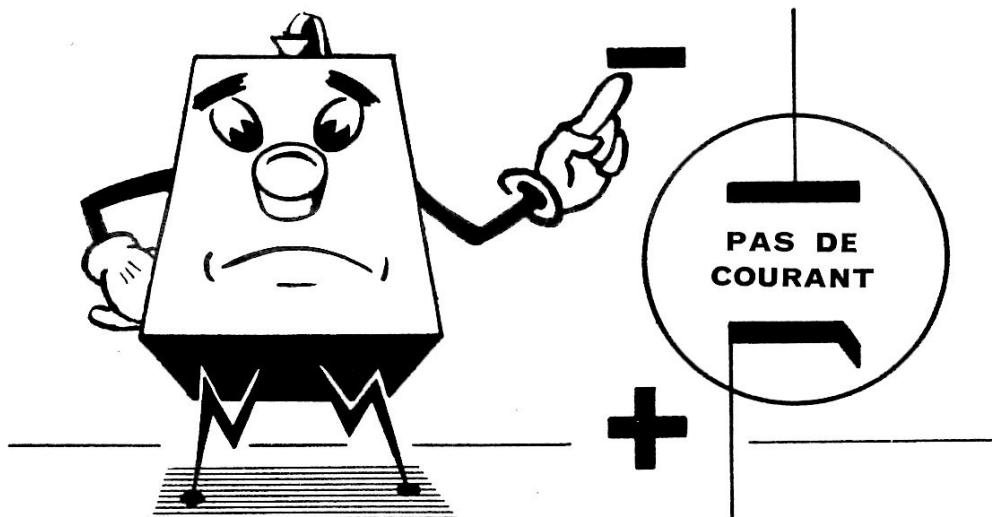
Tous les redresseurs, y compris le redresseur à une alternance, transforment le courant alternatif en courant pulsé unidirectionnel. La rectification résulte du fait que les redresseurs ne laissent passer le courant que dans un seul sens. Le principe de fonctionnement varie très peu pour les différents types de circuits redresseurs. Vous allez maintenant apprendre comment le circuit redresseur d'une alternance à transformateur effectue la transformation du courant alternatif en courant pulsé unidirectionnel.

L'action rectificatrice du circuit dépend d'une diode qui est le tube redresseur. En théorie, le principe du fonctionnement de la diode a déjà été traité, mais, pour comprendre la fonction de la diode dans le circuit redresseur à transformateur, vous devez récapituler les deux faits suivants :

1. La diode ne permet le passage d'un courant que lorsque sa plaque est positive par rapport à sa cathode.



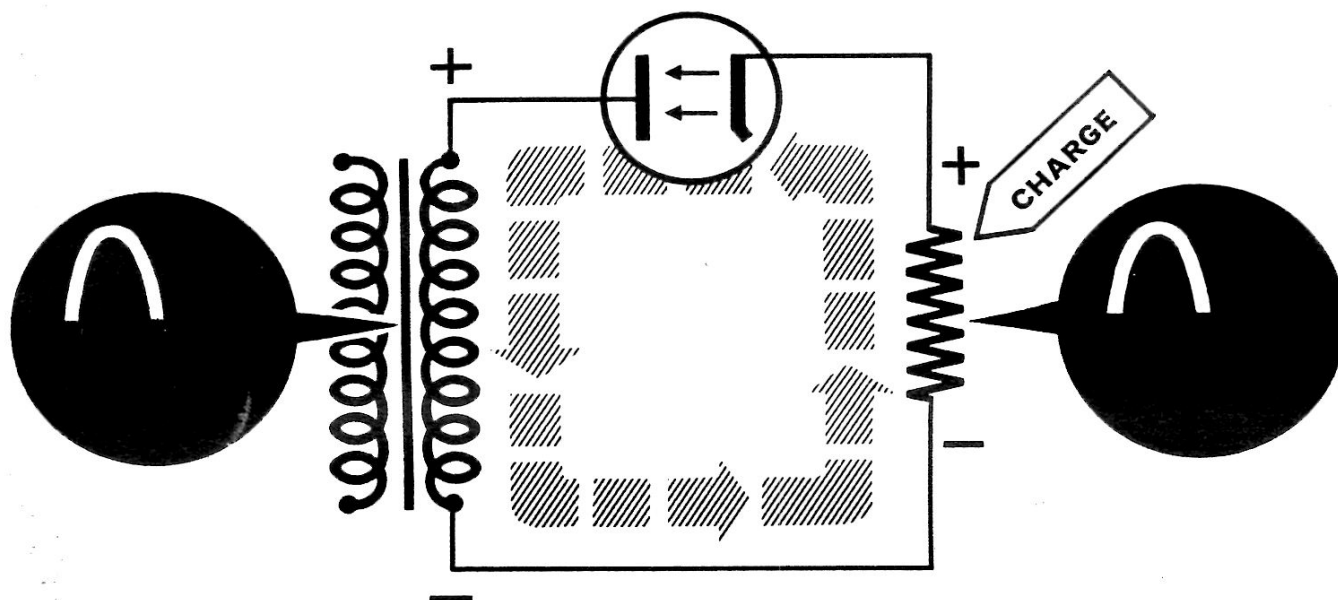
2. La diode ne peut être traversée par des électrons lorsque sa plaque est négative par rapport à la cathode.



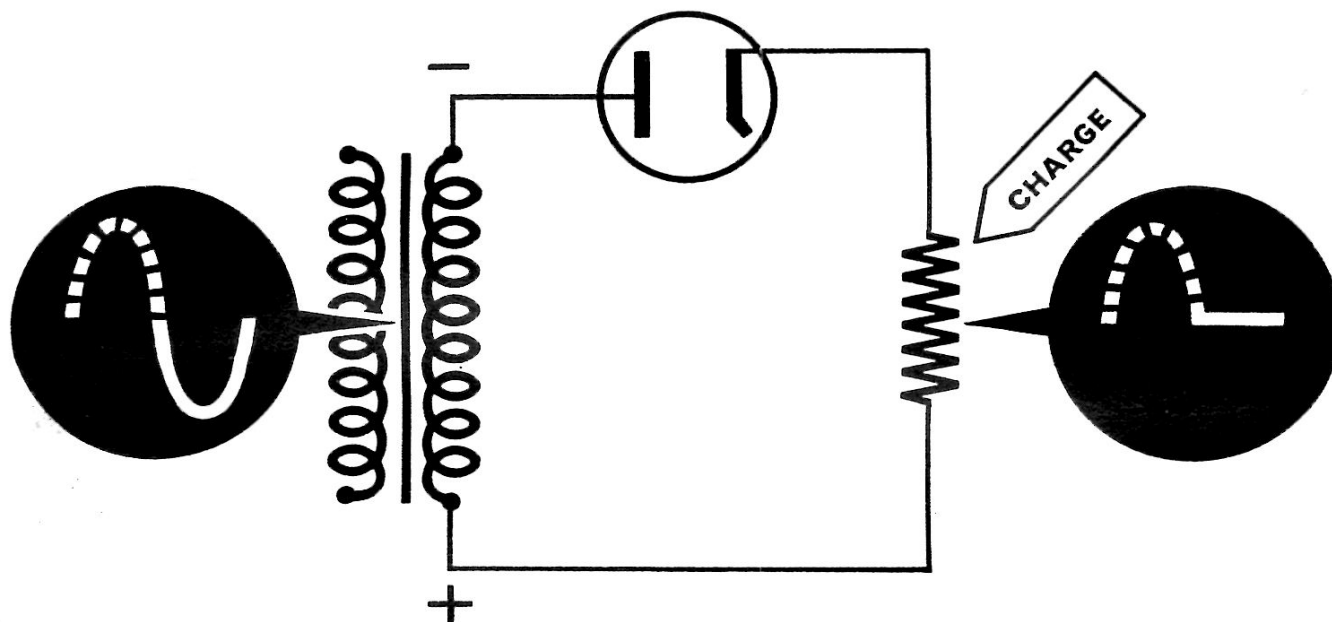
Par l'expérience précédente avec une diode, vous savez déjà que, lorsque le tube est branché sur un réseau alternatif de 50 hertz, la plaque devient 50 fois par seconde positive et 50 fois par seconde négative. Si l'on branche la diode sur le secondaire à tension élevée d'un transformateur, la situation est exactement la même que dans le cas précédent, sauf que la tension transmise à la plaque est beaucoup plus élevée, d'où il résulte un courant pulsé unidirectionnel correspondant à une tension plus élevée.

Supposez que vous insériez la diode dans un simple circuit redresseur d'une alternance, et observez ensuite comment se fait la transformation du courant alternatif en courant unidirectionnel.

Lorsque la tension obtenue par le transformateur rend la plaque positive, il se produit un flux d'électrons, et l'on constate l'apparition d'une tension aux bornes de la charge.

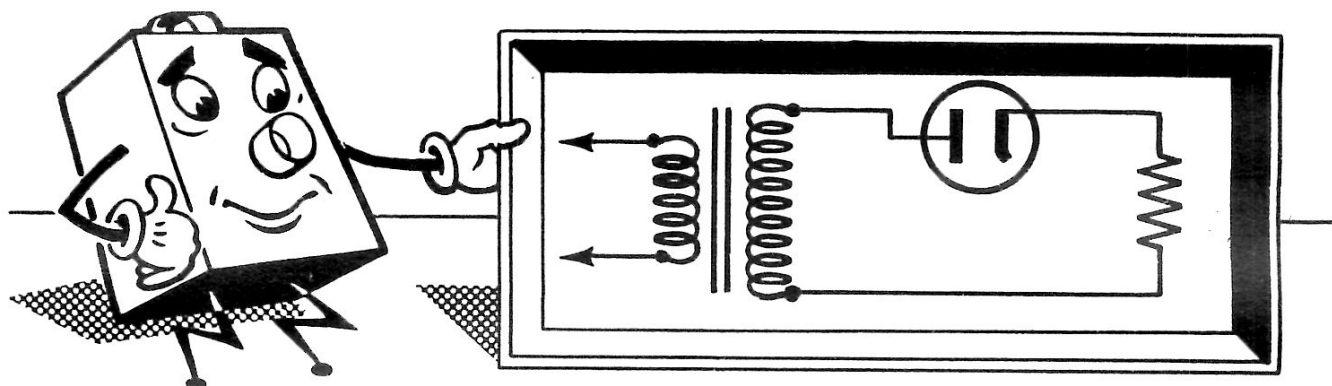


Lorsque la tension obtenue par le transformateur rend la plaque négative, il ne peut se produire un flux d'électrons et, par conséquent, il n'y a aucune tension aux bornes de la charge.

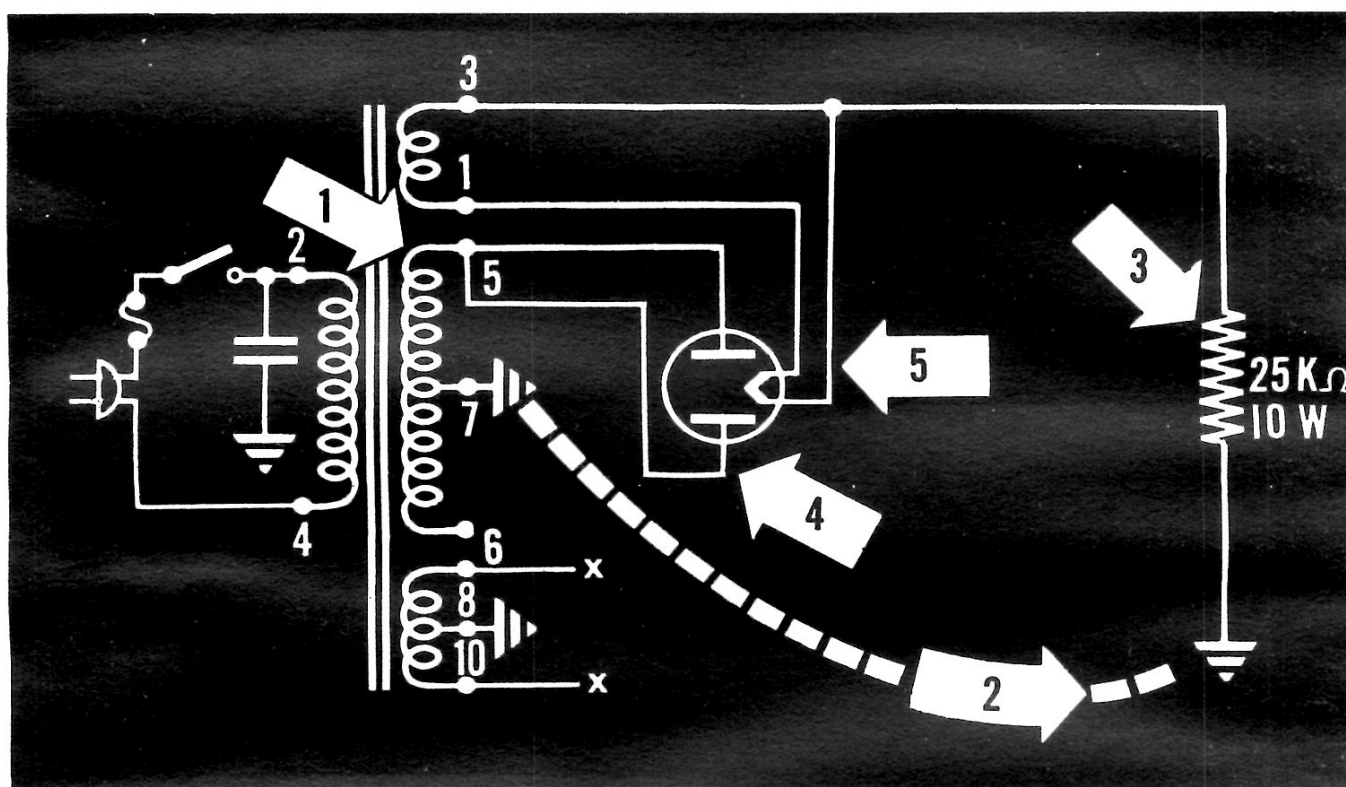


En ne permettant un flux d'électrons que dans un seul sens (de la cathode vers la plaque), le tube redresseur à diode provoque un courant pulsé dans le circuit de charge et, par conséquent, une tension pulsée unidirectionnelle entre les bornes de la charge. La tension d'entrée alternative du transformateur réapparaît donc, entre les bornes du circuit de charge, comme une tension pulsée unidirectionnelle. Remarquez cependant que le circuit redresseur d'une alternance n'a utilisé que la partie positive de la tension d'entrée qui était une tension alternative. La partie négative n'est pas utilisée du tout.

## SCHÉMA D'UN CIRCUIT REDRESSEUR À TRANSFORMATEUR



Comparez le circuit ci-dessus et le circuit ci-dessous qui représentent tous deux un redresseur d'une alternance.



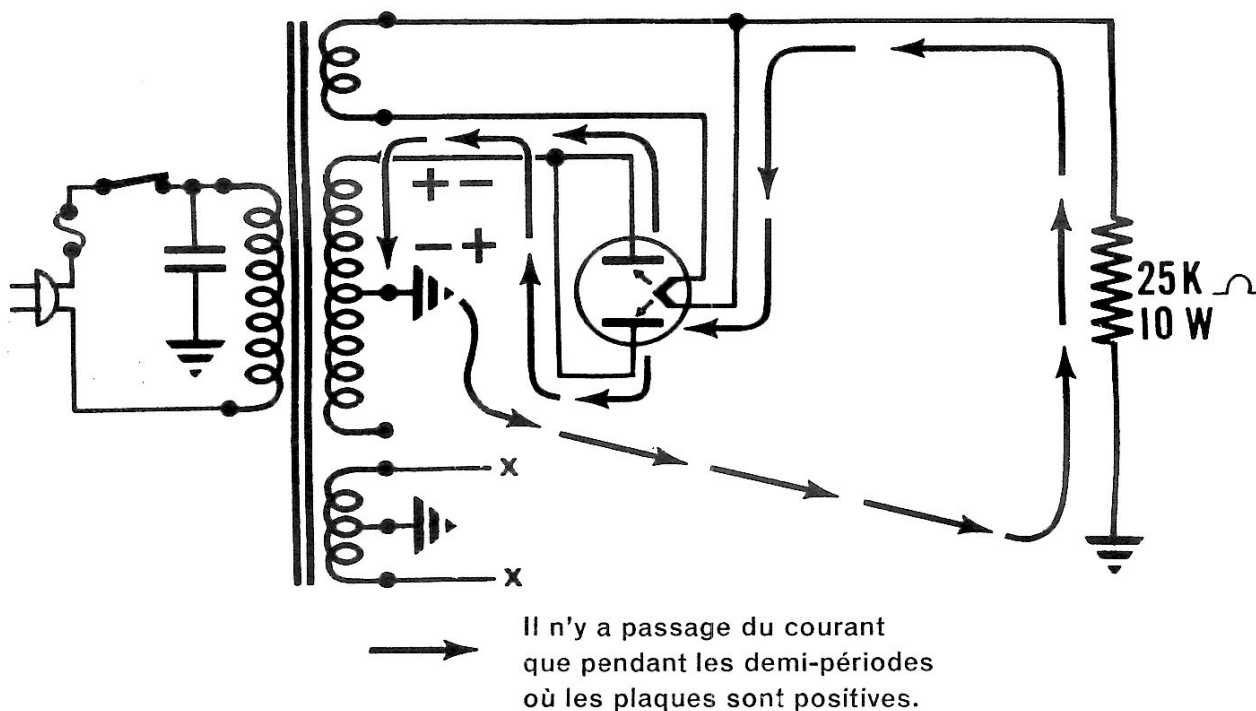
Remarquez la ressemblance entre les deux circuits. Vous constatez les faits suivants :

1. Seule la moitié du secondaire à haute tension du transformateur est utilisée, à savoir la partie située entre les prises 5 et 7. C'est cette moitié qui fournit la tension anodique du redresseur.
2. Le trajet du courant entre le transformateur et le circuit de charge passe par le châssis (la masse).
3. La charge sera représentée par une résistance  $25\text{ K}\Omega$ .
4. Les deux plaques du tube redresseur ont été montées ensemble de sorte que le tube agit comme une seule diode.
5. Le tube comporte une cathode à chauffage direct. C'est pourquoi la cathode est, exactement comme le circuit de charge, branchée sur le secondaire, chauffage filament du transformateur.

## FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT REDRESSEUR À TRANSFORMATEUR

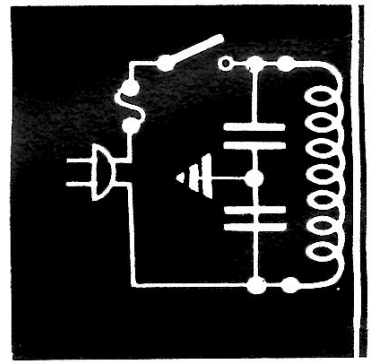
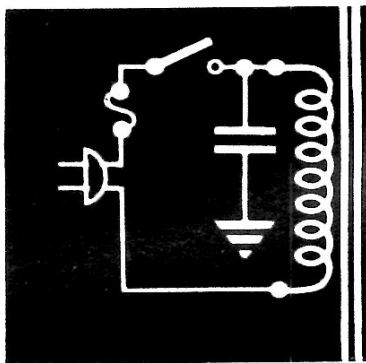
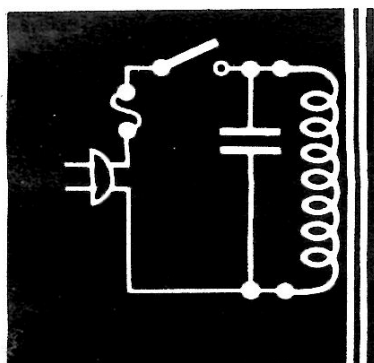
Le principe de fonctionnement du circuit redresseur d'une alternance, que vous venez de voir, a déjà été exposé. Dans le schéma ci-dessous, le sens du courant dans le circuit est indiqué par des flèches. Les signes + et — indiquent l'inversion de la polarité de la tension secondaire après chaque demi-période. Le tube redresseur n'agit comme conducteur que dans le sens de la cathode (filament) vers la plaque, et seulement si la plaque est positive par rapport à la cathode.

### PASSAGE DU COURANT DANS UN CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE



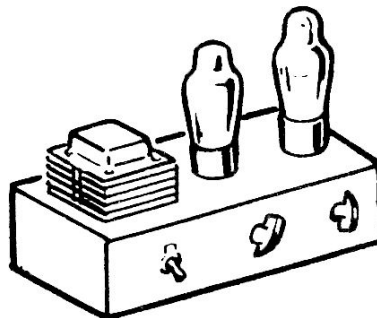
Le condensateur de  $0,001 \mu\text{F}$  utilisé dans le circuit ci-dessus ne détermine pas l'action du circuit comme redresseur d'une alternance. Il est inséré entre un pôle du réseau alternatif et la masse pour réduire les parasites électriques et pour éviter que ces parasites ne passent dans le circuit redresseur. Les condensateurs destinés à cet usage peuvent être montés de plusieurs manières, comme vous le voyez ci-dessous.

### CIRCUITS À CONDENSATEUR DE DÉCOUPLAGE

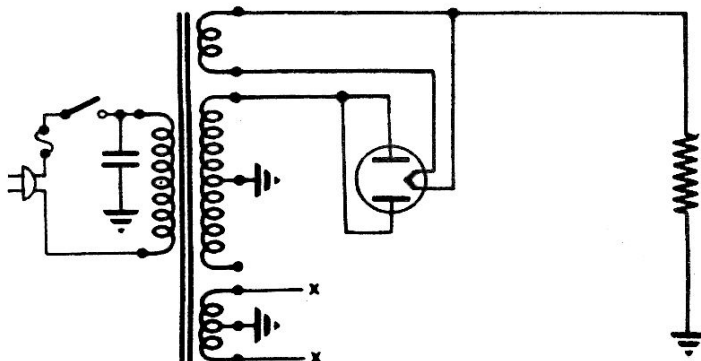


## RÉCAPITULATION. REDRESSEURS À TRANSFORMATEUR

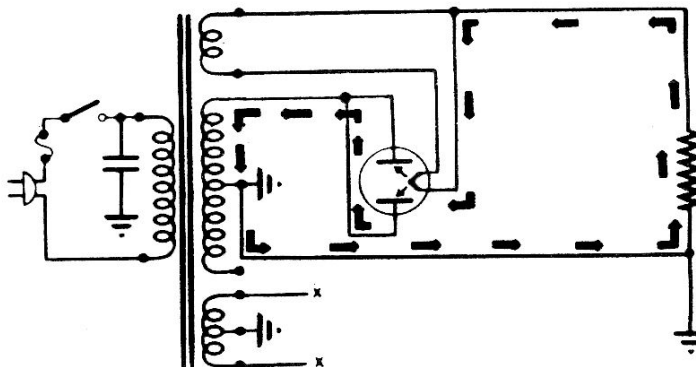
**CIRCUIT D'ALIMENTATION À TRANSFORMATEUR** — Le circuit d'alimentation à transformateur est un circuit d'alimentation qui utilise un transformateur, soit pour accroître, soit pour diminuer la tension de la ligne de courant alternatif, de façon à obtenir une tension de sortie continue de la valeur voulue.



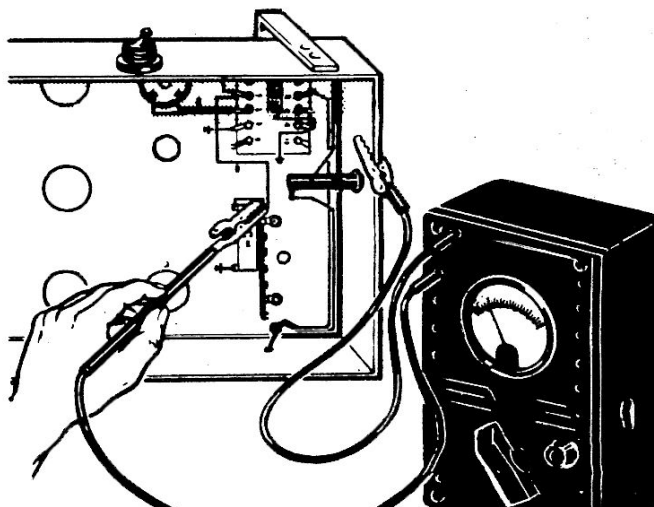
**CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE** — C'est un circuit redresseur qui utilise un seul élément de rectification, lequel transforme le courant alternatif en courant unidirectionnel en ne permettant le passage du courant que dans un seul sens. Il utilise seulement une demi-période sur deux du courant alternatif, d'où il résulte un courant pulsé unidirectionnel. Ce genre de circuit comprend parfois un transformateur pour accroître ou pour diminuer la tension de sortie.



**COURANT DANS UN CIRCUIT REDRESSEUR D'UNE ALTERNANCE** — On applique une tension alternative à la plaque du redresseur, et celui-ci n'est traversé par un courant que pendant les demi-périodes pour lesquelles la plaque est positive.



**MESURES DE TENSIONS ÉLEVÉES** — N'utilisez jamais qu'une seule main pour prendre des mesures ou pour vérifier des circuits soumis à des hautes tensions. Employez toujours une pointe de touche isolée et destinée à servir aux mesures de hautes tensions.

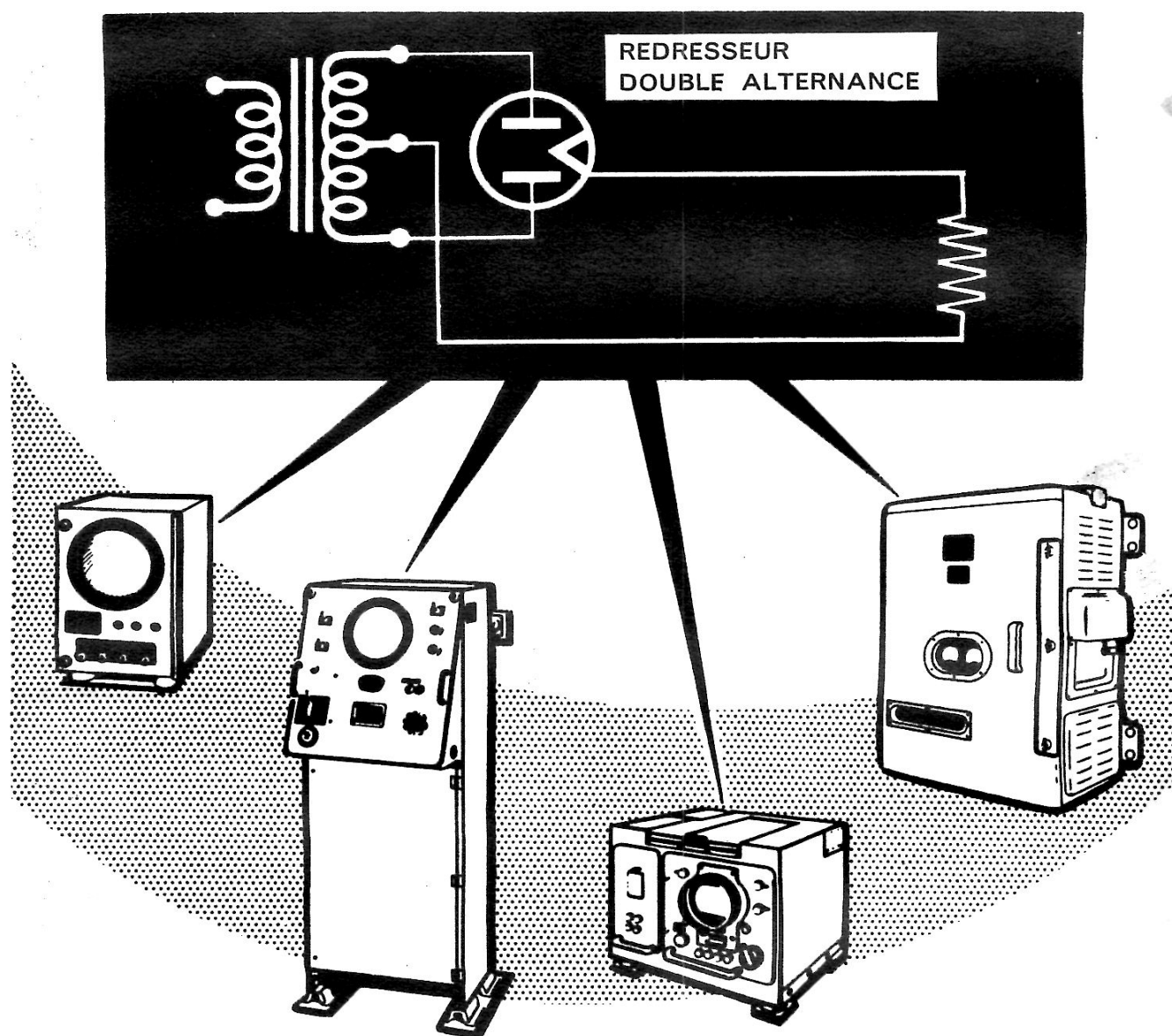


# CIRCUIT REDRESSEUR À DOUBLE ALTERNANCE OU BIPHASÉ

## REDRESSEURS BIPHASÉS OU À DOUBLE ALTERNANCE

Vous avez vu comment fonctionnait le redressement d'une seule alternance. Sur les pages suivantes, vous allez étudier le redressement double alternance qui remplit la même fonction que le redressement à une seule alternance, mais de manière légèrement différente.

Vous devez connaître le redressement double alternance, car il est utilisé dans neuf appareils électroniques sur dix. Il peut fournir toutes tensions entre 100 volts et 5 000 volts. A bord de tout bateau, dans tous les postes électriques, partout où l'on se sert d'appareils électroniques, la plus grande partie de l'énergie électrique est fournie par des redresseurs double alternance.

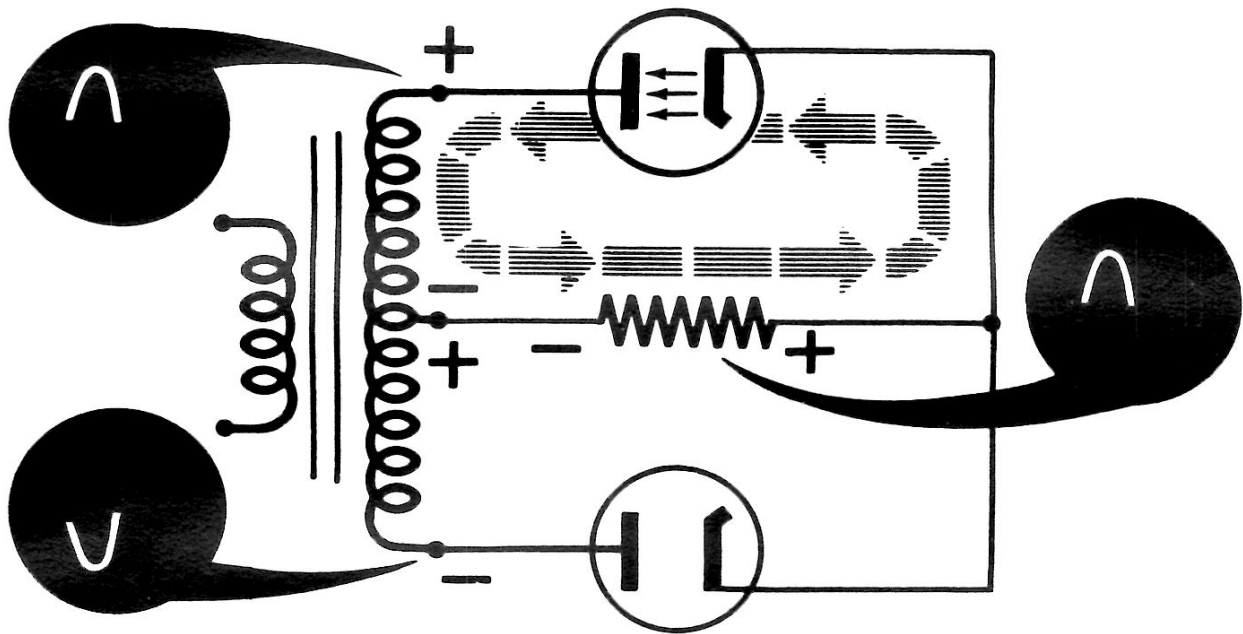




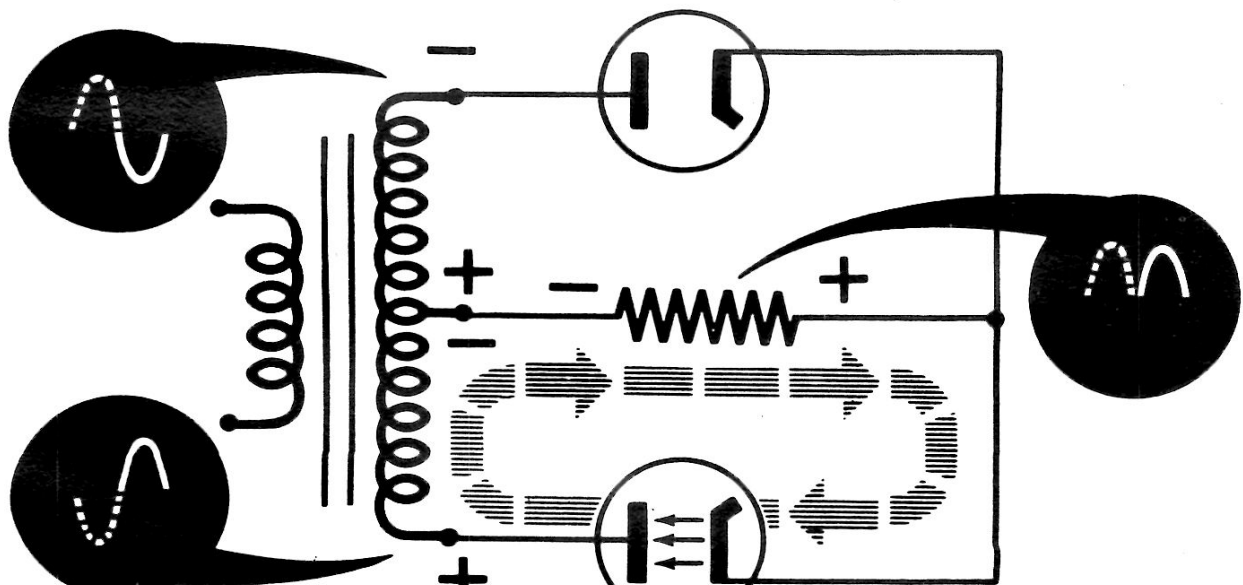
## FONCTIONNEMENT DU REDRESSEUR À DOUBLE ALTERNANCE

Dans un circuit redresseur à double alternance, un tube redresseur à diode est placé en série avec chaque moitié du secondaire du transformateur et avec le circuit de charge. En fait, deux redresseurs d'une alternance travaillent ainsi pour le même circuit de charge.

Pendant la première demi-période, la plaque de la diode supérieure devient positive; la plaque de la diode inférieure est négative. Elle est alors traversée par le courant qui traversera ensuite le circuit de charge. Remarquez que, pendant que la diode supérieure conduit le courant, la plaque inférieure est négative par rapport à la cathode et ne saurait donc agir comme conducteur.



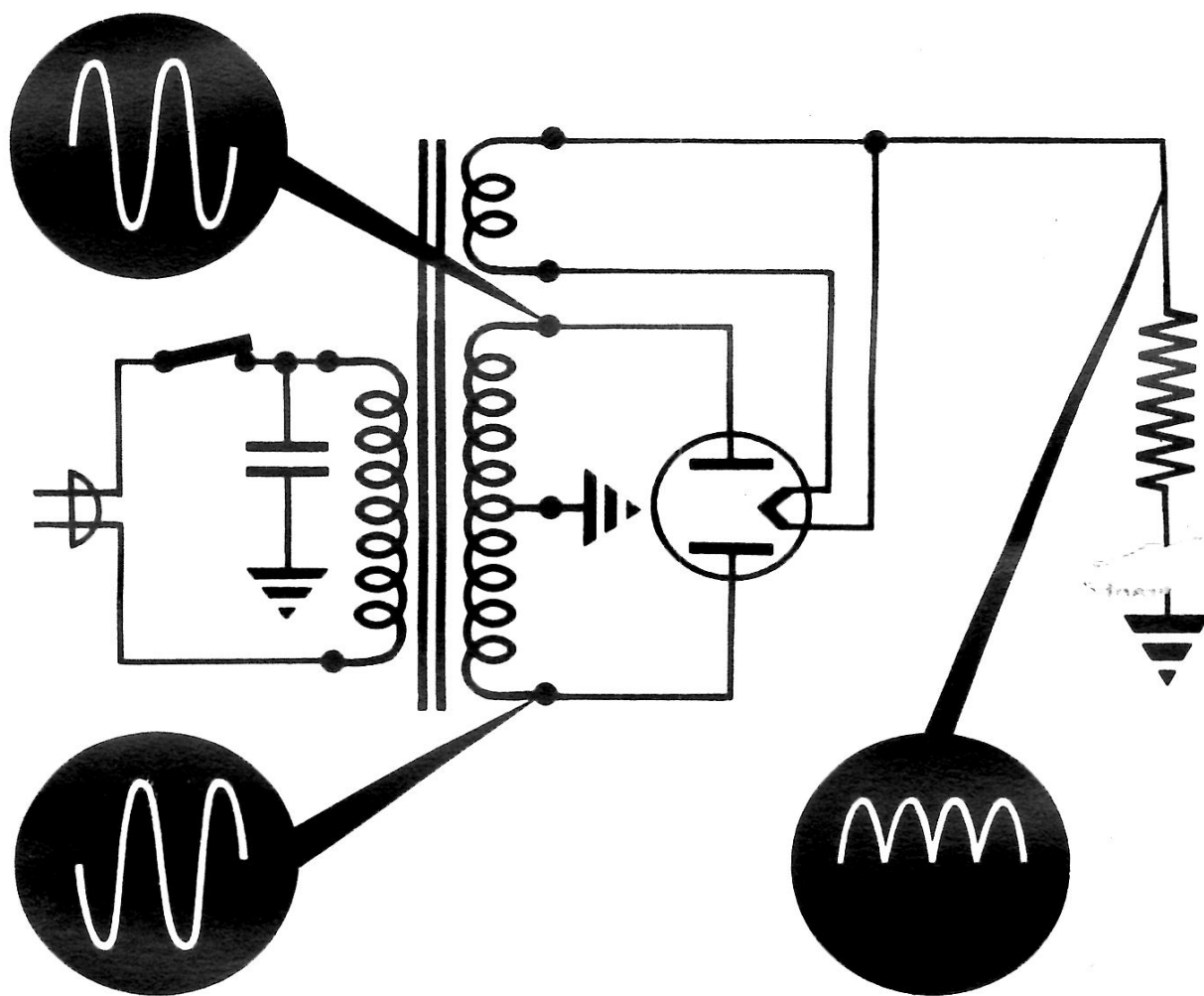
Pendant la seconde demi-période, la plaque de la diode supérieure devient négative, de sorte qu'elle ne peut conduire le courant, tandis que la plaque de la diode inférieure est positive, de sorte qu'elle est traversée par le courant qui traverse ensuite le circuit de charge. Puisque les deux pulsations de courant dans le circuit de charge ont la même direction, il se produit une tension pulsée unidirectionnelle entre les bornes du circuit de charge. Le redresseur double alternance a ainsi transformé les deux demi-périodes du courant d'entrée alternatif en un courant pulsé unidirectionnel à la sortie.



## TUBE REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE

Le schéma de la page précédente montre deux tubes redresseurs séparés qui sont utilisés dans le circuit redresseur double alternance. Vous verrez parfois des alimentations dont le circuit comporte effectivement deux tubes redresseurs, mais, le plus souvent, les redresseurs double alternance utilisent un seul tube. En regardant encore une fois le schéma de la page précédente, vous constatarez que les filaments des deux tubes sont reliés entre eux.

On peut donc mettre deux tubes redresseurs séparés dans un seul boîtier, de sorte que les deux plaques aient un filament commun. Le tube redresseur double alternance comporte alors deux plaques, mais un seul filament. Le tube redresseur du type 80 est un tube de ce genre. Lorsqu'un redresseur double alternance est utilisé dans un circuit redresseur double alternance, ce circuit est généralement représenté comme suit :



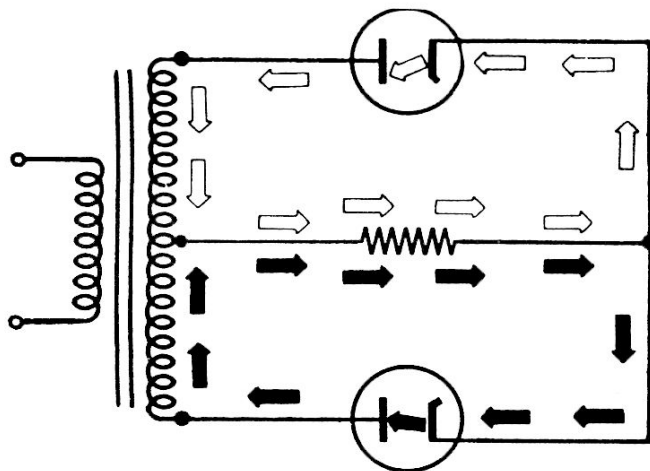
Remarquez que, dans ce tube, il n'existe qu'un seul filament qui fournit des électrons aux deux plaques. Pendant une demi-période du courant alternatif d'entrée, la première des deux plaques reçoit des électrons du filament et, pendant l'autre demi-période, c'est la deuxième plaque qui reçoit des électrons. Comme dans toutes les diodes, le courant dans le tube part toujours du **filament** et se dirige d'abord vers l'une des plaques, puis vers l'autre. Le circuit de charge, qui est monté en série avec le filament, est donc traversé par un courant pulsé unidirectionnel.

## COURANT DANS LES CIRCUITS REDRESSEURS DOUBLE ALTERNANCE

Les schémas ci-dessous comparent le fonctionnement du circuit redresseur double alternance à celui d'un redresseur double alternance élémentaire.

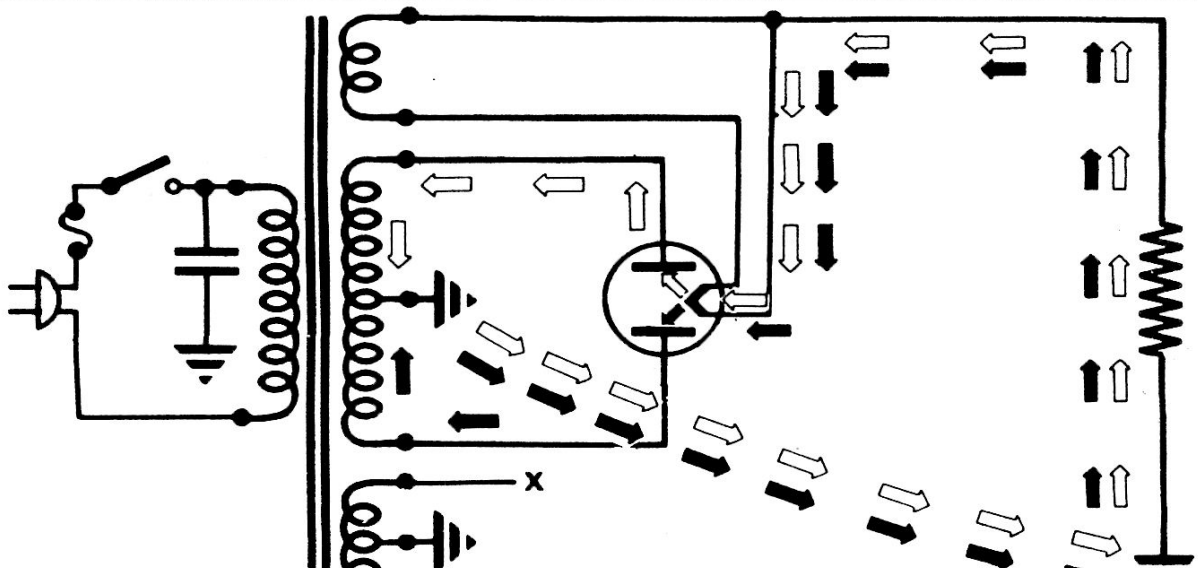
Dans le circuit élémentaire ci-dessous, les plaques 1 et 2 du tube redresseur sont branchées sur deux extrémités opposées de l'enroulement du transformateur, de sorte qu'il existe toujours un déphasage de 180 degrés entre les tensions appliquées aux deux plaques. Le courant peut seulement se diriger vers celle des plaques qui est positive. Il en résulte que le courant qui part de la cathode commune se dirige alternativement pendant une demi-période vers l'une des plaques et, pendant la demi-période suivante, vers l'autre plaque. Puisque la résistance de charge est insérée entre la cathode et la prise médiane du secondaire du transformateur, le courant dans la résistance de charge se dirige toujours dans la même direction.

Dans le circuit de base, deux cathodes sont utilisées, mais comme elles sont reliées entre elles, on peut aussi bien, dans un circuit redresseur typique, employer une seule cathode, commune aux deux plaques. En outre, dans le circuit de base, une borne du circuit de charge est directement branchée sur la prise médiane du secondaire du transformateur, et on n'emploie plus de connexion avec la masse. On peut réaliser ce montage par une mise à la masse de la prise médiane et de l'une des bornes de la résistance de charge, qu'on relie simplement au châssis.



