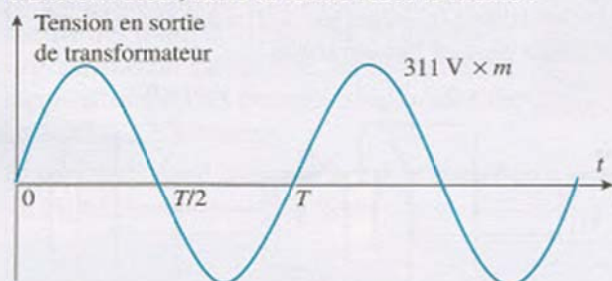


17.1 PRÉSENTATION

■ Nécessité / Définition

En électronique, afin d'alimenter les montages et certains composants, nous avons souvent besoin de sources de tensions continues (alimentation A.L.I., référence de tension, polarisation...).

Or, le réseau de distribution nous délivre une tension sinusoïdale (230 V efficaces, 50 Hz). La valeur efficace de cette tension est généralement abaissée grâce à un transformateur, mais la forme reste la même :



Cette tension est dite alternative ; positive pour $[0 \text{ à } T/2]$ puis négative pour $[T/2 \text{ à } T]$

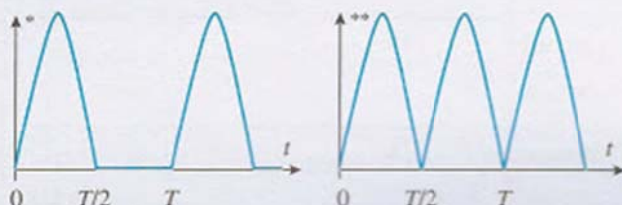
$$V([T/2 \text{ à } T]) = -V([0 \text{ à } T/2]).$$

Sa valeur moyenne est nulle.

Le redressement permet d'obtenir une tension qui sera soit toujours positive, soit toujours négative, afin de disposer d'une tension de valeur moyenne non nulle.

On obtient ces tensions :

- en ne gardant que l'alternance positive (ou négative) ; redressement monoalternance* ;
- en redressant la partie négative (ou positive) afin d'avoir $V([T/2 \text{ à } T]) = V([0 \text{ à } T/2])$; redressement bi-alternance**.



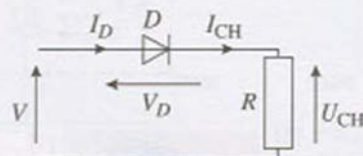
Afin d'obtenir ces formes, nous utiliserons la diode, composant électronique unidirectionnel. Pour certaines applications, on utilise des éléments unidirectionnels commandés (exemple : les thyristors).

17.2 REDRESSEMENT SUR CHARGE RÉSISTIVE

Dans cette partie, afin de mettre en évidence le fonctionnement d'un redressement à diode, la charge à alimenter sera considérée résistive (simple résistor).

■ Redressement monoalternance

Schéma :



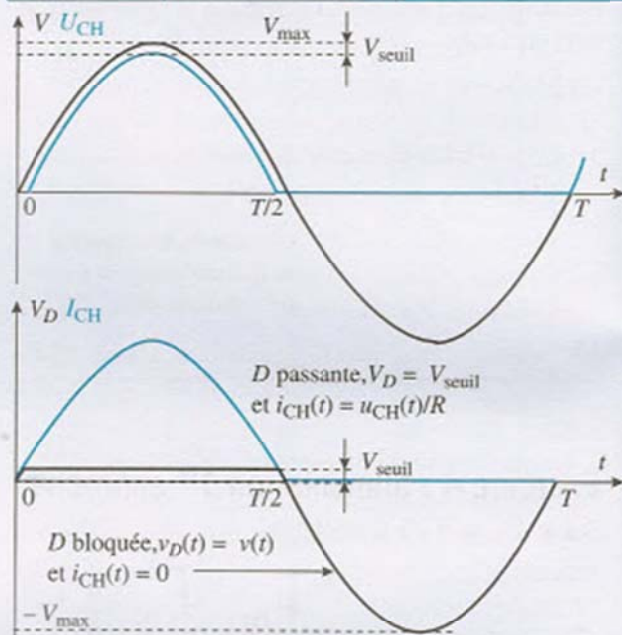
$$\text{Soit } v(t) = \sqrt{2} V_{\text{eff}} \sin \omega t, \quad \omega = 2\pi f.$$

V_{seuil} : tension de seuil de D.

