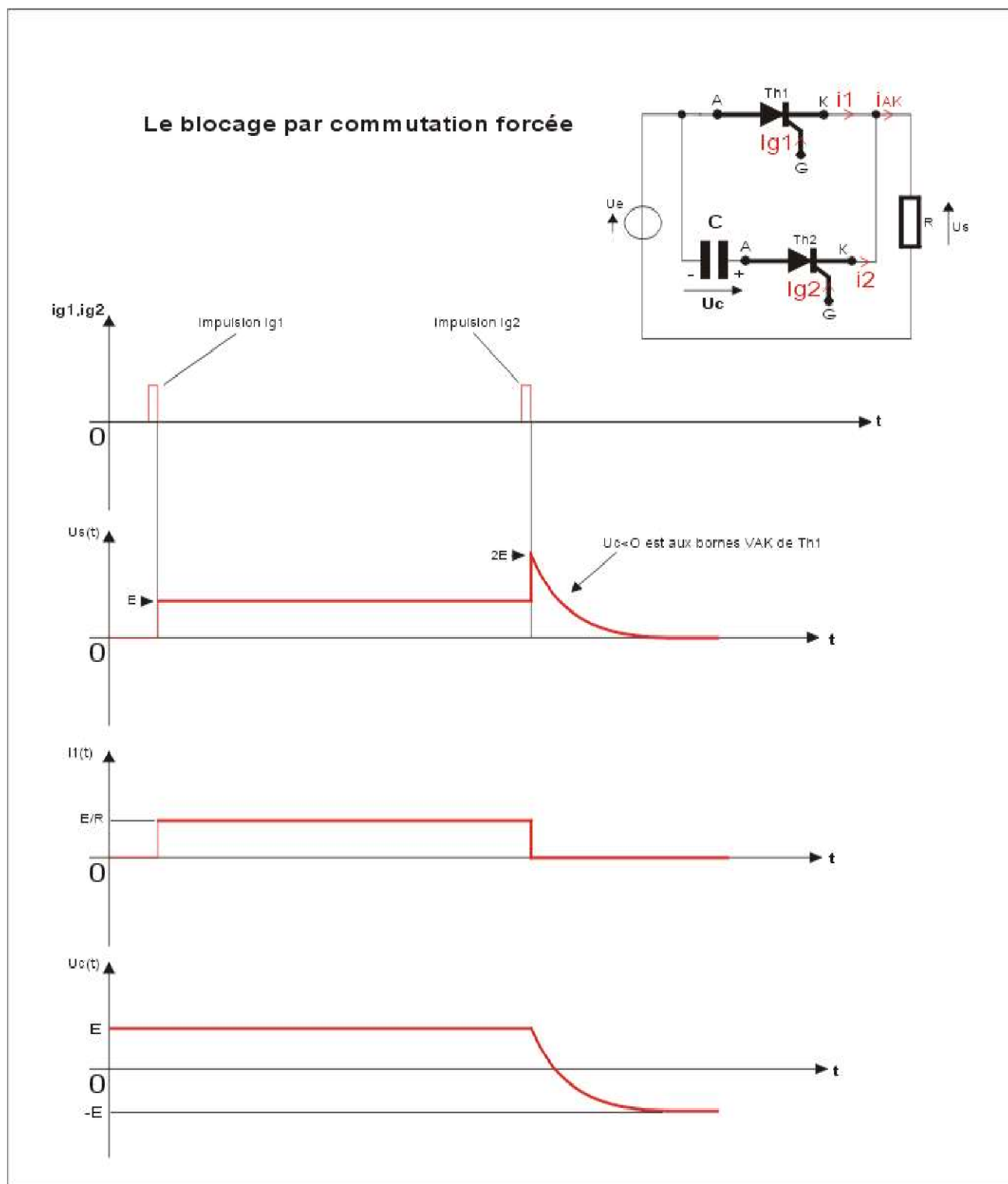


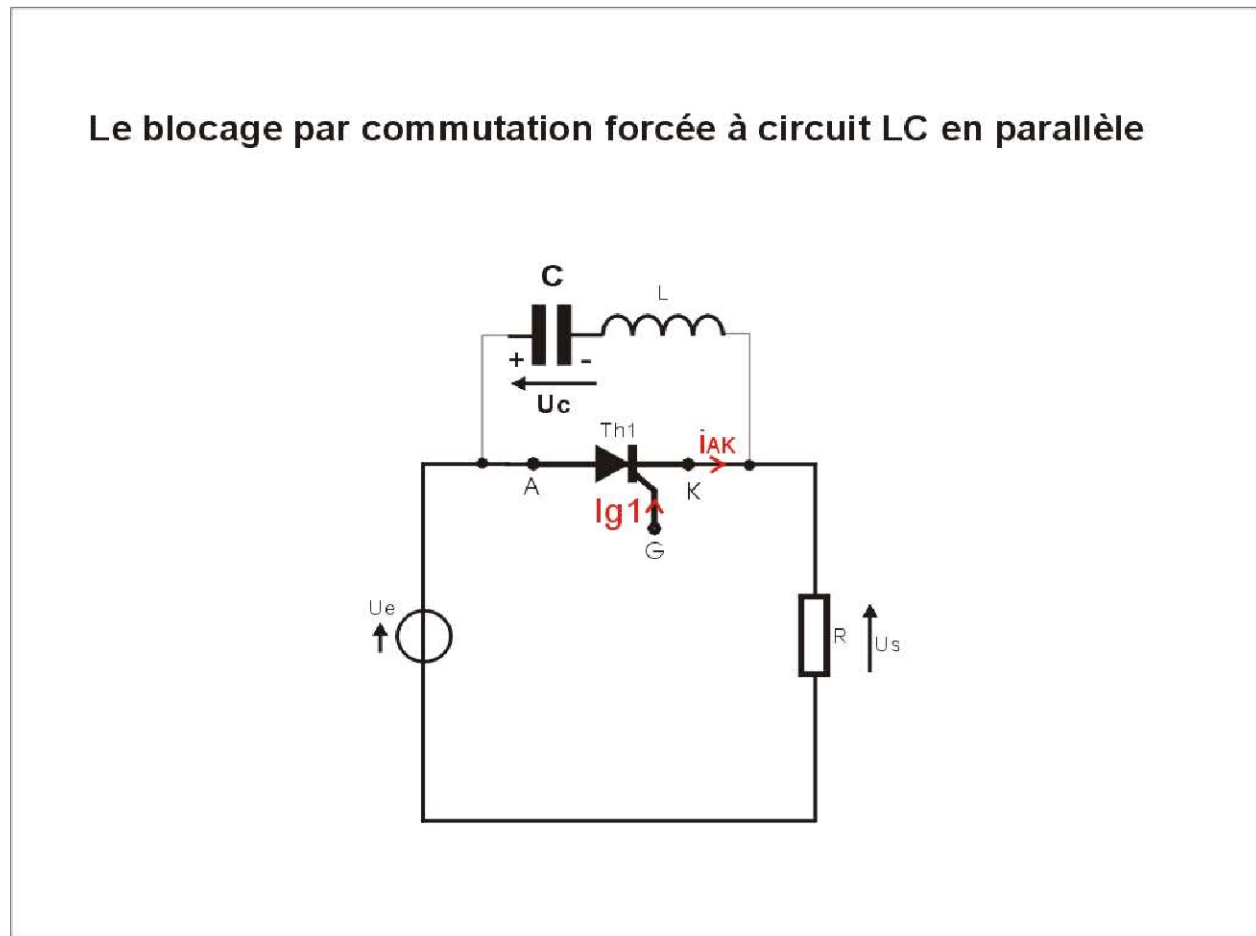
Blocage par commutation forcée :

Dès que Th1 est amorcé, il conduit et I_1 circule dans la charge R.

