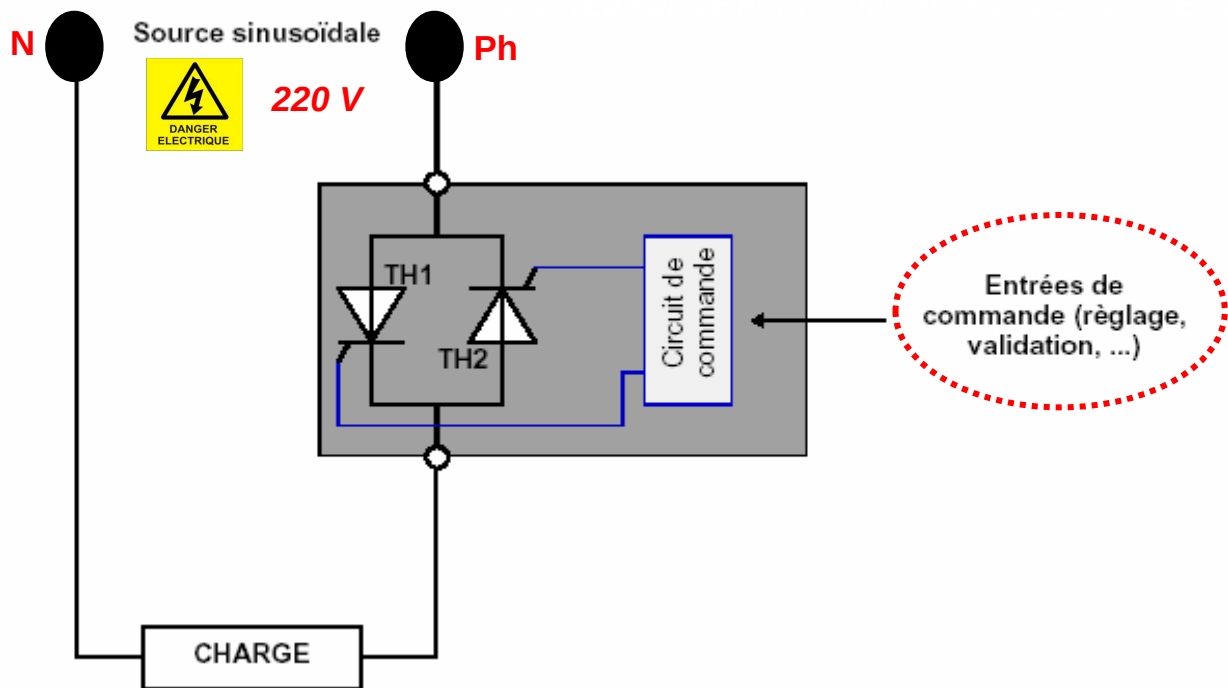


# LE GRADATEUR.

## 1) Définition :

Un gradateur est un appareil de commande qui permet de contrôler la puissance absorbée par un récepteur: lampe, moteur, chauffage, etc et ceci en régime alternatif.

## 2) Structure d'un gradateur en monophasé :



Ce système se comporte donc comme un interrupteur commandé: " Le triac ". Il établit ou interrompt la liaison électrique entre la source de 220 volts alternatif et la charge.

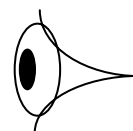
## 3) Constitution d'un gradateur :

Il se compose d'une partie puissance et d'une partie commande intégrées dans le même bloc.

- La partie puissance est constituée de deux thyristors montés « tête-b  che » pour les fortes puissances ( > 10 kW ) ou d'un triac pour les puissances inférieures.
- La partie commande est constituée de divers circuits électroniques permettant d'élaborer les signaux de commande des thyristors à partir d'un ordre de commande extérieur. Suivant les types de gradateur, ce signal de commande sera de type Tout Ou Rien de type: [ T.O.R ] ou bien analogique.

La tension aux bornes de la charge évolue suivant la séquence de commande, ainsi on différenciera deux types de gradateurs :

- GRADATEUR A ANGLE DE PHASE:
- GRADATEUR A TRAIN D'ONDES:

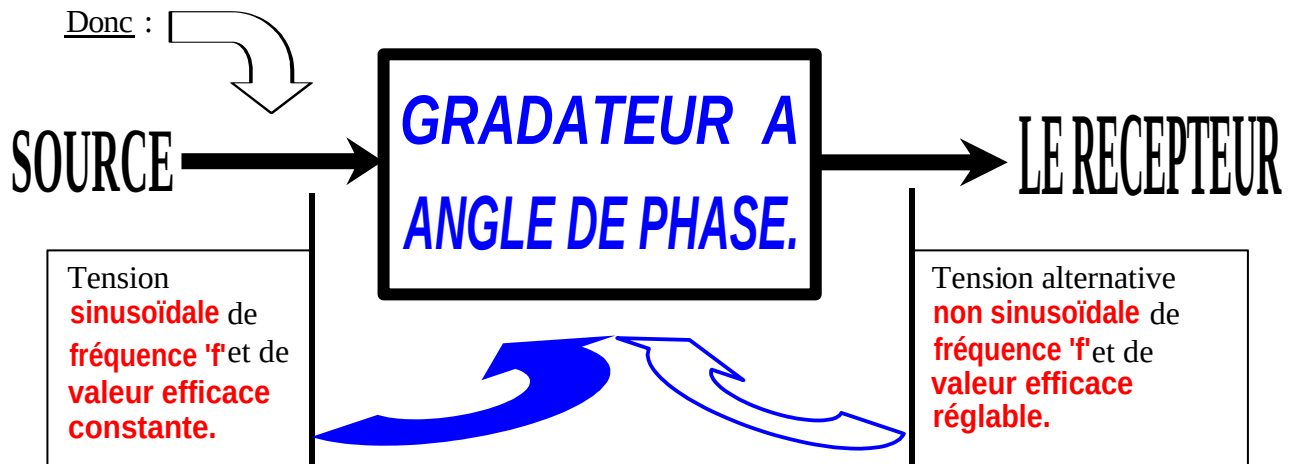




#### 4) GRADATEUR A ANGLE DE PHASE:

##### 4.1) Définition :

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge un courant alternatif non sinusoïdal de même fréquence que la tension d'alimentation, mais de valeur efficace réglable.

