

4. Les alimentations

4.1. Généralités

Supposons que nous ayons besoin d'une tension de 12 V pour alimenter un émetteur-récepteur, comment allons nous faire pour alimenter cet émetteur-récepteur à partir réseau qui est en 220 V , et en courant alternatif 50Hz ?

La tension du secteur est généralement de 220 V alternatif et elle est donc trop élevée, la première chose à faire est de réduire la tension secteur à une tension plus faible et voisine de 12V, pour ce faire nous utiliserons **un transformateur**. Le principe du transformateur a été étudié au chapitre 6.

La tension dont nous disposons au secondaire du transformateur est alternative, et notre émetteur-récepteur requiert du courant continu! Il faudra donc transformer le courant alternatif en courant continu, on dit qu'on devra **redresser le courant**, c'est là qu'interviendra la diode que nous avons aussi étudié au chapitre 6.

Du fait qu'une diode ne laisse passer le courant que lorsque son anode est positive par rapport à la cathode, nous pourrons utiliser une ou des diodes pour redresser le courant alternatif. Nous verrons dans les paragraphes suivants que plusieurs montages existent.

Malheureusement le résultat ne sera pas encore bon, en effet, la tension de sortie est une tension 'pulsée', si nous l'utilisons telle quelle pour alimenter notre récepteur, nous n'aurons qu'un mauvais résultat, nous entendrons un signal ronflé dans le haut-parleur, il faut donc **filtrer la tension**, c'est à dire la débarrasser de sa composante alternative à l'aide d'une cellule de filtrage, la cellule la plus simple ne comporte qu'un condensateur, une version plus sophistiquée, comprendrait un filtre en pi avec deux condensateurs et une self.

La tension de sortie peut varier en fonction de la charge, et dans 80% des cas cette variation n'est pas acceptable, on va alors **réguler** la tension d'alimentation au moyen d'un stabilisateur de tension ou d'un régulateur de tension.

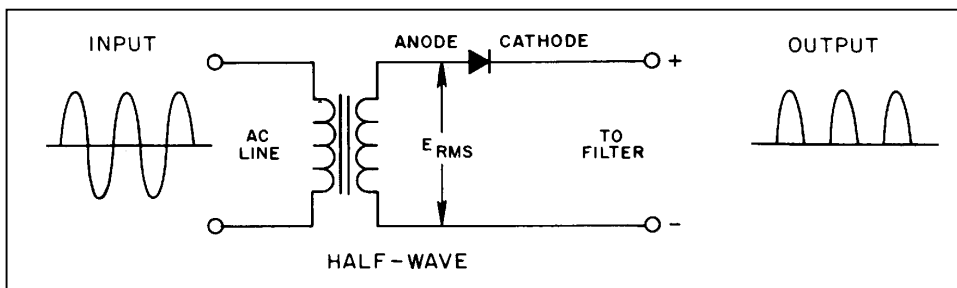
Nous venons ainsi de voir qu'une alimentation se compose habituellement de 4 unités :

- un transformateur,
- un redresseur
- un circuit de filtrage, et,
- un étage stabilisateur de tension.

A l'autre extrême, si on a besoin d'une tension de 2500 V sous 2 A pour alimenter le tube d'un ampli de puissance, il faudra aussi un transformateur, mais cette fois ce transformateur devra élever la tension. Puis on trouvera un redresseur et un circuit de filtrage.

4.2. Le redresseur mono alternance

Si nous raccordons une résistance de charge R_L , en série avec une diode, à un transformateur, la diode ne laissera passer le courant que lorsque son anode sera positive par rapport à la cathode, c'est à dire durant l'alternance positive. Durant l'alternance négative, le diode sera bloquée. Dans la résistance il y a donc un courant pulsé, mais qui est toujours dans le même sens, on dit que le courant est redressé.



Dans la plupart des cas cette ondulation est inacceptable, pour le réduire, on peut placer un condensateur de filtrage en parallèle sur la charge R_L , durant les alternances positives, le condensateur se charge à une valeur $U_{CL} = \sqrt{2} U_{eff}$ et durant les alternances négatives, il se décharge dans R_L , l'amplitude du ronflement diminue d'autant plus que la constante de temps $R_L C_L$ est grande vis à vis de la période du signal alternatif.

On peut se demander quelle sera la tension continue mesurée, avec un appareil de mesure, si, dans un montage redresseur simple alternance, nous avons un transfo qui fournit par exemple 100 V_{eff} au secondaire ?

Un appareil de mesure (du style cadre mobile) va donner la valeur moyenne, celle-ci vaut :

$$I_{moy} = 2 \times I_{crête} / \pi = 0,636 I_{crête} \quad \text{de même} \quad V_{moy} = 2 \times V_{crête} / \pi = 0,636 V_{crête}$$

ou si on exprime cela en fonction des valeurs efficaces, il faut diviser par $\sqrt{2}$:

$$I_{moy} = 0,449 I_{eff} \quad \text{de même} \quad V_{moy} = 0,449 V_{eff}$$

et, donc pour un redresseur mono alternance alimenté par un transformateur de 100 V_{eff}, nous aurons :

$$V_{crête} = 100 \text{ V} \times \sqrt{2} = 141,42 \text{ V} \quad \text{et} \quad V_{moy} = 141,42 / \pi = 45,0186 \text{ V}$$

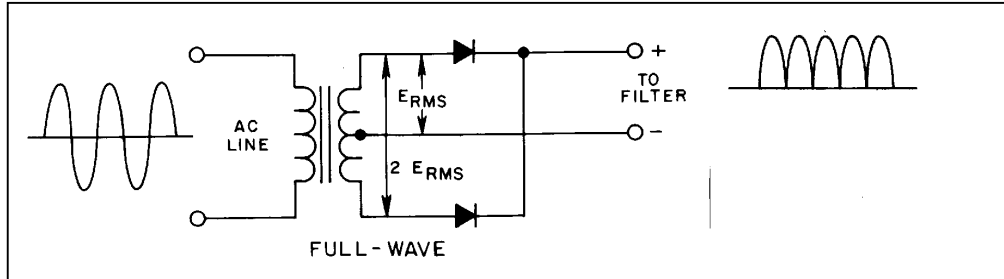
La première constatation est que cette valeur est faible, avec un transfo de 100 V_{eff} on obtient à peine une tension de 45 V., alors que la tension de crête est de 141,42 V.