Dès que Th2 est amorcé $V_{AK} = -U_C$ et Th1 se bloque.



Autre solution de montage pour réaliser un blocage par commutation forcée :



On suppose que le thyristor Th_1 est bloqué ce qui provoque la charge de C à la tension continue U_e au travers de R et l'inductance L .

Lorsqu'une impulsion I_{g1} amorce th_1 , C se décharge par un courant oscillant dans le thyristor.

En choisissant L et C convenablement, le courant I_{AK} du thyristor valant $(I_R + I_C)$, il faut que lorsque I_C s'inverse à la première oscillation que $I_R - I_C < I_H$.

Dès lors le thyristor va se bloquer.

Commutation statique :

Comme nous le savons maintenant, le thyristor est un composant bistable commandable par sa gâchette.

Alimenté en courant continu le thyristor laisse passer le courant dès qu'un signal de gâchette correctement calibré est appliqué.

Si la charge est inductive, la vitesse de croissance du courant est limitée par la constante de temps du circuit valant $t = L/R$.

Le retard engendré peut être supérieur à la durée appliquée au signal de gâchette, et si celui-ci disparaît avant que le courant dans la charge soit supérieur au courant de maintien du thyristor, alors le thyristor va se rebloquer.

La durée de l'impulsion doit être augmenté pour résoudre ce problème.

La durée de l'impulsion sera pour une charge inductive :

$$t_i = \left(\frac{L}{E} \right) \times I_H$$

L : charge inductive

E : tension d'alimentation

I_H : courant de maintien minimum du thyristor.

Commande de phase :

Ce procédé consiste à différer le temps à partir duquel le thyristor sera commandé.

En appliquant sur la gâchette une impulsion à un moment précis, on peut contrôler un courant continu et ainsi moduler la puissance moyenne dans une charge résistive (chauffage, ampoule), ou inductive (moteurs).

On peut également utiliser 2 thyristors en tête-bêche si on veut commander une charge en alternatif ou plus simplement utiliser un triac.

Pour le moment nous retiendrons ce qui suit :

L'angle de conduction est donné par l'équation suivante :

$$\Theta = 180^\circ - \alpha$$

α étant l'angle d'amorçage.

La charge est soumise à une valeur moyenne E_{moy} et une valeur efficace E_{eff} dépendant de l'angle d'amorçage α et de la tension d'alimentation $e(t)$.

$$e(t) = E_{max} \sin \omega t = E_{max} \sin x$$

Pour une charge résistive branchée à un redresseur monophasé contrôlé simple alternance, on a la relation suivante :

$$E_{moy} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi E_{max} \sin x dx$$

Soit :

$$E_{\text{moy}} = \frac{E_{\text{max}}}{2\pi} [-\cos x]_{\alpha}^{\pi}$$

D'où :

$$E_{\text{moy}} = \frac{E_{\text{max}}}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

On voit que si $\alpha=0^\circ$ alors on a : $E_{\text{moy}} = \frac{E_{\text{max}}}{\pi} = 0,318E_{\text{max}}$

(idem à une diode en mono-alternance)

D'où :

$$I_{\text{moy}} = \frac{E_{\text{moy}}}{R} = \frac{E_{\text{max}}}{2\pi R} (1 + \cos \alpha)$$

Soit :

$$I_{\text{moy}} = \left(\frac{I_{\text{max}}}{2\pi} \right) (1 + \cos \alpha)$$

Egalement d'après la définition de la valeur efficace d'un signal :

$$E_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} E_{\text{max}}^2 \sin^2 x dx}$$

D'où après transformation :

$$E_{\text{eff}} = \left(\frac{E_{\text{max}}}{2} \right) \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \left(\frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)}$$

On voit que si $\alpha=0^\circ$, $\sin 2\alpha=0$ et on obtient finalement:

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{max}}}{2}$$

La tension instantanée au moment de l'amorçage vaut :

$$v_A = E_{\max} \sin \alpha$$

La puissance contrôlée sur la charge s'écrit:

$$P_{\text{cont}} = \frac{P_{\text{source}}}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)$$

On voit que si $\alpha=0^\circ$

$$P_{\text{cont}} = \frac{P_{\text{source}}}{2}$$

Pour résumer si $0^\circ \leq \alpha \leq \pi$ alors $\frac{P_{\text{source}}}{2} \leq P_{\text{cont}} \leq 0$

Le triac :

Le triac ou alternistor est un composant semi-conducteur bidirectionnel, équivalent à deux thyristors montés en tête bêche et diffusés sur un même cristal.