**CIRCUIT REDRESSEUR  
DOUBLE ALTERNANCE  
ÉLÉMENTAIRE**

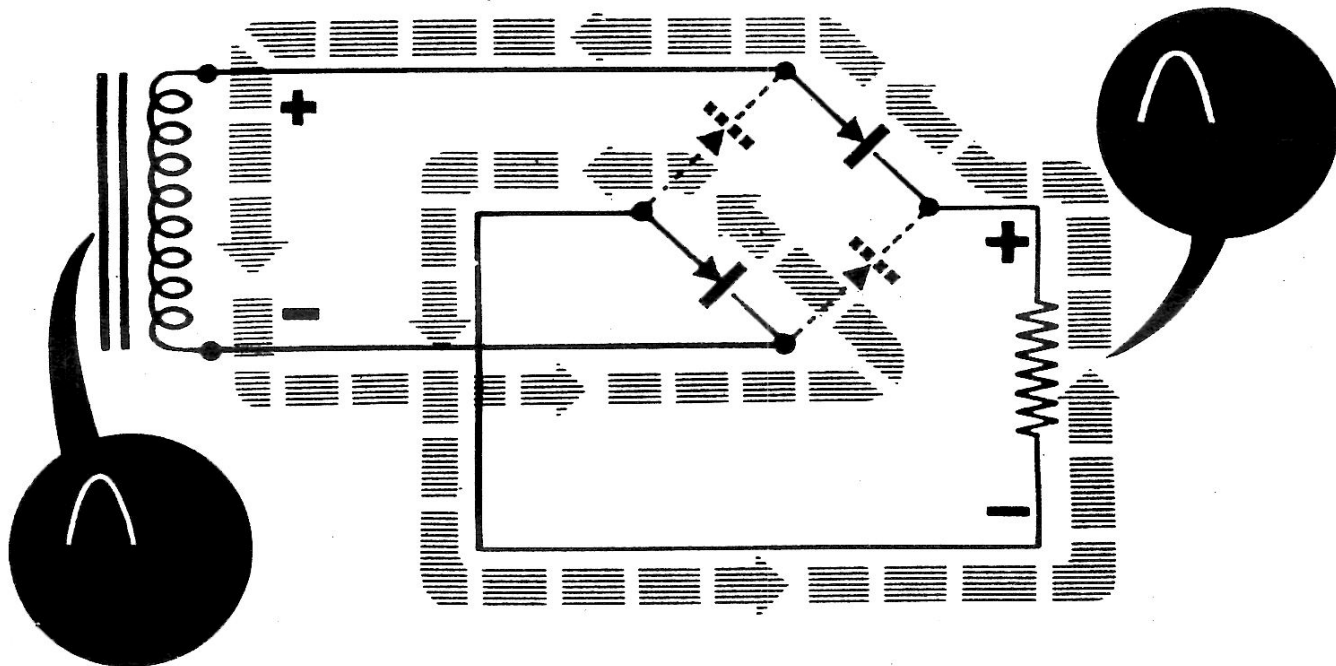
### CIRCUIT TYPIQUE D'UN REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE COMPLET



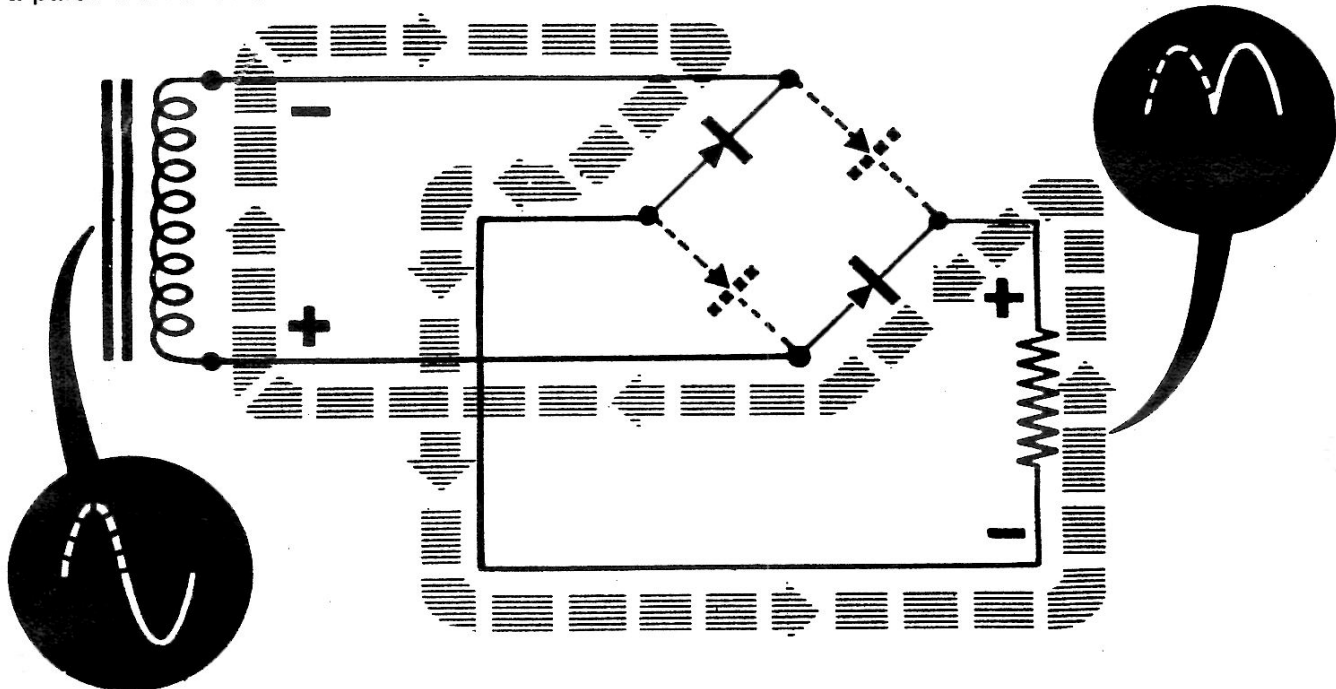
## CIRCUIT REDRESSEUR EN PONT

Comme tous les autres redresseurs que vous venez d'étudier, le redresseur en pont transforme du courant alternatif en courant unidirectionnel. Voici comment cette transformation se fait.

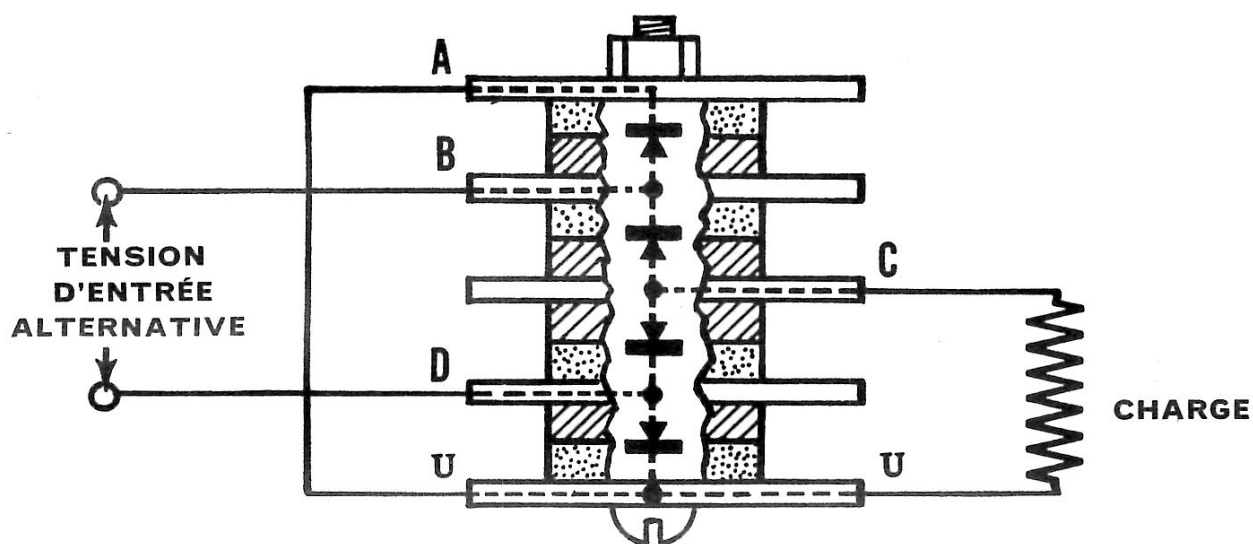
Quatre redresseurs secs sont reliés à la source de courant alternatif et à la résistance de charge de la manière indiquée ci-dessous. Lorsque la tension d'entrée alternative est positive, le courant qui part d'un pôle de la source passe par l'un des redresseurs secs, traverse la charge et un autre redresseur sec et retourne à l'autre pôle de la source.



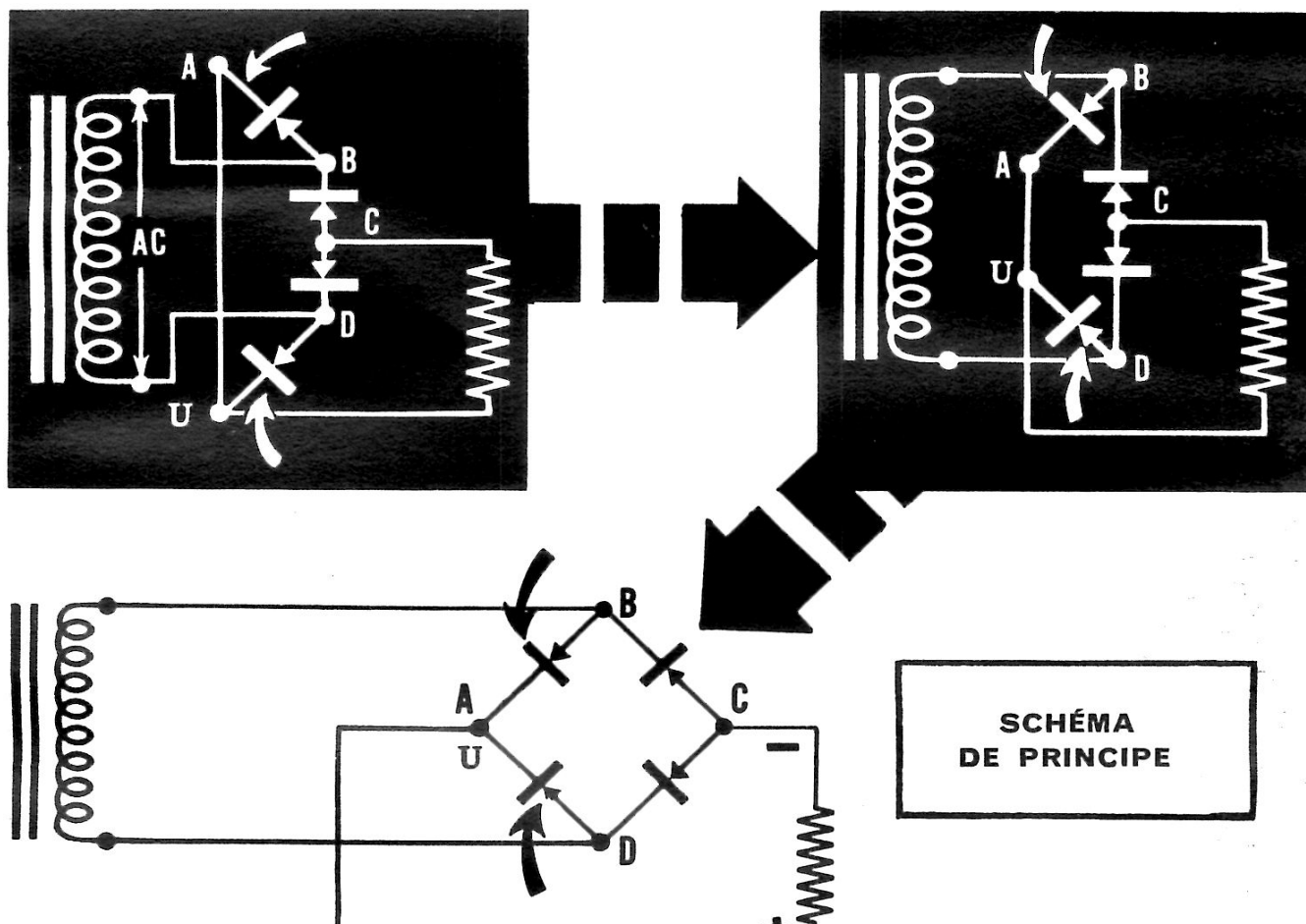
Puis, lorsque la tension d'entrée alternative devient négative, le courant passe par l'autre paire de redresseurs secs et par la résistance de charge. Remarquez que le courant dans la résistance de charge suit la même direction pendant les deux demi-périodes de la tension d'entrée. C'est pourquoi la tension qui est développée entre les bornes de la résistance de charge est une tension pulsée unidirectionnelle qui peut évidemment être filtrée, comme toute tension pulsée obtenue à partir d'un circuit redresseur.



Dans la pratique, les quatre éléments de redresseurs secs se trouvent rassemblés en un seul élément et sont branchés par une connexion externe sur le circuit redresseur.



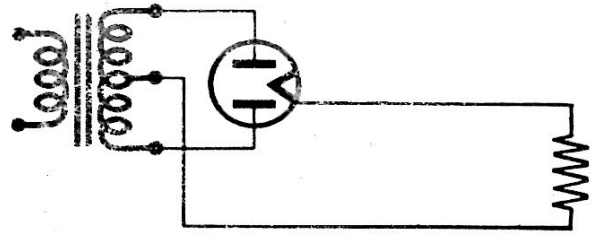
Pour passer du schéma simplifié au « schéma de principe » en bas de cette page, imaginez simplement que vous tourniez les deux éléments extérieurs comme vous le voyez dans le schéma. Avant de continuer la lecture, assurez-vous que vous avez bien compris la relation entre le montage pratique et le schéma.



## RÉCAPITULATION. CIRCUIT REDRESSEUR À DOUBLE ALTERNANCE

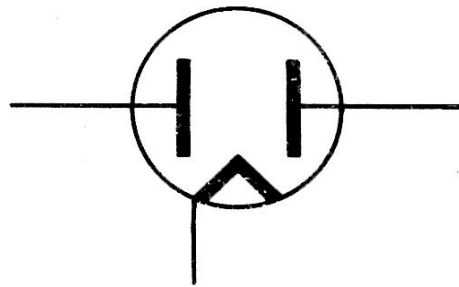
### CIRCUIT REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE —

C'est un circuit redresseur qui utilise les deux périodes de la tension alternative appliquée pour obtenir un courant pulsé. Ce circuit utilise un secondaire de transformateur à prise médiane et deux diodes qui servent à redresser les deux demi-périodes de la tension appliquée et font ainsi traverser la résistance de charge par des pulsations de courant qui se dirigent toujours dans le même sens, pendant les deux demi-périodes de la tension alternative.



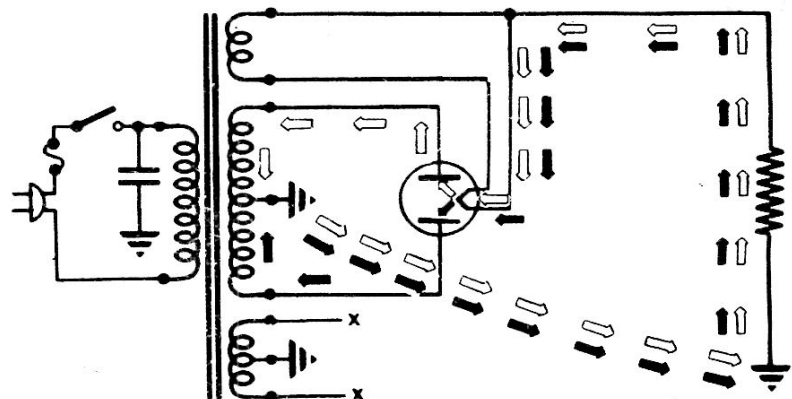
### TUBE REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE —

C'est un tube à vide qui se compose de deux diodes spécialement destinées à cet emploi et d'une cathode qui leur est commune, les trois étant entourées d'une ampoule de verre. On utilise, soit des cathodes à chauffage direct, soit des cathodes à chauffage indirect, selon que le circuit redresseur nécessite l'une ou l'autre des deux solutions.



### COURANT DANS LE CIRCUIT REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE —

Le courant part de la cathode du tube redresseur et se dirige vers celle des plaques qui est positive. Puis, il traverse une moitié du secondaire et arrive à la masse du châssis. A partir de la masse, le courant, après avoir traversé le châssis, se dirige vers l'une des bornes de la résistance de charge qu'il traverse pour regagner la cathode du tube redresseur.

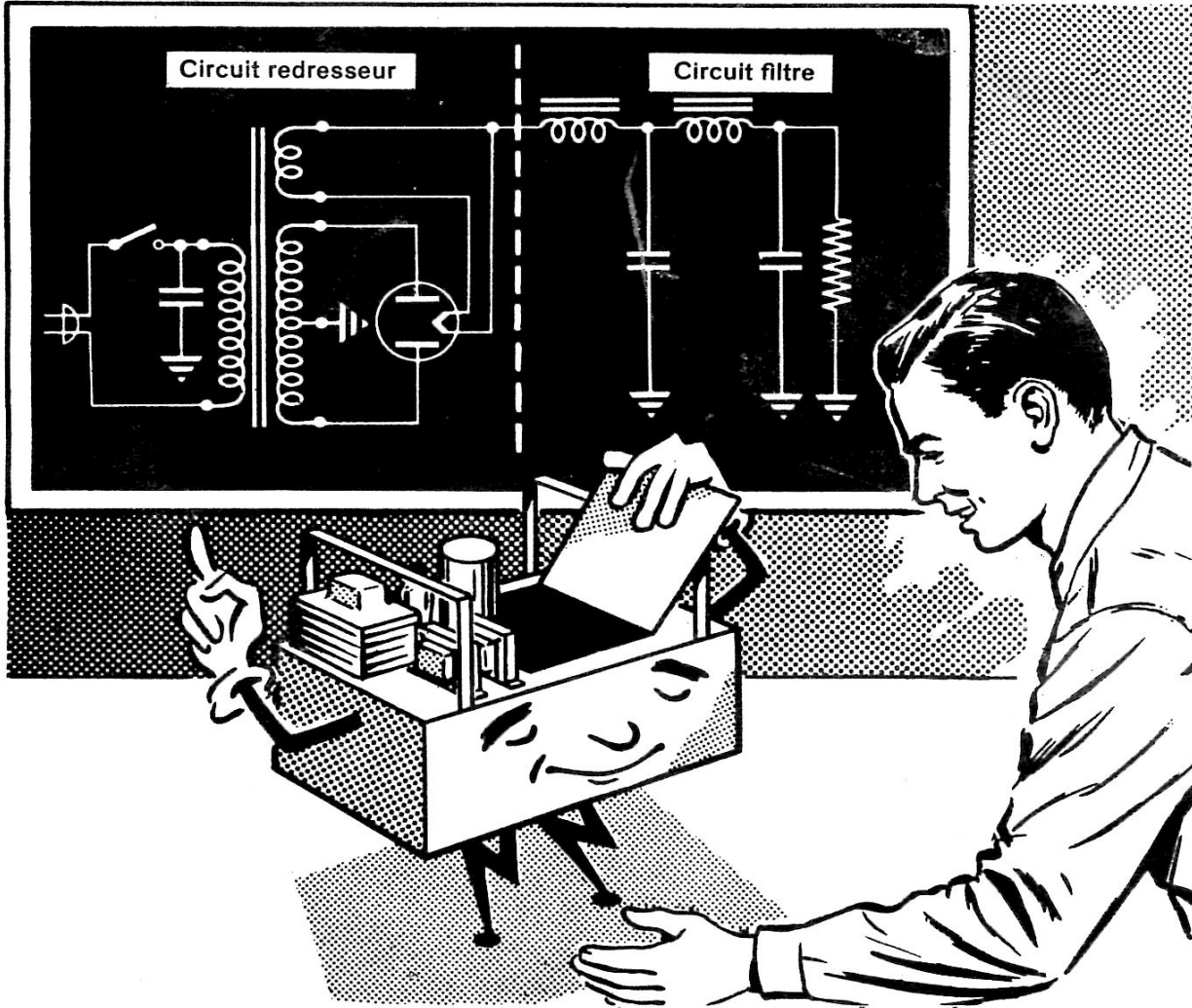




# CIRCUITS FILTRES

## CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR SUR LES CIRCUITS D'ALIMENTATION

Maintenant, il va être facile de connaître tout ce qu'il peut y avoir dans les circuits d'alimentation. Pourquoi? Parce qu'en démontant n'importe quel circuit d'alimentation, vous découvrirez toujours qu'ils contiennent seulement deux circuits principaux : le circuit redresseur et le circuit filtre.

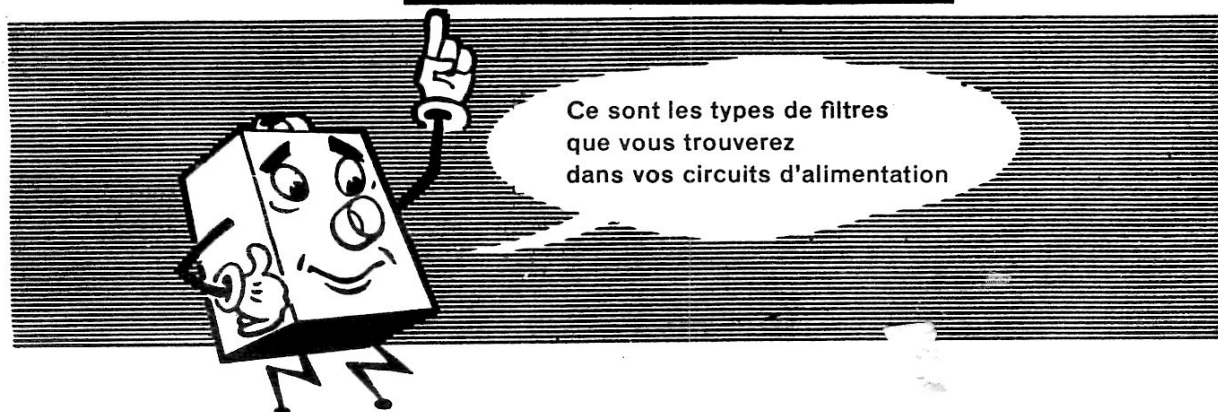
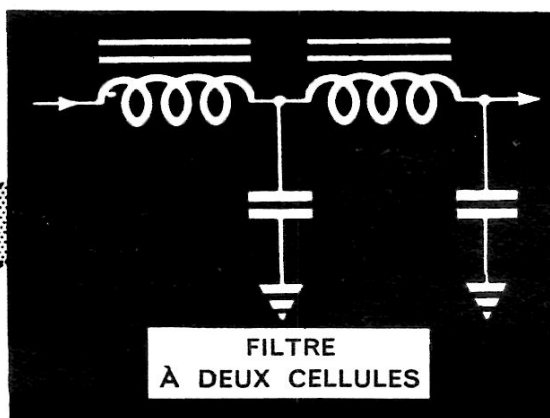
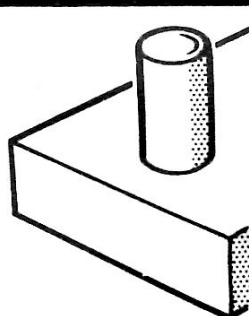
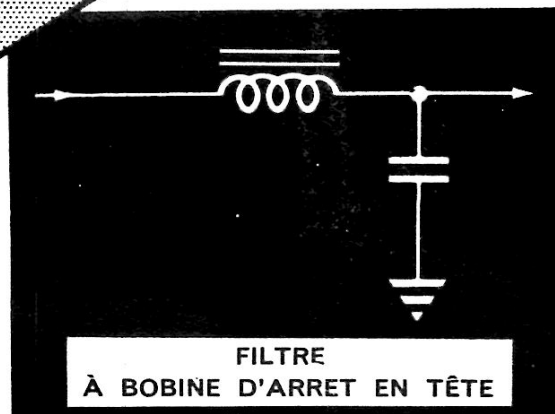
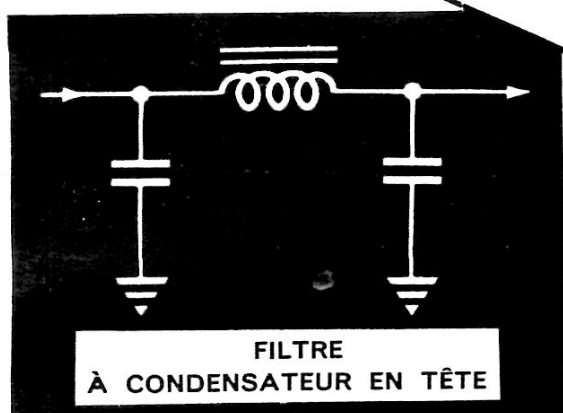
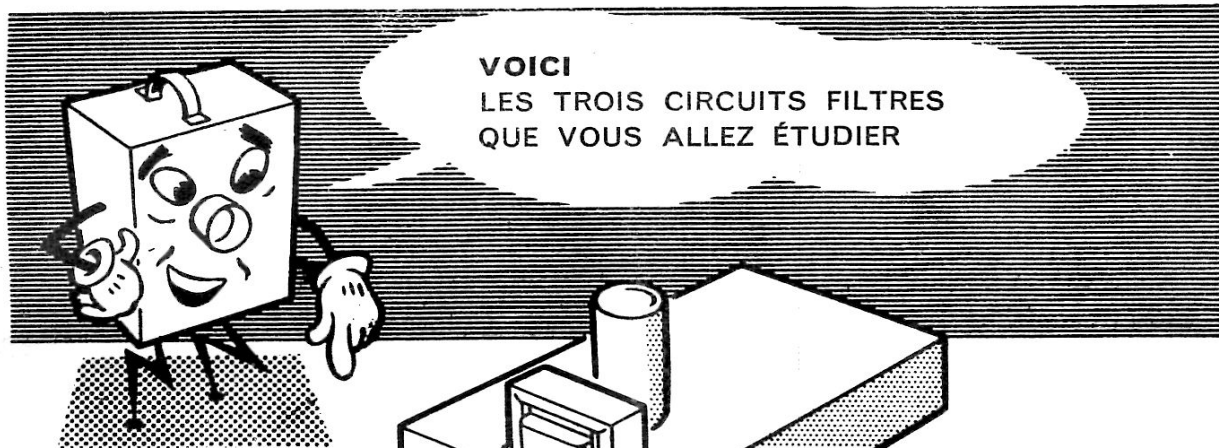


Vous savez déjà qu'il n'existe que deux types de circuit redresseur qui sont généralement employés : les redresseurs d'une alternance et les redresseurs double alternance. Tous deux *transforment* du courant alternatif en courant pulsé unidirectionnel. Les circuits filtres qui sont généralement utilisés sont de trois types. Ces trois types ont un trait commun, qui consiste à éliminer les ondulations du ~~corant~~ pulsé tel qu'on l'obtient à partir du circuit redresseur.

En ~~core~~ <sup>fin</sup>, il n'existe qu'un seul type de tube régulateur couramment utilisé avec les circuits d'alimentation. Comme son nom l'indique, ce tube a pour but de maintenir la tension de sortie d'une alimentation à la valeur voulue malgré les variations de la tension du réseau ou du courant débité.

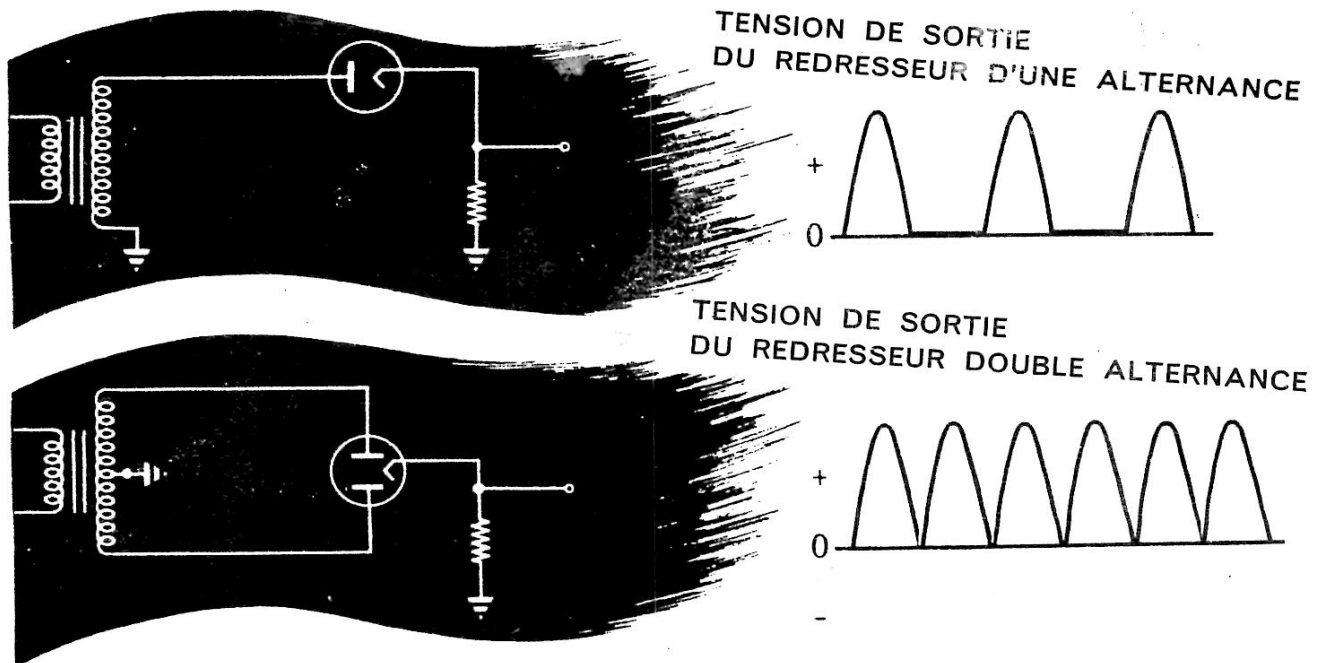
Si vous connaissez bien ces parties des circuits d'alimentation, vous savez à peu près tout ce qui concerne les circuits d'alimentation. Ceci est vrai parce que presque tous les circuits d'alimentation se composent de circuits redresseurs, de circuits filtres et de tubes régulateurs. Seule la combinaison de ces éléments varie.

## CIRCUITS FILTRES D'ALIMENTATION



## CARACTÉRISTIQUES DE LA TENSION DE SORTIE DU REDRESSEUR

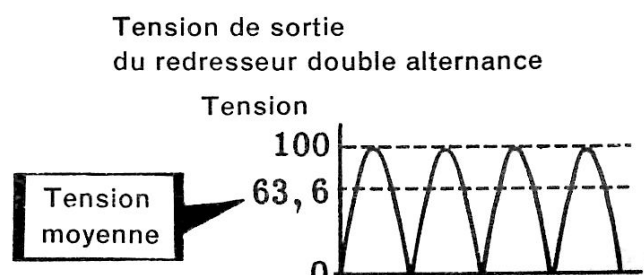
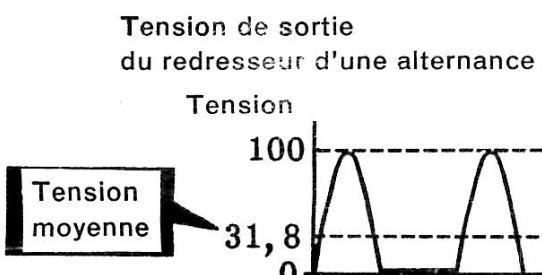
Vous avez déjà appris que les circuits électroniques nécessitent généralement, pour pouvoir fonctionner correctement, une source de tension continue de + 350 volts environ, et une source de tension alternative de 6,3 volts environ. Le transformateur du circuit d'alimentation fournit directement la tension alternative de 6,3 volts, aux filaments chauffants des tubes qui en ont besoin. Le transformateur procure au redresseur une haute tension alternative, et le redresseur fournit un courant pulsé unidirectionnel qui se présente comme suit :



Les circuits électroniques qui sont branchés sur l'alimentation ne peuvent pas utiliser une tension pulsée de ce genre. Il leur faut une tension continue constante avec aussi peu d'ondulation que possible. Le but du filtre est d'éliminer les pulsations de la tension de sortie du redresseur et de fournir une tension continue constante.

La tension de sortie d'un tube redresseur consiste en des pulsations de courant qui traversent la résistance de charge en suivant toujours la même direction. Le courant s'accroît, à partir de zéro, jusqu'à une valeur maximum, pour retomber ensuite à zéro. Ce cycle est sans cesse répété. Le courant électronique dans la résistance de charge ne change jamais de direction et ne se dirige donc jamais du filament vers la masse. La tension qui résulte de ce flux d'électrons dans la résistance de charge s'accroît également à partir de zéro jusqu'à une valeur maximum, puis retombe à zéro.

Ce cycle est également sans cesse répété. La tension prend la forme de moitiés successives de sinusoïdes. Pour un redresseur d'une alternance, la tension continue moyenne représente 31,8 pour cent de la tension maximum. Pour un redresseur double alternance, la tension continue moyenne représente 63,6 pour cent de la valeur maximum.

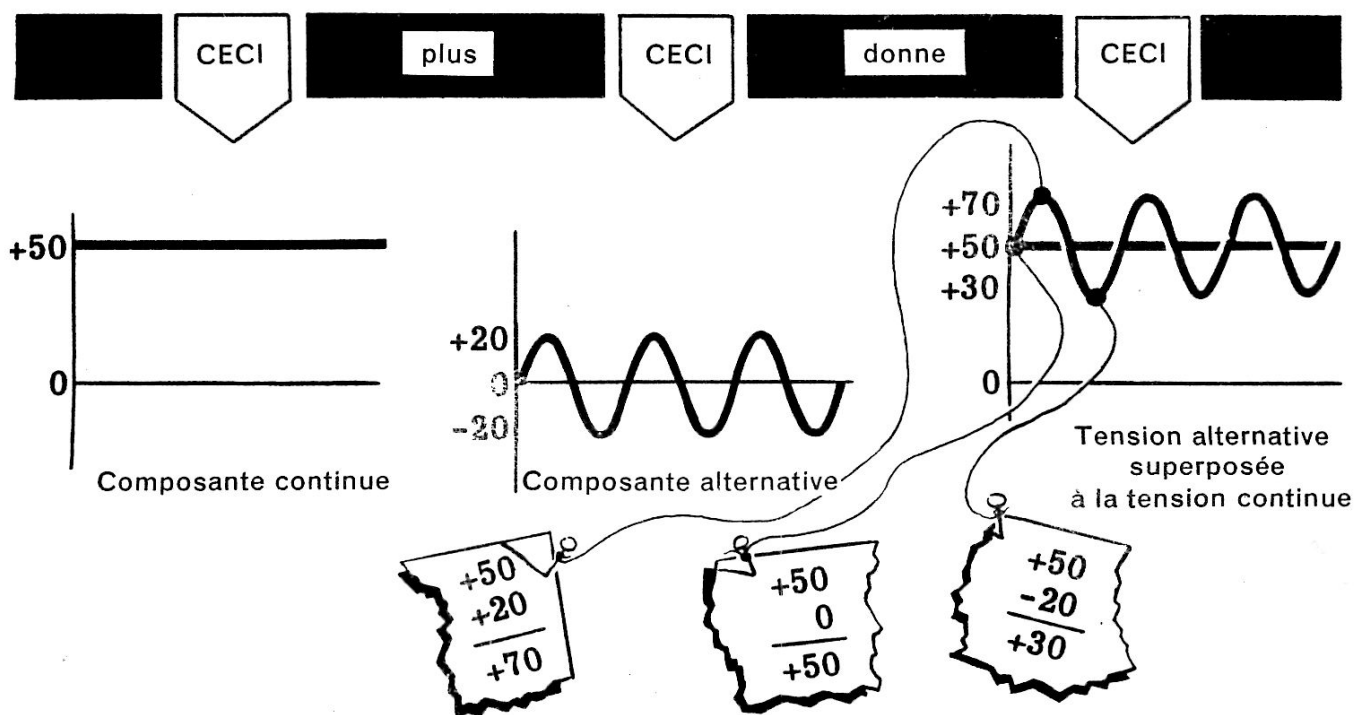


## COMPOSANTES CONTINUE ET ALTERNATIVE DE LA TENSION DE SORTIE

Si vous branchez un voltmètre pour tension continue sur les bornes de sortie d'un redresseur, vous obtenez une mesure. Si vous branchez sur les bornes de sortie du même redresseur un voltmètre pour tension alternative, vous obtenez également une mesure. Ce courant alternatif résulte des variations de la tension de sortie. La tension de sortie d'un redresseur peut donc être considérée comme une tension continue à laquelle est superposée une tension alternative. Le but d'un filtre est donc d'éliminer la partie alternative (ou composante alternative) de la tension de sortie du redresseur et de ne laisser arriver aux bornes extérieures du circuit d'alimentation que la composante continue. Si le filtre réussit à éliminer la totalité de la tension alternative, la tension de sortie ne comprendra plus que de la tension continue pure.

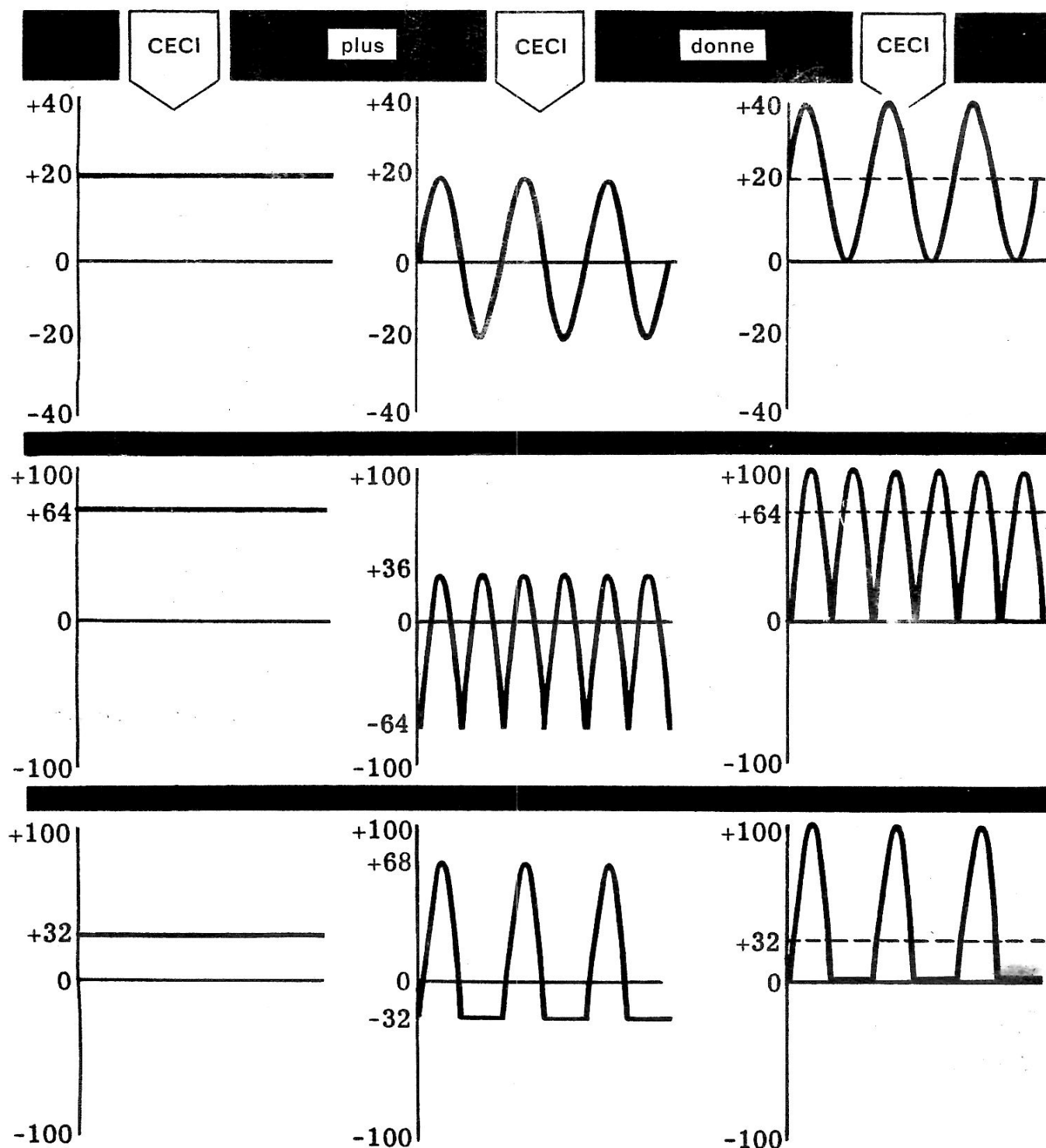
Vous pourriez maintenant vous poser la question : « Comment une tension pulsée peut-elle avoir une composante alternative, alors que cette tension croît à partir de zéro jusqu'à une certaine valeur maximum pour retomber ensuite à zéro, mais sans jamais devenir négative ? » Vous avez toujours pensé qu'une tension alternative avait pour caractéristique essentielle de varier au-dessus et au-dessous l'axe zéro, et de devenir d'abord positive, puis négative. Si une tension ne devient jamais négative, comment peut-elle comprendre une composante alternative ?

En fait, toute courbe qui varie de façon régulière a une composante alternative. Supposez que vous étudiez un exemple, dans lequel une tension continue et une tension alternative se trouvent combinées et qu'il en résulte une tension qui ne devient jamais négative. Supposez qu'il s'agisse d'une tension continue de + 50 volts combinée avec une tension alternative qui varie entre + 20 et - 20 volts.



Lorsque la valeur maximum de la tension alternative, qui est de + 20 volts, est additionnée avec les + 50 volts de la tension continue, il en résulte 70 volts. Lorsque le point zéro de la courbe alternative est additionné avec les + 50 volts de la tension continue, il en résulte + 50 volts, et lorsque le maximum négatif de la courbe alternative, qui est de - 20 volts, est additionné avec les + 50 volts de la tension continue, on obtient + 30 volts. On voit donc que la tension résultant de cette combinaison est une tension pulsée qui a sa valeur moyenne à + 50 volts, son maximum à + 70 volts, et son minimum à + 30 volts. La tension de la courbe résultante ne devient jamais négative et pourtant cette courbe comprend des composantes continue et alternative.

Vous avez vu comment une tension continue et une tension alternative pouvaient être combinées pour donner une courbe de tension qui ne devenait jamais négative. Voici d'autres exemples du même genre.



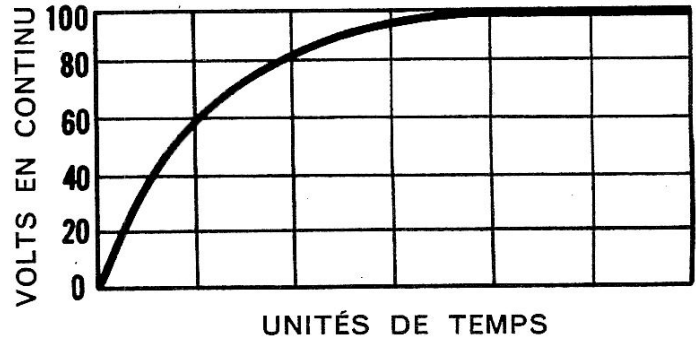
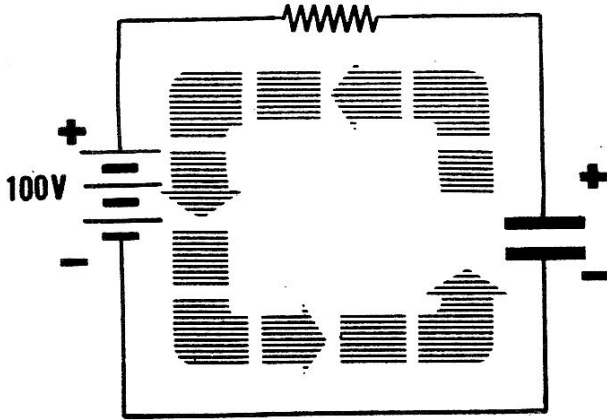
Vous voyez que, chaque fois qu'une tension varie de façon régulière, elle peut être décomposée en une composante continue et une composante alternative. La tension de sortie d'un redresseur comprend effectivement une composante continue et une composante alternative. Le but du filtre consiste à éliminer autant de la tension alternative qu'il est possible et économique, pour que la tension continue élevée qui reste puisse ensuite alimenter les circuits électroniques qui en ont besoin.



## CONDENSATEUR DE FILTRAGE

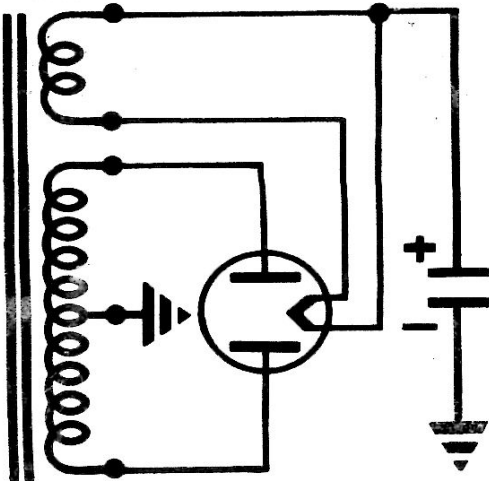
Si vous remplacez la résistance de charge à la sortie du circuit redresseur par un condensateur de forte valeur, vous obtenez, à la sortie du condensateur, une tension continue pure. En étudiant les raisons de ce phénomène, vous comprendrez aussi comment celui-ci peut être utilisé dans les filtres.

Vous savez que, lorsqu'on place un condensateur entre les bornes d'une batterie, le condensateur est chargé et sa charge, pourvu qu'on lui laisse assez de temps, atteint la même valeur que celle de la batterie.

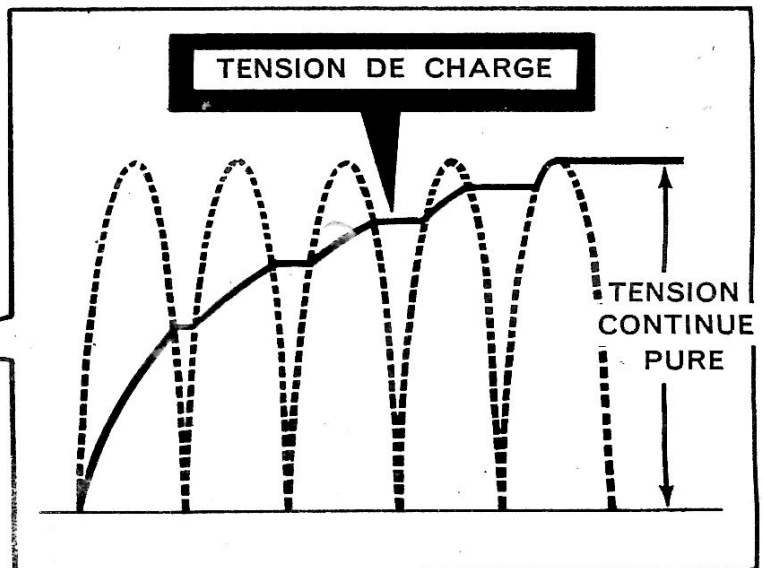


Ceci est également valable lorsqu'on branche un condensateur sur les bornes de sortie d'un redresseur. Chaque fois que le redresseur devient conducteur de courant, il commence à charger le condensateur. Si, pendant la première demi-période du courant pulsé, le condensateur n'a pas le temps d'atteindre sa charge maximum, il l'atteindra pendant l'une des demi-périodes suivantes. Au bout de quelques demi-périodes, le condensateur fournira une tension continue pure. Comme le redresseur ne permet un courant que dans un seul sens, le condensateur ne peut pas se décharger entre deux pulsations du courant pulsé. Quel est le résultat qu'on obtient en branchant un condensateur sur la tension de sortie du redresseur? En se chargeant, le condensateur a, par filtrage, éliminé les pulsations du courant, et il reste une tension continue pure.