Dans le cas qui nous préoccupe, le facteur de forme est de 1,11 tandis que le taux d'ondulation est de 48,3 %.

Le taux d'ondulation est de 47 % et pour réduire ce taux, on peut ici aussi, placer un condensateur de filtrage en parallèle sur la charge R_L , le condensateur se charge à une valeur $U_{cl} = \sqrt{2} U_{eff}$ et se déchargera dans la résistance R_L .

4.3. Le redresseur double alternance avec transfo à prise médiane

Dans un montage redresseur double alternance, on récupère aussi l'énergie durant l'autre l'alternance. Durant une alternance, A est positif par rapport à O, et alors B est négatif par rapport à O, dans ce cas le courant passe de A, au travers de la diode D1, par le point C, dans la charge R_L , par le point D, et retourne vers O.



Durant l'alternance suivante, B est positif par rapport à O et A est négatif par rapport à O, dans ce cas, le courant passe de B, au travers de la diode D2, par le point C, dans la charge R_L , par le point D, puis retourne vers O.

Durant les deux alternances, le courant passe donc pendant les deux alternances, dans la charge, de C vers D.

Encore une fois, on peut se demander quelle sera la tension continue mesurée, avec un appareil de mesure. Si, dans un montage redresseur double alternance, nous avons un transfo qui fournit 2×100 Veff au secondaire ?

En d'autres termes, si on prend la forme d'onde qui nous intéresse, la valeur moyenne vaut :

$$I_{\text{moy}} = 2 \times I_{\text{crête}} / \pi = 0,636 I_{\text{crête}} \quad \text{de même} \quad V_{\text{moy}} = 2 \times V_{\text{crête}} \times \pi = 0,636 V_{\text{crête}}$$

et, donc pour un redresseur double alternance alimenté par un transfo de 2×100 V eff , nous aurons :

$$V_{\text{crête}} = 100 \text{ V} \times \sqrt{2} = 141,42 \text{ V} \quad \text{et} \quad V_{\text{moy}} = 2 \times 141,42 / \pi = 90,036 \text{ V}$$

On a déjà sérieusement amélioré la tension moyenne et le rapport tension crête/ tension moyenne est devenu plus faible.

Dans le cas qui nous préoccupe, le facteur de forme est de 1,11 tandis que le taux d'ondulation est de 48,3 %.

Le taux d'ondulation est de 47 % et pour réduire ce taux, on peut ici aussi, placer un condensateur de filtrage en parallèle sur la charge R_L , le condensateur se charge à une valeur $U_{CL} = \sqrt{2} U_{\text{eff}}$ et se déchargera dans la résistance R_L .

4.4. Le redresseur double alternance avec pont de diodes

Si nous ne disposons pas d'un transfo à point milieu, on peut adopter une autre solution qui utilise un pont de diodes.

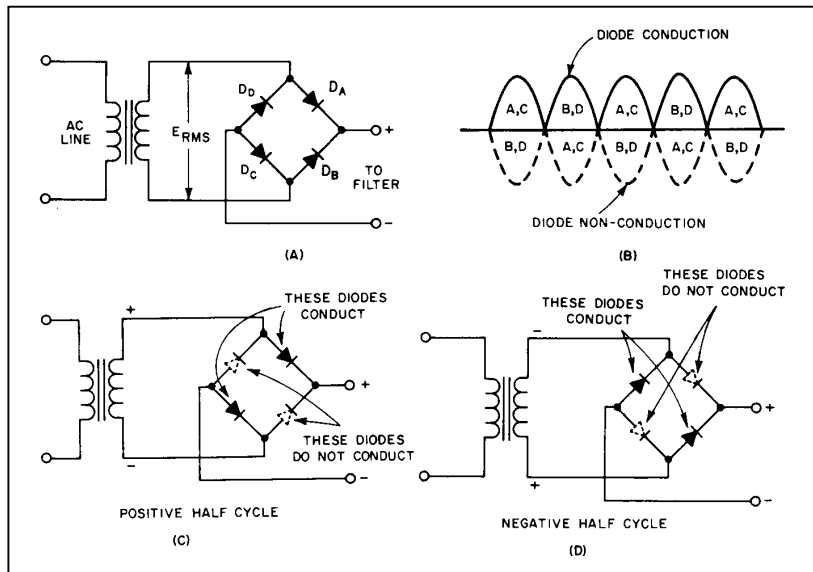
Pendant la période positive (figure C), le courant passe par D_A , puis dans la charge et retourne par D_C .

Tandis que pendant la période négative (figure D), le courant passe par D_B , puis dans la charge et retourne par D_D .

La figure B montre la forme de la tension redressée.

Les valeurs moyennes, efficaces, le taux d'ondulation et le facteur de forme sont les mêmes que pour le redresseur double alternance à point milieu.

Toutefois il faut remarquer que le courant traverse maintenant deux diodes, et par conséquent la chute de tension est double. Si on considère une alimentation pour une centaine de Volts ou plus, cette différence ne sera pas très importante. Par contre si on veut réaliser une alimentation qui fournit 6 V, la différence entre une chute de tension de 0,6 V (produite dans un redresseur double alternance avec transfo à prise médiane) par rapport à une chute de tension de $2 \times 0,6V$ (produite dans un redresseur double alternance avec pont de diodes) sera importante.



