

Initiation à la pratique de l'électronique

ETUDE D'UNE ALIMENTATION SECTEUR

CONSTITUTION D'UNE ALIMEN- TATION

Une alimentation est un montage transformant la tension alternative du secteur en une tension continue basse tension.

Une alimentation secteur est composée d'un transformateur, d'un redresseur, d'un filtre et d'une stabilisation suivant les besoins.

Le transformateur a pour rôle de diminuer la tension du réseau en une tension plus basse. Le redresseur transforme la tension alternative en une tension pseudo-continue. Celle-ci est ensuite filtrée afin d'obtenir une tension continue dont la composante alternative résiduelle doit être la plus faible possible. Un circuit stabilisateur de tension est employé pour obtenir une tension continue dont la valeur est indépendante du débit de courant demandé par le circuit d'utilisation.

Avant de s'engager dans la réalisation d'une alimentation, il est primordial de connaître l'intensité qu'elle devra débiter ainsi que la tension souhaitée et ses tolérances.

Les circuits électroniques les plus courants ont généralement besoin d'une alimentation de +5 V quand il

L'alimentation prend une place importante en électronique, que ce soit pour un montage isolé ou en laboratoire. Chaque circuit, en effet, a besoin d'être alimenté par un courant donné sous une tension bien précise.

Les piles ont certes un intérêt pour les applications mobiles, mais en fixe, dans son laboratoire personnel, une alimentation secteur est indispensable à l'électronicien.

Pour le débutant, la réalisation d'une alimentation constitue le premier pas dans la pratique de l'électronique. Cette alimentation, il pourra ensuite l'utiliser pour alimenter les montages que nous lui proposerons dans les mois qui viennent.

Aujourd'hui, nous aborderons l'étude d'une alimentation secteur simple.

s'agit de circuits logiques TTL ; les transistors fonctionnent souvent sous une tension de 9, 12 ou 24 V. Quant aux amplificateurs opérationnels, ils nécessitent des tensions de plus et moins 15 V.

Pour un débutant souhaitant réaliser ses premiers montages, l'alimentation devrait au moins pouvoir fournir +5 V \pm 0,25 V avec un débit de 1,5 A pour les circuits logiques. Une autre tension de 9 ou 12 V, avec un débit de 0,2 A serait prévue pour les circuits à transistors.

MONO-ALTERNANCE OU BI-ALTERNANCE ?

Une alimentation peut être plus ou moins compliquée suivant les performances qu'on exige d'elle. La différence entre les différents montages réside essentiellement dans le redresseur et le circuit de stabilisation. L'alimentation la plus simple est celle qui utilise un redressement mono-al-

ternance. Celui-ci se compose d'une seule diode placée en série dans le circuit (fig. 1).

Entre l'extrémité « + » et la masse, il n'apparaît qu'une alternance sur deux comme indiqué sur la figure 2. En plaçant en sortie un condensateur C d'assez forte valeur (au moins quelques microfarads), nous obtenons une tension continue positive légèrement « ondulée » par une résiduelle à 50 Hz. A chaque alternance positive, le condensateur C se charge à la tension crête. Entre deux alternances, ce condensateur se décharge à travers le circuit d'utilisation. La tension redressée se présente donc comme le mélange d'une tension continue (V cont.), légèrement inférieure à la tension crête, et d'une composante alternative (V alt.). Celle-ci est d'autant plus importante que le circuit alimenté est gourmand en courant. Ce montage, peu utilisé, est intéressant seulement lorsque son débit est faible. Dans ce dernier cas, la tension continue reste pratiquement égale à la tension crête redressée.

Le redresseur le plus utilisé est celui du type « bi-alternance ». Il est constitué soit de deux diodes, soit de quatre montées en pont.

Le premier (fig. 3 et 4) nécessite un transformateur à point milieu. Les

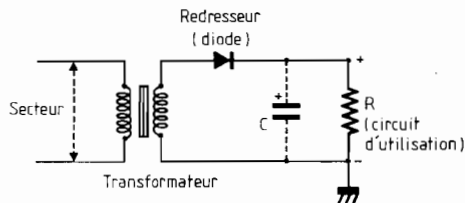


Figure 1. - Alimentation à redressement mono-alternance.