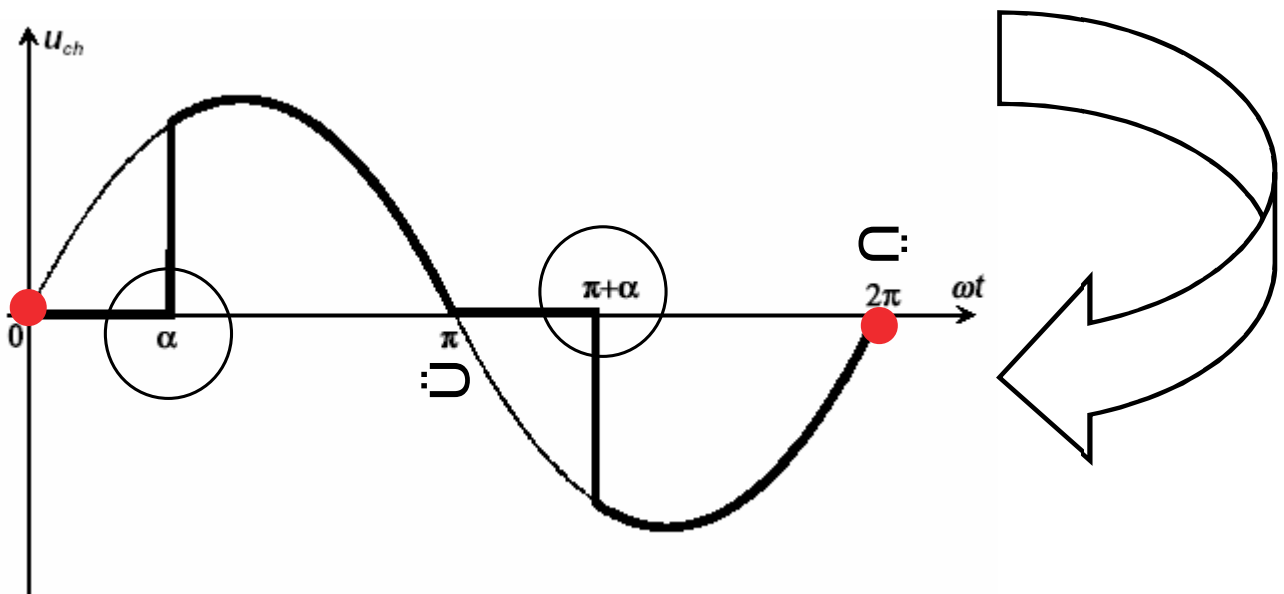


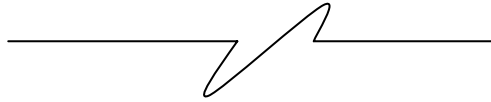
##### 4.2) Principe de fonctionnement d'un gradateur à angle de phase monophasé débitant sur une charge résistive :

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est analogique.

Le thyristor Th1 est amorcé durant l'alternance positive avec un angle de retard  $\alpha$  par rapport au passage par zéro de la tension secteur. Le thyristor Th2 est amorcé durant l'alternance négative avec le même angle de retard.

On obtient alors aux bornes de la charge le tension suivante :





### **4.3) Principales relations:**

- ✓ Valeur de la tension efficace aux bornes de la charge :

$$U_{ch} = U_{source} \sqrt{1 - \frac{a}{p} + \frac{\sin 2a}{2p}}$$

Avec  $U_{source}$  : Tension efficace fournie par la source.

- ✓ Puissance moyenne dissipée dans la charge :

$$P_{moy} = \frac{U_{ch}^2}{R} = \frac{U_{source}^2}{R} \times \left( 1 - \frac{a}{p} + \frac{\sin 2a}{2p} \right)$$

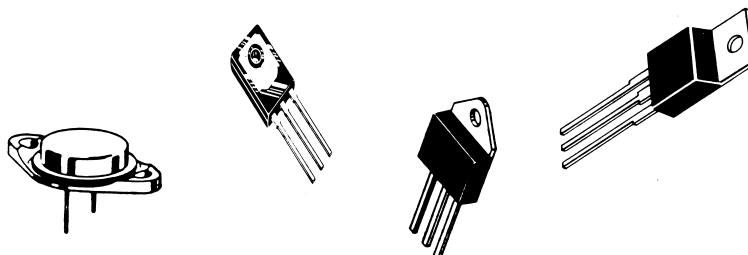
Avec R : Valeur de la résistance de charge.

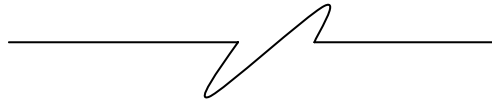
### **4.4) Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur:**

- Le chauffage électrique...
- L'éclairage...
- La variation de vitesse des moteurs alternatifs de faibles puissance ( perceuses, aspirateurs de quelques centaines de Watts )...
- En règle générale, ils sont utilisés sur des systèmes ne présentant pas ou peu d'inertie thermique ou mécanique...

#### **Les inconvénients :**

- La tension aux bornes de la charge est alternative non sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif non sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant absorbés sur le réseau sera donc importante.
- La relation entre la puissance moyenne dissipée dans la charge et le signal de commande  $\alpha$  n'est pas linéaire.

