

Cours « Technologie des composants électriques 2 »

Chapitre 1. Conception des alimentations

(1 Semaine)

Pile ou secteur?, les transformateurs, le redressement, le filtrage, la stabilisation de tension, l'alimentation variable, l'alimentation à courant constant, les régulateurs intégrés (Régulateurs 78xx et 79xx, Régulateur LM317), Petite schématèque utile.

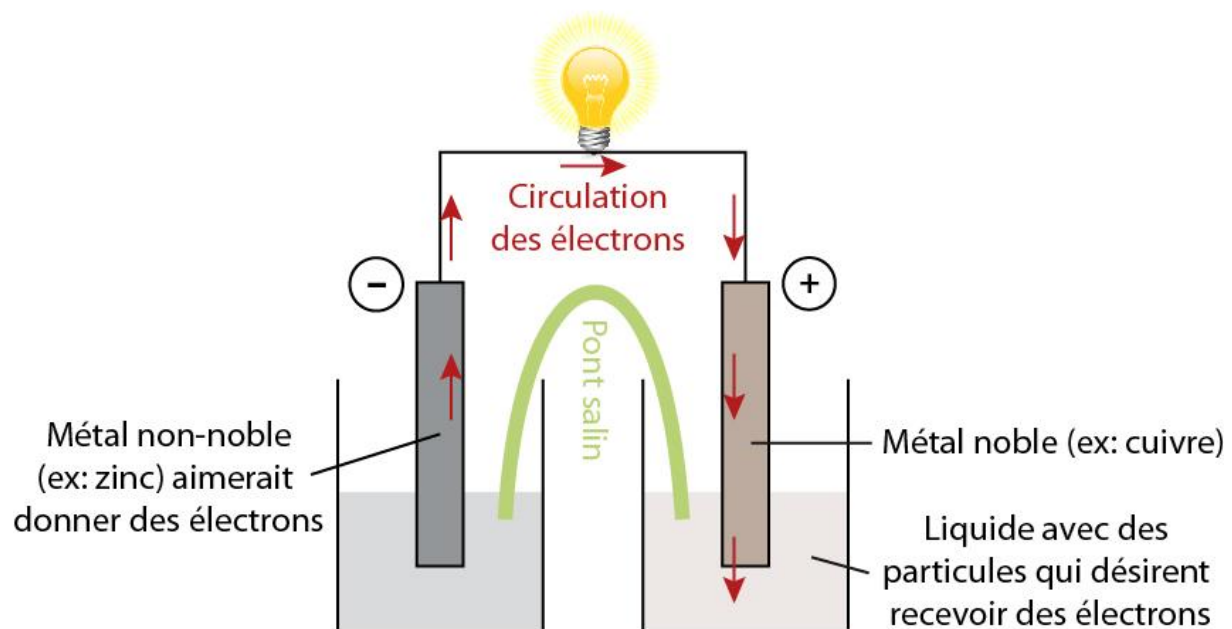
Pile

Les piles et accumulateurs sont des sources d'énergie électrique obtenue par transformation directe d'énergie chimique. Une pile est utilisable une fois, un accumulateur plusieurs fois car rechargeable. Une batterie est un assemblage de piles ou d'accumulateurs. Une pile est constituée de deux électrodes, l'anode et la cathode qui baignent dans l'électrolyte. L'anode est constituée de matériaux choisis pour leur aptitude à libérer des électrons. En générale ce sont des métaux (plomb, fer, zinc, cadmium, calcium, aluminium, magnésium, lithium) ou de l'hydrogène. La cathode est constituée de matériaux capables de fixer des électrons. On utilise du soufre, des halogènes ou des oxydes métalliques. Il existe deux grandes familles de piles, saline, et alcaline : dans une pile saline, l'électrolyte est un composé salin (chlorure d'ammonium, de zinc, ...) tandis que dans une pile alcaline, l'électrolyte est une solution basique contenant un métal alcalin (lithium, sodium, potassium, ...). L'électrolyte se compose le plus souvent d'un sel dissout dans un solvant stable vis-à-vis des électrodes. Les électrodes sont choisies pour leurs propriétés permettant de solubiliser et ioniser ce sel. La majorité des piles mises sur le marché sont les piles alcalines (ou salines), et ne contiennent plus de mercure depuis 1994. Les seules piles contenant du mercure sont les piles boutons qui sont progressivement remplacées par d'autres produits de substitution ne contenant plus de mercure. Les piles ne se rechargent pas, les plus anciennes sont la pile de Volta (1800) et la pile Leclanché. D'après l'ADEME, 604 millions de piles (environ 20.300 tonnes) ont été mises sur le marché en 2002, dont environ 15% incorporées à des appareils. Les piles bâtons au bioxyde de manganèse (alcalines et salines) représentent 88% des mises sur le marché, les piles boutons (environ 92 tonnes) 68 millions

d'unités. Les quantités de piles collectées en France en 2002 représentent 6.460 tonnes, ainsi composées :

- piles boutons : 23 tonnes,
- piles alcalines et salines : 5.461 tonnes,
- piles lithium : 165 tonnes,
- piles zinc-air : 811 tonnes.

Les piles sont des déchets dangereux qui doivent être stockés dans des containers étanches, à l'abri des intempéries et des sources de chaleur et qui



Les transformateurs

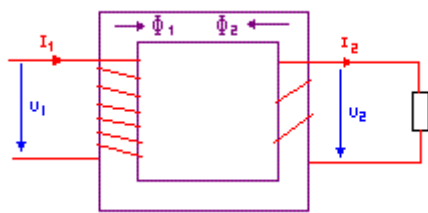
Le transformateur monophasé regroupe différents types de transformateurs (autotransformateur, à fuite magnétique, etc.) pour des emplois très divers (jouets, protection des personnes, appareils utilisant habituellement des piles, ballast de lampes à décharge, etc...).

Le plus souvent le transformateur sert à transformer une énergie électrique en une autre énergie électrique dont la tension est différente. Il est donc impossible (tout comme pour un moteur

par exemple) de considérer le transformateur comme un récepteur électrique. Le récepteur sera l'appareil raccordé au secondaire du transformateur. La puissance et donc le courant absorbé par le primaire du transformateur est donc indépendant de ce transformateur (tout comme le courant absorbé par un moteur ne dépend pas de la valeur notée sur la plaquette signalétique mais de la charge du moteur).

Fonctionnement :

Comme son nom l'indique ce type de transformateur comprend une alimentation alternative



monophasée (tension primaire, notée U_1) qui alimente une bobine appelée bobine primaire. Cette bobine est fixée sur un conducteur [de champ magnétique](#) à très faible réluctance dont les pertes magnétiques sont les plus petites possibles. Le [flux magnétique](#) sert de

liaison entre le primaire et le secondaire (seulement si le flux n'est pas constant). Le secondaire est constitué d'une autre bobine comprenant un nombre de spires différents que celui du primaire. Au borne de cette bobine, on y mesure une tension (tension secondaire, notée U_2). Lorsqu'on raccorde une impédance au secondaire un courant secondaire (noté I_2) circule. Le secondaire peut être considéré comme une [source de tension commandée par une tension](#).

Le courant dans la bobine du secondaire est d'un sens tel qu'il engendre un flux magnétique ([voir relation entre courant et flux magnétique](#)) qui s'oppose au flux inducteur (merci M. Lenz). Le flux magnétique globale diminue ce qui engendre une modification (une diminution si I_2 croît) de la valeur de l'[inductance](#) de la bobine primaire. Et donc une variation (diminution) de la réactance d'induction et par là-même de l'[impédance](#) de la bobine primaire. Si l'impédance varie (diminue), le courant primaire varie (augmente) aussi.

La puissance soutirée au secondaire est ainsi rapportée au primaire.

A vide le transformateur n'est traversé que par un tout petit courant, et se comporte comme une [inductance](#) (presque) pure.

- note 1 : la tension secondaire est une tension sinusoïdale de même fréquence que celle du primaire
- note 2 :ors de l'emploi d'un transformateur à d'autres fréquences que celle du réseau ou celle préconisée par le fabricant, il se peut tout a fait que l'effet capacitif des enroulements deviennent prédominant et que l'on ai alors à faire à un "récepteur" bobiné capacitif.

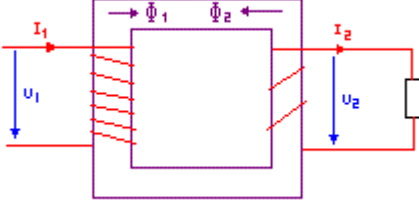
calcul en rapport au transformateur monophasé

Dans le transformateur monophasé idéal, on peut dire que :

$$S_1 = S_2$$

Bien sûr on néglige les pertes qui sont très petites (1% dans un transformateur de grande puissance)

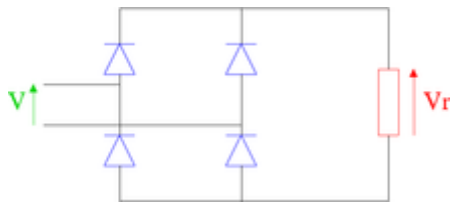
De cette relation il en découle d'autres :

$m = \ddot{u} = U_1 / U_2$ $m = \ddot{u} = N_1 / N_2$ $m = \ddot{u} = I_2 / I_1$ $m = U_1 / U_2 = N_1 / N_2 = I_2 / I_1$		$m = \ddot{u} =$ rapport de transformation $U_1, U_2 =$ tension primaire, secondaire $N_1, N_2 =$ nombre de spires primaire, secondaire $I_1, I_2 =$ courant primaire, secondaire
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

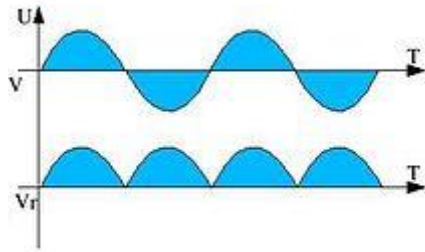
note : selon la littérature le rapport de transformation peut être l'inverse soit $m = U_2 / U_1 = N_2 / N_1 = I_1 / I_2$

Redresseur

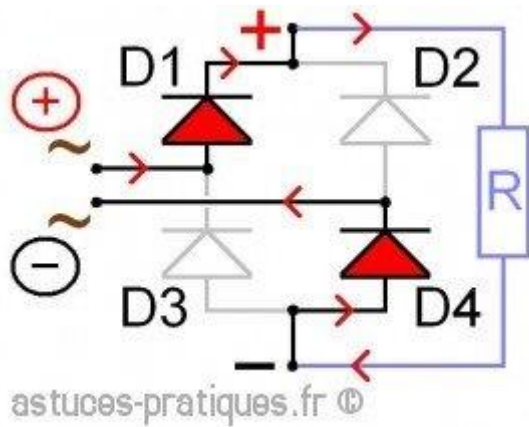
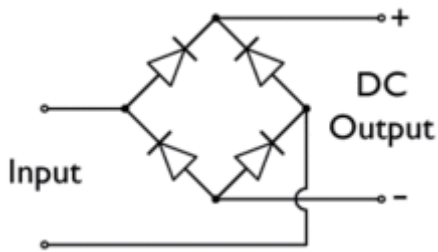
Un **pont de diodes** ou **pont de Graetz** est un assemblage de quatre [diodes](#) montées en [pont](#) (montage similaire à celui d'un [pont de Wheatstone](#)) qui, en régime monophasé, redresse le [courant alternatif](#) en [courant continu](#), c'est-à-dire ne circulant que dans un seul sens¹.

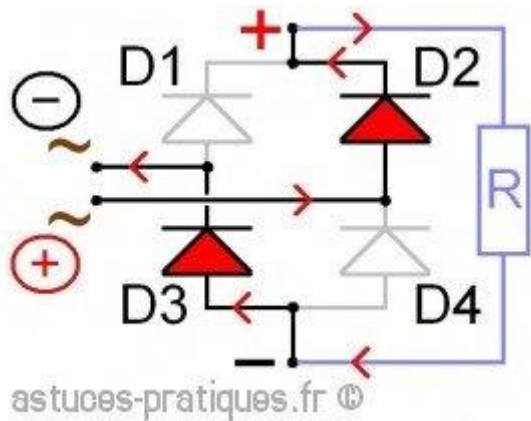


Pont de Graetz.



Oscillogramme d'un redressement double alternance.





Le **pont de diode** est le montage le plus utilisé pour réaliser un [redressement double alternance](#).

Par extension, on désigne sous le nom de **pont redresseur triphasé** ou **pont de diodes triphasé** un ensemble de six diodes réalisant un redressement double alternance en triphasé.

Fonctionnement

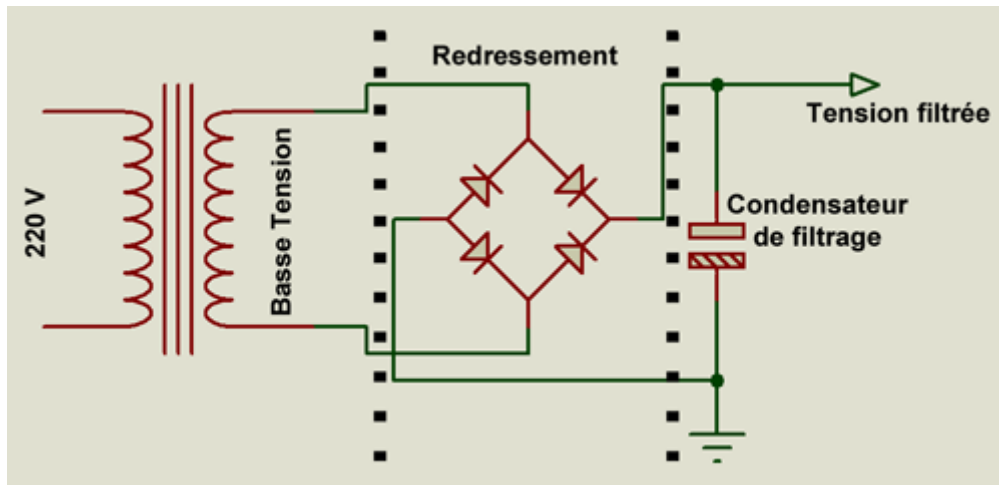
La structure de ce montage peut être comparée à celle d'une pompe à double effet dont les quatre clapets seraient remplacés par quatre diodes.

En réalité le pont de diode est un redresseur de courant. Le courant de sortie est **toujours** la valeur absolue du courant d'entrée. En revanche la forme de la tension de sortie dépend à la fois de la forme de la tension d'entrée et de la nature de la charge.

Lors de l'alternance positive de la tension d'entrée V , seules les deux diodes ayant une tension d'anode supérieure à la tension de cathode conduiront. Les deux autres diodes ne remplissant pas ces conditions sont bloquées et ne laissent donc pas passer de courant. Pour l'alternance négative, ce sont les deux autres diodes qui conduisent.