### ACTION DU CONDENSATEUR DE FILTRAGE



### TENSION DE CHARGE

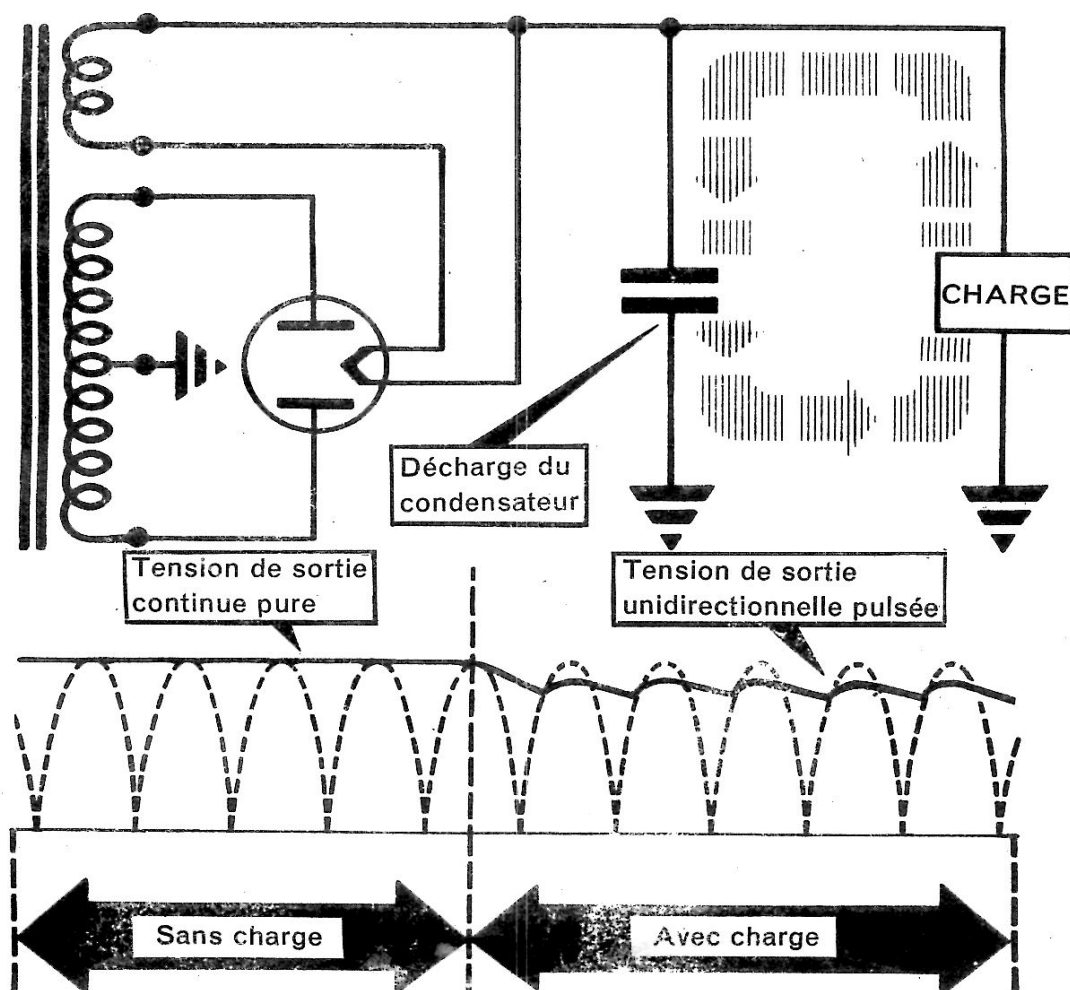




Si une alimentation ne fournissait pas de courant à d'autres circuits, on pourrait obtenir une tension continue pure en insérant tout simplement un condensateur entre le filament du redresseur et la masse. Cependant, les différents circuits électroniques branchés sur l'alimentation reçoivent de celle-ci un certain courant. Ce courant est appelé courant débité ou courant d'utilisation, et son effet peut être étudié si l'on insère une résistance de charge entre la tension de sortie du redresseur et la masse.

D'après votre étude des circuits RC, qui ont été traités dans les Livres d'Électricité, vous savez que, lorsqu'une résistance de charge est branchée sur un condensateur chargé, celui-ci se décharge par la résistance de charge. La vitesse de décharge dépend de la valeur de la résistance. Plus la résistance est faible, plus le courant de décharge du condensateur est important, et plus la décharge est rapide.

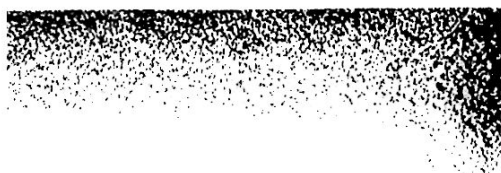
Dès que la résistance est branchée sur le condensateur du circuit redresseur, le condensateur commence à se décharger et la tension baisse. Cependant, elle ne tombe pas à zéro, car une nouvelle tension maximum arrive au filament du redresseur à un rythme qui est de 50 fois par seconde pour le redresseur d'une alternance, et de 100 fois par seconde pour le redresseur double alternance. Cette nouvelle tension va recharger le condensateur, et celui-ci va recommencer à se décharger par la résistance de charge jusqu'à ce qu'arrive une nouvelle pulsation de tension. Il en résulte une tension de sortie pulsée unidirectionnelle. Remarquez cependant que les pulsations sont beaucoup plus faibles que lorsqu'on n'utilise pas de condensateur.



Lorsqu'on branche une charge sur le condensateur de filtrage, la tension de sortie du redresseur n'est plus une tension continue pure, mais une tension continue, à laquelle est superposée une composante alternative. Cette composante alternative s'appelle « ondulation ». C'est à cause de cette composante alternative ou ondulation qu'un condensateur seul ne représente pas un filtre satisfaisant. Il faut d'autres dispositifs de filtrage pour éliminer l'ondulation et rapprocher la tension de sortie définitive  $+B$ , le plus possible (et de la façon la plus économique possible), de la tension continue pure. Pourquoi l'ondulation est si indésirable dans la tension de sortie  $+B$ ? C'est l'une des questions auxquelles vous trouverez des réponses en étudiant, plus loin, les amplificateurs.

L'importance de l'ondulation qui se produit lorsqu'on branche une charge sur un seul condensateur de filtrage dépend de la valeur de la charge, de la capacité du condensateur et du type de redresseur. Plus la capacité du condensateur est grande, plus celui-ci peut accumuler d'électrons sur ses plaques, et moins il se décharge lorsqu'on branche une charge sur lui. Par contre, plus la charge tire du courant du condensateur, plus la chute de tension est importante, et plus l'ondulation est forte. Puisque les redresseurs d'une alternance ne chargent le condensateur que 50 fois par seconde, celui-ci aura plus de temps pour se décharger par la résistance de charge, que dans le cas où le circuit d'alimentation utilise des redresseurs double alternance qui chargent le condensateur 100 fois par seconde. Ainsi, l'ondulation sera plus forte avec un redresseur à une alternance qu'avec un redresseur double alternance, car, avec le premier, les chutes de tension entre les pulsations sont plus grandes.

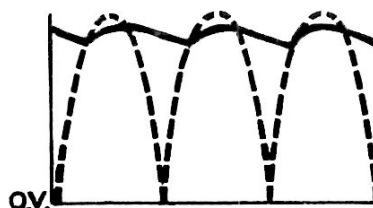
Plus le courant débité est grand  
plus l'ondulation est forte



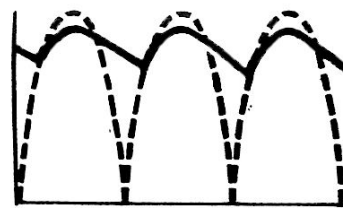
Plus la capacité du condensateur  
est petite, plus l'ondulation est  
forte



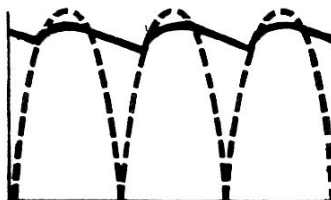
Même charge,  
même condensateur  
de filtrage



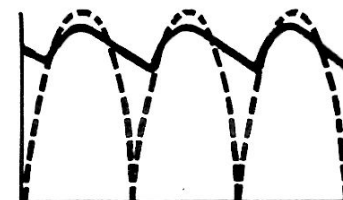
Débit = 50 mA



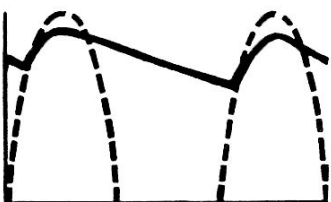
Débit = 100 mA



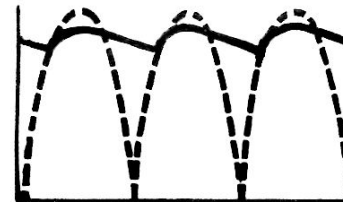
Condensateur  
à grande capacité  
Débit = 50 mA



Condensateur  
à faible capacité  
Débit = 50 mA



Redresseur  
d'une alternance

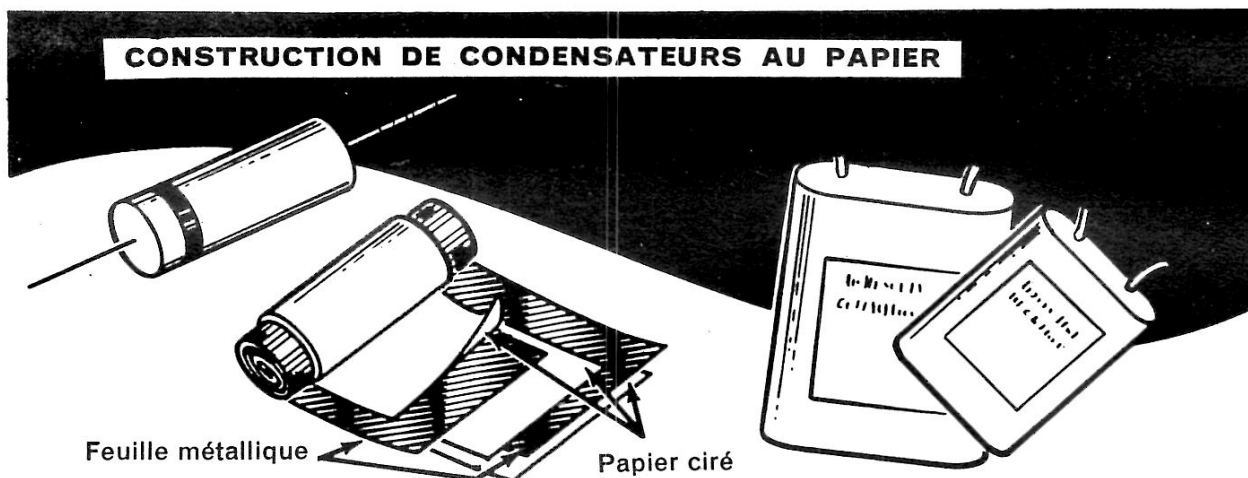


Redresseur  
double alternance

## CONDENSATEURS DE FILTRAGE

Les condensateurs de filtrage qui sont utilisés dans les circuits d'alimentation, peuvent être de deux types : (1) les condensateurs avec diélectriques au papier, et (2) les condensateurs électrolytiques.

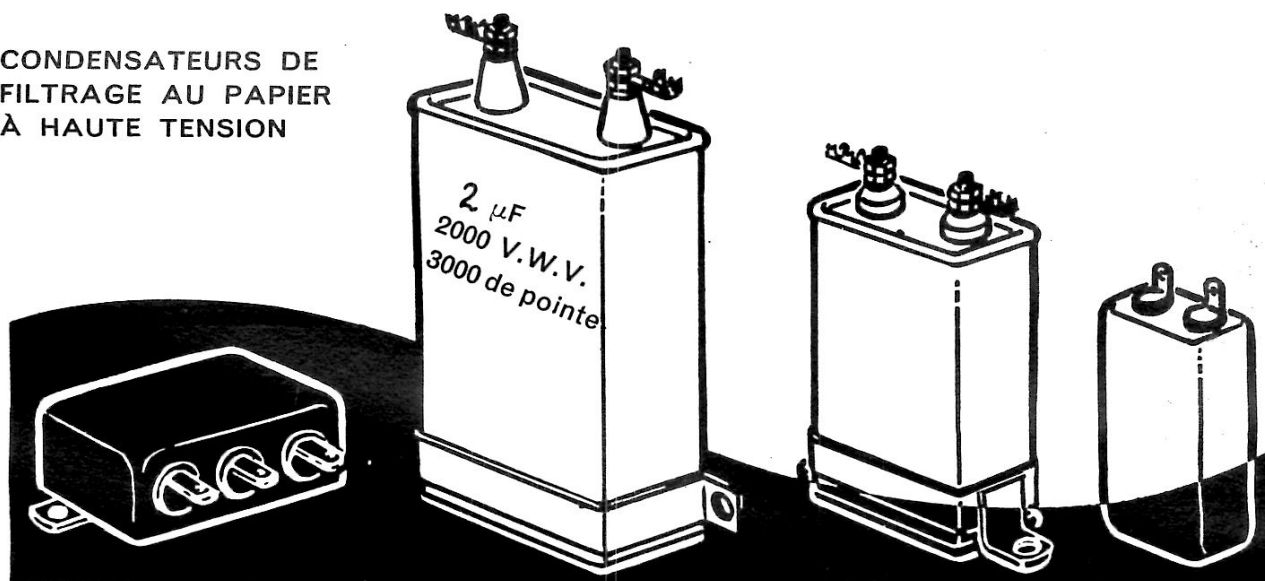
Les condensateurs au papier sont faits d'un certain nombre de couches enroulées les unes dans les autres et dont l'une sur deux est en feuille métallique et l'autre en papier ciré. Le papier ciré est le diélectrique, tandis que les feuilles métalliques servent d'armatures. La plupart des appareils électroniques utilisent des condensateurs au papier dont la capacité est inférieure à  $1 \mu\text{F}$ . Des condensateurs de plus fortes valeurs servent parfois de condensateurs de filtrage dans des circuits d'alimentation.



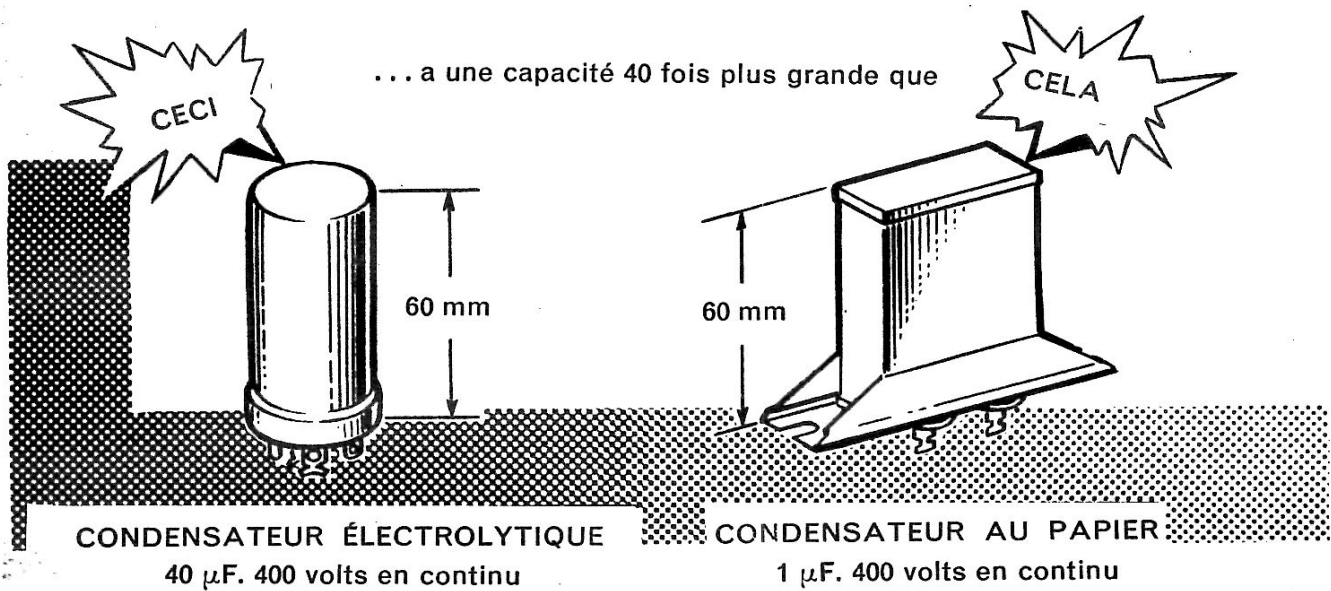
Les condensateurs au papier ne sont pas polarisés et, lorsqu'on s'en sert dans les limites de leur tension nominale, ils durent beaucoup plus longtemps que les condensateurs électrolytiques. Cependant, les condensateurs au papier de fortes valeurs sont volumineux et coûtent relativement cher. C'est pourquoi on ne fabrique généralement pas de condensateurs au papier de plus de  $16 \mu\text{F}$ .

Les circuits d'alimentation à haute tension utilisent des condensateurs au papier imprégnés à l'huile, qui supportent des tensions maxima plus élevées que les condensateurs au papier imprégnés à la cire. Les condensateurs sont calibrés pour une certaine tension continue de service, mais aussi pour une certaine tension maximum. La tension continue de service est la tension des périodes prolongées. La tension maximum est celle au-dessus de laquelle le diélectrique du condensateur se détériore et agit comme conducteur.

### CONDENSATEURS DE FILTRAGE AU PAPIER À HAUTE TENSION

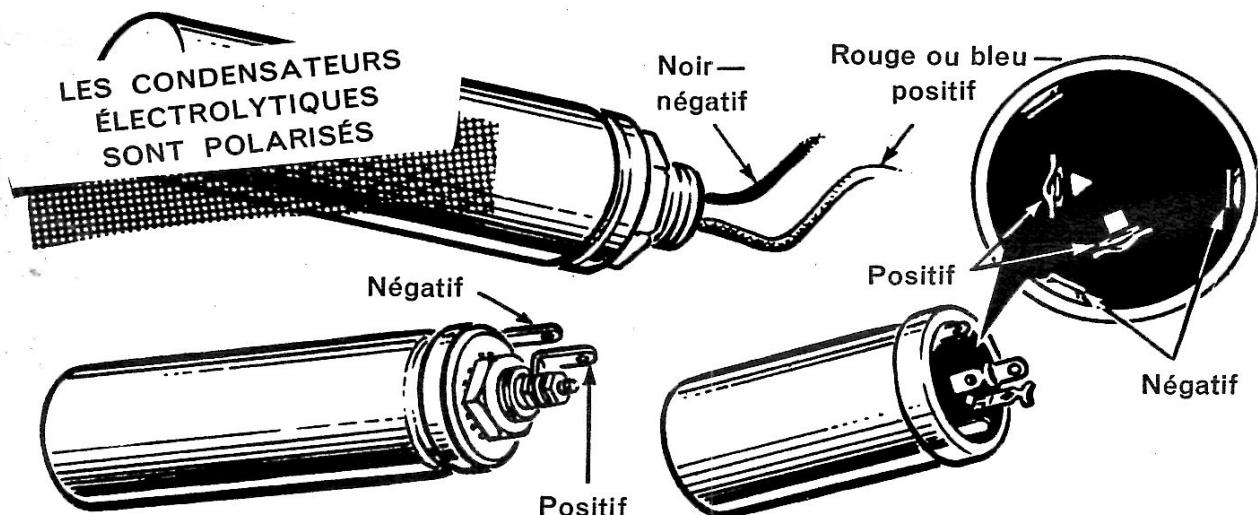


Les condensateurs électrolytiques sont généralement utilisés comme condensateurs de filtrage dans les circuits d'alimentation, parce que, même à capacité élevée, ils reviennent moins cher et sont beaucoup plus petits que les condensateurs au papier de capacité correspondante. Les condensateurs électrolytiques sont fabriqués à des valeurs de capacité beaucoup plus élevées que celles des condensateurs au papier. Leurs valeurs se situent normalement entre  $2 \mu\text{F}$  et  $1000 \mu\text{F}$ .



Les alimentations calibrées pour des tensions égales ou inférieures à 600 volts utilisent normalement des condensateurs de filtrage électrolytiques. Par contre, lorsque la tension nominale dépasse cette valeur, on emploie des condensateurs au papier. Les condensateurs électrolytiques sont polarisés. Si l'on ne respecte pas la polarité indiquée, on risque non seulement d'abîmer définitivement le condensateur, mais, en même temps, il peut se produire des circuits ouverts ou des dommages d'autres parties.

Tandis qu'avec les condensateurs au papier, il n'y a pas de courant de fuite (courant à travers le diélectrique), les condensateurs électrolytiques ne sont pas des isolants parfaits et il existe un courant de fuite même lorsque le condensateur fonctionne tout à fait normalement. Le courant de fuite est plus fort dans les condensateurs à électrolyte liquide que dans les condensateurs à électrolyte sec. Lorsque la tension nominale d'un condensateur électrolytique est dépassée, le courant de fuite augmente et risque alors d'endommager le diélectrique.

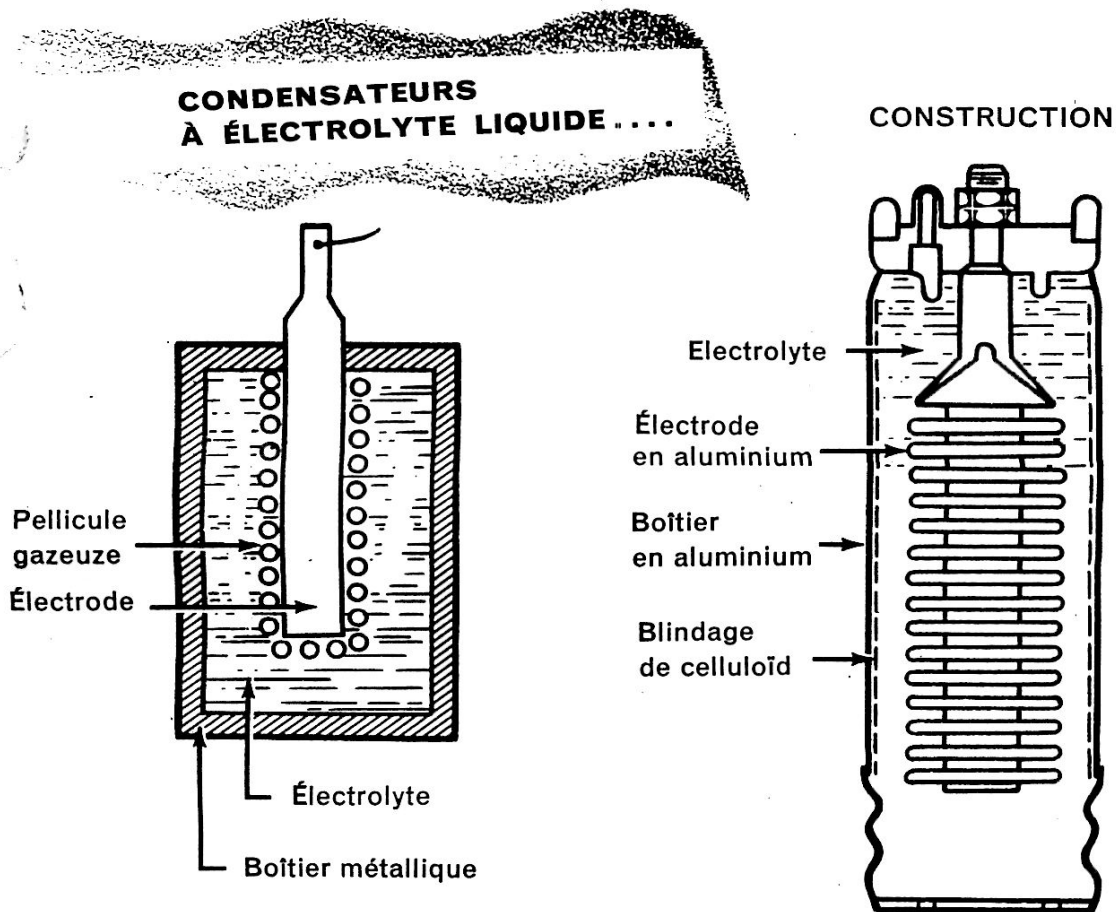


Il existe deux types de condensateurs électrolytiques : (1) les condensateurs à électrolyte liquide et (2) les condensateurs à électrolyte sec.

Le condensateur à électrolyte liquide se compose d'une électrode en aluminium suspendue dans un liquide qu'on appelle électrolyte. Lorsque l'électrode est branchée sur la borne positive d'une source de courant continu et que le boîtier métallique qui contient l'électrolyte est branché sur la borne négative, il se produit un courant dans l'électrolyte. Ce courant provoque une réaction chimique à la suite de laquelle il se forme une pellicule à la surface de l'électrode. Cette pellicule agit comme diélectrique, et isole l'électrode de l'électrolyte. Ces deux éléments agissent donc comme les armatures d'un condensateur : l'électrode devient une borne +, et l'électrolyte devient une borne—. La connexion entre elles est assurée par le boîtier métallique qui contient l'électrolyte.

Si l'on inversait la tension appliquée au condensateur, le diélectrique s'abîmerait complètement. L'application momentanée d'une tension trop élevée mais de polarité correcte, attaquerait le diélectrique, mais en appliquant de nouveau la tension nominale, on arriverait à rétablir le diélectrique. C'est pourquoi on dit que les condensateurs à électrolyte liquide se réparent automatiquement.

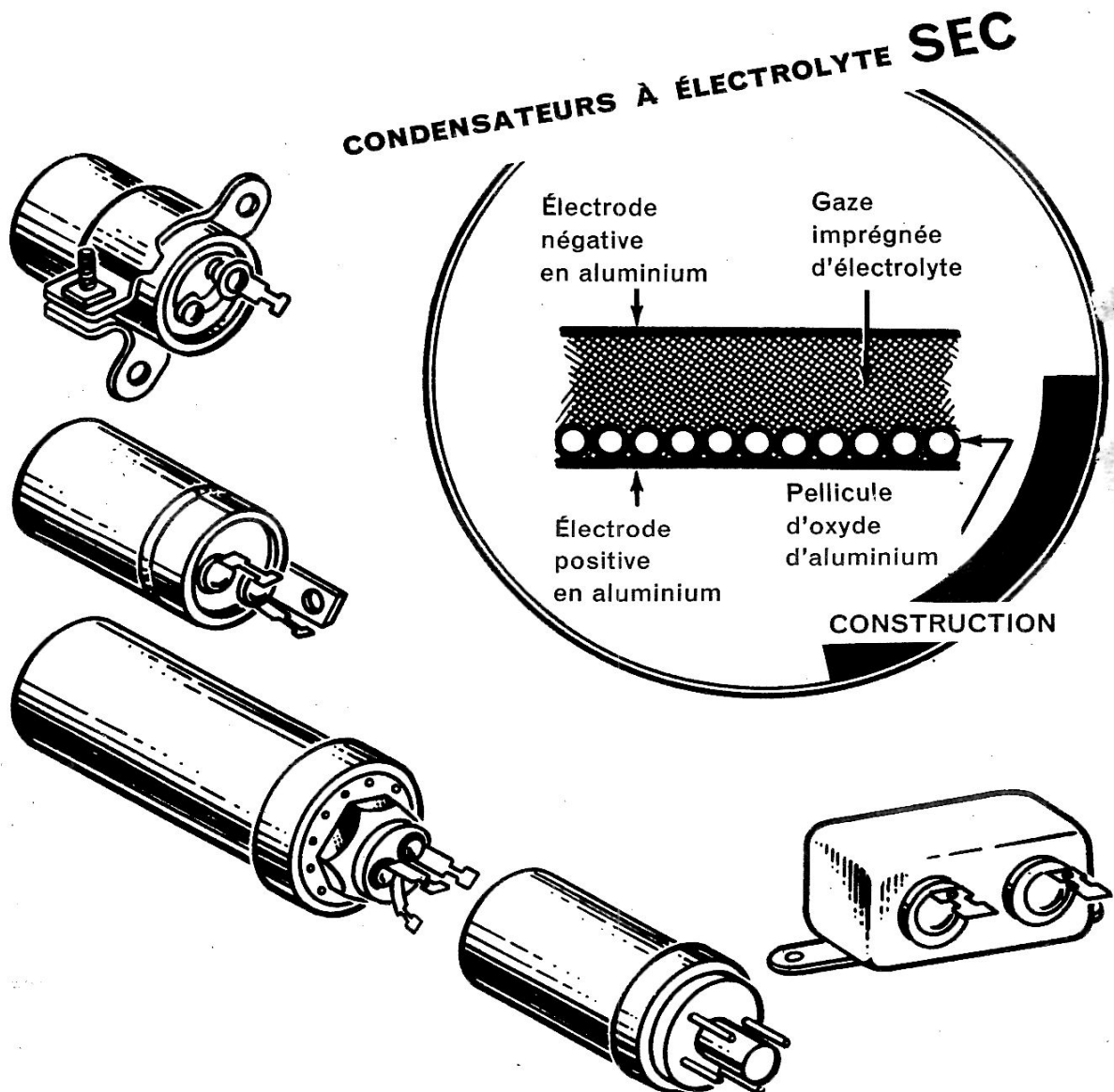
La capacité d'un condensateur électrolytique est plus grande que celle d'un condensateur au papier de taille égale, parce que la pellicule diélectrique est très fine, ce qui permet de ne laisser qu'un espace très réduit entre les armatures. La surface de l'armature positive est rugueuse et l'électrolyte liquide, qui constitue la plaque négative, recouvre les aspérités de l'armature positive, ce qui revient à une augmentation de surface des plaques sans que celles-ci occupent davantage de place.





Les condensateurs à électrolyte sec utilisent un électrolyte pâteux. Le condensateur se compose d'un certain nombre de couches dont une sur deux est constituée par un tissu imprégné de pâte électrolytique, tandis que l'autre consiste en une feuille d'aluminium identique à celle utilisée dans les condensateurs au papier. Une couche de feuille métallique sur deux est utilisée comme armature positive du condensateur électrolytique, tandis que l'autre sert à assurer le contact avec l'armature négative (l'électrolyte) du condensateur.

Le principe du fonctionnement du condensateur à électrolyte sec est le même que celui du condensateur à électrolyte liquide, sauf que celui-ci ne se répare pas automatiquement une fois que le diélectrique a été attaqué. Les deux types de condensateurs électrolytiques ont une vie relativement courte, parce que leur électrolyte est sujet au dessèchement. En général, les condensateurs à électrolyte sec durent plus longtemps que les autres. Les condensateurs à électrolyte liquide ne sont en effet pas beaucoup utilisés parce qu'ils se dessèchent très vite et doivent, en outre, être montés en position verticale pour empêcher des fuites du liquide électrolytique. Ci-dessous, vous voyez différents types de condensateurs à électrolyte sec.

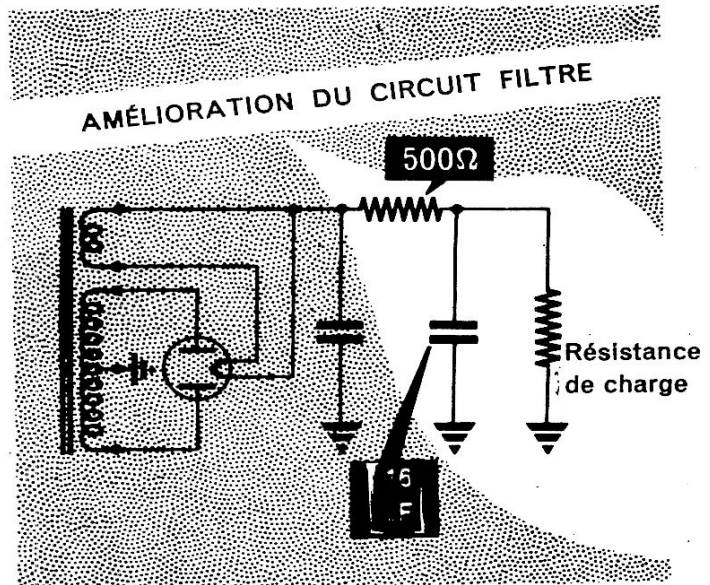




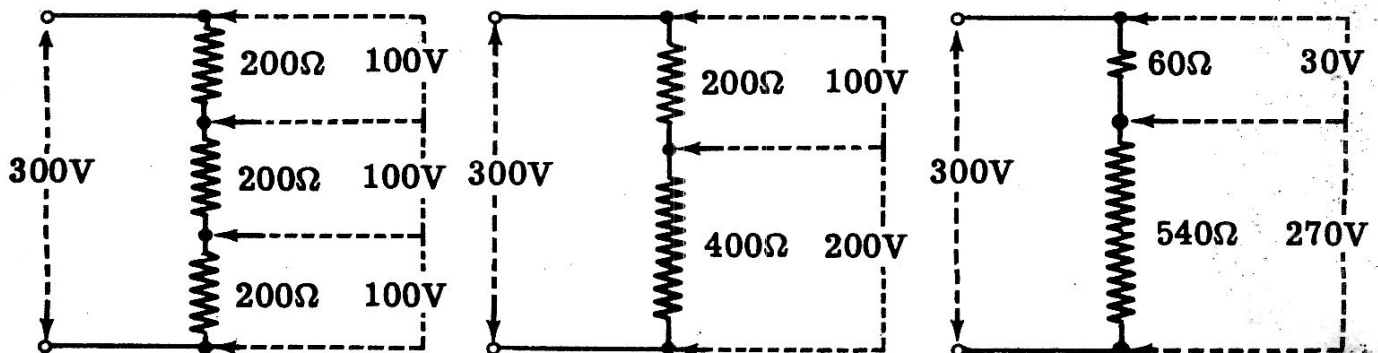
## AMÉLIORATION DU FONCTIONNEMENT D'UN FILTRE

Sur la page précédente, vous avez vu que la composante alternative ou ondulation de la tension de sortie d'un circuit redresseur était d'autant plus faible que le condensateur de filtrage était plus grand. Les condensateurs de filtrage peuvent être fabriqués à des valeurs de capacité très élevées et dans des tailles très petites, comme vous allez le voir. Il existe cependant des limitations pour la capacité qui ne peuvent être dépassées. Tout en gardant une taille encore pratique, un condensateur de filtrage pourrait réduire la composante alternative de la tension de sortie à 25 volts environ. Mais cela reste insuffisant. En effet, de nombreux circuits électroniques exigent une tension  $+B$  qui ne doit pas comprendre plus de 3 ou 4 volts en alternatif pour une tension continue de 350 volts. Cela signifie que, dans beaucoup de cas, la composante alternative ou ondulation doit rester inférieure à 2 pour cent ou même inférieure à 1 pour cent de la totalité de la tension de sortie. Si l'on veut que le condensateur garde un volume pratique, aucun condensateur de filtrage n'est en mesure de réaliser une réduction aussi forte de l'ondulation. Il faut donc ajouter d'autres dispositifs de filtrage.

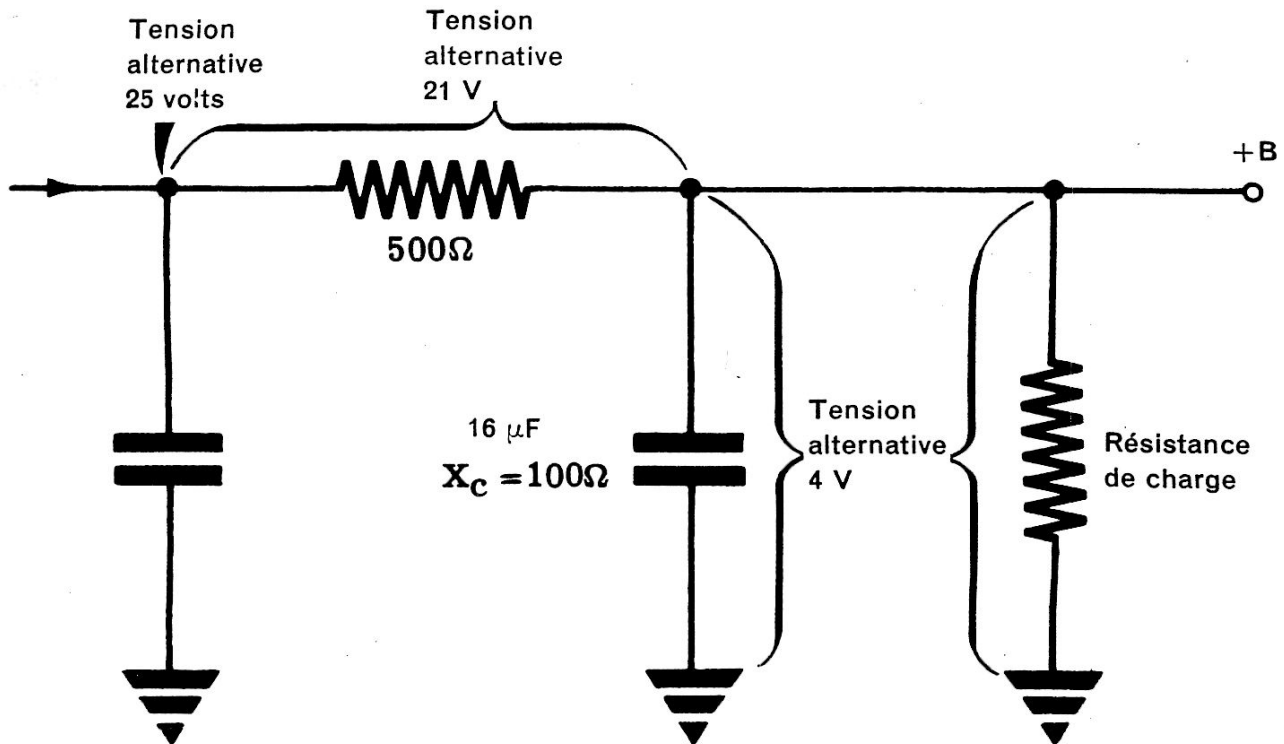
Supposez que vous montiez un circuit qui se compose d'une résistance de 500 ohms montée en série avec un condensateur de  $16\mu F$ , conformément à l'exemple ci-contre. Si vous branchez ce circuit sur le redresseur et le condensateur de filtrage simple que nous avons utilisé jusqu'ici, vous fournissez à ce nouveau circuit de filtrage une tension continue de 350 volts, à laquelle est superposée une tension alternative de 25 volts environ. Pour comprendre comment ce circuit élimine l'ondulation résultant de la tension alternative, vous devez d'abord apprendre certains faits au sujet des diviseurs de tension.



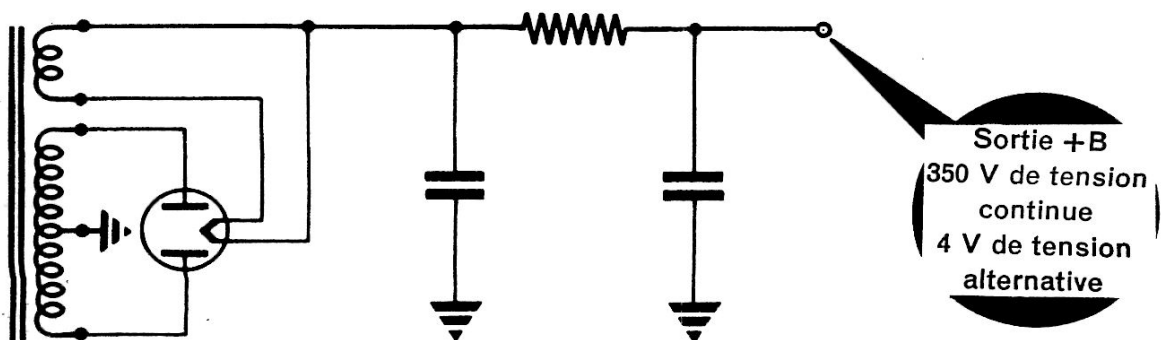
D'après les expériences avec des circuits série en courant continu que vous avez faites à l'occasion de votre étude des Livres d'Électricité, vous savez que, lorsque vous branchez trois résistances de valeur égale sur une source de tension continue, la tension entre les bornes de chacune de ces résistances est égale au tiers de la tension totale. Il s'ensuit que, lorsque vous avez deux résistances, dont l'une a une valeur deux fois plus grande que l'autre, la tension aux bornes de la plus grande des résistances représente les deux tiers de la tension totale, tandis que celle aux bornes de la petite résistance n'en représente que le tiers. De la même manière, lorsque vous avez deux résistances, dont l'une représente les 9/10 de la résistance totale et l'autre, seulement 1/10, la tension entre les bornes de la grande résistance représente les 9/10 de la tension totale, tandis que celle entre les bornes de la petite résistance ne représente que 1/10 de la tension totale. Vous voyez, d'après ces exemples, que la tension continue se répartit entre deux résistances dans la proportion de leurs valeurs.



Lorsque l'ondulation de 25 volts du condensateur de filtrage d'entrée arrive, comme il est indiqué dans le schéma ci-dessous, à la résistance et au condensateur de sortie, la résistance oppose à cette ondulation 500 ohms, tandis que le condensateur ne présente à une ondulation de 100 périodes secondes qu'une réactance de 100 ohms. Cela signifie que l'ondulation va se répartir entre deux résistances dont le total est égal à 600 ohms. 1/6 environ de la tension alternative apparaît donc aux bornes du condensateur et 5/6 aux bornes de la résistance. La tension alternative à la sortie du condensateur et, par conséquent, entre +B et la masse, est donc de 1/6 de 25 volts, c'est-à-dire de 4 volts en alternatif environ.



Vous voyez que, par simple addition d'une résistance de 500 ohms et d'un autre condensateur de filtrage, on a réussi à abaisser l'ondulation jusqu'à 4 volts qui représentent environ 1 pour cent de la totalité de la tension de sortie. Cet effet de filtrage est satisfaisant pour la plupart des appareils électroniques.



## INCONVÉNIENTS DES FILTRES RC

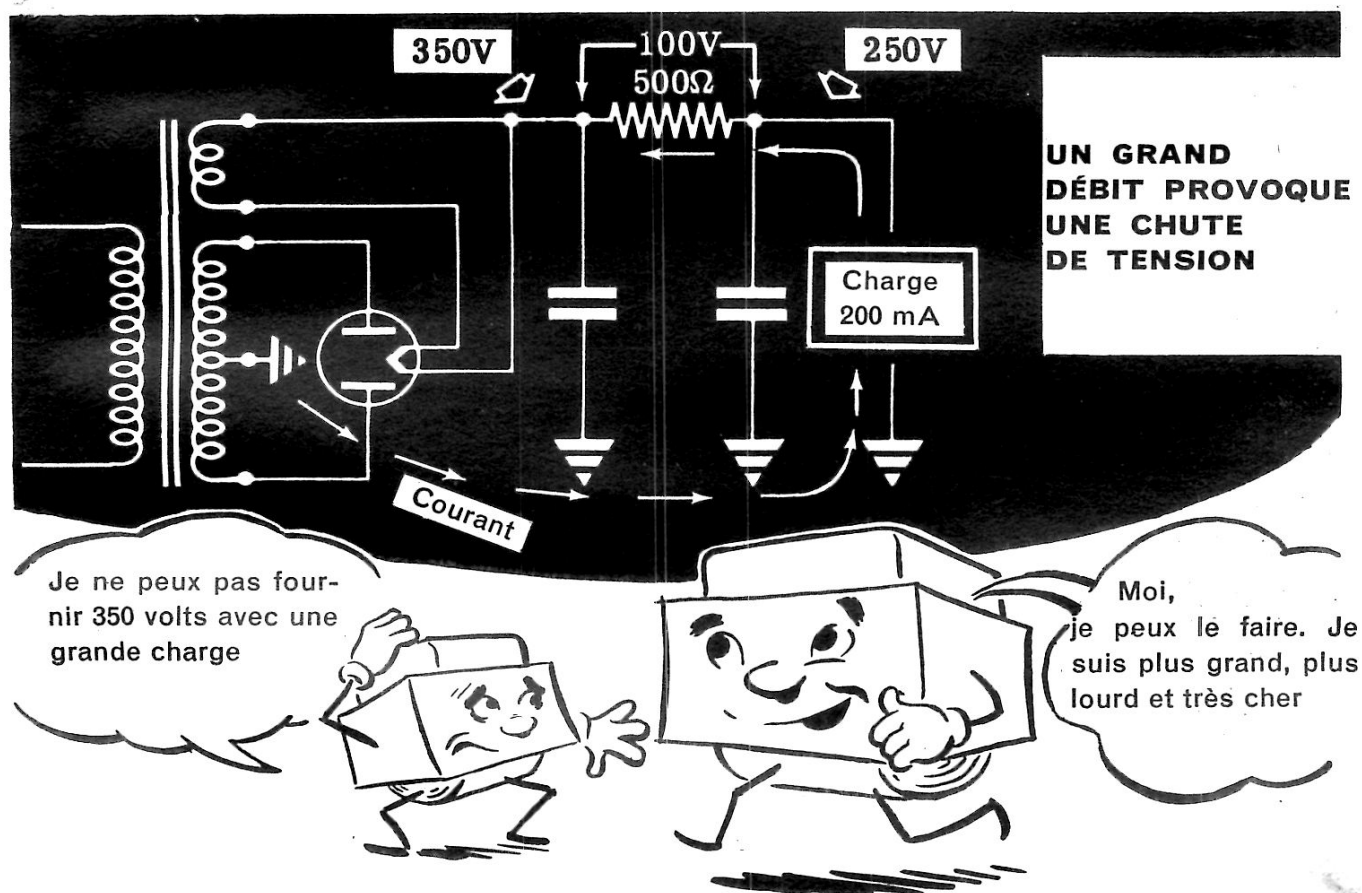
Votre circuit filtre se compose maintenant de deux condensateurs et d'une résistance qui constituent un réseau RC de filtrage. Ce filtre est assez volumineux, mais peu coûteux, et il est utilisé dans de nombreux petits postes de radio.