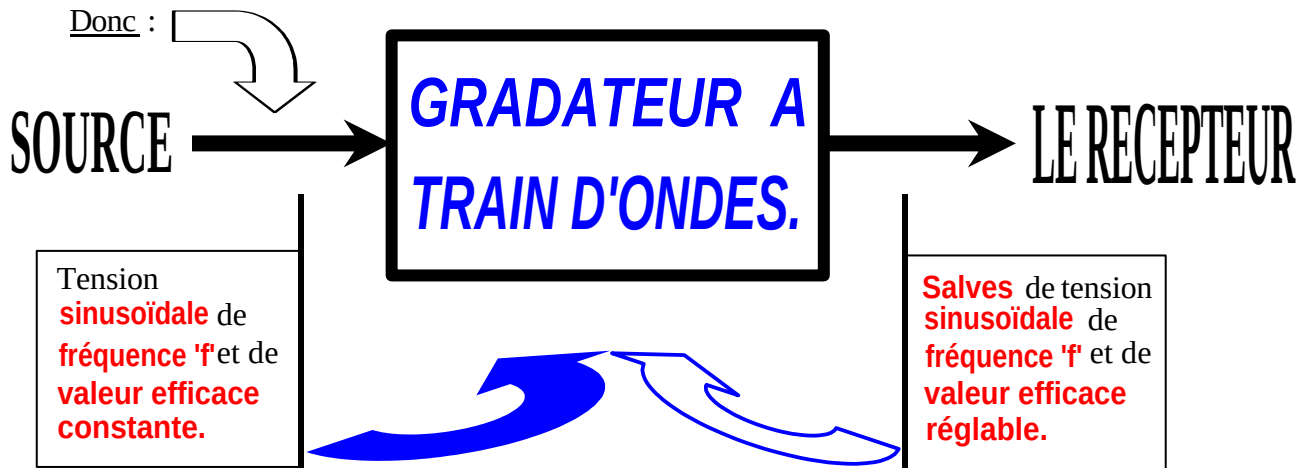




## 5) GRADATEUR A TRAIN D'ONDES :

### 5.1) Définition :

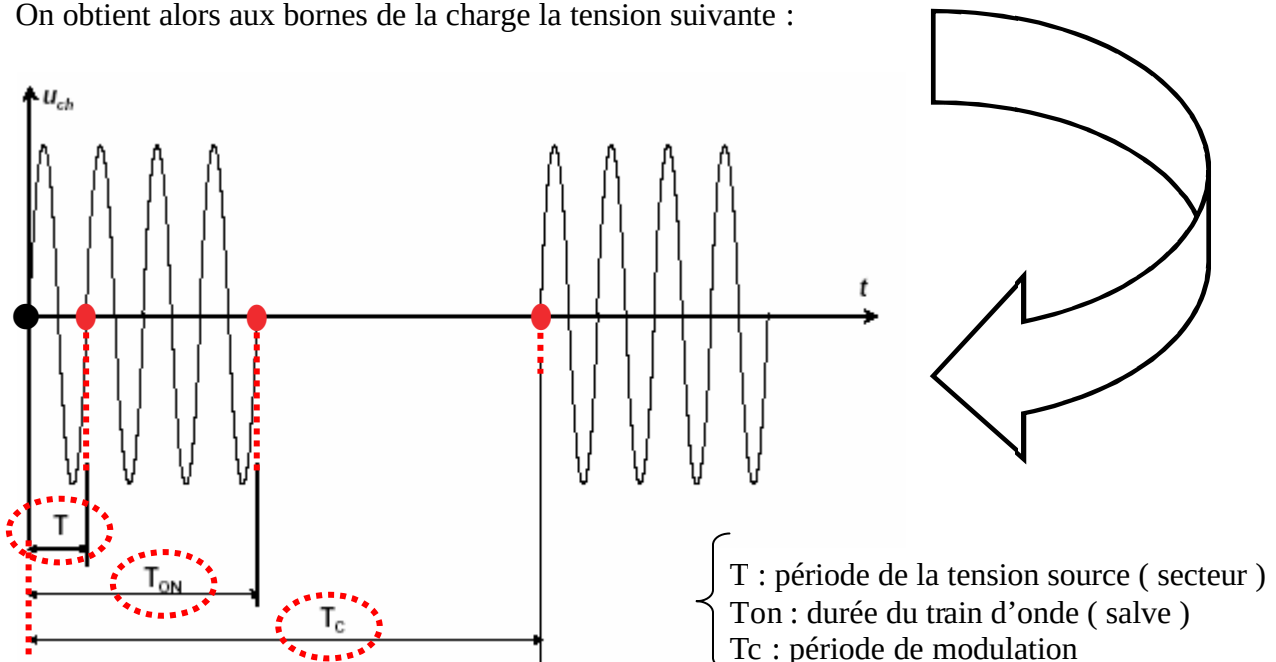
C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge des salves de tension de manière à faire varier la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge.

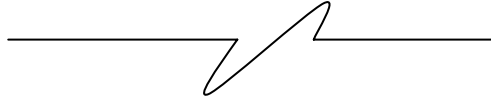


### 5.2) Principe de fonctionnement d'un gradateur à train d'ondes monophasé débitant sur charge résistive.

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est de type TOR.

Le thyristor Th1 et le thyristor Th2 sont amorcés de manière continue pendant le temps  $T_{on}$  ( période de conduction ) et ils sont ensuite bloqués jusqu'à la fin de la période de modulation. On obtient alors aux bornes de la charge la tension suivante :





### 5.3) Principales relations :

✓ Valeur de la tension efficace aux bornes de la charge:

$$U_{ch} = U_{source} \times \sqrt{b}$$

Avec  $\left\{ \begin{array}{l} U_{source} : \text{tension efficace fournie par la source.} \\ \beta : \text{rapport cyclique.} \end{array} \right.$

✓ Puissance moyenne dissipée dans la charge:

$$P_{moy} = P_{max} \times \frac{T_{on}}{T_c} = P_{max} \times b \quad \text{avec} \quad P_{max} = \frac{U_{source}^2}{R}$$

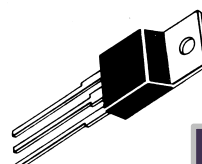
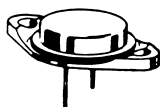
Avec  $R$  : valeur de la résistance de charge.

### 5.4) Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur:

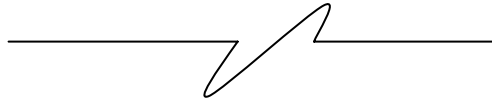
- Le chauffage électrique...
- Utilisés sur des systèmes présentant une inertie thermique importante...

#### Les avantages:

- La tension aux bornes de la charge est alternative sinusoïdale, donc le courant absorbé sera aussi alternatif sinusoïdal. La présence d'harmonique de courant sera donc nulle.
- On a une relation linéaire entre la puissance moyenne dans la charge et le signal de commande  $\beta$ .



Ce document est la propriété intellectuelle de son auteur.



 Notes personnelles... 





