



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
CENTRE UNIVERSITAIRE DE TISSEMSILT  
Institut des sciences et de la technologie



## Polycopié de cours

**Technologie des composants électroniques 2**

**Chapitre I et II**

**Domaine : Sciences et technologies**

**Filière : électronique**

**Spécialité : électronique**

Préparé par : Dr. DJOUDI Lakhdar.

Maitre de conférences classe « A »

Année universitaire : 2018/2019.

Les étudiants concernés par le support : Troisième année licence électronique.

# Préface :

Ce polycopié est spécialement destiné aux étudiants de sciences et technologies (licence). Il intéresse notamment les étudiants de troisième année spécialité électronique.

L'ouvrage contient deux chapitres parfaitement agencés, le premier chapitre est intitulé Conception des alimentations et le second chapitre est intitulé Composants actifs de puissance.

Un nombre important de références bibliographiques ont été utilisées pour l'élaboration du présent manuscrit. Chaque chapitre est précédé de l'essentiel d'un cours suivi par des exemples d'applications avec solutions détaillées.

Je souhaite bien que ce polycopié serve comme un outil de travail précieux pour les étudiants physicien et électronicien niveau licence.

# Chapitre I

## Conception des alimentations

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Conception des alimentations</b> .....	6
1.1	Fonctionnement des récepteurs électriques. ....	6
1.1.1	Les appareils qui fonctionnent directement sous la tension du secteur : .....	6
1.1.2	Les appareils qui ne fonctionnent pas directement sous la tension du secteur :.....	6
1.1.3	Valeur efficace et la valeur moyenne :.....	7
1.1.4	Caractéristique d'un signal sinusoïdal : .....	8
1.2	La transformation d'une tension alternative. ....	8
1.2.1	Rôle d'un transformateur :.....	8
1.2.2	Description d'un transformateur :.....	8
1.2.3	Fonctionnement d'un transformateur :.....	9
1.2.4	Rapport de transformation : .....	9
1.3	Redressement d'une tension alternative :.....	10
1.3.1	Redressement d'une alternance (mono alternance) : .....	11
1.3.2	Redressement deux alternances (double alternance) : .....	12
1.3.3	Exercices : .....	14
1.4	Lissage (filtrage) d'une tension redressée : .....	15
1.4.1	Fonctionnement d'un condensateur : .....	15
1.4.2	Filtrage de la tension redressée : .....	16
1.4.3	Exercices avec solutions :.....	19
1.5	La stabilisation d'une tension (régulateur de tension) :.....	21
1.5.1	Stabilisation de tension par diode Zéner :.....	21
1.5.2	Stabilisation de tension par un circuit intégré (les régulateurs intégrés) :.....	22
1.6	Alimentation régulée : régulateurs monolithiques .....	25
1.6.1	Régulateur de tension fixe de la famille 78XX et de la famille 79XX : .....	25
1.6.2	Régulateur monolithique ajustable à trois broches: .....	26
<b>2</b>	<b>Composants actifs de puissance</b> .....	33
2.1	Rappel sur les composants passifs et actifs : .....	33
2.1.1	Composants actifs : .....	33
2.1.2	Composants passifs : .....	33
2.2	Thyristor SCR.....	33
2.2.1	Définition :.....	33
2.2.2	Fonctionnement du thyristor : .....	34
2.2.3	Caractéristiques Tension-Courant du thyristor :.....	35
2.2.4	Circuit explicatif :.....	36
2.2.5	L'angle d'amorçage et l'instant d'amorçage du thyristor : .....	37

2.2.6	Applications :	38
2.2.7	Modèles de thyristor :	40
2.2.8	Critères de choix d'un thyristor	40
2.3	Thyristor GTO :	40
2.3.1	Définition :	40
2.3.2	Principe de fonctionnement :	41
2.4	Triac :	42
2.4.1	Définition :	42
2.4.2	Principe de fonctionnement :	43
2.4.3	Caractéristiques Tension-Courant du triac :	43
2.4.4	Fonctionnement par quadrants :	44
2.5	Diac :	45
2.5.1	Définition :	45
2.5.2	Principe de fonctionnement :	45
2.6	Transistor bipolaire de puissance :	46
2.6.1	Présentation :	46
2.6.2	Principe de fonctionnement :	47
2.6.3	Modes de fonctionnement du transistor :	48
2.6.4	Critères de choix d'un transistor :	48
2.7	Transistor à effet de champ de puissance :	48
2.7.1	Introduction :	48
3	Bibliographiés :	50

# 1 Conception des alimentations

## 1.1 Fonctionnement des récepteurs électriques.

Les récepteurs électriques habituellement utilisés peuvent se ranger en deux catégories :

**Les appareils qui fonctionnent directement sous la tension du secteur**

**Les appareils qui ne fonctionnent pas directement sous la tension du secteur**

### 1.1.1 Les appareils qui fonctionnent directement sous la tension du secteur :

Pour la première catégorie on a les appareils de chauffage (four, réchaud, fer à repasser), d'éclairage (lampe à incandescence, tubes luminescents) ou les récepteurs contenant des moteurs (machine à laver, réfrigérateur, tondeuse à gazon, mixeur, perceuse...).

### 1.1.2 Les appareils qui ne fonctionnent pas directement sous la tension du secteur :

Pour la deuxième catégorie on a les appareils électroniques (ordinateurs, chaîne Hi Fi, radiocassettes, télévision, téléphone portable,...). Ces appareils ne fonctionnent pas en alternatif mais en courant continu.

D'ailleurs, certains de ces appareils peuvent fonctionner sur **piles** et possèdent un adaptateur externe **Fig. 1**.

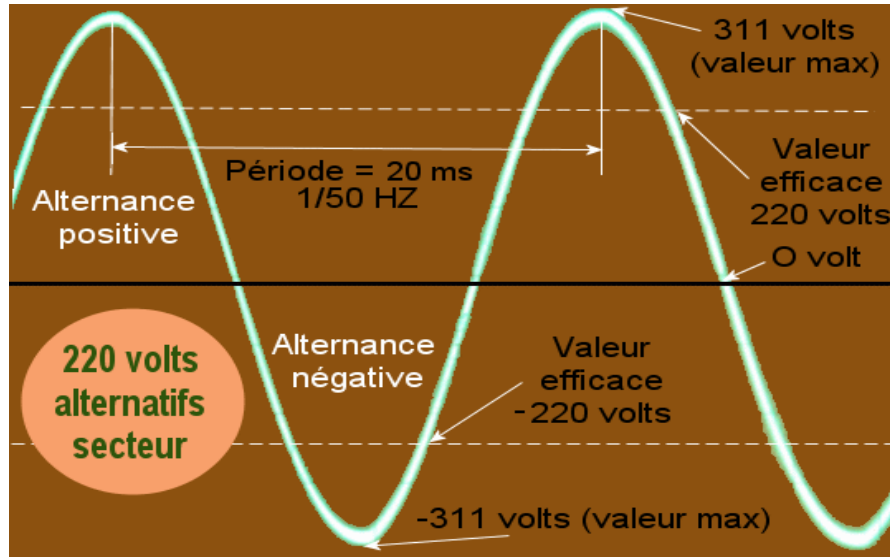


**Fig. 1** : Adaptateur externe

### **Remarque :**

- 1- Les adaptateurs externes permettant de remplacer l'énergie très coûteuse des piles par celle du secteur.
- 2- Dans un ordinateur de bureau ou une chaîne Hi Fi, l'adaptateur est interne, il constitue la partie alimentation de l'appareil.
- 3- L'adaptateur permet d'obtenir une basse tension continue à partir de la tension du réseau électrique (prise du secteur).

4- La tension du réseau électrique dans notre région est de 220V alternatif, oscillant à une fréquence de 50 Hz. Fig. 2.



**Fig. 2 :** Tension de secteur

La grande majorité des appareils "de table" utilisent une basse tension continue, Ce qui impose aux circuits d'alimentation un système de redressement de la tension (ou du courant).

### 1.1.3 Valeur efficace et la valeur moyenne :

On appelle **valeur moyenne** d'une fonction  $f(x)$  définie et continue sur l'intervalle  $[a, b]$  l'expression :

$$\bar{f}(x) = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

On appelle **valeur efficace**  $F$  de la fonction  $f(x)$  la racine carrée de la valeur moyenne du carré de  $f(x)$  :

$$F = \sqrt{\bar{f^2}(x)} = \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b f^2(x) dx}$$

### 1.1.4 Caractéristique d'un signal sinusoïdal :

Un signal sinusoïdal (courant, tension) est caractérisé par son amplitude maximale  $G_M$  (appelée aussi valeur de crête) et sa fréquence  $f$ . Il peut se mettre sous la forme (la valeur instantanée) :

$$g(t) = G_M \sin(\omega t)$$

La valeur efficace et la valeur moyenne :

La valeur moyenne du signal est donnée par la formule suivante :

$$V_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T g(t) dt$$

La valeur efficace du signal est donnée par la formule suivante :

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T g(t)^2 dt}$$

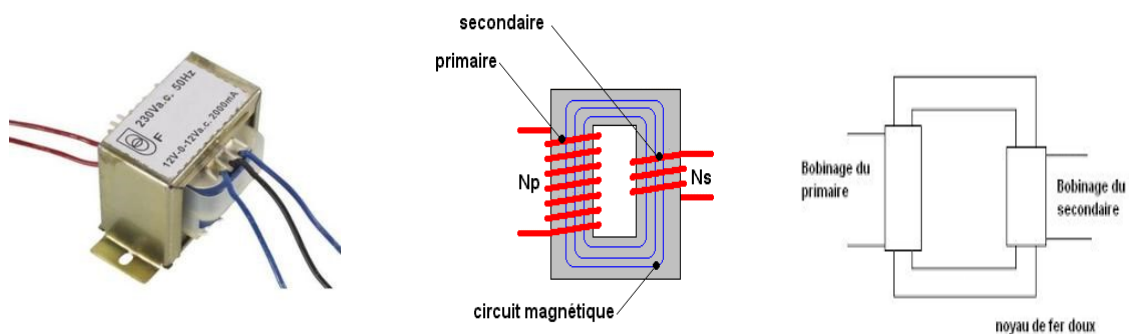
## 1.2 La transformation d'une tension alternative.

### 1.2.1 Rôle d'un transformateur :

Un transformateur sert à modifier la valeur efficace d'une tension alternative. Il peut l'abaisser ou l'élever.

### 1.2.2 Description d'un transformateur :

Un transformateur est constitué de 2 bobines de fil de cuivre isolé montées sur une armature en fer doux. **Fig. 3.**



**Fig. 3 :** Transformateur

### **Remarque :**

- 1- Le fer doux est du fer pur, alors que l'acier est un alliage de fer et de carbone. Le fer doux et l'acier s'aimantent lorsqu'ils sont placés dans le champ magnétique d'une



bobine, mais lorsqu'on interrompt le courant dans la bobine, le fer doux cesse d'être aimanté alors que l'acier conserve son aimantation.

- 2- L'armature en fer doux passe à l'intérieur des bobines et se referme à l'extérieur. Elle est constituée de plaques superposées pour *diminuer les pertes*.
- 3- Le fil de cuivre est isolé par un *vern* transparent qui pourrait laisser croire que le fil est nu.

La bobine d'entrée est appelée **primaire**, celle de sortie, **secondaire**. Les 2 bobines sont indépendantes. Il n'existe aucune liaison électrique entre elles.

**Remarque :** Un transformateur permet *l'isolation galvanique* des deux types de circuits : le primaire et le ou les secondaires n'ayant aucune connexion électrique entre eux, seule l'induction électromagnétique permet au primaire d'agir sur le ou les secondaire et inversement. Par contre, un **autotransformateur** n'assure pas d'isolation galvanique entre le primaire et le secondaire, puisqu'ils ont une partie de leur circuit en commun.

### 1.2.3 Fonctionnement d'un transformateur :

En déplaçant un aimant près d'une bobine, on crée une tension variable dans la bobine. La tension induite dans la bobine est due à la variation du champ magnétique de l'aimant que l'on déplace.

Ici, c'est la variation du champ magnétique créé par le courant variable circulant dans la bobine primaire qui induit une tension variable dans la bobine secondaire.

**Remarque :**

- 1- Un transformateur ne fonctionne pas en courant continu (pas de variation du champ magnétique).
- 2- Si le primaire est soumis à une tension alternative, le secondaire sera soumis à une tension alternative de même fréquence.
- 3- La tension efficace obtenue au secondaire dépend du nombre de spires des bobines.

### 1.2.4 Rapport de transformation :

Le rapport de transformation  $k$  est le quotient de la tension au secondaire  $U_s$  et de la tension au primaire  $U_p$  :

$$K = U_s / U_p$$

**Exemple :** Un transformateur qui fournit une tension de 22 V à la sortie lorsque l'entrée est soumise à 220V a un rapport de transformation :

$$k = 22\text{V} / 220\text{V} = 1/10 = 0,1$$

Si on compte le nombre de spires des bobines de ce transformateur on observera que le rapport est environ 1/10.

**Remarque :**

*1- Le rapport d'un transformateur (supposé sans pertes) est égal au quotient du nombre  $U_s$  de spires au secondaire et du nombre  $U_p$  de spires au primaire.*

$$K = N_s / N_p$$

*2- Il suffit que le nombre de spires au secondaire soit dix fois plus petit qu'au primaire pour obtenir un rapport  $k = 1/10$*

Cette règle suppose le transformateur idéal, sans perte. Elle est assez bien vérifiée à vide, c'est-à-dire lorsque rien n'est branché au secondaire. Mais lorsque le courant passe dans cette bobine, on constate une chute de tension.

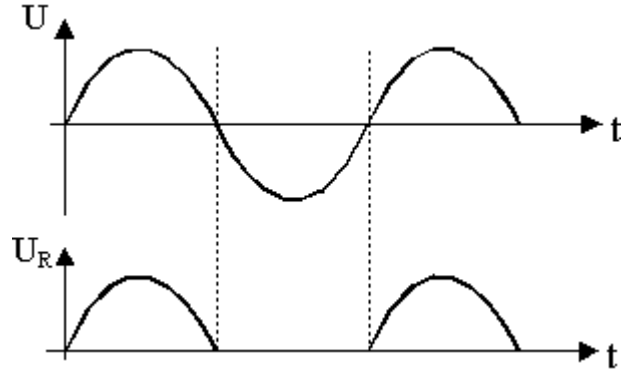
*3- Pour minimiser les pertes, le nombre de spires doit être suffisant. Il n'est pas possible de réaliser un transformateur de rapport 1/10 avec 20 spires au primaire et 2 spires au secondaire. On compte souvent **une dizaine de spires par volt** soit environ 2000 spires pour un primaire relié au secteur 220V.*

### **1.3 Redressement d'une tension alternative :**

Un redresseur, également appelé convertisseur alternatif/continu, est un convertisseur destiné à alimenter un récepteur qui nécessite une tension ou un courant continu à partir d'une source alternative. L'alimentation est, la plupart du temps, un générateur de tension.