4.5. Tableau récapitulatif

	simple alternance	double alternance transfo à prise médiane	double alternance redresseur en pont
$V_{moyen} =$	$0,45 V_{eff}$	$0,90 V_{eff}$	$0,90 V_{eff}$
$V_{moyen} =$	$0,636 V_{crête}$	$0,90 V_{crête}$	$0,90 V_{crête}$
tension d'ondulation			
taux d'ondulation (%)	111 %	47,2 %	47,2 %
fréquence de l'ondulation	fréquence réseau	$2 \times$ fréquence réseau	$2 \times$ fréquence réseau
tension inverse sur la diode	$V_{eff} \times \sqrt{2}$	$2 \times V_{eff} \times \sqrt{2}$	$V_{eff} \times \sqrt{2}$
utilisation	(à éviter, ou alors pour des utilisations ne nécessitant pas beaucoup de courant)		dans la majorité des cas c'est le montage le plus simple, mais pour les très basses tensions, il y a $2 \times$ la chute de tension dans les diodes

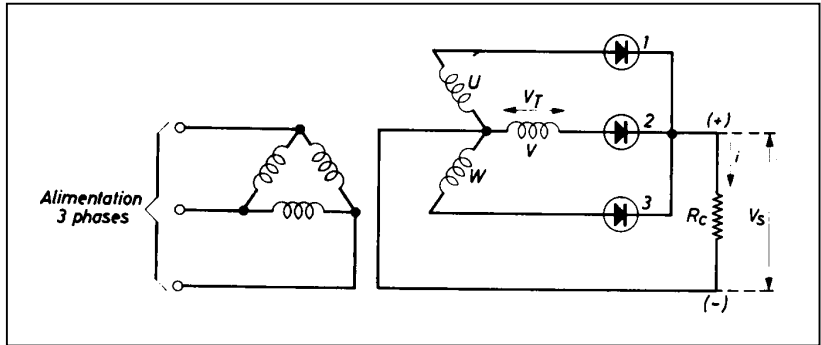
4.6. Les redresseurs triphasés

Dés à présent on peut donc extrapoler et dire que plus le nombre d'alternances redressées sera grand, plus le taux d'ondulation sera faible, ceci est particulièrement intéressant pour des installations industrielles.

Les radioamateurs qui rêvent de construire un jour un amplificateur de 10 kW, seront aussi intéressés par ces redresseurs triphasés, car il y aura moins de filtrage, et il ne faudra probablement pas demander un renforcement de la ligne à la compagnie d'électricité. A part le cas de ces gros amplificateurs linéaires, on ne rencontrera jamais de tels redresseurs dans les installations de radioamateur.

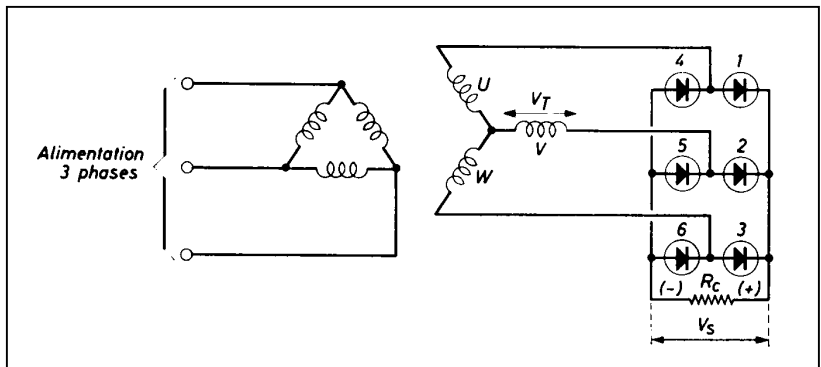
La première figure représente un montage triphasé une alternance. Les enroulements secondaires sont forcément montés en étoile. Il n'y a que 3 diodes. Caractéristiques principales:

- fréquence d'ondulation = 3 x la fréquence du secteur.
- valeur moyenne = 0,827 x valeur maximale
- taux d'ondulation 17 %



La seconde figure représente un montage triphasé à deux alternances. Les enroulements secondaires peuvent être en étoile ou en triangle. Il faut nécessairement 6 diodes. Caractéristiques principales:

- fréquence d'ondulation = 6 x la fréquence du secteur.
- valeur moyenne = 0,955 x valeur maximale
- taux d'ondulation 4 %



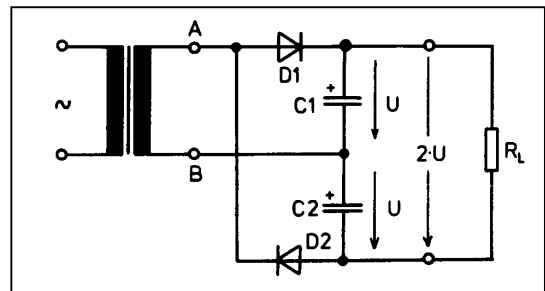
4.7. Les multiplicateurs de tensions

On pourrait être amené à produire des tensions très élevées sous un courant assez faible, on fait alors appel à des **doubleurs de tension** ou des **multiplicateurs de tension**. Ceci est particulièrement le cas de l'alimentation de tubes cathodiques qui nécessitent plusieurs kilovolt, voire quelques dizaines de kilovolt avec des débits de quelques dizaines de milliampères.

Le montage de la figure ci-contre est appelé **doubleur en pont**, encore appelé montage Greinache, Delon, ou pont de Graetz ...

Si le point A est positif par rapport à B, la diode D1 conduit et charge C1 sous une valeur égale à la tension de crête du transfo.

Si B est négatif par rapport à A, c'est la diode D2 qui conduit, elle charge C2 également sous une tension égale à la tension de crête du transfo.

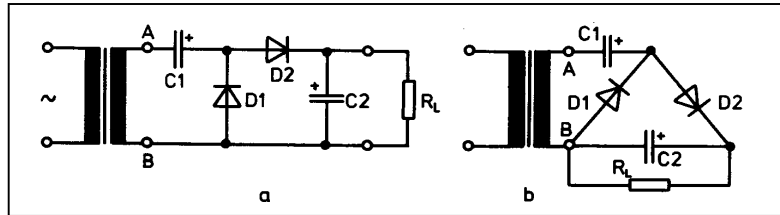


Comme la charge est raccordée entre les extrémités de C1 et de C2, elle est alimentée par une tension égale à la somme des tensions disponibles sur C1 et sur C2, donc sur une tension égale à 2 x la tension de crête.

Chaque diode doit pouvoir résister à une tension inverse égale à $2 \times$ la tension maximum ($U_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$) du secondaire du transfo. Chaque condensateur est chargé sous la tension maximum.