## Bi-Directional Triode Thyristor

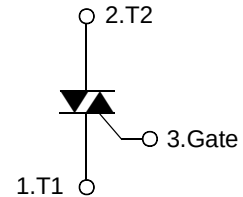
### Features

- ◆ Repetitive Peak Off-State Voltage : 600V
- ◆ R.M.S On-State Current (  $I_{T(RMS)} = 12\text{ A}$  )
- ◆ High Commutation  $dv/dt$
- ◆ Non-isolated Type

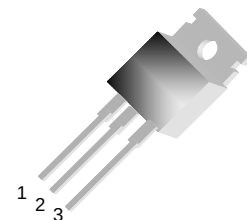
### General Description

This device is suitable for AC switching application, phase control application such as fan speed and temperature modulation control, lighting control and static switching relay.

#### Symbol

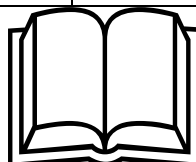


#### TO-220



### Absolute Maximum Ratings ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified )

| Symbol       | Parameter                         | Condition                                  | Ratings    | Units                |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|------------|----------------------|
| $V_{DRM}$    | Repetitive Peak Off-State Voltage |                                            | 600        | V                    |
| $I_{T(RMS)}$ | R.M.S On-State Current            | $T_C = 101^\circ\text{C}$                  | 12         | A                    |
| $I_{TSM}$    | Surge On-State Current            | One Cycle, 50Hz/60Hz, Peak, Non-Repetitive | 100/110    | A                    |
| $I^2t$       | $I^2t$ for fusing                 | $t = 10\text{ms}$                          | 50         | $\text{A}^2\text{s}$ |
| $P_{GM}$     | Peak Gate Power Dissipation       |                                            | 5.0        | W                    |
| $P_{G(AV)}$  | Average Gate Power Dissipation    | Over any 20ms period                       | 0.5        | W                    |
| $I_{GM}$     | Peak Gate Current                 |                                            | 2.0        | A                    |
| $V_{GM}$     | Peak Gate Voltage                 |                                            | 10         | V                    |
| $T_J$        | Operating Junction Temperature    |                                            | - 40 ~ 125 | $^\circ\text{C}$     |
| $T_{STG}$    | Storage Temperature               |                                            | - 40 ~ 150 | $^\circ\text{C}$     |
|              | Mass                              |                                            | 2.0        | g                    |



où qu'il y a des composants



# BT138-600

Fig 7. Gate Trigger Current vs. Junction Temperature

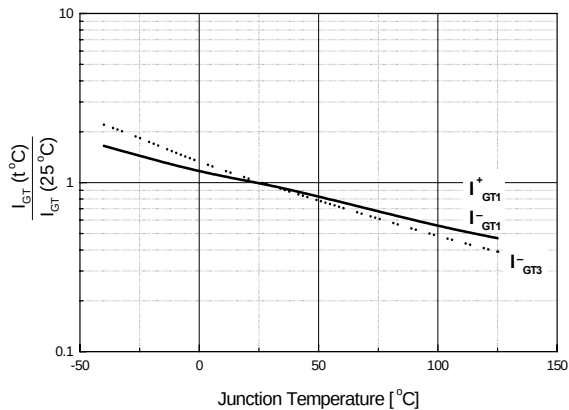


Fig 8. Transient Thermal Impedance

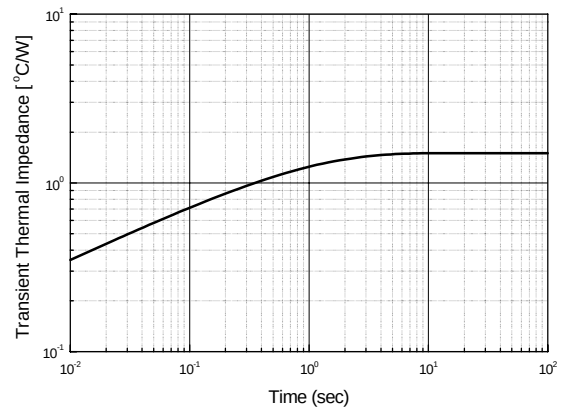
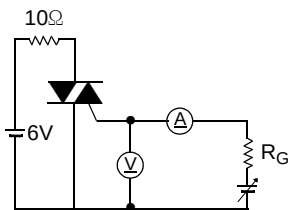
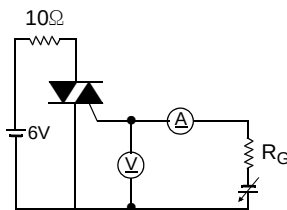


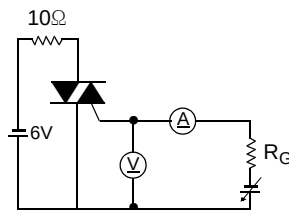
Fig 9. Gate Trigger Characteristics Test Circuit



Test Procedure I



Test Procedure II



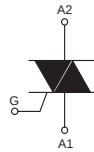
Test Procedure III

## Electrical Characteristics

## TECHNIQUE

| Symbol                        | Items                                                  |                      | Conditions                                                                                         | Ratings |      |      | Unit |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------|------|
|                               |                                                        |                      |                                                                                                    | Min.    | Typ. | Max. |      |
| I <sub>DRM</sub>              | Repetitive Peak Off-State Current                      |                      | V <sub>D</sub> = V <sub>DRM</sub> ; Single Phase, Half Wave<br>T <sub>J</sub> = 125 °C             | —       | —    | 2.0  | mA   |
| V <sub>TM</sub>               | Peak On-State Voltage                                  |                      | I <sub>T</sub> = 15 A, Inst. Measurement                                                           | —       | —    | 1.65 | V    |
| I <sup>+</sup> <sub>GT1</sub> | I                                                      | Gate Trigger Current | V <sub>D</sub> = 6 V, R <sub>L</sub> =10 Ω                                                         | —       | —    | 25   | mA   |
| I <sup>-</sup> <sub>GT1</sub> | II                                                     |                      |                                                                                                    | —       | —    | 25   |      |
| I <sup>-</sup> <sub>GT3</sub> | III                                                    |                      |                                                                                                    | —       | —    | 25   |      |
| V <sup>+</sup> <sub>GT1</sub> | I                                                      | Gate Trigger Voltage | V <sub>D</sub> = 6 V, R <sub>L</sub> =10 Ω                                                         | —       | —    | 1.5  | V    |
| V <sup>-</sup> <sub>GT1</sub> | II                                                     |                      |                                                                                                    | —       | —    | 1.5  |      |
| V <sub>GT3</sub>              | III                                                    |                      |                                                                                                    | —       | —    | 1.5  |      |
| V <sub>GD</sub>               | Non-Trigger Gate Voltage                               |                      | T <sub>J</sub> = 125 °C, V <sub>D</sub> = 1/2 V <sub>DRM</sub>                                     | 0.2     | —    | —    | V    |
| (dv/dt) <sub>c</sub>          | Critical Rate of Rise Off-State Voltage at Commutation |                      | T <sub>J</sub> = 125 °C, [di/dt] <sub>c</sub> = -4.0 A/ms,<br>V <sub>D</sub> =2/3 V <sub>DRM</sub> | 10      | —    | —    | V/μs |
| I <sub>H</sub>                | Holding Current                                        |                      |                                                                                                    | —       | 15   | —    |      |
| R <sub>th(j-c)</sub>          | Thermal Impedance                                      |                      | Junction to case                                                                                   | —       | —    | 1.5  | °C/W |