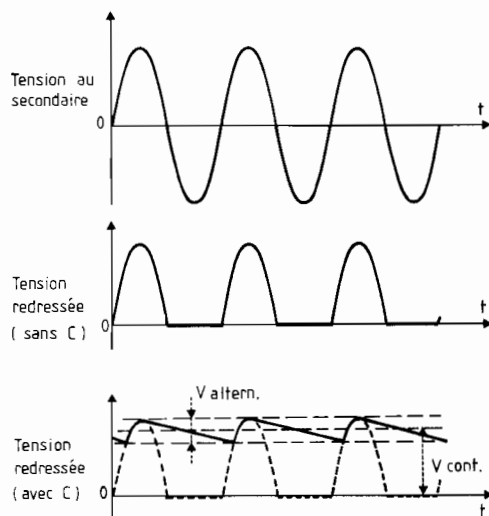


Figure 2. - Forme des tensions d'une alimentation mono-alternance.

diodes sont alternativement passantes et bloquées. Le fonctionnement de ce redresseur est facile à comprendre. Supposons qu'aux bornes du secondaire la tension soit positive en A par rapport à B. La diode D_1 est alors passante et on retrouve en sortie une demi-alternance positive dont la valeur est égale à la tension crête fournie par le demi-secondaire (moins la faible chute de tension directe de D_1) (fig. 5). A l'alternance suivante (alternance négative), c'est le point B qui est

alors positif par rapport à A. La diode D_1 est bloquée, tandis que D_2 est passante. On retrouve aux bornes de R une deuxième alternance positive égale elle aussi à la valeur crête du secondaire. Un redresseur en pont utilise également les deux alternances de la tension secondaire (fig. 6). Le secondaire du transformateur est sans point milieu. Les diodes sont au nombre de 4. Si à la première alternance le point A est positif par rapport à B, les diodes

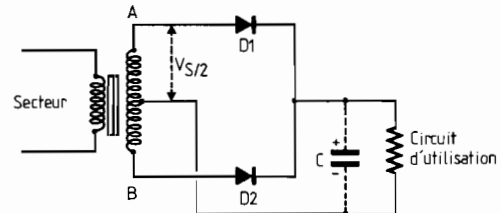


Figure 3. - Schéma d'un redressement bi-alternance.

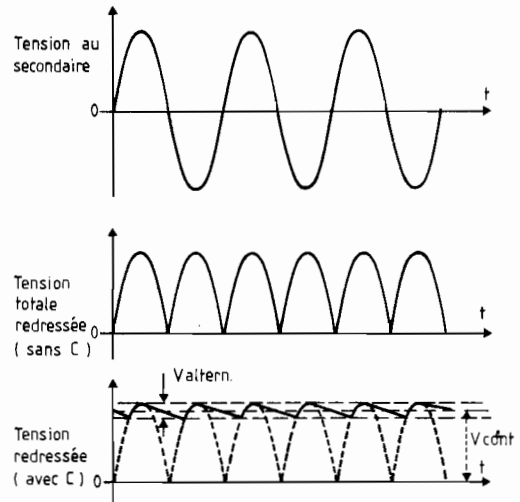


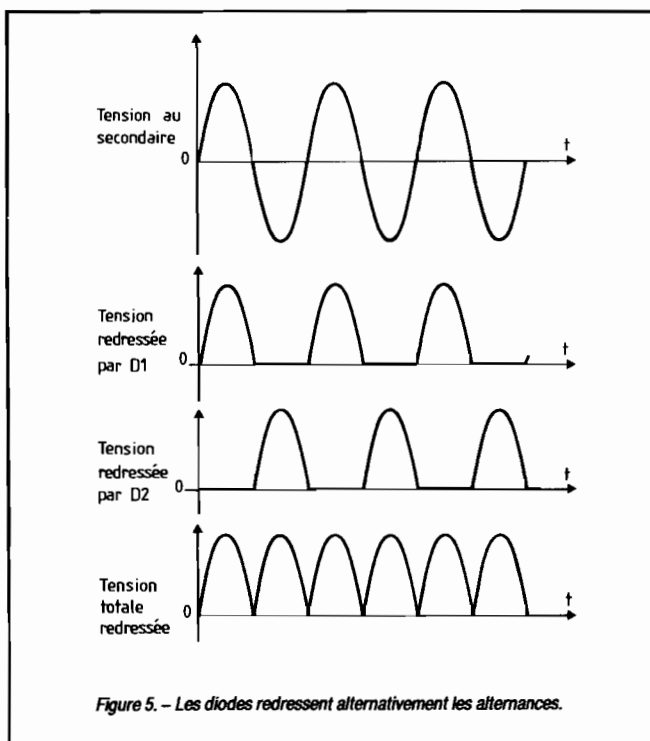
Figure 4. - Forme des tensions dans une alimentation bi-alternance.