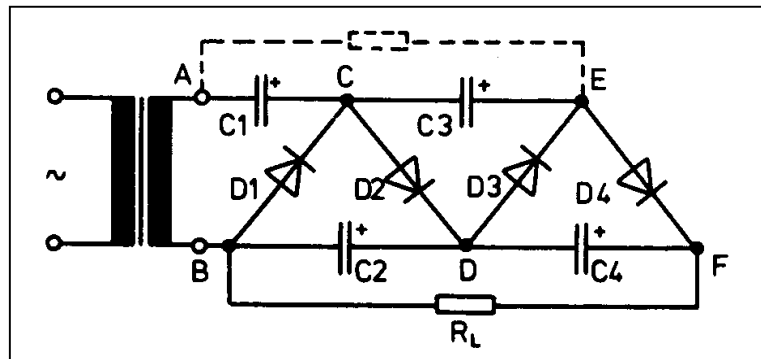
Un autre montage est représenté à la figure ci-contre, c'est le **doubleur en cascade**, encore appelé montage Siemens ou la pompe à diode ...

Si B est positif par rapport à A, le courant passe de B, par D1, charge C1 et retourne vers A, tandis que lorsque A est positif par rapport à B, cette tension est en série avec la charge de C1, le courant passe par D2 et charge C2 sous une tension égale à $2 \times$ la tension crête. remarquons que C1 n'est chargé que sur $1 \times$ la tension de crête.



Les figures a et b représentent le même schéma, mais grâce à la figure b, on comprend qu'on peut répéter le montage pour en faire un multiplicateur par "n".

Un des avantages de ce montage est que le transformateur peut être mis à la masse d'un côté et d'autre part ce principe de multiplication peut être généralisé, la figure ci-contre et représente un multiplicateur par 4.



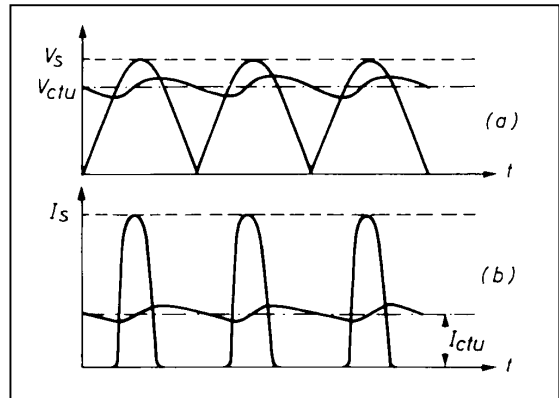
Il ne faut pas perdre de vue que ces montages sont réservés à de faibles débits. Plus le débit augmente, plus les condensateurs doivent être importants et plus grands seront les courants de pointe.

4.8. Les cellules de filtrages

La forme de la tension de sortie d'un redresseur n'est pas comme celle d'une batterie. On dit qu'il s'agit de **courant continu pulsé**.

La tension de sortie présente des impulsions en forme de demi sinusoïdes à la fréquence double de celle du réseau. La fréquence est donc de 100 Hz dans le cas d'un réseau à 50 Hz. Si on utilise cette tension pour alimenter un émetteur ou un récepteur, on obtiendra un ronflement très important, rendant pratiquement inaudible les signaux.

Afin d'égaliser ces impulsions, on utilise une **cellule de filtrage** ou dit plus simplement un **filtre**. La forme la plus simple de cellule de filtrage est un gros condensateur électrolytique placé en parallèle sur la sortie. Le condensateur se charge durant les pointes de tension et se décharge lorsque la tension redescend. Le condensateur lisse donc la tension du redresseur. A la sortie, nous aurons maintenant une tension continue, superposée à une **ondulation résiduelle**. Une ondulation résiduelle de 1% est généralement acceptable dans tous les cas.

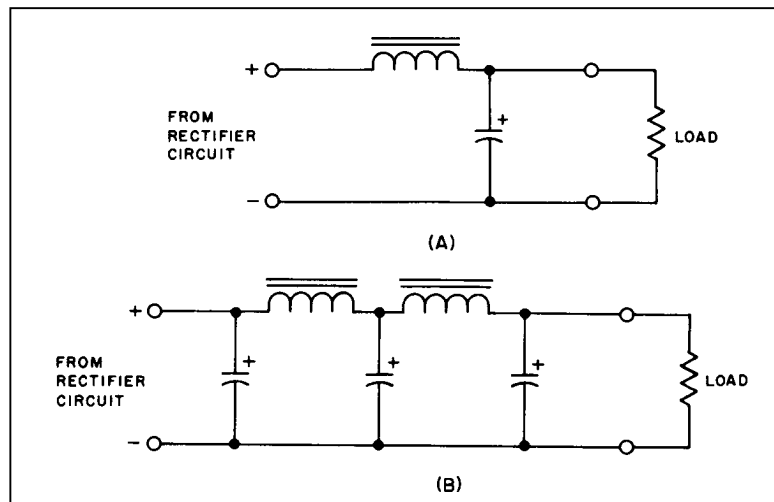


Plus le condensateur sera gros, moins élevée sera l'ondulation résiduelle. Il faudra donc que la constante de temps formée par le condensateur et la résistance de charge soit grand par rapport à la période. Pour 50 Hz, la période est de 10 ms puisque, généralement, on redresse les deux alternances donc

$$R_L C_L > 10 \text{ ms}$$

Mais tout le monde n'utilise pas du 50Hz. Les appareils d'origine américaine auront des condensateurs de filtrage un peu plus petits, puisqu'ils sont en 60 Hz. Les alimentations prévues pour les avions qui ont des alternateurs à 400 Hz seront équipés de condensateurs de filtrage encore beaucoup plus petit.

Mais on peut aussi améliorer l'efficacité du filtrage en adoptant une self de filtrage. La figure ci-contre montre deux variantes. La self de filtrage s'oppose aux variations de courant, faisant la paire avec le condensateur qui va s'opposer aux variations de tension.