## BTA/BTB12 and T12 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

12A TRIACs

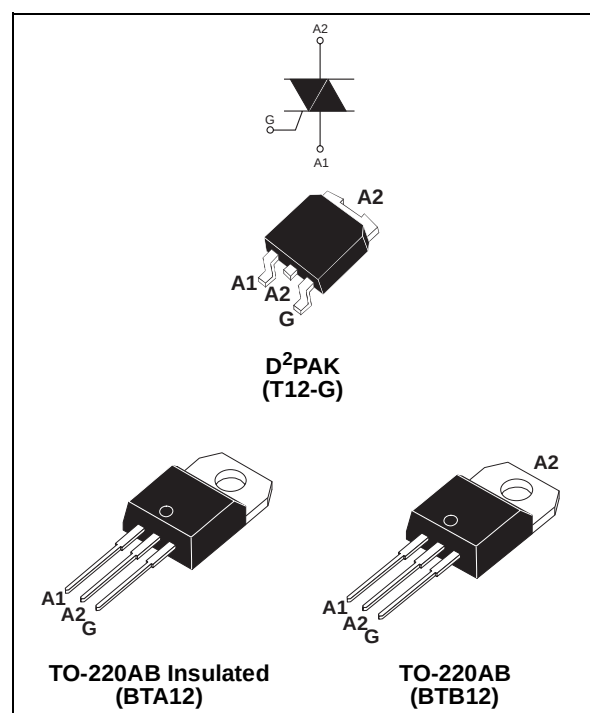
### MAIN FEATURES:

| Symbol            | Value       | Unit |
|-------------------|-------------|------|
| $I_{T(RMS)}$      | 12          | A    |
| $V_{DRM}/V_{RRM}$ | 600 and 800 | V    |
| $I_{GT} (Q_1)$    | 10 to 50    | mA   |

### DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the BTA/BTB12 and T12 triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers,...

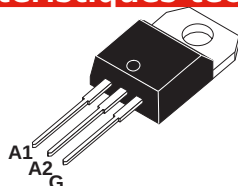
The snubberless versions (BTA/BTB...W and T12 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734)



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol             | Parameter                                                                                    |                |                           | Value                   | Unit                                 |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| $I_{T(RMS)}$       | RMS on-state current (full sine wave)                                                        | D²PAK/TO-220AB | $T_c = 105^\circ\text{C}$ | 12                      | A                                    |
|                    |                                                                                              | TO-220AB Ins.  | $T_c = 90^\circ\text{C}$  |                         |                                      |
| $I_{TSM}$          | Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, $T_j$ initial = $25^\circ\text{C}$ ) | F = 50 Hz      | t = 20 ms                 | 120                     | A                                    |
|                    |                                                                                              | F = 60 Hz      | t = 16.7 ms               | 126                     |                                      |
| $I^2t$             | $I^2t$ Value for fusing                                                                      | tp = 10 ms     |                           | 100                     | $\text{A}^2\text{s}$                 |
| di/dt              | Critical rate of rise of on-state current<br>$I_G = 2 \times I_{GT}$ , tr ≤ 100 ns           | F = 120 Hz     | $T_j = 125^\circ\text{C}$ | 50                      | A/μs                                 |
| $V_{DSM}/V_{RSM}$  | Non repetitive surge peak off-state voltage                                                  | tp = 10 ms     | $T_j = 25^\circ\text{C}$  | $V_{DRM}/V_{RRM} + 100$ | V                                    |
| $I_{GM}$           | Peak gate current                                                                            | tp = 20 μs     | $T_j = 125^\circ\text{C}$ | 4                       | A                                    |
| $P_{G(AV)}$        | Average gate power dissipation                                                               |                | $T_j = 125^\circ\text{C}$ | 1                       | W                                    |
| $T_{stg}$<br>$T_j$ | Storage junction temperature range<br>Operating junction temperature range                   |                |                           |                         | - 40 to + 150<br>- 40 to + 125<br>°C |

## Caractéristiques techniques



TO-220AB Insulated  
(BTA12)



## BTA/BTB12 and T12 Series

### THERMAL RESISTANCES

| Symbol        | Parameter             |                       | Value                          | Unit |
|---------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------|
| $R_{th(j-c)}$ | Junction to case (AC) |                       | D <sup>2</sup> PAK/TO-220AB    | °C/W |
|               |                       |                       | TO-220AB Insulated             |      |
| $R_{th(j-a)}$ | Junction to ambient   | S = 1 cm <sup>2</sup> | D <sup>2</sup> PAK             | °C/W |
|               |                       |                       | TO-220AB<br>TO-220AB Insulated |      |