D_1 et D_3 sont passantes, une tension positive apparaît aux bornes de R. A l'alternance suivante (B positif par rapport à A), les diodes D_2 et D_4 sont passantes et cette deuxième alternance se retrouve aux bornes de R, dans le même sens que la première. Que faut-il choisir entre un montage en pont (4 diodes) et un montage avec deux diodes à transformateur à point milieu ? On utilisera de préférence le premier, en réservant le second aux redressements de tensions plus faibles, puisque la chute de ten-

sion en direct n'est que de 0,7 au lieu de 1,4 V.

LE TRANSFORMATEUR

Dans une alimentation, le transformateur abaisse la tension secteur (220 V) à une valeur efficace supérieure de quelques volts à la tension continue souhaitée. Ce transformateur doit pouvoir fournir un courant au moins égal au courant continu demandé.



Un transformateur est caractérisé par sa tension primaire, sa tension secondaire et sa puissance. Cette dernière est égale au produit : tension secondaire \times courant secondaire.

Plus la puissance est élevée, plus le transformateur est volumineux. Pour les montages courants de l'amateur, un modèle fournissant une puissance de l'ordre de 3 à 5 W sera suffisant. Si le transformateur possède plusieurs secondaires donnant par exemple 6,3 V (avec un courant de 0,3 A) et 14 V (avec un courant de 0,1 A), on additionnera les puissances secondaires. Dans cet exemple, celles-ci s'élèvent respectivement à 1,89 et 1,4 W, soit une puissance totale de 3,3 W.

Dans certaines applications où la puissance demandée est plutôt faible, l'amateur pourra faire l'acquisition d'un transformateur type « sonnette » que l'on trouve dans certaines grandes surfaces spécialisées dans le bricolage.

Les amateurs plus confirmés utiliseront des transformateurs de récupération provenant d'un ancien récepteur radio ou d'un téléviseur « à

tubes ». Ce transformateur peut être celui de l'alimentation dans lequel ils utiliseront les enroulements basse tension (6,3 et 5 V) qu'ils pourront associer en série pour obtenir une

tension plus élevée (attention à la phase pour ce branchement). Les anciens transformateurs « image » de téléviseurs peuvent également fournir une tension intéressante pour l'alimentation des circuits à transistor (primaire 15 H, 500 Ω ; secondaire 5 Ω ; rapport de transformation 14). Le diamètre du fil de l'enroulement secondaire donne une idée sur le courant que l'on peut tirer d'un transformateur donné. Le diamètre en millimètres du fil du secondaire doit être au moins égal à $0,8 \sqrt{I}$, I étant l'intensité demandée au secondaire en ampères (si $I = 2$ A, le diamètre du fil devra être supérieur à $0,8 \times \sqrt{2}$, soit 1,13 mm). La formule correspondante pour le calcul de I connaissant la section S est la suivante :

$$I = 1,56 S^2$$

(un enroulement de secondaire de diamètre égal à 0,8 mm ne peut pas supporter un courant supérieur à $1,56 \times (0,8)^2$ soit 1 A).

mement la tension inverse de crête appliquée à la diode pendant la période de non-conduction. Cette tension inverse de la diode doit être au moins égale au double de la tension crête du secondaire.

Par exemple, si la tension efficace aux bornes du secondaire est 12 V, la valeur crête de cette tension est 17 V. La tension que doit supporter la diode doit être au moins égale à 34 V. Dans la majorité des cas, les diodes de redressement ont une tension inverse assez élevée pour supporter les tensions utilisées généralement dans les montages électroniques.

La figure 7 explique pourquoi à chaque alternance négative la tension inverse aux bornes de la diode est égale à environ deux fois la tension crête du secondaire.

Dans un redresseur en pont, deux diodes étant en série, la tension inverse exigée pour les diodes pourra être réduite de moitié.

La diode 1N4148 est très courante, ses caractéristiques principales sont les suivantes :

