



STI2D	Chapitre 3 : l'énergie électrique	
	Partie 6 : les composants de l'électronique	

Pré-requis :

Connaissance générales sur l'électricité

Connaissances générales sur l'énergie

Compétences visées :

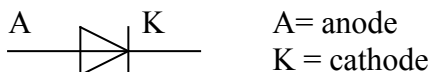
Être capable de caractériser les différents composants de l'électronique

1. La diode

1.1 Généralités

La diode est un composant électronique qui permet le passage unidirectionnel du courant, de l'anode et la cathode.

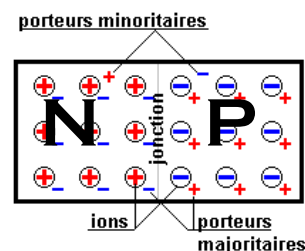
Symbole :



Constitution :

Une diode est constituée d'une jonction P-N. La jonction P-N est obtenue dans un monocristal pur de silicium (ou de germanium) par dopage d'impuretés.

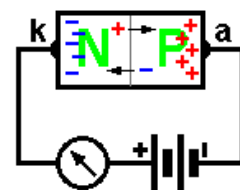
Le fait d'introduire en très faible quantité des impuretés (opération appelée dopage) dans un cristal de semi-conducteur améliore fortement la conductivité du cristal. Si un cristal de germanium ou de silicium a reçu des impuretés pentavalentes (arsenic, phosphore, antimoine) il devient un semi-conducteur à conductivité N (ex: silicium N). Un cristal de germanium dopé par des impuretés trivalentes (indium, gallium, bore) devient un semi-conducteur P.



La jonction PN polarisée en sens inverse

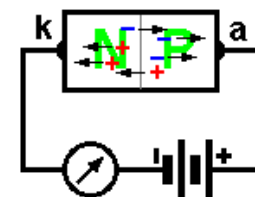
En reliant la zone P à la borne - d'une source de tension continue et la zone N à la borne +, les porteurs de charges s'éloignent de la jonction et la jonction devient quasiment isolante.

La diode est dite polarisée en sens inverse, le courant qui la parcourt est très faible, il est dû aux porteurs minoritaires.



La jonction PN polarisée en sens direct

En reliant l'anode de la diode (zone P) au + de la pile et la cathode (zone N) au - les porteurs de charge traversent la jonction et un courant élevé parcourt le circuit.

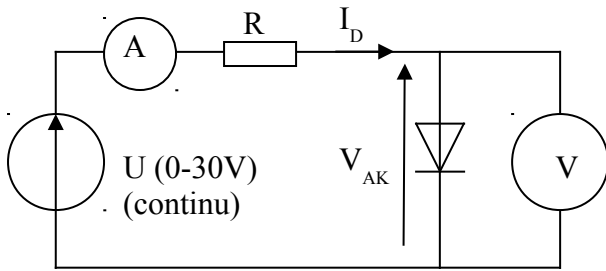


1.2 Caractéristiques

Il existe deux caractéristiques différentes, en direct et en inverse.

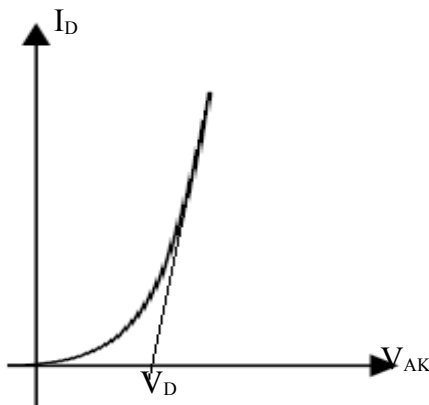
En direct :

Schéma du montage d'essai:

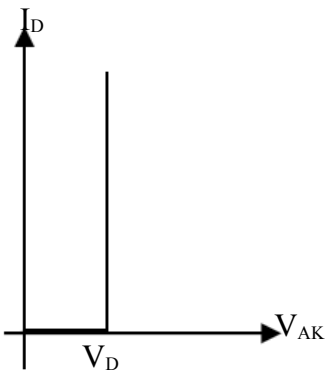


Principe : on augmente progressivement U (et on relève le courant I_D et la tension V_{AK} aux bornes de la diode)