Pour deux raisons, le filtre RC ne peut cependant pas être utilisé dans la plupart des autres circuits d'alimentation. D'une part, il est difficile d'obtenir une tension +B élevée lorsqu'on a besoin d'un courant important et d'autre part, il se produit des variations très fortes de la tension +B dès que le courant débité augmente ou diminue.

Supposez que vous examiniez le premier de ces deux inconvénients, c'est-à-dire la difficulté d'obtenir une tension +B élevée lorsqu'on a besoin d'un courant important. Beaucoup d'appareils électroniques exigent en effet du circuit d'alimentation des courants de 100 à 200 mA sous une tension +B de 350 volts. Tout ce courant doit passer par la résistance de filtrage qui a une valeur de 500 ohms et dans laquelle il se produit, conformément à la loi d'Ohm, une chute de tension. Cela signifie que, si le courant dans la résistance de 500 ohms est de 200 milliampères, la chute de tension est

$$U = IR = 0,200 \times 500 = 100 \text{ volts}$$

Le filtre, au lieu de 350 volts, ne vous fournit donc que 250 volts ( $350 - 100 = 250 \text{ V}$ ). Pour obtenir 350 volts, il faudrait modifier le transformateur de sorte qu'il alimente le redresseur d'une tension beaucoup plus élevée, pour rattraper la perte de tension dans la résistance. Mais pour augmenter la tension de sortie du transformateur, celui-ci devrait être plus grand, et il deviendrait en même temps plus lourd et plus coûteux. Ce sont là trois caractéristiques absolument indésirables.



Vous avez vu que l'un des inconvénients du filtre RC consistait à provoquer une importante chute de tension dans la résistance de filtrage, ce qui obligeait le transformateur à fournir une tension alternative plus élevée pour compenser cette perte. Le deuxième inconvénient du filtre RC est encore plus grave. Il consiste en ce que tout changement, même petit, du courant débité provoque une variation importante de la tension de sortie +B.

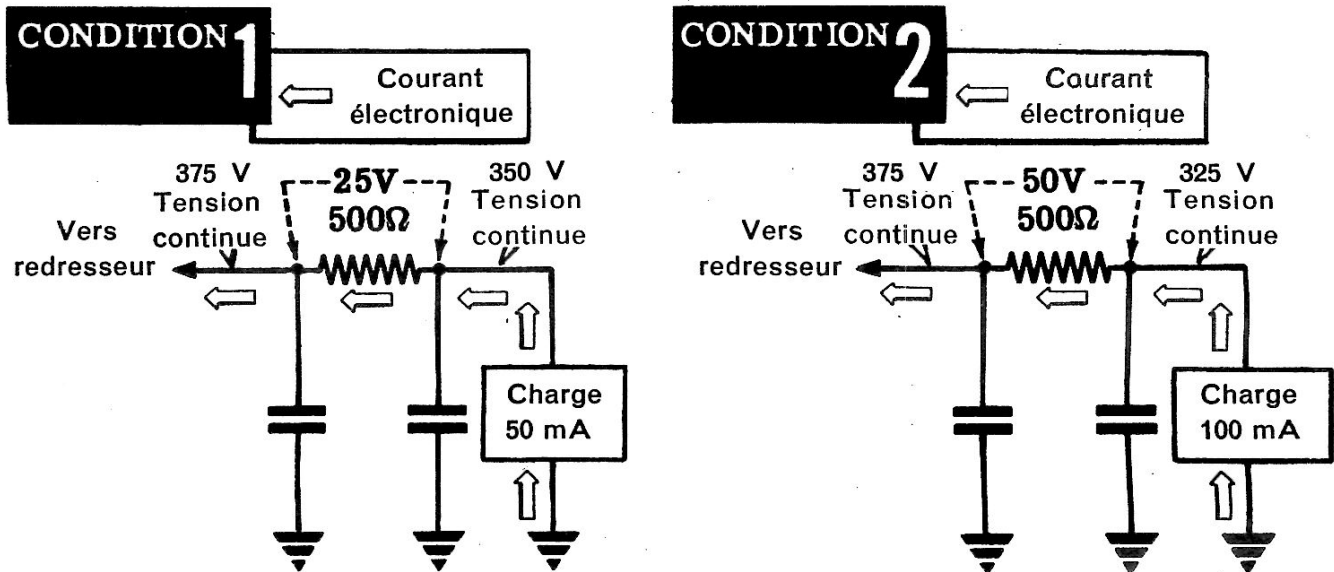
Au début du présent chapitre, vous avez lu qu'il était très important d'obtenir une tension de sortie +B à peu près constante malgré d'éventuelles modifications du courant débité. En effet, de nombreux circuits électroniques exigent de leur circuit d'alimentation des courants variables, mais les variations de tension doivent quand même rester faibles.

Par exemple, supposez que vous ayez un appareil électronique qui, dans certaines conditions données, reçoit de son circuit d'alimentation +B un courant de 50 mA. Puis, ces conditions sont modifiées de sorte que le circuit d'alimentation doit fournir 100 mA. Au début, vous aviez donc 50 mA dans une résistance de 500 ohms, et puis, ce sont 100 mA qui passent par la même résistance de 500 ohms. Supposez que la tension de sortie du filtre soit de 350 volts et que la charge tire un courant de 50 mA. La chute de tension entre les bornes de la résistance de 500 ohms est alors  $U = IR = 0,050 \times 500 = 25 \text{ V}$ . Soudain, 50 mA de plus passent par la résistance de charge de 500 ohms (ce qui fait un total de 100 mA). Il en résulte une chute de tension plus importante dans la résistance de 500 ohms.

$$U = IR = 0,100 \times 500 = 50 \text{ V.}$$

Comme la chute de tension a augmenté de 25 V, la tension de sortie décroît également de 25 V.

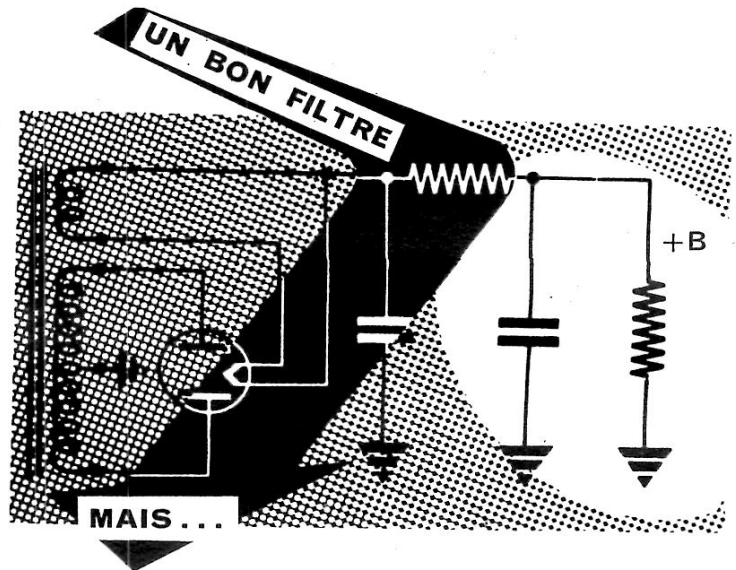
Vous voyez que la tension de sortie décroît et tombe de 350 à 325 V, lorsque le courant débité monte de 50 à 100 mA.



De la même manière, une modification de 100 mA du courant débité provoque une diminution de la tension +B de 50 volts. Or, de telles variations de la tension de sortie sont très indésirables lorsqu'on travaille avec des appareils électroniques. On pourrait ajouter des circuits régulateurs de tension pour compenser ces variations, qui sont dues à la résistance de filtrage, mais il faudrait déjà un circuit très important et qui reviendrait très cher, pour compenser des variations de tension telles qu'elles sont indiquées ci-dessus.

## EMPLOI D'UNE SELF AU LIEU D'UNE RÉSISTANCE

Une résistance peut assez bien servir comme dispositif de filtrage, car son opposition au courant alternatif est plus grande que la réactance qu'un condensateur de filtrage oppose au courant alternatif. Lorsque le circuit est branché sur une tension ondulée, la tension alternative se divise de sorte qu'une petite partie de cette tension ondulée apparaît à la sortie du condensateur de filtrage et à +B. La tension continue se divise de sorte que sa plus grande partie apparaît à la sortie du condensateur de filtrage et à +B.

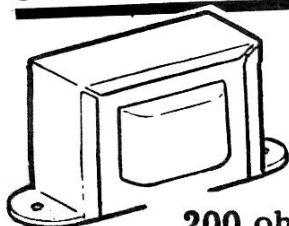


Ce qu'il faut au circuit filtre, c'est une résistance qui absorbe la plus grande partie de la tension alternative, mais qui laisse passer la presque totalité de la tension continue. Une résistance s'oppose également au courant alternatif et au courant continu et ne peut donc pas remplir cette fonction. Lorsqu'on utilise une résistance de filtrage, il faut choisir sa valeur de façon à arriver à un compromis entre ces deux exigences opposées.

Il existe cependant un type de dispositif qui satisfait à la fois à l'une et à l'autre de ces exigences du circuit filtre. C'est la self de filtrage. D'après votre étude des circuits en courant alternatif dans les Livres d'Électricité, vous savez qu'une self s'oppose à tout changement de courant. Autrement dit, l'inductance d'une self présente au courant alternatif une impédance élevée. En même temps, comme une self se compose d'un grand nombre de spires en fil de cuivre enroulées autour d'un noyau, sa résistance au courant continu est faible. La self a donc exactement les qualités nécessaires pour remplacer la résistance, dans un circuit filtre.

Les inductances ou selfs qui sont utilisées dans les circuits d'alimentation électroniques s'appellent « selfs de filtrage » parce qu'elles éliminent par filtrage la tension alternative. Une self de 12 henrys a l'avantage d'être relativement petite en même temps que de présenter à une ondulation de 100 périodes/secondes, une réactance de 7 500 ohms environ, tandis que sa résistance au courant continu n'est que de 200 ohms environ. Une telle self présente au courant alternatif une réactance 15 fois plus grande que celle d'une résistance de 500 ohms. En même temps, sa résistance au courant continu est deux fois plus petite que celle de la résistance de 500 ohms. Grâce à ces qualités excellentes, la plupart des circuits filtres d'alimentation utilisent des selfs. Avant d'étudier les différentes combinaisons de selfs et de condensateurs, qui sont employées dans les circuits filtres, supposez que vous étudiez la construction de chacun de ces éléments.

**UNE SELF DE FILTRAGE DE 12 HENRYS EST 15 FOIS PLUS EFFICACE  
QU'UNE RÉSISTANCE DE 500 OHMS.**



**200 ohms**

**POUR ÉLIMINER LE COURANT ALTERNATIF**

et sa résistance au courant continu  
est inférieure à la moitié de cette dernière



**500 ohms**



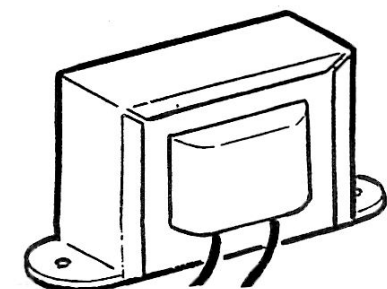
## SELFS DE FILTRAGE

Le but d'une self de filtrage est d'opposer une impédance très élevée à la tension ondulée alternative en même temps que d'avoir une résistance faible pour le courant continu. Une self se compose d'un grand nombre de spires en fil de cuivre, qui sont enroulées autour d'un noyau à tôles feuilletées. L'impédance totale de la self dépend du nombre de spires ainsi que de la taille, de la forme et de la matière du noyau. La résistance d'une self au courant continu dépend de la longueur totale du fil utilisé et de la section de celui-ci.

On peut augmenter l'impédance en multipliant le nombre de spires ou en prenant un noyau plus grand. Mais il en résulte aussi une augmentation de taille et de poids de la self. En outre, l'augmentation de la longueur du fil, par lequel le courant doit passer, provoque une augmentation de la résistance au courant continu. Le seul moyen pour diminuer la résistance au courant continu consiste soit à diminuer le nombre de spires (ce qui entraîne cependant une diminution de l'impédance), soit à employer un fil de plus forte section (ce qui augmente le poids).

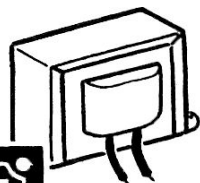
Toute self représente un compromis entre la taille, le poids, l'impédance au courant alternatif et la résistance au courant continu. Comme différentes sortes d'appareils exigent des selfs aux caractéristiques différentes, on en fabrique un grand nombre de types différents. Elles sont calibrées pour une certaine inductance, une certaine résistance au courant continu et un courant maximum qui ne doit pas être dépassé.

### SELFS TYPIQUES DE FILTRAGE



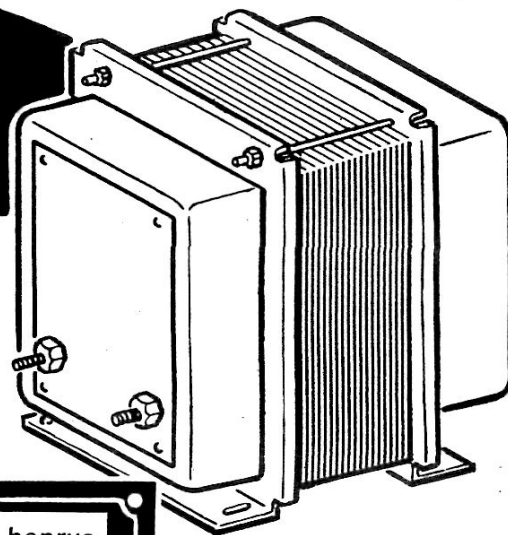
7 henrys  
200 ohms  
150 mA  
900 g

Pour  
amplificateurs  
et petits émetteurs



7 henrys  
550 ohms  
50 mA  
225 g

Pour petits postes  
de radio



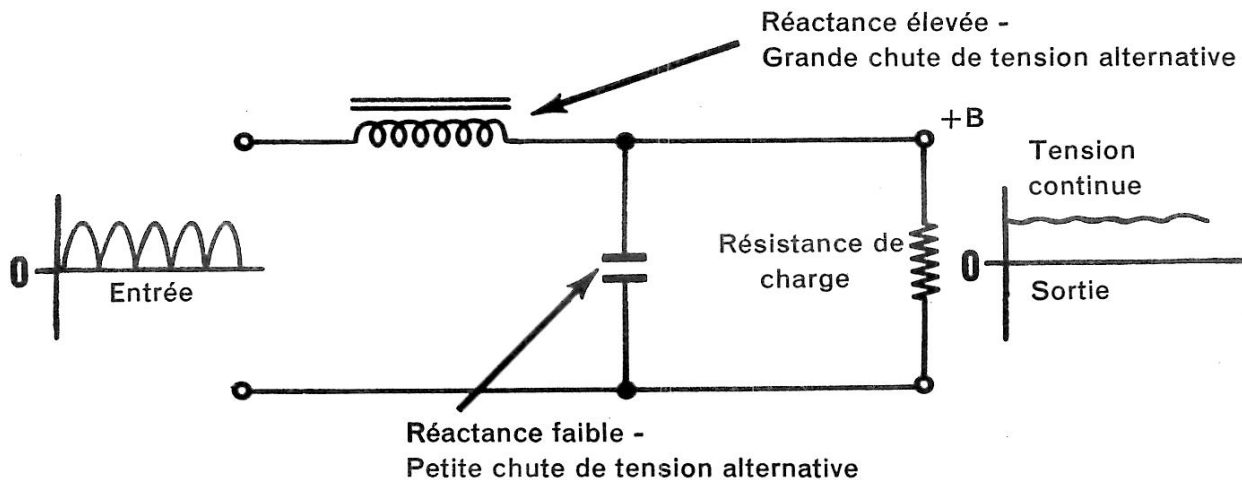
6 henrys  
75 ohms  
500 mA  
10,8 kg

Pour circuits  
d'alimentation  
à hautes tensions  
et grandes charges



## FILTRES À SELF OU À CONDENSATEUR EN TÊTE ET À CELLULE UNIQUE

Le filtre à cellule unique et à self de filtrage en tête se compose d'une self de filtrage montée en série avec la charge du circuit d'alimentation et d'un condensateur de filtrage branché sur la charge. La composante continue de la tension de sortie du redresseur apparaît aux bornes de la charge. La plus grande partie de la composante alternative apparaît aux bornes de la réactance inductive élevée de la self. Une petite partie seulement de la tension alternative apparaît aux bornes du condensateur de filtrage de sortie, à cause de sa réactance faible. Puisque la charge est montée en parallèle avec le condensateur de filtrage de sortie, très peu d'ondulation apparaît aux bornes de la charge.

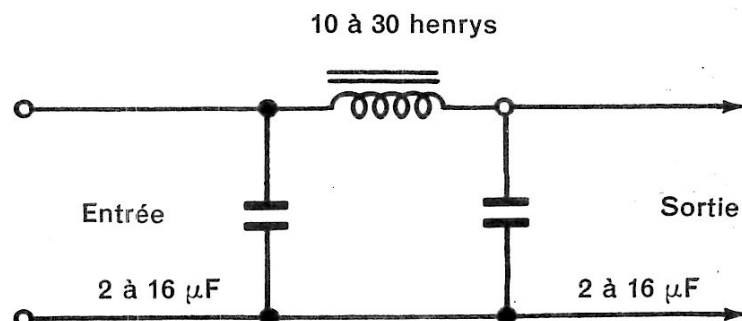


### CIRCUITS FILTRES À SELF DE FILTRAGE EN TÊTE À CELLULE SIMPLE

Un filtre à condensateur en tête et à cellule unique se compose d'un condensateur de filtrage branché sur les bornes d'entrée d'un filtre à self de filtrage en tête et à cellule unique. A cause de la forme du schéma du circuit, les circuits filtres de ce type sont parfois appelés filtres du type  $\pi$ .

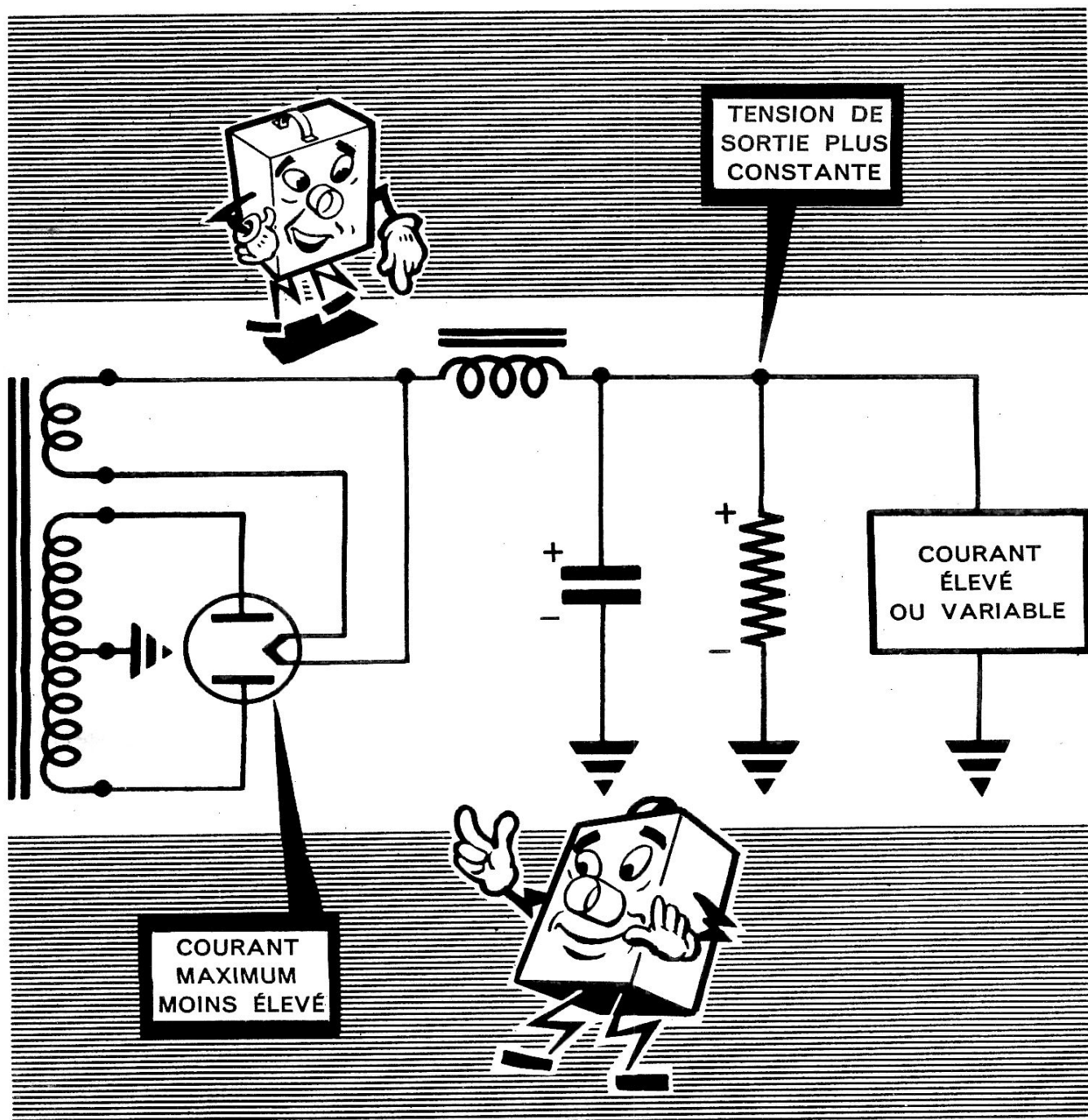
Comme les filtres à condensateur en tête utilisent des valeurs d'inductance et de capacité très élevées, on les appelle parfois « filtres non calculés ». Les valeurs d'inductance généralement utilisées varient entre 10 et 30 henrys et les capacités, entre 2 et 16 microfarads.

### CIRCUIT FILTRE à condensateur en tête à cellule unique



## FILTRE À SELF DE FILTRAGE EN TÊTE ET À CELLULE UNIQUE

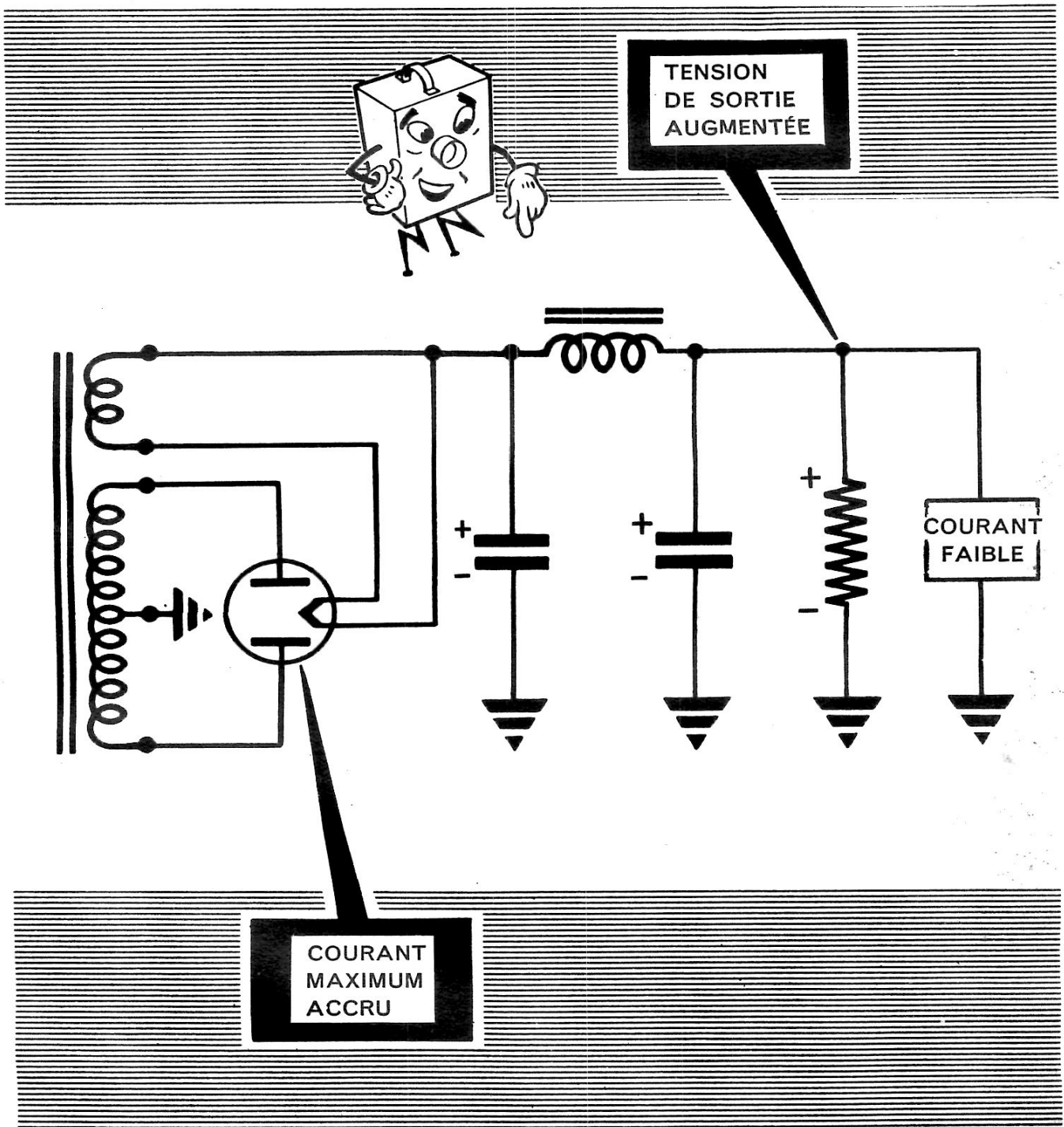
Vous allez voir que le filtre à self de filtrage en tête et à cellule unique n'effectue qu'un filtrage très peu meilleur à celui du condensateur de filtrage seul. La tension de sortie du filtre à self de filtrage en tête est inférieure à la tension de sortie du condensateur seul. Ceci s'explique par le fait que la self développe une force contre-électromotrice qui annule une partie de la tension fournie par le redresseur. L'une des caractéristiques importantes du filtre à self de filtrage en tête consiste en ce que celui-ci limite le courant maximum dans le tube redresseur et que, par conséquent, la contrainte exercée sur le redresseur est moins forte. En outre, le filtre à self de filtrage en tête maintient la tension de sortie relativement constante malgré des variations éventuelles de la charge. A cause de ces deux caractéristiques, les filtres à self de filtrage en tête sont couramment employés dans les circuits d'alimentation à débits élevés ou variables. En utilisant ce type de filtre pour des charges importantes ou variables, on obtient une tension de sortie plus constante et on assure au tube redresseur une vie plus longue.



## FILTRE À CONDENSATEUR EN TÊTE

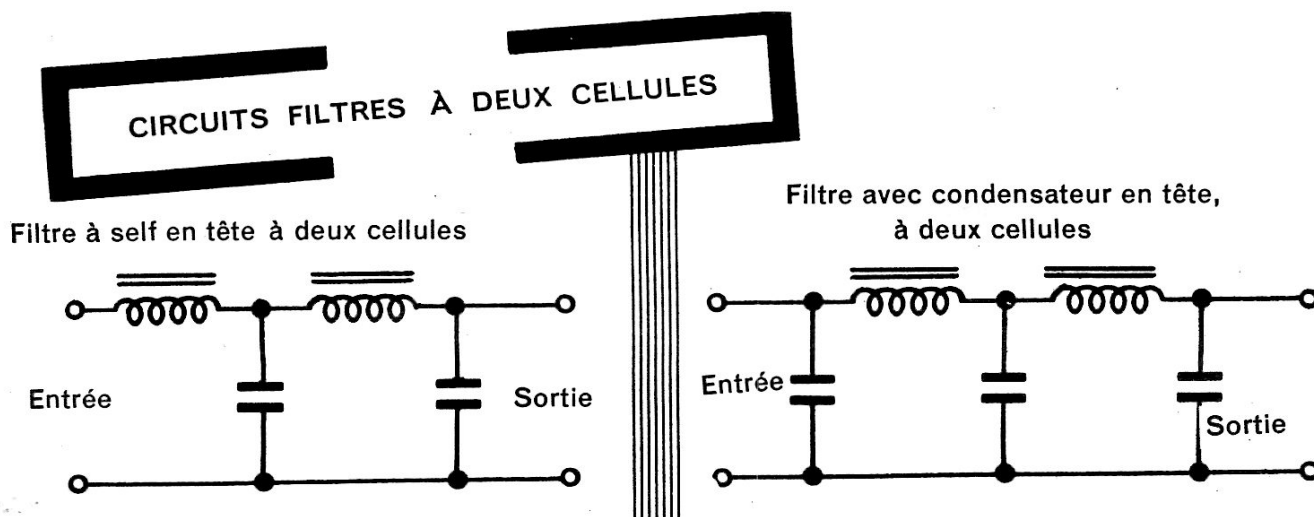
En comparant les courbes et les tensions de ce circuit avec celles des autres circuits filtres, vous voyez que le filtre à condensateur en tête est plus efficace que n'importe quel autre circuit filtre. Sa tension de sortie est plus élevée que celle du filtre à self de filtrage en tête, ce qui s'explique par la charge et la décharge du condensateur d'entrée.

Cependant, par opposition au filtre à self en tête, le filtre avec condensateur tire des courants maxima très élevés du redresseur. En outre, la régulation de tension est moins bonne que celle du filtre à self en tête. Le filtre avec condensateur en tête, parfois appelé « filtre non calculé », est le circuit filtre le plus couramment utilisé dans les cas où le courant continu nécessaire est faible.



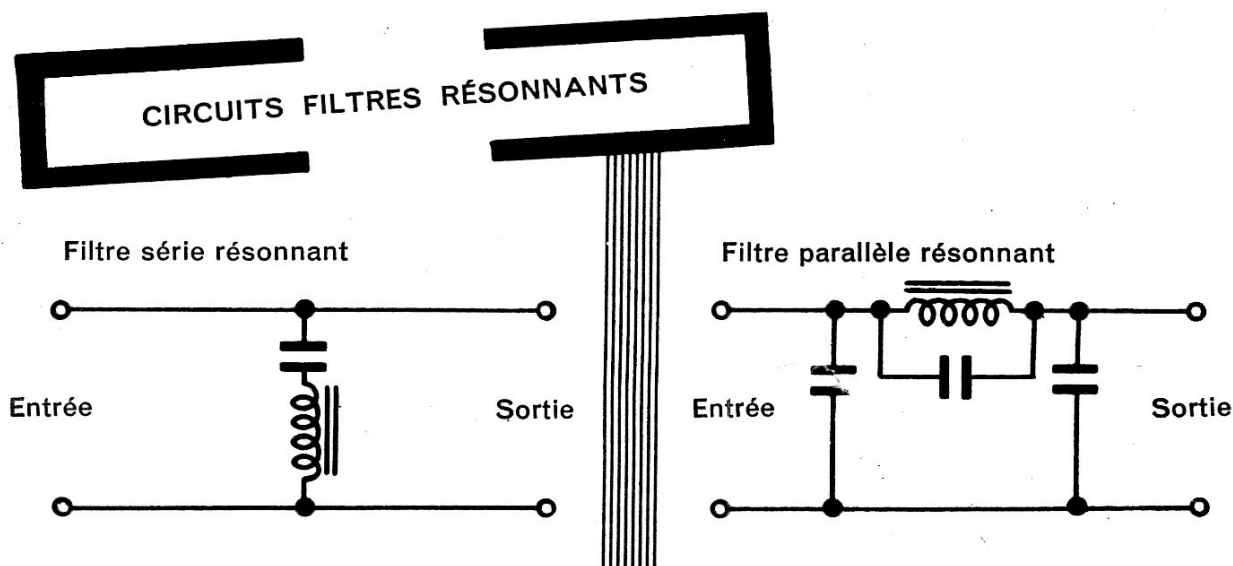
## LE FILTRE À DEUX CELLULES

Un circuit filtre à self en tête, à deux cellules, se compose de deux filtres à self en tête à cellule unique, qui sont montés en série. En ajoutant un autre condensateur que l'on branche sur les bornes du filtre d'entrée, on peut transformer le circuit d'entrée à self en tête en un filtre avec condensateur en tête à deux cellules. Les deux types de filtre à deux cellules arrivent à réduire l'ondulation de la tension de sortie à une valeur négligeable.



Les circuits filtres résonnants peuvent également être employés dans des circuits d'alimentation, bien qu'ils soient généralement utilisés dans d'autres types de circuits électroniques. Un filtre série résonnant se compose d'une self et d'un condensateur montés en série et branchés sur les bornes de sortie du circuit redresseur. Dans les Livres d'Électricité (circuits série résonnants), vous avez appris que, lorsqu'une self et un condensateur montés en série étaient en résonance, leurs réactances inductive et capacitive s'annulaient mutuellement et que, par conséquent, leur impédance totale était nulle. Il s'ensuit que, si les éléments utilisés sont en résonance à la fréquence de la tension ondulée du circuit d'alimentation, ils agissent, pour cette fréquence particulière, comme court-circuit dans la charge.

On peut aussi utiliser une combinaison de L et C en résonance parallèle, montée en série avec l'une des bornes de sortie du circuit d'alimentation, pour obtenir un filtrage plus efficace à la fréquence de la tension ondulée. Le circuit parallèle résonnant présente une impédance très élevée à la fréquence de l'ondulation.

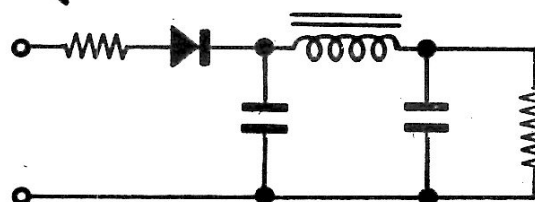
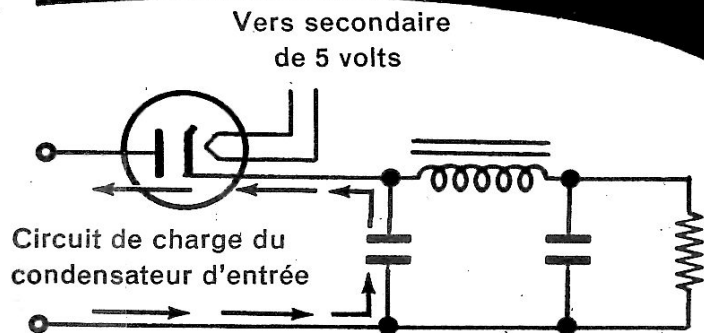


## CONSIDÉRATIONS AU SUJET DU CONDENSATEUR DE FILTRAGE

Lorsqu'on utilise un filtre avec condensateur d'entrée, le courant maximum instantané du redresseur peut être beaucoup plus élevé que le courant maximum fourni à la charge. Le condensateur d'entrée dans le circuit de charge agit comme court-circuit, lorsqu'on commence à lui appliquer une tension. Le courant de charge initial peut ainsi dépasser la valeur nominale prévue pour le redresseur. Parfois, on utilise des résistances avec des redresseurs fer-sélénium pour limiter le courant de charge initial du condensateur de filtrage d'entrée.

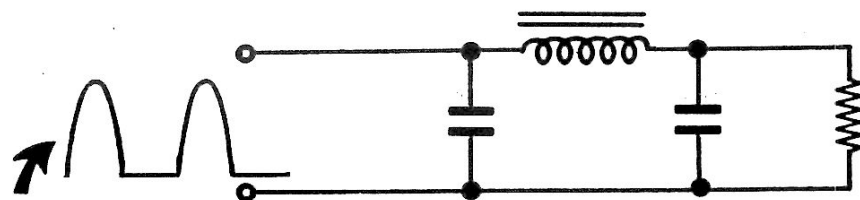
### CHARGE DU CONDENSATEUR D'ENTRÉE

Résistance plus redresseurs fer-sélénium pour limiter le courant de charge du condensateur à une valeur sûre

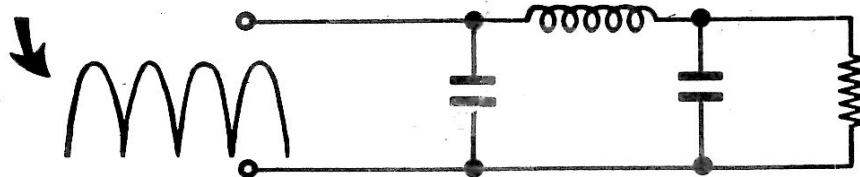


En raison de l'intervalle qui sépare deux pulsations consécutives du courant pulsé la tension de sortie d'un redresseur d'une alternance exige davantage de filtrage que celle d'un redresseur double alternance, et la tension de sortie filtrée du premier est moins élevée que celle du dernier. Les condensateurs de filtrage employés dans les circuits d'alimentation à une alternance sont normalement 2 à 4 fois plus grands que ceux utilisés dans les circuits d'alimentation double alternance. L'augmentation de la valeur d'un condensateur de filtrage améliore l'efficacité du filtre.

### FILTRAGE DES TENSIONS DE SORTIE D'UN REDRESSEUR À UNE ALTERNANCE ET D'UN REDRESSEUR À DOUBLE ALTERNANCE



Tension de sortie du redresseur à une alternance  
Tension de sortie du redresseur à double alternance



Plus la fréquence de la tension d'entrée alternative est grande, plus la valeur des condensateurs de filtrage peut être petite. A des fréquences élevées, il s'écoule moins de temps entre deux



## RÉSISTANCES DE FUITE

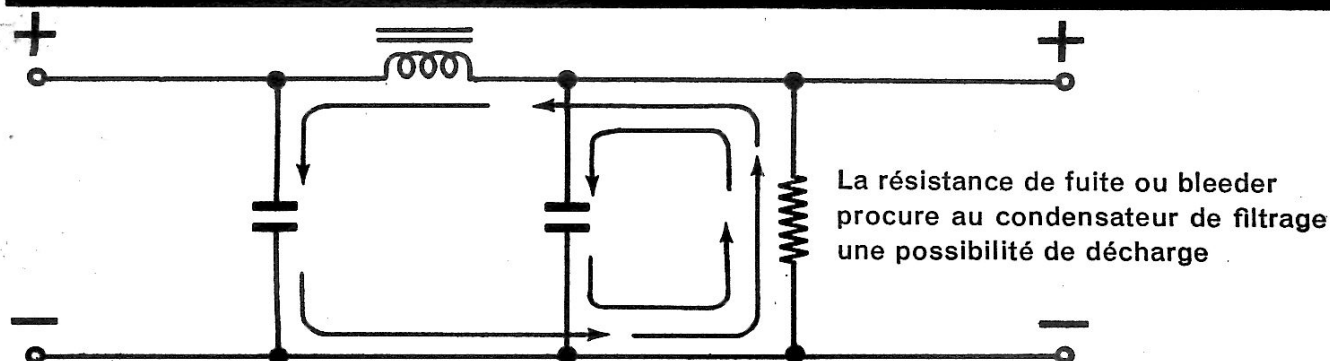
Si on enlève complètement la charge d'un circuit d'alimentation, la tension monte jusqu'à une valeur qui dépasse de beaucoup la normale. A défaut d'un courant débité, il n'y a aucune chute de tension continue dans le circuit, et les condensateurs de filtrage n'ont plus de possibilité de décharge. Il s'ensuit qu'il se développe, entre les bornes des condensateurs de filtrage, une tension qui a tendance à atteindre la tension alternative maximum appliquée au tube redresseur.

Pour qu'il ne se développe pas, en l'absence de charge, une tension excessive, on branche souvent des résistances sur les bornes de sortie des circuits d'alimentation. Ces résistances, qu'on appelle « résistances de fuite » ou bleeder, procurent aux condensateurs de filtrage une possibilité de décharge et servent également de charge fixe qui permet un courant de fuite constant. La résistance de fuite tire normalement à peu près 10 pour cent du courant de sortie total, pour lequel le circuit d'alimentation est calibré.

Puisqu'une résistance de fuite empêche des augmentations trop brutales de la tension de sortie en cas de débit faible ou en absence de charge, elle améliore la régulation de tension du circuit d'alimentation et tend à maintenir la tension de sortie à une valeur constante, quelle que soit la charge. Cette méthode de régulation de la tension est satisfaisante pour la majorité des circuits d'alimentation, mais il existe aussi de nombreux cas dans lesquels une meilleure régulation est nécessaire.

Les résistances de fuite dissipent une quantité d'énergie relativement importante sous forme de chaleur et doivent donc être montées de façon à être bien ventilées. La valeur de résistance et la puissance nominale d'une résistance de fuite dépendent de la tension maximum et des courants nominaux du circuit d'alimentation. Par exemple, si un circuit d'alimentation est calibré pour 300 volts et qu'il peut fournir 100 milliampères, le courant de fuite devrait être de 10 milliampères environ, et la tension entre les bornes de la résistance de fuite, de 300 volts. On obtient la valeur de la résistance de fuite (30 000 ohms) en divisant la tension (300 volts) par le courant de fuite (0,010 ampère). L'énergie dissipée est égale au produit de la tension par le courant de fuite ( $300 \times 0,01 = 3$  watts). L'énergie nominale d'une résistance devrait être choisie de façon à être supérieure à l'énergie dissipée. On utiliserait donc, dans le cas présent, une résistance de 30 K $\Omega$ , 10 watts, comme résistance de fuite.

### LES RÉSISTANCES DE FUITE améliorent la régulation de tension



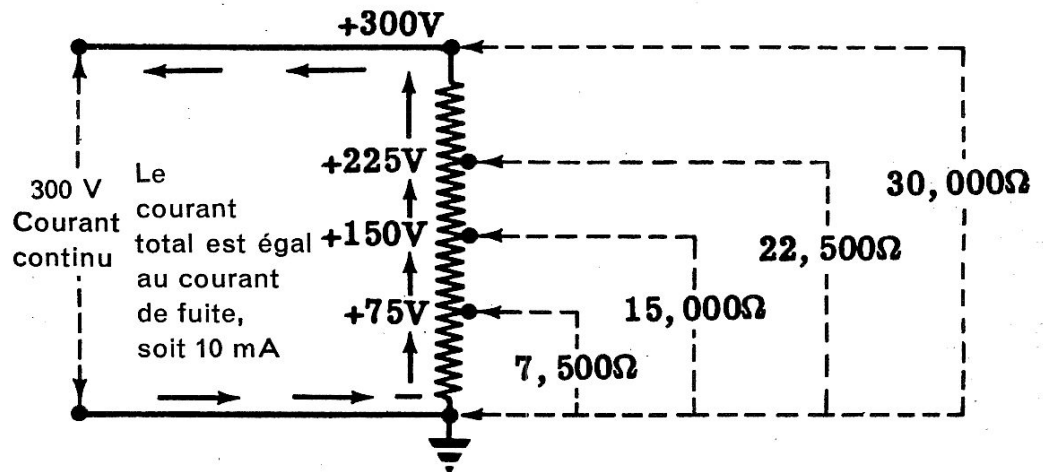
Les résistances de fuite assurent au circuit d'alimentation une charge constante



Parfois, les résistances de fuite ont plusieurs prises qui permettent de choisir entre plusieurs tensions inférieures à la tension maximum du circuit d'alimentation. La résistance de fuite peut aussi se composer de plusieurs résistances montées en série branchées sur une source de tension, de sorte que la tension varie selon les bornes entre lesquelles elle est appliquée.

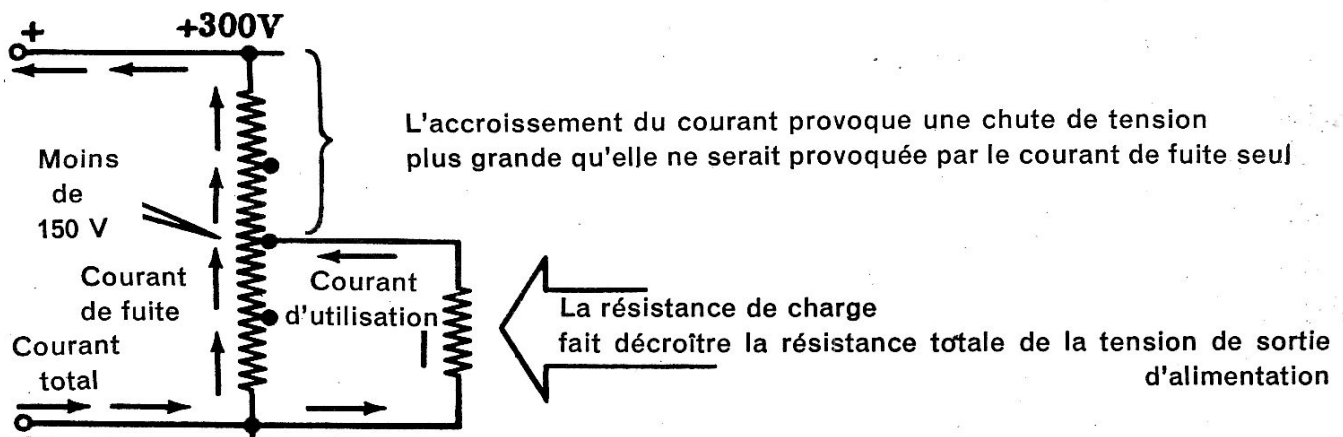
Lorsqu'une résistance de fuite est branchée directement sur la tension de sortie d'un circuit d'alimentation, la tension prise entre plusieurs points différents de la résistance est toujours exactement proportionnelle à la résistance en ces points, au moins tant qu'on ne tire du courant d'aucune de ces bornes. Par exemple, lorsqu'une résistance de 30 000 ohms, qui comporte des prises à 7 500 ohms, à 15 000 ohms et à 22 500 ohms, est branchée sur une tension de 300 volts, celle-ci se divise proportionnellement aux valeurs de résistance. A la prise de 15 000 ohms, la tension est égale à la moitié de la tension totale, soit 150 volts. A la prise de 7 500 ohms, elle est égale au quart de la tension totale, soit 75 volts, tandis qu'à la prise de 22 500 ohms, elle est égale aux trois quarts de la tension totale, soit 225 volts. Le courant de fuite dans la résistance est de 10 milliampères.