Que se passe-t-il si on coupe la tension d'alimentation ? Si le redresseur (on devrait dire le condensateur de filtrage du redresseur, pour être précis) est chargé par une résistance, le condensateur va lentement se décharger dans la résistance de charge et au bout d'un certain nombre de τ (τ = la constante de temps) le condensateur sera totalement déchargé. Mais si pour une raison quelconque la charge disparaît le condensateur ne plus se décharger que par sa propre résistance de fuite (qui peut être de l'ordre de quelques 10 k Ω à quelques M Ω) et cela peut prendre "un certain temps". Pour ceux qui veulent faire des mesures sur un appareils alimenté en haute tension (disons plus de 50 V... voire les 3000 V que l'on trouve dans les amplificateurs linéaires des radioamateurs), ceci peut-être très gênant, voire très dangereux. Pour éviter ces problèmes on place en parallèle sur le condensateur une résistance appelée **résistance de saignée** ou **bleeder**. On s'arrangera pour que la

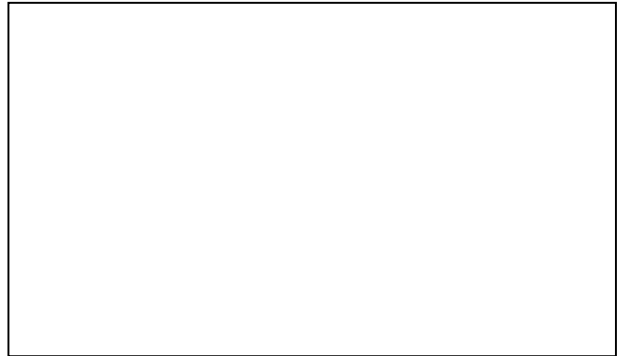
constante de temps de la décharge soit de l'ordre de 10 secondes par exemple, ainsi au bout de 5×20 secondes il n'y aura plus que 1% de la tension initiale. Donc $R_{\text{résistance de saignée}} \times C_L \approx 10 \text{ sec}$. Donc si on veut "travailler" sur une alimentation, on coupera d'abord la tension du secteur, on attendra une minute, puis on se méfiera encore car la résistance de saignée pourrait être endommagée ("claquée"), et on déchargera les condensateurs à l'aide d'un tournevis, un côté à la masse, et la pointe contre chacune des bornes du condensateur !

4.9. Variantes de montages redresseurs

La figure ci-contre montre comment obtenir une tension positive et une tension négative. En effet on a parfois besoin d'alimentation symétrique, qui donnent par exemple -12 et +12V.



La figure ci-contre, variante de la première montre comment obtenir deux tensions qui sont le double l'une de l'autre.



4.10. La régulation ou la stabilisation de tension

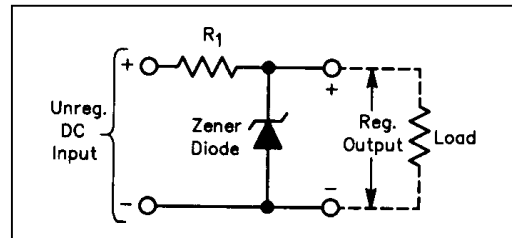
Un redressement suivi d'un simple filtrage peut convenir pour la plupart des montages à tubes, toutefois dans 80% des cas d'alimentations de dispositifs à semi-conducteurs, il faut stabiliser la tension. Pour cela on peut faire appel

- à des diodes zéners,
- à des régulateurs de tension linéaires réalisés avec des composants discrets ou intégrés dans un CI
- à des régulateurs à découpage qui présentent l'énorme avantage d'un excellent rendement.

4.9.1. Régulateur à diode zéner

Une diode zéner peut être utilisée pour stabilisée une tension comme indiqué à la figure ci-contre. Souvenez-vous que la zéner est polarisée en sens inverse, la cathode est donc raccordée au pôle positif.

Les diodes zéner sont disponible en une large gamme de tension, depuis 3V jusque 150 V environ, dans une large plage également de puissance, depuis 0,25 Watts jusqu'à 50 Watts.



Il faudra toujours ajouter une résistance afin de limiter le courant. Sans cette résistance la diode zéner est immédiatement détruite dès que le point d'avalanche est dépassé. La résistance se calcule simplement selon la loi d'Ohm

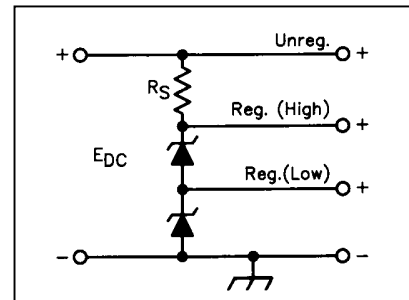
$$R = \frac{E - U_Z}{(I_Z + I_{out})}$$

Formule dans laquelle:

- E représente la tension d'entrée, comme elle varie, il faudra bien sûr prendre une valeur moyenne,
- I_Z est donné par le constructeur, et en fait I_Z va varier en fonction de la tension d'entrée,
- I_{OUT} est le courant de sortie, dans la plupart des cas I_{OUT} sera négligeable vis-à-vis de I_Z .

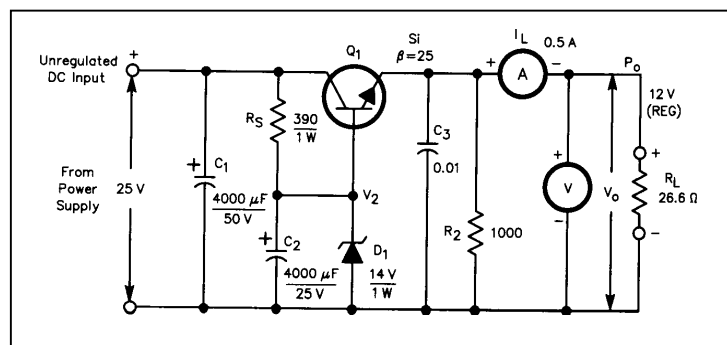
La figure ci-contre montre comment obtenir plusieurs tensions avec plusieurs diodes zéners.

Rappelons aussi que les diodes zéners de 6,5V ont un coefficient de température nul, ce qui les fait préférer comme diode de référence.