Courant direct max. : 200 mA

Tension inverse max. : 75 V

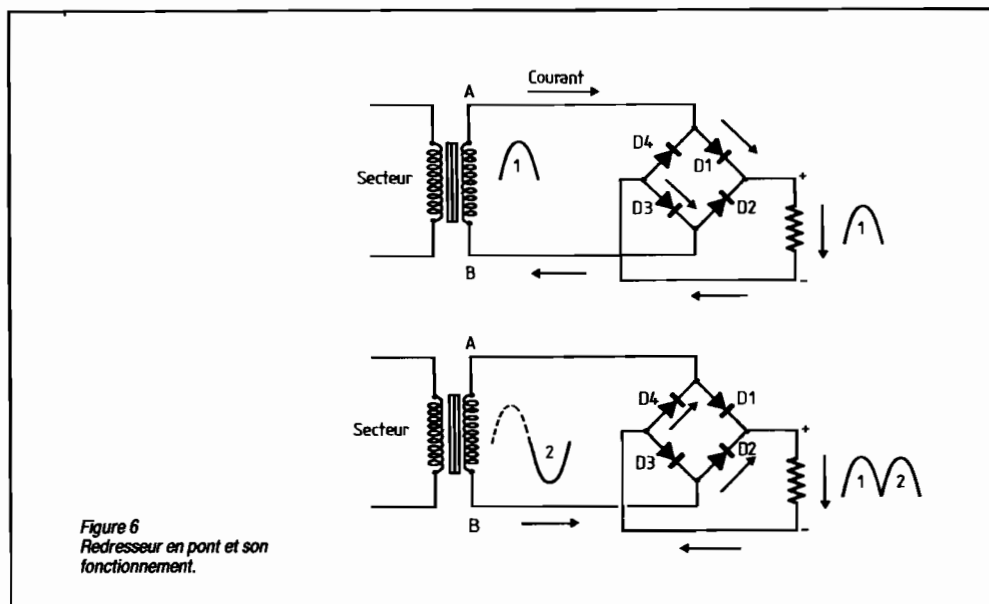
Puissance dissipée max. : 500 mW

Deux autres caractéristiques sont intéressantes :

Chute de tension directe : entre 0,62 et 0,72 V (pour un courant direct de 5 mA).

LE REDRESSEMENT

Quant aux diodes, elles sont bien entendu du type « redressement » dont les valeurs caractéristiques sont suffisantes pour supporter, premièrement, le courant à fournir, et deuxiè-



Courant inverse : 25 micro-A (pour une tension inverse de 20 V).

TENSION ALTERNATIVE RESIDUELLE

Un condensateur est placé à la sortie du redresseur. Nous avons vu qu'entre ses bornes apparaît une tension continue avec une composante alternative résiduelle. Celle-ci est d'autant plus importante que le courant débité est élevé. Elle peut être réduite en augmentant la valeur du condensateur. Une formule donne la valeur approximative de l'amplitude de cette tension :

$$V = \frac{10 I}{C}$$

V est l'amplitude crête à crête de cette tension alternative résiduelle (en volts). Le courant fourni par l'alimentation est I (en milliampères) et C est la valeur de la capacité (en microfarads) du condensateur situé à la sortie du redresseur (C₁ de la figure 8).

En supposant que le courant soit de 150 mA et C₁ = 1 500 μF, il faut s'attendre à une tension alternative résiduelle de l'ordre de :

$$\frac{10 \times 150}{1\,500} \text{ soit } 1 \text{ V crête à crête}$$

Il s'agit maintenant de choisir la valeur à donner à C₁. Sachant qu'un condensateur coûte d'autant plus cher que sa capacité est élevée, il y a lieu de trouver un compromis. Généralement, le nombre de microfarads de C₁ est situé entre 2 à 5 fois la valeur du courant d'alimentation (en milliampères). Cette valeur est doublée pour un redresseur mono-alternance. Ainsi, pour un courant de 200 mA, C est choisi entre 400 et 1 000 μF. Ce condensateur est du type « polarisé ».

CELLULE DE FILTRAGE

Dans les alimentations les plus simples, le filtrage s'obtient par un circuit composé d'un ensemble induc-

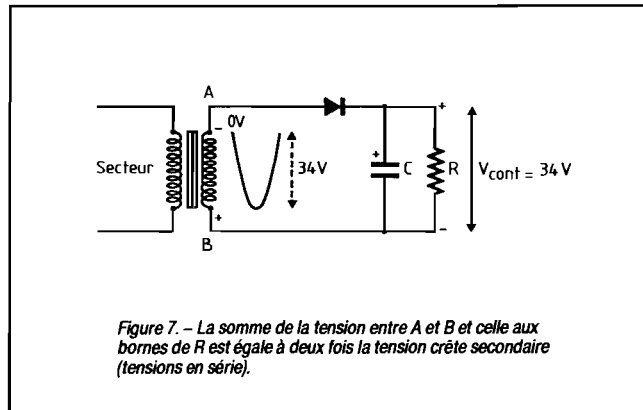


Figure 7. - La somme de la tension entre A et B et celle aux bornes de R est égale à deux fois la tension crête secondaire (tensions en série).

tance-condensateur LC, comme sur la figure 8, ou encore par un ensemble résistance-condensateur RC. Une résistance est employée lorsque le débit de courant est faible, la chute de tension ($R \times I$) aux bornes de R est alors négligeable. En plus il y a économie, une résistance coûte quand même beaucoup moins cher qu'une inductance de filtrage. Malgré cela, l'emploi d'une inductance est intéressante car sa résistance est faible (chute de tension très faible en continu), et son inductance est élevée (chute de tension importante pour la composante alternative résiduelle).