### TENSIONS AUX BORNES D'UNE RÉSISTANCE DE FUITE À PRISES MULTIPLES



La tension entre les différentes prises du diviseur de tension et l'extrémité de celui-ci dépend de l'intensité du courant tiré de chacune des prises et est affectée par tout changement du courant fourni par l'une des prises. Lorsqu'une charge est branchée sur l'une des prises, sa résistance est en parallèle avec une partie du diviseur de tension. Il en résulte un circuit série-parallèle qui réduit la résistance totale du circuit et provoque un accroissement du courant tiré du circuit d'alimentation. La chute de tension dans la partie série du circuit diviseur de tension augmente avec l'accroissement du courant, tandis que la chute de tension et le courant de fuite pour la partie parallèle du circuit diviseur de tension décroissent.

### RÉSISTANCE DE FUITE À PLUSIEURS PRISES AVEC CHARGE



Un diviseur de tension typique pour un circuit d'alimentation de 100 milliampères pourrait, pour un courant de fuite de 10 milliampères, comprendre une prise à 200 volts fournissant 40 milliampères et une prise à 150 volts fournissant 50 milliampères. Pour calculer les valeurs de résistance des différentes parties d'un tel circuit diviseur de tension, il faut trouver la chute de tension et le courant dans chaque résistance séparément. Dans le schéma, les points A, B, C et D représentent les prises de tension voulues, et les valeurs de résistance  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  sont calculées de la manière suivante :

$R_1$  La chute de tension dans  $R_1$  (entre les points C et D) est de 150 volts.  $R_1$  n'est traversée que par le courant de fuite qui s'élève à 10 mA. Il s'ensuit que

$$R_1 = \frac{150}{0,01} = 15\,000 \text{ ohms}$$

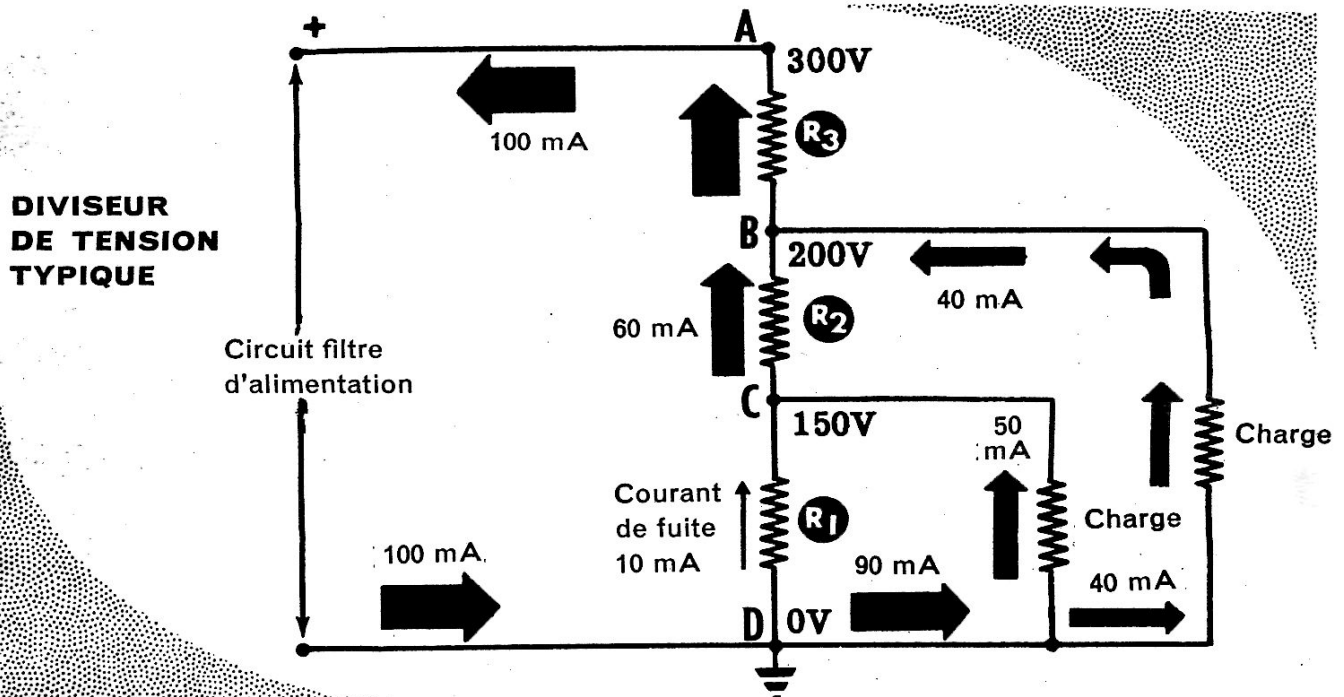
$R_2$  La chute de tension dans  $R_2$  (entre les points B et C) est de 50 volts (200-150 V). Le courant dans  $R_2$  est égal à la somme du courant de fuite, 10 mA, et du courant absorbé par la charge, 50 mA., soit 60 mA. Il s'ensuit que  $R_2 = \frac{50}{0,06} = 833 \text{ ohms}$

$R_3$  La chute de tension dans  $R_3$  (entre les points A et B) est de 100 volts (300-200 V). Le courant dans  $R_3$  est égal à la somme du courant de fuite et du courant absorbé par les deux charges, soit

$$10 + 50 + 40 = 100 \text{ mA. Il s'ensuit que } R_3 = \frac{100}{0,1} = 1000 \text{ ohms}$$

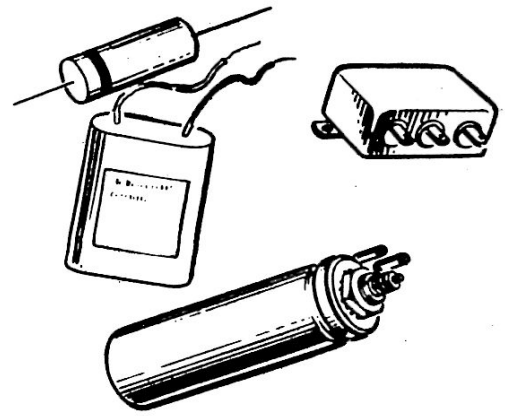
L'énergie dissipée par chacune des résistances s'obtient en multipliant le courant dans la résistance par la chute de tension dans cette même résistance. On trouve

$$\begin{aligned} 150 \times 0,01 &= 1,5 \text{ watts pour } R_1 \\ 50 \times 0,06 &= 3 \text{ watts pour } R_2 \\ 100 \times 0,1 &= 10 \text{ watts pour } R_3 \end{aligned}$$



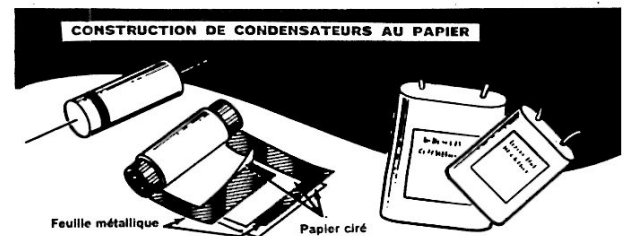
## RÉCAPITULATION. CIRCUITS FILTRES

**CONDENSATEURS DE FILTRAGE** — Ce sont des condensateurs qui servent, dans les circuits d'alimentation, à transformer la tension de sortie pulsée des redresseurs en une tension continue qui ne comporte que des variations relativement faibles. Le condensateur est chargé par le circuit redresseur et se décharge par le circuit d'utilisation, ce qui contribue à maintenir, à une valeur constante, la tension appliquée à l'utilisation.

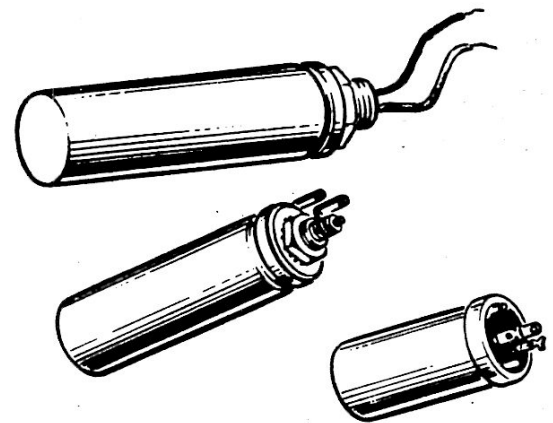


### CONDENSATEURS DE FILTRAGE AU PAPIER —

Les condensateurs de filtrage au papier sont volumineux, et leur valeur est normalement limitée à moins de 10  $\mu\text{F}$ . Ils ne sont pas polarisés et peuvent être fabriqués de façon à supporter des tensions très élevées. Dans les condensateurs au papier, il ne se produit qu'une fuite négligeable. Dans les circuits filtres à hautes tensions, on utilise des condensateurs au papier imprégnés d'huile.

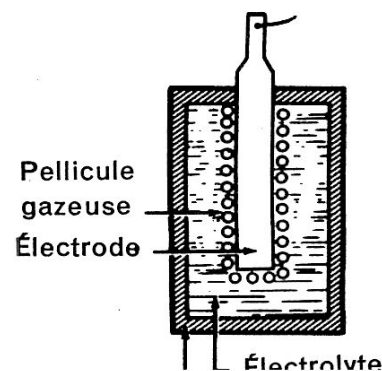


**CONDENSATEURS DE FILTRAGE ÉLECTROLYTIQUES** — Les condensateurs électrolytiques ont, par rapport aux condensateurs au papier, une très grande capacité. Ils sont polarisés et normalement calibrés pour des tensions inférieures à 600 volts. Dans les condensateurs électrolytiques, il se produit des fuites plus importantes. Celles-ci sont cependant normalement compensées par la grande capacité des condensateurs. Les condensateurs électrolytiques ont des capacités entre 1 et 1000  $\mu\text{F}$ .

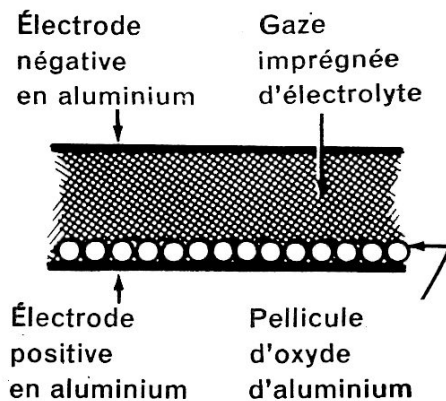


### CONDENSATEURS À ÉLECTROLYTE LIQUIDE —

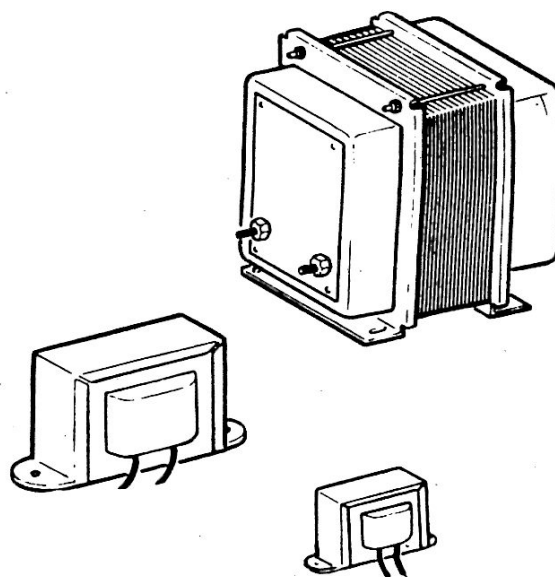
Ces condensateurs se composent d'une électrode métallique suspendue dans un liquide électrolytique. L'électrode et le liquide constituent les deux plaques du condensateur, tandis qu'une pellicule d'oxyde, qui se dépose à l'électrode, sert de diélectrique. La pellicule diélectrique résulte du courant qui se dirige de



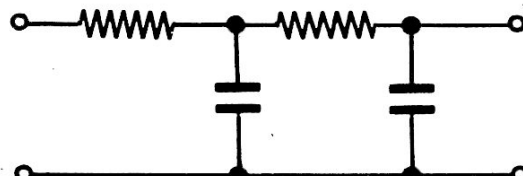
**CONDENSATEURS À ÉLECTROLYTE SEC** — Dans un condensateur à électrolyte sec, l'électrolyte est constitué par une pâte. Du tissu imprégné de cette pâte est enroulé entre des tôles feuilletées qui agissent comme bornes du condensateur. La tôle feuilletée sert de plaque positive et la pellicule qui se forme à la surface de la tôle sert de diélectrique. La pâte électrolytique est la plaque négative du condensateur, et sa connexion avec la borne extérieure est assurée par une couche de tôle feuilletée.



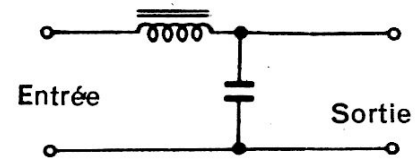
**SELF DE FILTRAGE** — C'est une inductance à noyau de fer montée en série avec les bornes de sortie du redresseur. Elle s'oppose à tout changement de courant et réduit les variations de la tension de sortie pulsée du circuit redresseur.



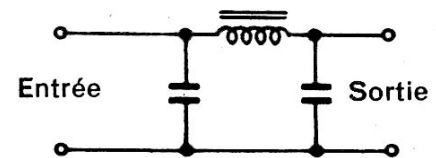
**FILTRE D'ALIMENTATION SANS SELF** — C'est un circuit filtre d'alimentation à courant faible, dans lequel on utilise des résistances au lieu d'employer des selfs de filtrage. Les résistances sont moins lourdes, moins volumineuses et moins chères.



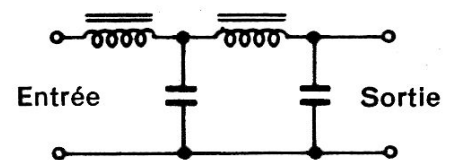
**FILTRE À SELF EN TÊTE ET À CELLULE** — C'est un circuit filtre qui se compose d'une self de filtrage montée en série avec les bornes de sortie du redresseur, et d'un condensateur de filtrage branché sur les bornes extérieures. La tension de sortie ondulée représente entre 3 et 10 pour cent de la tension de sortie continue.



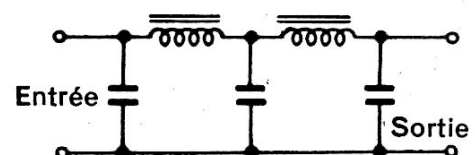
**FILTRE À CONDENSATEUR EN TÊTE ET À CELLULE UNIQUE** — C'est un circuit filtre qui se compose d'une self de filtrage montée en série avec les bornes de sortie du redresseur, et de deux condensateurs de filtrage dont l'un est branché sur les bornes d'entrée, et l'autre sur les bornes de sortie du circuit filtre. L'ondulation de la tension de sortie est moins importante qu'avec un filtre à self en tête et à cellule unique, et la tension de sortie est plus élevée.



**FILTRE À SELF EN TÊTE ET À CELLULE DOUBLE** — C'est un circuit filtre qui se compose de deux filtres à self en tête et à cellule unique, montés en série. L'ondulation de la tension de sortie est réduite à une valeur négligeable et ne présente, pour la plupart des circuits d'alimentation, plus d'inconvénient.



**FILTRE À CONDENSATEUR EN TÊTE ET À CELLULE DOUBLE** — C'est un filtre à self en tête et à cellule double, qui comporte un condensateur de filtrage supplémentaire branché sur les bornes d'entrée du filtre. Par rapport à la tension de sortie du filtre à self en tête, celle du filtre à condensateur en tête et à cellule double est plus élevée et moins



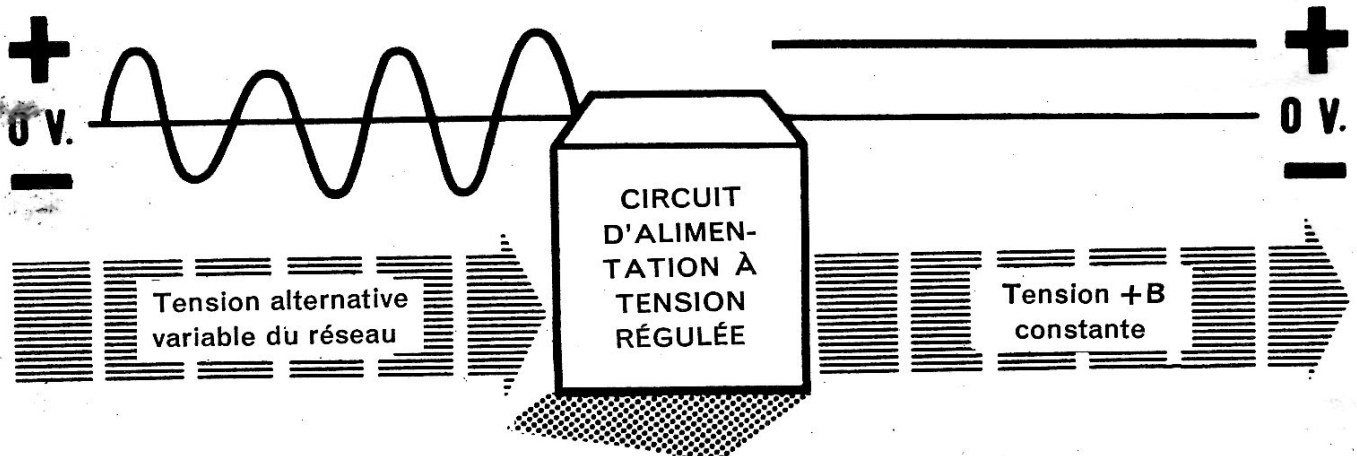
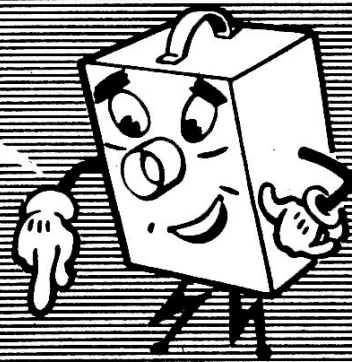
# CIRCUITS RÉGULATEURS DE TENSION

## RÉGULATION DE TENSION

Vous connaissez maintenant les principes de fonctionnement des circuits redresseurs et des circuits filtres. Vous comprenez quelle importance revient au fonctionnement correct du circuit d'alimentation, sans lequel les autres appareils électroniques ne pourraient pas remplir leur fonction.

Maintenant, vous allez étudier les circuits d'alimentation à tension régulée. Ils sont employés dans des applications spéciales dont les exigences dépassent les possibilités des circuits d'alimentation ordinaires. Comme d'autres circuits que vous aurez l'occasion d'utiliser, les circuits régulateurs de tension peuvent être très simples et ne comporter qu'un ou deux élément(s), ou au contraire très compliqués, auquel cas ils peuvent comprendre un grand nombre de parties. Cependant, tous ces circuits fonctionnent selon le même principe que les circuits régulateurs élémentaires.

**VOTRE TENSION  
DE SORTIE CONTINUE  
RESTE CONSTANTE**

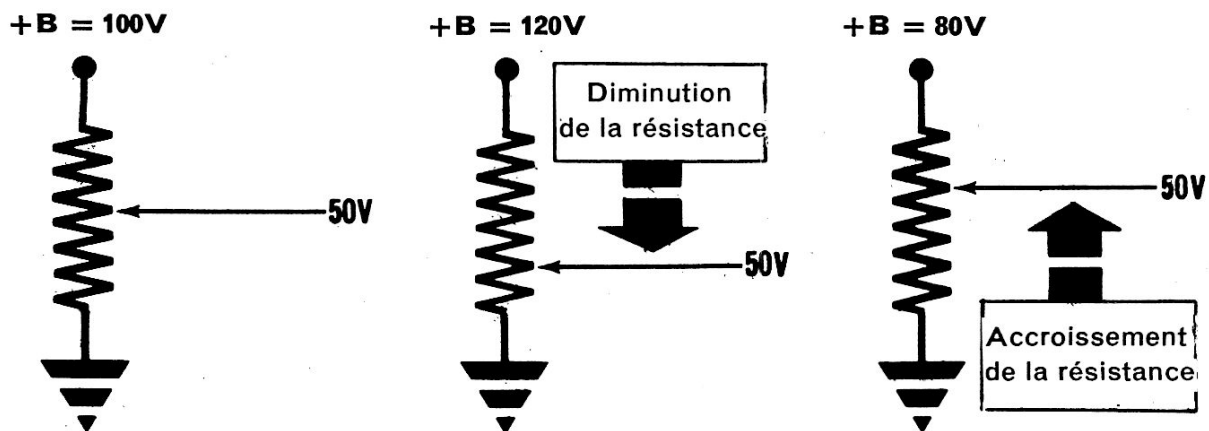




Vous connaissez déjà les deux facteurs les plus importants qui influencent la tension de sortie **+B** d'un circuit d'alimentation ordinaire. Lorsque la tension alternative du réseau augmente, la tension de sortie **+B** augmente également, et lorsque la tension alternative du réseau décroît, la tension de sortie **+B** décroît, elle aussi. De la même manière, lorsque la borne **+B** fournit un courant faible, la tension **+B** est plus élevée que lorsque le courant débité est fort. Vous allez maintenant apprendre comment le circuit régulateur de tension arrive à résoudre ces deux problèmes.

Dans un circuit d'alimentation ordinaire, il suffit d'insérer un potentiomètre entre **+B** et la masse, pour avoir un régulateur de tension à main parfait.

Supposez que vous ayez un potentiomètre de 1000 ohms et un circuit d'alimentation dont la tension **+B** est de 100 volts. Supposez, en outre, que vous ayez besoin d'une tension de sortie constante à 50 volts. Vous ajustez d'abord votre potentiomètre de façon que la prise médiane se trouve exactement au milieu de la résistance du potentiomètre. Si la tension **+B** s'accroît momentanément à cause d'une augmentation de la tension alternative du réseau ou à cause d'une diminution du courant consommé, vous n'avez qu'à rapprocher la prise de la masse (c'est-à-dire **diminuer la résistance entre la prise et la masse**) jusqu'à obtenir de nouveau 50 volts. Si la tension **+B** tombe par suite d'une diminution de la tension alternative du réseau ou d'un accroissement du courant consommé, il suffit d'éloigner la prise de la masse (c'est-à-dire **augmenter la résistance entre la prise et la masse**) jusqu'à obtenir de nouveau 50 volts.



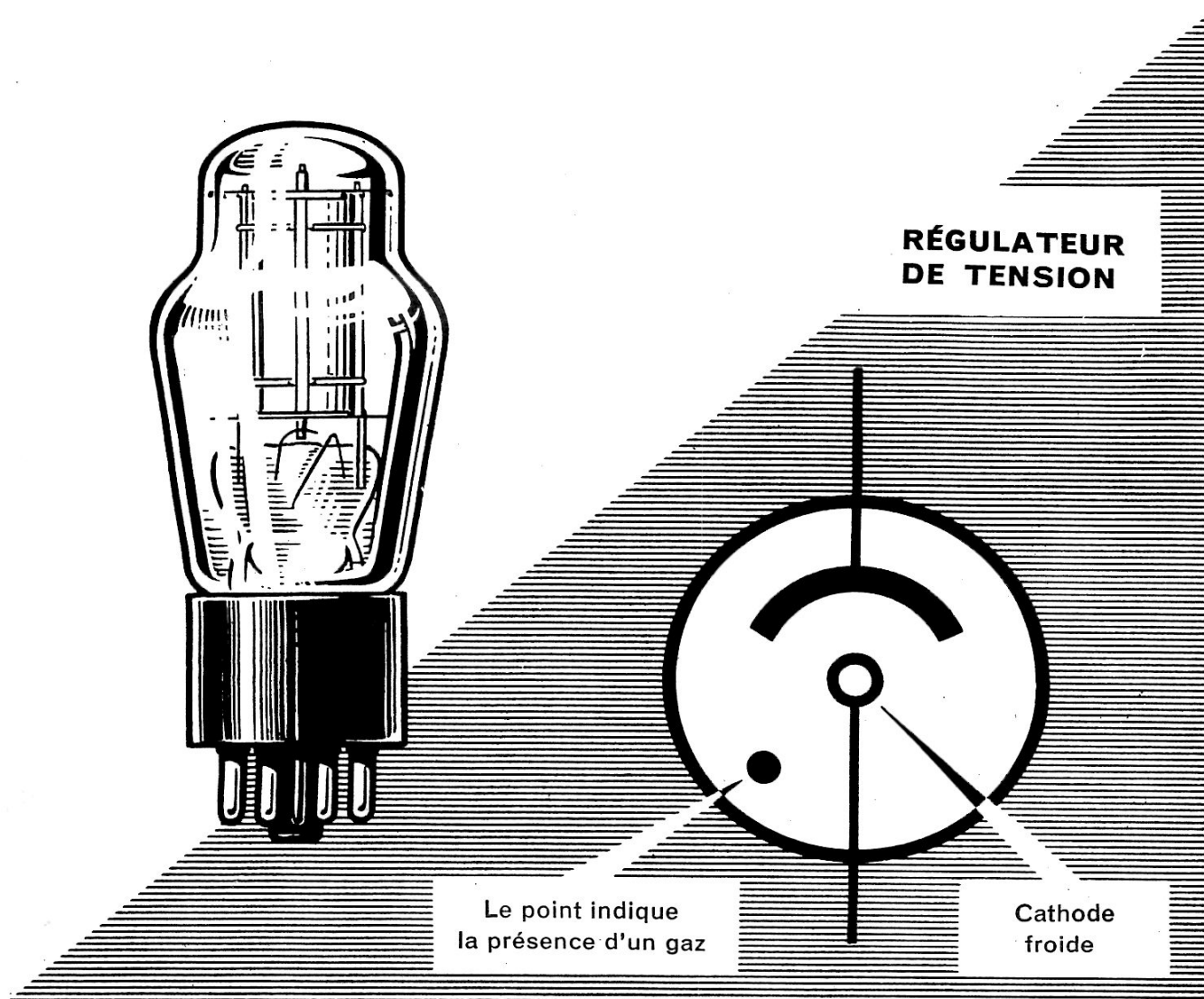
Vous voyez donc que le régulateur de tension à main fonctionne très bien. Vous augmentez ou diminuez la résistance entre la masse et la prise de tension de sortie, pour accroître ou abaisser la tension de sortie jusqu'à atteindre de nouveau la valeur voulue. Vous faites cela chaque fois que, pour une raison quelconque, la tension **+B** d'alimentation s'accroît ou décroît.

L'inconvénient principal de cette méthode, c'est qu'elle est trop lente. D'abord, il faut que la tension de sortie change. Puis, il faut que vous constatiez ce changement. C'est à ce moment-là seulement que vous pouvez augmenter ou diminuer la résistance entre la prise de tension et la masse, pour obtenir de nouveau la tension de sortie voulue. Si vous considérez le grand nombre de circuits électroniques utilisés dans les systèmes de radar et qui exigent une tension constante, vous réalisez qu'il faudrait beaucoup d'hommes pour veiller à ce que tous ces circuits soient toujours bien réglés.

Le circuit régulateur de tension résout tous vos problèmes! Le tube régulateur de tension augmente ou diminue automatiquement sa résistance interne chaque fois que la tension d'alimentation **+B**

## TUBE RÉGULATEUR DE TENSION

Le tube régulateur de tension se compose d'une plaque et d'une cathode placées dans une ampoule qui contient un gaz sous pression faible. Il n'y a pas de filament dans le tube. C'est pourquoi celui-ci est appelé tube à cathode froide. Ci-dessous, vous voyez le symbole qu'on emploie pour représenter le tube régulateur. Le point à l'intérieur de l'ampoule indique la présence d'un gaz.

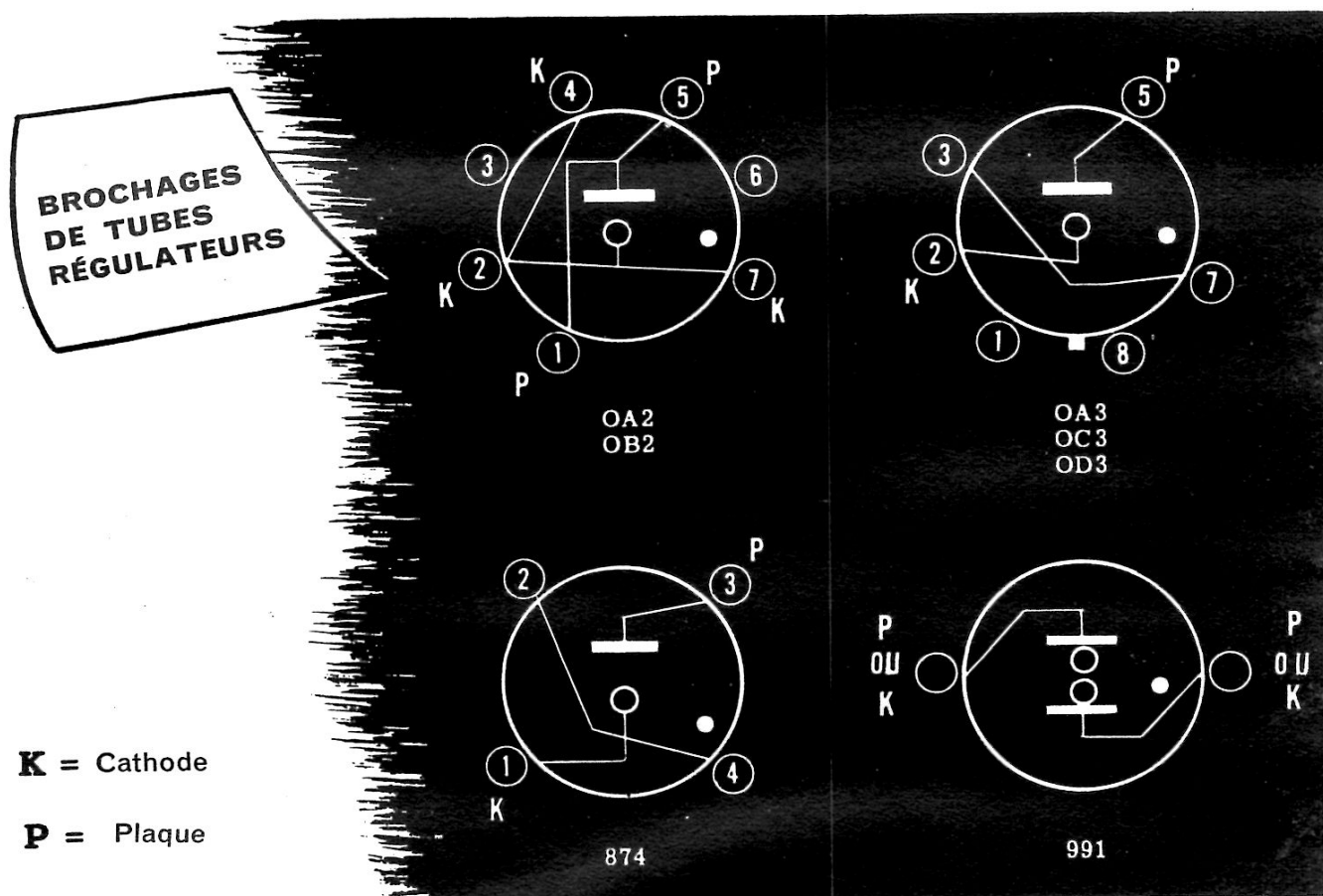


Lorsque la tension appliquée entre la cathode et la plaque (anode) est suffisamment grande, le gaz dans le tube conduit le courant et il se produit un flux d'électrons de la cathode vers la plaque. Quand il y a conduction d'un courant, une lueur bleuâtre apparaît à l'intérieur du tube. Plus le flux d'électrons est grand plus la lueur est forte.

Le système de numérotage utilisé pour les tubes régulateurs de tension a été modifié ces dernières années. VR-150/30, VR-90/30 et VR-75/30 sont de vieux numéros qui ne sont plus employés. Le premier numéro, « 150 », etc., désignait la tension de régime du tube, c'est-à-dire la tension à laquelle le tube remplissait sa fonction de régulateur. Le dernier numéro indiquait le courant maximum qui pouvait passer par le tube sans risquer d'endommager celui-ci. Tout tube régulateur a, en outre, un courant de régime minimum de 5 mA environ, au-dessous duquel il ne fonctionne pas. Si le courant tombe jusqu'à une valeur inférieure à ce courant minimum, le tube ne conduit plus. On peut obtenir une vaste gamme de tensions régulées en utilisant plusieurs tubes régulateurs de tension séparément ou dans des combinaisons série.

Le nouveau système de numérotage pour les tubes régulateurs se présente comme suit :

| Type de tube | Tension continue de régime | Calibre en mA |
|--------------|----------------------------|---------------|
| OA2          | 151                        | 5 à 30        |
| OA3          | 75                         | 5 à 40        |
| OB2          | 108                        | 5 à 30        |
| OC3          | 108                        | 5 à 40        |
| OD3          | 153                        | 5 à 40        |
| 874          | 90                         | 10 à 50       |
| 991          | 59                         | 0,4 à 2,0     |



Depuis l'introduction du nouveau système, il existe une gamme plus vaste de tensions et de courants continus de régime.

Le tube régulateur est une diode qui se compose d'une mince tige maintenue dans une position verticale à l'intérieur d'un cylindre métallique fin. On remplace l'air dans le tube par une petite quantité de néon ou d'hélium mélangé avec un peu d'argon. Tant que le courant dans le tube se maintient dans les limites du courant nominal, la tension anodique du tube varie très peu.

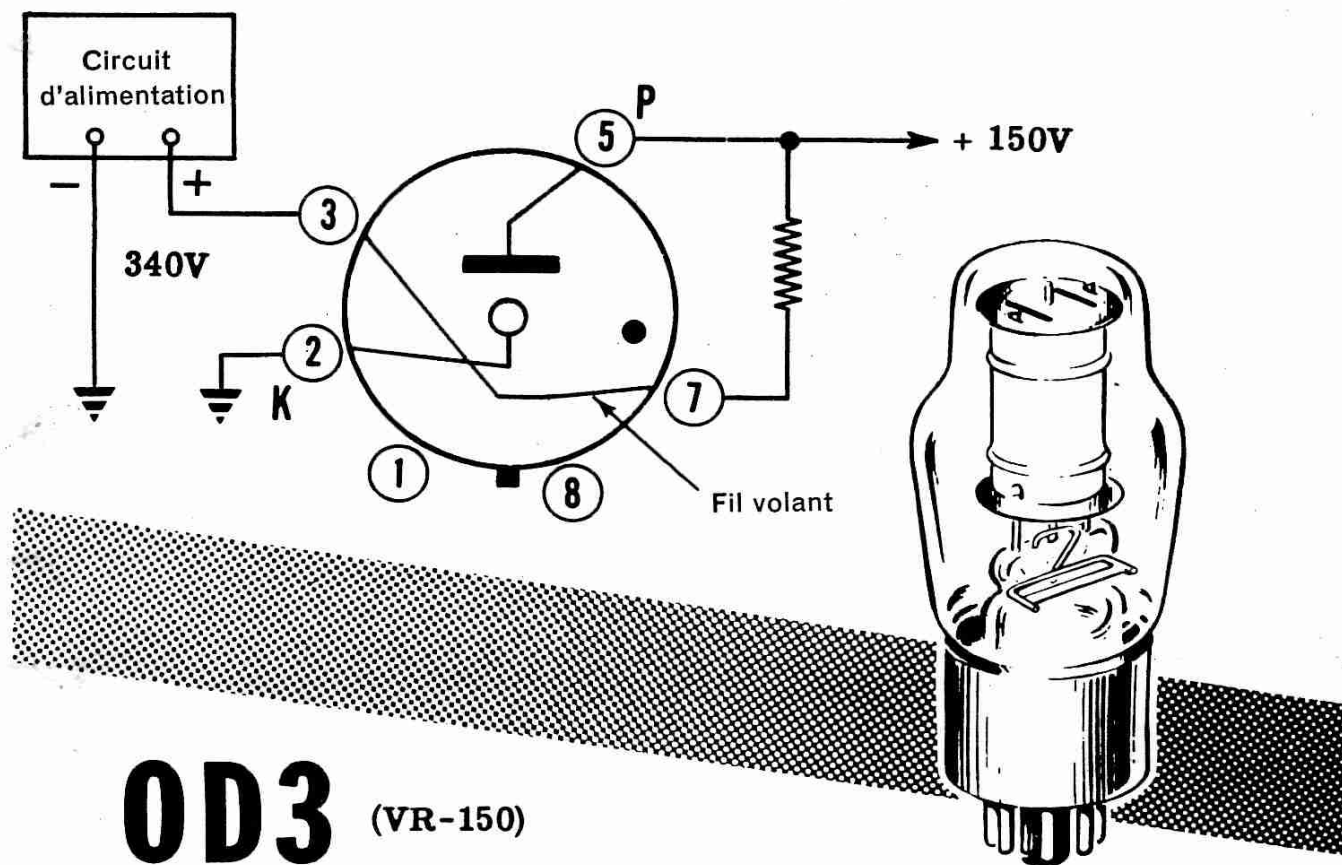
Si l'on a besoin de tensions qui dépassent les tensions nominales, on peut monter plusieurs tubes régulateurs en série. Dans ce cas, la tension de régime devient égale à la somme de toutes les tensions de régime des tubes montés en série. Lorsqu'on a besoin d'un courant plus fort, on utilise

## CIRCUIT RÉGULATEUR SIMPLE

Voici un exemple qui montre comment un tube régulateur de tension est inséré dans un circuit typique. Supposez que vous ayez un circuit d'alimentation avec une tension de sortie de 340 volts en continu. Vous voulez fournir la tension nécessaire à un circuit spécial qui exige 150 volts en continu et supporte une variation du courant débité entre 10 et 30 milliampères. D'autre part, ce circuit exige que la tension continue de 150 volts reste constante malgré des variations de courant.

Puisqu'il vous faut une tension continue constante de 150 volts avec une consommation maximum de courant de 30 milliampères, un tube du type OD3 (VR-150) est exactement ce qu'il vous faut. Voici les caractéristiques de fonctionnement du OD3 (VR-150), telles qu'elles sont données par le fabricant. Vous voyez qu'elles répondent effectivement à vos besoins :

|                                                                                         |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tension d'alimentation continue .....                                                   | 185 volts min. |
| Tension de démarrage continue .....                                                     | 160 volts      |
| Tension de régime continue .....                                                        | 153 volts      |
| Courant de régime continu .....                                                         | 5 à 40 mA      |
| Pour une variation du courant de 5 à 30 mA, la tension subira une variation de 2 volts. |                |
| Pour une variation du courant de 5 à 40 mA, la tension subira une variation de 4 volts. |                |

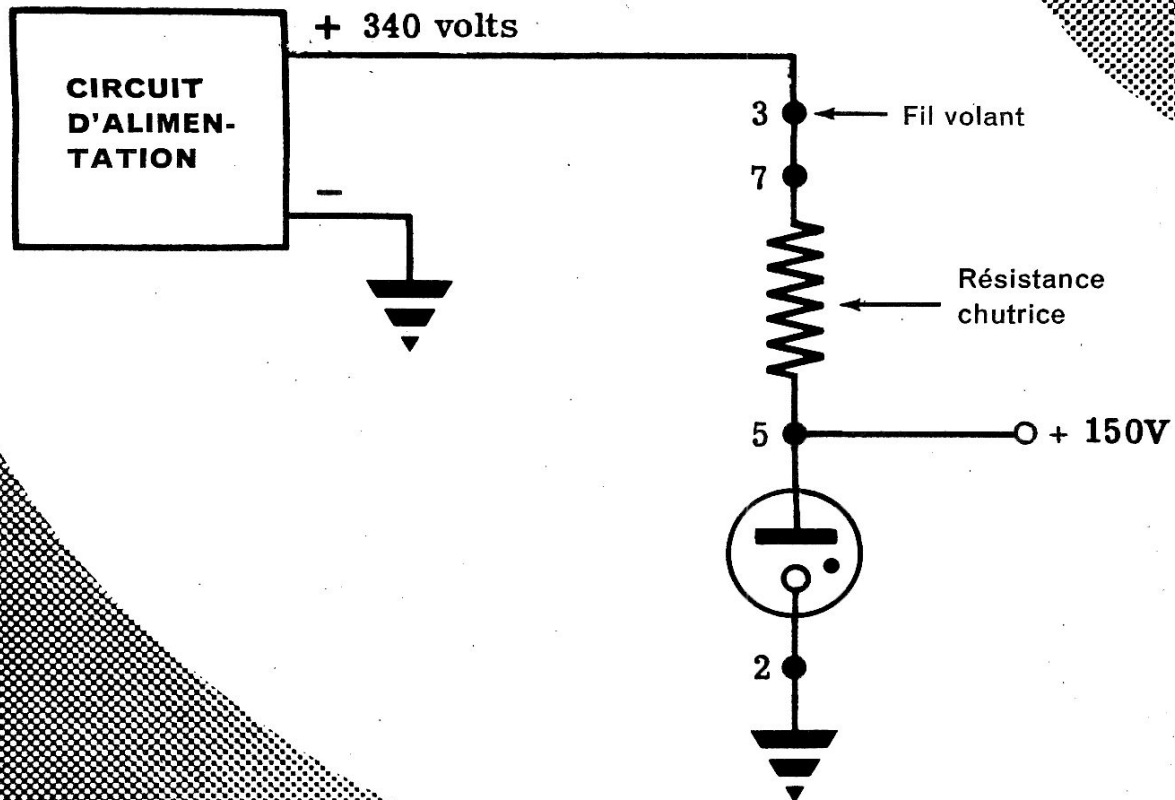


# OD3

 (VR-150)

Remarquez la « connexion volante » entre les fiches 3 et 7 à l'intérieur du tube. Si les fiches 3 et 7 sont en série avec le circuit, le fil volant agit comme commutateur. Lorsqu'on enlève le tube régulateur, le circuit nécessitant les 150 volts est déconnecté du circuit d'alimentation. Si le fil volant n'était pas monté comme un commutateur et que l'on enlevait le tube régulateur, le circuit de 150 volts recevrait une tension de plus de 150 volts, et il en résulterait un fonctionnement incorrect ou même un dommage pour les parties de ce circuit.

Pour éclaircir le circuit décrit sur la page précédente, le tube régulateur est branché sur l'alimentation de la manière suivante :



Remarquez bien que, lorsque le tube régulateur est enlevé, la prise de 150 volts se trouve déconnectée de l'alimentation.

Pour déterminer la valeur de la résistance chutrice, vous devez commencer par étudier le cas dans lequel aucune charge ne serait branchée sur la borne de sortie de 150 volts. Puis, vous ajustez la valeur de la résistance chutrice de façon que le courant **maximum** (40 mA) passe par le tube régulateur. Vous savez déjà que la tension de sortie de l'alimentation est de 340 volts, la tension entre les bornes de la résistance chutrice doit donc être de  $340 - 150 = 190$  volts. Étant donné ces conditions de courant et de tension, on peut déterminer la valeur de la résistance par application de la loi d'Ohm :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{190}{0,04} = 4\,750 \text{ ohms.}$$

La puissance nominale de la résistance résulte de la formule de puissance :  $P = UI = 190 \times 0,04 = 7,6$  watts.

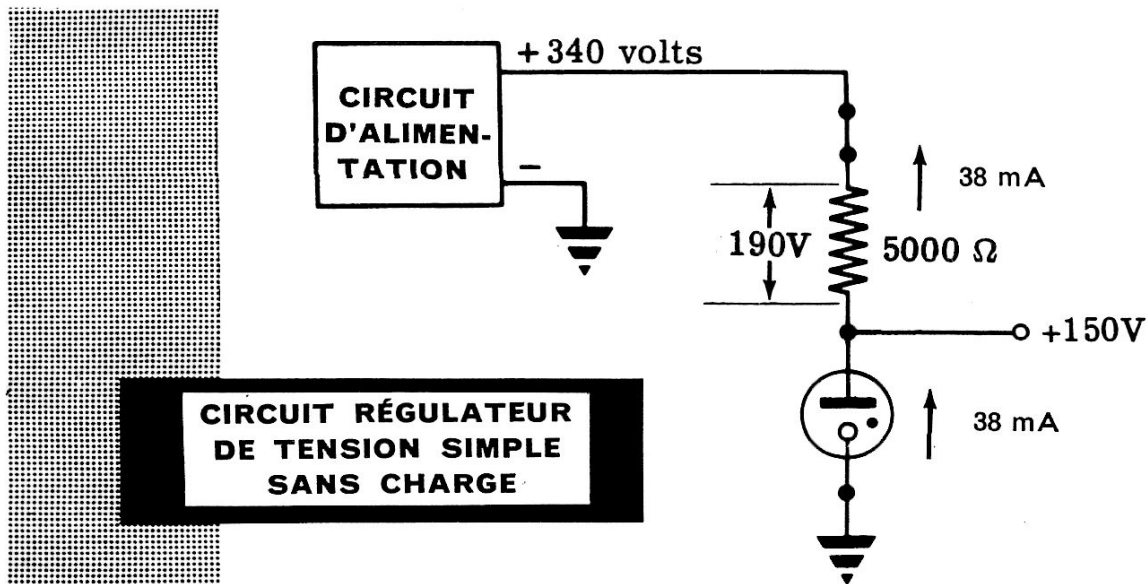
Selon ces résultats calculés, il vous faut donc une résistance de 4 750 ohms avec une puissance nominale de 7,6 watts. Or, une telle résistance n'existe pas, il faudrait la commander spécialement. La résistance standard dont les caractéristiques sont les plus proches de celles exigées par votre circuit est une résistance de 5 000 ohms. Elle permettrait un courant de 38 mA dans le tube, ce qui est encore convenable pour votre circuit. On pourrait prendre une résistance de 10 watts, mais, probablement, une résistance de 25 watts serait la meilleure, puisque sa taille et son prix ne sont qu'un peu plus élevés et que le risque de griller serait sensiblement réduit.