Calcul du condensateur de filtrage

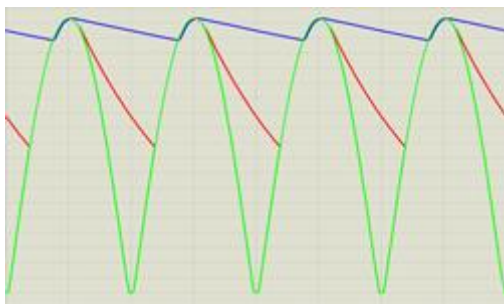
Le condensateur de filtrage permet de réduire la variation de tension en sortie d'une alimentation.



Cliquez pour agrandir

Après le redressement, la tension de sortie est positive mais n'est toujours pas constante (courbe verte).

Pour lisser cette tension, la transformée en tension continue, on utilise donc un condensateur de filtrage qui va stocker l'énergie lorsque la tension est proche de son maximum et la resituer pendant les 'trous', lorsque la tension est faible.



Plus la capacité du condensateur est grande, plus celui-ci va lisser la tension. On le voit sur le graphique : la courbe en rouge est lissée avec un condensateur ayant une capacité moins forte que la courbe bleue.

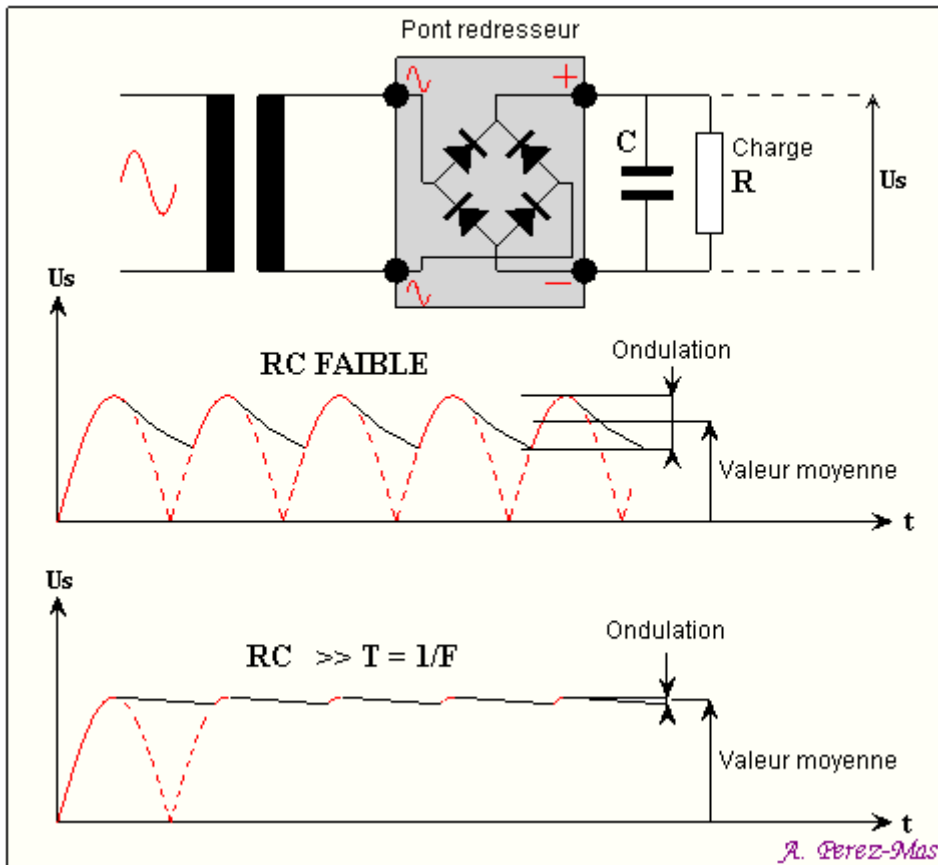
La qualité du lissage dépend aussi du courant consommé et de la fréquence : plus le circuit consomme de courant plus le condensateur se déchargera vite, et plus la fréquence est élevée, plus il sera rechargé souvent.

La formule :

On sait que $i = C \times dU_c / dt$ (U_c la tension aux bornes du condensateur)

Si on suppose i constant, on a donc $I \times T = C \times \Delta u$,

avec T la période entre deux oscillations et Δu la variation de tension aux bornes du condensate



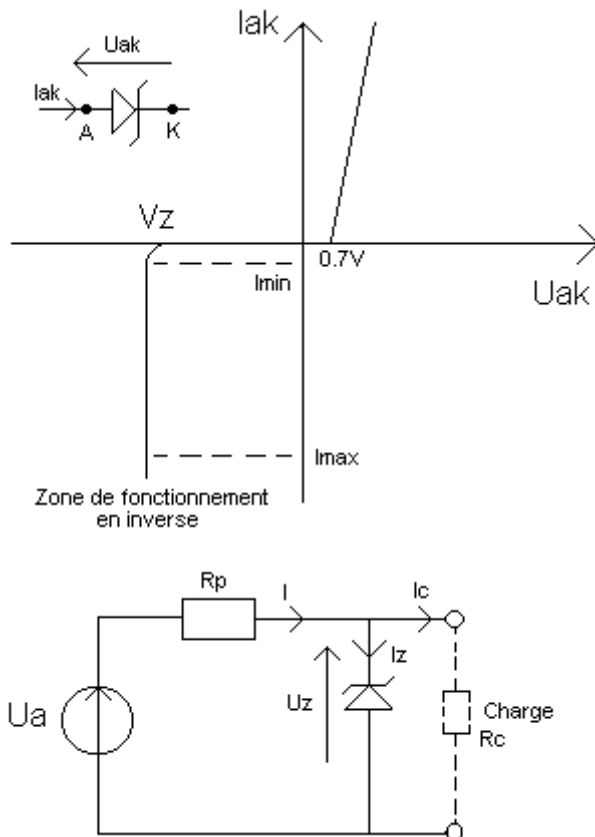
Les régulateurs de tension

Présentation

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas, ne serait-ce que peu. Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type

"intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage. C'est ce genre de régulateur intégré dont il est question dans cet article. Voir aussi [Régulation d'alimentation](#)

Diode Zener



On constate que la tension inverse aux bornes de la diode fonctionnant dans la zone de claquage (zone de fonctionnement en inverse) varie peu. Cette tension est appelée "tension Zéner" et reste pratiquement constante.

"Régulation de tension" ou "stabilisation de tension" ?

Dans la littérature, vous trouverez souvent les termes "tension stabilisée" ou "tension régulée". La différence entre les deux est-elle importante ? Rarement, car dans les deux cas on souhaite obtenir la même chose, à savoir une tension qui s'éloigne le moins possible de la valeur qu'on souhaite lui donner. La définition de réguler dans le domaine technique est "Maintenir une grandeur entre deux limites fixées" alors que dans le domaine physiologique (vivant) on dit "Assurer la constance des

caractères d'un milieu intérieur en dépit des variations du milieu extérieur". La définition de stabiliser est quant à elle "Permettre à un système de revenir à une position établie après en avoir été écarté par une action extérieure" ou encore "Se maintenir durablement sans profondes variations". Dans tous les cas il est fait mention d'un état désiré (la valeur de la tension dans le cas qui nous concerne) et d'une plage de variation faible qu'on doit accepter car la perfection n'existe pas. Moi-même utilise depuis toujours les deux termes sans réellement faire de distinction, ne soyez donc pas surpris quand j'écris "tension stabilisée en sortie du régulateur".

Régulateurs fixes

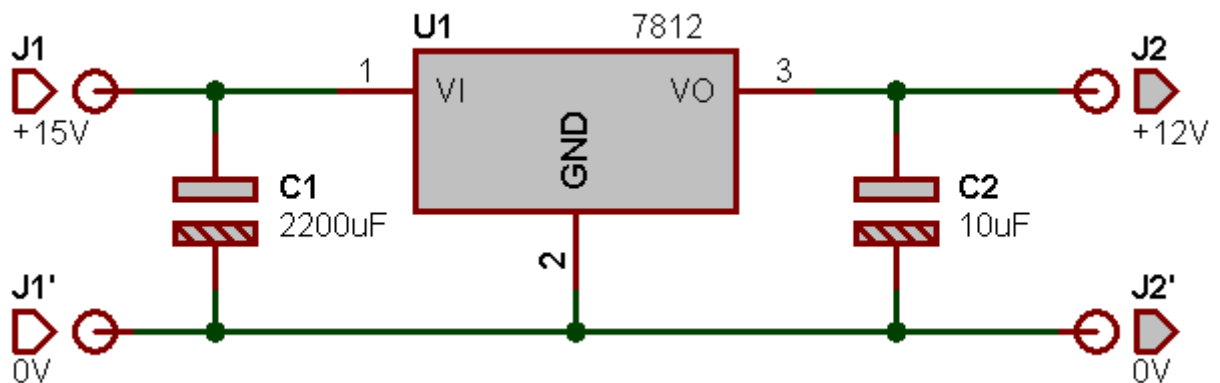
Les régulateurs fixes sont appelés ainsi parce qu'ils ont été conçus pour délivrer une tension continue d'une valeur donnée, qui ne peut pas être modifiée sans artifice. Il en existe de multiples sortes, mais les plus courants sont sans aucun doute ceux de la série LM78xx (ou uA78xx) et LM79xx (ou uA79xx). Il sont très faciles à mettre en oeuvre, et il suffit de peu de connaissances pour savoir lequel utiliser, leur nom indiquant de lui-même de quoi il en retourne. Pour tout savoir, décomposons le nom de ces régulateurs :

LM = préfixe utilisé par le fabricant. Il peut aussi s'agir de uA, ou MC (LM7812, MC7812, uA7812 - parfois pas de préfixe mais une lettre en plein milieu, comme 78M12)
78 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur positif
79 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur négatif
xx = tension de sortie fixe (valeur entière sur deux chiffres, par exemple "05" pour 5 V)
Valeurs courantes disponibles : 5 V, 6 V, 9 V, 10 V, 12 V, 15 V, 18 V, 24 V (certaines de ces valeurs étaient moins courantes par le passé que maintenant).
Sachant cela, vous devriez être en mesure de me dire à quoi correspondent les régulateurs marqués LM7812 et uA7915... Si ce n'est pas le cas, relisez les lignes qui précèdent.

Attention, ce n'est pas parce qu'on a affaire à un régulateur de tension intégré que dans tous les cas les derniers chiffres indiquent la valeur de la tension de sortie ! Comme vous le verrez plus loin, il existe aussi des régulateurs de tension ajustable (programmable) qui portent des références "exotiques" et dont on peut décider par le biais de deux résistances, de la tension de sortie régulée qu'ils doivent fournir. Par exemple, les deux premiers chiffres de la référence du régulateur intégré TL783 sont bien "78", mais ce régulateur n'est pas un régulateur fixe qui délivre 3 V ou 30 V comme pourrait le laisser suggérer ce que j'ai écrit ci-avant...

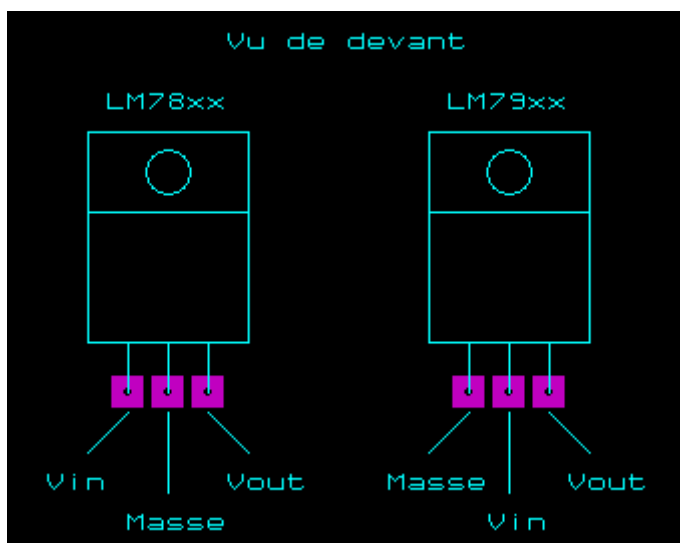
Exemple d'utilisation avec un régulateur de type 7812, où un condensateur a été ajouté à l'entrée du

régulateur, et un second à sa sortie (on peut parfois se passer de ce dernier pour les régulateurs positifs, mais il est conseillé de garder ce bon réflexe qui consiste à le prévoir) :

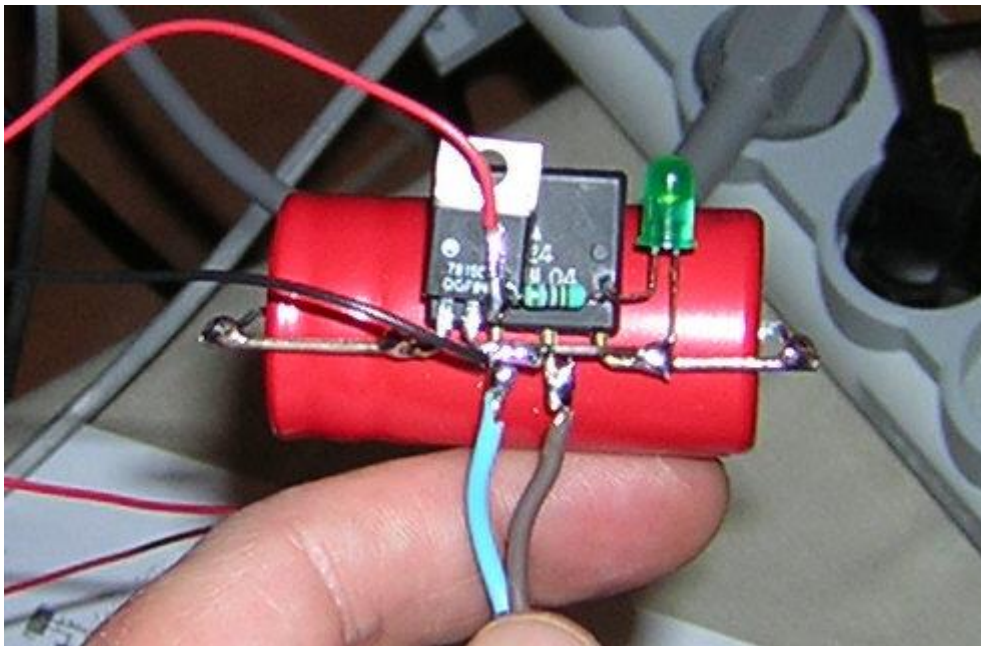
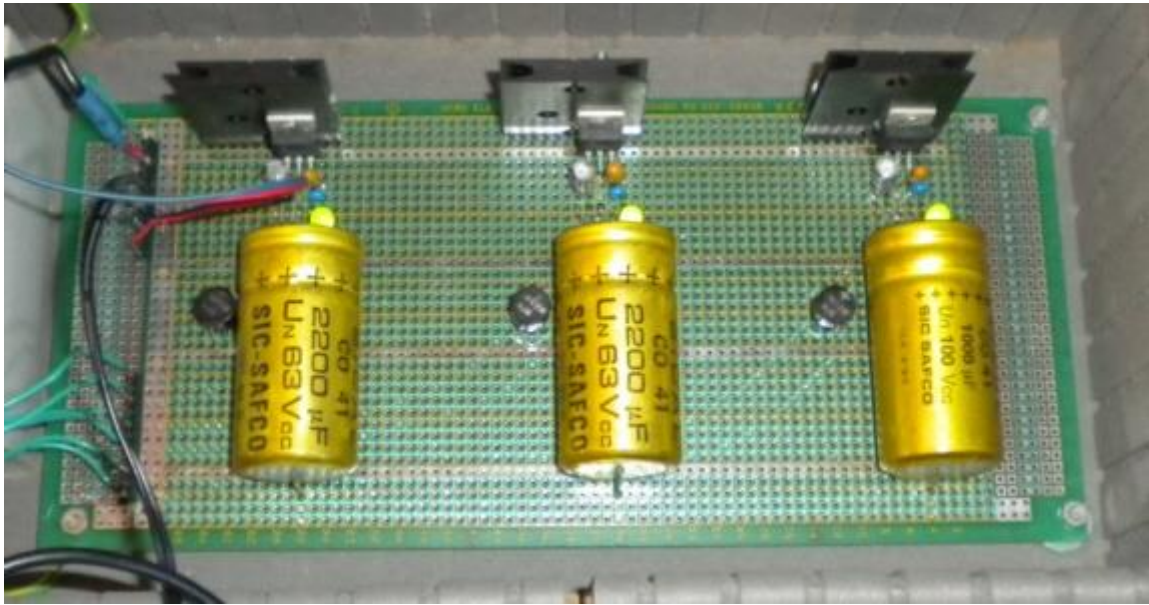


Ce type de régulateur dispose d'une entrée (sur deux fils), et une sortie (aussi sur deux fils). Comme un des deux fils de l'entrée est commun à l'un des deux fils de sortie (la masse), on ne retrouve que trois pattes sur le composants : l'entrée, la masse et la sortie. On applique la tension à réguler entre la patte d'entrée et la patte de masse, et on récupère la tension régulée entre la patte de sortie et la patte de masse.