### 1.3.1 Redressement d'une alternance (mono alternance) :

Ce type de redressement permet de supprimer l'alternance négative d'un signal en conservant l'alternance positive. La tension de sortie du convertisseur ressemble à la courbe ci-dessous **Fig. 4** où la courbe du haut représente la tension d'entrée et celle du bas la tension en sortie du redresseur.



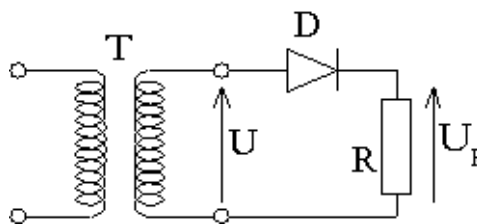
**Fig. 4 :** Redressement d'une alternance mono alternance

#### **Remarque :**

1- La tension redressée a la même fréquence que la tension d'entrée.

#### **Il existe deux types de redresseurs simple alternance :**

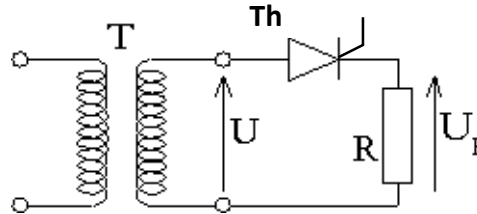
- **les redresseurs non commandés**, constitué d'une diode en série avec la charge, avec lesquels il est impossible de faire varier les grandeurs électriques en sortie du convertisseur **Fig. 5**.



**Fig. 5 :** Redressement mono alternance non commandé

Le principe des redresseurs simple alternance non commandés est basée sur les propriétés des diodes. En effet, la diode se bloquant lorsque la tension à ses bornes est négative, elle supprime les alternances négatives du signal d'entrée. Pendant les alternances positives, elle se comporte comme un court-circuit et n'altère donc pas le signal d'entrée.

- **les redresseurs commandés**, constitué d'un thyristor en série avec la charge, qui permet de faire varier les grandeurs électriques en sortie du convertisseur, notamment les valeurs moyennes de la tension aux bornes de la charge et du courant traversant **Fig. 6**.



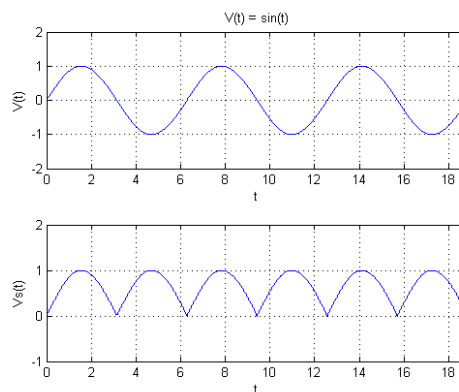
**Fig. 6** : Redressement mono alternance commandé

**Remarque :**

1- La tension redressée mono alternance est moins efficace que la tension alternative, puisque le courant ne circule que la moitié du temps.

**1.3.2 Redressement deux alternances (double alternance) :**

Un redresseur double alternance monophasé est un redresseur redressant les alternances négatives et conservant les alternances positives du courant à l'entrée. La fréquence en sortie du redresseur est alors le double de la fréquence d'entrée. **Fig. 7**.



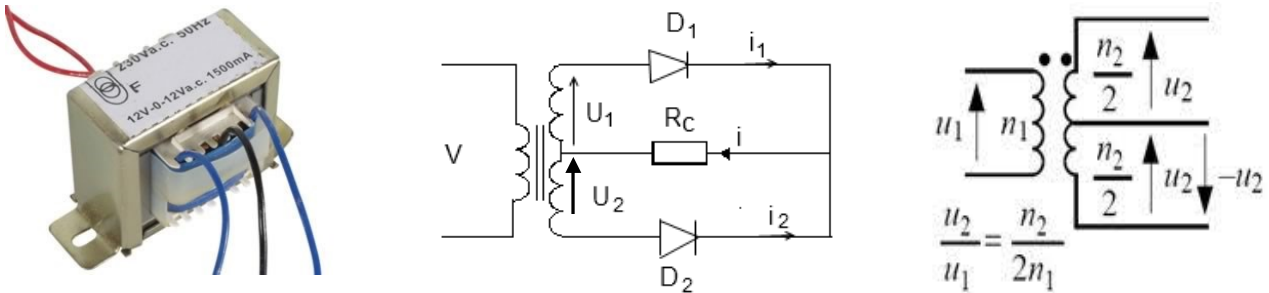
**Fig. 7** : Redressement double alternance

**Il existe deux types de redresseurs double alternance :**

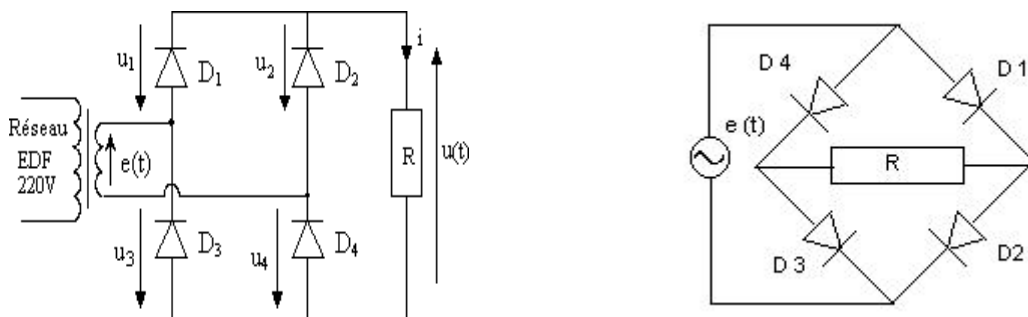
- **les redresseurs double alternance non commandés**, composés de diodes
- **les redresseurs double alternance commandés**, composés de thyristors

## Il existe deux montages de redresseurs à doubles alternance

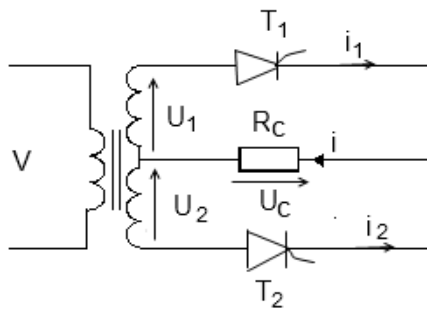
- Le montage à **deux diodes** utilisant la prise médiane du transformateur (transformateur point milieu). **Fig. 8.**
- Le montage en pont de **quatre diodes** appelé aussi **pont de Graetz**. En toute rigueur ces montages doivent être considérés comme des redresseurs de courant : si les diodes sont idéales, le courant en sortie correspond à la valeur absolue du courant d'entrée. **Fig. 9.**



**Fig. 8 :** Redressement double alternance non commandé avec transformateur point milieu



**Fig. 9 :** Redressement double alternance non commandé avec quatre diodes (pont de Graetz)



**Fig. 10 :** Redressement double alternance commandé avec transformateur point milieu

L'étude d'un montage redresseur porte sur :

- La recherche de la forme de la tension redressée  $v_s$  : étude des semi-conducteur en conduction et de leur durée de conduction ;
- Le calcul de la valeur moyenne  $V_{smoy}$  de  $v_s(t)$  ;
- Le calcul de la valeur efficace de  $V_{seff}$  de  $v_s(t)$  ;
- Le calcul du facteur de forme F et taux d'ondulation.

Par définition, le facteur de forme F est :  $F = \frac{V_{seff}}{V_{smoy}}$ .

Par définition, le taux d'ondulation est :  $\tau = \frac{V_{SMAX} - V_{SMIN}}{V_{smoy}}$

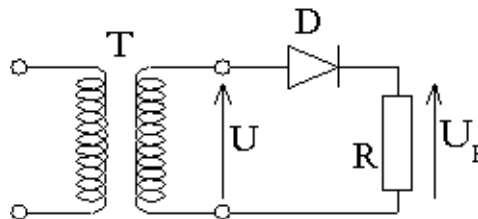
**Remarque :**

- 1- plus F tend vers 1, plus la tension redressée  $v_s(t)$  peut être considérée comme continue.
- 2- Plus  $\tau$  tend vers 0, plus la tension redressée  $v_s(t)$  peut être considérée comme continue.

### 1.3.3 Exercices :

#### Exercice 01 :

Soit le circuit électrique de la figure suivante (mono alternance), on considère la diode D est parfaite,  $R = 100 \Omega$  et  $U(t) = 15 \sin(\omega t)$ .



- 1- Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace de la tension  $U(t)$ .
- 2- Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace de la tension  $U_R(t)$ .
- 3- Calculer le facteur de forme F et taux d'ondulation  $\tau$ .

#### Exercice 02 :

Répondre aux mêmes questions de l'exercice 1, avec un redresseur à double alternance.

## 1.4 Lissage (filtrage) d'une tension redressée :

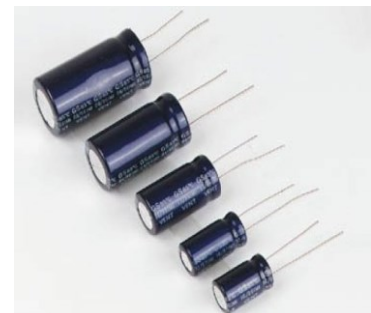
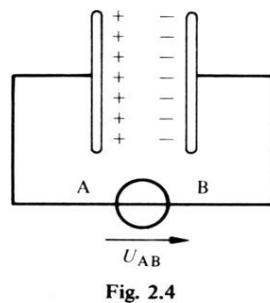
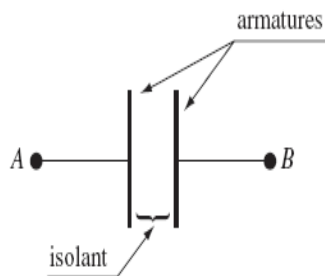
Une tension redressée a toujours le même signe mais elle n'est pas continue puisqu'elle varie. Pour obtenir une tension continue, il reste une étape, **le lissage**. Ce dernier consiste à empêcher les variations brutales de tension.

Pour filtrer (ou lisser) le courant, on utilise un condensateur. C'est un composant électronique capable d'accumuler le courant lorsque la tension augmente et de le restituer lorsque la tension chute. Branché entre le pôle + et le pôle - de notre courant redressé il va donc encaisser les tensions de crête et compenser les passages à 0V.

### 1.4.1 Fonctionnement d'un condensateur :

Un condensateur est un réservoir à charges électriques. Il est constitué de 2 armatures (surfaces conductrices) séparées par un isolant (diélectrique).

Un condensateur peut être réalisé par deux plaques métalliques séparées par de l'air. Certains condensateurs sont réalisés par des feuilles métalliques séparées par une couche d'isolant ou par un film isolant sur les faces duquel on a déposé deux couches métalliques. L'ensemble est enroulé en cylindre pour limiter l'encombrement. **Fig. 11.**



**Fig. 11 :** Condensateur

#### 1.4.1.1 Charge d'un condensateur :

Si on relie un condensateur à un générateur continu, on observe le passage d'un courant dont l'intensité diminue rapidement et s'annule après un temps en général assez bref. **Le condensateur se charge.**

La caractéristique essentielle d'un condensateur (comme celle d'un réservoir) est sa capacité  $C$ . Elle s'exprime en farads (F)

Un condensateur qui possède une charge  $q$  (coulombs) lorsque la tension à ses bornes est  $U$  (volts) a une capacité  $C$  (farads) :

$$C = q/U$$

**Exemple** : Un condensateur de 5  $\mu\text{F}$ , soumis à une tension de 10 V a une charge  $q = C \times U = (5 \times 10^{-6} \text{ F}) \times 10\text{V} = 5 \times 10^{-5}$  coulombs

**Remarque** :

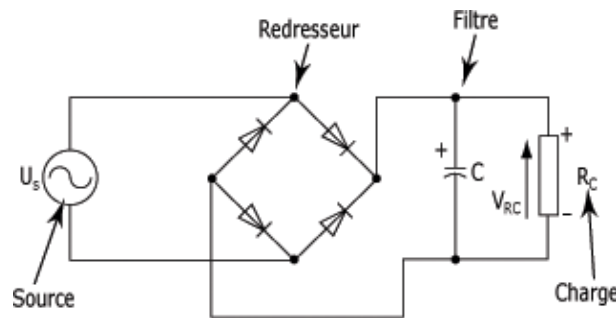
- 3- Pour augmenter la capacité d'un condensateur, il faut agrandir la surface des conducteurs et diminuer la distance qui les sépare.
- 4- La nature de l'isolant placé entre les surfaces conductrices joue un rôle important. La grandeur caractéristique de ce diélectrique est appelée sa permittivité. Elle doit être la plus grande possible.

#### 1.4.1.2 Décharge d'un condensateur :

Si on branche une DEL aux bornes d'un condensateur chargé de forte capacité, on observe le fonctionnement de la DEL pendant quelques secondes : **le condensateur se décharge**.

#### 1.4.2 Filtrage de la tension redressée :

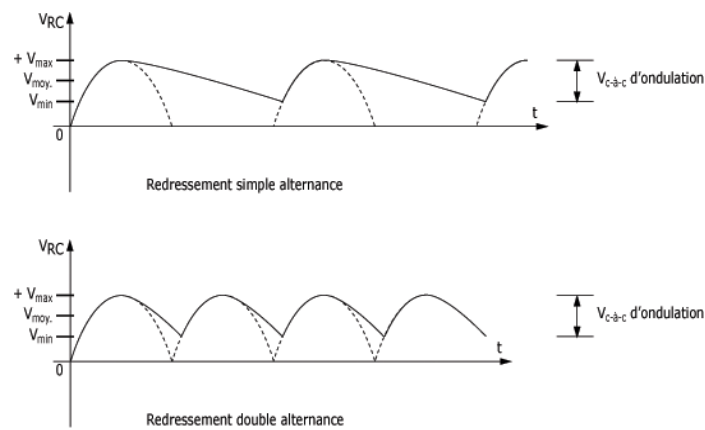
Pour filtrer (lisser) la tension redressée on utilise un condensateur placé en dérivation à la sortie du pont de redressement **Fig. 12**. La charge capacitive a pour but d'augmenter la valeur moyenne de la tension redressée, c'est-à-dire de la rendre continue.



**Fig. 12** : Filtrage

Lorsque la tension augmente, le condensateur se charge. Lorsque la tension à la sortie tend à diminuer, le condensateur se décharge ce qui réduit fortement la chute de la tension. Si le condensateur a une capacité suffisante, les variations de la tension peuvent être négligeables, la tension est quasiment continue **Fig. 13**.