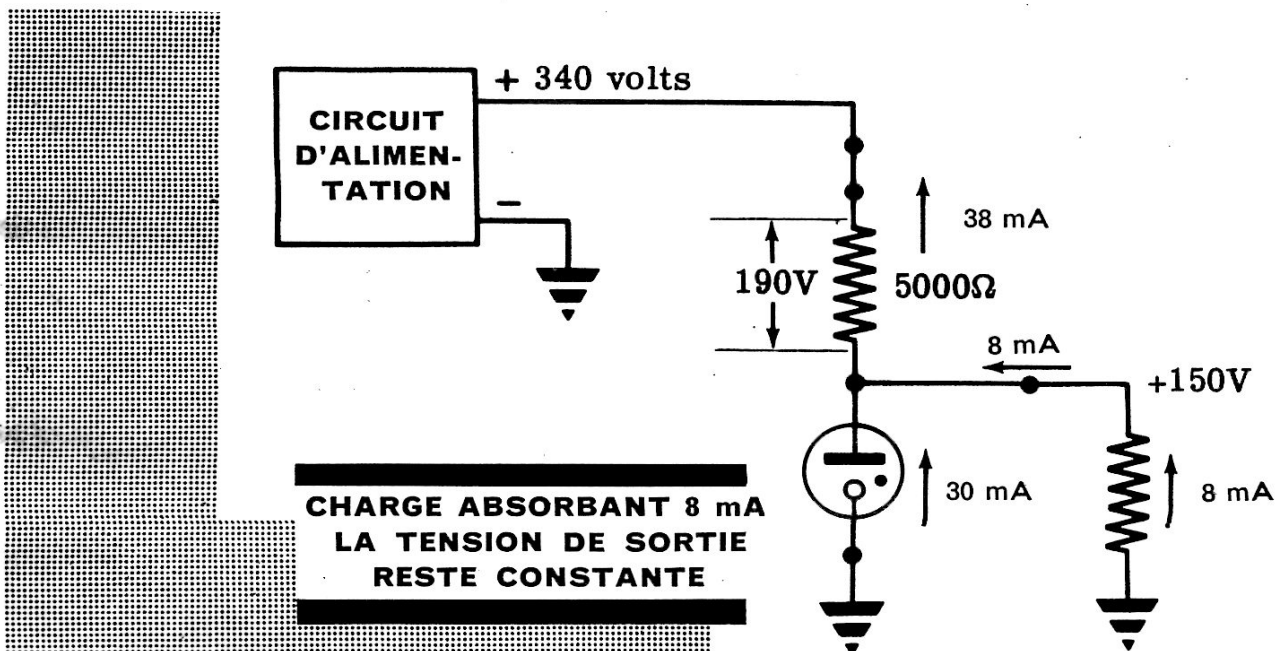
## RÉGULATION DE TENSION EN CAS DE COURANT DÉBITÉ VARIABLE

Maintenant que vous avez étudié les caractéristiques d'un circuit régulateur de tension, supposez que vous vous intéressiez à la question de savoir comment ce circuit arrive à maintenir la tension de sortie à une valeur constante malgré des variations du courant de sortie. Pour assurer la valeur constante de la tension de sortie, le tube régulateur augmente et diminue sa résistance de façon à s'adapter à des variations de la résistance d'utilisation et de la tension d'alimentation.

Lorsqu'aucune charge n'est branchée sur la prise de 150 volts, le courant dans le tube est de 38 mA. Puisque le courant dans le tube se tient entre les limites de la valeur nominale, le tube régulateur adapte sa résistance interne de sorte que la tension anodique soit de 150 volts.

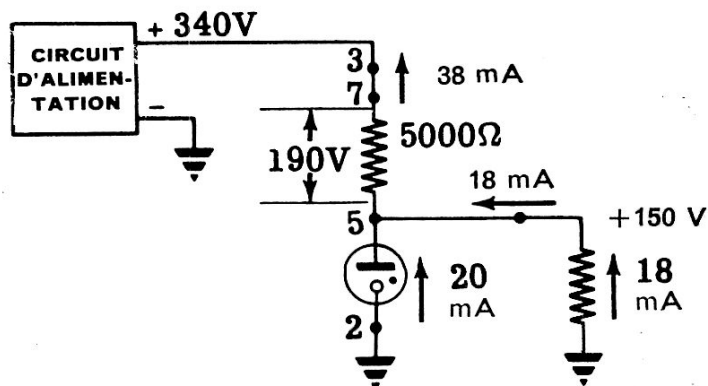


Supposez que vous branchiez sur la borne de 150 volts une charge consommant 8 mA. Des 38 mA dans la résistance chutrice, 8 mA passent par la charge et 30 mA passent par le tube régulateur. Puisque le courant dans le tube régulateur est toujours dans les limites de la valeur nominale, qui est de 5 à 40 mA, le tube adapte sa résistance interne de sorte que la tension anodique reste à 150 volts.





Si vous réglez maintenant la charge branchée sur la prise de 150 volts jusqu'à ce qu'elle consomme 18 mA, le courant dans le tube régulateur va être de 20 mA, et la tension de sortie va rester à 150 volts. Tant que le courant dans le tube régulateur reste entre 5 et 40 mA, le tube est en mesure d'adapter sa résistance interne de sorte que la tension anodique reste sensiblement constante à 150 volts.



La charge branchée sur la prise de 150 volts peut varier jusqu'à ce que le courant dans la charge atteigne 33 mA. A ce moment, le courant dans le tube régulateur est de 5 mA, ce qui est le courant minimum qu'il faut dans le tube, pour que celui-ci puisse encore maintenir la tension de sortie à 150 volts. Toute augmentation supplémentaire du courant dans la charge a pour effet que le courant dans le tube régulateur tombe au-dessous de 5 mA, et celui-ci « s'éteint » alors, c'est-à-dire, il cesse de luire. A partir de ce point, le tube régulateur n'aura plus aucune influence sur la tension de sortie, et celle-ci est exclusivement déterminée par la loi d'Ohm.

Pour un débit de 38 mA, la chute de tension dans la résistance chutrice est de :

$$U = IR = 0,038 \times 5\,000 = 190 \text{ volts.}$$

En déduisant la chute de tension dans la résistance de la tension d'alimentation, vous obtenez, pour la tension anodique du tube, la valeur suivante :

$$340 - 190 = 150 \text{ volts.}$$

Pour un débit de 40 mA, la chute de tension dans la résistance chutrice est de

$$U = IR = 0,040 \times 5\,000 = 200 \text{ volts.}$$

La tension anodique du tube est alors

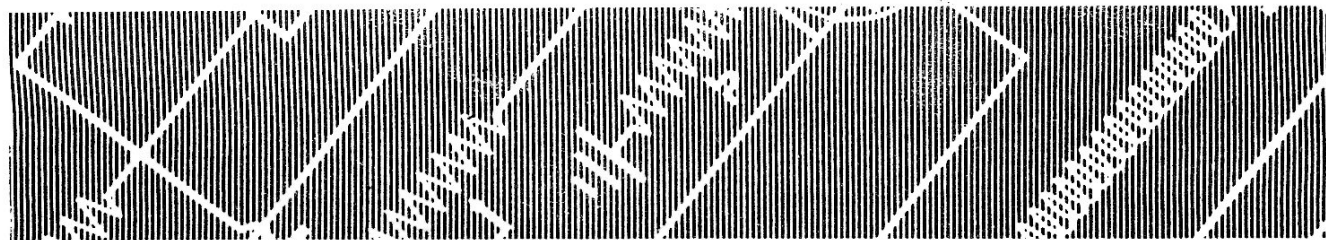
$$340 - 200 = 140 \text{ volts.}$$

De la même manière, les débits suivants provoqueront les tensions de sortie suivantes :

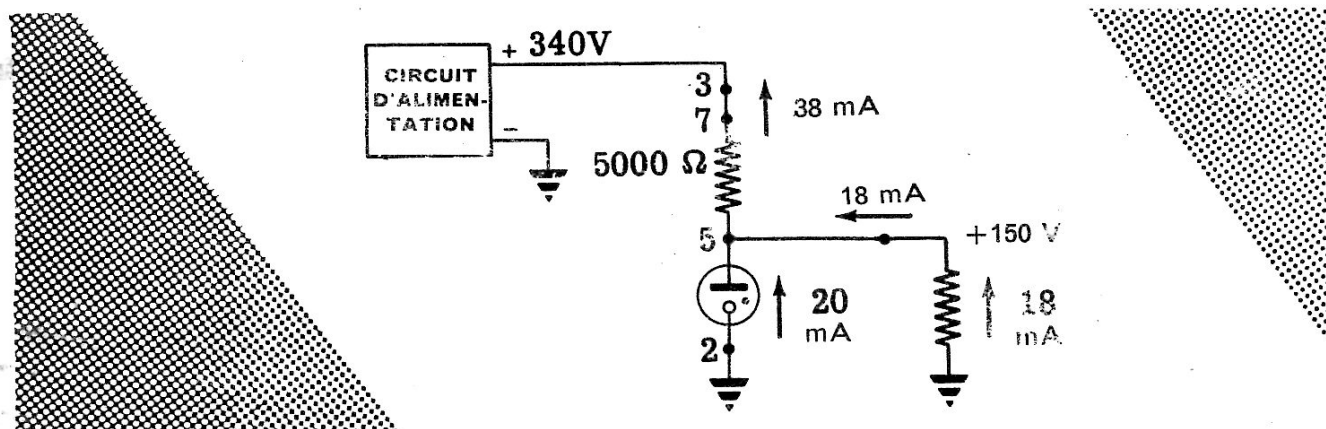
|                   |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Courant débité    | 42 mA | 44 mA | 46 mA | 48 mA |
| Tension de sortie | 130 V | 120 V | 110 V | 100 V |

Vous voyez donc que, tant que le tube régulateur de tension conduit son courant nominal, la tension reste constante. La tension reste sensiblement à 150 volts malgré des variations du courant débité de 0 à 33 mA. Dès que le courant dans le tube régulateur tombe au-dessous du courant minimum, le tube cesse de fonctionner et la valeur de la tension de sortie est uniquement déterminée par la loi d'Ohm. D'autre part, dès que la loi d'Ohm régit la tension de sortie, une variation du courant, débité de seulement 2 mA, provoque une variation de la tension de sortie de 10 V.

## RÉGULATION DE TENSION EN CAS DE VARIATION DE LA TENSION D'ALIMENTATION



Un autre aspect des circuits régulateurs de tension n'a pas été pris en considération jusqu'ici, c'est la question de savoir comment le circuit régulateur arrive à maintenir la tension de sortie à une valeur constante, lorsque la tension d'alimentation varie. La tension d'alimentation +B s'accroît lorsque la tension du réseau s'accroît, et elle décroît lorsque la tension du réseau décroît. En outre, il existe normalement d'autres circuits qui sont également branchés sur la tension de sortie +B du circuit d'alimentation. Lorsque ces autres circuits tirent moins de courant de la prise +B la tension augmente. De la même manière, lorsque ces circuits tirent plus de courant de la prise +B, la tension diminue. Le circuit régulateur de tension doit fournir une tension de sortie constante à l'anode du tube régulateur, malgré ces changements de la tension +B.



Dans des conditions de fonctionnement comme celles illustrées ci-dessus, 38 mA passent par la résistance chutrice, 20 mA par le tube régulateur et 18 mA par la charge. Si la tension +B montait jusqu'à 360 volts, le tube régulateur devrait ré-adapter sa résistance de sorte que sa tension anodique reste de 150 volts. Voyons si le tube régulateur est capable de faire cette adaptation.

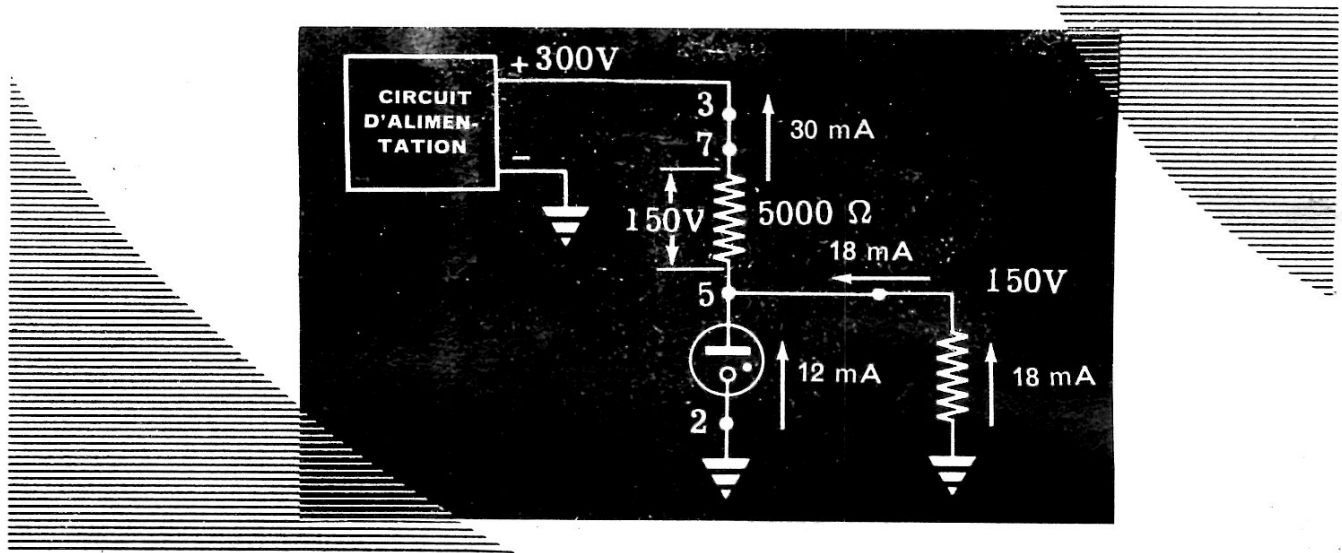
Dans ces conditions, le maximum de la résistance chutrice serait à + 360 volts et le minimum à 150 volts. Cela signifie qu'il y a, entre les bornes de la résistance, une tension de 210 volts, et on peut alors déterminer le courant dans cette résistance à l'aide de la loi d'Ohm :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{210}{5\,000} = 0,042 \text{ A} = 42 \text{ mA.}$$

Puisque, à 150 volts, la charge tire 18 mA, le reste du courant, c'est-à-dire  $42 \text{ mA} - 18 \text{ mA} = 24 \text{ mA}$ , doit passer par le tube régulateur. Le tube régulateur remplit sa fonction tant que le courant qui le traverse, se maintient entre 5 et 40 mA. Le tube réussit alors à adapter sa résistance aux variations de la tension +B et à maintenir sa tension anodique à 150 volts.

Pour que le circuit n'arrive plus à remplir sa fonction, il faudrait que la tension +B monte à plus de 440 volts. En ce point, la tension entre les bornes de la résistance chutrice serait de 290 volts et le courant total dans cette même résistance atteindrait 58 mA. Le courant dans la charge serait de 18 mA et le courant dans le tube régulateur serait de 40 mA. Toute augmentation ultérieure de la tension +B provoquerait dans le tube régulateur un courant de plus de 40 mA, et le tube serait alors endommagé par le courant excessif.

Vous venez d'examiner ce qui se passe lorsque la tension **+B** fournie au circuit régulateur augmente. Supposez maintenant que vous vouliez savoir ce qui se passe, lorsque cette tension **+B** diminue.



Si la tension **+B** tombait à 300 volts, le tube régulateur devrait adapter sa résistance interne de sorte que la tension anodique reste de 150 volts. Voyons si le tube peut réaliser cette adaptation. La tension entre les bornes de la résistance chutrice est de  $300 - 150 = 150$  volts. Le courant dans la résistance chutrice est :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{150}{5\,000} = 0,030 \text{ A} = 30 \text{ mA}.$$

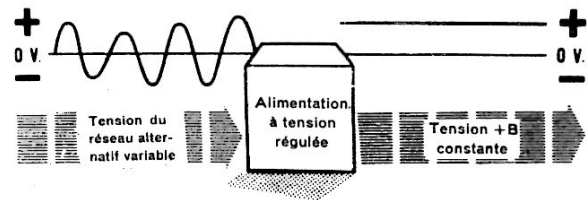
La charge tire alors 18 mA, et le reste du courant ( $30 \text{ mA} - 18 \text{ mA} = 12 \text{ mA}$ ) passe par le tube régulateur. Le tube remplit sa fonction tant que le courant se maintient entre 5 et 40 mA. Dans le cas présent, le tube arrive donc à adapter sa résistance à la baisse de la tension **+B** et à maintenir sa tension anodique à 150 volts.

Pour que le circuit n'arrive plus à remplir sa fonction, il faudrait que la tension **+B** tombe au-dessous de 265 volts. La tension entre les bornes de la résistance chutrice serait alors de 115 volts et le courant total dans cette résistance s'élèverait à 5 mA. Toute diminution ultérieure de la tension **+B** ferait tomber le courant dans le tube régulateur à moins de 5 mA, et le tube cesserait alors de fonctionner. La tension anodique serait régie exclusivement par la loi d'Ohm appliquée à la tension **+B** et à la valeur de la résistance chutrice.

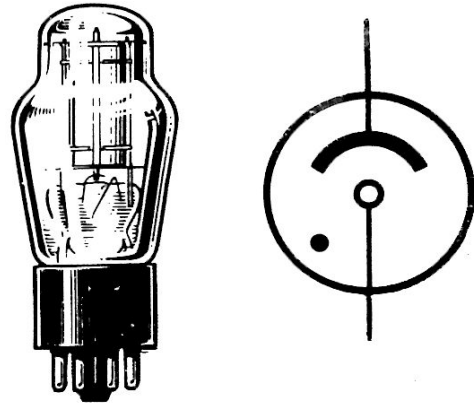
Vous connaissez maintenant les principes selon lesquels fonctionne le circuit régulateur. Vous avez vu que la tension anodique du tube restait sensiblement constante, tant que le courant nominal n'était pas déphasé. En utilisant un circuit régulateur de ce type, vous pouvez obtenir une tension de sortie constante malgré des variations relativement importantes de la tension d'alimentation et malgré des variations sensibles du courant fourni par la source régulée.

## RÉCAPITULATION. CIRCUITS RÉGULATEURS DE TENSION

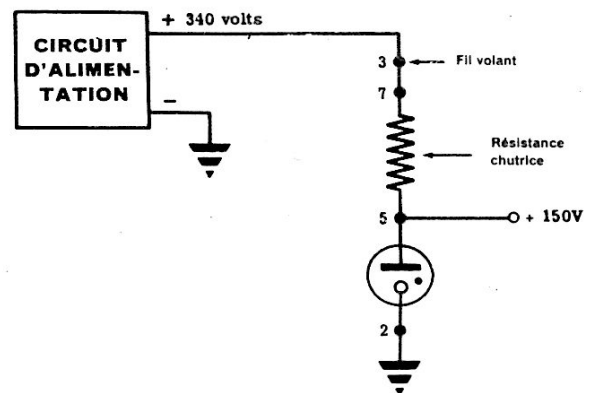
**RÉGULATION DE TENSION** — On désigne par le terme de régulation de tension le pouvoir d'un circuit d'alimentation de maintenir la tension de sortie à une valeur constante, malgré des variations de la tension du réseau et du courant débité. Certains circuits électroniques ne pourraient pas fonctionner correctement, si la tension qui leur est fournie variait de plus de quelques volts. L'alimentation de ces circuits exige un régulateur de tension qui maintienne une tension sensiblement constante malgré des variations de la tension du réseau et du courant débité.



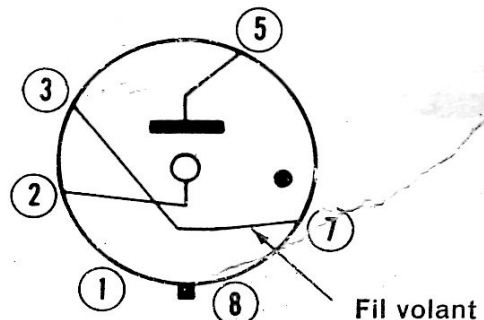
**TUBE RÉGULATEUR DE TENSION** — Le tube régulateur de tension contient une plaque et une cathode, mais pas de filament. La plaque et la cathode sont placées dans une ampoule qui contient un gaz sous faible pression. Lorsque la tension appliquée au tube est suffisamment grande, celui-ci devient conducteur de courant. Tant que le courant dans le tube se maintient dans les limites des valeurs nominales indiquées par le fabricant, la tension anodique reste sensiblement constante.



**CIRCUIT RÉGULATEUR DE TENSION** — Le circuit régulateur de tension le plus simple (et le plus utilisé) se compose d'une résistance chutrice et d'un tube régulateur montés en série et placés entre la borne de sortie du circuit d'alimentation et la masse. Le courant d'utilisation et le courant du tube régulateur passent tous deux par la résistance chutrice, et le courant dans le tube change en même temps que le courant d'utilisation, de sorte que le courant dans la résistance chutrice reste constant.



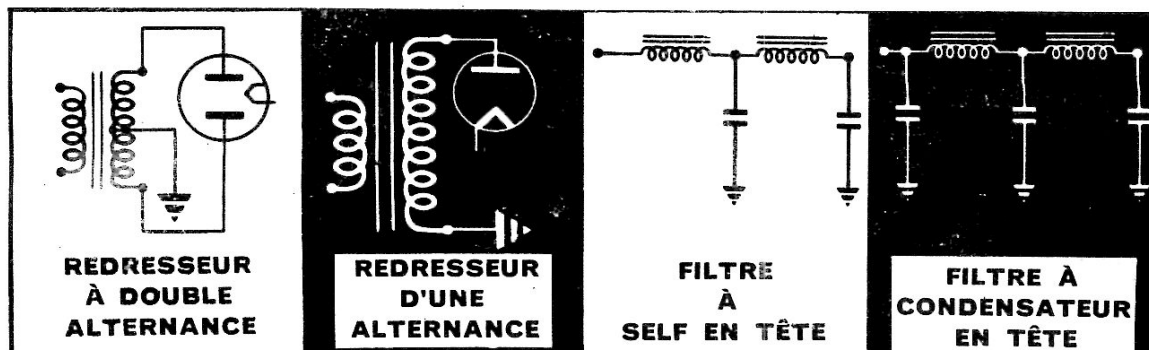
**CONNEXION VOLANTE DU TUBE RÉGULATEUR** — La fonction du fil volant du tube régulateur consiste à empêcher une tension non régulée d'arriver à un circuit électronique spécial, lorsque le tube régulateur est déconnecté. Sans le fil volant, la tension non régulée arriverait au circuit, y provoquerait un fonctionnement incorrect et entraînerait peut-être un dommage. En déconnectant le tube régulateur, on déconnecte aussi le fil volant, ce qui laisse le circuit spécial sans tension.



# AUTRES TYPES DE CIRCUITS D'ALIMENTATION

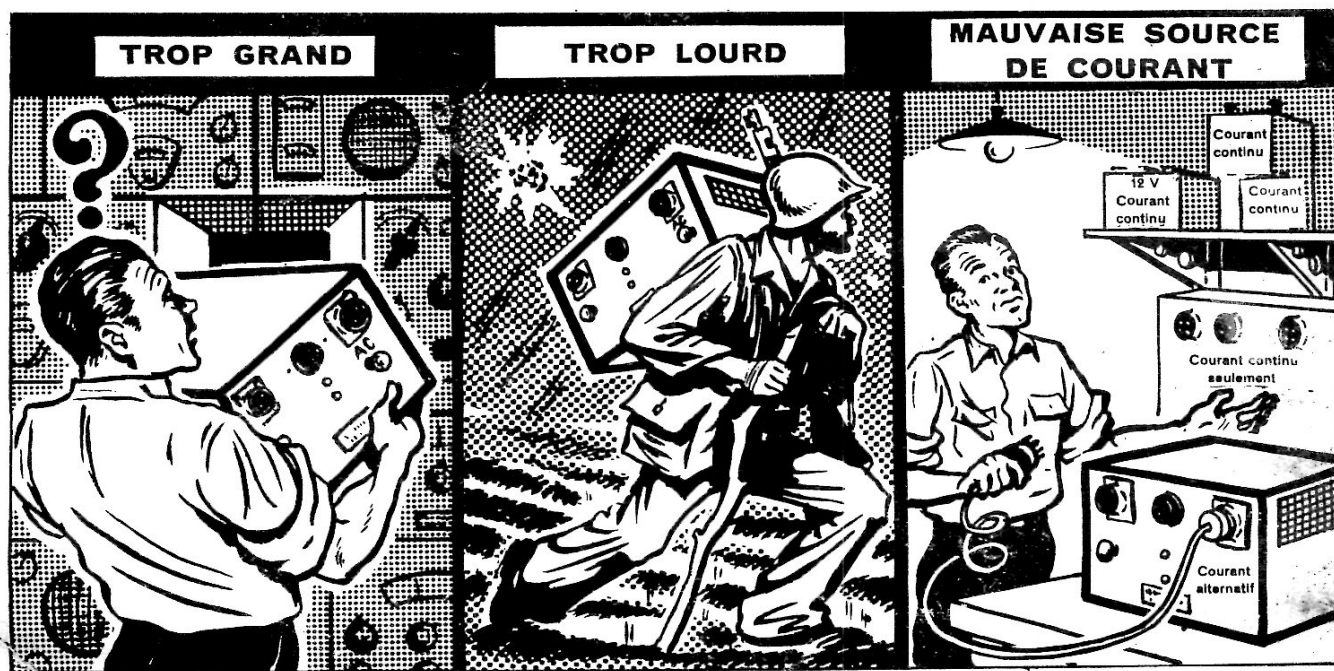
## POURQUOI ON A BESOIN D'AUTRES TYPES D'ALIMENTATION

La presque totalité des circuits d'alimentation que vous trouverez dans les divers appareils électroniques se composent d'un redresseur à une alternance ou à double alternance avec un filtre à self en tête ou à condensateur en tête.



Cependant, il existe quelques autres types de circuits d'alimentation qui sont parfois utilisés dans des types spéciaux de circuits électroniques, surtout dans des équipements qui comportent des limitations de taille ou de poids, ou encore des limitations quant au type de tension qu'on peut obtenir de la source d'alimentation — si on dispose d'une source d'alimentation.

Les limitations de taille ou de poids peuvent rendre impossible l'utilisation, dans le circuit d'alimentation, de transformateurs ou de selfs. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'éliminer le redresseur volumineux. Il existe aussi des cas, où l'on ne dispose pas d'une tension alternative et où l'on est obligé de se servir d'une source de tension continue de 110 volts. Il se peut même qu'il n'y ait pas de tension continue de 110 volts et que l'on soit amené à utiliser une tension continue plus basse ou des batteries à tension basse.



Le but de ce chapitre sur les circuits d'alimentation est de montrer comment on peut, malgré ces différentes restrictions, fournir aux tubes à vide une haute tension continue. Bien que ces circuits d'alimentation ne soient pas courants, vous devez savoir comment ils fonctionnent, car vous en rencontrerez sûrement quelques-uns dans un avenir proche. Étudiez-les dès maintenant, et vous vous éviterez pour plus tard des problèmes inutiles.



## TYPES GÉNÉRAUX

Les types spéciaux de circuits d'alimentation que vous allez étudier dans le reste de ce chapitre sont divisés en deux groupes principaux :

### 1. Circuits d'alimentation utilisés dans les appareils avec limitation de taille et de poids.

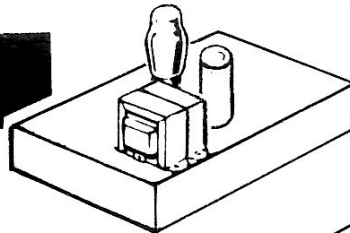
Ce groupe comprend :

- a. Circuits sans transformateur
- b. Circuits sans transformateur et sans self.

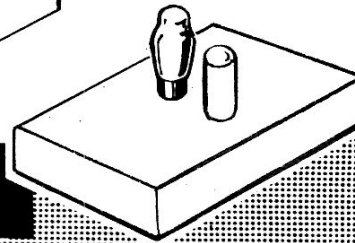
#### LIMITATIONS DE TAILLE

#### ET DE POIDS

Alimentation  
sans transformateur



Alimentation sans transformateur  
et sans self

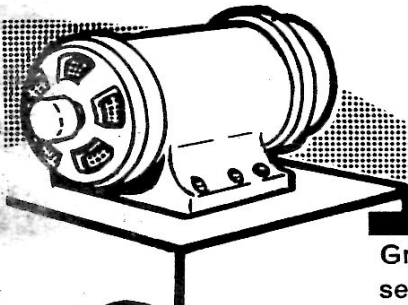


### 2. Circuits d'alimentation destinés à l'emploi avec des appareils qui ne peuvent disposer que d'une tension continue, fournie soit par une source de tension continue, soit par des batteries.

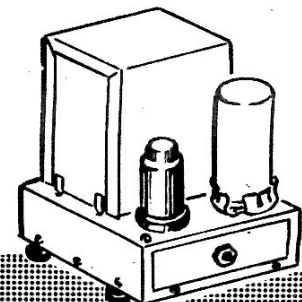
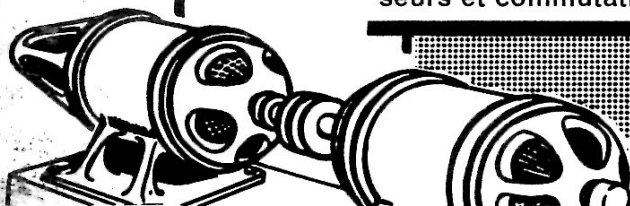
- a. Alimentation par vibreur.
- b. Groupes convertisseurs, convertisseurs et commutatrices.

#### .... SEULE UNE TENSION CONTINUE

#### EST DISPONIBLE



Groupes convertisseurs, convertisseurs  
et commutatrices



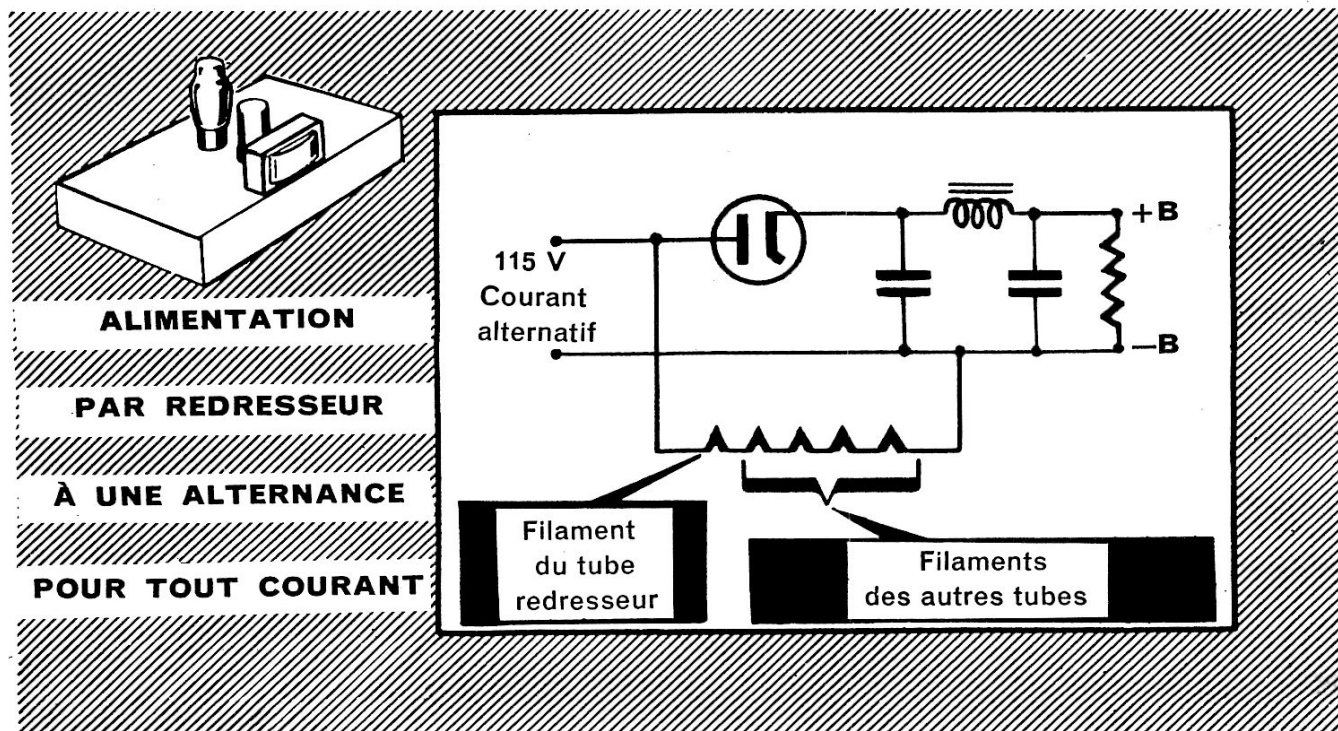
Alimentation par vibreur



## ALIMENTATION SANS TRANSFORMATEUR

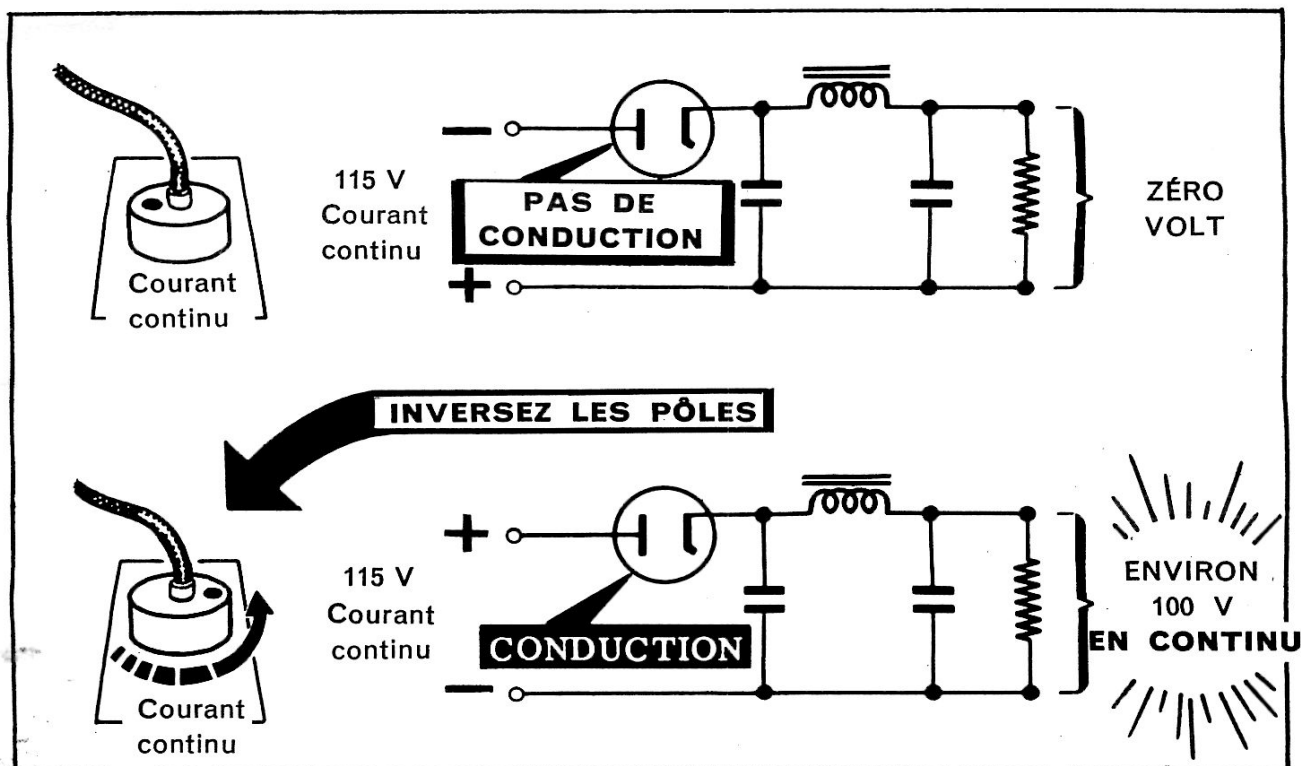
Les circuits d'alimentation sans transformateur sont parfois utilisés dans des appareils électroniques pour économiser le poids et l'espace qu'occuperait un transformateur. Dans les postes de radio, on se sert très souvent de l'alimentation sans transformateur, à la fois pour économiser les frais inhérents d'un transformateur, et pour gagner de l'espace et du poids. La presque totalité des postes de radio portatifs fonctionnent avec une alimentation sans transformateur, de même qu'un grand nombre de postes sur secteur. Il existe trois types courants d'alimentation sans transformateur, par redresseur à une alternance pour tout courant, par doubleur de tension, et par redresseur sec.

**Alimentation par redresseur à une alternance pour tout courant :** L'alimentation par redresseur à une alternance pour tout courant n'est utilisable que dans les circuits dont les tubes fonctionnent à des tensions d'environ  $+B = 100$  V et comportent des filaments à haute tension. Ce type de circuit d'alimentation fournit environ 100 volts et fonctionne aussi bien sur courant alternatif que sur courant continu. Le circuit lui-même est simplement un circuit redresseur à une alternance auquel est normalement lié un filtre à condensateur en tête. Vous connaissez déjà le fonctionnement de ces deux circuits.



Remarquez que les filaments du redresseur et des autres tubes utilisés dans le circuit sont tous montés en série et branchés sur le réseau. Tant que les caractéristiques d'intensité de chauffage sont les mêmes pour tous les tubes, et que la somme de toutes les tensions de chauffage est à peu près égale à la tension du réseau, le circuit fonctionne correctement. Un poste de radio portatif typique à 5 tubes utiliserait un tube redresseur du type 35Z5, un premier détecteur du type 12SA7, un amplificateur MF du type 12SK7, un second détecteur du type 12SQ7 et un amplificateur basse fréquence du type 50L6. La somme des tensions de chauffage nécessaires à ces tubes est égale à 121 volts ( $35 + 12 + 12 + 50$ ), ce qui est suffisamment proche de la tension du réseau.

Un trait caractéristique de ce circuit d'alimentation est qu'il fonctionne aussi bien avec une tension continue qu'avec une tension alternative. Si le circuit comprenait un transformateur, celui-ci grillerait (ou le fusible protecteur grillerait) dans le cas où le circuit serait branché sur une source de courant continu. Mais le circuit d'alimentation par redresseur à une alternance pour tout courant ne comprend pas de transformateur. Lorsque la plaque du tube redresseur est branchée sur la borne positive d'une source de courant continu et que la cathode est branchée, à travers la charge, sur la borne négative de la source de courant continu, le circuit fournit une tension  $+B$ . L'anode du redresseur est toujours positive par rapport à la cathode, et la plaque attire un flux d'électrons constant, ce qui fait qu'à la cathode il apparaît une tension  $+B$  qui comporte très peu d'ondulation.

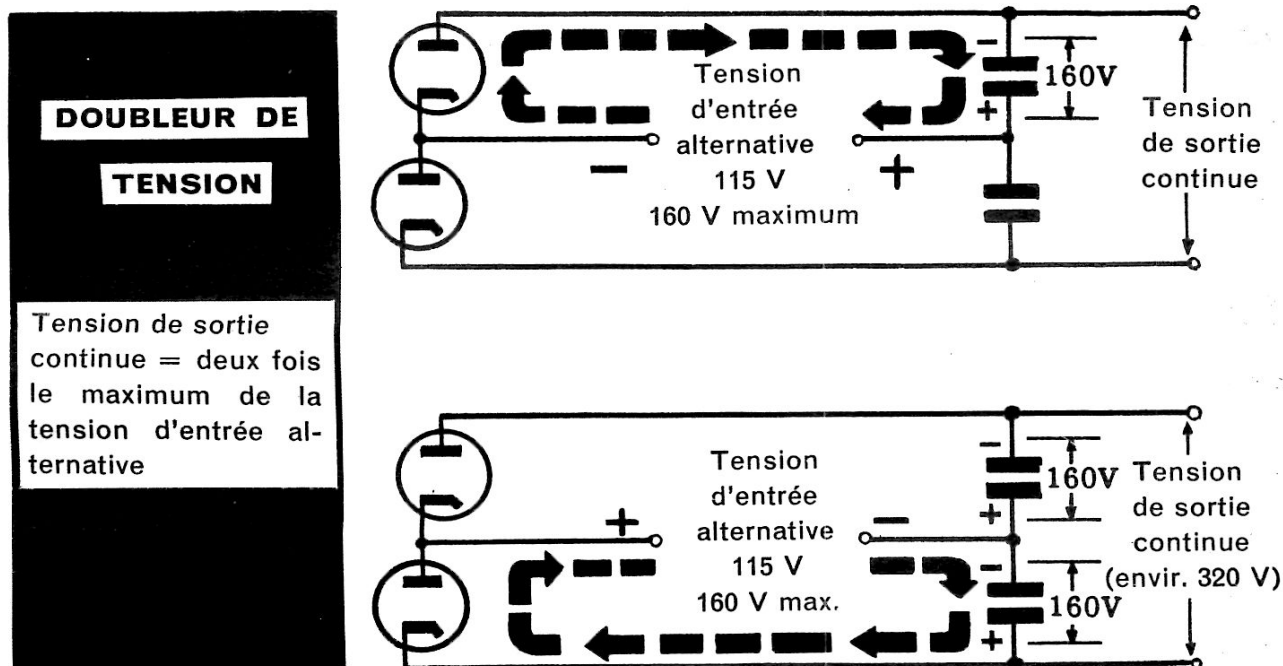


Remarquez que, pour que ce circuit puisse fonctionner en courant continu, la plaque doit toujours être branchée sur la borne positive de la source de courant, et la cathode doit toujours être branchée, par la charge, sur la borne négative de la source de courant. Si, par mégarde, ces connexions sont inversées (par exemple parce qu'on se sert d'une prise de courant non polarisée), la plaque du redresseur devient négative et n'attire plus d'électrons de la cathode. Le circuit ne peut alors pas fonctionner. Chaque fois qu'un circuit de ce type, soumis à une tension continue, ne fonctionne pas, l'un de vos premiers gestes doit être de vérifier les connexions et d'inverser les connexions du redresseur avec la source de courant. L'utilisation d'une source de courant et d'une prise polarisées évite cette difficulté.

En cas d'utilisation d'une source de courant alternatif, ce circuit fonctionne sans qu'on ait à se soucier des connexions. Cependant, un pôle de la source de courant alternatif est normalement mis à la masse, tandis que l'autre est « chaud ». Si le redresseur est branché de sorte que la cathode soit connectée au pôle « chaud » de la source de courant, le bourdonnement caractéristique du courant alternatif est plus fort dans le circuit branché sur l'alimentation. Chaque fois que vous entendez un bourdonnement excessif dans des appareils utilisant une alimentation de ce type, essayez d'inverser les connexions de la source de courant. L'utilisation d'une source de courant et d'une prise polarisées évite cette difficulté.

## ALIMENTATION PAR DOUBLEUR DE TENSION

Le doubleur de tension est un autre type d'alimentation sans transformateur qui est parfois utilisé dans les appareils électroniques. L'alimentation par redresseur à une alternance pour tout courant présente l'inconvénient de ne fournir que  $+B = 100\text{ V}$  environ, ce qui restreint fortement le nombre de circuits qui peuvent utiliser ce type d'alimentation. Les doubleurs de tension résolvent ce problème en fournissant approximativement 300 volts, lorsqu'ils sont branchés sur une source de tension alternative de 115 à 127 volts.



Le principe de fonctionnement du circuit doubleur de tension est très simple, comme vous le voyez par le schéma ci-dessus. Ce circuit utilise un redresseur à deux anodes et deux cathodes, ce qui représente deux circuits redresseurs à une alternance. Les deux circuits redresseurs sont branchés sur la même source de courant alternatif. Lorsque la borne d'entrée droite de la source alternative est positive, le redresseur supérieur du diagramme est conducteur et le condensateur supérieur se charge jusqu'à atteindre la valeur maximum de la tension de la source. Lorsque la borne d'entrée gauche est positive, le redresseur inférieur du diagramme est conducteur pour le courant électronique et le condensateur inférieur se charge jusqu'à atteindre la valeur maximum de la tension de la source. Les deux condensateurs sont alors chargés et montés en série par rapport aux bornes de sortie du courant continu. On dispose maintenant de la somme de ces deux tensions maxima sous la forme d'une tension de sortie continue, dont la valeur est deux fois plus grande que la valeur maximum de la tension d'entrée alternative.

Dans les circuits de ce type, les filaments chauffants des tubes redresseurs et des autres tubes du circuit sont tous montés en série, exactement comme dans le cas du redresseur à une alternance pour tout courant. Le doubleur de tension ne fonctionne que lorsqu'il est branché sur une source de courant alternatif, puisque l'effet doubleur résulte de l'inversion de la tension de la source. Le circuit doubleur de tension comprend parfois un transformateur qui est placé entre la source de courant et les bornes d'entrée du courant alternatif du circuit doubleur. Le transformateur sert, soit à isoler le circuit de la masse de la source de courant alternatif, soit à fournir au circuit une tension alternative plus élevée, de façon à obtenir une tension de sortie continue plus élevée.

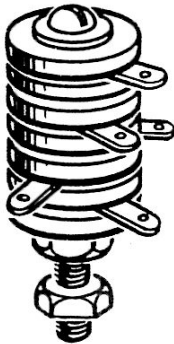
## ALIMENTATION PAR REDRESSEUR SEC

Vous avez appris comment fonctionnait un circuit redresseur sec. Les redresseurs secs permettent d'éliminer le transformateur d'un circuit d'alimentation électronique. Ils ont l'avantage d'être solides, durables, petits et capables de fournir un courant de sortie élevé. On peut facilement les insérer dans des circuits redresseurs à une alternance, des circuits redresseurs à double alternance ou des circuits doubleurs de tension. Selon les besoins, ils peuvent être utilisés de façon à fournir des tensions de sortie positive ou négative.