Brochage : il faut faire très attention, le brochage des régulateurs négatifs n'est pas le même que le brochage des régulateurs positifs ! Voici ci-dessous le brochage des régulateurs fixes les plus communs LM78xx / LM79xx en boîtier TO220 (composants montrés de face, références visibles).



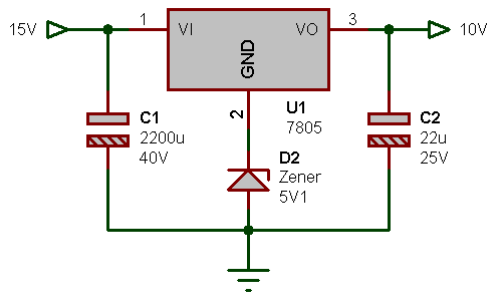
Exemples de mise en oeuvre de ce type de régulateur : [Alimentation simple 001](#), [Alimentation symétrique 002](#), [Alimentation symétrique 003](#)



Alim multiple avec trois régulateurs LM78xx et alim simple câblée "en l'air"

Décalage de la tension de sortie d'un régulateur fixe

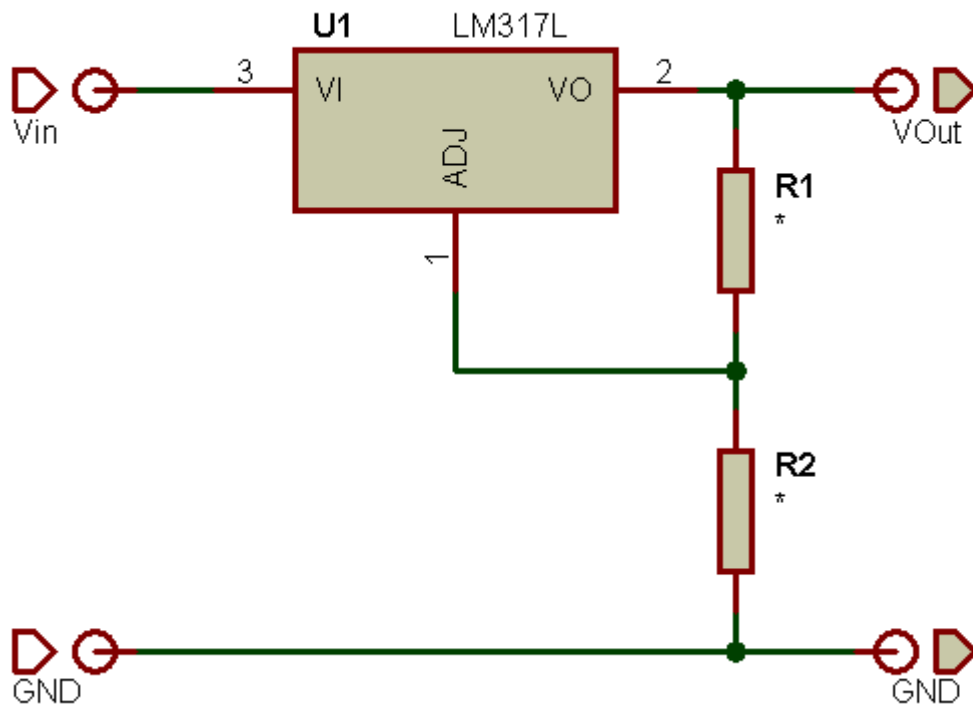
Il est possible d'obtenir une tension de sortie non standard avec un régulateur de tension fixe, en la "décalant" de la valeur désirée, à l'aide d'une diode zener placée entre masse et borne de masse du régulateur intégré. Par exemple, pour obtenir une tension de sortie de 10V, il est possible d'insérer une zener de 5,1V entre borne "masse" d'un régulateur 5V et masse "réelle", comme le montre le schéma ci-dessous (en théorie, la tension de sortie devrait être de 10,1V, mais la tolérance sur les valeurs de la zener et de la tension de sortie du régulateur font que la valeur pourra légèrement différer) :



De même, pour obtenir une tension proche de 9V et si vous ne trouvez pas de LM7809, vous pouvez utiliser un régulateur 5V (LM7805) en association avec une zener de 3,9V ($5V + 3,9V = 8,9V$, en pratique ça convient parfaitement dans la grande majorité des cas). Bien entendu, cette méthode peut être utilisée si vous avez déjà un régulateur de tension fixe sous la main que vous souhaitez absolument utiliser. Car si tel n'est pas le cas, je ne saurais que trop vous conseiller d'utiliser un régulateur de tension ajustable.

Régulateurs ajustables (programmables)

Les régulateurs ajustables ont été conçus afin de pouvoir fournir une tension de sortie pouvant prendre une valeur quelconque dans une plage bien déterminée, et dont la valeur peut être décidée facilement. La plupart du temps, la tension de sortie d'un régulateur de tension ajustable est déterminée par la valeur de deux résistances additionnelles. Le schéma ci-dessous montre un exemple de réalisation basé sur un LM317 (le LM317 est un régulateur positif, le LM337 est son "complémentaire" en négatif).



$$V_{Out} = 1,25 \times (1 + R2/R1)$$

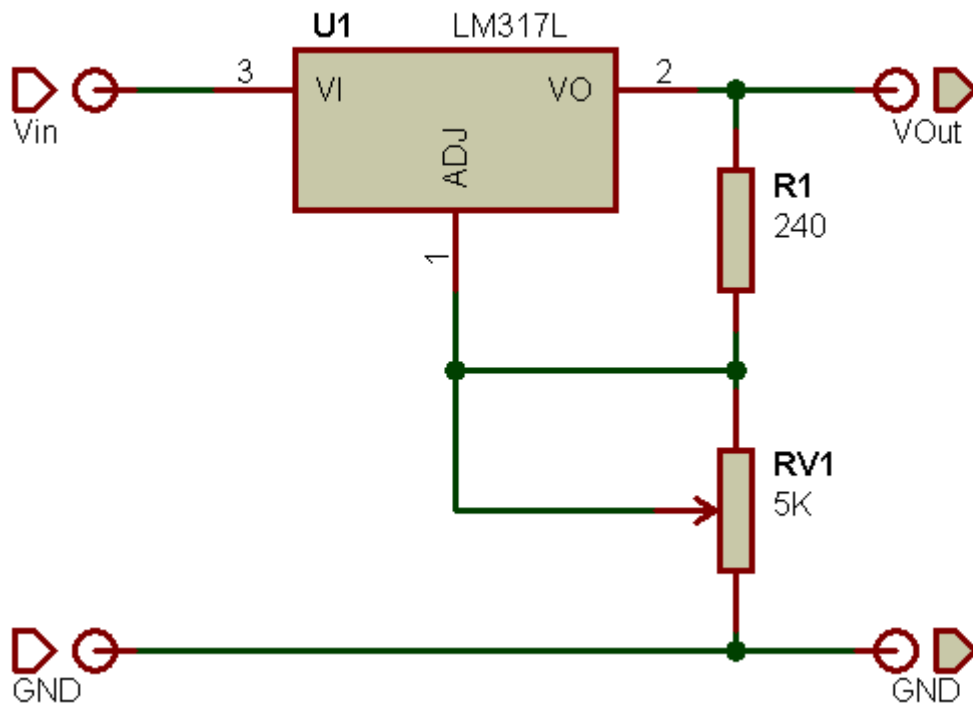
$$R1 = 120 \text{ minimum}$$

Exemples
 pour $V_{Out} = 8V$, $R1=220 \Omega$
 pour $V_{Out} = 9V$, $R1=240 \Omega$
 pour $V_{Out} = 15V$, $R1=200 \Omega$
 pour $V_{Out} = 18V$, $R1=150 \Omega$

Tout comme le régulateur fixe, le régulateur ajustable possède une patte d'entrée et une patte de sortie. La différence réside dans l'emploi de la troisième patte, qui n'est plus une patte de masse, mais une patte de référence. C'est sur cette patte que l'on va "jouer" pour faire sortir au régulateur la tension désirée. Retenons tout de suite que pour la quasi totalité des régulateurs, la tension de sortie minimale est de 1,25V, et ne peut descendre en dessous sans employer une source de tension négative ou en ayant recours à une astuce qui complique vraiment le schéma. Les deux résistances R1 et R2 du schéma précédent permettent donc de "programmer" la tension de sortie. La formule pour déterminer la valeur de ces résistances est la suivante :

$$V_{Out} \text{ (tension de sortie positive)} = 1,25 * (1 + (R2 / R1)).$$

Très important ! La résistance R1 doit être montée **au plus près** du régulateur, surtout pour la patte côté sortie du régulateur. Il faut en effet faire en sorte que la chute de tension introduite entre la sortie régulateur et la patte de cette résistance soit la plus faible possible, pour limiter les variations de la tension de sortie en fonction du courant consommé (le risque est d'autant plus grand que le courant tiré en sortie est important). Le schéma qui précède montre à quel point il est facile de réaliser une alimentation régulée à la valeur fixe que l'on veut, de façon très simple. Pour pouvoir ajuster la tension de sortie, il faut remplacer la résistance R2 par un potentiomètre, qui permettra de faire varier le rapport de tension entre la sortie du régulateur et sa borne Adjust.



$$V_{Out} = 1,25 \times (1 + RV1/R1)$$

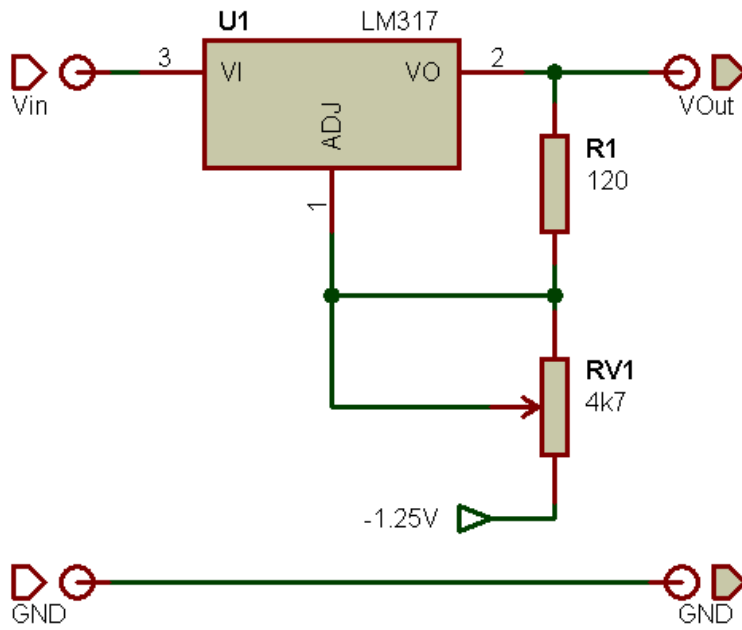
$$R1 = 120 \text{ minimum}$$

Avec les valeurs données
 $V_{Out} = +1,25V \text{ à } +25V$

Si on veut limiter la plage de variation de la tension de sortie, on peut ajouter en série avec RV1 une résistance fixe R_s . La tension minimale en sortie du régulateur sera obtenue avec le potentiomètre en position mini et la tension de sortie sera alors égale à V_{Out} (tension de sortie positive) = $1,25 * (1 + (R_s / R1))$. En position max, la tension de sortie sera de V_{Out} (tension de sortie positive) = $1,25 * (1 + ((RV1 + R_s) / R1))$.

En ajoutant une tension de 1,25 V de polarité opposée au potentiomètre RV1 (ici -1,25 V), alors la tension de sortie peut s'affranchir de cette barrière basse de 1,25 V et descendre jusqu'à 0 V. Pour

un régulateur de tension négatif du genre LM337, la tension de compensation devrait être de +1,25



$$V_{Out} = 1,25 \times (1 + R_{V1}/R_1) - 1,25$$

$R_1 = 120$ minimum

Avec les valeurs donnees ici :
 $V_{Out} = 0,00V$ à $+23,75V$

Chapitre 2. Composants actifs de puissance (2 Semaines)

Pour chacun des composants suivants rappeler le principe de fonctionnement, propriétés technologiques, réseaux de caractéristiques, symboles, codification et valeurs typiques, domaines d'utilisation, le thyristor ou SCR, Le thyristor GTO, Le triac, le diac, le transistor à effet de champ (TEC ou FET), le transistor unijonction ou UJT, petite schématèque utile.