4.9.2. Les régulateurs séries

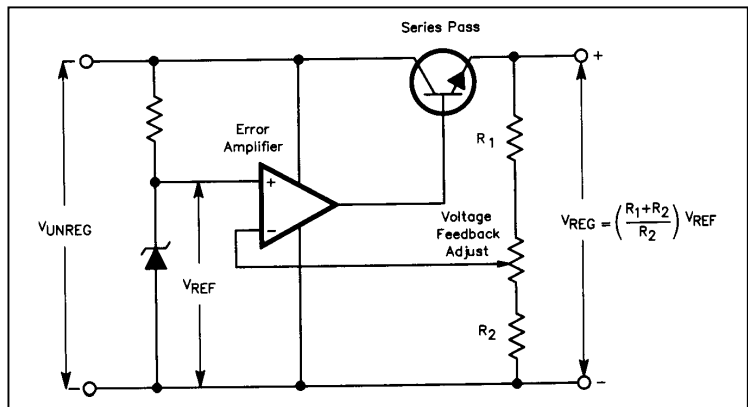
Mais le rendement d'une régulation par diode zéner n'est pas très bon, par conséquent les diodes zéners sont réservées à l'alimentation des circuits à faible consommation, ou à fournir des références de tension dans les circuits régulateurs. Le circuit régulateur le plus classique consiste à utiliser un transistor en série, ce transistor va agir comme résistance variable et modifier la valeur de cette résistance en vue de maintenir la tension de sortie constante.



Le transistor en série est monté en émetteur commun (voir paragraphe sur les transistors plus loin) et tout se passe comme si le transistor augmentait artificiellement la charge par le facteur β . Le transistor Q_1 est parfois appelé **transistor ballast**. Dans cette configuration, la diode zéner D_1 fournit une référence de tension. Le condensateur C_2 supprime (ou réduit d'avantage) le ronflement qui pourrait subsister sur la diode zéner. C_3 fournit un dernier filtrage. La tension de sortie V_O est égale à la tension de la diode zéner (ici 14 V) moins la chute de tension dans la jonction émetteur-base (0,6 à 0,7 V), donc dans notre exemple la tension de sortie V_O sera égale à 13,4 V à peu près.

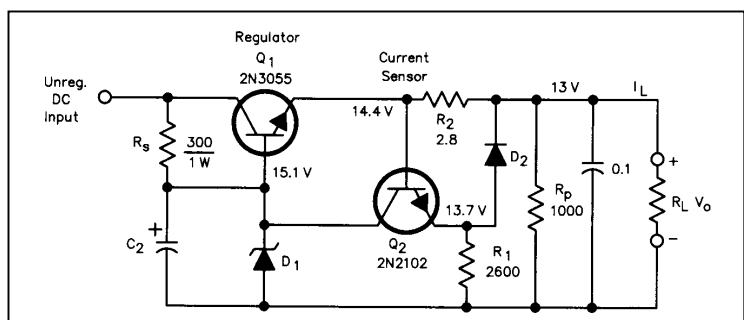
La tension d'entrée doit au moins être égale à la tension de sortie, plus la chute de tension entre le collecteur et l'émetteur. Cette tension minimum collecteur-émetteur est appelée tension de déchet, elle est généralement de l'ordre de 1 à 4 Volts. Plus la tension d'entrée sera élevée, meilleure sera la marge pour stabiliser la tension. Mais il ne faut pas oublier que ce transistor va dissiper une puissance qui sera égale à la tension entre collecteur-émetteur multiplié par le courant. Dès qu'on commence à vouloir faire des alimentations de plus de 0,5 A, on doit donc avoir recours à des transistors de moyenne puissance ou à des transistors de puissance. Donc dans notre cas il faudra que la tension d'entrée soit au moins égale à $13,4 \text{ V} + 4 \text{ V} = 17,4 \text{ V}$. tenant encore compte des variations de tension du réseau (+- 10%), la tension d'entrée pourrait très bien monter à 19 ou 20 V. Dans ce cas la dissipation du transistor ballast s'élèvera à $(20 \text{ V} - 13,4 \text{ V}) \times 0,5 \text{ A} = 3,3 \text{ Watts}$.

Il est possible d'obtenir une meilleure stabilisation, en utilisant un schéma avec une contre réaction. On obtient ainsi une **régulation série à contre-réaction**. Un ampli d'erreur mesure la différence entre une fraction de la tension de sortie (déterminée par le rapport $R_2 / (R_1 + R_2)$) et une tension de référence V_{REF} . Ce signal d'erreur est alors appliqué sur la base du transistor.

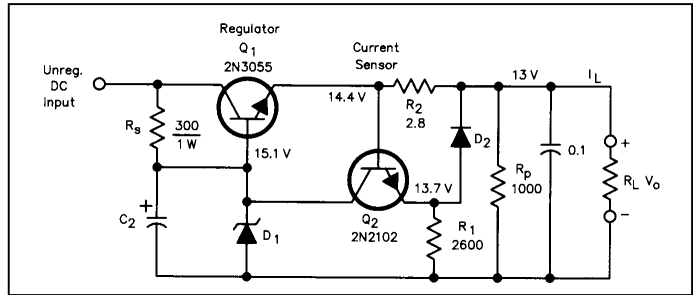


Il peut aussi y avoir une chute de tension dans les câbles. Pour éviter cela, on le diviseur $R_1 R_2$ est connecté sur la charge, les fils de connexion de $R_1 R_2$ peuvent avoir une section relativement faible car il ne circule qu'un très faible courant. Cette technique est appelée **régulation à contre-réaction à distance** ou remote-sensed feedback regulation.

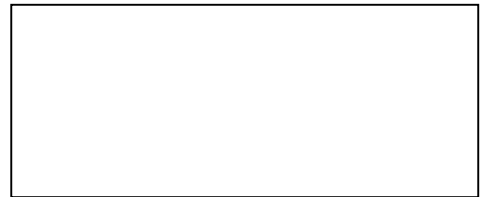
Un des gros problème est celui des courts-circuits à la sortie, en cas de court-circuit de la sortie. Un fusible n'est pas assez rapide pour garantir cette protection. On ajoute donc généralement un **circuit de protection contre les surcharges**. Le courant de sortie traverse la résistance R_2 de $2,8 \Omega$, dès que le courant excède 0,5 A, la tension au borne de cette résistance ($2,4 \text{ V} \times 0,5 \text{ A} = 1,2 \text{ V}$) pourra faire circuler un courant dans la jonction base-émetteur de Q_2 . dès lors Q_2 va devenir conducteur. Le courant dans R_s qui auparavant passait dans la zéner et le transistor Q_1 , va maintenant se partager aussi dans Q_2 et va tendre à faire passer moins de courant dans le transistors ballast Q_1 . A la limite si la sortie est en court-circuit, la tension aux bornes de la diode zéner se réduit à la tension entre émetteur et collecteur de Q_2 qui est saturé, donc à 2 ou 3 Volts.