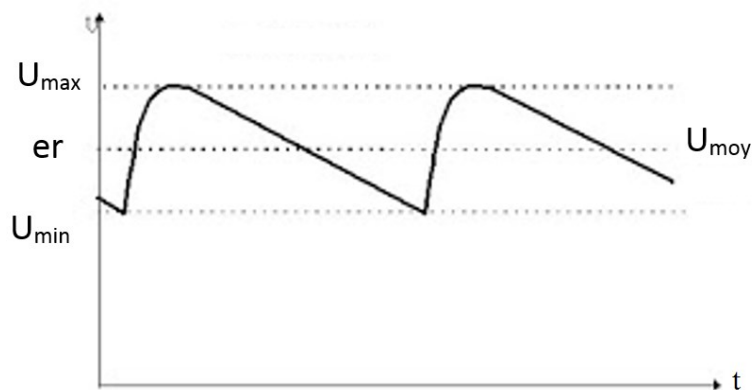


**Fig. 13 : Filtrage**

### 1.4.2.1 Ronflement :

La variation de tension aux bornes du condensateur causée par la charge et la décharge est appelée ronflement. La tension de sortie sera la tension moyenne. La fréquence du ronflement dépendra du type de redressement utilisé. On exprime la valeur de la tension de ronflement en volts crête-à-crête ( $er$ ).

$$er = U_{max} - U_{min}$$



La tension de sortie sera la tension moyenne ( $U_{cc} = U_{moy}$ )

$$U_{max} = U_{maxS} - U_D$$

$$U_{moy} = (U_{maxS} - U_D) - \left(\frac{er}{2}\right)$$

$$U_{moy} = U_{max} - \left(\frac{er}{2}\right)$$

Où :

$U_{max}$  = La tension crête au récepteur.

$U_{maxS}$  = La tension crête au secondaire du transformateur.

$U_D$  = La tension chutée par la diode (mono-alternance) ou les diodes (bi-alternance) du redressement.

$er$  = La tension de ronflement crête-à-crête

#### 1.4.2.1.1 Indice de ronflement : (Ripple Index) :

C'est le rapport entre la tension de ronflement  $er$  et la tension maximale  $U_{max}$ .

$$h = \frac{er}{U_{max}}$$

#### 1.4.2.2 Calcul du condensateur

Afin d'évaluer la capacité du condensateur à installer, il faut connaître les besoins du circuit qui sont

- La tension et le courant désirés à la charge ( $U_{moy}$  et  $I_{moy}$ ).
- La quantité minimale de ronflement ( $er$ ).
- Le type de redressement utilisé (pleine-onde ou demi-onde).

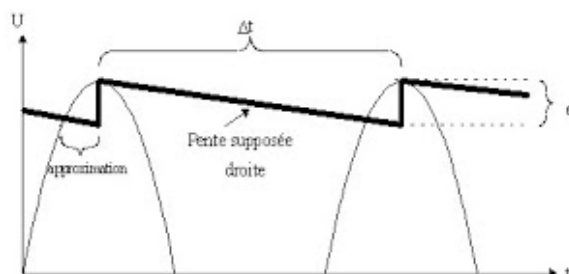
On se rappelle que :  $C = Q/V$

Le courant par définition est :  $I = Q/t$  donc  $Q = I \times t$

$$\text{Donc } C = \frac{I \times t}{V}$$

La Figure suivante montre l'approximation qui nous permettra de calculer d'une façon simple la valeur du condensateur. On y voit que :

- Le temps où le condensateur est rechargé est négligé ;
- Le courant demandé par la charge est considéré constant



En reprenant la formule vue précédemment :

$$C = \frac{I \times \Delta t}{\Delta V}$$

Où :

$I = I_{\text{moy}}$  (courant qui décharge le condensateur)

$\Delta t =$  La période entre deux recharges ( $1/f_{\text{ronfl.}}$ ).

$\Delta V =$  La variation de tension aux bornes du condensateur ( $er$ ).

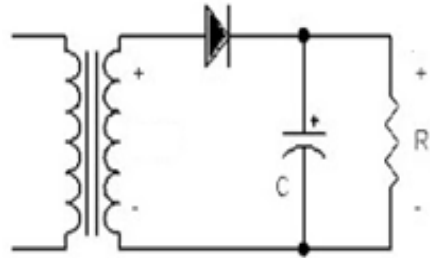
On trouve ainsi cette formule simple :

$$C = \frac{I_{\text{moy}}}{er \times f_{\text{ronfl}}}$$

### 1.4.3 Exercices avec solutions :

#### Exercice 02 :

Soit le circuit électrique de la figure suivante avec une tension du secondaire égale à 10 v, le courant moyen qui travers le récepteur R égal à 500 mA, l'indice de ronflement  $h = 0.08$  et la fréquence du primaire  $f = 50 \text{ Hz}$ . Admettant que le temps où le condensateur est rechargé est négligé.



- 1- Si la diode est parfaite calc
  - a) La tension maximale aux borne
  - b) le ronflement  $er$ .
  - c) La tension moyenne aux bornes
  - d) la valeur du condensateur ?
- 2- Répondre aux mêmes questions si la diode est réelle ( $V_d = 0.6 \text{ v}$ ).

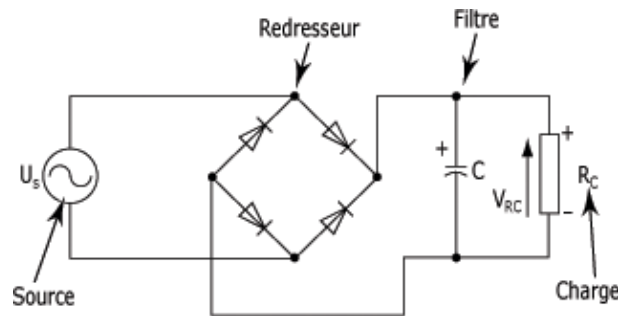
#### Solution:

- 1- si la diode est parfaite
  - a-  $U_{\text{max}} = U_{\text{maxS}} = (10 \times \sqrt{2}) = 14.14 \text{ v}$
  - b- On a  $h = er/U_{\text{max}}$  donc  $er = h \times U_{\text{max}} = 0.08 \times 14.14 = 1.13 \text{ v}$
  - c- On a  $U_{\text{moy}} = U_{\text{max}} - \left(\frac{er}{2}\right)$  donc  $U_{\text{moy}} = 14.14 - \left(\frac{1.13}{2}\right) = 13.58 \text{ v}$
  - d- On a  $C = I_{\text{moy}}/(er \times f_{\text{ronfl}})$  donc  $C = (500 \times 10^{-3})/(1.13 \times 50) = 8,85 \text{ mF}$
- 2- si la diode est réelle ( $V_d = 0.6 \text{ v}$ )
  - a-  $U_{\text{max}} = U_{\text{maxS}} - V_d = (10 \times \sqrt{2}) - 0.6 = 13.54 \text{ v}$
  - b- On a  $h = er/U_{\text{max}}$  donc  $er = h \times U_{\text{max}} = 0.08 \times 13.54 = 1.08 \text{ v}$
  - c- On a  $U_{\text{moy}} = U_{\text{max}} - \left(\frac{er}{2}\right)$  donc  $U_{\text{moy}} = 13.54 - \left(\frac{1.08}{2}\right) = 13 \text{ v}$

d- On a  $C = I_{moy} / (er \times f_{ronf})$  donc  $C = (500 \times 10^{-3}) / (1.08 \times 50) = 9.26 \text{ mF}$

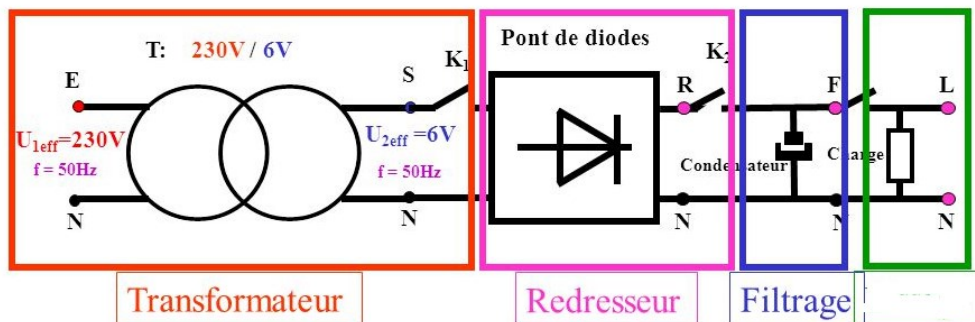
**Exercice 03 :**

Soit le circuit électrique de la figure suivante avec une tension du secondaire égale à 10 v, le courant moyen qui travers le récepteur R égal à 500 mA, l'indice de ronflement  $h = 0.08$  et la fréquence du primaire  $f = 50 \text{ hz}$ . Admettant que le temps où le condensateur est rechargé est négligé.



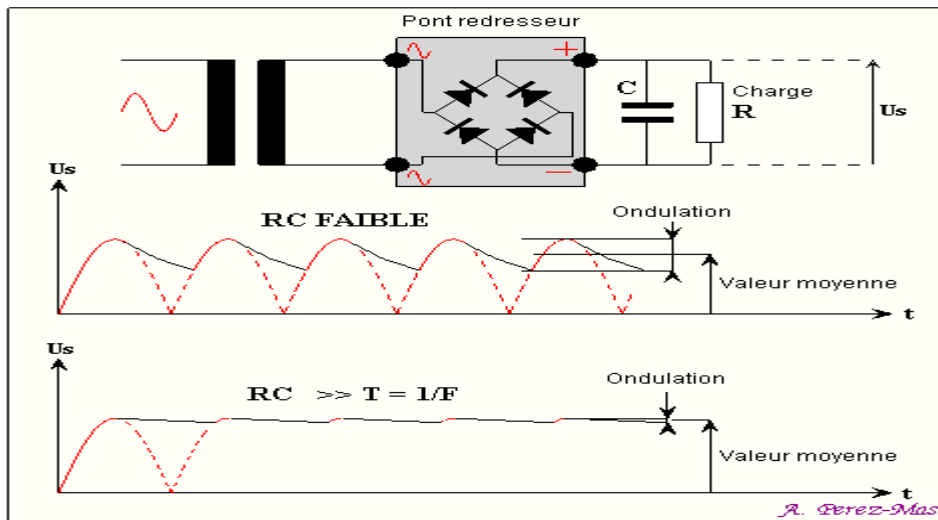
- 1- Si la diode est parfaite calculer :
  - a) La tension maximale aux bornes de récepteur R.
  - b) le ronflement er.
  - c) La tension moyenne aux bornes de récepteur.
  - d) la valeur du condensateur ?
- 2- Répondre aux mêmes questions si la diode est réelle ( $V_d = 0.6 \text{ v}$ ).

**Conclusion :** Un adaptateur secteur, **convertisseur du courant alternatif (CA) en courant continu (CC)**, est constitué d'un **transformateur** qui abaisse la tension alternative, suivi d'un **pont de diodes** qui redresse cette tension et d'un **condensateur** qui lisse la tension redressée. **Fig. 14 et Fig. 15.**



**SCHEMA DU MONTAGE EXPERIMENTAL**

**Fig. 14 :** Convertisseur du courant alternatif (CA) en courant continu (CC)



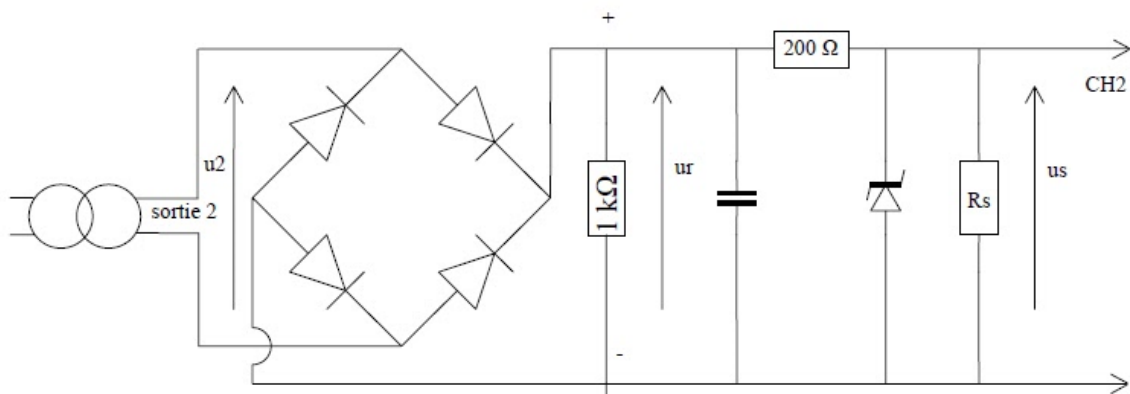
**Fig. 15 :** Convertisseur du courant alternatif (CA) en courant continu (CC)

## 1.5 La stabilisation d'une tension (régulateur de tension) :

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.

### 1.5.1 Stabilisation de tension par diode Zéner :

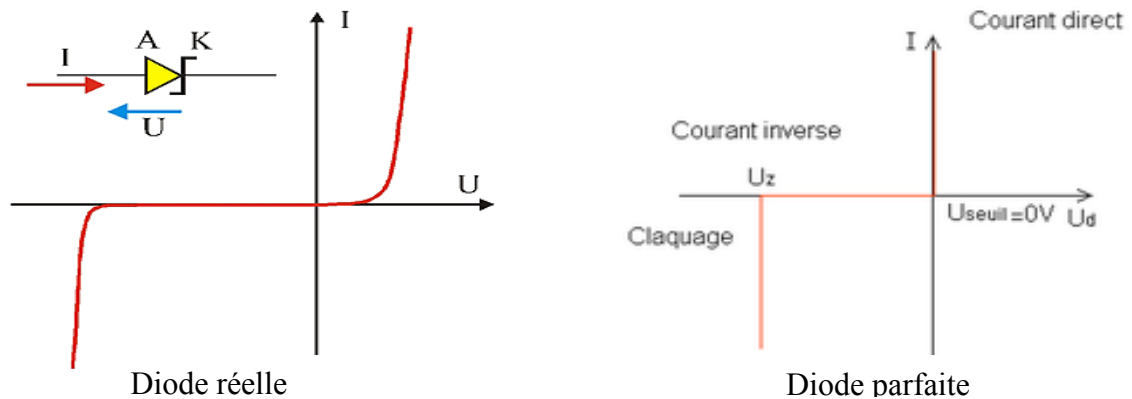
L'utilisation habituelle des diodes zener est destinée à la stabilisation d'une tension d'entrée fluctuante.



Le montage élémentaire est constitué d'une source de tension, d'une résistance en série  $r$  et de la diode zener. Cet ensemble "alimente" la charge, ici  $R_s$ . L'ensemble devant se comporter comme une source de tension, il est caractérisé par la courbe  $u_s = f(i_s)$ .

Dans le cas d'un comportement idéal la diode zener est équivalente à une source de tension  $V_z$ .

Il en découle que  $V_s = V_z$  c.à.d. une constante quelque soit le courant  $I_s$ .