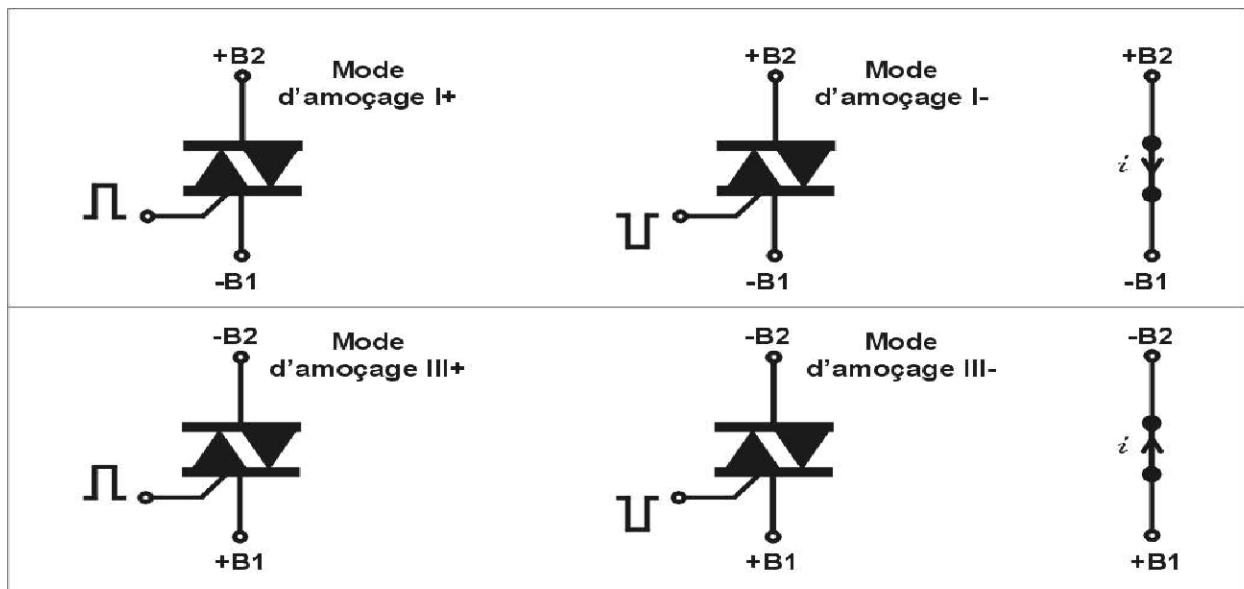
Fonctionnant dans les deux sens de conduction l'appellation « Anode » et « Cathode » du thyristor deviennent « Borne directe » et « Borne inverse » ou « MT1 » et « MT2 » (Main Terminal en anglais).

Attention ces deux bornes ne sont pas interchangeables.

Une seule gâchette permet de commander le triac dans les deux sens par des impulsions positives ou négatives.

Modes d'amorçage d'un triac:

Il existe quatre modes possibles d'amorçage d'un triac.



Avantage d'un triac face à deux thyristors en tête bêche :

Le triac est autoprotégé contre les surtensions accidentelles directes ou inverses. Lorsque la tension de retournement est atteinte, le triac s'amorce et laisse passer le courant jusqu'à la fin de l'alternance où c'est produite la surtension accidentelle.

Cela rend l'usage des triacs plus sûre que celui des thyristors dans bon nombre d'applications.