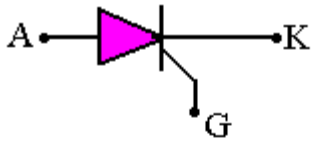
Rappel et complément sur le thyristor, triac et diac

Parent Category: [Génie électrique](#) Category: [Electronique de puissance](#)

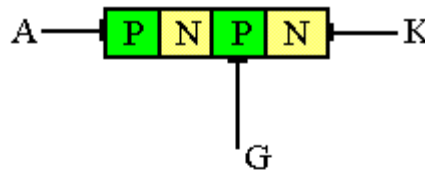
- [Rappel et complément sur le thyristor, triac et diac](#)
- [Le triac](#)
- [Le DIAC](#)
- [All Pages](#)

Le thyristor ou SRC: Silicom controlles, Rectified

Le thyristor SCR est un semi-conducteur au fonctionne comme un interrupteur unidirectionnel commandé. Son symbole est:



a) Symbole



b) Schéma équivalent à semi-conducteur

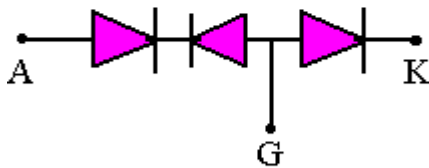


Schéma équivalent à diode

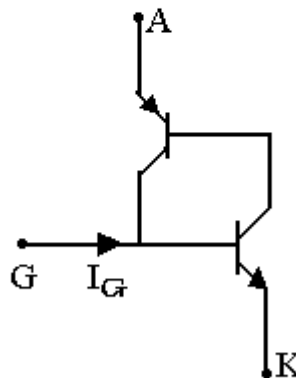


Schéma équivalent à transistor

Condition d'amorçage

Pour qu'un thyristor conduise, il faut:

- Que la tension
 - $V_{AK} > 0$
 - I_G différent de 0 (impulsion)

Le courant de gâchette existe.

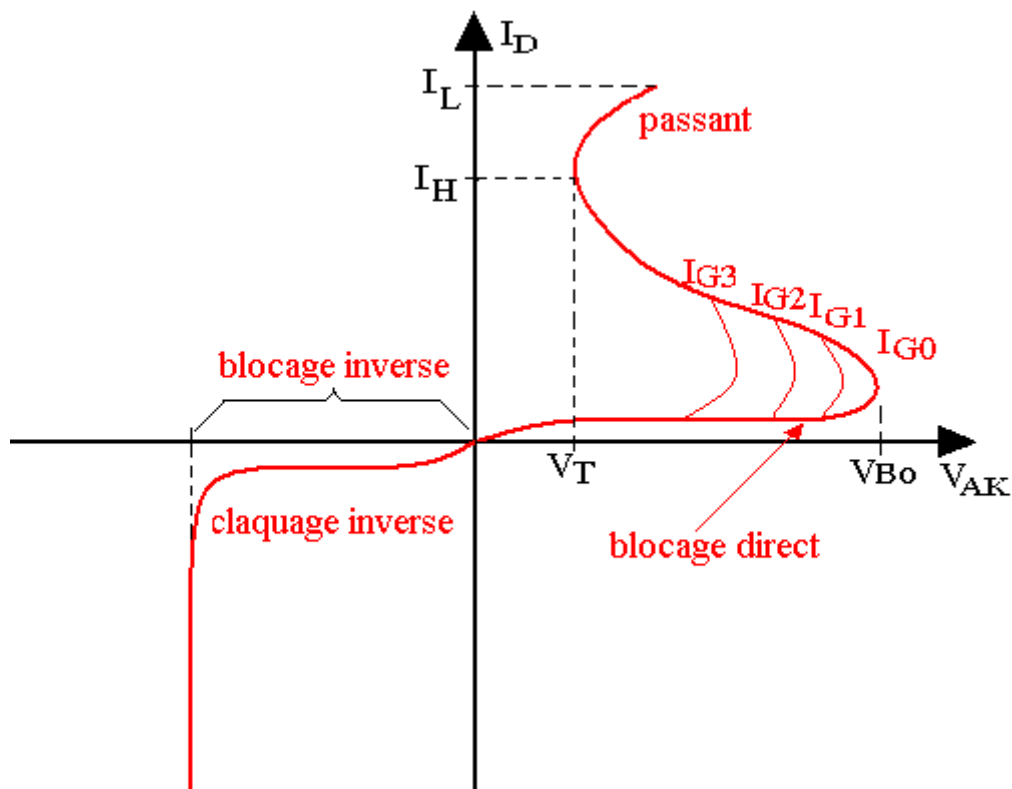
- Pour amorcer le thyristor, il faut augmenter la tension V_{AK} jusqu'à atteindre la tension de retournement V_{B0} (Breakover)

Condition de blocage

Pour bloquer un thyristor il faut:

- Rendre V_{AK} négatif ou nulle.
- Diminuer le courant anode en dessous du courant de maintien I_H (H: Holding)

Caractéristique courant tension du thyristor



$$I_{G0}=0 < I_{G1} < I_{G2} < I_{G3}$$

Caractéristiques de choix

V_T : tension anode-cathode à l'état passant.

V_{B0} : tension cathode qui correspond au point de retournement à $I_{G0}=0$

I_{DRM} : valeur du courant de fuite bloqué.

I_{RRM} : valeur du courant de fuite inverse répétitif à l'état bloqué.

I_H : courant de maintien.

I_L : courant d'accrochage ou de verrouillage.

V_{GT} : tension de gâchette nécessaire pour produire le courant d'amorçage.

I_{GT} : courant de gâchette nécessaire pour provoquer le passage du thyristor de l'état bloqué à l'état passant.

t_g : temps d'amorçage par la gâchette.

t_q : temps de désamorçage par commutation.

(dv/dt) : vitesse critique de croissance de la tension appliquée aux bornes du thyristor à l'état bloqué qui entraîne l'amorçage.

R_{O-j-b} : résistance thermique jonction boîtier. C'est la forme et la dimension du boîtier. La masse approximative dissipe de la chaleur appropriée. Le couple maximal de serrage.

Utilisation du thyristor

On utilise le thyristor pour:

- Commander la vitesse des moteurs à courant continu et des moteurs à courant alternatif.
- Commande alarme.
- Régler la température.
- Réglage de l'éclairage des lampes.

Redressement commandé simple alternance

Parent Category: [Génie électrique](#) Category: [Electronique de puissance](#)

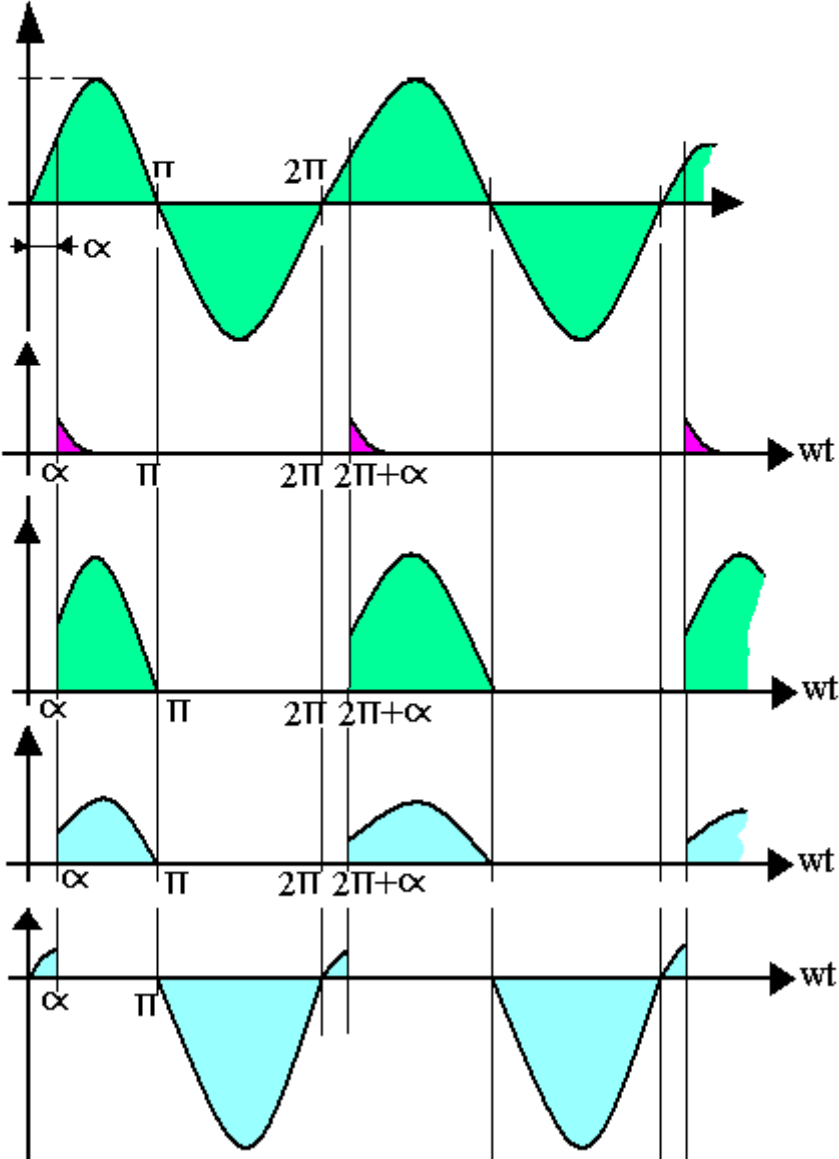
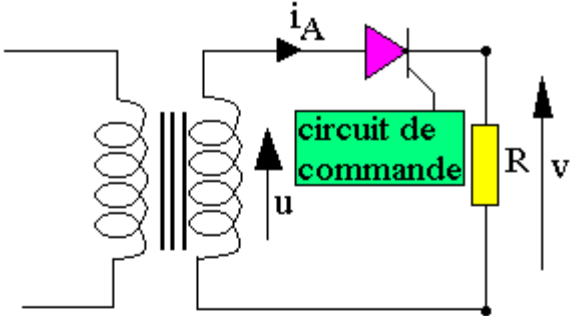
- [Redressement commandé simple alternance](#)
- [Redressement simple alternance avec charge \(E', R\)](#)
- [Redressement simple alternance](#)
- [All Pages](#)

Page 1 of 3

On utilise pour ce type de redressement un élément redresseur commandé: le thyristor ou SRC. Le thyristor est commandé par des impulsions qui interviennent à chaque période avec un retard par rapport à la tension sinusoïdale qui alimente le redresseur. Après amorçage le thyristor se comporte comme un interrupteur fermé et reste fermé tant que $V_{AK} > 0$ et $I_A \neq 0$.

Redressement simple alternance avec charge résistive

Schéma de montage et allure des courbes



Valeur moyenne de la tension de sortie V_R

$$V_{R\text{moy}} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \hat{U} \sin\theta d\theta \quad \theta = \omega t$$

$$V_{R\text{moy}} = \frac{\hat{U}}{2\pi} (1 + \cos\alpha)$$

Valeur efficace

$$V_{R\text{eff}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\hat{U} \sin\theta)^2 d\theta$$

$$V_{R\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{2} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Valeur moyenne et efficace du courant i_R

$$I_{\text{moy}} = \frac{V_{R\text{moy}}}{R} \quad I_{R\text{eff}} = \frac{V_{R\text{eff}}}{R}$$

La valeur efficace de la tension de sortie et du courant ondulé de sortie sont:

$$V_{R\text{ond}}^2 = V_{R\text{eff}}^2 - V_{R\text{moy}}^2 \quad I_{\text{ond}}^2 = I_{\text{eff}}^2 - I_{\text{moy}}^2$$

$$I_{\text{ond}} = V_{R\text{ond}}/R$$

Rendement du redressement

$$\eta = \frac{P_{\text{DC}}}{P_{\text{Ac}}} = \frac{V_{R\text{moy}} \cdot I_{\text{moy}}}{U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}} \quad \text{avec } U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{2}$$

Puissance contrôlée, puissance fournie à R

$$P_{\text{contrôlée}} = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}^2}{R} \quad P = \frac{U^2}{4R} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right)$$

- [Prev](#)
- [Next >>](#)
- [< Prev](#)

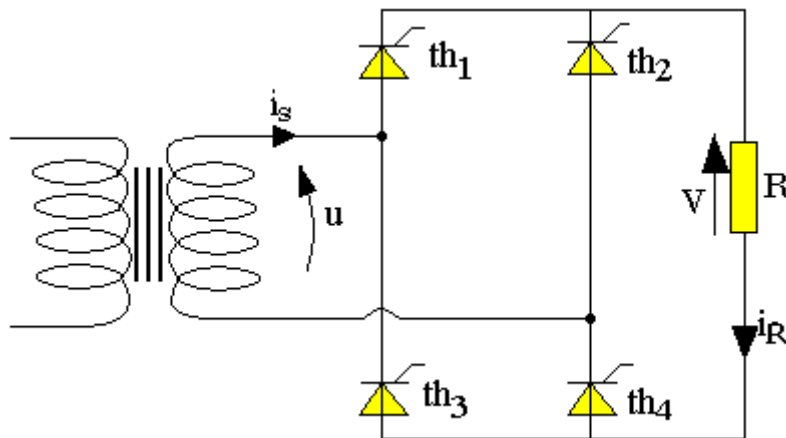
- [Next >](#)

[Suivre @MongoSukulu](#)

Redressement commandé double alternance

Parent Category: [Génie électrique](#) Category: [Electronique de puissance](#)

Débit sur une charge résistive



Valeur moyenne de la tension

$$V_{\text{moy}} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \hat{U} \sin \theta \, d\theta = \frac{\hat{U}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Valeur efficace de la tension

$$V_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\hat{U} \sin \theta)^2 \, d\theta \quad V_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Valeur efficace et moyenne du courant de charge i

$$I_{\text{moy}} = V_{\text{moy}}/R ; I_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/R$$

Débit sur une FCEM

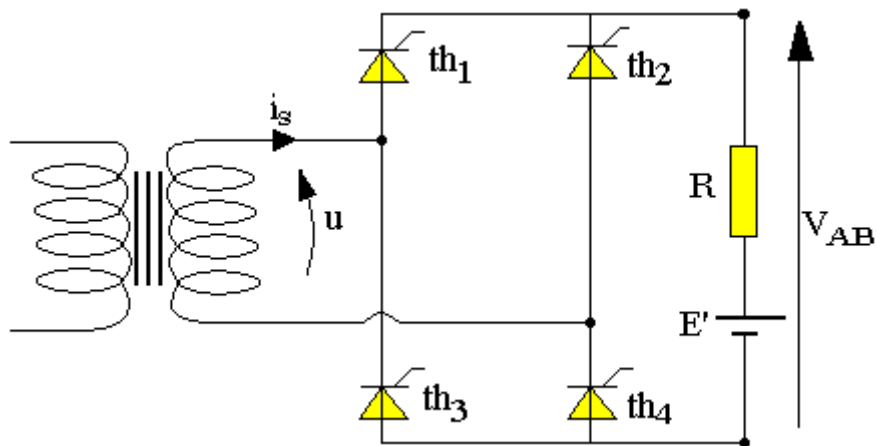
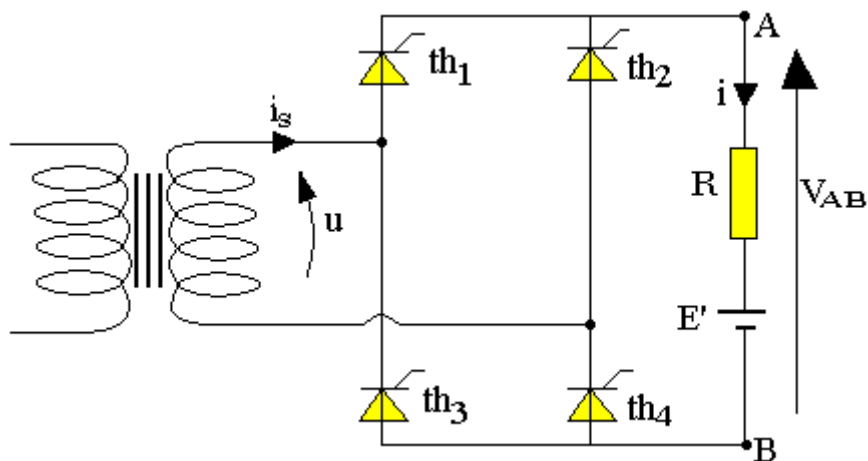