La caractéristique de la diode zener

### 1.5.2 Stabilisation de tension par un circuit intégré (les régulateurs intégrés) :

Un régulateur de tension est un circuit intégré. Son rôle est celui d'une source de tension. A savoir qu'il doit fournir une tension constante pour n'importe quel courant de sortie, ou n'importe quelle charge. Bien sûr cela n'est vrai que pour un régulateur idéal.

Ils permettent la conception rapide d'alimentations abordables. Ces composants étant très souvent utilisés dans l'industrie électronique, leur prix est assez bas. La tension à sa sortie peut être fixe (cas des 7812, 7805, LM79xx etc...) ou ajustable (LM317 etc.). Elle peut aussi bien être positive, que négative. Pour les régulateurs à tension fixe les tensions les plus courantes sont : -15V, -12V, -5V, 3.3V, 5V, 8V, 9V, 12V, 15V, 18V, 24V etc.

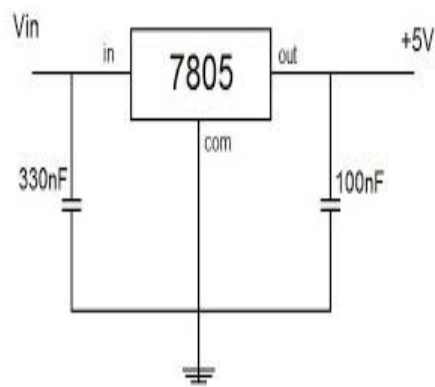
Il sont très faciles à mettre en oeuvre, et il suffit de peu de connaissances pour savoir lequel utiliser, leur nom indiquant de lui-même de quoi il en retourne. Pour tout savoir, décomposons le nom de ces régulateurs :

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)

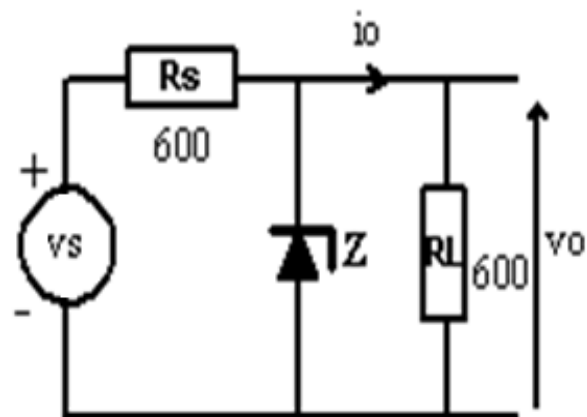
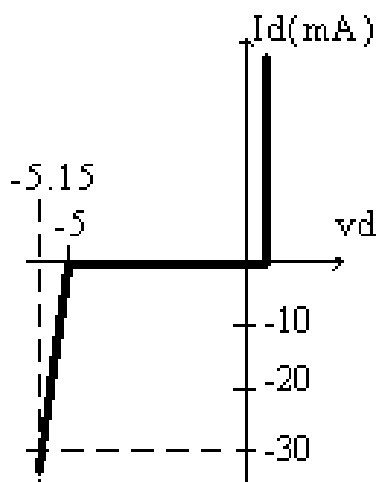


### Les régulateurs intégrés

#### Exercice 03 :

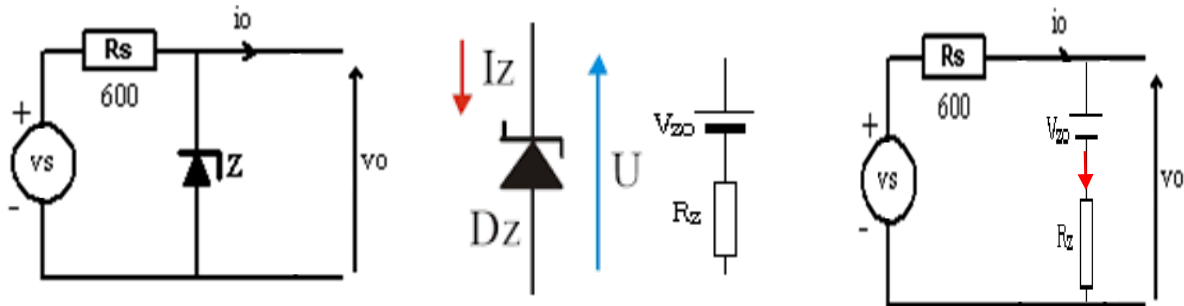
La figure 1 représente la caractéristique de la diode zener utilisée dans le circuit de la figure 2.

- 1 - Sans charge  $R_L$ , déterminer la variation de  $V_o$ , si la tension d'entrée  $V_s$  varie de 15v à 30v.
- 2 - Avec la charge  $R_L$ , déterminer  $V_o$  et  $i_o$  lorsque  $V_s = 20v$ .



**Solution :**

**Sans charge  $R_L$**



On calcul  $R_Z$

À partir de la caractéristique de la diode zener

$$R_Z = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{5.15 - 5}{(30 - 0) \times 10^{-3}} = 5 \Omega$$

$$V_Z = 5 \text{ v}$$

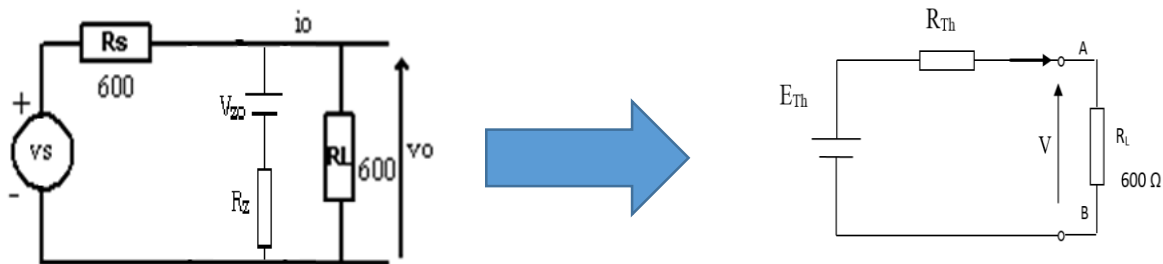
Donc  $V_0 = V_Z + I_Z R_Z$   $I_Z$  est donné par cette équation  $I_Z = \frac{V_s - V_Z}{R_s + R_Z}$

$$\text{Donc } V_0 = V_Z + \frac{V_s - V_Z}{R_s + R_Z} R_Z$$

$$\text{Pour } V_s = 30 \text{ v} \quad V_0 = 5 + \left( \frac{30 - 5}{600 + 5} \right) 5 = 5.21 \text{ v}$$

$$\text{Pour } V_s = 15 \text{ v} \quad V_0 = 5 + \left( \frac{15 - 5}{600 + 5} \right) 5 = 5.08 \text{ v}$$

**Avec la charge  $R_L$**



$$E_{TH} = 5 + \left( \frac{20 - 5}{600 + 5} \right) 5 = 5.12 \text{ v}$$

$$R_{TH} = \frac{600 \times 5}{600 + 5} = 4.96 \Omega$$

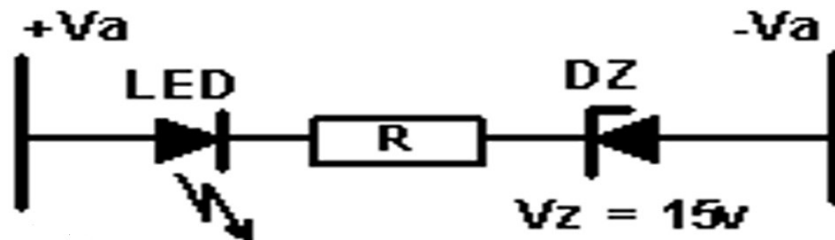
$$\text{Donc } V_0 = E_{TH} \frac{R_L}{R_{TH} + R_L} \quad V_0 = 5.12 \frac{600}{4.96 + 600} = 5.07 \text{ v} \quad \text{et } i_0 = \frac{V_0}{R_L} = \frac{5.07}{600} = 8.45 \text{ mA}$$



### Exercice 02 :

Les alimentations de laboratoire du département possèdent en face avant une LED permettant de visualiser la présence des tensions  $+V_a$  et  $-V_a$  (dans les conditions normales :  $+12\text{v}$  et  $-12\text{v}$ ). Le schéma est donné fig.3 ci-contre.

- Calculer  $R$  pour obtenir  $10\text{mA}$  dans la LED ( $V_f = 2.2\text{v}$ ).
- Calculer dans ce cas  $P_z$ , la puissance dissipée dans la diode zener et  $P_r$ , la puissance dissipée dans la résistance  $R$ .
- L'éclairage de la LED n'est plus perceptible lorsque le courant est inférieur à  $2\text{mA}$ , calculer le minimum de tension d'alimentation ( $+V$ ) qui peut être visualisée (limite d'éclairage de la LED).



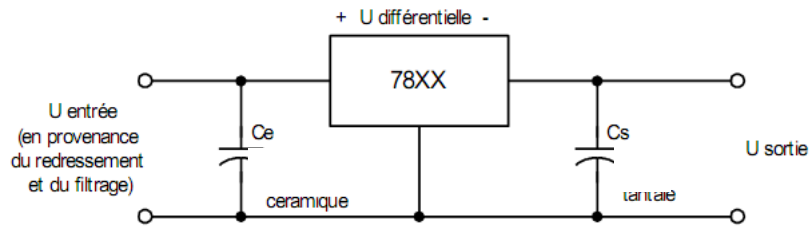
### Solution

- $R = 680\Omega$
- $P_z = 150\text{mW}$  et  $P_r = 68\text{mW}$
- $V_{\text{lim}} = 9.28\text{v}$  si on suppose que  $+v_a$  et  $-v_a$  restent symétriques
- $+V_{\text{lim}} = 6.56\text{v}$  si on suppose que  $-v_a$  reste à  $-12\text{v}$

## 1.6 Alimentation régulée : régulateurs monolithiques

### 1.6.1 Régulateur de tension fixe de la famille 78XX et de la famille 79XX :

Le régulateur de tension positive à trois broches de la famille 78XX est un exemple de régulateur monolithique. La figure suivante montre l'application standard d'un tel régulateur.



Il faudra simplement prévoir en entrée une tension  $U_e$  tel que :  $U_e \geq U_{\text{régulateur}} + 2 \text{ à } 3V$

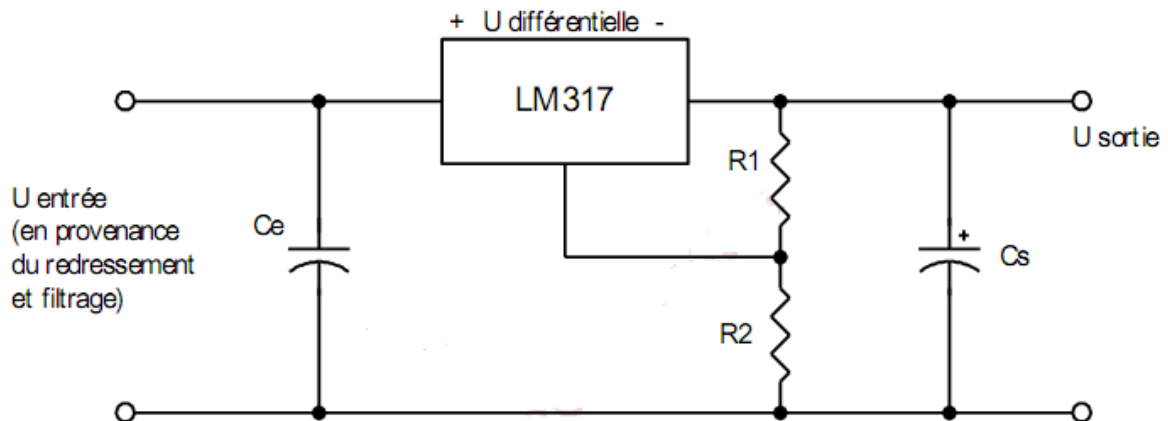
### 1.6.2 Régulateur monolithique ajustable à trois broches:

Régulateur positif : LM317 (ou LM117)

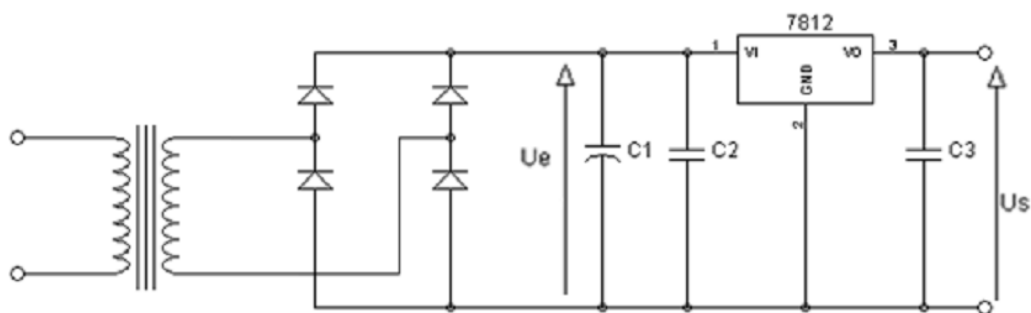
Régulateur négatif : LM337 (ou LM137)

Le LM317 et le LM337 sont capables d'un courant de sortie de l'ordre de 1,5A et d'une gamme de tensions s'étendant de 1,25V à 37V.

Il faudra simplement respecter la tension différentielle (entre l'entrée et la sortie) qui devra être comprise entre 3V mini et 40V maxi.

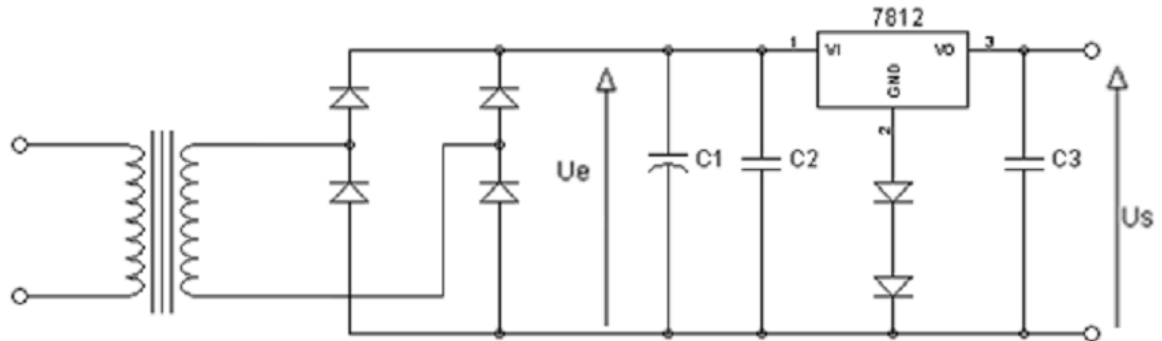


**Exercice 01** : Soit le schéma suivant :



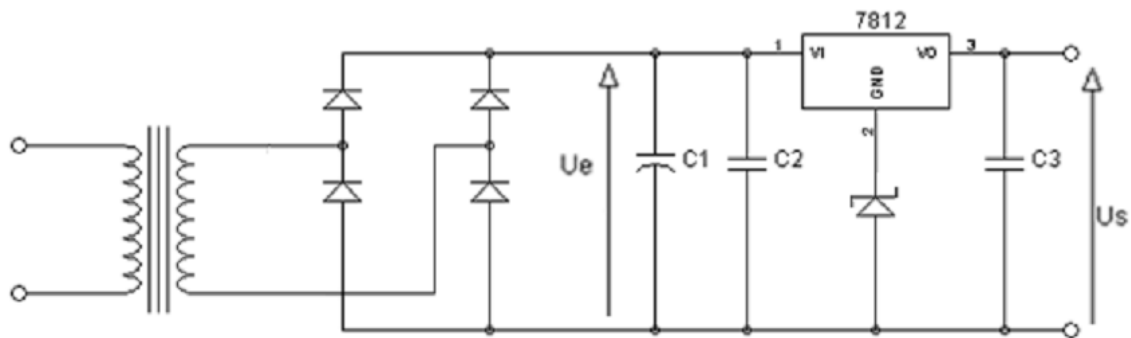
1. Quelle est la tension de sortie ( $U_s$ ) du montage ?
2. Que doit être la tension minimale de l'entrée ( $U_{e_{min}}$ ) ?