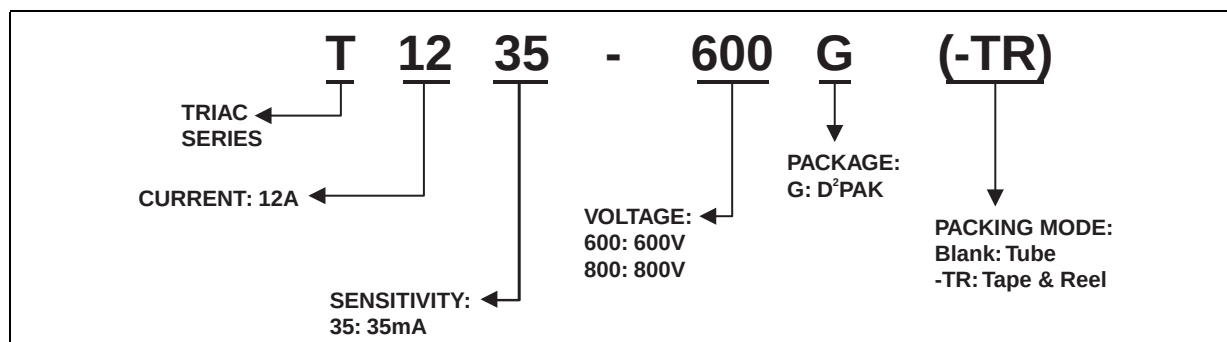
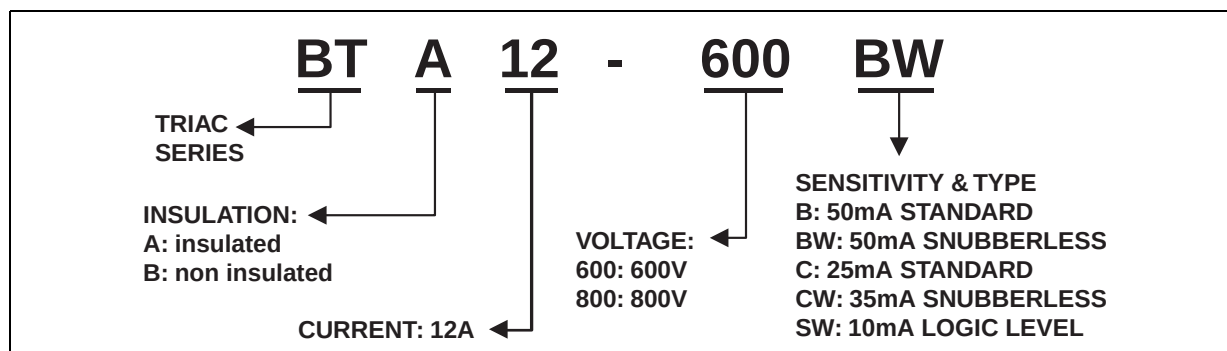
S = Copper surface under tab

### PRODUCT SELECTOR

| Part Number     | Voltage (xxx) |       | Sensitivity | Type        | Package            |
|-----------------|---------------|-------|-------------|-------------|--------------------|
|                 | 600 V         | 800 V |             |             |                    |
| BTA/BTB12-xxxB  | X             | X     | 50 mA       | Standard    | TO-220AB           |
| BTA/BTB12-xxxBW | X             | X     | 50 mA       | Snubberless | TO-220AB           |
| BTA/BTB12-xxxC  | X             | X     | 25 mA       | Standard    | TO-220AB           |
| BTA/BTB12-xxxCW | X             | X     | 35 mA       | Snubberless | TO-220AB           |
| BTA/BTB12-xxxSW | X             | X     | 10 mA       | Logic level | TO-220AB           |
| T1235-xxxG      | X             | X     | 35 mA       | Snubberless | D <sup>2</sup> PAK |

BTB: non insulated TO-220AB package

### ORDERING INFORMATION



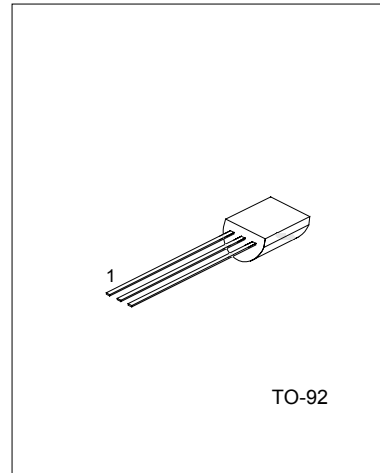


### UTC PCR406

### SCR

#### DESCRIPTION

The UTC PCR406 silicon controlled rectifiers are high performance planar diffused PNP devices. These parts are intended for low cost high volume applications.



1:CATHODE 2:GATE 3:ANODE

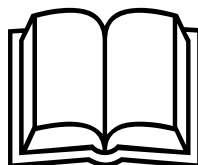
#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| PARAMETERS                                                | SYMBOL              | TEST CONDITION                                         | RATING     | UNITS |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|------------|-------|
| Repetitive Peak Off-State Voltage<br>PCR406-6<br>PCR406-5 | V <sub>DRM</sub>    | T <sub>j</sub> =40 to 125°C<br>(R <sub>GK</sub> = 1kΩ) | 400<br>300 | V     |
| On-State Current                                          | I <sub>T(RMS)</sub> | T <sub>c</sub> =40°C                                   | 0.8        | A     |
| Average On-State Current                                  | I <sub>T(AV)</sub>  | Half Cycle=180, T <sub>c</sub> =40°C                   | 0.5        | A     |
| Peak Reverse Gate Voltage                                 | V <sub>GRM</sub>    | IGR=10uA                                               | 1          | V     |
| Peak Gate Current                                         | I <sub>GM</sub>     | 10us Max.                                              | 0.1        | A     |
| Gate Dissipation                                          | PG(AV)              | 20ms Max.                                              | 150        | mW    |
| Operating Temperature                                     | T <sub>j</sub>      |                                                        | -40~125    | °C    |
| Storage Temperature                                       | T <sub>STG</sub>    |                                                        | -40~125    | °C    |
| Soldering Temperature                                     | T <sub>SLD</sub>    | 1.6mm from case 10s Max.                               | 250        | °C    |