Schéma de montage



Fonctionnement

Les thyristors sont supposés parfaits et $V_{AB} = R \cdot i + E'$:

- Si le thyristor était remplacé par les diodes, la conduction débuterait à O_0

- La conduction commence lorsque les thyristors sont amorcés $\alpha_1 > \alpha_0$ tel que $\alpha_1 = \omega t_1$
- Le thyristor se bloque à α_2 qui est l'angle de conduction.
- L'angle de conduction d'un thyristor est égal à $\rho = \alpha_2 - \alpha_1$

Valeur moyenne de la tension de sortie

$$V_{AB\text{moy}} = RI_{\text{moy}} + E' = V_{R\text{moy}} + E'$$

$$V_{R\text{moy}} = \frac{1}{\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (\hat{U} \sin \theta - E') d\theta = \frac{\hat{U}}{\pi} (\cos \theta_0 + \cos \theta_1) - \frac{E' \rho}{\pi}$$

Valeur efficace du V_{AB}

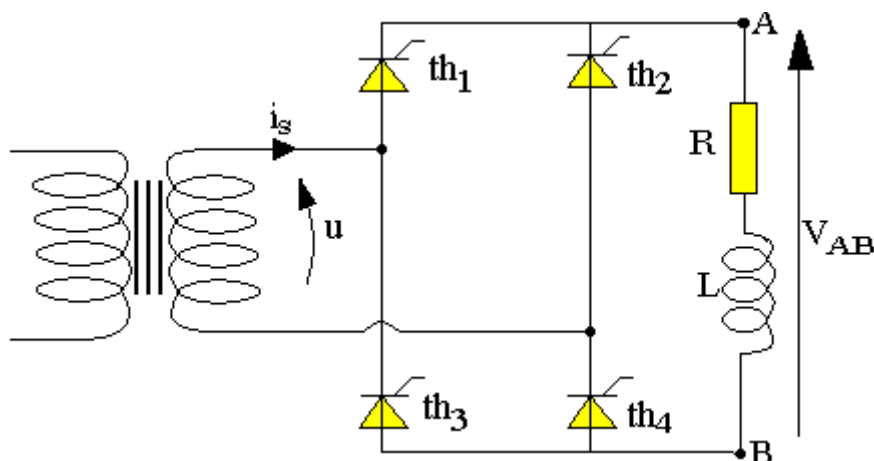
$$V_{R\text{eff}}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (\hat{U} \sin \theta - E')^2 d\theta \quad V_{R\text{eff}} = R \cdot I_{\text{eff}}$$

Rendement de la batterie

$$\eta = \frac{E' \cdot I_{\text{moy}}}{E' \cdot I_{\text{moy}} + R I_{\text{eff}}^2}$$

Débit sur une charge inductive

Schéma de montage



Fonctionnement

Le pont tout thyristor a deux modes de fonctionnement:

- Pour un angle d'amorçage inférieur à 90° : C'est le réseau qui fournit de l'énergie au pont ($V_{ABmoy} > 0$), on parle de fonctionnement en redresseur.
- Pour un angle d'amorçage supérieur à 90° avec une charge fortement inductive: C'est le pont qui fournit de l'énergie au réseau ($V_{ABmoy} < 0$), on parle de fonctionnement en onduleur.

Valeur moyenne de la tension aux bornes de la sortie AB

$$V_{ABmoy} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \hat{U} \sin\theta d\theta = \frac{2\hat{U}}{\pi} \cos\alpha$$

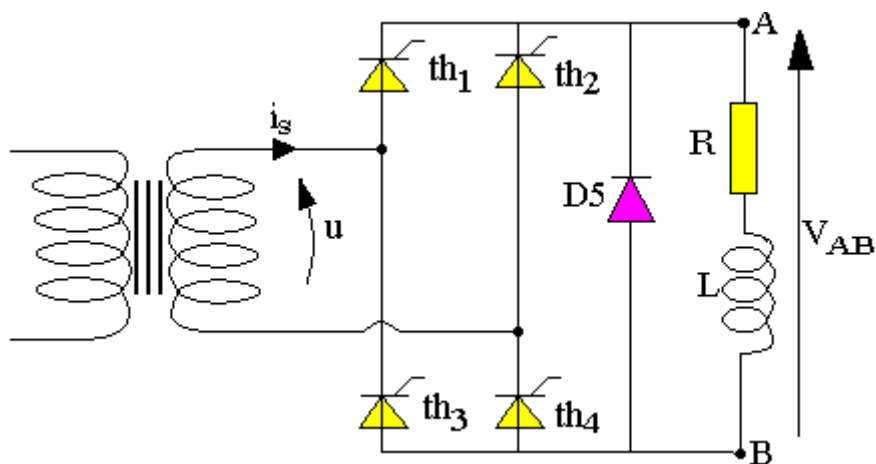
$$\text{Si } \alpha = \frac{\pi}{2} \text{ alors } V_{ABmoy} = 0$$

Valeur efficace V_{AB}

$$V_{ABeff}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} (\hat{U} \sin\theta)^2 d\theta \quad V_{ABeff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Pont mixte pont tout thyristor avec diode de Roue libre

Schéma de montage



Valeur moyenne de la tension

$$V_{AB\text{moy}} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \hat{U} \sin\theta d\theta = \frac{\hat{U}}{\pi} (1 + \cos\alpha)$$

Valeur efficace de la tension V_{AB}

$$V_{AB\text{eff}}^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\hat{U} \sin\theta)^2 d\theta \quad V_{AB\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

- [< Prev](#)
- [Next >](#)

[Suivre @MongoSukulu](#)

le gradateur

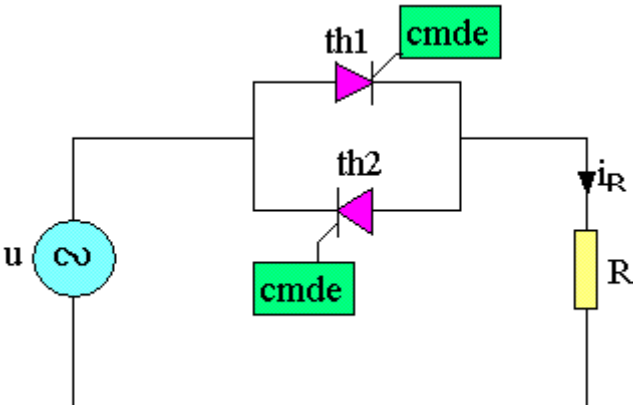
Parent Category: [Génie électrique](#) Category: [Electronique de puissance](#)

Généralités

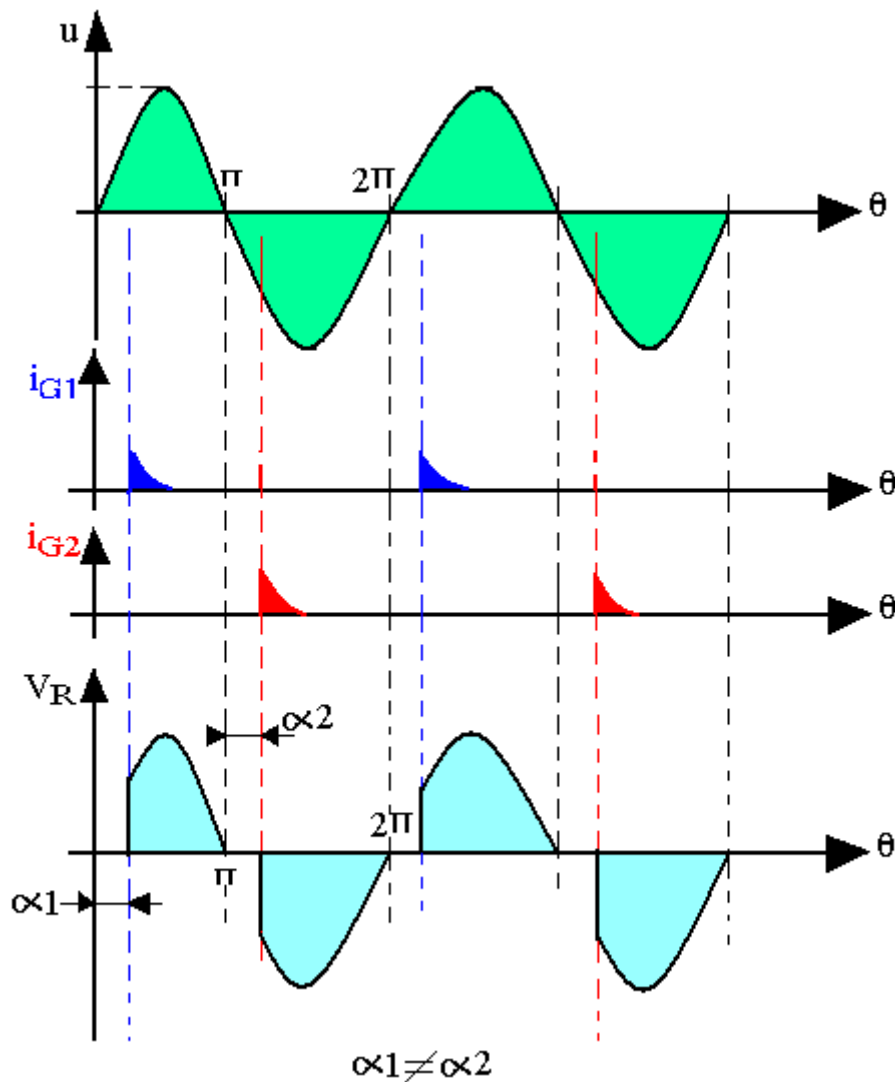
Un gradateur est un dispositif électrique qui permet de contrôler la puissance alternative fournie à une charge résistive ou inductive. Il est constitué soit de deux thyristors identiques montés en parallèle inverse, soit d'un triac lorsque la puissance contrôlée est très faible. Les gradateurs sont utilisés pour contrôler la puissance alternative monophasée ou triphasée.

Gradateur à thyristors

Schéma de montage



Allure des courbes



α_1 et α_2 sont respectivement les angles d'amorçage de th_1 et th_2 par rapport à l'origine des angles.

Valeur efficace

$$V_{R\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad \text{pour } \alpha_1 = \alpha_2$$

$$V^2_{\text{eff}} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha_1}^{\pi} (\hat{U} \sin \theta)^2 d\theta + \int_{\pi + \alpha_2}^{2\pi} (\hat{U} \sin \theta)^2 d\theta \right]$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2\pi} \right) + \frac{\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2}{4\pi}}$$

Valeur moyenne

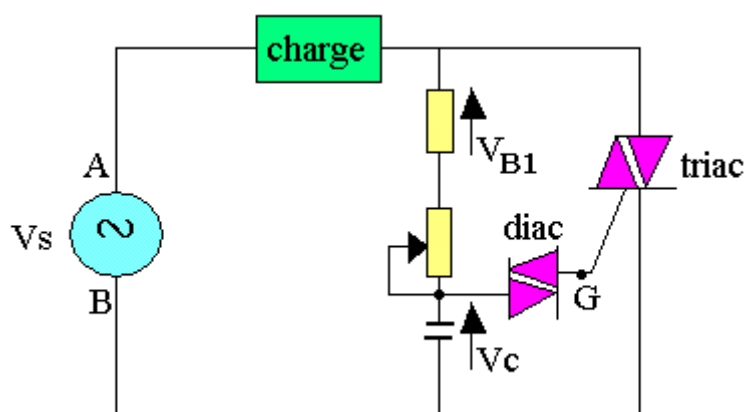
$$U_{R\text{moy}} = 0$$

Puissance contrôlée

$$P = \frac{V_{\text{eff}}^2}{R} = \frac{\left(\frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2\pi} \right) + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \right)^2}{R}$$

$$P = \frac{\hat{U}^2}{2} \frac{\left(1 - \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2\pi} \right) + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)}{R}$$

Gradateur à triac



- [< Prev](#)
- [Next >](#)

[Suivre @MongoSukulu](#)

Chapitre 3. Composants

optoélectroniques (2 Semaines)

Pour chacun des composants suivants rappeler le principe de fonctionnement, propriétés technologiques, symboles, codification et valeurs typiques, domaines d'utilisation et schémas d'application: les LED (Afficheurs 7 segments, 16 segments, matrices 5x7, les cristaux liquides ou LCD), les cellules photorésistantes, les photodiodes, le phototransistor, le photomultiplicateur, les optocoupleurs, la pratique de l'infrarouge, petite schématèque utile.

La diode L.E.D.

Cette diode émet de la lumière quand elle polarisée en direct. Elle est maintenant très utilisée pour l'éclairage des habitations et depuis 1975 comme voyants lumineux dans les appareils électroniques.

Principe de fonctionnement

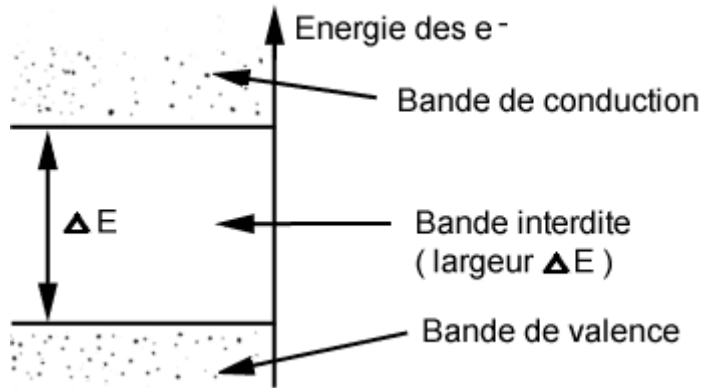
Le mot LED est l'acronyme de Light Emitting Diode (Diode Electroluminescente en français). Le symbole de la LED ressemble à celui de la diode mais on y a ajouté deux flèches sortantes pour représenter le rayonnement lumineux émis.



Symbole de la LED.

Electroluminescence

La physique des semi-conducteurs nous enseigne que les électrons dans les solides cristallins se situent à des niveaux d'énergie spécifiques. Ces niveaux très proches les uns des autres, sont regroupés en "bandes d'énergie".



Un électron de la bande de valence peut passer dans la bande de conduction à condition d'acquérir une énergie supplémentaire au moins égale à ΔE . C'est l'effet photoélectrique.