– D est passante si $i_D(t) = i_{CH}(t) > 0$, c'est-à-dire si $v(t)/R > 0$, donc si $v(t) > 0$.

– D est bloquée si $V_D < V_{\text{seuil}}$, c'est-à-dire si $v(t) < 0,7 \text{ V}$ ($v(t)$ étant la seule source de tension du montage).

t	0 à T/2	T/2 à T
État de D	Passante	Bloquée
$i_{CH}(t)$	$(v(t) - V_{\text{seuil}})/R$	0
$u_{CH}(t)$	$v(t) - V_{\text{seuil}}$	0



On voit que la tension inverse maximale de la diode est :

$$V_{\text{D inverse max}} = V_{\text{max}}.$$

Calcul de $\langle u_{CH} \rangle$ et $U_{CH\text{eff}}$

On négligera la chute de tension dans la diode pour les calculs.

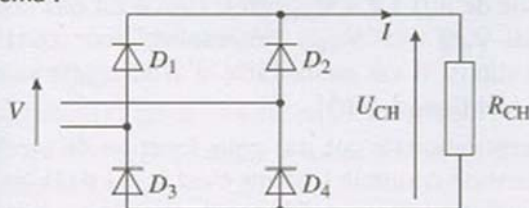
$$\begin{aligned} \langle u_{CH} \rangle &= \frac{1}{T} \int_0^{T/2} V_{\text{max}} \sin(\omega t) dt, \\ &= \frac{V_{\text{max}}}{T\omega} \left[-\cos\left(\frac{T\omega}{2}\right) + \cos 0 \right], \\ &= \frac{V_{\text{max}}}{\pi}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{CH\text{eff}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T/2} [V_{\max} \sin(\omega t)]^2 dt} \\
 &= \sqrt{\frac{V_{\max}^2}{T} \left[\frac{T}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_0^{T/2}} \\
 &= \frac{V_{\max}}{2} \quad (\sin \alpha)^2 = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2}
 \end{aligned}$$

Ces calculs sont accessibles aux élèves de terminale. Les élèves de première devront admettre les résultats.

■ Redressement double alternance par pont de diodes (ou pont de GRAËTZ)

Schéma :

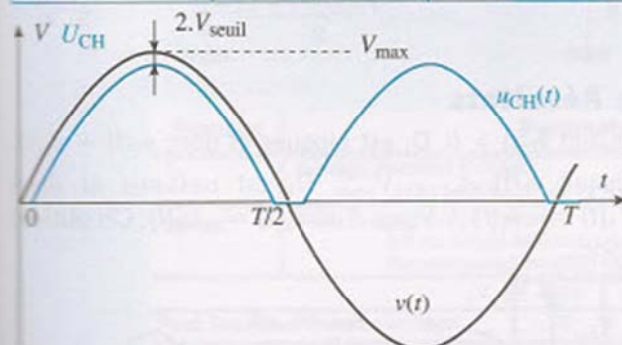


Soit la règle suivante.

- Quand 2 diodes ont leurs anodes reliées au même potentiel (exemple D_3 et D_4), la seule à pouvoir conduire est celle dont la cathode est portée au potentiel le moins élevé.
- Quand 2 diodes ont leurs cathodes reliées au même potentiel (exemple D_1 et D_2), la seule à pouvoir conduire est celle dont l'anode est portée au potentiel le plus élevé.

Ce qui entraîne :

t	0 à T/2	T/2 à T
État de D_1 et D_4	Passante	Bloquée
État de D_2 et D_3	Bloquée	Passante
$u_{CH}(t)$	$v(t) - 2 V_{\text{seuil}}$	$-v(t) - 2 V_{\text{seuil}}$



Calcul de $\langle U_{CH} \rangle$ et $U_{CH\text{eff}}$

Le signal étant 2 fois plus fréquent qu'en redressement monoalternance, la tension moyenne est donc doublée :

$$\langle U_{CH} \rangle = 2 \frac{V_{\max}}{\pi}$$

La valeur de la tension efficace ne suit pas la même règle :

$$U_{CH\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$$

17.3 CHOIX DES COMPOSANTS DE REDRESSEMENT

■ Diodes

Trois paramètres doivent être vérifiés

– La tension inverse répétitive maximale de la diode (V_{RRM} ou V_{RPM}). En effet, lorsque les diodes d'un redressement sont bloquées, elles ont à leur borne la tension d'entrée du redresseur, $v(t)$.