On modifie le schéma



3. Quelle est la tension de sortie sachant que la tension directe des diodes est :  $V_D = 0,6V$
4. Que doit être la tension minimale de l'entrée ( $U_{e_{min}}$ ) ?

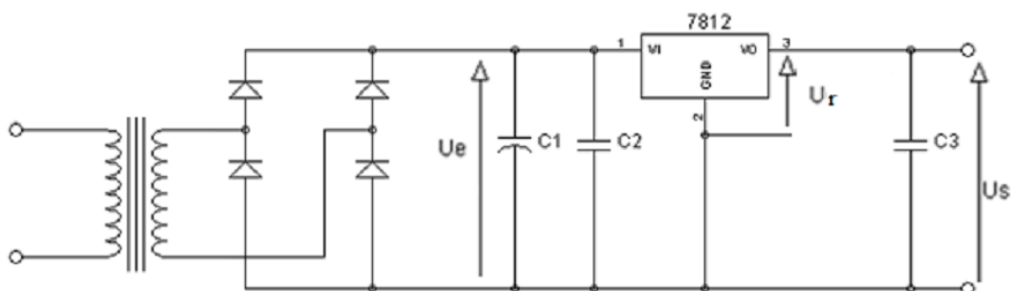
On modifie le schéma



5. Quelle est la tension de sortie sachant que la tension de la diode zener est  $V_Z = 3V$
6. Que doit être la tension minimale de l'entrée ( $U_{e_{min}}$ ) ?

**Solution de l'exercice 01 :**

1-

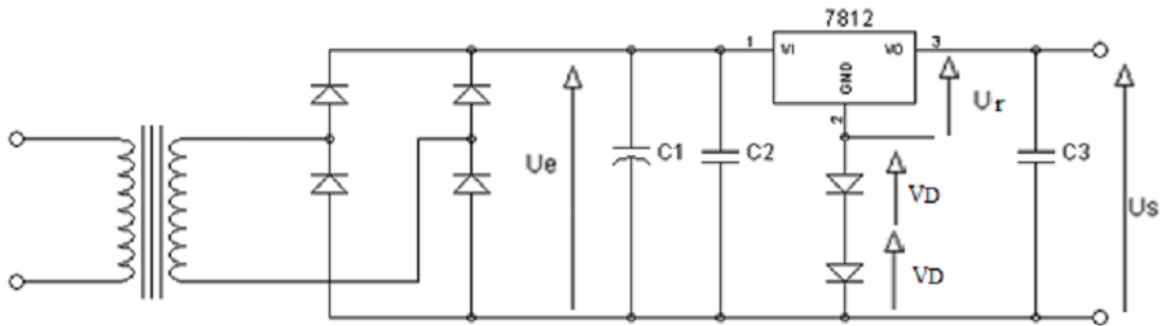


$U_s = U_r$  (tension de sortie du régulateur 7812)

**$U_s = 12V$**

2.  $U_{e_{min}} = U_s + 3V$  donc  $U_{e_{min}} = U_r + 3V$

**$U_{e_{min}} = 15V$**

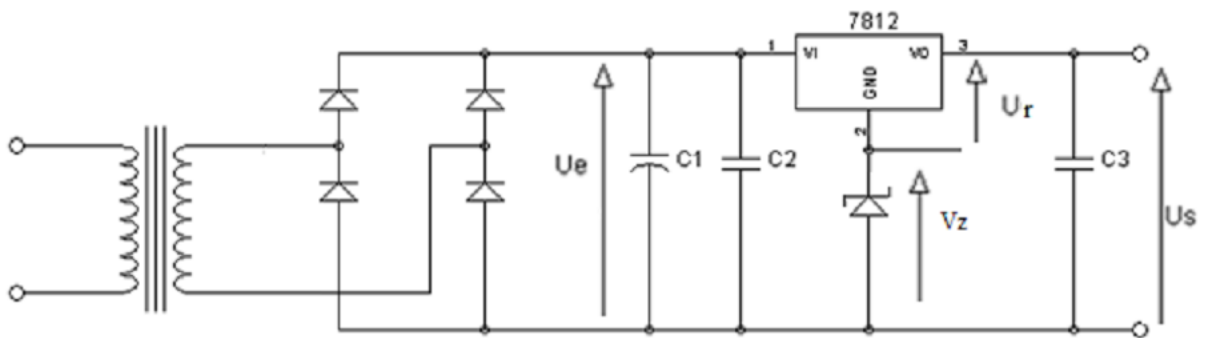


$U_s = U_r + 2 V_D = 12 + 2 (0.6) = 13.2V$

**$U_s = 13.2V$**

$U_{e_{min}} = U_s + 3V$  donc  $U_{e_{min}} = U_r + 2 V_D + 3V$

**$U_{e_{min}} = 16.2V$**



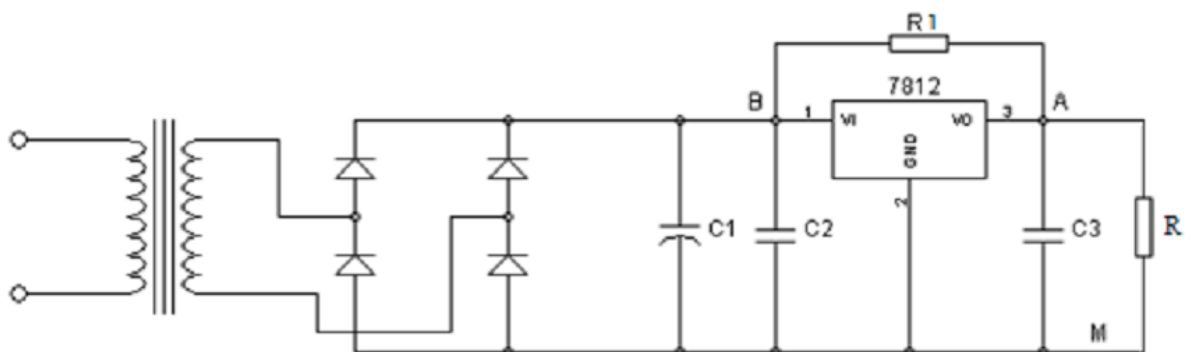
$U_s = U_r + V_z = 12 + 3 = 15V$

**$U_s = 15V$**

$U_{e_{min}} = U_s + 3V$  donc  $U_{e_{min}} = U_r + V_z + 3V$

**$U_{e_{min}} = 18V$**

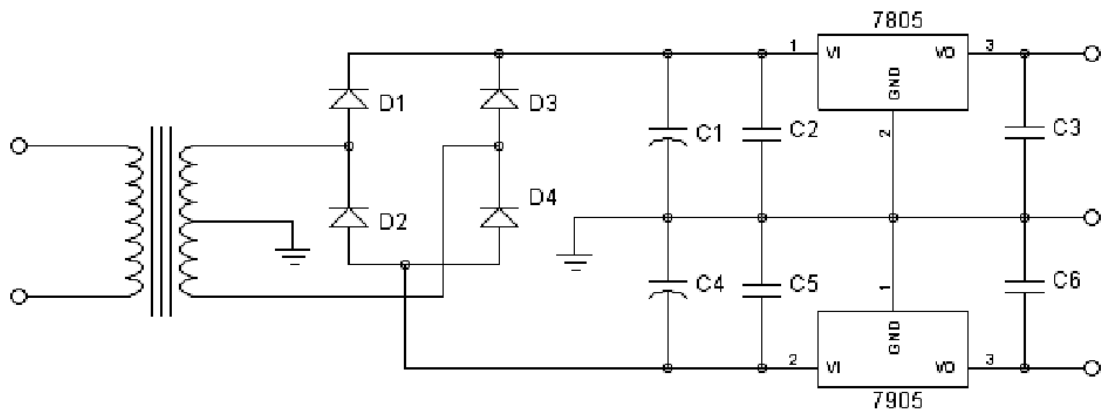
**Exercice 02** : Soit le schéma suivant :



Le transformateur utilisé est de 15V/2A  $R = 10\Omega$

- 1) Quelle est la tension de sortie  $U_{AM}$ .
- 2) Calculer la tension différentielle  $U_{dif}$ , sachant que la tension  $U_{BM} = 18V$ .
- 3) Calculer la résistance  $R1$  et sa puissance dissipée, sachant que le courant maximal que doit fournir le régulateur est 1A.

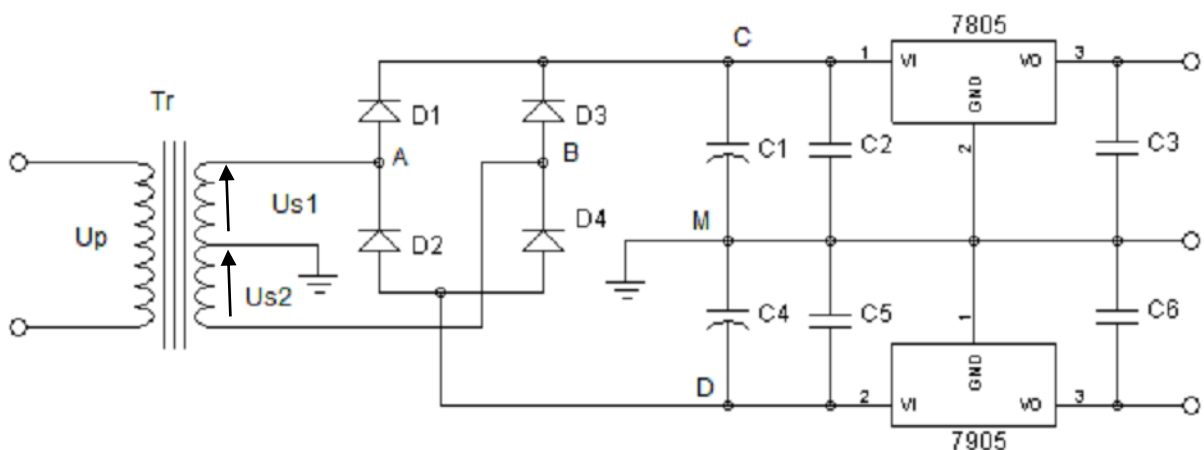
**Exercice 03 :** La figure suivante, donne le schéma d'une alimentation symétrique  $\pm 5V/300mA$  avec transformateur à point milieu. La tension du secteur est 220V/50Hz



normalisées).

3. Quelle est la puissance minimale du transformateur.

**Solution de l'exercice 03 :**



$U_{S1} > 0$  et  $U_{S2} < 0$  :

- a.  $U_{S1} > 0$  donc le courant circule de  $A \rightarrow C$  (D1 conduit et D3 bloquée)  $\rightarrow M$  : le condensateur  $C1$  est chargé positivement.

b.  $U_{S2} < 0$  donc le courant circule de  $M \rightarrow D \rightarrow B$  (D4 conduit et D2 bloquée) : le condensateur C4 est chargé négativement.

**$U_{S1} < 0$  et  $U_{S2} > 0$  :**

a.  $U_{S2} > 0$  donc le courant circule de  $B \rightarrow C$  (D3 conduit et D1 bloquée)  $\rightarrow M$  : le condensateur C1 est chargé positivement.

b.  $U_{S1} < 0$  donc le courant circule de  $M \rightarrow D \rightarrow B$  (D2 conduit et D4 bloquée) : le condensateur C4 est chargé négativement.

**On a un redressement double alternance**

Le **7805** règle la tension positive aux bornes de **C1** et le **7905** règle la tension négative aux bornes de **C4**

$$\Delta V = 1,4V \quad I = 300mA = 0,3A \quad f = 50Hz \quad \text{donc} \quad fr = 2 \times 50Hz = 100Hz$$

$$C = \frac{I_{moy}}{er \times f_{ronfl}}$$

Donc

$$C_1 = C_4 = \frac{0,3}{1,4 \times 100} = 2143 \mu F$$

On choisit  $C_1 = C_4 = 2200 \mu F$

$$U_{S1max} = U_{S2max} = (\Delta V) + (U_r + 3V) + 2 \times V_D = 1.4V + 5V + 3V + 2 \times 0,6V = 10.6V$$

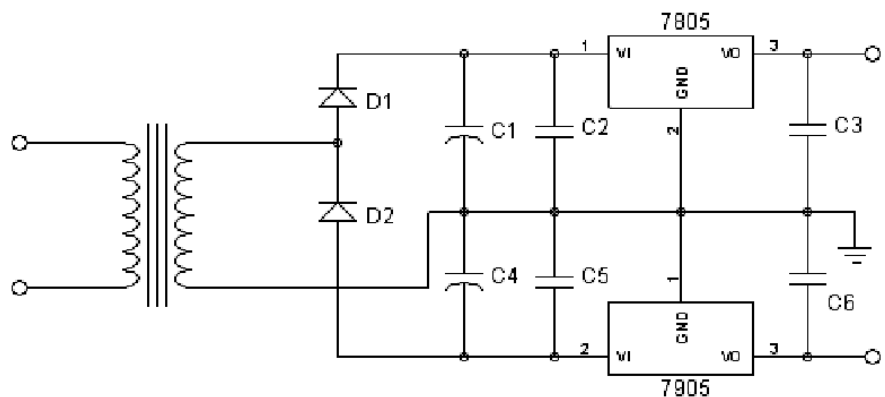
$$U_{S1} = U_{S2} = 10.6V / \sqrt{2} = 7.5V$$

Courant :  $I_{S1} = I_{S2} = 0,3A$  (les deux enroulements du secondaire du transformateur doivent produire chacun 0,3A. Soit 0,6A au total pour deux sorties).

La puissance du transformateur sera donc :  $7.5V \times 0,6A = 4,5VA$  au minimum

On prend un transformateur de : **220V** et **2 x 7.5V** et **4,5VA** au minimum.