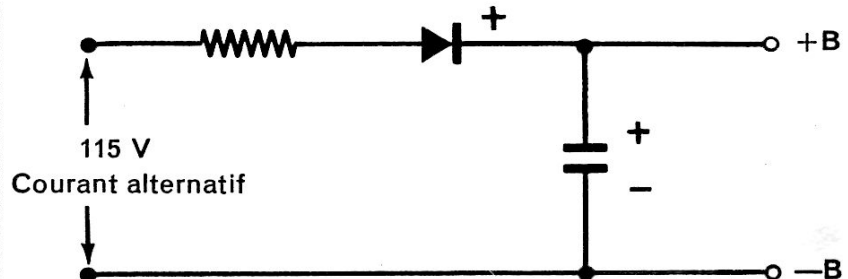
Les redresseurs secs sont aussi parfois utilisés dans des équipements de radar, de radar ultrasonique et de télécommunications. En outre, ils servent de redresseurs dans les voltmètres pour tensions alternatives. Ci-dessous sont représentés quelques circuits usuels qui comprennent des redresseurs secs. Puisque vous connaissez déjà, et les redresseurs secs et les circuits, vous devriez comprendre leur fonctionnement sans autre explication.

Lorsqu'on commence à appliquer une tension à ces circuits, il en résulte un courant important que va charger le condensateur d'entrée. Vous remarquerez qu'une résistance ( $R$ ) est montée en série avec chaque élément redresseur à une alternance. Cette résistance a été insérée pour servir de limiteur de courant au redresseur.

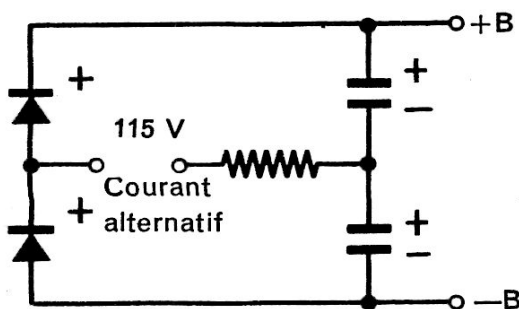
REDRESSEUR  
EN PONT



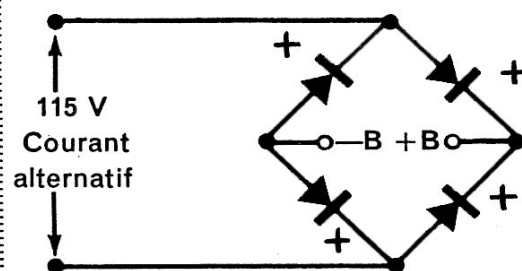
REDRESSEUR SEC À UNE ALTERNANCE



DOUBLEUR DE TENSION

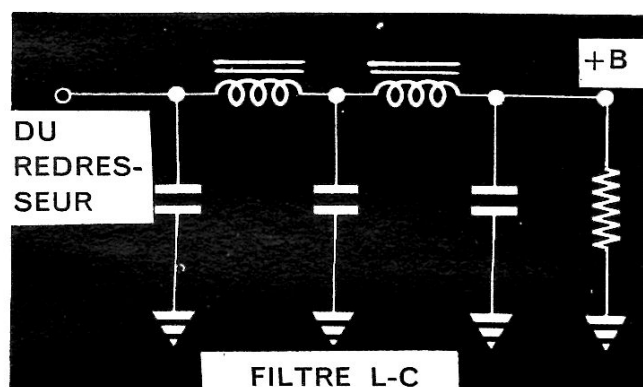


REDRESSEUR EN PONT

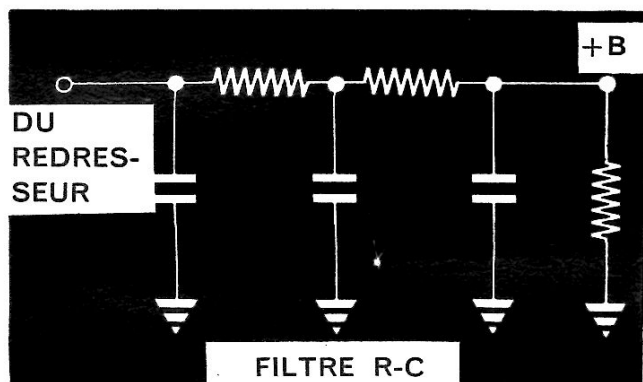
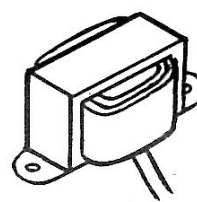
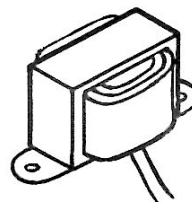


## ALIMENTATION SANS TRANSFORMATEUR ET SANS SELF

En éliminant à la fois le transformateur et la self, on obtient un circuit d'alimentation moins lourd, moins volumineux et moins coûteux. La self peut être remplacée par une résistance. Il en résulte un filtre résistance-capacité (RC) comme celui que vous voyez dans le schéma. Les filtres résistance-capacité sont économiques et fonctionnent très bien, tant que le courant d'utilisation tiré du circuit filtre reste faible. Les filtres résistance-capacité sont couramment utilisés dans des oscilloscopes, des voltmètres à tube à vide et d'autres appareils qui se contentent d'un courant  $+B$  très faible.



ÉLÉMENTS UTILISÉS



L'avantage du filtre RC consiste en l'économie de poids, d'espace et de frais, qu'il permet de réaliser. D'autre part, il présente l'inconvénient que le filtrage n'est efficace que lorsque le courant  $+B$  consommé est faible. Vous vous souvenez qu'une self oppose à l'ondulation sortant du redresseur une impédance élevée, tandis que le condensateur présente une impédance faible. Il en résulte que la plus grande partie de l'ondulation apparaît dans la self et seulement une partie faible dans le condensateur et la charge. La tension continue, par contre, n'est limitée par aucune autre impédance que par la résistance de l'enroulement de la self, qui est très faible.

Le filtre RC présente la même résistance à la tension ondulée alternative qu'au courant continu. Il en résulte une chute de tension continue provoquée par le courant continu dans la résistance de filtrage. Si l'on diminue la valeur de la résistance, pour limiter la chute de tension continue, la tension ondulée traverse le filtre. D'autre part, si l'on augmente la valeur de la résistance pour arrêter l'ondulation, la chute de tension continue devient trop importante. Le seul moyen pour obtenir le fonctionnement efficace de ce genre de filtre, consiste à utiliser une très grande résistance pour ne tirer de  $+B$  qu'un courant très faible. Si le courant dans cette résistance, dont la valeur est élevée, reste faible, cela signifie que la chute de tension dans cette résistance reste également faible et que le filtre va fonctionner correctement.

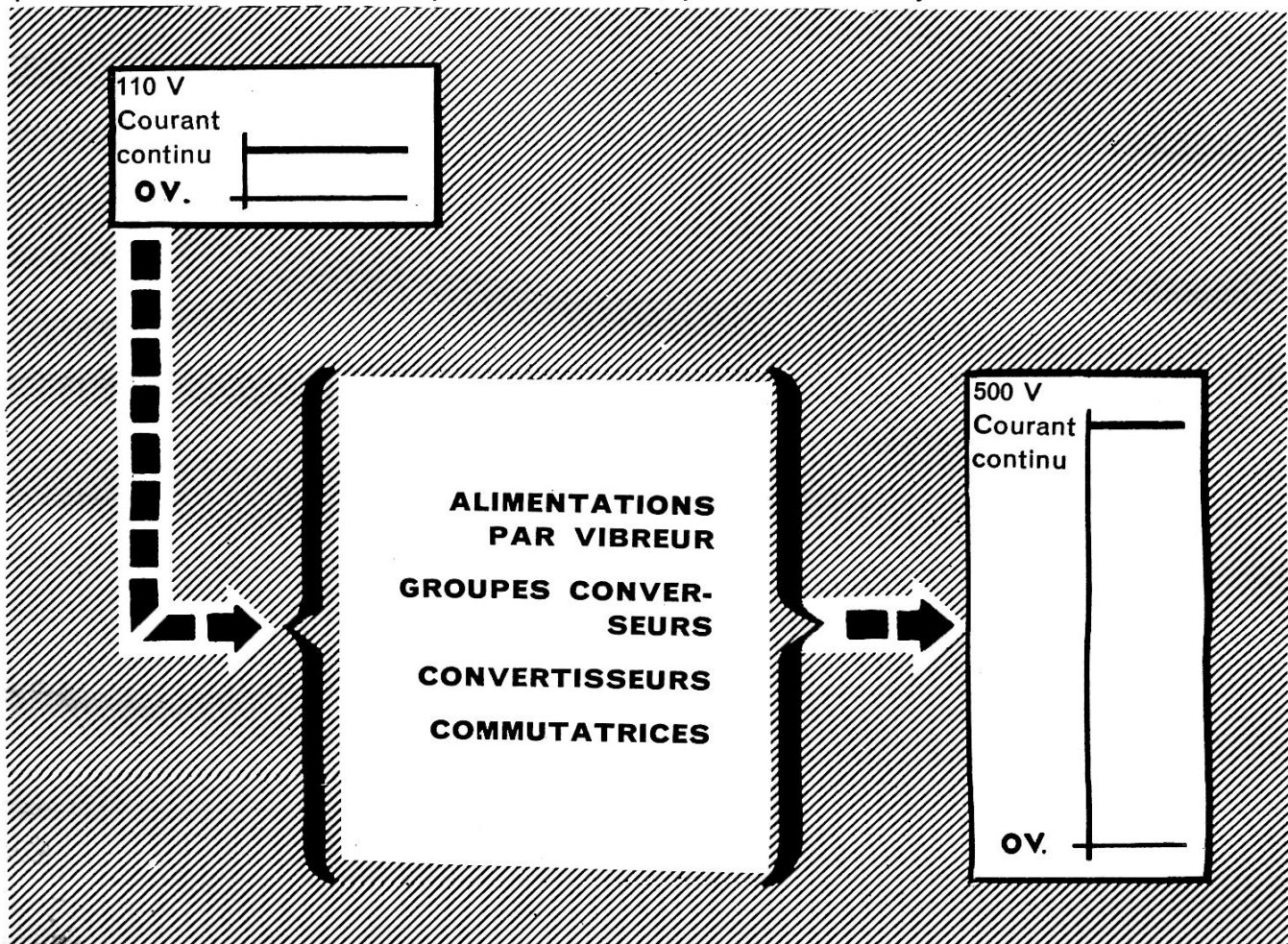


## CIRCUITS D'ALIMENTATION POUR SOURCES DE TENSION CONTINUE

Maintenant que vous savez déjà quelque chose au sujet des circuits d'alimentation spécialement destinés à économiser du poids et de l'espace (et dans les applications commerciales, de l'argent), vous êtes bien préparés pour étudier les circuits d'alimentation destinés à alimenter des appareils électroniques dans les cas où l'on ne dispose que d'une tension continue.

Pour obtenir le fonctionnement correct d'appareils électroniques, il faut fournir aux différents tubes à vide une tension continue assez élevée. Lorsqu'on dispose d'une source de courant alternatif, il est facile d'élever la tension alternative disponible par le moyen d'un transformateur, et de redresser la tension alternative élevée qu'on obtient, pour en faire une tension continue élevée. Vous avez vu que, lorsque les limitations d'espace et de poids étaient importantes, les circuits d'alimentation pouvaient se passer du transformateur. Ils fournissent alors une tension de sortie continue de  $+B = 100\text{ V}$  environ. Vous avez également vu que les circuits doubleurs de tension vous fournissent une tension  $+B$  deux fois plus élevée que la valeur maximum de la tension de la source alternative, et ceci sans utiliser un transformateur.

Maintenant, vous allez voir comment on peut fournir aux circuits électroniques une tension continue élevée, alors que la seule tension disponible est une tension continue de 110 volts, ou même une tension plus basse telle qu'elle est fournie par des batteries. La solution générale de ce problème consiste à transformer d'abord la tension continue en tension alternative dont la tension peut ensuite être élevée et redressée de sorte qu'on obtient une tension continue élevée. On peut effectuer ces différentes opérations par le moyen de vibreurs, de groupes convertisseurs, de convertisseurs et de commutatrices. Lorsqu'on dispose d'une tension continue de 110 volts environ et que l'on peut se contenter d'une tension de sortie  $+B$  de 100 volts environ, il est possible d'utiliser l'alimentation par redresseur à une alternance pour tout courant, que nous avons déjà décrite.





## VIBREURS

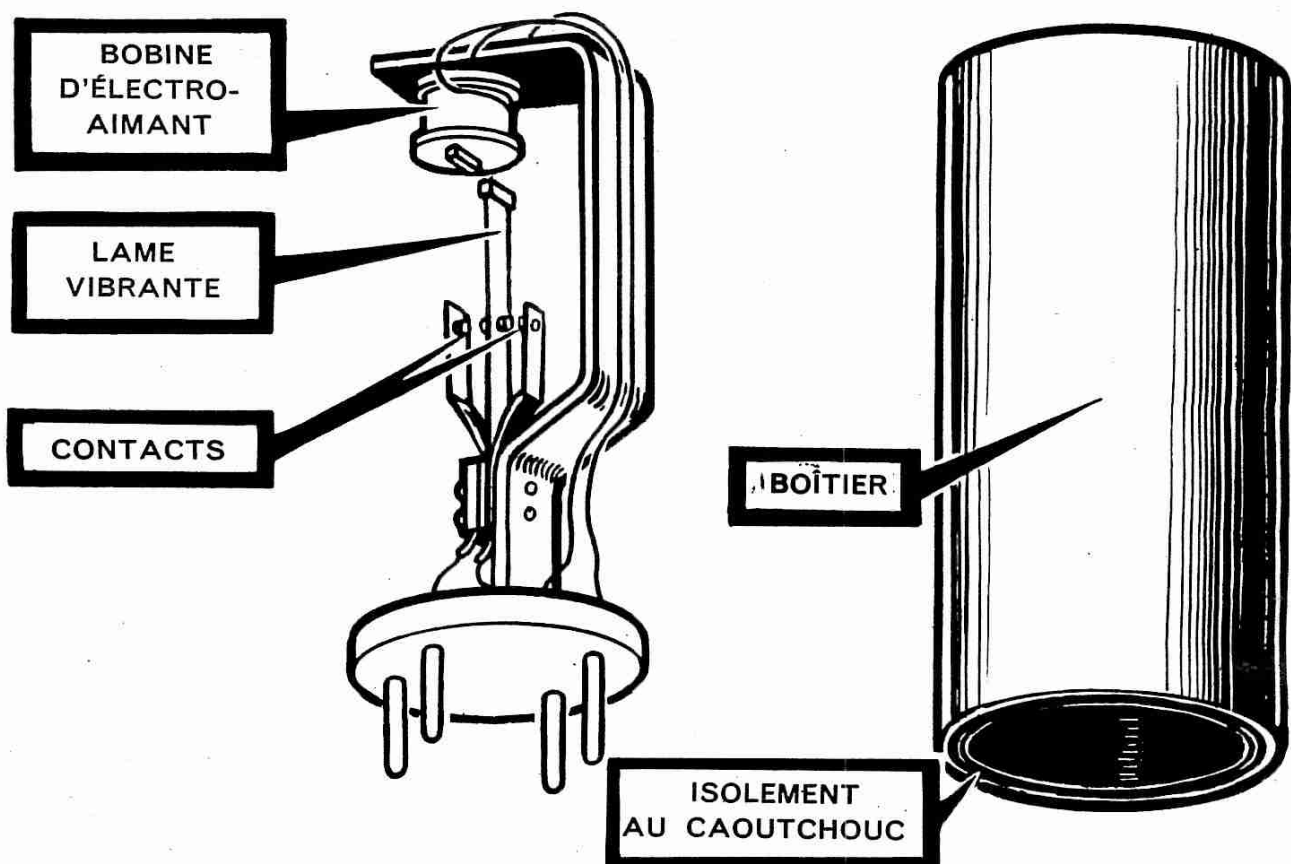
L'alimentation par vibreur transforme directement la basse tension continue obtenue à partir de batteries, ou à partir d'une source de tension continue, en une haute tension. Ceci se fait en trois opérations :

1. La basse tension est transformée en une tension alternative de valeur égale.
2. La basse tension est dirigée vers un transformateur qui la transforme en une haute tension alternative.
3. La haute tension alternative est redressée et filtrée, ce qui permet d'obtenir une haute tension continue.

Le vibreur sert à accomplir la première de ces trois opérations. La deuxième opération est effectuée à l'aide d'un transformateur, et la troisième, soit à l'aide du vibreur, soit avec des tubes redresseurs ou des circuits filtres qui vous sont déjà familiers.

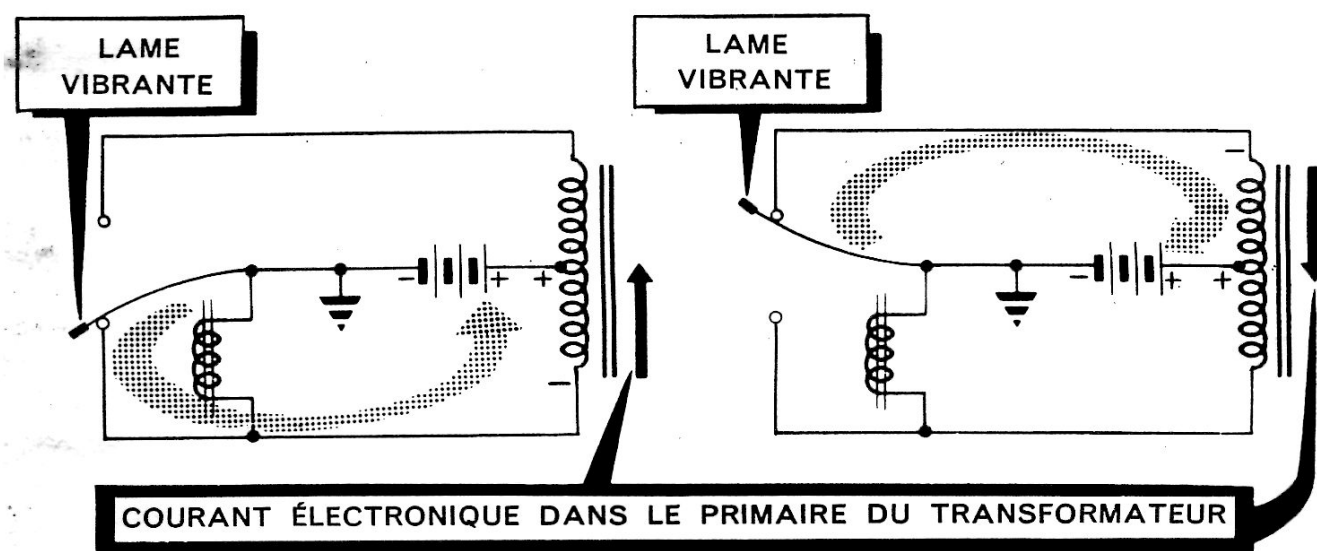
Ci-dessous, vous voyez comment est construit un vibreur simple. Une forte bande de métal sert de monture, à laquelle sont attachés un petit électro-aimant, une lame de métal élastique, et deux contacts électriques. A l'extrémité libre de la lame de métal élastique, à proximité de l'électro-aimant, se trouve un bout de fer doux. L'électro-aimant est monté de façon à être légèrement décalé par rapport à la lame vibrante et peut ainsi amener celle-ci à se déplacer, dès qu'un courant passe par la bobine de l'électro-aimant. Ce système de vibrerur est placé dans un boîtier métallique qui est très souvent entouré de caoutchouc souple ou d'une autre matière susceptible d'absorber les vibrations.

### CE QUI SE PASSE A L'INTÉRIEUR DU VIBREUR !



Le vibreur que vous avez vu sur la page précédente est branché sur le primaire d'un transformateur, comme vous le voyez dans le schéma ci-dessous. Pour l'instant, ne vous intéressez pas au circuit secondaire du transformateur, mais prenez tout simplement en considération ce qui se passe dans le circuit primaire. Avant l'insertion de la source de tension continue (ici représentée par une batterie) dans le circuit, la lame vibrante reste au repos entre les deux contacts. Au moment où le circuit est branché sur la batterie, il se produit ce qui suit :

1. Un courant continu faible part de la batterie, passe par l'électro-aimant et par la moitié inférieure du transformateur et retourne à la batterie.
2. L'électro-aimant développe un champ magnétique et attire la lame vibrante vers le contact inférieur.
3. La lame touche au contact inférieur, et un courant électronique continu plus fort part de la batterie et passe par la lame, par le contact inférieur, la partie inférieure du primaire du transformateur, pour retourner à la batterie.



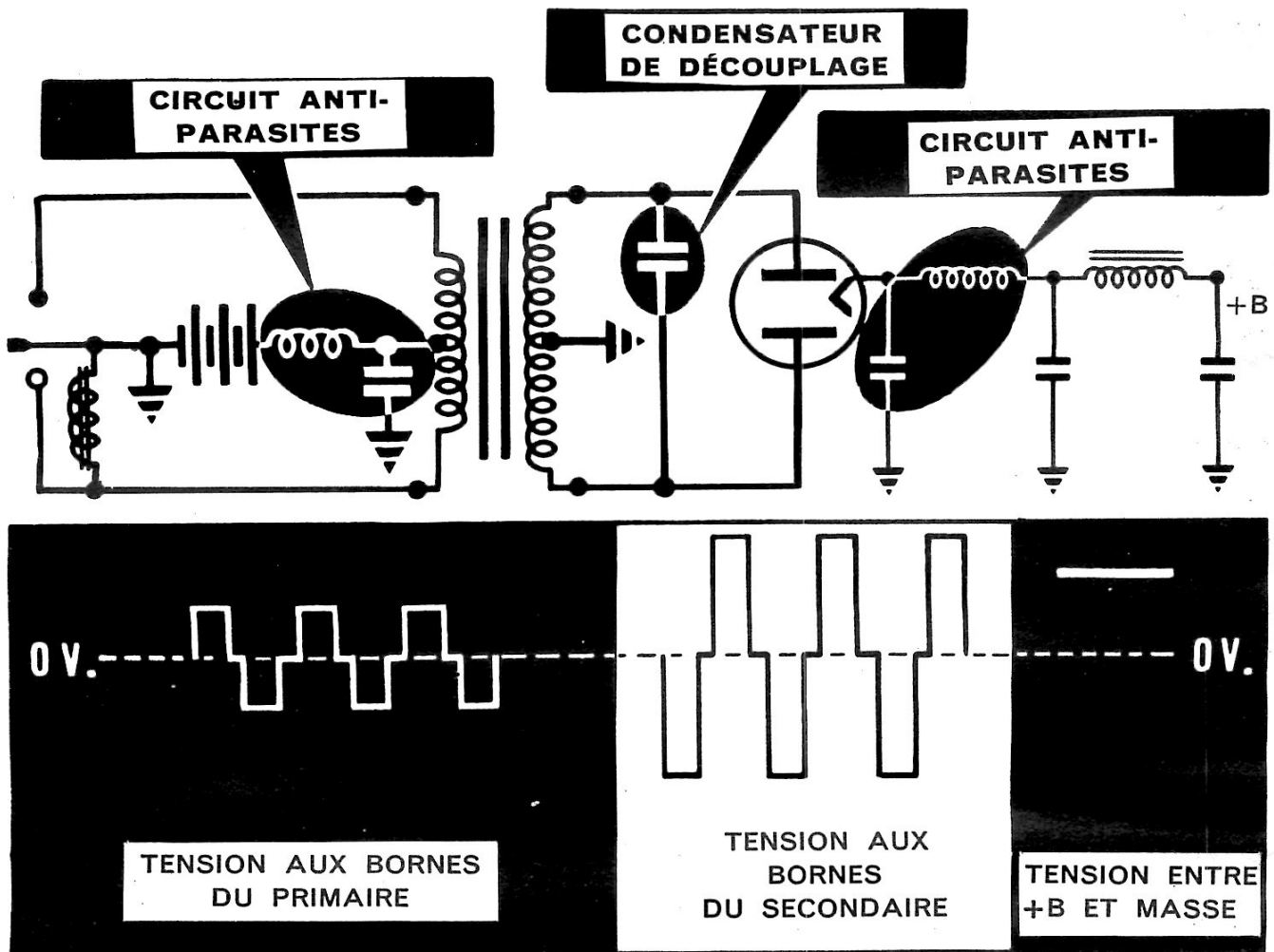
Lorsque la lame vibrante touche le contact inférieur, elle court-circuite la bobine de l'électro-aimant. Il en résulte la disparition du champ magnétique. Puisque l'électro-aimant ne peut plus maintenir la lame vibrante contre le contact inférieur, la lame effectue un mouvement qui lui fait dépasser sa position initiale et la met en contact avec le contact supérieur. Lorsque la lame touche le contact supérieur, il se produit ce qui suit :

4. Un fort courant électronique continu passe de la batterie par la lame, le contact supérieur et la moitié supérieure du primaire transformateur, et retourne à la batterie.
5. Puisque la lame ne court-circuite plus l'électro-aimant, celui-ci développe un champ magnétique et attire de nouveau la lame vers le contact inférieur.

Ce cycle se répète sans cesse. Il se produit ainsi une centaine de vibrations par seconde.

Le résultat est un courant alternatif dans le primaire du transformateur, qui se dirige alternativement dans un sens et dans le sens inverse. Cette inversion continuelle du courant induit une haute tension dans le secondaire du transformateur. Un tube redresseur à vide effectue le redressement de cette haute tension et la transforme en une haute tension continue. Le fait que la courbe de cette haute tension continue présente des crêtes carrées au lieu de présenter la forme habituelle de la sinusoïde n'a pas d'importance, car le circuit filtre la transforme en une tension  $+B$  lisse.

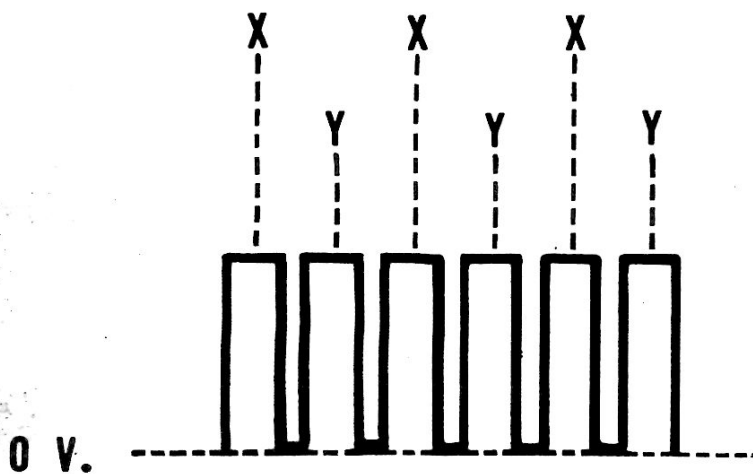
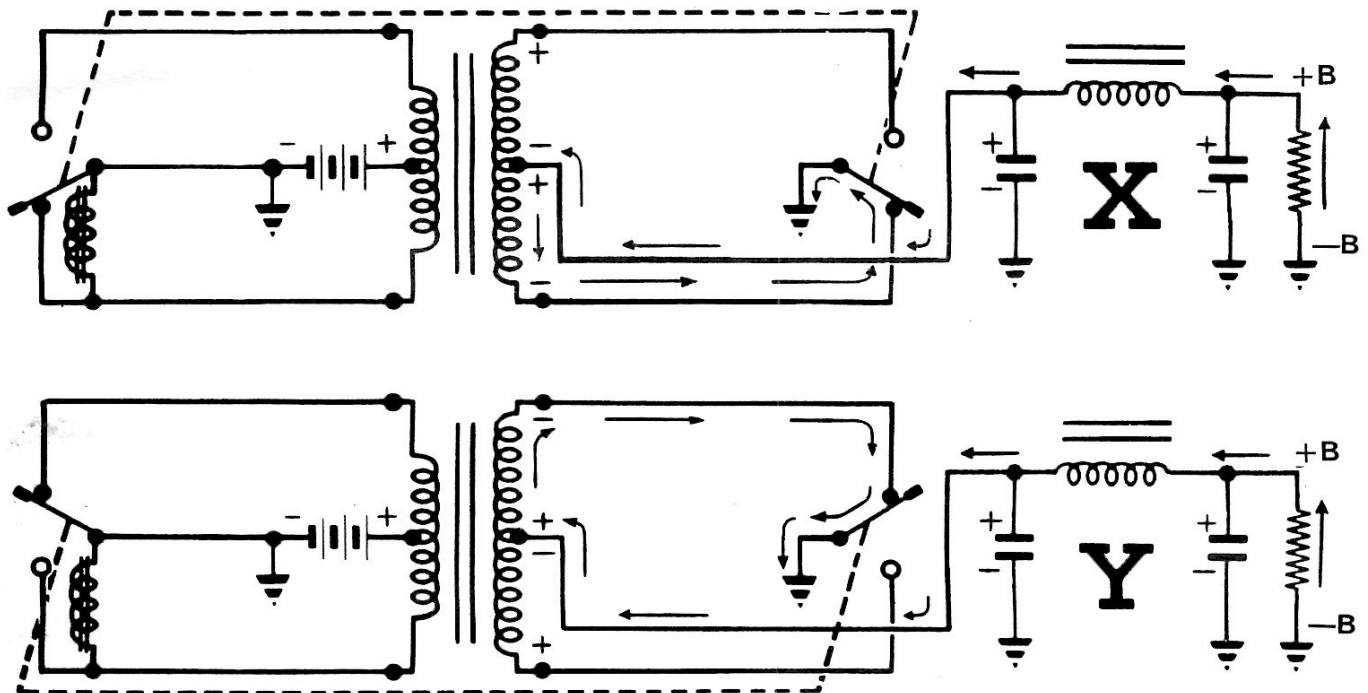
Le type de vibreur utilisé dans le circuit ci-dessous est connu sous le nom de « vibreur non synchronisé ».



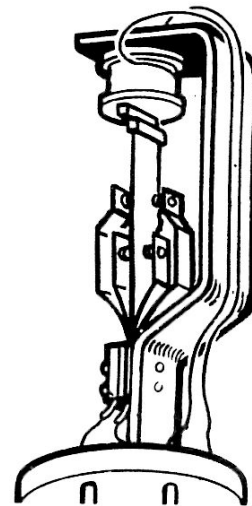
A cause des pointes de tension brutales qui surviennent en cas d'utilisation de l'alimentation par vibreur, on s'est trouvé face à certaines difficultés. L'une de ces difficultés provient de l'arc qui se produit aux contacts du vibreur et qui est dû à la tension excessivement élevée induite dans le secondaire au moment où la lame se sépare des contacts. Cet arc raccourcit la vie du vibreur. On peut cependant le réduire sensiblement en insérant un condensateur de découplage entre les bornes du secondaire, ce qui permet de court-circuiter des pointes de tension trop brutales. Ce condensateur a une valeur critique qui se situe normalement entre 0,0005 et 0,05 microfarads. Le condensateur de découplage réduit l'arc aux contacts du vibreur de sorte que les contacts s'usent moins vite. Cependant, l'arc restant, si petit soit-il, suffit toujours pour provoquer des parasites. Ces parasites sont éliminés par l'emploi de selfs de choc et de condensateurs, branchés sur la prise médiane du primaire et sur les bornes de sortie du redresseur.

Un autre type de circuit vibreur utilise directement la lame vibrante pour transformer la haute tension alternative du secondaire en une tension pulsée, sans passer par un redresseur séparé. Ce circuit est connu sous le nom de « vibreur synchronisé ». Le circuit du primaire du transformateur fonctionne exactement comme dans le cas du vibreur non synchronisé. Le secondaire du transformateur est connecté avec la lame vibrante par le moyen d'une paire de contacts supplémentaires comme vous le voyez dans le diagramme ci-dessous.

### LE VIBREUR SYNCHRONISÉ



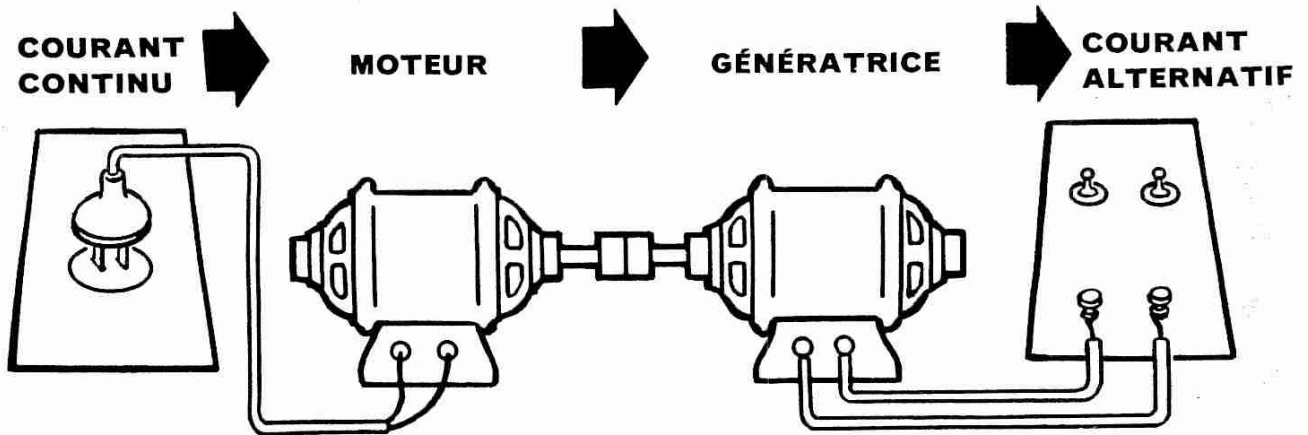
**TENSION DE SORTIE +B  
POUR LES CONDITIONS X ET Y**



Les deux lames vibrantes représentées dans le diagramme et connectées par un pointillé ne font en réalité qu'une seule lame, placée entre deux paires de contacts. L'action de la lame placée entre les contacts du secondaire produit les mêmes effets qu'un redresseur double alternance. Exactement comme le vibreur non synchronisé, le vibreur synchronisé utilise des selfs de choc et des condensateurs de découplage pour l'élimination des parasites et de l'arc.

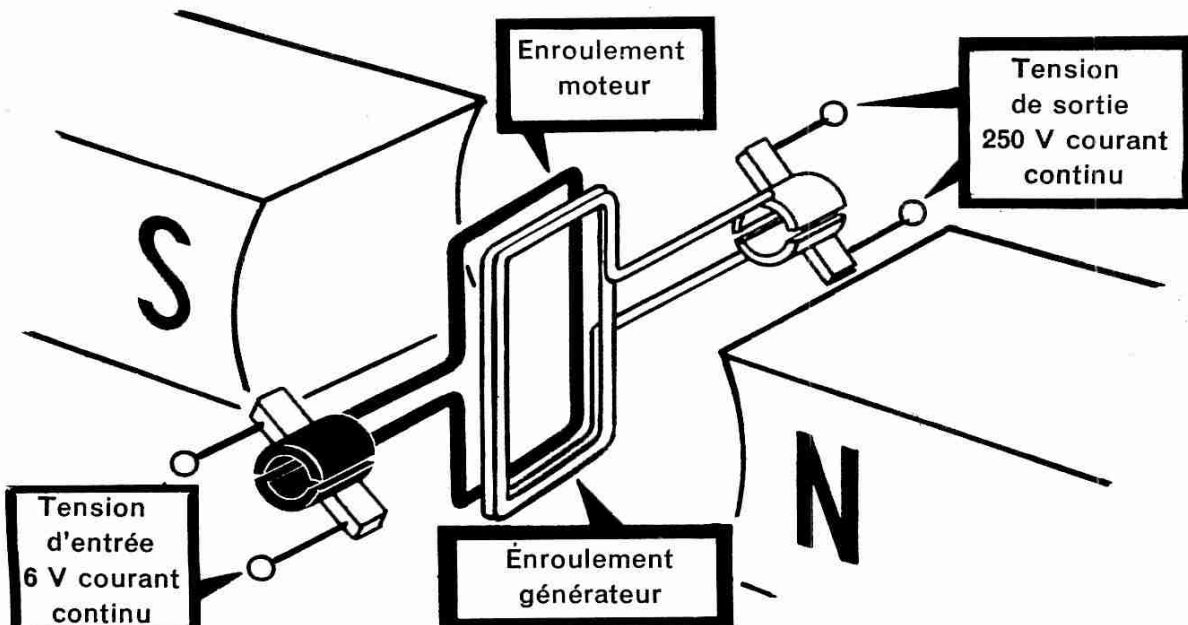
## GROUPES CONVERTISSEURS. CONVERTISSEURS ET COMMUTATRICES

Lorsque, seule, une source de tension continue est disponible, les appareils électroniques à courant alternatif utilisent parfois des groupes convertisseurs, des convertisseurs et des commutatrices. Un groupe convertisseur se compose d'un moteur et d'une génératrice qui sont physiquement liés entre eux. Dans l'exemple que nous nous proposons d'étudier, on se servirait d'un moteur à courant continu pour propulser une génératrice à courant alternatif, celle-ci étant destinée à fournir une tension à 50 cycles/s dont la valeur serait égale à la tension de la source. On pourrait alors faire fonctionner des appareils qui exigent une tension alternative de 50 cycles/s à la valeur de la tension de la source, par le moyen d'une source de tension continue qui ferait tourner le moteur. Ce type de groupe convertisseur pourrait être utilisé comme dispositif de secours pour des appareils qu'on alimenterait normalement par le moyen d'une source de tension alternative, mais qui pourraient en cas de besoin être alimentés à partir d'une batterie par l'intermédiaire du convertisseur.

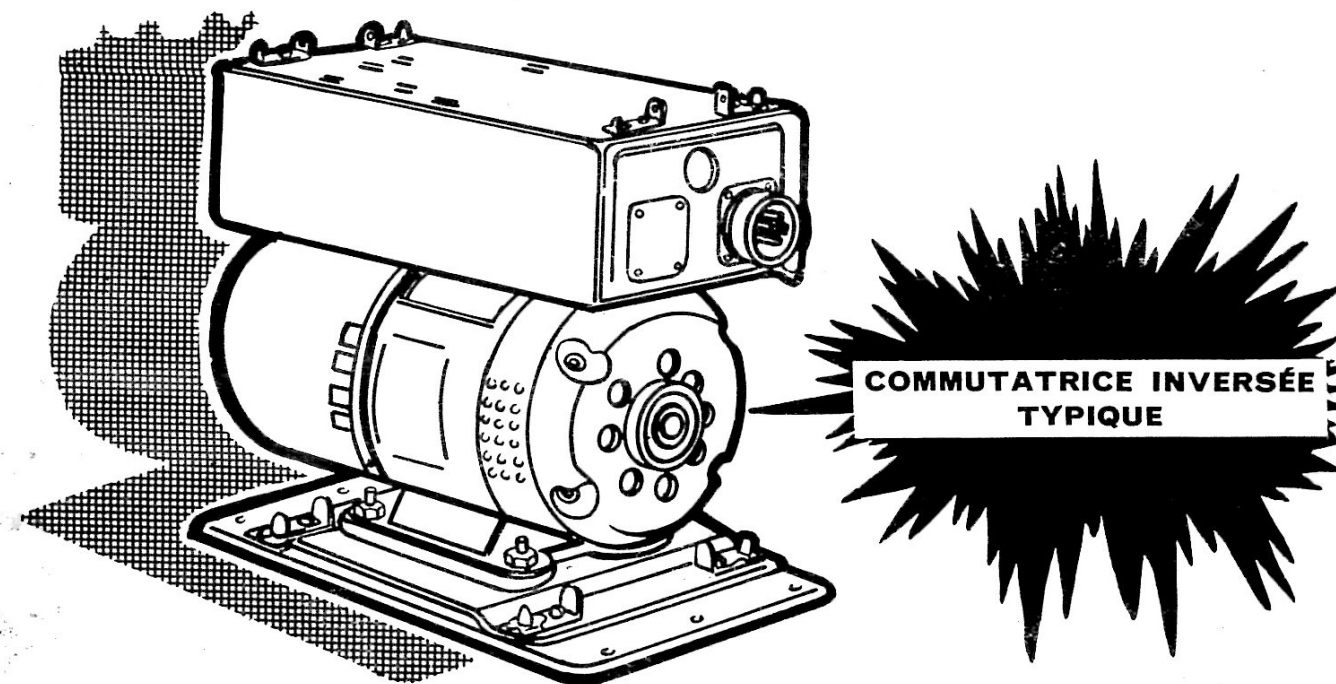
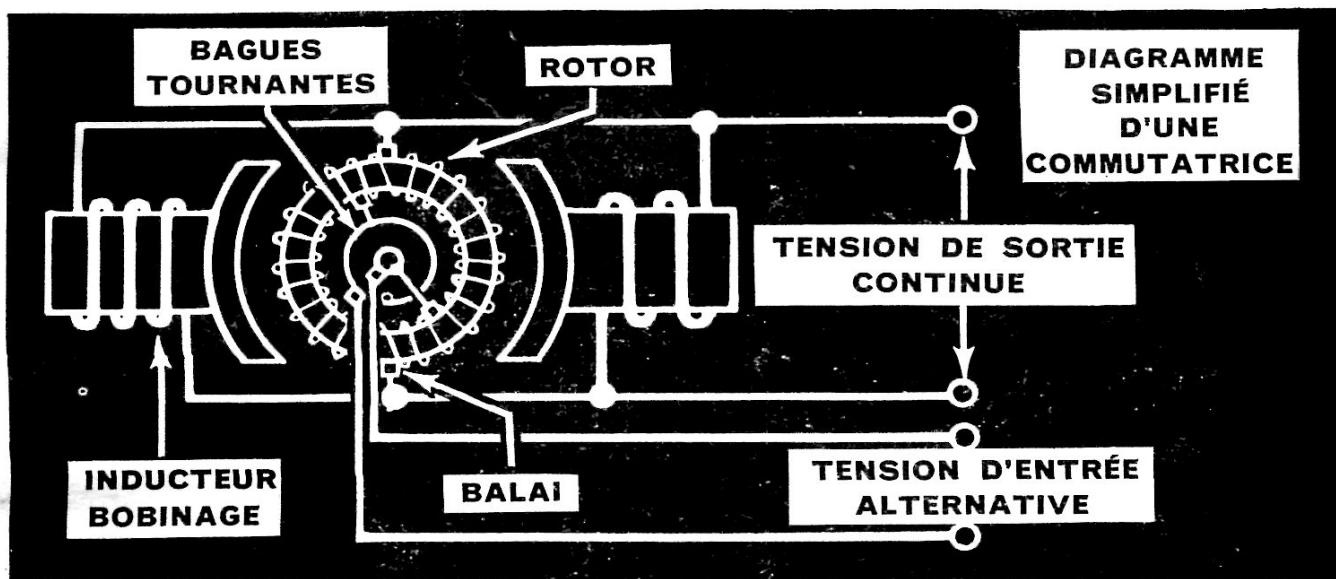


Un convertisseur est une génératrice de courant continu, qui est alimentée par une basse tension continue et qui fournit une ou plusieurs haute(s) tension(s) de sortie continue(s). Il s'agit au fond d'un moteur à courant continu et d'une génératrice à courant continu, combinés de sorte à ne former qu'un appareil et comportant deux enroulements et deux collecteurs ou plus. Les convertisseurs sont normalement alimentés par des accumulateurs de 6, 12, 24 ou 32 volts, et fournissent des tensions continues de 250 à plus de 1000 volts à des intensités nominales variables.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU CONVERTISSEUR



Les commutatrices servent normalement à transformer du courant alternatif en courant continu, mais on peut aussi s'en servir, en les alimentant à partir d'un accumulateur, pour obtenir une tension alternative à 50 cycles/s, à la valeur de la tension de la source. Lorsqu'elles sont utilisées pour fournir des tensions de sortie alternatives après avoir été alimentées en courant continu, on les appelle commutatrices inversées. Par sa construction, la commutatrice ressemble à une génératrice à courant continu, sauf qu'elle utilise deux bagues tournantes qui sont connectées avec des lames de collecteur décalées de 180 degrés.

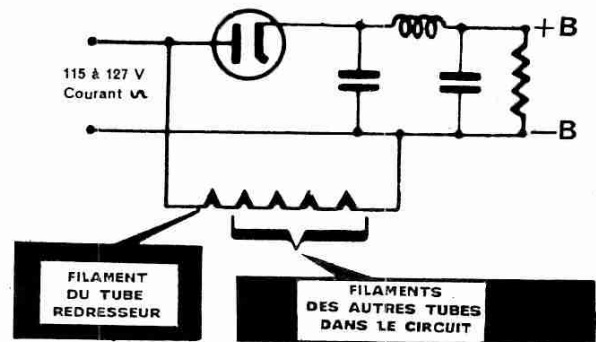


Lorsqu'il n'est pas nécessaire que le maximum de la tension de sortie alternative soit supérieur à la moyenne de la tension d'entrée continue, on peut utiliser une seule bobine d'induit. Si l'on a besoin d'une tension plus élevée, on utilise deux enroulements sur le même induit. L'emploi d'un seul induit et d'un seul inducteur pour les sections à courant alternatif et à courant continu, provoque une instabilité dans le fonctionnement. Pour obtenir une plus grande stabilité, les sections à courant alternatif et à courant continu sont souvent enroulées sur deux induits distincts et utilisent deux inducteurs différents. Les deux induits sont liés entre eux, et le tout fonctionne comme un moteur et une génératrice réunis en une seule machine.



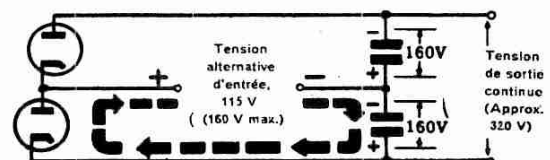
## RÉCAPITULATION. ALIMENTATION SANS TRANSFORMATEUR

**ALIMENTATION PAR REDRESSEUR À UNE ALTERNANCE POUR TOUT COURANT** — Ce circuit fournit une tension  $+B$  de 100 volts environ. Il fonctionne aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu. Le circuit se compose d'un simple circuit redresseur à une alternance qui est normalement suivi d'un filtre à condensateur en tête. Les filaments du tube redresseur et des autres tubes dans le circuit sont tous montés en série et branchés sur la source de courant.