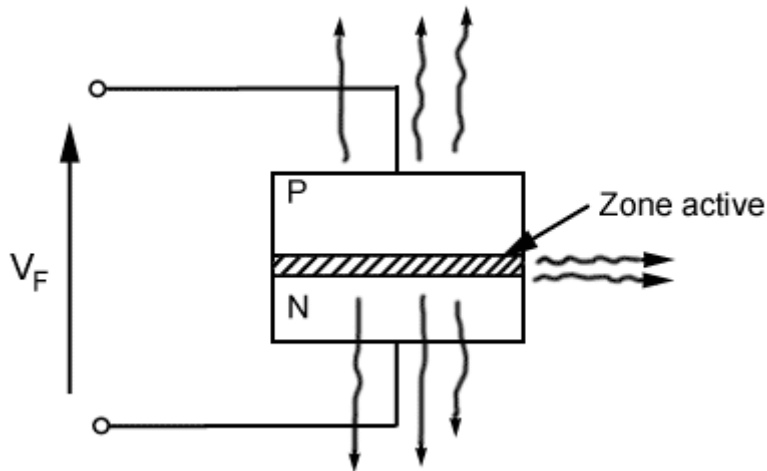
Un électron de la bande de conduction peut passer dans une bande de valence. Dans ce cas il libère une énergie au moins égale à ΔE . Cette énergie peut être :

- Dissipée sous forme de chaleur (phonons),
- émise sous forme de lumière (photons).

C'est l'effet électroluminescence (visible ou non).

Jonction P.N.

Ce phénomène d'électroluminescence sera obtenu à la condition de créer une forte quantité d'électrons dans la bande de conduction. On l'obtient par injection de porteurs en polarisant dans le sens direct, une jonction PN à semi-conducteur. Le même résultat aurait pu être obtenu en irradiant le cristal avec une source lumineuse d'énergie importante (photoluminescence) ou par bombardement électronique (cathodoluminescence).



Selon la fabrication, la lumière peut être émise soit latéralement, soit perpendiculairement à travers la mince couche N ou P.

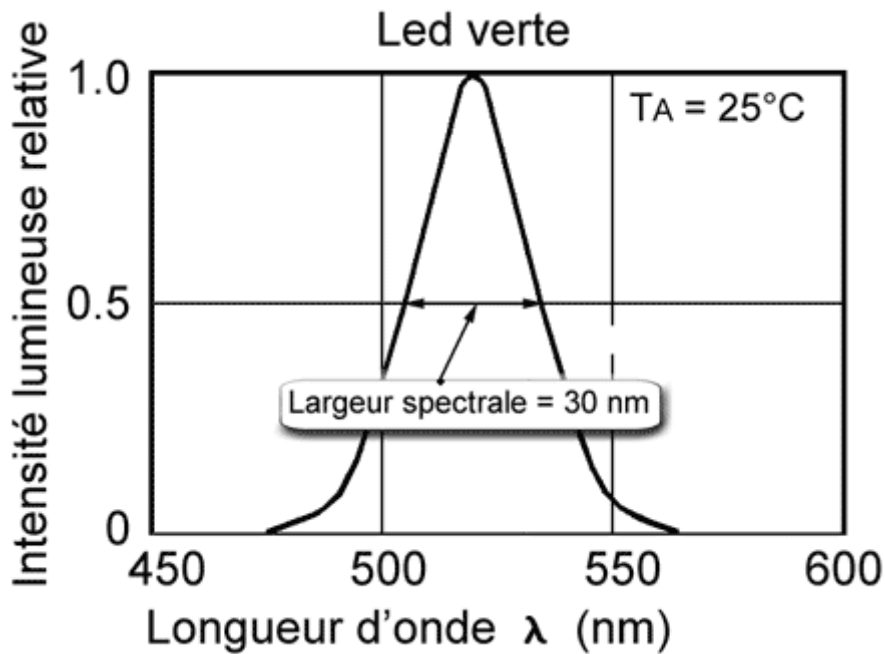
Caractéristiques optiques

Longueur d'onde du pic d'émission

Cette valeur nous indique la longueur d'onde (λ_p), en nano-mètre, à laquelle est émis la plus importante partie du rayonnement (wavelength). La valeur est donnée pour une intensité de courant (I_F).

Spectre ou largeur spectrale à mi-intensité

Le spectre d'émission d'une diode LED est relativement étroit. Exemple : pour une longueur d'onde à intensité maximale égale à 520 nm, la longueur d'onde à intensité moitié pourra être comprise de 505 nm à 535 nm (soit une largeur spectrale de 30 nanomètres).



Il existe actuellement plusieurs types de LED donnant chacun des spectres différents. Cela est obtenu par la variété des semi-conducteurs utilisés pour fabriquer les jonctions PN. Exemples dans le tableau suivant pour l'obtention de certaines longueurs d'onde :

Matériaux Rayonnement Longueur d'onde

InAs	infra-rouge	315 nm ou 3,15 μm
InP	infra-rouge	910 nm
GaAsP ₄	rouge	660 nm
GaAsP ₈₂	jaune	590 nm
GaP	vert	560 nm

Correspondance couleurs, longueurs d'onde et énergie des photons

Couleur Longueur d'onde (nm) Energie des photons (eV)

UltraViolet	< 390	> 3,18
Violet	390-455	2,72-3,18
Bleu	455-490	2,53-2,72

Cyan	490-515	2,41-2,53
Vert	515-570	2,18-2,41
Jaune	570-600	2,06-2,18
Orange	600-625	1,98-2,06
Rouge	625-720	1,72-1,98
InfraRouge > 720		< 1,72

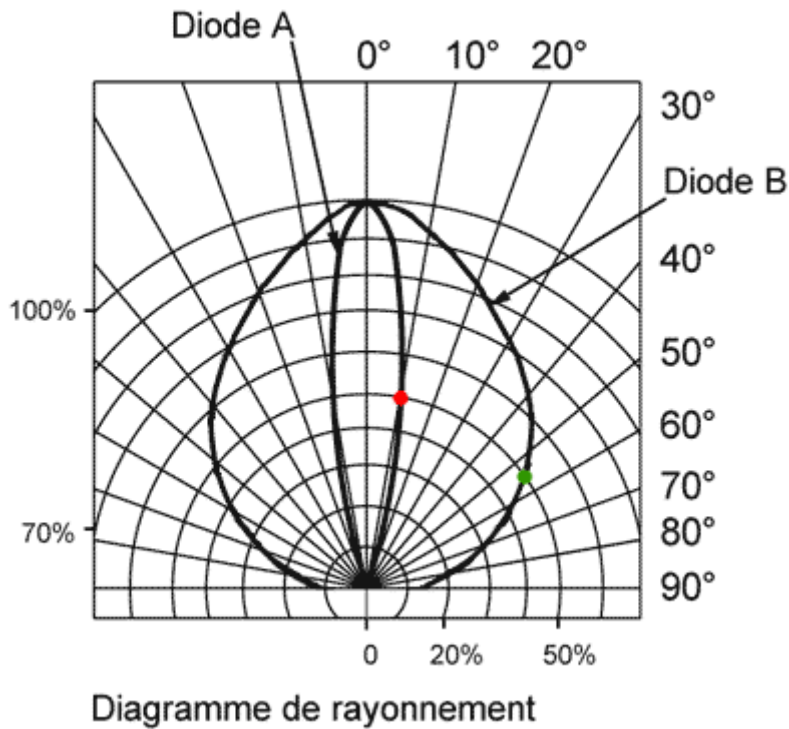
Diagramme de rayonnement

Le flux lumineux n'est pas homogène tout autour de la LED. La répartition spatiale de la puissance émise dépend de la forme de la diode LED :

- forme de la partie émissive (point, trait...),
- avec lentille de concentration ou sans,
- diffusante ou non.

Cette répartition est définie par le diagramme de rayonnement qui représente la répartition angulaire de l'intensité relative émise.

Exemple :



Angle d'émission à mi-intensité

Les fabricants précisent souvent l'angle pour lequel l'intensité lumineuse a été réduite de moitié. Sur le diagramme ci-dessus, le point rouge indique un angle de 10 degrés et le point vert un angle de 50° pour une intensité relative émise de 50%.

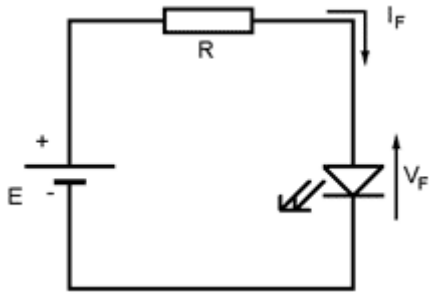
Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse (mesurée en candelas) est la quantité de lumière émise dans une certaine direction à 1 mètre de distance. Dans les caractéristiques optiques des leds nous l'exprimons aussi en micro-candela (mcd) et se note I_v .

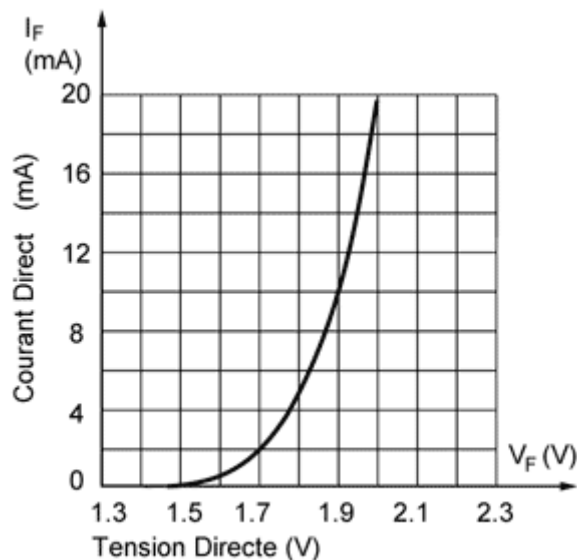
Caractéristiques électriques

Point de fonctionnement et tension direct

Une LED se comporte électriquement comme une diode. Pour émettre elle doit être polarisée en direct.



La caractéristique $I_F(V_F)$ montre que la tension de conduction de la diode LED (forward voltage) est environ 1,5 volts à 2 V.

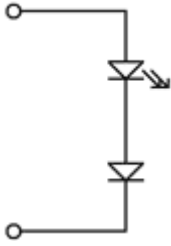


Le courant I_F vaut environ $E-2V/R$. En pratique, le constructeur préconise 10 à 20 mA. Le courant traversant la LED détermine l'intensité lumineuse émise. Remarque : certaines diodes ont des tensions de conduction de l'ordre de 3 volts et plus.

Tension inverse (V_R)

Dans certains cas, on peut avoir besoin de polariser en inverse la LED. La diode est alors éteinte : elle n'émet plus d'intensité lumineuse. Mais attention, la diode LED ne peut pas supporter des tensions inverses trop importantes comme une diode de redressement par exemple. Les valeurs courantes se situent telles que $V_R \text{ max} = \pm 3 \text{ V à } 5 \text{ V}$ (reverse voltage) ; au delà de ces valeurs il y a endommagement ou destruction

du composant. En cas de besoin nous plaçons une diode normale en série avec la LED.



Courant direct en continu (I_F)

Le courant direct (mA) est donné en règle générale pour une température ambiante (T_A) de 25°C . C'est le courant permanent que peut supporter la diode. Comme un semi-conducteur chauffe (avec aggravement si $T_A > 25^\circ\text{C}$), il est recommandé de réduire l'intensité du courant (forward current).

Courant direct de crête (I_{FM})

C'est l'intensité d'une impulsion de courant direct maximum qui peut être appliquée à la LED pendant une durée déterminée. Entre deux impulsions de cette intensité, le composant doit avoir le temps de refroidir. Il faudra donc choisir un rapport entre durée d'impulsion et durée de pause assez grand.

Puissance et température de fonctionnement

La température de jonction doit rester inférieure à 125°C . Mais souvent les diodes LED sont montées dans des boîtiers plastiques. Dans ce cas, la température de fonctionnement ne doit pas dépasser 100°C . La puissance que peut dissiper une diode LED commune (ou utilisée en tant que témoin lumineux) est de l'ordre de 20 à 100 mw. Les puissances des diodes LEDs destinées aux applications d'éclairage de locaux ou des lieux publics sont de l'ordre du Watt voir beaucoup plus quand il s'agit de module LED.

Influence de la tension directe

Toutes les LEDs présentent des variations de tension directe en fonction des changements de température de jonction. Le coefficient de température dépend du type de jonction. Les LEDs InGaAlP (jaune, orange et rouge) ont un coefficient compris entre $-3,0 \text{ mV/K}$ à $-5,2 \text{ mV/K}$, et la LED InGaN (bleu, vert et blanc) ont un coefficient compris entre $-3,6 \text{ mV/K}$ et $-5,2 \text{ mV/K}$.

Influence du courant I_F sur l'intensité lumineuse

L'œil est sensible à l'intensité lumineuse moyenne émise. L'intensité lumineuse donnée par le fabricant est obtenue dans des conditions de fonctionnement qu'il doit spécifier. Généralement il utilise un courant continu (à $T_A = 25^\circ\text{C}$).

D'autres valeurs de courant se traduisent par d'autres intensités lumineuses. En exploitant d'autres caractéristiques I_v (I_F) on s'aperçoit alors que l'intensité lumineuse augmente plus vite que le courant, c'est-à-dire que le rendement augmente pour un courant I_F , élevé mais bref, appelé courant de crête.

Voir l'exemple [de la modulation d'une led infra-rouge pour télécommande RC5](#).

Il est alors extrêmement intéressant d'alimenter la LED en courant pulsé au lieu du courant continu. La valeur crête du courant permet alors d'obtenir des intensités lumineuses importantes. De ce fait nous pouvons :

- augmenter l'intensité lumineuse émise à consommation électrique moyenne égale,
- diminuer la consommation électrique tout en obtenant une intensité lumineuse égale,
- réduire l'échauffement de la jonction.

Influence de l'intensité lumineuse sur la température

L'intensité lumineuse diminue à mesure que la température augmente. Il s'agit d'un résultat de l'évolution des gains d'efficacité dans le semi-conducteur, et non le résultat de la variation de la tension direct en fonction de la température. Ce changement de température est non linéaire.

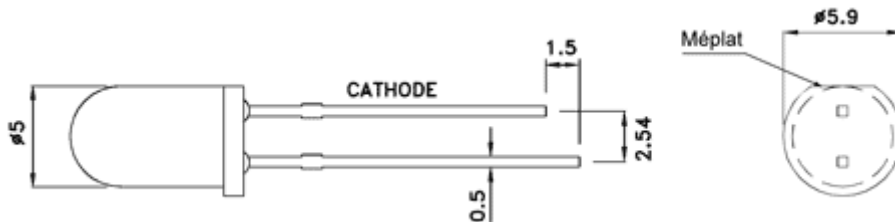
Décalage des coordonnées de chromaticité

Les caractéristiques de couleur des LED sont dépendantes du courant direct. Une attention particulière doit être accordée lors de l'utilisation des pilotes ou driver utilisés avec des LEDs RVB. Les gradateurs d'éclairage ne devraient pas modifier le rendu des couleurs. La solution préférée, est une gradation par PWM pour que chaque LED, de la composante RVB, soit pilotée avec le courant direct adapté.