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>a</sub>=25°C, unless otherwise specified)

| PARAMETER                     | SYMBOL             | TEST CONDITIONS                                                                        | MIN | MAX        | UNIT |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|------|
| Off state leakage current     | I <sub>DRM</sub>   | V <sub>DRM</sub> (R <sub>GK</sub> =1KΩ), T <sub>j</sub> =125°C                         |     | 0.1        | mA   |
| Off state leakage current     | I <sub>DRM</sub>   | V <sub>DRM</sub> (R <sub>GK</sub> =1KΩ), T <sub>j</sub> =25°C                          |     | 1.0        | μA   |
| On state voltage              | V <sub>T</sub>     | I <sub>T</sub> =0.4A<br>I <sub>T</sub> =0.8A                                           |     | 1.4<br>2.2 | V    |
| On state threshold voltage    | V <sub>T(TO)</sub> | T <sub>j</sub> =125°C                                                                  |     | 0.95       | V    |
| On state slope resistance     | R <sub>t</sub>     | T <sub>j</sub> =125°C                                                                  |     | 600        | m    |
| Gate trigger current          | I <sub>GT</sub>    | V <sub>D</sub> =7V                                                                     |     | 200        | μA   |
| Gate trigger voltage          | V <sub>GT</sub>    | V <sub>D</sub> =7V                                                                     |     | 0.8        | V    |
| Holding current               | I <sub>H</sub>     | R <sub>GK</sub> =1KΩ                                                                   |     | 5          | mA   |
| Latching current              | I <sub>L</sub>     | R <sub>GK</sub> =1KΩ                                                                   |     | 6          | mA   |
| Critical rate of voltage rise | DV/DT              | V <sub>D</sub> =0.67*V <sub>DRM</sub> (R <sub>GK</sub> =1KΩ),<br>T <sub>j</sub> =125°C |     |            | V/μs |

UTC UNISONIC TECHNOLOGIES CO. LTD



# Exemples de réalisations de gradateur



Le composant TRIAC :

| Brochage   | 1  | 2  | 3 |
|------------|----|----|---|
| 1, 2, 3, 4 | A1 | A2 | G |



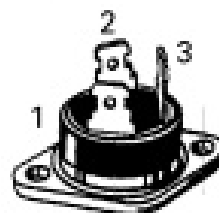
TO-220AB



ISO-220  
ou SOT-86A

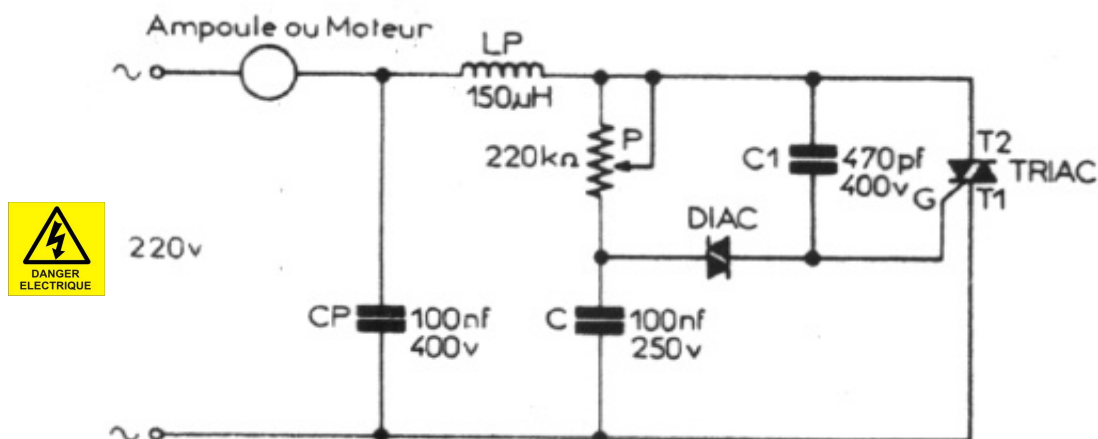


TO-218AC  
ou TOP-3

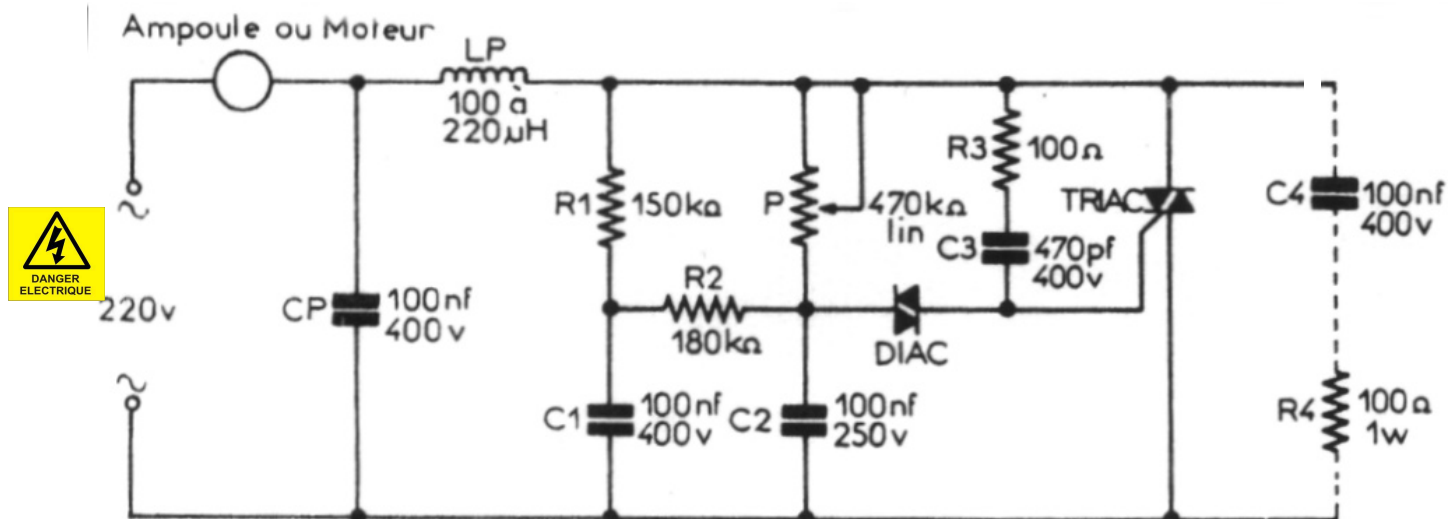


RD91

Gradateur économique :



Gradateur à forte plage de variation :