Une autre protection peut encore être ajoutée à une alimentation, il s'agit d'une protection contre les surtensions, en effet l'appareil alimenté peut être cher (dans les deux sens du terme !) transceiver. Pour ce faire on utilise le montage ci-contre. Lorsque la tension de sortie devient trop élevée, la diode zéner D_2 commence à conduire, la tension aux bornes de R_2 devient suffisante pour déclencher le thyristor qui met l'entrée en court-circuit et qui évite toute nouvelle augmentation de la sortie. Par le fait que le thyristor est conducteur, le fusible F_1 saute et supprime donc définitivement le danger.



Une autre protection beaucoup plus simple consiste à mettre une diode zéner, dont la tension est légèrement supérieure à la tension nominale, à la sortie. Une petite diode zéner de 0,5 W utilisée de cette façon se mettra en court-circuit franc et pourra supporter jusqu'à 6 ou 10 A pendant un temps assez long que pour faire fondre un fusible.



4.9.3. Les régulateurs "3 pattes"

La tendance est maintenant d'utiliser des circuits régulateurs tout faits, dans un seul boîtier qui comporte 3 pattes c.-à-d. 3 connexions : une entrée, une masse et une sortie. Tout est à l'intérieur de ce CI, le transistor ballast, le régulateur différentiel, la protection contre les surcourant et la protection contre les surtensions. Il faut ajouter à cela un faible prix et une facilité d'utilisation.

Il existe deux types de régulateurs, ceux qui ont un transistor ballast dans la ligne positive et ceux qui ont ce transistor ballast dans la ligne négative.

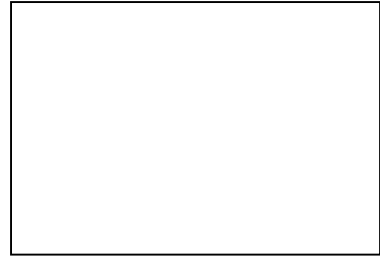
La figure ci-contre montre comment utiliser ces régulateurs trois pattes.



Les régulateurs 3 pattes existent pour des tensions standardisées de 5 V, 12 V, 15 V, 24 V. Il est toutefois possible d'augmenter cette tension de 0,6 ou 1,2 V ou même plus en mettant en série avec la connexion de masse une diode au silicium si on veut 0,6 V de plus, ou deux diodes si on veut 1,2 V de plus et ainsi de suite. Le courant dans la connexion de masse est en général très faible et ces quelques diodes ne dégradent pas les caractéristiques du régulateur. Dans ce cas il faut être prudent car la connexion de masse est bien souvent le boîtier. Sans diode supplémentaire le boîtier va directement à la masse, avec une ou des diodes supplémentaires, il faut isoler le boîtier.

Les régulateurs trois pattes sont caractérisés par un courant maximum. Ce courant maximum ne peut toutefois être garantis qu si la dissipation n'est pas dépassée.

Il existe aussi des régulateurs ajustables : Ils sont similaires aux régulateurs 3 pattes, sauf que la connexion de masse s'appelle maintenant "ADJUST" et elle va permettre grâce à un diviseur de tension de fixer la tension. La tension de référence V_{REF} entre la connexion de sortie et la connexion ADJUST, c.-à-d. aux bornes de R_1 est par exemple de 1,2 V, il n'est alors pas difficile de trouver la valeur de R_2 .



Le tableau ci-dessous donne un résumé des différents types de régulateurs de tensions couramment utilisés :

série 78xx = tension positive
série 79xx = tension négative
séries 78xx ou 79xx = boîtier TO220 ou boîtier TO3, courant maximum 1,5 A
séries 78Lxx ou 79Mxx = boîtier TO39, courant maximum 0,1 A
séries 78Lxx ou 79Lxx = boîtier TO39, courant maximum 0,1 A
LM317 = tension ajustable de 1,2 à 37 V , maximum 1,5 A

4.9.4. Autre régulateur de tensions

Rappelez-vous du schéma du régulateur série à contre-réaction. Il existe des CI qui regroupent l'amplificateur différentiel, la détection de surcourant qui sont capables de délivrer une centaines de milliampères. Ces CI constituent aussi "un bloc" avec lequel on peut construire une alimentation régulée. L'avantage de ce bloc, par rapport au régulateur trois pattes est que sa régulation est encore meilleure. Le $\mu A723$ est le meilleur exemple de ce genre de régulateur.

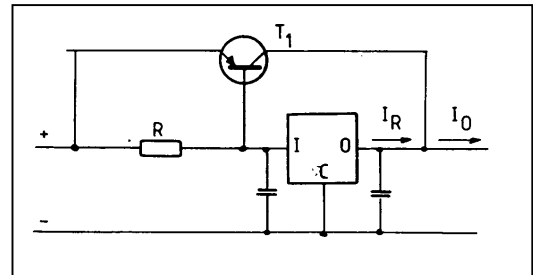


4.9.5. Variantes utilisant les régulateurs à 3 pattes

Il est possible d'ajouter d'autres éléments autour d'un régulateur 3 pattes afin d'en faire un montage plus sophistiqués :

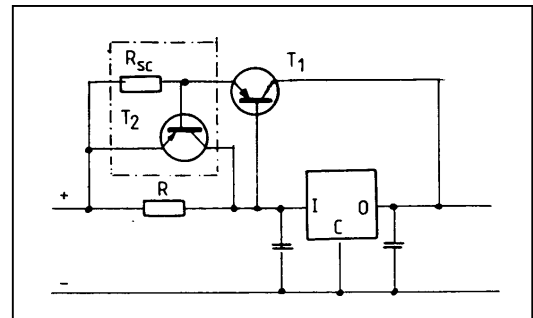
4.9.5.1.