Egalement une unique gâchette, simplifie l'électronique de commande.

La tension aux bornes d'un triac en conduction est de l'ordre de 1 à 2V.

Les courants d'accrochage et de maintien sont spécifiques au quadrant d'amorçage choisis.

Considérations dynamiques :

Pour éviter toute surchauffe il faut veiller à ne pas dépasser le $\frac{di}{dt}$ spécifié dans la datasheet du composant qui se situe autour de 100A/ μ s.

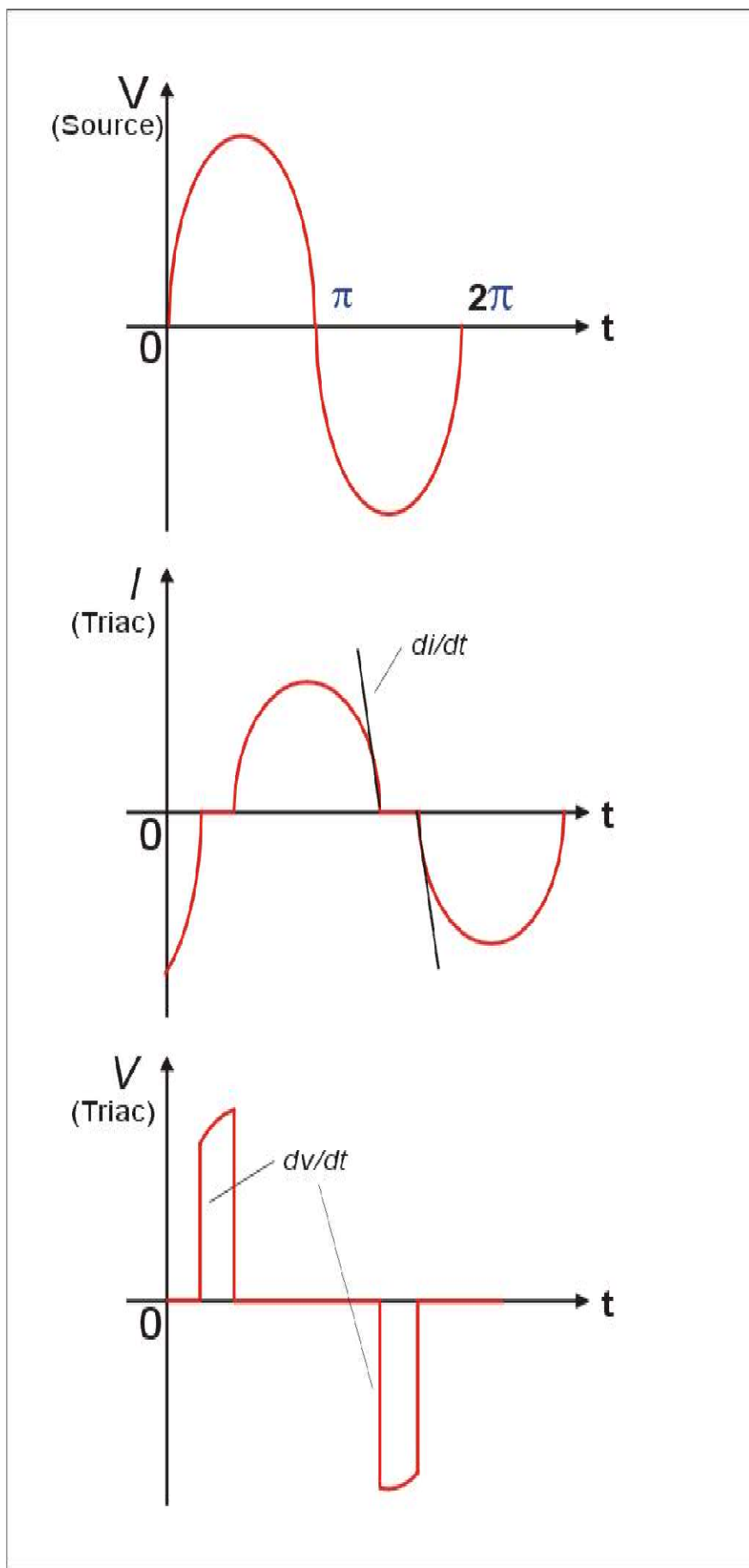
Le triac peut supporter des $\frac{dv}{dt}$ de l'ordre de 300V/ μ s à l'état bloqué, rarement atteint sauf peut-être en cas de ruptures de circuits (mise sous tension par interrupteur ou rupture de circuit dans le cas d'un fusible).
A l'état passant la vitesse de croissance de la tension à la commutation est de l'ordre de 2V/ μ s à 20V/ μ s et dépend du modèle choisit.