Caractéristique **Réelle** : $I_D = f(V_{AK})$ ou $I_F = f(V_F)$

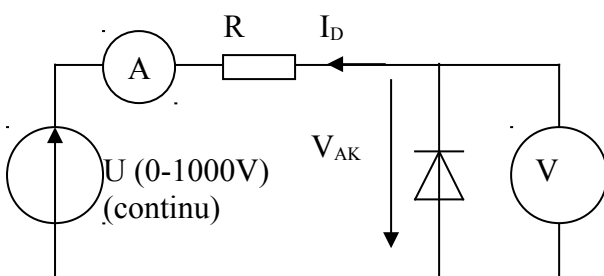


Caractéristique **Idéalisée**: $I_D = f(V_{AK})$ ou $I_F = f(V_F)$



En inverse :

Schéma du montage d'essai:



Cet essai va détruire la diode !

En effet, on va monter la tension jusqu'à ce que la diode conduise, or elle ne peut conduire en inverse que détruite !

Détermination des éléments :

La puissance max de la diode (fournie par le constructeur) nous permet de déterminer le courant max qui va circuler (avec $P=UI$)

On choisit l'ampèremètre avec ce courant max.

R sert à fixer le courant max quand U est à 30 V (afin de ne pas détruire la diode)

Loi des mailles : $U - (R \cdot I_D) - V_{AK} = 0$

Par exemple si $I_{Dmax} = 20\text{mA}$ et $V_{AK} = 1,6\text{V}$:

$$R = \frac{U - V_{AK}}{I_{Dmax}} = \frac{30 - 1,6}{20 \cdot 10^{-3}} = 1420 \Omega$$

Commentaires :

Dans la première partie de la courbe ($V_{AK} < V_D$) le courant ne passe pas, la diode est bloquée.

Ensuite, quand $V_{AK} > V_D$, le courant passe, la diode conduit

V_D est appelée **tension de seuil** de la diode. ($V_D \approx 0,6\text{V}$ à $0,7\text{V}$ pour une diode classique)

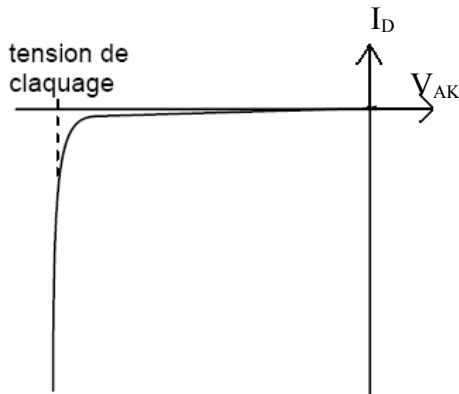
La **résistance dynamique R_d** est la pente de la courbe (quand la diode conduit) :

$$R_d = \frac{\Delta V_{AK}}{\Delta I_D}$$

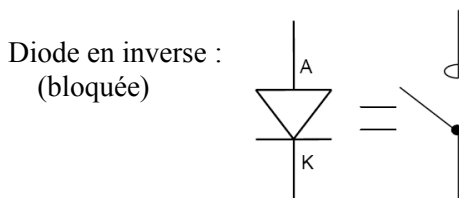
Commentaires :

$$R_d = 0$$

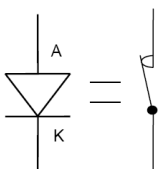
Caractéristique :



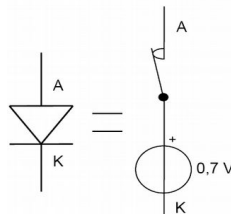
1.3 Modèle équivalent simplifié



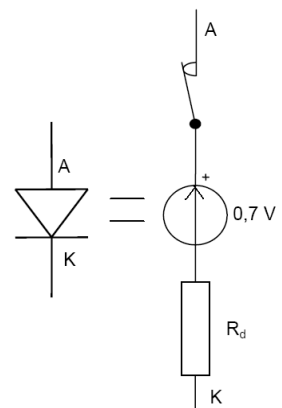
Diode en directe (passante):
Diode parfaite :



Diode idéalisée :



Diode réelle :



1.4 Diode électroluminescente (DEL ou LED):

Elle est faite dans des semi-conducteurs différents qui émettent des photons (de la lumière) quand ils sont parcourus par un courant, en direct.