**Exercice 04** : Soit le schéma suivant :



1. Quel est le type de redressement utilisé ?

2. Calculer  $C_1$  et  $C_4$  pour avoir un transformateur  $220V - 7,5V - 1,5VA$ . ( $V_D = 0.7v$ )

# Chapitre II

## Composants actifs de puissance



## 2 Composants actifs de puissance

### 2.1 Rappel sur les composants passifs et actifs :

#### 2.1.1 Composants actifs :

Un composant actif est un composant électronique qui permet d'augmenter la puissance d'un signal (tension, courant, ou les deux). La puissance supplémentaire est récupérée au travers d'une alimentation. On peut citer en majorité des semi-conducteurs, on y classe : diode, transistor, thyristor, triac, diac, le transistor à effet de champ (TEC ou FET), le transistor unijonction ou UJT, circuit intégré.

#### 2.1.2 Composants passifs :

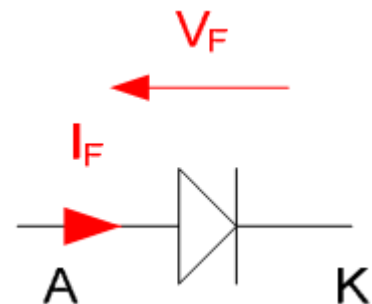
Un composant est dit *passif* lorsqu'il ne permet pas d'augmenter la puissance d'un signal (dans certains cas, le composant réduit la puissance disponible en sortie, souvent par effet Joule) : résistance, condensateur, bobine ainsi que tout assemblage de ces composants.

### 2.2 Thyristor SCR

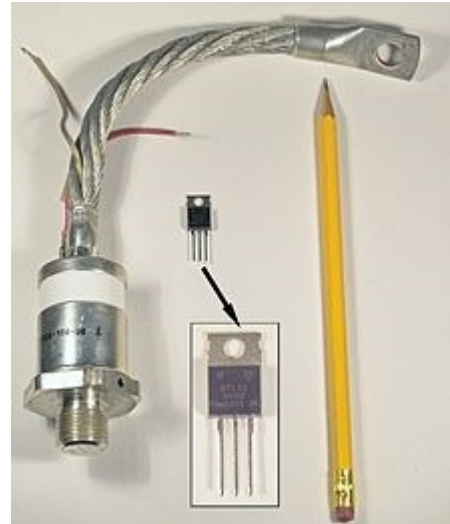
#### 2.2.1 Définition :

Le thyristor est un élément semi-conducteur assez similaire à la diode à jonction, utilisée pour le redressement du courant alternatif. Comme la diode, il laisse passer le courant électrique dans un seul sens, de l'**anode (A)** à la **cathode (K)**.

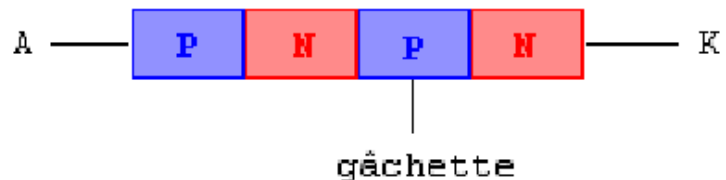
Cependant, le thyristor possède une troisième électrode : la **gâchette (G)**, (en anglais gate). Le thyristor ne conduira que si un courant minimum et positif est fourni à la gâchette. Autrement dit le thyristor n'est rien d'autre qu'une diode commandée.



Un thyristor (parfois dénommé SCR (Silicon Controlled Rectifier, soit « redresseur silicium commandé ») est un interrupteur électronique semi-conducteur à l'état solide constitué de quatre couches, alternativement dopées N et P. C'est un des composants essentiels de l'électronique de puissance. Trois électrodes métalliques réalisent les liaisons vers l'extérieur. Il s'agit de l'anode « A », en contact avec une couche P, de la cathode « K », en contact avec une couche N et de la gâchette « G », en contact avec une couche P.



symbole



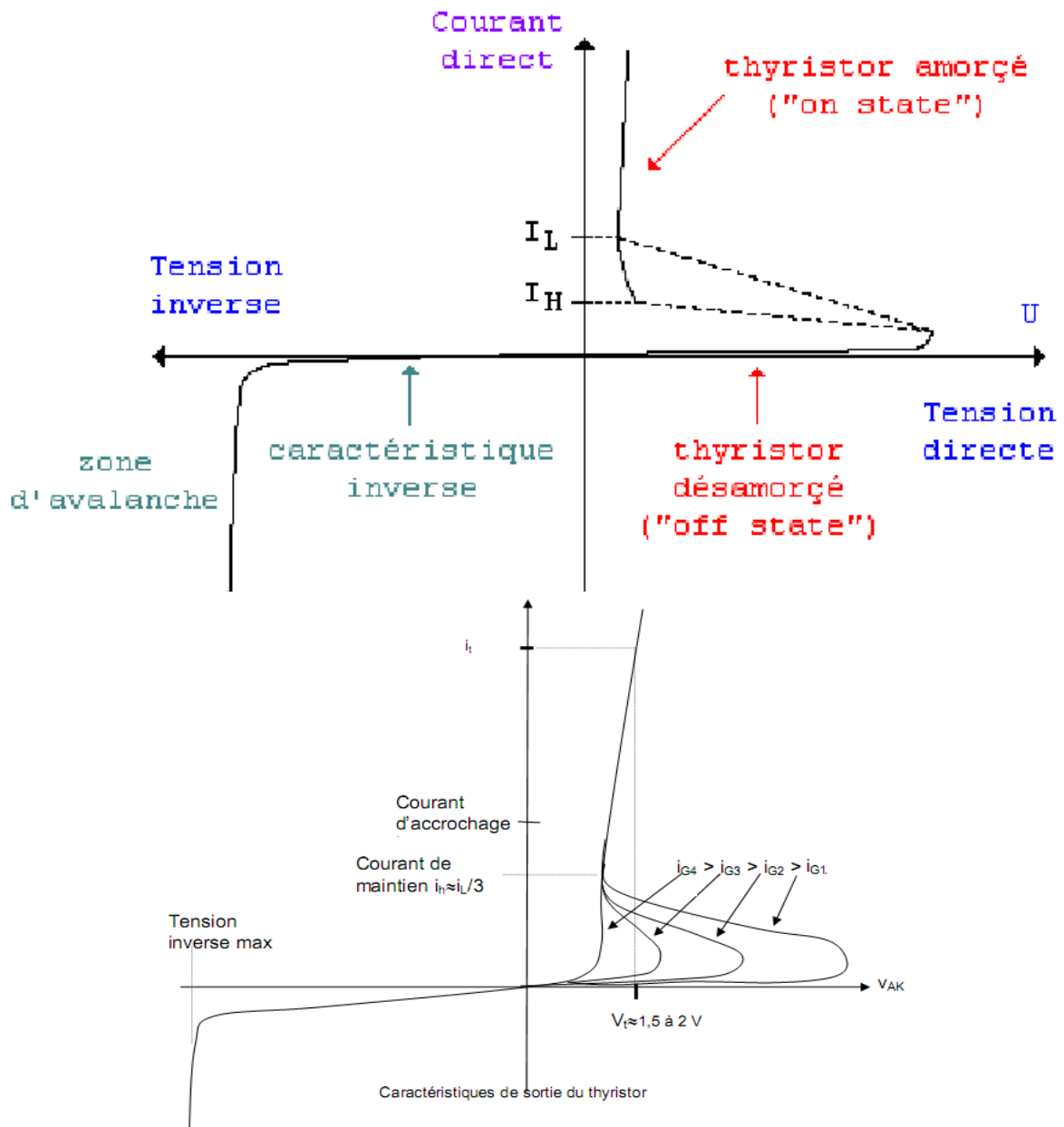
### 2.2.2 Fonctionnement du thyristor :

Le thyristor ne conduit que lorsqu'il est "**amorçé**". L'amorçage, par le courant de gâchette, peut se faire en courant continu. Il suffit de fermer l'interrupteur de commande pendant un court instant pour obtenir un courant de gâchette de faible valeur. A partir de ce moment le thyristor s'amorce (on dit en anglais qu'il est **on state**) et reste amorcé, même après ouverture de l'interrupteur. Dans la pratique, l'interrupteur est souvent un générateur d'impulsions.

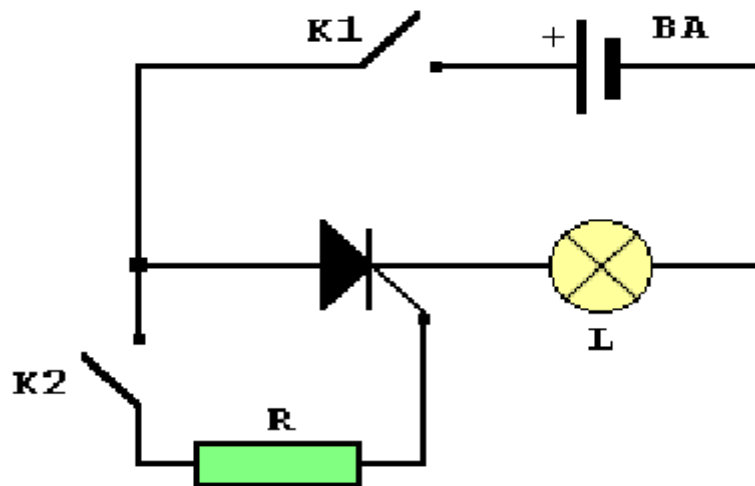
On désamorce le thyristor en faisant chuter la tension anode-cathode : dès que le courant descend en dessous du courant de maintien, le thyristor ne conduit plus (on dit en anglais qu'il est **off state**).

### 2.2.3 Caractéristiques Tension-Courant du thyristor :

Caractéristique d'un thyristor. Pour le rendre conducteur (on state), on doit d'abord lui injecter un courant de gâchette suffisant. Ensuite, tant que le courant dans la charge reste supérieur à  $I_L$  (L pour latch, verrou), et même en l'absence de courant de gâchette, le thyristor continue de conduire. Pour le bloquer, le courant dans la charge doit descendre sous une valeur  $I_H$  (H pour hold, maintien) pendant un temps suffisant.



### 2.2.4 Circuit explicatif :



Si on ferme l'interrupteur K1, il ne se passe rien ! Pour amorcer le thyristor, il faut envoyer une impulsion de courant dans la gâchette du thyristor en fermant l'interrupteur K2 (K1 restant fermé): la lampe L s'allume. Si maintenant on ouvre K2, la lampe continue de briller. Pour l'éteindre, c'est-à-dire bloquer la conduction, il faut ouvrir K1 de manière à faire chuter la d.d.p. anode-cathode à une valeur nulle ou presque.

A noter que si on inverse les polarités de l'alimentation (BA), le thyristor ne s'amorcera pas : il est en effet polarisé, comme une diode.

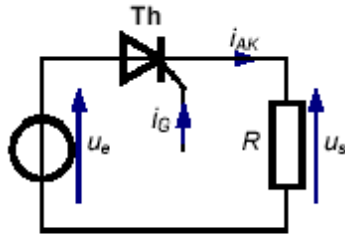
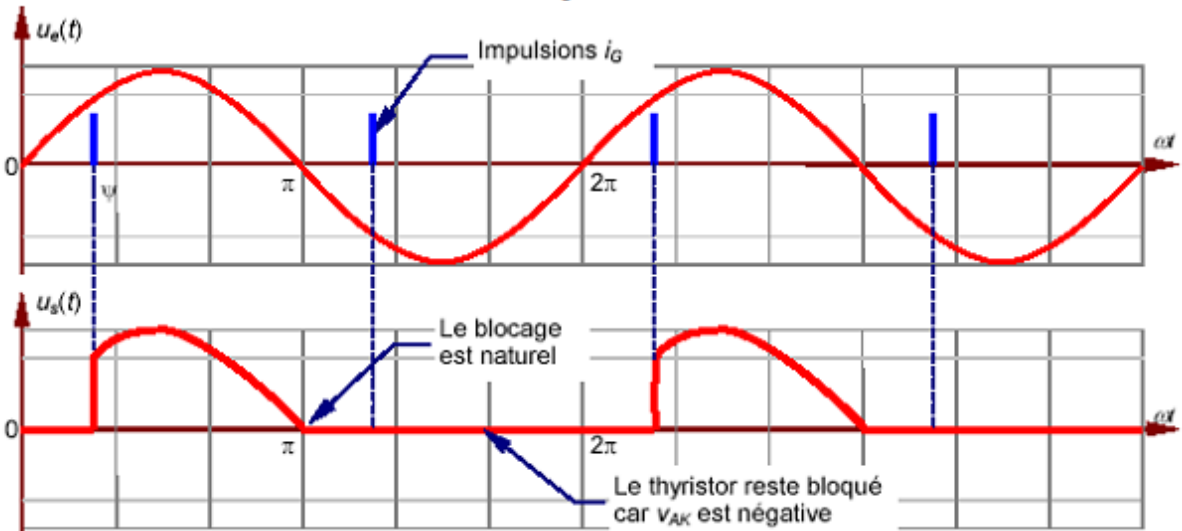


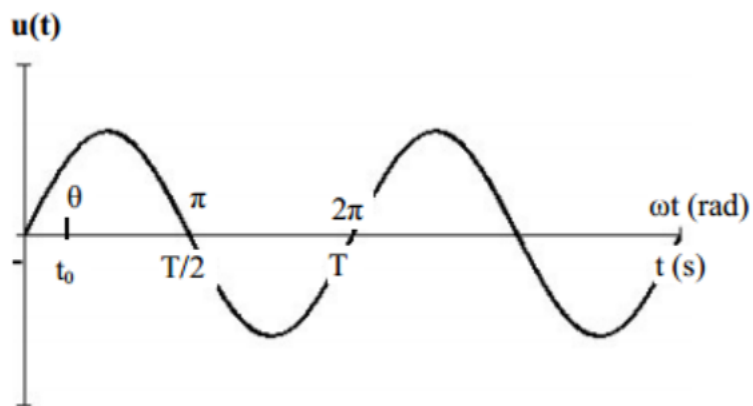
Figure 22



### 2.2.5 L'angle d'amorçage et l'instant d'amorçage du thyristor :

L'angle ( $\theta$ ) ou l'instant ( $t$ ) d'amorçage est repéré par rapport au passage par zéro de la tension d'alimentation du pont.

Rappel : une tension  $u(t)$  alternative sinusoïdale a pour période temporelle  $T$  période angulaire  $2\pi$  rad ( $360^\circ$ ).