COEFFICIENT DE FILTRAGE

Le coefficient de filtrage α caractérise l'efficacité d'un filtre. C'est le rapport entre la tension alternative

résiduelle à l'entrée (V_1) et la tension résiduelle en sortie (V_2), soit :

$$\alpha = \frac{V_1}{V_2}$$

Pour une cellule LC, ce coefficient est donné par la formule :

$$\alpha = \omega^2 LC$$

Le terme ω est égal à $2\pi F$. Dans cette formule on néglige la résistance ohmique de la bobine de filtrage, très faible par rapport à sa réactance $L\omega$. En ce qui concerne F, il s'agit de la fréquence après redressement, soit 50 Hz pour le mono-alternance, soit 100 Hz pour le bi-alternance.

Pour une cellule RC, le coefficient de filtrage est donné par la formule :

$$\alpha = \omega RC$$

Dans ces deux formules, C est bien la capacité du condensateur C₂. Les unités sont le farad pour C, le henry pour L et le hertz pour F.

En comparant les deux formules, nous remarquons qu'un filtrage avec

cellule LC est plus intéressant puisque l'efficacité est fonction du carré de la fréquence. De plus, une inductance ne provoque pas de chute de tension en continu ; en fait une bobine de filtrage possède toujours une certaine valeur ohmique.

Au cas où une cellule de coefficient α_1 ne serait pas suffisante, une dernière cellule de coefficient α_2 , connectée à la sortie de la première, permettrait d'obtenir un coefficient global de :

$$\alpha = \alpha_1 \times \alpha_2$$

Appliquons maintenant les formules. Nous disposons d'un condensateur C₂ de 1 000 μF et d'une bobine de filtrage dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$L = 50 \text{ mH}$$

$$r = 5 \Omega$$

La composante alternative résiduelle mesurée à l'oscilloscope à la sortie du redresseur, transcrite en valeur efficace, est 500 mV. Quelle sera la tension résiduelle à la sortie de la cellule de filtrage, le redresseur étant bi-alternance ?

La valeur de α est :

$$(2 \times 3,14 \times 100)^2 \times 50 \times 10^{-3} \times 10^{-3}, \text{ soit } 19,7.$$

La tension de 500 mV est divisée par 19,7, ce qui donne une résiduelle en sortie égale à 25,4 mV.

Maintenant, si nous remplaçons la bobine par une résistance, quelle devrait être la valeur de celle-ci pour obtenir le même degré de filtrage ? Nous partons de $\omega RC = 19,7$ pour en tirer R, soit :

$$R = \frac{19,7}{\omega C} = \frac{19,7}{2 \times 3,14 \times 100 \times 10^{-3}} \text{ soit } 31 \Omega$$

Remarquons que cette résistance est traversée par le courant total demandé par le montage. Si ce courant est 200 mA (0,2 A), la chute de tension due à R sera de 6,2 V. Elle ne serait que de 1 V aux bornes de la bobine.

La partie filtrage, à bobine ou à résistance, sera avantageusement remplacée par un circuit de régulation intégré, comme nous le verrons le mois prochain.

J.-B. P.

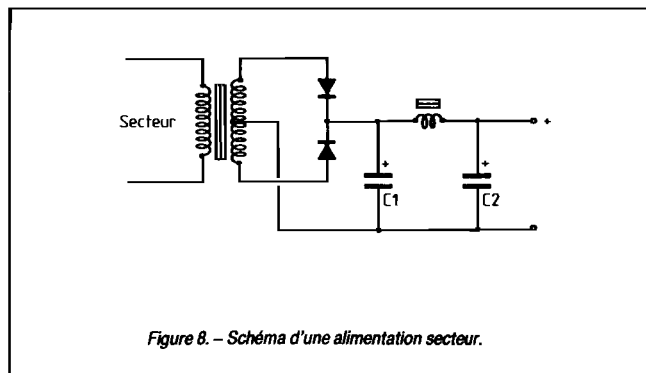


Figure 8. - Schéma d'une alimentation secteur.