Il faut donc vérifier que la diode accepte une tension inverse répétitive (toutes les périodes) cohérente.

– Le courant pouvant traverser la diode : ce courant sera fonction de la charge alimentée ; soit continu (I_f), soit en pointes répétitives (I_{FRM})...

– Le temps de recouvrement inverse (t_{rr}) : afin de vérifier que les diodes sont capables de commuter à la vitesse de la tension d'entrée $v(t)$, c'est-à-dire une fois par période.

■ Pont de diodes

On trouve des ponts de GRAËTZ intégrés dans un seul boîtier.

Ils comportent 2 broches d'entrée (pour V) et 2 broches de sortie (pour U_{CH}).

Les caractéristiques techniques importantes à vérifier sont toujours :

- la valeur maximum du courant direct traversant une des diodes (I_{FRM}).
- la valeur maximum de la tension inverse répétitive (V_{RRM}).

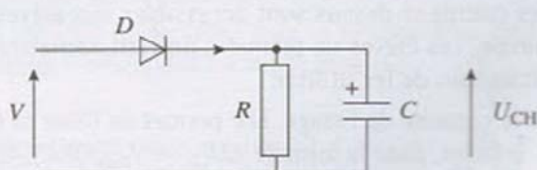
Pour les redresseurs de forte puissance, il est conseillé de vérifier si un dispositif de refroidissement est nécessaire.

17.4 REDRESSEMENT SUR CHARGE CAPACITIVE

■ Présentation

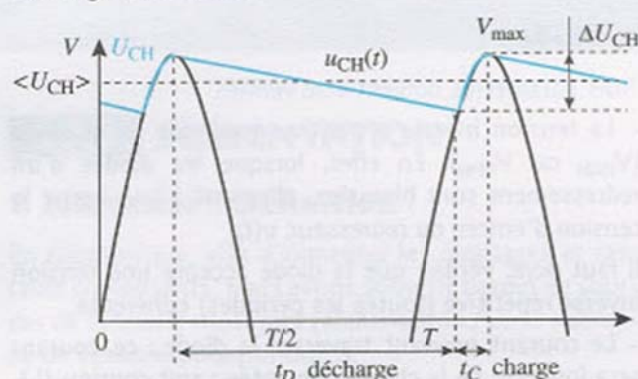
Dans le cas des redressements sur charge résistive présentés ci-dessus, la tension utile (U_{CH}) est toujours positive mais pas vraiment continue. Afin de se rapprocher d'une forme continue, on utilise une charge capacitive ; un condensateur de forte capacité est placé en sortie du redresseur.

■ Cas du redressement monoalternance



Pour cette étude, on négligera la tension de seuil des diodes.

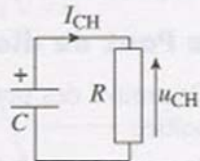
Le condensateur va se charger sur l'alternance positive de $v(t)$ puis se décharger, restituant son énergie au montage à alimenter.



La diode conduit uniquement pendant la phase de charge.

Calcul de ΔU_{CH} et $\langle U_{CH} \rangle$

En phase de décharge, c'est le condensateur qui alimente le montage (R) connecté au pont de diodes. Le circuit RC n'a donc plus de liaison avec la source $v(t)$ et on peut raisonner sur le schéma équivalent ci-contre. Nous avons vu dans le cours sur le condensateur l'expression de la tension aux bornes de C en phase de décharge :



$$u_C(t) = U_0 \times e^{-t/\tau} = u_{CH}(t) \text{ en phase de décharge.}$$

$\tau = RC$. U_0 est la valeur de la tension U_{CH} au début de la décharge ; $U_0 = V_{max}$.

Or comme $t_D \gg t_C$, la phase de décharge dure environ la totalité de la période de $v(t)$ (en effet, la charge étant très rapide, cette approximation est largement satisfaisante).