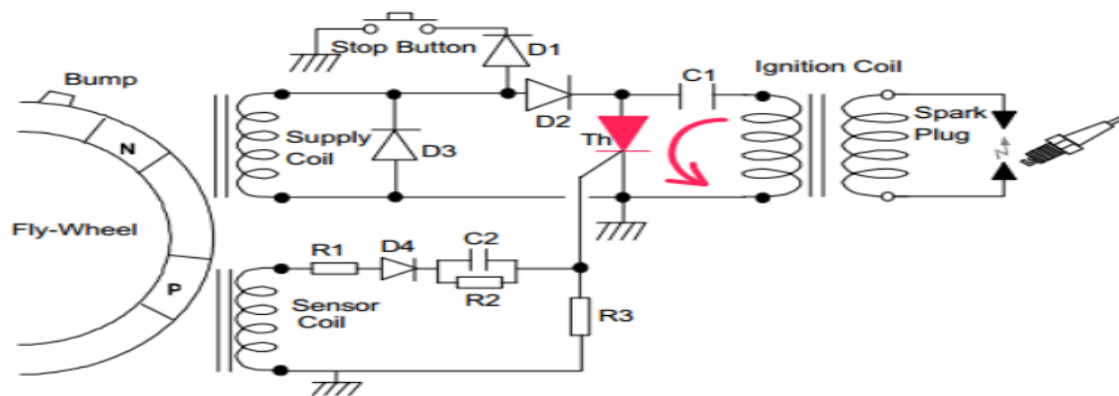


## 2.2.6 Applications :

Les thyristors sont principalement utilisés lorsque la tension, le courant ou les deux sont élevés. Ils permettent de régler alors l'amplitude du courant appliqué à une charge. Leur ouverture est en général provoquée par le passage par zéro du courant : par commutation par la ligne. Selon les applications, le réglage peut être réalisé par variation de l'angle de retard.

### 2.2.6.1 Allumage petit moteur :

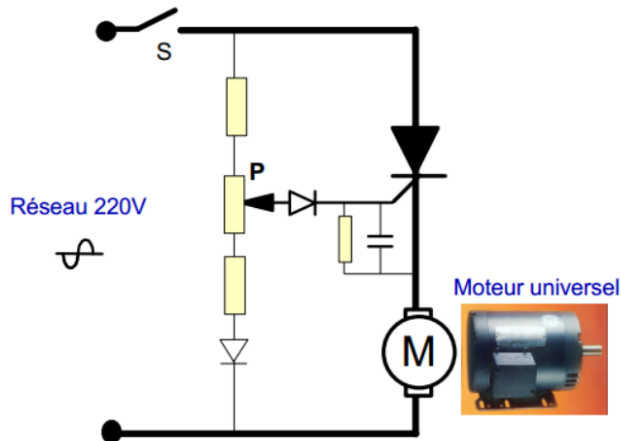
## APPLICATION SCR Allumage petits moteurs



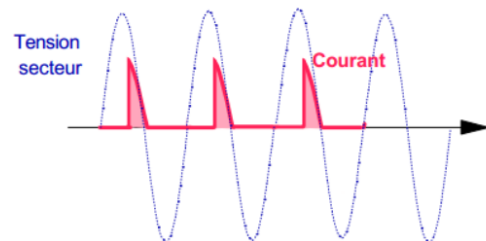
## 2.2.6.2 Variation de vitesse :

### APPLICATION SCR Variateur de vitesse

Thyristors sensibles (  $I_{gt} < 200\mu A$  )



### Variation de vitesse par commande en angle de phase



#### Variateur vitesse petits moteurs:

Electroménager  
Outillage électrique



#### Applications industrielles:

Disjoncteurs différentiels  
Detecteur de proximité, de fumée...etc.  
Chargeur de batterie



#### Allumage moteurs

( décharge capacitive )

#### Protection secondaire alimentation ( PC )

( fonction crowbar )



## **2.2.7 Modèles de thyristor :**

### **2.2.7.1 Thyristor à commande optique :**

Les thyristors amorcés optiquement (Light triggered thyristor) utilisent la lumière en lieu et place du courant pour activer la gâchette. Cette dernière est alors placée au centre du thyristor. Le faisceau lumineux, en général des infrarouges, est transmis grâce à une fibre optique. Cette solution est utilisée dans les applications très hautes tension, typiquement les HVDC, pour ne pas avoir à placer l'électronique de la gâchette au potentiel des thyristors.

### **2.2.7.2 Thyristor au carbure de silicium :**

Le carbure de silicium (SiC) est un matériau pouvant remplacer le silicium dans la construction des thyristors. Il a l'avantage de supporter des températures ambiantes allant jusqu'à 350 °C. Leur utilisation est relativement récente.

## **2.2.8 Critères de choix d'un thyristor**

VBO (ou  $V_{max}$ ) - Tension maximale que peut supporter le thyristor à l'état bloqué, il devient conducteur même si aucune tension de commande n'est appliquée sur la gâchette.

$I_{t(av)}$  - Courant continu maximal qui peut circuler entre anode et cathode.

$I_m$  - Courant de maintien. Valeur du courant au-dessous de laquelle un thyristor qui était dans l'état passant (conducteur), va repasser à l'état bloqué

$I_{gt}$  - Courant minimal de gâchette. Il s'agit du courant minimum à appliquer sur la gâchette pour que le thyristor devienne conducteur.

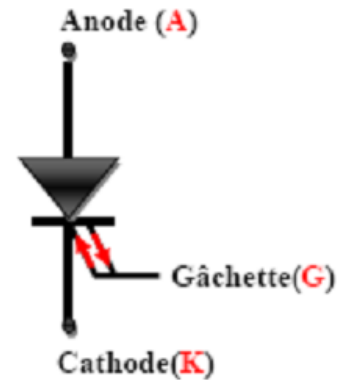
## **2.3 Thyristor GTO :**

### **2.3.1 Définition :**

Le thyristor GTO (Gate Turn Off) est une évolution du thyristor classique qui a la propriété de pouvoir être bloqué à l'aide de la gâchette (est un composant commandé à la fermeture et à l'ouverture), contrairement aux thyristors classiques. Il est utilisé pour les commutations des fortes puissances, avec des tensions de 2500V, 4500V et 6000V et des courants de 600A à 6000A environ. Ce n'est pas le composant du bricoleur électronicien.



« Symbole du thyristor GTO »



Le thyristor GTO est réversible en tension et supporte des tensions  $v_{AK}$  aussi bien positives que négatives lorsqu'il est bloqué.

Il n'est pas réversible en courant et ne permet que des courants  $i_{AK}$  positifs, c'est-à-dire dans le sens anode-cathode, à l'état passant.

Le symbole comprend deux gâchettes, une pour la fermeture de l'interrupteur et une pour l'ouverture. Dans la réalité, la même gâchette sert à injecter le courant gâchette cathode pour commander la fermeture de l'interrupteur et à extraire un courant gâchette cathode pour ouvrir l'interrupteur. Le courant à extraire est important, environ  $\frac{I_{AK}}{5}$  (par exemple, pour couper 600 A, il faut extraire un courant de gâchette de 120 A environ).

### 2.3.2 Principe de fonctionnement :

#### ✓ L'état passant (ON) :

Un GTO s'amorce par la gâchette (avec  $V_{gK} > 0$ ) comme un thyristor ordinaire. Le courant de gâchette peut être de quelques ampères. Une fois la conduction amorcée, elle se maintient.

#### ✓ L'état bloqué (OFF) :

Le mode de blocage spécifique du GTO consiste à détourner le quasi-totalité du courant d'anode dans la gâchette. En pratique, on applique donc une tension négative sur la gâchette ( $V_{gk} < 0$ ) pour détourner le courant. L'opération doit avoir une durée minimale pour assurer un blocage fiable.

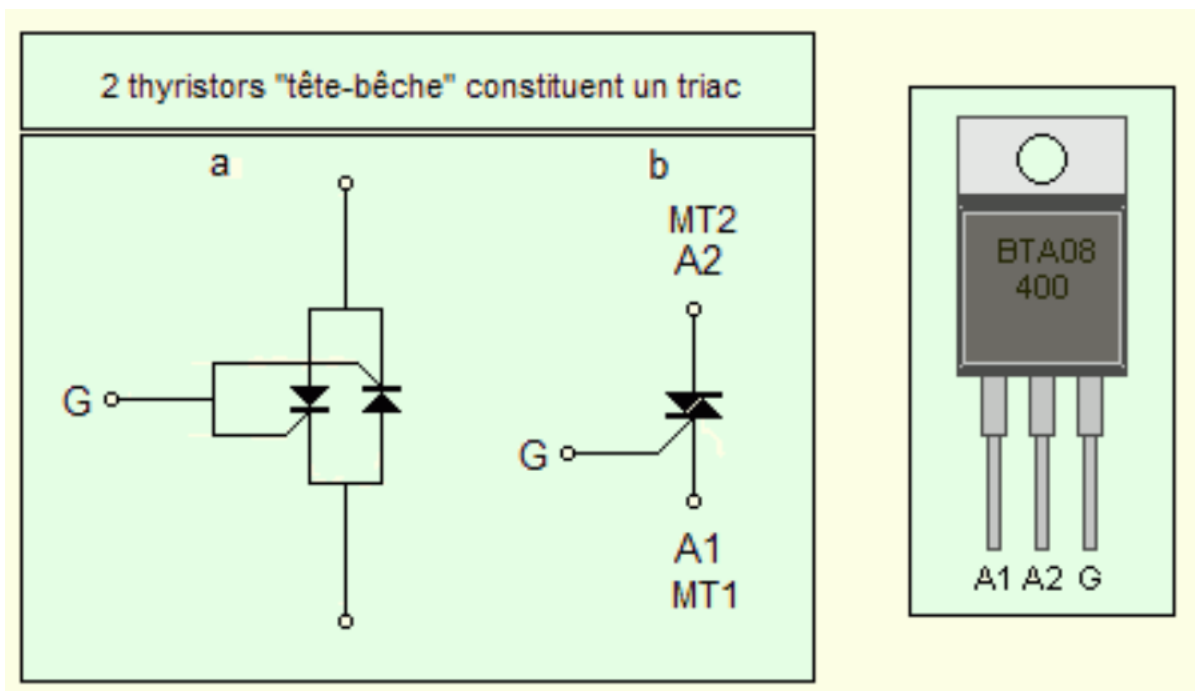
« Thyristor de puissance GTO »



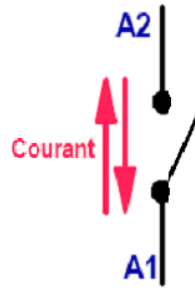
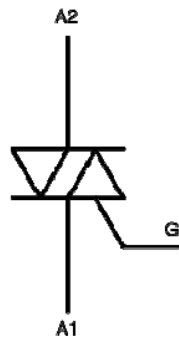
## 2.4 Triac :

### 2.4.1 Définition :

Contrairement au thyristor qui ne peut conduire que dans un sens, le triac peut conduire dans les deux sens. Il est bidirectionnel, alors que le thyristor est unidirectionnel. Le triac est apparu en 1964 et doit son nom à l'abréviation (Triode Alternating Current). Le triac se commande aussi à l'aide d'une gâchette. On peut le décrire comme deux thyristors montés tête bêche.



« Symbole de triac »



Symbole du triac A1 : Anode 1 A2 : Anode 2 G : Gâchette

### 2.4.2 Principe de fonctionnement :

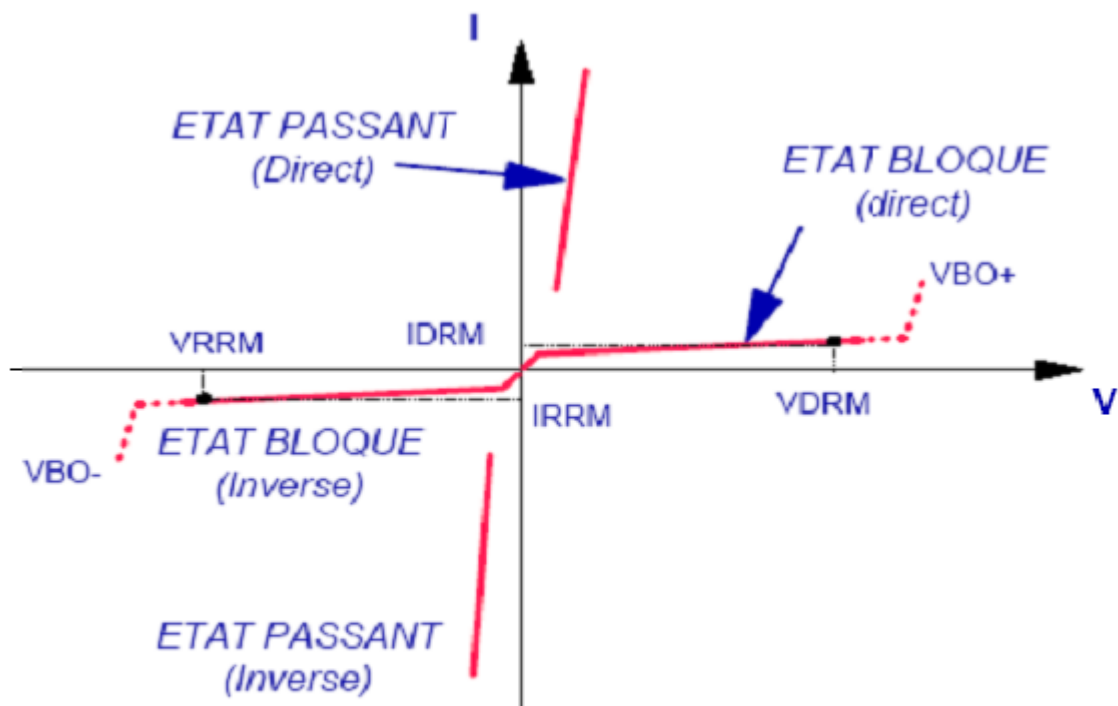
✓ L'état passant (ON) :

Pour commander le triac, un courant doit passer par la gâchette (une impulsion pour des valeurs positives ou négatives).

✓ L'état bloqué (OFF) :

Une fois amorcé, il reste passant. Pour le désamorcer, il faut annuler le courant Anode 1/Anodes 2.