En ajoutant un transistor ballast extérieur T_1 , on va augmenter considérablement le courant de sortie. I_0 est pratiquement égal à $(\beta_1 + 1) I_{R\ max}$. Ainsi, si β_1 est égal à 15 et que $I_{R\ max}$ est de 1 A, on pourra obtenir une alimentation de 16 A. Dans la pratique il faudra cependant limiter cette alimentation à 10 ou 12 A. Le transistor T_1 devra pouvoir supporter un courant de collecteur I_{C1} de 16 A et une puissance supérieure à la tension $V_{CE1} \times (I_0 - I_R)$. Il faut choisir R tel que $R = V_{be1} / (I_{R\ max} - (I_{0\ max} / \beta_1))$



4.9.5.2

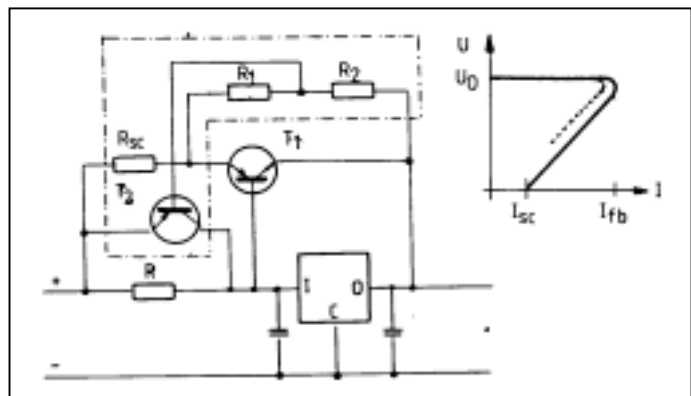
En ajoutant encore un transistor T_2 qui va limiter le courant maximum en cas de court-circuit
 $R_{SC} = V_{be2} / I_{SC}$ I_{SC} est le courant de court-circuit à partir duquel l'alimentation se met en limitation
 L'inconvénient de ce montage est qu le transistor de by-pass (T_1) dissipe énormément de puissance durant le court circuit.



4.9.5.3.

En modifiant le montage on va obtenir une protection foldback (ou "en épingle à cheveux"), c'est-à-dire que une fois que le courant maximum I_{SC} sera atteint, l'alimentation va se mettre en protection et le courant sera alors limité à une valeur beaucoup plus faible I_{fb} .

On calcule d'abord R_{SC} comme ci-dessus puis $I_{fb} = U_0 (R_1 / (R_1 + R_2) + V_{be2}) / R_{SC}$



4.9.5. Régulation de tension par découpage

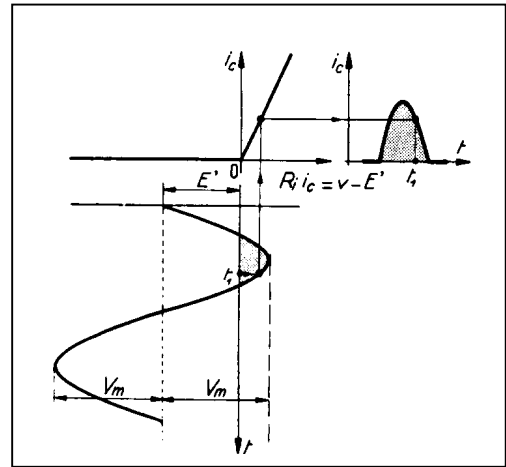
4.10. Débit sur force contre-électromotrice

4.10.1. Débit sur force contre-électromotrice et redresseur simple alternance

Jusqu'à présent nous avons supposé que nos circuits redresseurs étaient chargés par des résistances pures, mais il est encore un cas très intéressant à étudier, celui où le redresseur débiterait sur une batterie d'accumulateurs. Nous ne considérerons que le cas le plus fréquent celui d'un redresseur simple alternance.

Le redresseur ne débite que lorsque $v \geq E'$, c'est à dire deux fois par période. Le **temps d'ouverture** c'est à dire la durée du passage du courant pendant chaque période est inférieur à la période et peut tendre vers zéro.

Le redresseur conduit dès l'instant t_0 tel que $v = V \sin \omega t = E'$ c.-à-d. pour une valeur telle que $\sin \alpha = E'/V$ et s'arrête de conduire à l'instant $T/2 - t_0$.



On définit aussi le **facteur d'ouverture** comme le rapport du temps d'ouverture à la période

$$a = (\pi - 2\alpha) / 2\pi$$

On définit l' **excédent moyen de tension** comme étant la tension moyenne durant le temps d'ouverture, elle s'obtient en calculant l'aire de la calotte de sinuséide et on obtient

$$E_c = (V_m / \pi) (\cos \alpha - \pi a \sin \alpha)$$

Le courant redressé moyen I_m s'obtient en divisant l'excédent moyen par la résistance équivalente du circuit.

Exemple :

Soit une batterie dont $E' = 12,5 \text{ V}$ et la résistance interne ρ est de $0,2 \Omega$, et une tension efficace de 11 V . Calculez l'excédent moyen et le courant moyen dans la batterie ? Calculez le courant de pointe ?

$$V_m = 11 \times \sqrt{2} = 15,5 \text{ V}$$

$$\sin \alpha = E' / V_m = 12,5 / 15,5 = 0,806 \text{ d'où } \alpha = 0,937 \text{ radians}$$

$$a \pi = (\pi - 2 \alpha) / 2 = 0,633$$

$$E_c = (V_m / \pi) (\cos \alpha - \pi a \sin \alpha)$$

$$E_c = (15,5 / \pi) (\cos 0,937 - 0,633 \sin 0,937) = 4,93 (0,592 - 0,510) = 4,93 \times 0,082 = 0,404 \text{ Volt}$$

$$I_c = 0,404 / 0,2 = 2,02 \text{ A}$$

$$I_m = (V_m - E') / \rho = 15,5 - 12,5 / 0,2 = 3 / 0,2 = 15 \text{ A}$$

4.10.2. Débit sur force contre-électromotrice et redresseur double alternance

Dans le cas d'un redresseur double alternance, l'excédent moyen est double et le courant moyen également. Le rapport courant maximum / courant moyen est plus faible.

4.11. Que faut-il connaître pour l'examen HAREC ?

Le programme HAREC prévoit les points suivants :

- Circuits de redressement demi-onde et onde entière et ponts redresseurs
- Circuits de filtrage
- Circuits de stabilisation dans les alimentations à basse tension