Lorsque la charge est inductive, le courant est déphasé par rapport à la tension comme nous l'avons évoqué dans le cas du thyristor.

Lorsque le triac cesse de conduire le courant, il se bloque, passant de la tension avant blocage à la tension de blocage.

Cette brusque variation peut dans certains cas provoquer un amorçage intempestif sans avoir pour autant reçu une impulsion de gâchette.

Le graphique de la page suivante illustre ce qui se passe dans ce cas :



Caractéristiques de la gâchette :

La sensibilité de déclenchement par un courant sur la gâchette (positif ou négatif) dépend du quadrant choisit et des valeurs indiquées par le fabricant. Il faut se souvenir que le mode I+ est dix fois plus sensible que le mode III+. Il existe de nombreux circuits d'amorçage pour déclencher un triac, la gâchette pouvant recevoir un courant continu, alternatif, redressé ou impulsionnel. Ces composants déclencheurs se nomme Diac, diode asymétrique, commutateur bilatéral (SBS) et unilatéral (SUS), diode Shockley, transistor unijonction (UJT) et unijonction programmable (PUT), lampe au néon,...

Dispositifs déclencheurs pour thyristors et triacs :

On distingue les dispositifs unidirectionnels et bidirectionnels.

→ Dispositifs unidirectionnels

1. T.U.J : *Transistor unijonction* (appellation anglosaxonne : *U.J.T*)

Commercialisé depuis 1952, ce composant permet de réaliser un oscillateur relaxateur simple avec peu de composants annexes. Il est davantage utilisé pour déclencher les thyristors et parfois des triacs.

C'est un composant semi-conducteur doté de trois électrodes et d'une seule jonction.

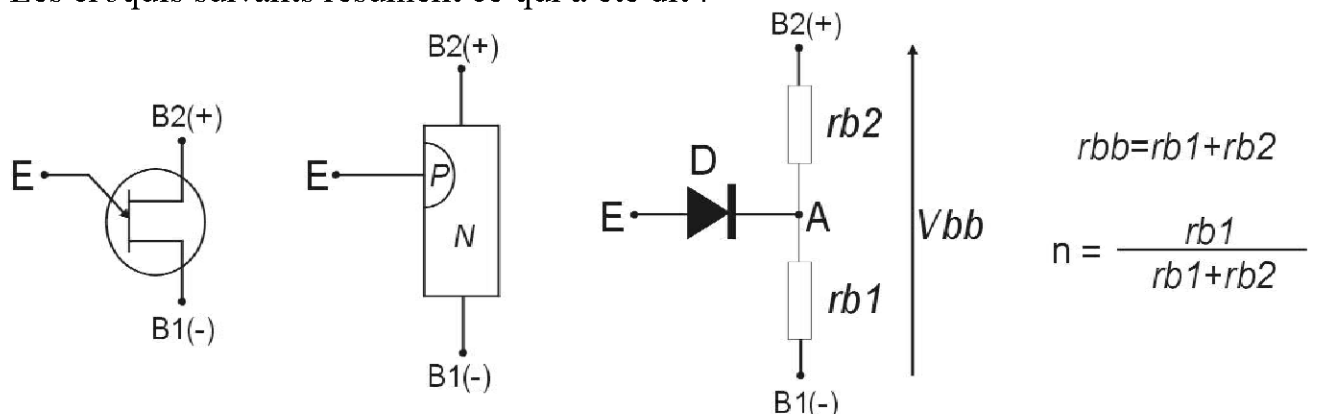
Il est constitué d'un barreau de silicium de type N faiblement dopé, dont les extrémités portent des contacts ohmiques appelés bases.