Comme une diode traditionnelle, elle est bloquée en inverse. En général leur tension de seuil est un petit peu plus élevée ($\approx 1.6V$). Il en existe de différentes couleurs et de différentes puissances.

2. Le thyristor

Le thyristor est un semi-conducteur qui fonctionne comme une diode mais sa conduction est commandée (gâchette G).

Condition d'amorçage (conduction):

Pour qu'un thyristor conduise, il faut:

✗ Que la tension aux bornes du thyristor soit supérieure à la tension de seuil (environ 0,7V) :

$$V_{AK} > V_S \quad (\text{comme une diode})$$

et

✗ I_G (courant dans la gâchette G) différent de 0 (impulsion)

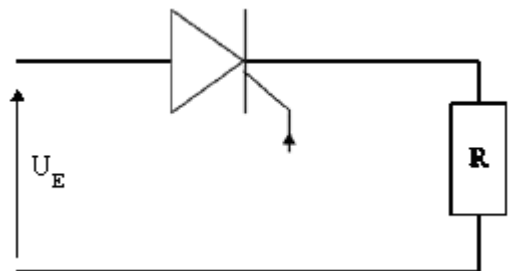
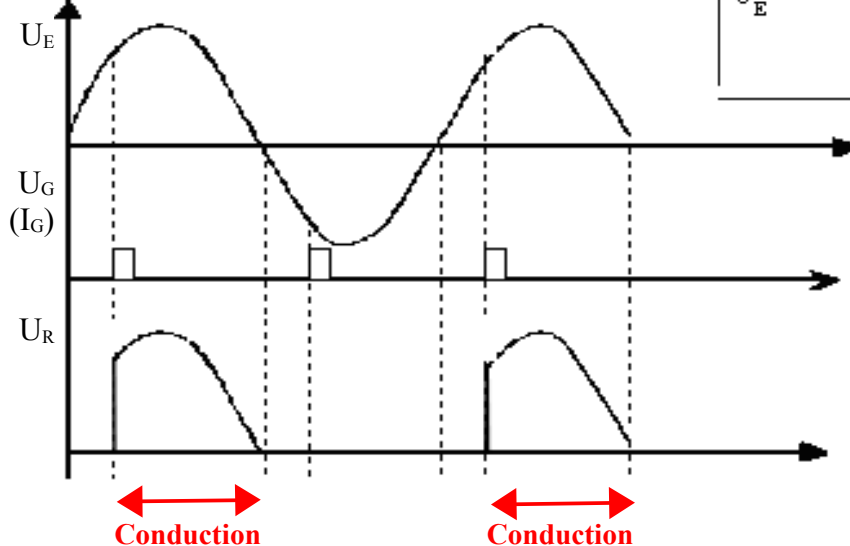
Une fois ces deux conditions respectées le thyristor est passant et se comporte comme une diode.

Condition de blocage :

Le blocage du thyristor n'interviendra que lorsque le courant I_{AK} deviendra inférieur au courant de maintien I_H . La valeur de la tension V_{AK} sera alors quelconque (en général c'est quand cette tension V_{AK} devient proche de zéro que le courant devient faible. C'est pour cela que souvent on raisonne avec la tension V_{AK} et qu'on dit que le thyristor se bloque quand V_{AK} devient négatif. C'est approximatif mais plus facile pour raisonner).

Exemple de fonctionnement du thyristor en direct :

Oscillogramme :



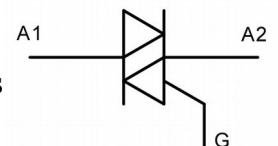
Exemple d'utilisation du thyristor:

- Commander la vitesse des moteurs à courant continu et des moteurs à courant alternatif.
- Régler la température.