D'où :

$$\Delta U_{CH} = U_C(0) - U_C(T) = U_0 (e^0 - e^{-T/\tau}) = V_{max}(1 - e^{-T/RC}).$$

Si $T \ll RC$, on peut effectuer une deuxième approximation en remplaçant $e^{-T/RC}$ par $1 - (T/RC) = 1 - (1/RCf)$.

$$\text{D'où : } \Delta U_{CH} = \frac{V_{max}}{fRC}.$$

Il peut paraître aberrant de faire des approximations dans ce calcul. Néanmoins cette formule servant à dimensionner C et la tolérance des condensateurs étant rarement inférieure à 10 %, on peut donc accepter ces approximations.

$$\langle U_{CH} \rangle = V_{max} - \left(\frac{\Delta U_{CH}}{2} \right) = V_{max} \left(1 - \frac{1}{2fRC} \right).$$

→ Les calculs ci-dessus sont accessibles aux élèves de terminale. Les élèves de première doivent admettre les résultats afin de les utiliser.

C est la capacité de lissage. Elle permet de lisser la tension. En effet, dans la formule $\Delta U_{CH} = V_{max}/(fRC)$, C est facilement modifiable. La pente de la décharge de U_{CH} dépend de C . Plus la capacité C est importante, plus ΔU_{CH} est faible, et donc plus U_{CH} est « lissée ».

■ Cas du redressement double alternance

Le fonctionnement est le même, mais deux fois plus fréquent. ΔU_{CH} , l'ondulation de U_{CH} sera donc deux fois moins élevée :

$$\text{D'où } \Delta U_{CH} = \frac{V_{max}}{2fRC}$$

$$\langle U_{CH} \rangle = V_{max} - \left(\frac{\Delta U_{CH}}{2} \right) = V_{max} \left(1 - \frac{1}{4fRC} \right).$$

17.5 REDRESSEMENT SANS SEUIL

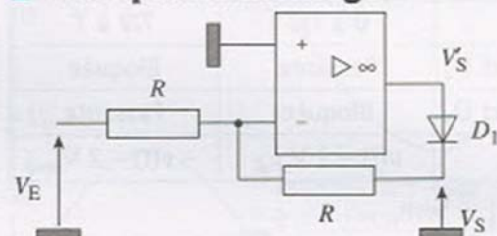
Nous avons vu que dans le cas du redressement bi-alternance, la tension $u_{CH}(t)$ est identique à la valeur absolue de $v(t)$ à $2 \times V_{seuil}$ près. Ceci n'est pas important si $V_{max} \gg V_{seuil}$. Néanmoins, pour certaines applications, il est souhaitable d'avoir $u_{CH}(t)$ strictement identique à $|v(t)|$.

Ces applications n'ont pas pour fonction de produire une tension continue (comme c'est le cas dans les alimentations continues). Elles sont souvent rencontrées dans des montages de mesure de tensions efficaces ou détecteur crête nécessitant l'opération « valeur absolue » d'une tension sinusoïdale.

■ Principe

On utilise un A.L.I. afin d'avoir une tension de seuil de diode ramenée à V_{seuil}/A , où A est l'amplification en boucle ouverte de l'A.L.I. Pour un A.L.I. de type TL072, A est de l'ordre de 10^5 . Le nouveau seuil sera alors négligeable.

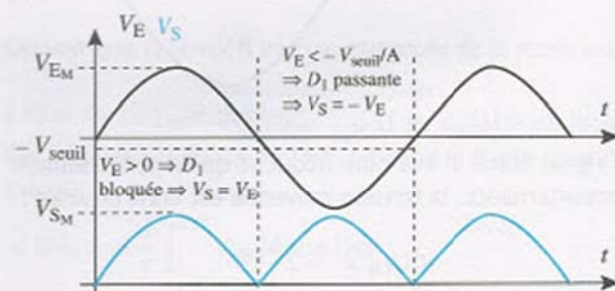
■ Exemple de montage



Voir simulation
Vab-abs.cir.

■ Résultats

Quand $v_E(t) > 0$, D_1 est bloquée et donc $v_S(t) = v_E(t)$. Quand $v_E(t) < -V_{seuil}/A$, D_1 est passante et donc $v_S(t) = -v_E(t) + V_{seuil}$, d'où $v_S(t) = -v_E(t)$. On obtient donc...



... la fonction valeur absolue $v_S(t) = |v_E(t)|$.

L'avantage de cette structure est de supprimer le décalage de la tension de sortie dû à V_{seuil} des diodes : $V_{SM} = V_{EM}$.