Une jonction PN est réalisée près de la base B2 ; la région dopée P forme l'émetteur.

Le barreau de silicium est schématiquement équivalent à un diviseur de tension par rapport à l'émetteur.

La jonction PN est schématisé par une diode.

Les croquis suivants résument ce qui a été dit :



En appliquant une tension V_{bb} entre les deux bases B_1, B_2 , la tension au point nodal A est égale à :

$$V_A = \left(\frac{r_{b1}}{r_{b1} + r_{b2}} \right) \times V_{bb}$$

Le rapport :

$$n = \frac{r_{b1}}{r_{b1} + r_{b2}} = \frac{r_{b1}}{r_{bb}}$$

désigne le rapport intrinsèque du transistor unijonction, avec r_{bb} résistance interne totale (entre $3k\Omega$ et $10k\Omega$) nommée résistance inter-base.

Pour déclencher le dispositif il faut appliquer une tension $V_E > V_A + V_D$ appelé **tension de pic** (V_p).

La jonction commence à laisser passer un courant, l'émetteur injecte des porteurs positifs (trous) dans la région N.

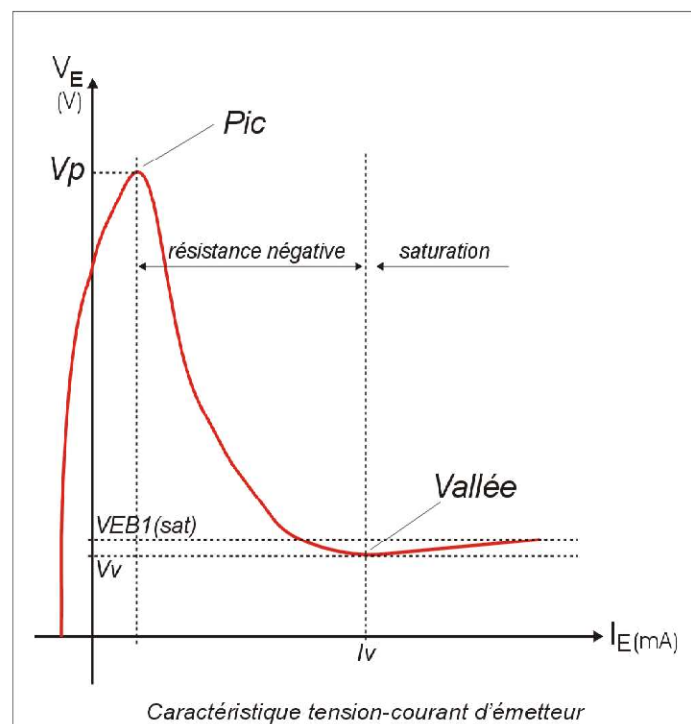
Dès lors il se produit un effet de résistance négative et I_E croît très vite alors que la tension V_{EB} décroît vers un minimum, dénommée **tension de vallée** (V_v).

La tension de pic vaut : $V_P = \eta V_{bb} + V_D$

η , le rapport intrinsèque vaut entre 0,45 et 0,8, V_D est la tension de seuil de la jonction PN ($\approx 0,5V$ à $25^\circ C$), V_{bb} est la tension appliquée aux bases.