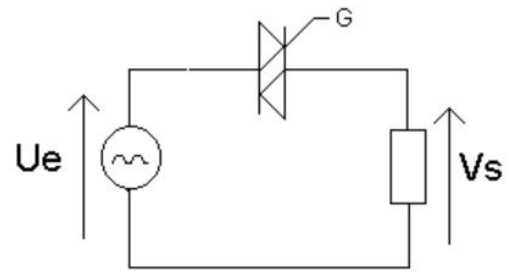
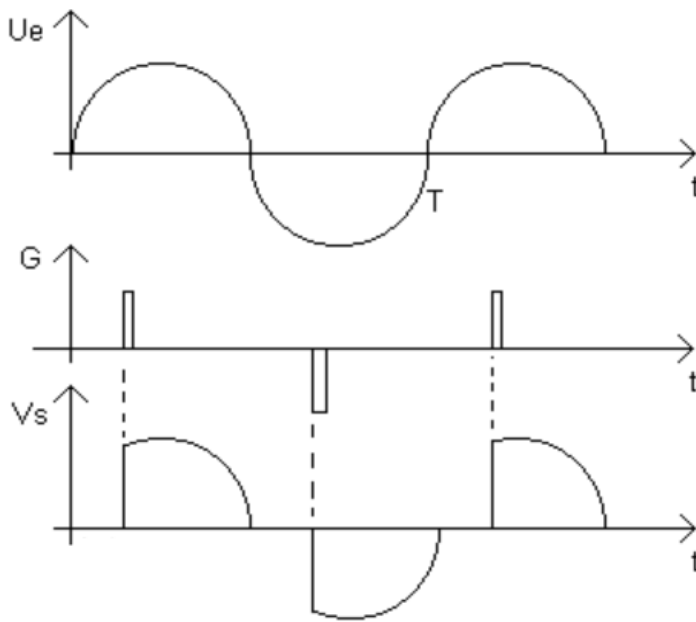
Remarque : il faut donc un circuit électronique de commande du thyristor, circuit qui va engendrer les impulsions à envoyer sur la gâchette.

3. Le triac

Le triac est un composant électronique équivalent à la mise en parallèle de deux thyristors montés tête-bêche (l'anode de l'un serait reliée à la cathode de l'autre, les gâchettes respectives étant commandées simultanément)



Exemple de fonctionnement du triac :



Le déclenchement du triac s'effectue au travers de la patte de connexion de commande appelée gâchette (G)

- pour que le triac conduise (laisse passer) une **tension positive**, il faut satisfaire 2 conditions : la gâchette doit être commandée positivement et la tension aux bornes du triac doit aussi être positive.
- pour stopper la conduction positive il faut que la tension aux bornes du triac devienne négative.

de même :

- pour que le triac conduise (laisse passer) une **tension négative**, il faut satisfaire 2 conditions : la gâchette doit être commandée négativement et la tension aux bornes du triac doit aussi être négative.
- pour stopper la conduction négative il faut que la tension aux bornes du triac devienne positive.

Exemple d'utilisation du triac:

- Régler la lumière (lampes halogènes ou incandescentes).
- Régler la température.

4. Le transistor

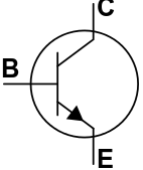
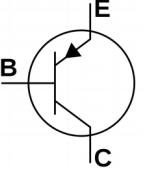
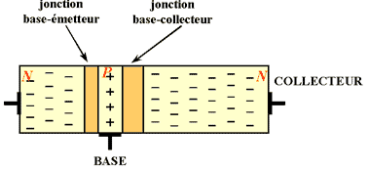
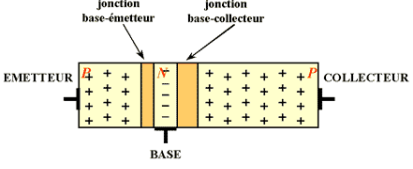
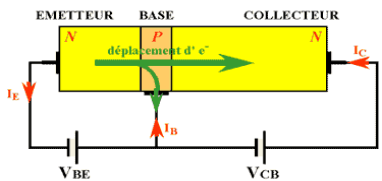
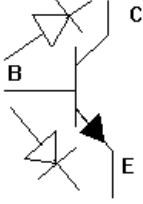
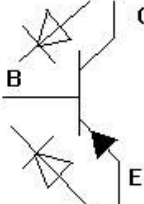
Le transistor est un composant électronique actif utilisé principalement comme amplificateur ou comme interrupteur commandé.