Caractéristiques physiques

Composants traversants

Les fabricants proposent maintenant des leds de formes variées ; la plus commune de toutes étant la ronde. Elle se décline en plusieurs diamètres : 1,35 mm, 3 mm, 5 mm à 10mm. Nous trouvons également des led rectangulaires, triangulaires, carrées et en barre. Il faut bien repérer les connexions anode et cathode et respecter les consignes de mise en oeuvre lors de l'implantation de la led sur le circuit imprimé ou du soudage avec des fils.



Composants CMS

Sous cette forme les boîtiers sont moins encombrants et nous pouvons en souder plus sur une surface donnée. Ils conviennent pour la réalisation d'affichage, de feux de signalisation, modules électroniques miniatures ou une matrice de leds.



Réseau de LEDs

Les diodes électroluminescentes discrètes peuvent être organisées en réseaux linéaires ou plan. Dans le premier cas, elles peuvent remplacer un affichage analogique classique (galvanomètre). Dans le second cas, elles serviront à toutes sortes d'affichages, y compris graphiques et leur commandes sera généralement multiplexée.

Commande d'un réseau linéaire avec signal analogique

Après l'affichage par galvanomètre, puis l'affichage numérique, on trouve maintenant de plus en plus, un affichage mixte, où les valeurs analogiques sont quantifiées et affichées en échelle par tout ou rien. C'est l'affichage analogique linéaire "bar-graph".

Formes

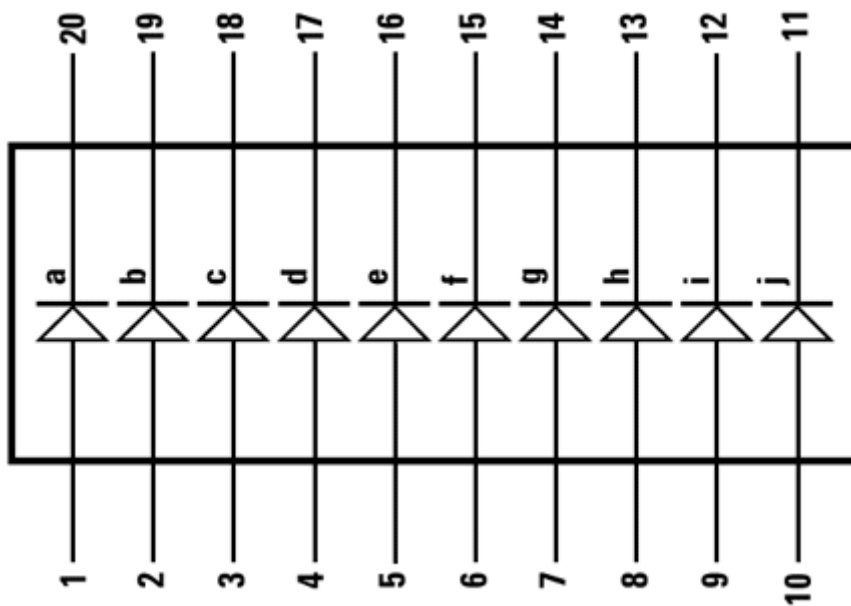
Les formes peuvent être variées :

- en ligne horizontale,
- verticale,
- multiple,
- circulaire simple,
- multiple.

Exemples de réseaux linéaires à LEDs :

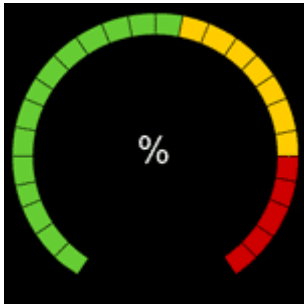


Schéma interne d'un réseau de leds :



sur cette configuration, on remarque bien la disponibilité de chacune des connexions des leds.

Illustration d'un réseau circulaire à LEDs :



L'affichage peut respecter toutes les lois mathématiques (logarithmiques par exemple) et être commandé à partir d'informations codées de toutes sortes.

Afficheur 7 segments

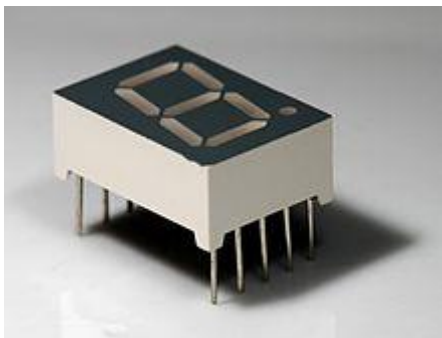
Cet article est une [ébauche](#) concernant l'[électronique](#).



Vous pouvez partager vos connaissances en l'améliorant ([comment ?](#)) selon les recommandations des [projets correspondants](#).



Pour les articles homonymes, voir [segment](#) et [afficheur](#).



Un exemple de [composant](#) comportant un afficheur 7 segments.



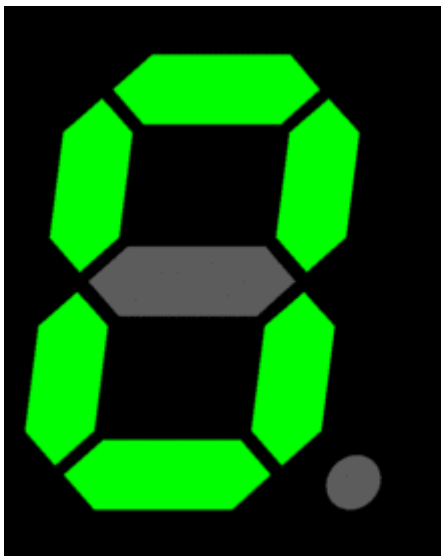
Écran de [calculatrice](#) à affichage numérique à cristaux liquides.

Les **afficheurs 7 segments** sont un [type d'afficheur](#) très présent sur les [calculatrices](#) et les [montres](#) à affichage numérique : les [caractères](#) (des [chiffres](#), bien que quelques [lettres](#) soient utilisées pour l'affichage [hexadécimal](#)) s'écrivent en allumant ou en éteignant des segments, au nombre de sept. Quand les 7 segments sont allumés, on obtient le chiffre 8.

Sommaire

- [1 Caractères représentés](#)
- [2 Désignation et commande des segments](#)
- [3 Programmation](#)
- [4 Voir aussi](#)
 - [4.1 Articles connexes](#)

Caractères représentés



Animation montrant successivement 16 caractères pouvant être représentés par un afficheur 7 segments

Voici les 10 chiffres représentés avec l'affichage à 7 segments :

• 8

0

• 8

1

• 2

2

• 3

3

• 4

4

• 5

5

• 6

6

• 7

7

• 8

8

• 9

9

Les chiffres 7 et 9 sont les seuls à pouvoir être représentés de deux façons : en allumant les segments A, B et C (comme sur ce tableau) ou assez rarement A, B, C et F pour le 7, et en allumant les segments A, B, C, D, F et G (comme sur ce tableau) ou A, B, C, F et G (comme sur l'animation ci-contre) pour le 9.

Ces chiffres décimaux peuvent être complétés par les lettres A à F pour la numération [hexadécimale](#) :

• 

[A](#)

• 

[B](#)

• 

[C](#)

• 

[D](#)

• 

[E](#)

• 

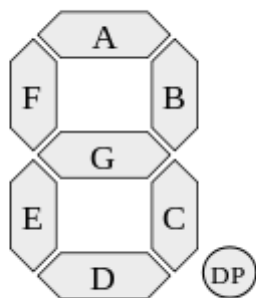
[F](#)

Désignation et commande des segments

Dans un afficheur 7 segments, les segments sont généralement désignés par les lettres allant de A à G. Dans le cas où l'afficheur comporte un point, servant de séparateur décimal, celui-ci est désigné DP (de l'anglais *decimal point*) ; certains parlent dans ce cas d'un afficheur « 8 segments ».

Dans le cas d'afficheurs à DEL, deux cas de figures sont présents :

- Afficheur à anode commune : toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut.



- Schéma montrant la désignation de chacun des segments

La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.

- Afficheur à cathode commune : toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas.

La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

Programmation

En général, un afficheur à 7 segments se programme sur 4 bits grâce à 4 entrées conformément à la table de vérité suivante :

Programmation

Affichage Entrée 1 Entrée 2 Entrée 3 Entrée 4

0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
A	1	0	1	0
B	1	0	1	1
C	1	1	0	0
D	1	1	0	1
E	1	1	1	0
F	1	1	1	1

En notant les entrées 1, 2, 3, 4 du tableau ci-dessus respectivement i_1 , i_2 , i_3 et i_4 , les équations des segments (pour afficher les nombres de 0 à F) sont :

- $a = (\text{not}(i_1) \text{ and } i_3) \text{ or } (i_1 \text{ and not}(i_4)) \text{ or } (i_2 \text{ and } i_3) \text{ or not}(i_2 \text{ or } i_4) \text{ or } (i_1 \text{ and not}(i_2) \text{ and not}(i_3)) \text{ or } (\text{not}(i_1) \text{ and } i_2 \text{ and } i_4)$

- $b = \text{not}(i1 \text{ or } i2) \text{ or } \text{not}(i2 \text{ or } i3) \text{ or } \text{not}(i2 \text{ or } i4) \text{ or } (\text{not}(i1) \text{ and } \text{not}(i3 \text{ xor } i4)) \text{ or } (i1 \text{ and } \text{not}(i3) \text{ and } i4)$
- $c = (i1 \text{ xor } i2) \text{ or } (\text{not}(i3) \text{ and } i4) \text{ or } (\text{not}(i3 \text{ xor } i4) \text{ and } \text{not}(i2))$
- $d = (i1 \text{ and } \text{not}(i3)) \text{ or } \text{not}(i1 \text{ or } i2 \text{ or } i4) \text{ or } (i2 \text{ and } (i3 \text{ xor } i4)) \text{ or } (\text{not}(i2) \text{ and } i3 \text{ and } i4)$
- $e = \text{not}(i2 \text{ or } i4) \text{ or } (i3 \text{ and } \text{not}(i4)) \text{ or } (i1 \text{ and } i2) \text{ or } (i1 \text{ and } i3)$
- $f = (i1 \text{ and } \text{not}(i2)) \text{ or } \text{not}(i3 \text{ or } i4) \text{ or } (\text{not}(i3) \text{ and } (i1 \text{ xor } i2)) \text{ or } (i1 \text{ and } i3) \text{ or } (i2 \text{ and } \text{not}(i4))$
- $g = (i3 \text{ and } (i1 \text{ or } \text{not}(i2) \text{ or } \text{not}(i4))) \text{ or } (i1 \text{ and } i4) \text{ or } (\text{not}(i3) \text{ and } (i1 \text{ xor } i2))$

On peut retrouver ces équations en établissant la [table de Karnaugh](#) de chaque segment ; il existe d'autres possibilités de formules.

Dans le cas d'un afficheur 7 segments commandé par 8 bits, la table de vérité donne (segment G correspondant à bit 7 et A à bit 1) :

Programmation

Affichage Bit 8 Bit 7 Bit 6 Bit 5 Bit 4 Bit 3 Bit 2 Bit 1 Hexadecimal

0	0	0	1	1	1	1	1	1	0x3F
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0x06
2	0	1	0	1	1	0	1	1	0x5B
3	0	1	0	0	1	1	1	1	0x4F
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0x66
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0x6D
6	0	1	1	1	1	1	0	1	0x7D
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0x07
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
9	0	1	1	0	1	1	1	1	0x6F
A	0	1	1	1	0	1	1	1	0x77

B	0	1	1	1	1	1	0	0	0x7C
C	0	0	1	1	1	0	0	1	0x39
D	0	1	0	1	1	1	1	0	0x5E
E	0	1	1	1	1	0	0	1	0x79
F	0	1	1	1	0	0	0	1	

AFFICHEURS MULTIPLEXÉS

Supposons que nous voulions afficher un nombre à **4 chiffres**. Par la méthode précédente, il nous faudra **4 afficheurs, 4 décodeurs, 28 résistances de liaison soit 29 liaisons** sur l'ensemble des afficheurs.

Ce montage est représenté figure 40.

Pour afficher **12 chiffres**, ce qui n'est pas rare sur une calculatrice, il faudrait **85 files de liaison** et **12 circuits de décodage binaire - 7 segments**.

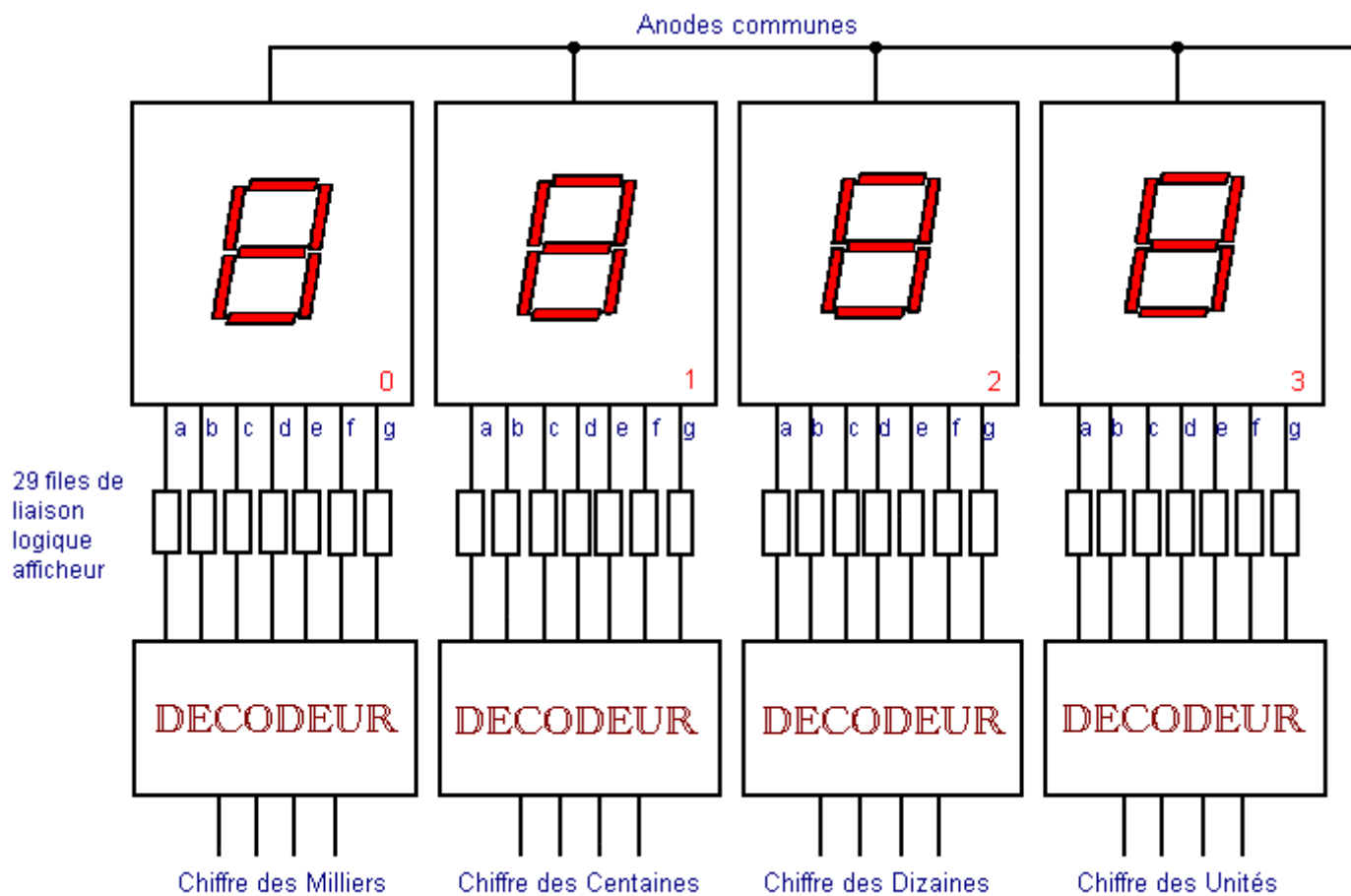


Fig. 40. - Affichage à 4 chiffres réalisé par la méthode classique.

e simplifier le câblage, il existe des afficheurs à plusieurs chiffres dits multiplexés.