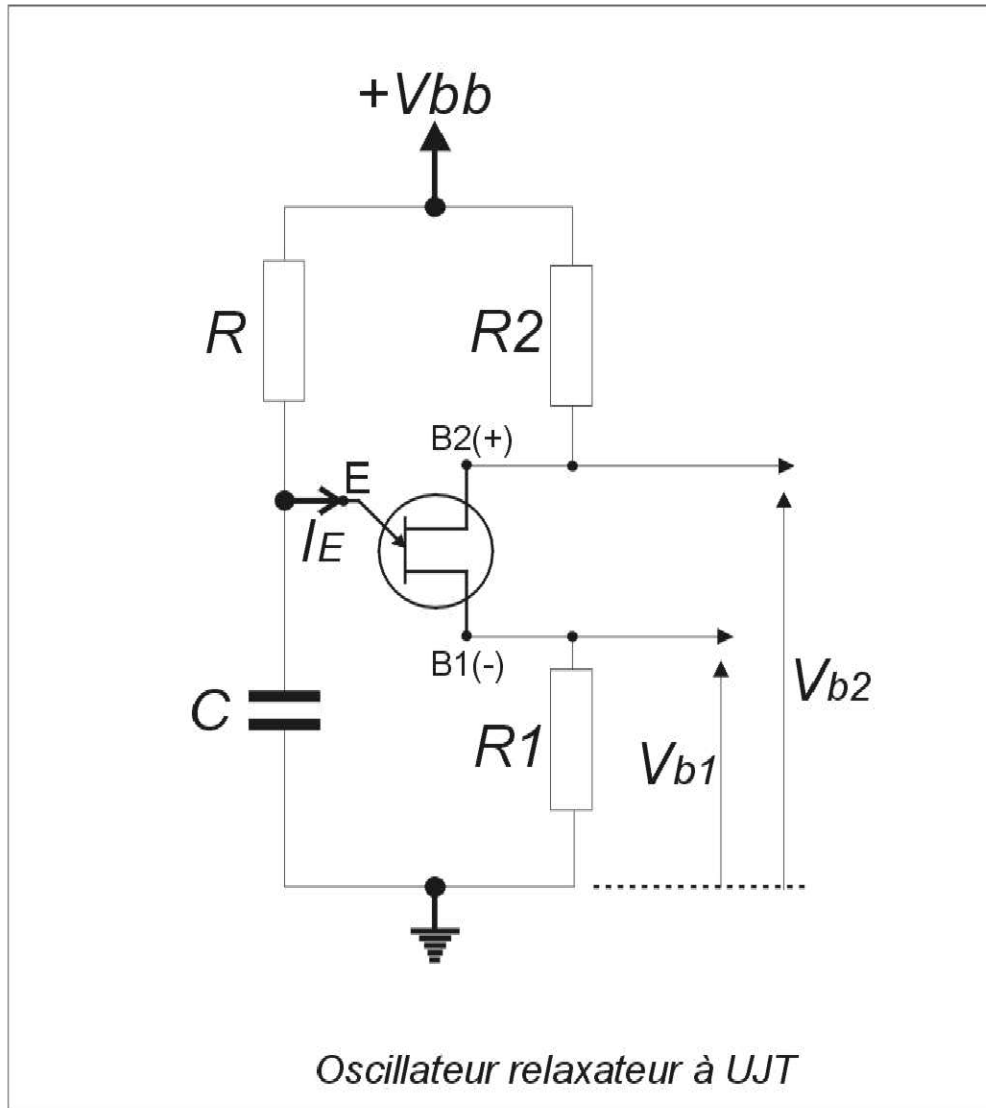
Les datasheets fournissent précisément les valeurs selon le modèles choisis.

La courbe suivante illustre le fonctionnement décrit plus haut :



Oscillateur relaxateur à transistor unijonction :

Ce montage économique ne comprend que quatre composants autour de l'UJT et est fréquemment utilisé pour déclencher des thyristors.



Fonctionnement :

Lorsque V_{bb} est appliqué au montage, C se charge à travers R tel que :

$$V_C = V_{bb} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Dès que V_C atteint V_p , l'UJT laisse passer le courant et C se décharge brusquement dans R1, produisant une impulsion positive sur B1, et une impulsion négative (plus faible) sur B2.