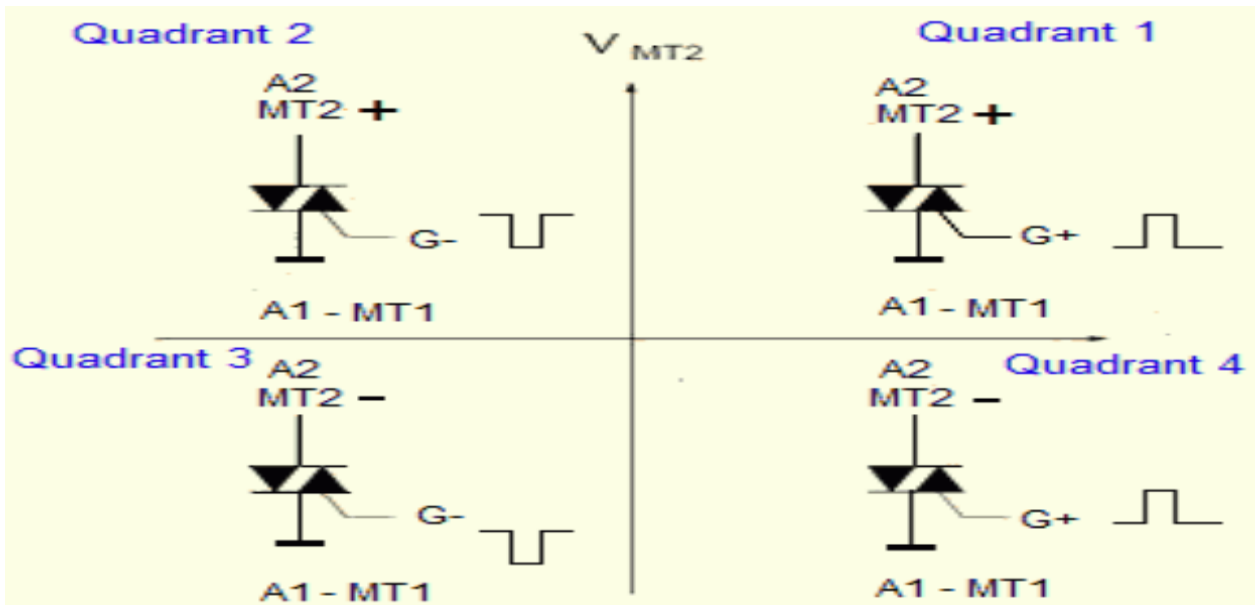
### 2.4.3 Caractéristiques Tension-Courant du triac :



« Caractéristiques Tension-Courant du triac »

## 2.4.4 Fonctionnement par quadrants :

Il existe 4 façons d'amorcer un triac, on peut les représenter par 4 quadrants.



Quadrant 1 : A2 est positif par rapport à A1, le triac est amorcé par une impulsion positive par rapport à A1.

Quadrant 2 : A2 est positif par rapport à A1, le triac est amorcé par une impulsion négative par rapport à A1.

Quadrant 3 : A2 est négatif par rapport à A1, le triac est amorcé par une impulsion négative par rapport à A1.

Quadrant 4 : A2 est négatif par rapport à A1, le triac est amorcé par une impulsion positive par rapport à A1.

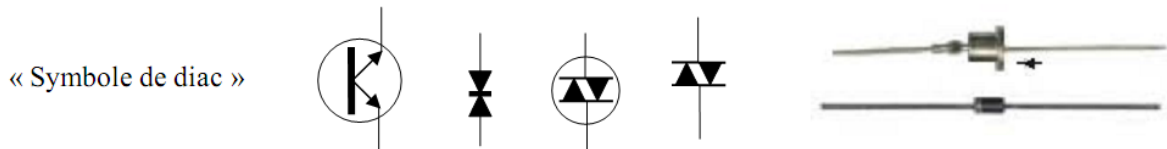
Le quadrant 4 est, pour ainsi dire, jamais utilisé, car il présente la plus mauvaise sensibilité. En effet, il faut parfois jusqu'à 100 mA sur la gâchette pour amorcer le triac (selon les triacs), contre 10 à 50 mA sur les autres quadrants.

La sensibilité est meilleure sur les quadrants 1 et 3. C'est donc eux que l'on utilise le plus souvent. À noter que certains triacs sensibles, ne demandent que 1 à 5 mA sur la gâchette sur les quadrants 1 à 3, et 3 à 20 mA sur le quadrant 4.

## 2.5 Diac :

### 2.5.1 Définition :

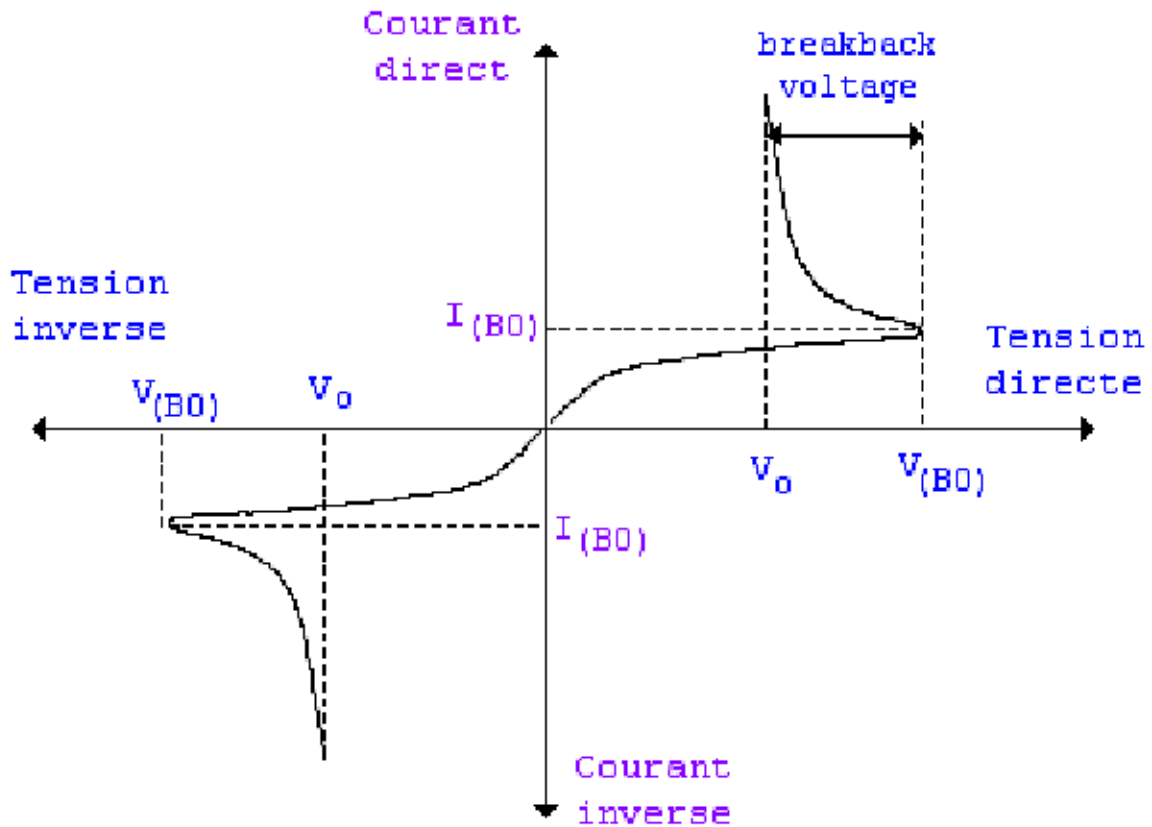
Le diac (Diode Alternatif Current) est un élément semi-conducteur à deux électrodes. C'est un composant électronique à amorçage bidirectionnel par la tension à ses bornes. Il est souvent utilisé en électronique de puissance pour déclencher les triac et les thyristors (circuits de commande).



### 2.5.2 Principe de fonctionnement :

Le diac ne conduit pas le courant tant qu'une tension appliquée à ses bornes est inférieure à une certaine valeur notée  $V_{BO}$  (Break over voltage) souvent comprise entre 20 et 35 volts dans les deux sens.

Lorsque cette tension d'avalanche est atteinte, le diac entre en conduction (amorçage), il serait assimilé à un interrupteur fermé, dans ce cas la tension entre ses deux électrodes serait pratiquement nulle.



« Caractéristiques Tension-Courant du diac »

## 2.6 Transistor bipolaire de puissance :

### 2.6.1 Présentation :

Parmi les deux types, NPN et PNP, le transistor de puissance existe essentiellement dans la première catégorie. Le transistor est un composant totalement commandé : à la fermeture et à l'ouverture. Il n'est pas réversible en courant, ne laissant passer que des courants de collecteur  $i_c$  positifs. Il n'est pas réversible en tension, n'acceptant que des tensions  $V_{CE}$  positives lorsqu'il est bloqué.



## « Transistor de puissance »

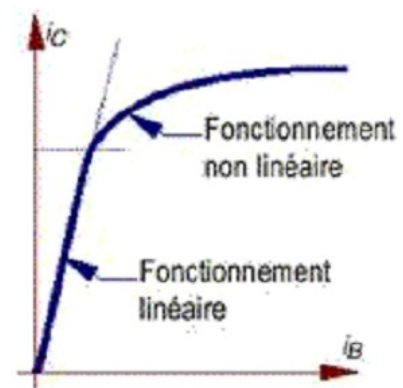
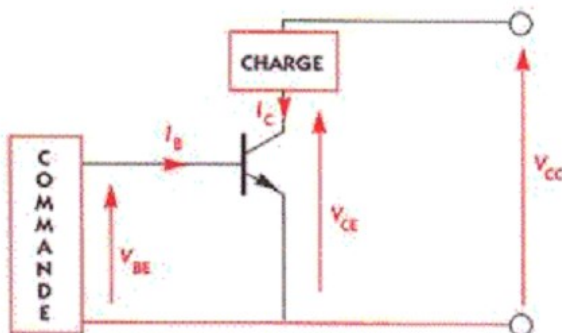
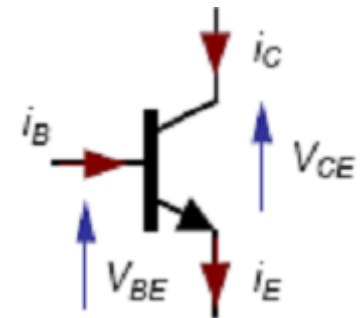
### 2.6.2 Principe de fonctionnement :

#### Transistor bloqué (B) ou OFF :

État obtenu en annulant le courant  $i_B$  de commande, ce qui induit un courant de collecteur nul et une tension  $V_{CE}$  (tension de source). L'équivalent d'un commutateur ouvert.

#### Transistor saturé (S) ou ON :

Ici, le courant  $i_B$  est tel que le transistor impose une tension  $V_{CE}$  nulle tandis que le courant  $i_C$  atteint une valeur limite dite de saturation,  $i_{Csat}$ . L'équivalent d'un commutateur fermé.



### 2.6.3 Modes de fonctionnement du transistor :

$$I_B = 0 \quad I_C = 0 \text{ (commutateur ouvert)}$$

$$I_B > 0 \quad I_C = \beta \cdot I_B \text{ (Amplificateur)}$$

$$I_B = I_{Bsat} \quad I_C = I_{Cmax} \text{ (commutateur fermé)}$$

### 2.6.4 Critères de choix d'un transistor :

Après avoir établi les chronogrammes de fonctionnement ( $V_{CE}$  et  $i_C$ ), on calcule les valeurs extrêmes prises par :

- la tension  $V_{CE}$  (à l'état bloqué) ;
- le courant max  $i_C$  (à l'état saturé).

## 2.7 Transistor à effet de champ de puissance :

### 2.7.1 Introduction :

Dans le chapitre sur le transistor bipolaire (Bipolar junction transistor, BJT), nous avons vu que le courant de sortie sur le collecteur est proportionnel au courant d'entrée sur la base. Le transistor bipolaire est donc un dispositif piloté par un courant. Le transistor à effet de champ (EN : Field effect transistor ou FET) utilise une tension sur la borne d'entrée du transistor, appelée la base afin de contrôler le courant qui le traverse. Cette dépendance se base sur l'effet du champ électrique généré par l'électrode de base (d'où le nom de transistor à effet de champ).

Le transistor à effet de champ est ainsi un transistor commandé en tension.





Le transistor à effet de champ est un dispositif qui possède trois bornes de connexion selon une terminologie qui lui est propre. La comparaison avec le transistor bipolaire est donnée ci-dessous :

Transistor bipolaire	Transistor à effet de champ
Emetteur - (E)	Source - (S)
Base - (B)	Grille - (G)
Collecteur - (C)	Drain - (D)

Le transistor à effet de champ a des caractéristiques très voisines de son homologue, le transistor bipolaire ; il possède un haut rendement, fonctionne instantanément, il est robuste et bon-marché. Il peut ainsi remplacer son cousin, le transistor bipolaire dans la plupart des applications.

Les transistors à effet de champ peuvent être beaucoup plus petits que leur équivalent bipolaire. Grâce à leur faible consommation de puissance, ils sont idéaux pour les circuits intégrés, telle que les circuits digitaux CMOS.

### 3 Bibliographiés :

1- **Year:** 1998

**Author:** P. Mayé

**Title:** Connaître les composants électroniques

**Publisher:** Dunod

**Short Title:** Connaître les composants électroniques

**ISBN:** 9782100041282

**URL:** <https://books.google.dz/books?id=RI4-PQAACAAJ>

2- **Year:** 2015

**Author:** P. Mayé

**Title:** Aide-mémoire Composants électroniques - 5e édition

**Publisher:** Dunod

**Short Title:** Aide-mémoire Composants électroniques - 5e édition

**ISBN:** 9782100722822

**URL:** <https://books.google.dz/books?id=sngaBgAAQBAJ>

3- **Year:** 2010

**Author:** P. Mayé

**Title:** Aide-mémoire des composants électroniques

**Publisher:** Dunod

**Short Title:** Aide-mémoire des composants électroniques

**ISBN:** 9782100546398

**URL:** <https://books.google.dz/books?id=hUpRIMtuoO8C>

4- **Cours PDF:** Thyristor, Triac, Diac et UJT

**URL:** <http://www4.ac-nancy-metz.fr/lyc-vuillaume-mirecourt/pages/Pedagogie/DATA/Technique/Electronique/Diac%20-%20thyristor%20-%20TRIAC/cours%20Diac%20-%20thyristor%20-%20TRIAC.pdf>

5- **Cours PDF:** Cours d'électronique de puissance

**URL:** <https://docplayer.fr/56599938-Electronique-de-puissance-cours-et-exercices.html>

**Author:** M.L.LOUAZENE

6- **Site internet:** Le triac: principe de fonctionnement

**URL:** <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-triac-principe-de-fonctionnement>

1-

2- Boyer, J., *Réparez vous-même vos appareils électroniques: Smartphones, téléviseurs, consoles de jeux, ordinateurs, chaînes hi-fi* 2014: Eyrolles.

- 3- Ichinose, N., et al., *Guide pratique des capteurs*1990: Masson Paris.
- 4- Platt, C., *L'électronique en pratique: 34 expériences ludiques*2016: Eyrolles.
- 5- Poupon, G., *Traitement des puces électroniques et nouveaux procédés d'interconnexion*2011: Lavoisier.
- 6- Zhang, T., *Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems*. Vol. 127. 2012: Springer Science & Business Media.
- 7- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Composant\\_%C3%A9lectronique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Composant_%C3%A9lectronique)
- 8- <https://www.edrawsoft.com/fr/create-basic-electrical-diagram.php>
- 9- <https://fr.wikihow.com/r%C3%A9aliser-des-circuits-imprim%C3%A9s>
- 10- <https://www.mongsukulu.com/index.php/contenu/genie-electrique4/schemas-electroniques/601-conception-et-realisation-dune-alimentation-lineaire-stabilisee-a-diode-zener>