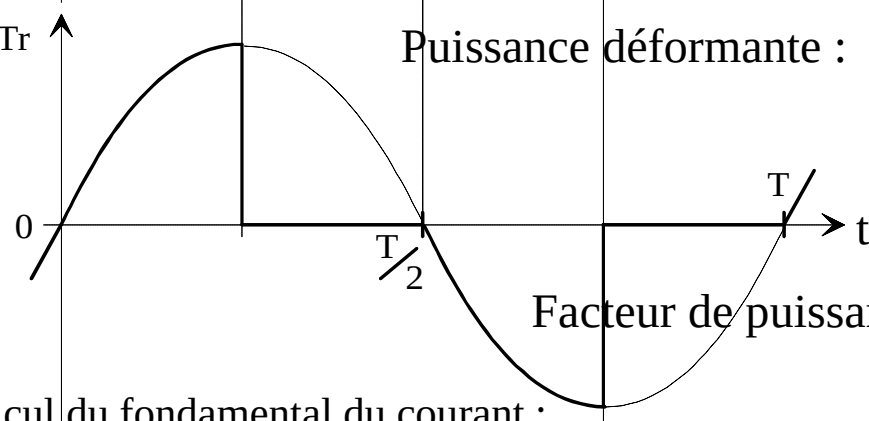
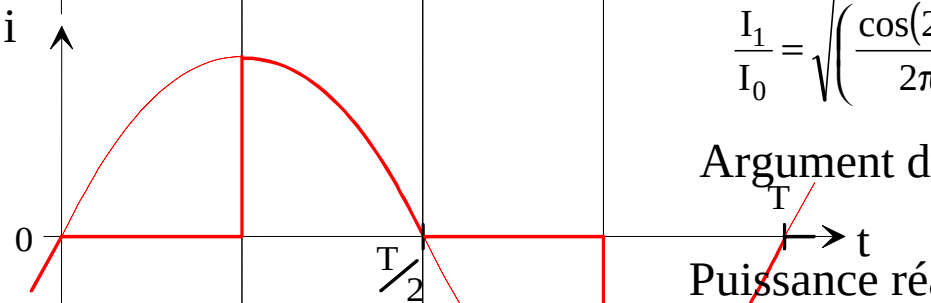
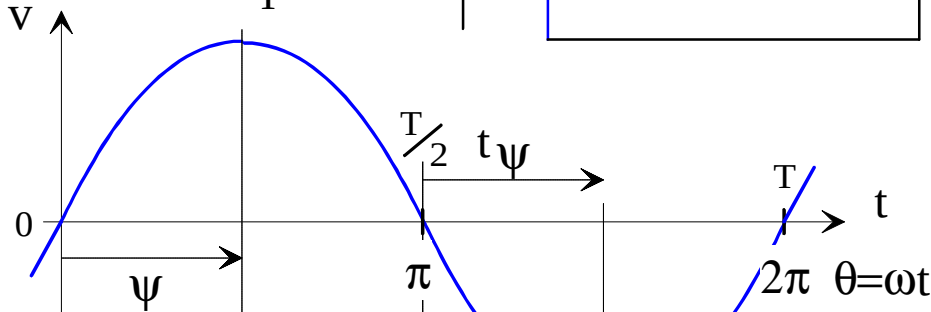
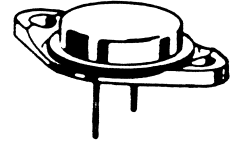
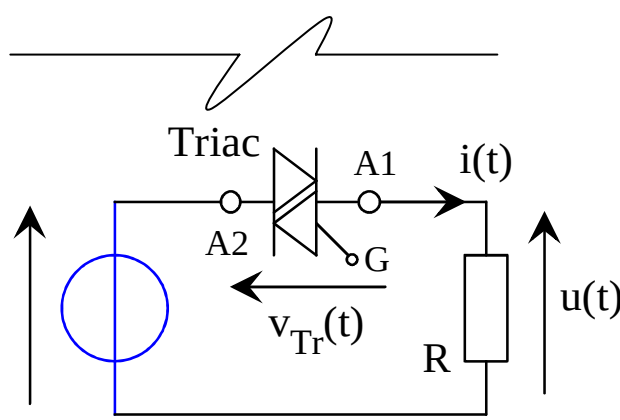


ELECTRONIQUE / ROBOTIQUE.

Schéma de principe :

$$v(t) = V\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$$



Valeur efficace :

$$\frac{I_1}{I_0} = \sqrt{\left(\frac{\cos(2\psi)}{2\pi} - \frac{1}{2\pi}\right)^2 + \left(1 - \frac{\psi}{\pi} + \frac{\sin(2\psi)}{2\pi}\right)^2}$$

Argument du courant :  $\phi_1 = \text{Arctan}\left(\frac{A_1}{B_1}\right)$

Puissance réactive :  $Q_1 = V \cdot I_1 \cdot \sin(\phi_1)$

Puissance apparente :  $S = V_{\text{Seff}} \cdot I_{\text{Ceff}} \quad S_1 = V_{\text{Seff}} \cdot I_{1\text{eff}}$

Puissance déformante :  $S = \sqrt{(P_1^2 + Q_1^2 + D^2)} = \sqrt{(S_1^2 + D^2)}$

$$\frac{D}{V \cdot I_0} = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{Ceff}}}{I_0}\right)^2 - \left(\frac{I_{1\text{eff}}}{I_0}\right)^2}$$

Facteur de puissance :  $F_p = \frac{P}{S} = \frac{R \cdot I_{\text{Ceff}}^2}{V_{\text{Seff}} \cdot I_{\text{Ceff}}} = \frac{I_{\text{Ceff}}}{I_0}$

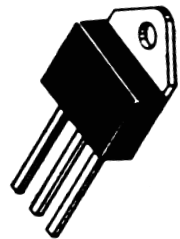
Calcul du fondamental du courant :

$$i_1(t) = A_1 \cdot \cos(\omega t) + B_1 \cdot \sin(\omega t) \text{ avec } \omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$$

$$B_1 = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \cdot \sin(\omega t) \cdot dt = \frac{4}{2\pi} \int_{\psi}^{\pi} i(\theta) \cdot \sin(\theta) \cdot d\theta \text{ avec } \theta = \omega t$$

$$A_1 = \frac{4}{2\pi} \int_{\psi}^{\pi} i(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot d\theta$$

on pose  $i(\theta) = \frac{v_s(\theta)}{R} = \frac{V\sqrt{2}}{R} \cdot \sin(\theta)$  pour  $\theta \in [\psi; \pi]$



$$A_1 = \frac{V\sqrt{2}}{R} \cdot \left[ \frac{\cos(2\psi)}{2\pi} - \frac{1}{2\pi} \right] \text{ et } B_1 = \frac{V\sqrt{2}}{R} \cdot \left[ 1 - \frac{\psi}{\pi} + \frac{\sin(2\psi)}{2\pi} \right]$$