La figure 41 représente le schéma interne d'un afficheur multiplexé.

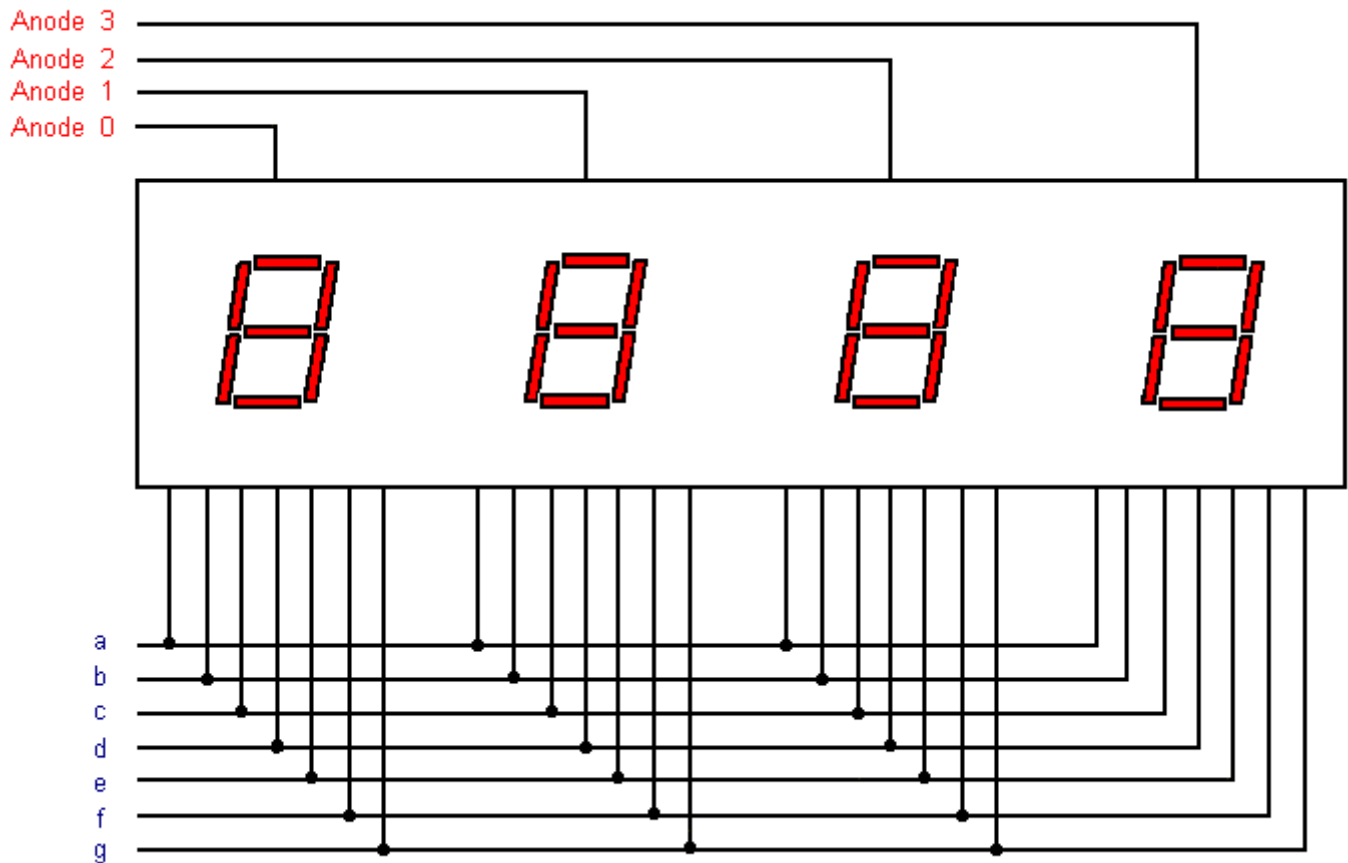


Fig. 41. - Schéma interne d'un afficheur quadruple multiplexé.

Le principe de ces afficheurs est très simple :

- ▶ Les diodes **LED** ont un temps de réponse très court et de toute façon plus court que celui de l'œil humain.
- ▶ La persistance rétinienne de l'œil ne permet pas de percevoir le scintillement d'une lampe dont la période de récurrence est inférieure à **20 ms** (valeur indicative pour un rapport cyclique de 1).

Il suffit donc d'envoyer successivement sur les **lignes bus a, b, c, d, e, f, g** les codes correspondants aux chiffres à afficher et ce de manière cyclique : **unité, dizaine, centaine, millier, unité, dizaine, centaine, millier, unité,....** et ainsi de suite.

On appelle lignes bus : un ensemble de conducteurs permettant de distribuer simultanément l'information à

Il sera bien évidemment nécessaire de sélectionner simultanément l'anode de l'afficheur concerné afin que le chiffre n'apparaisse que sur la décade et seulement la décade concernée : **unité, dizaine,....**

La distribution de signaux est réalisée au moyen d'un commutateur électronique que nous appellerons multiplexeur et qui sera examiné ultérieurement, c'est pourquoi il est schématisé par un contact dans la figure 42.

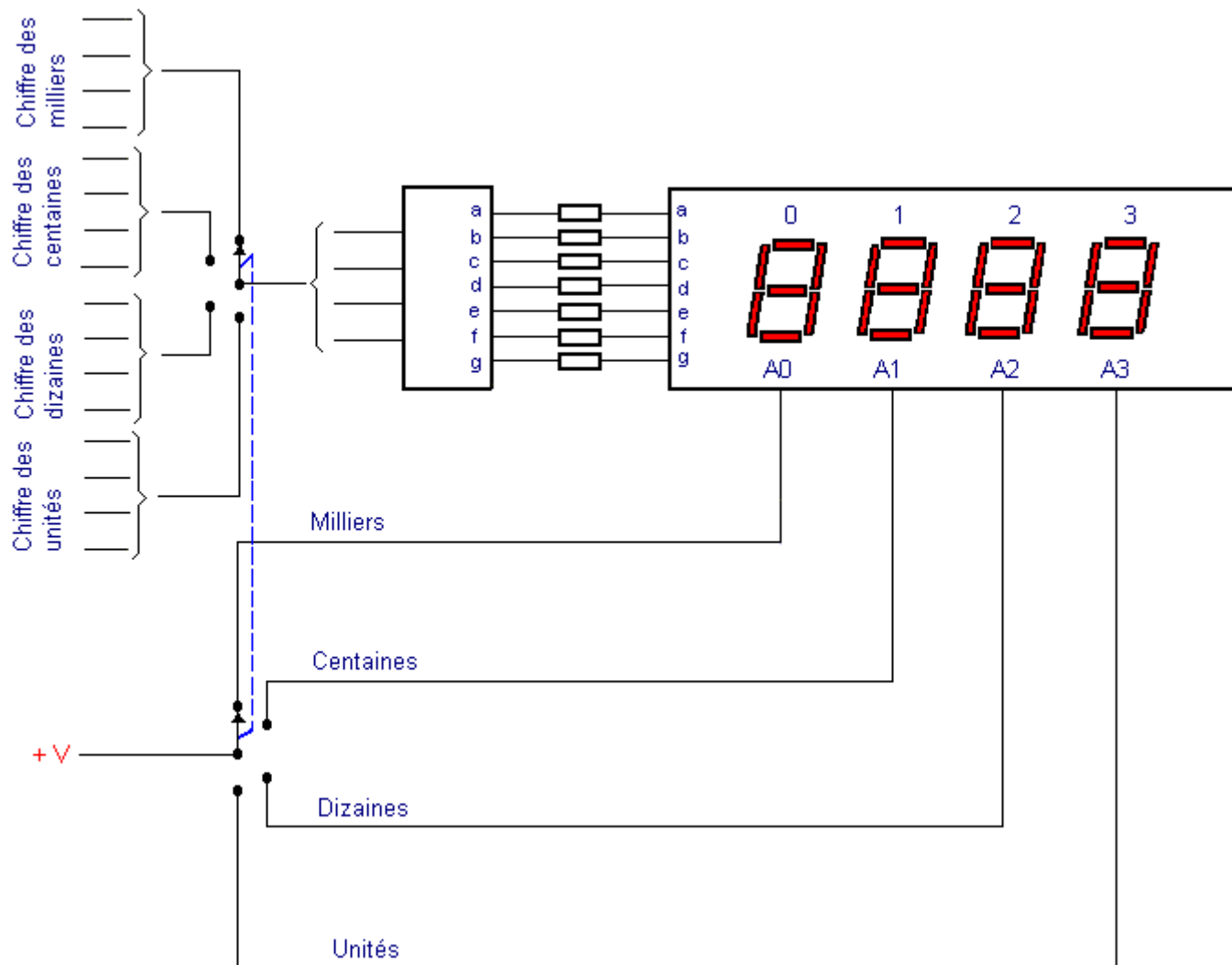
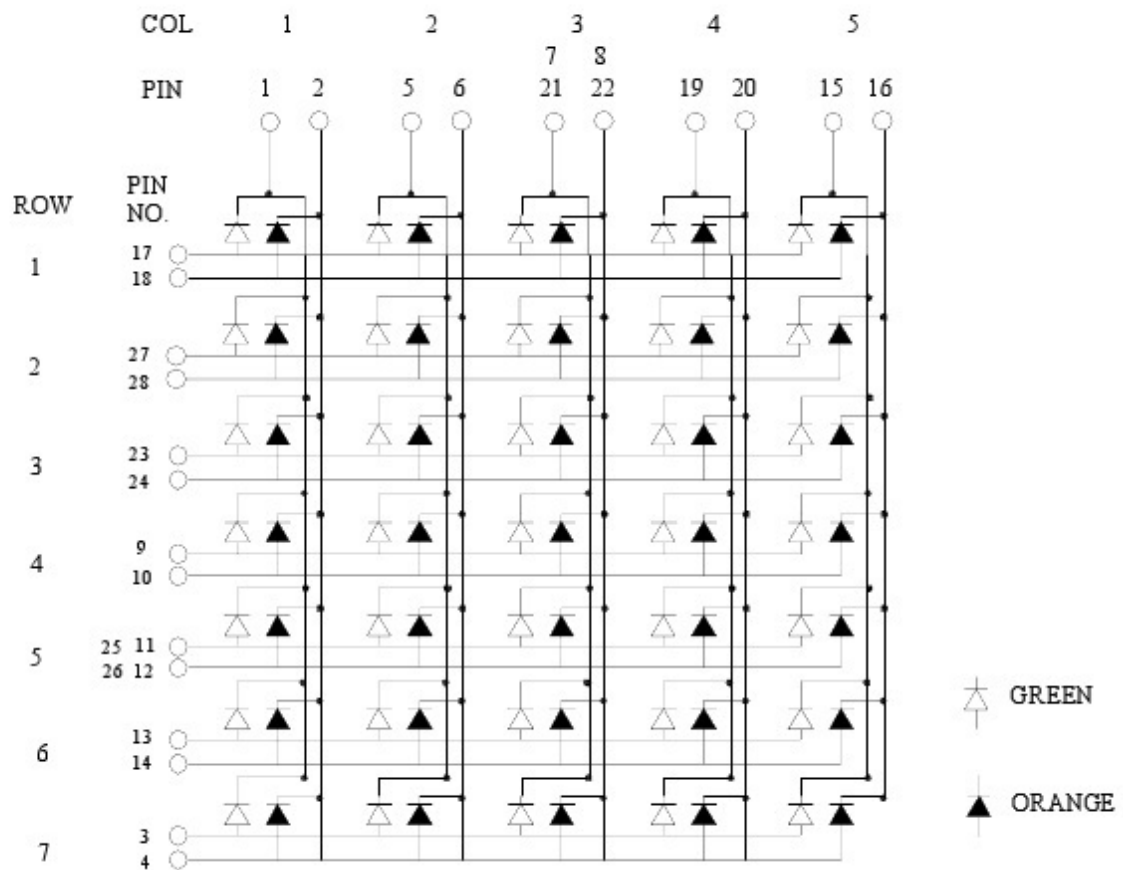


Fig. 42. - Principe de fonctionnement d'un afficheur multiplexé.

Cristaux liquides

Afficheur 5x7

LJ2066-GO -S1



Cristaux liquides

Ordre et désordre moléculaire

Le passage **de l'état de liquide à celui de cristal** est un changement physique brusque. Le liquide est fluide. Il n'a pas de forme en lui-même, il adopte celle du récipient dans lequel on le verse. Le cristal est compact et dur et conserve la forme dans laquelle il a été façonné.

Cette transformation observable à l'œil nu ou au microscope est la manifestation visible d'un processus atomique. Le plus spectaculaire est la modification **de l'ordre atomique et moléculaire**. Dans le liquide, les atomes se meuvent librement dans tous les sens et sont distribués un peu partout en désordre. Au moment de la cristallisation, ils viennent se ranger en ordre compact. C'est cet ordre serré et ordonné qui caractérise un cristal.

Remarquons qu'il existe des matières solides qui présentent aussi le désordre moléculaire du liquide. Ce sont les verres ou matière vitreuse. Le **verre** est un liquide figé, un "arrêt sur image" du liquide. Ses atomes restent en désordre, même s'ils se sont immobilisés. De ce point de vue, le changement entre un liquide et un verre est minime. Verre et liquide sont tous les deux dans l'état qualifié d'**amorphe**, qui indique l'état de désordre, ou de distribution aléatoire de la position des atomes. Il arrive que des verres cristallisent quand on abaisse la température ou dans d'autres circonstances favorisantes. La transformation entre le désordre moléculaire amorphe et l'ordre cristallin est radicale.

Et les **cristaux liquides**? C'est dans le passage subtil entre liquide et cristal lors du refroidissement qu'ils vont se révéler. En effet, dans cette métamorphose, certaines substances particulières ne passent pas directement de l'état liquide à l'état cristallin. Pendant le refroidissement, elles passent par des **états intermédiaires**. Elles sont encore liquides, mais ont perdu de la fluidité et ont une apparence trouble. Au niveau moléculaire, on détecte un ordre partiel, de telle sorte qu'elles sont liquides par certains aspects, mais ordonnées comme un cristal selon d'autres. Ce sont ces substances qui sont nommées cristaux liquides.