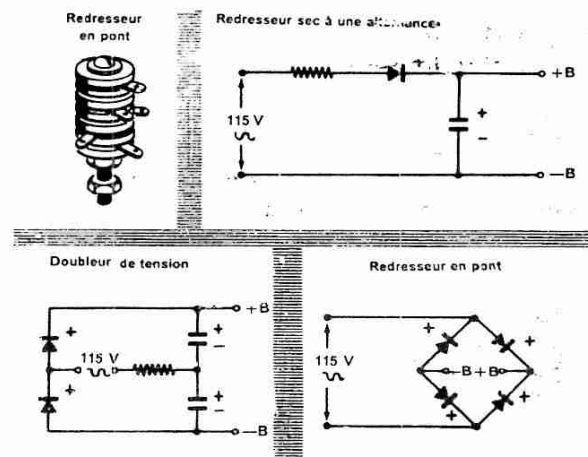


### ALIMENTATION PAR DOUBLEUR DE TENSION

— Ce circuit, alimenté par une source de tension alternative de 115 volts, fournit une tension  $+B$  jusqu'à 320 volts sans faire appel à un transformateur. Le circuit se compose de deux redresseurs à une alternance et de deux condensateurs. Les condensateurs sont montés en série et chacun d'eux est chargé jusqu'à atteindre la valeur maximum de la tension de la source, d'où il résulte l'effet doubleur de tension. Les filaments du tube redresseur et des autres tubes dans le circuit sont tous montés en série et branchés sur la source de courant.

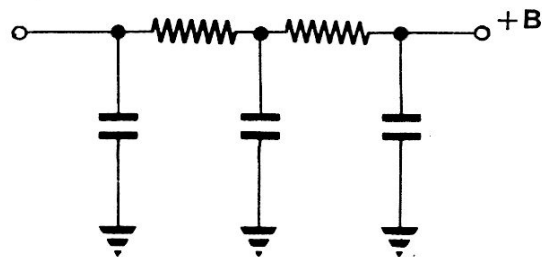


**ALIMENTATION PAR REDRESSEUR SEC** — Au lieu des tubes redresseurs à vide, on peut utiliser des redresseurs secs. Les redresseurs secs sont solides, durables, petits et capables de fournir des courants importants. Ils peuvent être insérés dans des circuits redresseurs à une alternance, des redresseurs double alternance et des doubleurs de tension



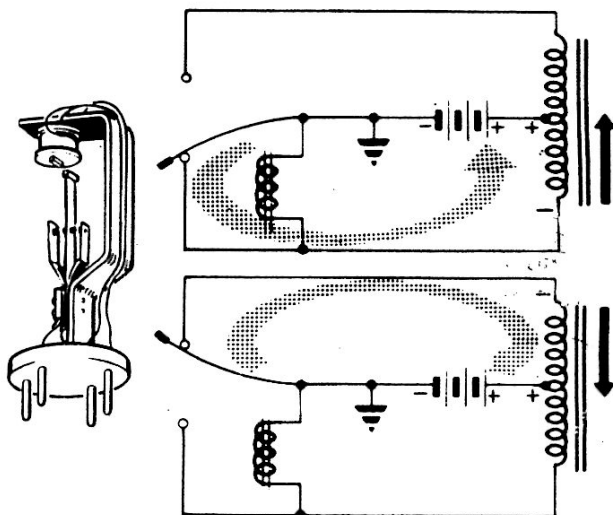
## RÉCAPITULATION. ALIMENTATION SANS TRANSFORMATEUR ET SANS SELF

**ALIMENTATION SANS SELF** — On peut combiner n'importe lequel des circuits redresseurs sans transformateur de la page précédente avec un filtre standard à self et à capacité. Cependant, on peut économiser de l'espace, du poids et de l'argent en remplaçant la self de filtrage par une résistance. Ce type de filtre RC n'est efficace que lorsqu'on peut se contenter d'un courant  $+B$  très faible et que l'on peut employer une résistance assez élevée.

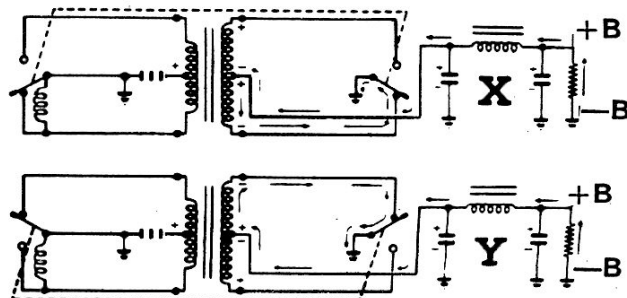


## RÉCAPITULATION. CIRCUITS D'ALIMENTATION POUR SOURCES DE TENSION CONTINUE

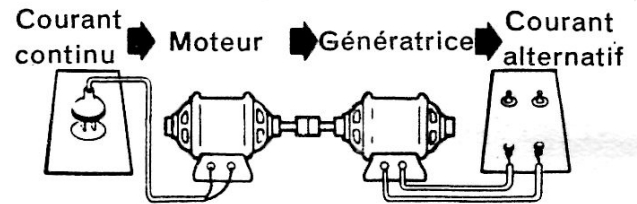
**VIBREURS** — Un vibreur est un dispositif mécanique qui sert à transformer du courant continu en courant alternatif. Un vibreur simple est essentiellement un commutateur à deux directions avec un levier de commutation vibrant. Lorsque le vibreur est connecté avec un transformateur dont le primaire comporte une prise médiane, comme vous le voyez dans le schéma ci-contre, le levier vibrant provoque un courant dans le primaire du transformateur, d'abord dans un sens, puis dans le sens inverse. Le transformateur fournit alors une haute tension alternative qui peut être redressée et filtrée pour donner une haute tension continue.



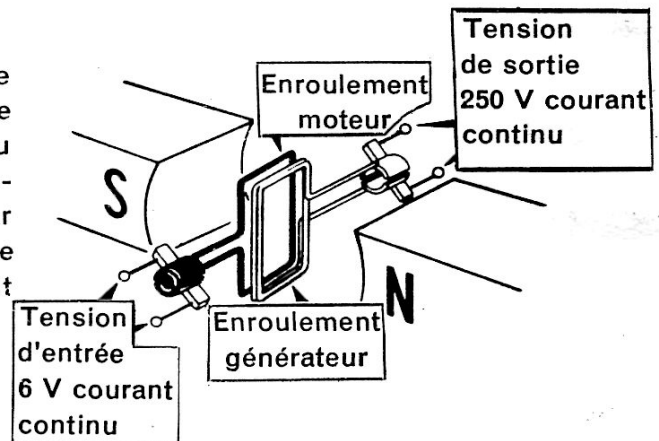
**VIBREURS SYNCHRONISÉS** — Le vibreur non synchronisé transforme la tension continue en une haute tension alternative qui doit ensuite être redressée par le moyen d'un tube redresseur à vide. En utilisant un vibreur synchronisé, on n'a plus besoin d'un redresseur séparé. Le circuit du primaire fonctionne exactement comme dans le cas du vibreur non synchronisé. Le secondaire est lui-même connecté à la lame vibrante par le moyen de deux contacts supplémentaires. La vibration de la lame entre les contacts du secondaire produit les mêmes effets que si l'on utilisait un redresseur double alternance.



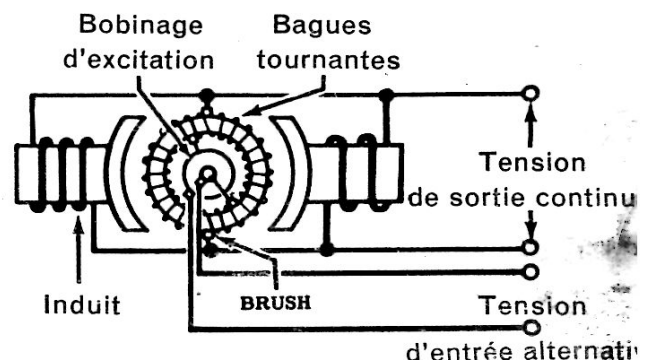
**GROUPE CONVERTISSEUR** — Il se compose d'un moteur et d'une génératrice physiquement liés entre eux. En utilisant un groupe convertisseur, on peut alimenter, à partir d'une source de tension continue, des appareils destinés à fonctionner en courant alternatif. On branche le moteur à courant continu sur une source de courant continu, et le moteur fait tourner l'induit de la génératrice à courant alternatif qui fournit alors une tension alternative de 110 à 220 volts et plus suivant le type de la génératrice.



**CONVERTISSEUR** — Le convertisseur est une machine rotative à courant continu qui est alimentée par une basse tension continue et fournit une ou plusieurs tension(s) continue(s) élevée(s). Un convertisseur se compose essentiellement d'un moteur et d'une génératrice à courant continu, réunis de façon à former une seule machine et comportant deux collecteurs ou plus.



**COMMUTATRICE** — Les commutatrices servent généralement à transformer du courant alternatif en courant continu, mais elles peuvent aussi être alimentées par un accumulateur de sorte qu'elles fournissent une tension alternative de 115 volts. En ce cas, elles sont appelées commutatrices inversées. La construction d'une commutatrice ressemble à celle d'une génératrice de courant continu, sauf que la commutatrice utilise deux bagues tournantes qui sont connectées à deux lames de collecteur décalées de 180 degrés.



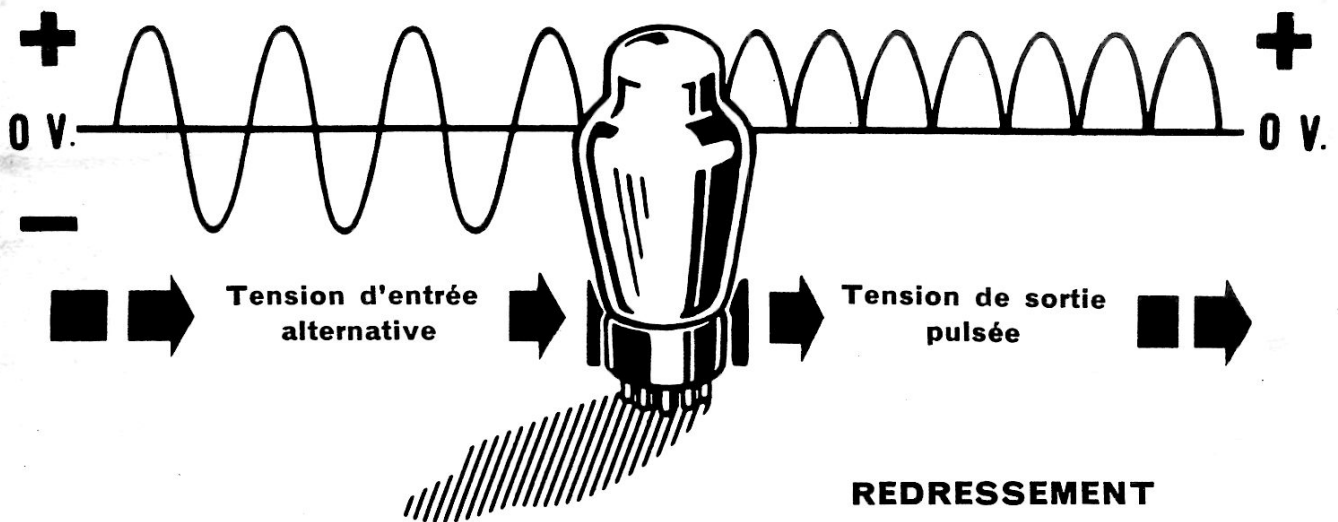
# CARACTERISTIQUES DES TUBES A VIDE À DEUX ÉLECTRODES

## LES FONCTIONS D'UN TUBE À VIDE

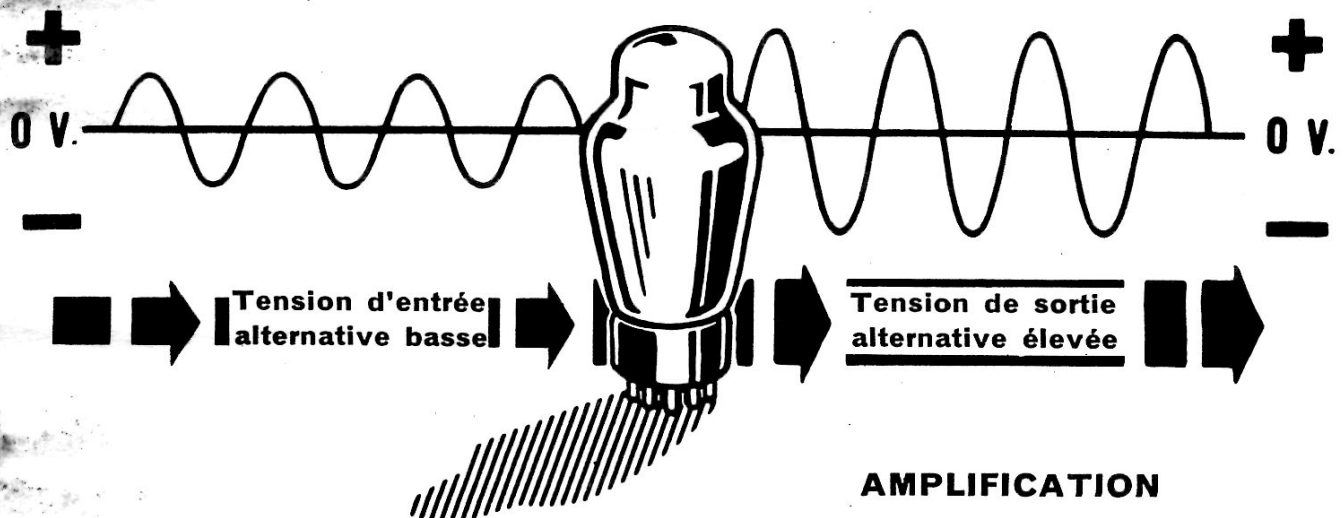
Jusqu'ici, vous avez travaillé avec des tubes à vide utilisés comme redresseurs dans des circuits d'alimentation. Vos connaissances au sujet des tubes à deux électrodes étaient suffisantes pour vous permettre de comprendre le mécanisme des circuits d'alimentation. Cependant, vous allez maintenant travailler très souvent avec des tubes à vide, et vous les verrez employés dans de nombreux types de circuits. Il va donc falloir approfondir vos connaissances au sujet des tubes à vide.

Les tubes à vide sont un sujet d'étude simple, car (et vous allez être contents de savoir cela) ils n'ont que deux genres de fonctions à remplir.

1. Un tube à vide peut transformer une tension alternative en une tension pulsée. Cette opération s'appelle **REDRESSEMENT** et est accomplie par la diode.



2. Un tube à vide peut transformer une tension alternative basse en une tension alternative élevée. Cette opération s'appelle **AMPLIFICATION** et est accomplie par la triode, la tétrode ou la pentode.

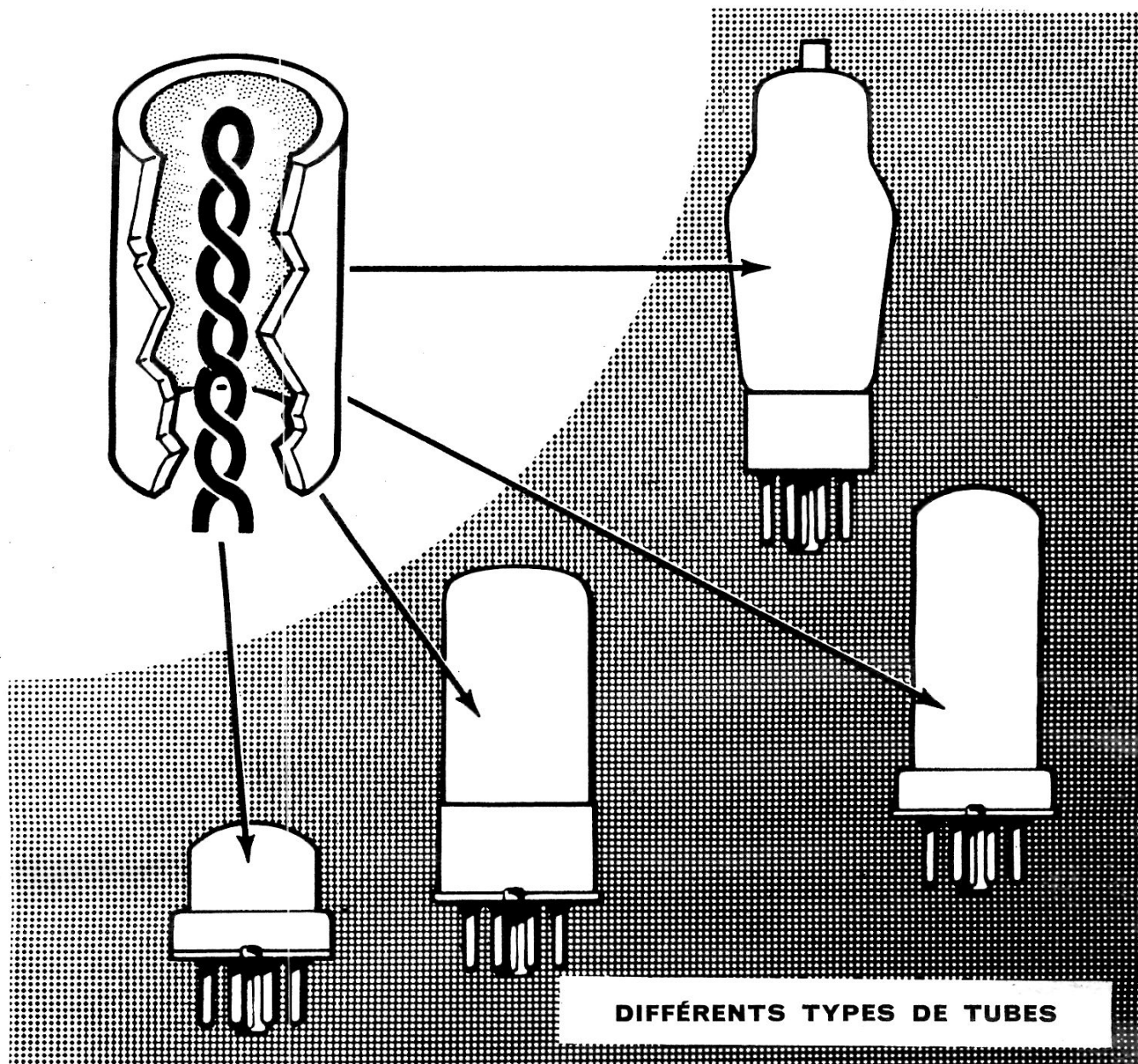


Vous avez étudié les tubes à vide qui servent au redressement de tensions alternatives. Plus loin, dans le chapitre concernant les amplificateurs, vous allez étudier d'autres types de tubes à vide.

## CARACTÉRISTIQUES COMMUNES À TOUS LES TUBES À VIDE

La diode est l'un des quatre types principaux de tubes à vide. Il existe beaucoup de caractéristiques qui sont communes à tous les tubes à vide. Vous n'aurez donc pas besoin d'étudier ces mêmes caractéristiques chaque fois que vous étudiez un nouveau type de tube. Vous les apprendrez une fois pour toutes en étudiant la diode.

Comme nous l'avons déjà dit, tout tube à vide a besoin d'électrons libres, et vous remarquerez que tous les tubes obtiennent ces électrons de la même manière que la diode, à savoir par l'émission électronique. En outre, la structure de la cathode et du filament ne varie que très peu d'un type de tube à l'autre. Vous étudierez l'influence du filament sur l'émission électronique de la cathode à l'occasion de votre expérience avec la diode. Cet effet est le même pour tous les autres tubes que vous allez étudier.



Les différences entre la diode et les autres tubes à vide impliquent des utilisations différentes. La diode sert à transformer une tension alternative en une tension pulsée. Les autres tubes servent à transformer une tension alternative basse en une tension alternative élevée.

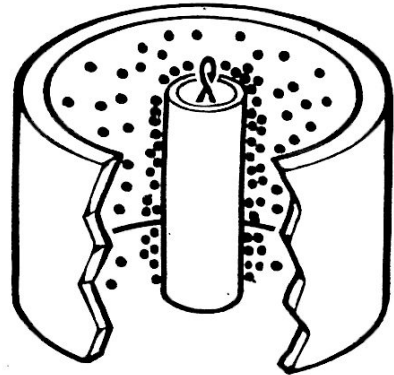
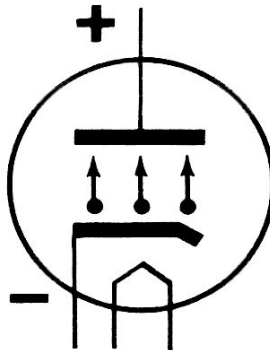
## RECAPITULATION. CARACTERISTIQUES DE LA DIODE

Les diodes sont utilisées comme redresseurs dans des circuits d'alimentation, et comme détecteurs, écrêteurs de bruits et régulateurs automatiques de puissance dans des récepteurs radio. Quelle que soit leur utilisation, les diodes sont toujours employées à cause de leur propriété principale qui est de ne permettre un courant que dans un seul sens.

A partir du moment où la plaque commence à devenir positive par rapport à la cathode, jusqu'au moment où elle atteint son point de saturation, le courant dans la diode est proportionnel à la tension anodique. Pendant ce temps, la diode agit donc comme une résistance ordinaire. Bien sûr, lorsque la tension anodique dépasse le point de saturation, le courant ne suit plus les variations de tension et, à partir de ce point, le tube perd sa ressemblance avec la résistance.



=

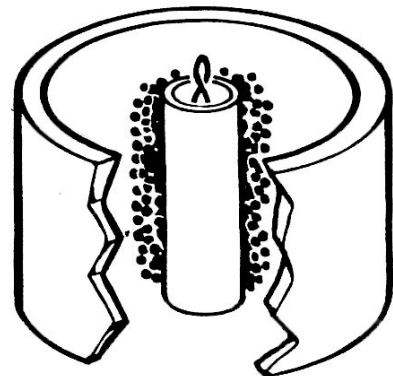
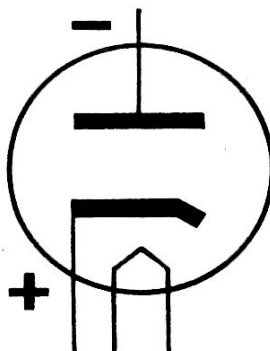


**COURANT**

Dès que la plaque devient négative de si peu que ce soit par rapport à la cathode, il n'y a plus aucun flux d'électrons de la cathode vers la plaque. Le tube agit comme s'il était une résistance montée en série avec un interrupteur et que l'interrupteur était ouvert.



=

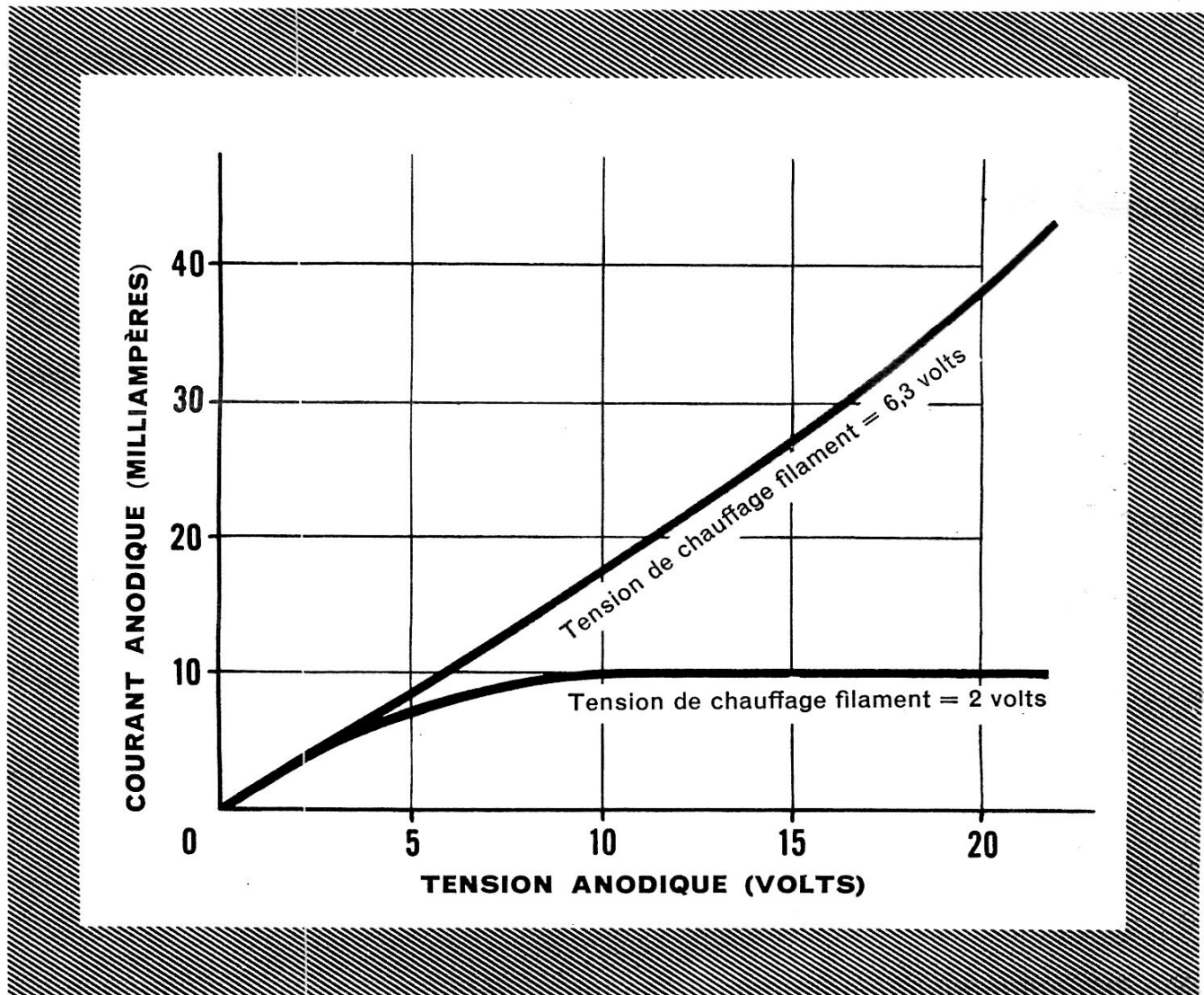


**PAS DE COURANT**



## CONTRÔLE DU COURANT DANS UNE DIODE

Un diagramme est le moyen le plus simple pour illustrer comment la diode est affectée par des variations de tension. Ci-dessous vous trouvez un graphique qui montre l'influence de la tension anode-cathode (à deux valeurs différentes de tension de chauffage) sur le courant dans la diode.



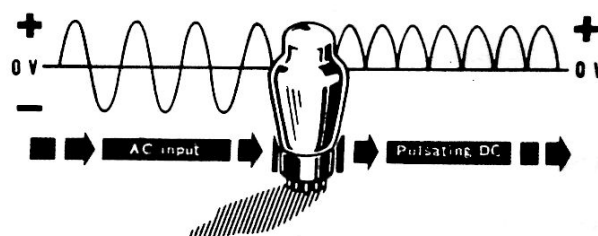
Après un coup d'œil rapide au graphique, vous pouvez dire que :

1. A la tension de chauffage normale (6,3 volts), le courant anodique s'accroît de façon régulière au fur et à mesure qu'on fait monter la tension anodique de zéro à 20 volts.
2. A la tension de chauffage plus basse (qui correspond à celle d'un vieux tube), le courant anodique s'accroît au fur et à mesure qu'on fait monter la tension anodique jusqu'à 8 volts environ, mais un accroissement ultérieur de la tension anodique ne provoque plus un accroissement du courant anodique. Cela signifie qu'à 8 volts l'anode attire tous les électrons que la cathode est capable d'émettre.

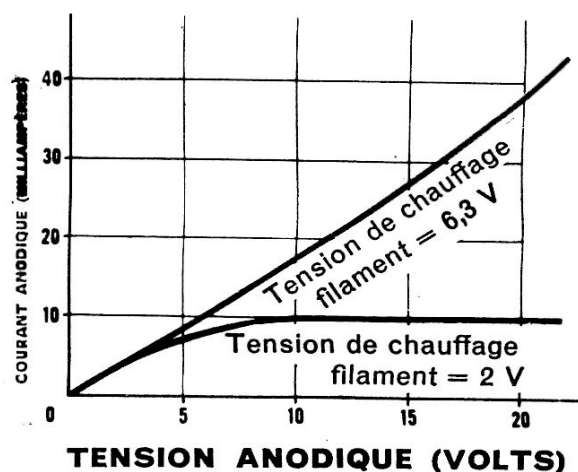
La limitation indésirable du courant anodique qui résulte de la limitation de l'émission électronique de la cathode, s'appelle « saturation ». Même dans un tube relativement neuf, fonctionnant à la tension de chauffage nominale (6,3 volts), il existe le phénomène de la saturation, mais celui-ci se fait sentir à une tension anodique plus élevée. Dans le graphique ci-dessus, la saturation ne deviendrait visible pour la courbe de 6,3 volts de tension de chauffage que si l'on utilisait des tensions anodiques plus élevées.

Avant de terminer votre étude des circuits d'alimentation pour aborder les amplificateurs, supposez que vous vouliez récapituler quelques-uns des faits importants que vous avez appris au sujet des circuits d'alimentation et de leurs éléments.

**REDRESSEMENT** — Un tube à vide à deux électrodes ne permet un courant électronique que dans un seul sens, de la cathode vers la plaque. Cette propriété du tube permet de « redresser » des tensions alternatives pour obtenir des tensions pulsées unidirectionnelles.

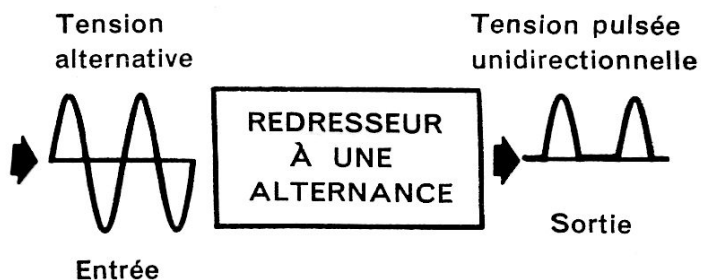


**SATURATION** — Au fur et à mesure que l'on augmente la tension anodique, le courant anodique s'accroît de façon régulière. A partir du moment où la plaque attire tous les électrons que la cathode est capable de fournir, des augmentations supplémentaires de la tension anodique ne peuvent plus provoquer des flux électroniques plus forts. Lorsqu'une augmentation de la tension anodique n'aboutit plus à un accroissement du courant anodique, on dit que le tube est « saturé ».

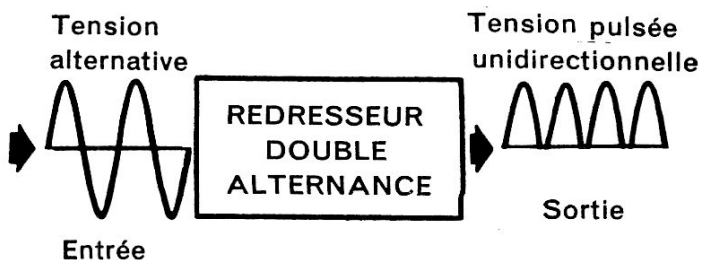


**SATURATION ET TENSION DE CHAUFFAGE** — L'accroissement de la tension de chauffage fait monter la température du filament, d'où il résulte une élévation de la température de la cathode. Plus la cathode devient chaude, plus sa surface émet d'électrons. Lorsque la cathode accroît son émission électronique, le point de saturation n'est atteint qu'à une tension anodique beaucoup plus élevée.

**REDRESSEMENT D'UNE ALTERNANCE** = Le redressement d'une alternance est la transformation des alternances positives d'une tension alternative, en une tension pulsée unidirectionnelle. Il résulte du fait que le circuit ne laisse passer le courant que dans un seul sens.

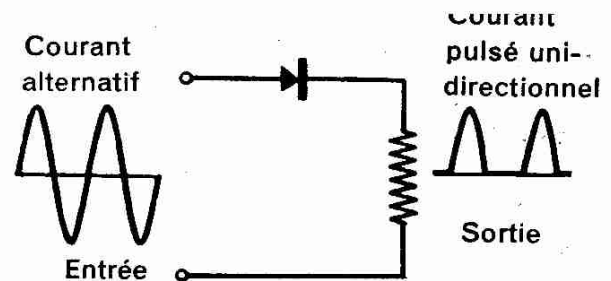


**REDRESSEMENT DOUBLE ALTERNANCE** — Le redressement double alternance est la transformation des alternances positives et négatives d'une tension alternative en une tension pulsée unidirectionnelle.

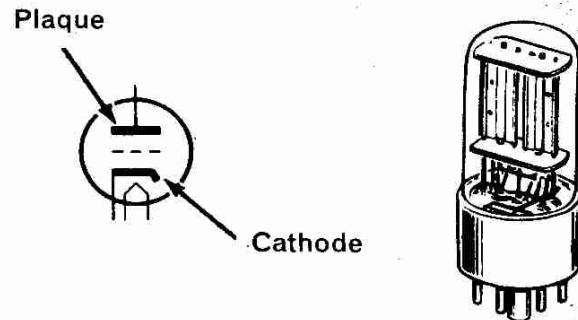


### REDRESSEUR SEC À UNE ALTERNANCE —

C'est un circuit qui effectue le redressement d'une seule alternance en utilisant un dispositif composé de deux plaques métalliques, qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens.

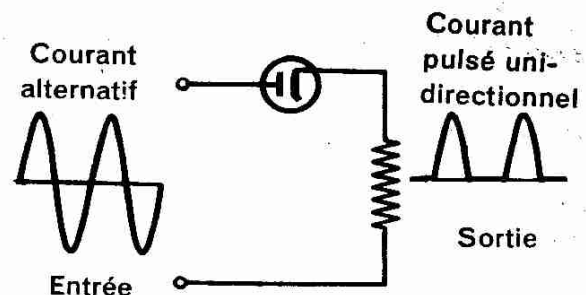


**TUBE REDRESSEUR —** Le tube redresseur est un tube à vide à deux électrodes qui se compose d'une anode et d'une cathode, et qui ne permet un courant que dans le sens de la cathode vers l'anode, agissant ainsi comme redresseur.

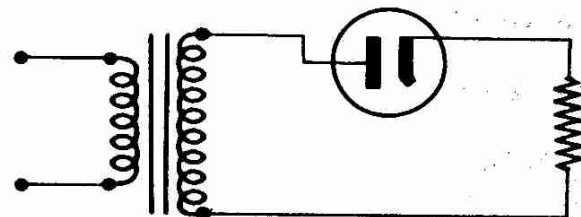


### CIRCUIT REDRESSEUR À TUBE À VIDE —

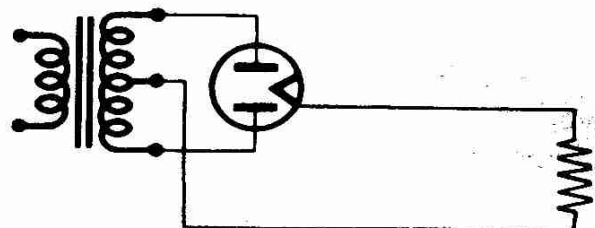
Ce circuit se compose d'un tube à vide à deux électrodes montés en série avec une source de courant alternatif, et il sert à transformer du courant alternatif en courant continu pulsé.



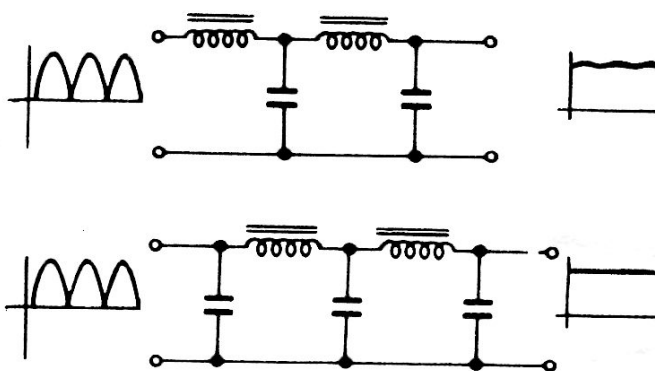
**REDRESSEUR À UNE ALTERNANCE À TRANSFORMATEUR —** Ce circuit utilise un transformateur pour alimenter un tube redresseur avec une tension alternative élevée. Le tube redresseur transforme cette tension en une tension pulsée élevée.



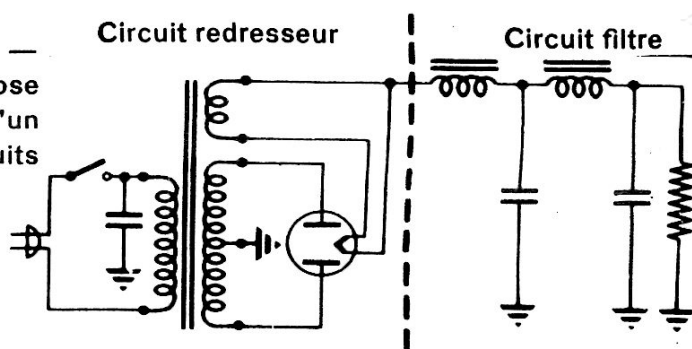
**CIRCUIT REDRESSEUR DOUBLE ALTERNANCE —** Ce circuit utilise un transformateur et un redresseur à double diode pour fournir une tension continue pulsée double alternance, après avoir été alimenté avec une tension alternative.



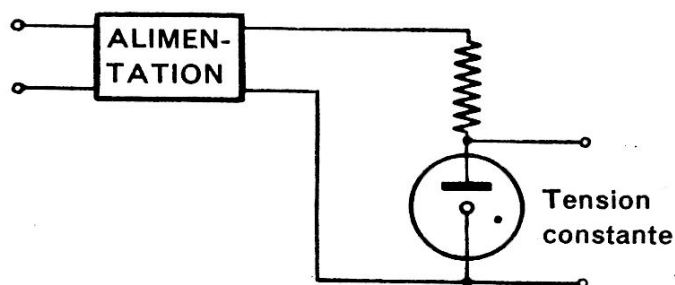
**CIRCUITS FILTRES** — Les circuits filtres se composent de bobines d'inductance et de condensateurs qui servent à transformer la tension pulsée unidirectionnelle fournie par le redresseur en une tension continue pure.



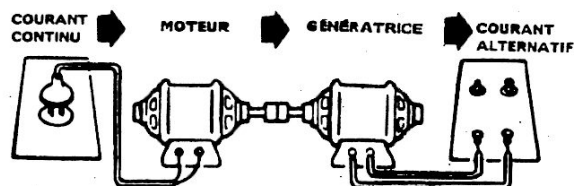
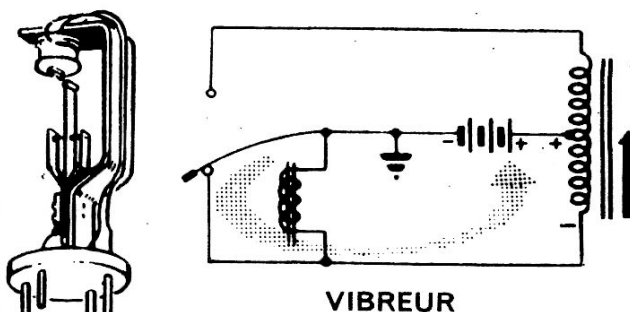
**CIRCUIT D'ALIMENTATION COMPLET** — Un circuit d'alimentation complet se compose d'un redresseur à double alternance et d'un filtre qui servent à alimenter d'autres circuits avec des tensions continues élevées.



**CIRCUIT RÉGULATEUR DE TENSION** — Ce circuit utilise une diode à gaz pour maintenir une tension de sortie constante. La tension entre les bornes du tube reste constante malgré des variations assez importantes de la tension du réseau ou de la résistance de charge.



**AUTRES CIRCUITS D'ALIMENTATION** — Pour répondre à des exigences spéciales quant à la taille, au poids, à la source de tension disponible et au courant de charge nécessaire, il existe des circuits d'alimentation sans transformateur et sans self, des circuits d'alimentation par vibreurs, par convertisseurs et par commutatrices, ainsi que d'autres types de circuits spéciaux d'alimentation.



**GROUPE CONVERTISSEUR**

**Alimentation, circuits, 1-7 à 1-16, 1-52, 1-92 à 1-108, 1-115**

- par doubleur de tension, 1-96, 1-106
  - par redresseur sec, 1-97, 1-106
  - à transformateur, 1-39 à 1-41
  - sans transformateur, 1-94 à 1-97, 1-106
  - sans transformateur et sans self, 1-98, 1-107
  - par sources de tension continue, 1-99, 1-107, 1-108
- Voir Redresseurs, Filtres, Transformateurs, Régulateurs de tension

**Charge d'espace, 1-38**

**Circuits-filtres, 1-52 à 1-80, 1-115**

Voir Filtres, Condensateurs de filtrage

**Circuit redresseur**

- à une alternance, 1-21, 1-23 à 1-38, 1-42, 1-44, 1-113
- à double alternance ou biphasé, 1-45 à 1-51, 1-114
- en pont, 1-49, 1-50
- régulateur de tension, 1-81 à 1-91, 1-115
- à tube à vide, 1-114

Voir Redresseurs. Redressement

**Circuit régulateur simple, 1-85**

**Commutatrices, 1-104, 1-108**

**Condensateurs de filtrage, 1-57 à 1-63, 1-74, 1-78**

- au papier, 1-60, 1-78
  - à électrolyte sec, 1-63, 1-79
  - à électrolyte liquide, 1-62, 1-78
  - électrolytiques, 1-61 à 1-63, 1-78
  - charge du condensateur d'entrée, 1-74
- Voir Filtres

**Convertisseurs. Voir Groupes convertisseurs**

**Courant dans les circuits redresseurs,**

- d'une alternance, 1-43, 1-44
- double alternance, 1-48, 1-51

**Diode, 1-24, 1-36**

- caractéristiques, 1-111
  - passage du courant, 1-28, 1-29
  - contrôle du courant, 1-112
  - fonctionnement, 1-25
  - à gaz, 1-35 à 1-37
  - dans un circuit d'alimentation à transformateur, 1-40 à 1-41
- Voir Tubes à vide

**Électronique, signification, 1-1**

**Électrons (émission d'), 1-26, 1-27, 1-38**

**Équipement électronique, 1-2, 1-3**

**Filaments, 1-38**

**Filtres**

- amélioration du fonctionnement, 1-64, 1-65
  - dans un circuit d'alimentation, 1-12
  - emploi d'une self au lieu d'une résistance, 1-68
  - à self ou à condensateur en tête et à cellule unique, 1-70, 1-80
  - à self de filtrage en tête et à cellule unique, 1-71, 1-80
  - à self de filtrage en tête et à cellule double, 1-73, 1-80
  - sans self, 1-79
  - à condensateur en tête et à cellule unique, 1-72, 1-80
  - à condensateur en tête et à cellule double, 1-80
  - inconvénients des filtres RC, 1-66, 1-67
- Voir Selfs. Condensateurs

**Groupes convertisseurs, 1-104, 1-105, 1-108**

**Mesures des tensions élevées, 1-44**

**Récapitulation**

- Alimentation sans transformateur, 1-106
- Alimentation sans transformateur et sans self, 1-107
- Caractéristiques de la diode, 1-111
- Circuits d'alimentation, 1-113 à 1-115
- Circuits d'alimentation pour sources de tension continue, 1-107
- Circuits filtres, 1-78 à 1-80
- Circuit redresseur à double alternance, 1-51
- Circuit redresseur à une seule alternance, 1-22, 1-44
- Régulation de tension d'un circuit, 1-91
- Tubes redresseurs à vide, 1-38

**Redressement dans un circuit d'alimentation, 1-10, 1-11, 1-17, 1-23, 1-113**

**Redressement à une alternance, 1-23 à 1-38, 1-113**

Voir Circuit redresseur

**Redressement à double alternance, 1-45 à 1-51, 1-113**

**Redresseur, son rôle, 1-10, 1-11**

**Redresseurs à double alternance, 1-45 à 1-51**

- en pont, 1-49, 1-50
- fonctionnement, 1-46
- composantes, 1-55

**Redresseurs à une alternance, 1-11, 1-17 à 1-22, 1-114**

- au fer-sélénium, 1-18, 1-20
- à l'oxyde de cuivre, 1-18
- secs, 1-17 à 1-22
- transformation de courant alternatif en courant continu, 1-17
- à transformateur, 1-39 à 1-44, 1-115

Régulateurs de tension, 1-13. Voir Circuits

Régulation de tension, 1-81, 1-82.

- en cas de variation de courant débité, 1-87, 1-88

- en cas de variation de la tension d'alimentation, 1-89, 1-90

Voir Circuits régulateurs, Tubes

Résistances de fuite, 1-75 à 1-77

Saturation, 1-113

Selfs de filtrage, 1-68, 1-69, 1-79. Voir Filtres

Tension de sortie

- caractéristiques, 1-54

- composantes continue et alternative, 1-55, 1-56

- filtrage des tensions de sortie d'un redresseur à une alternance, 1-74

Transformateur d'alimentation, 1-9

- schéma d'un circuit redresseur à transformateur, 1-42

Transformation d'un courant alternatif en courant continu, 1-17. Voir Tube redresseur

Tubes redresseurs à vide, 1-23 à 1-44, 1-114

- caractéristiques communes, 1-110

- circuit élémentaire, 1-38

- émission d'électrons, 1-26, 1-27

- fonction, 1-109

- invention de la diode, 1-24

- schéma, 1-34

- à deux électrodes, 1-25, 1-38, 1-109 à 1-115

- montage d'un tube redresseur dans un circuit, 1-34

- deux plaques montées séparément, 1-32

- deux plaques reliées, 1-32

- à double alternance, 1-47, 1-51

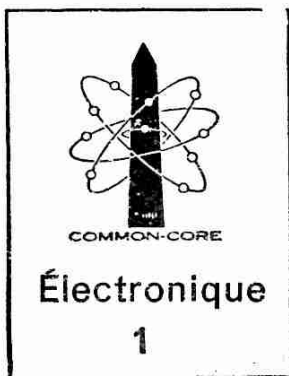
Voir Diode. Redressement

Tube régulateur de tension, 1-83 à 1-86, 1-91

Vibreurs, 1-100 à 1-103, 1-107

- synchronisés, 1-103, 1-107





Imprimé en Belgique par DESCLÉE et Cie, ÉDITEURS S. A., Tournai — 6.463