Il a été découvert en décembre 1947 par les américains John Bardeen, William Shockley et Walter Brattain, chercheurs de la compagnie Bell Téléphone. Ces chercheurs ont reçu pour cette invention le prix Nobel de physique en 1956. Le transistor remplaça alors le tube électronique (appelé aussi tube à lampe). Les transistors ont permis la réalisation de portes logiques (AND, OR, NAND, NOR, ...) et leur miniaturisation a décuplé les utilisations.

Exemple de miniaturisation : nombre de transistors dans les microprocesseurs Intel :

- * 1971 : 4004 : 2 300 transistors
- * 1978 : 8086 : 29 000 transistors
- * 1982 : 80286 : 275 000 transistors
- * 1989 : 80486 : 1,16 million de transistors
- * 1993 : Pentium : 3,1 millions de transistors
- * 1995 : Pentium Pro : 5,5 millions de transistors
- * 1997 : Pentium II : 27 millions de transistors
- * 2001 : Pentium 4 : 42 millions de transistors
- * 2004 : Pentium 4 D : 125 millions de transistors
- * 2006 : Core 2 Duo : 291 millions de transistors
- * 2008 : Core 2 Quad : 410 millions de transistors
- * 2010 : Intel Core i7, 1 170 000 000 transistor (1 milliard 170 millions)

II Symboles / constitution

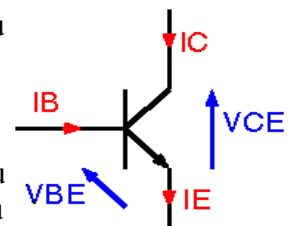
NPN	PNP
	
	
<p>Sous l'effet de la polarisation en direct de la jonction B-E, avec un courant de base I_B on obtient un courant collecteur I_C dont la valeur sera notamment fonction des conditions de polarisation de la jonction B-E. Ce courant I_C peut être nettement plus important que le courant de base I_B, c'est l'effet transistor.</p>	
	
<p>On ne peut considérer le transistor comme l'association de deux diodes mais la représentation suivante peut parfois aider :</p>	
	

Remarque : la flèche indique toujours l'émetteur et le sens de circulation du courant.

✗ En utilisation pour l'amplification, on utilise la propriété d'amplification du courant par le transistor :

$$I_C \approx \beta \cdot I_B$$

Ainsi on commande le transistor avec un courant I_B et il apparaît un courant I_E (ou I_C), de même forme, de même type mais amplifié (multiplié par le gain β du transistor).

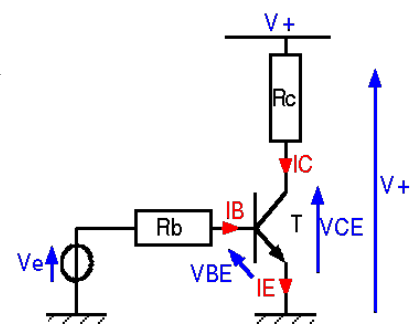


✗ En utilisation de commutation on se sert du transistor comme d'un interrupteur commandé :

Ainsi un transistor pourra avoir donc 2 états : soit il conduit soit il est bloqué.

Exemple : soit le montage suivant :

La tension V_e pourra prendre 2 valeurs (0V ou 5V)



1^{er} cas : $V_e = 0V$

Le transistor ne peut conduire ($I_B=0$ et $V_{BE}<0,7V$)

Alors on obtient :

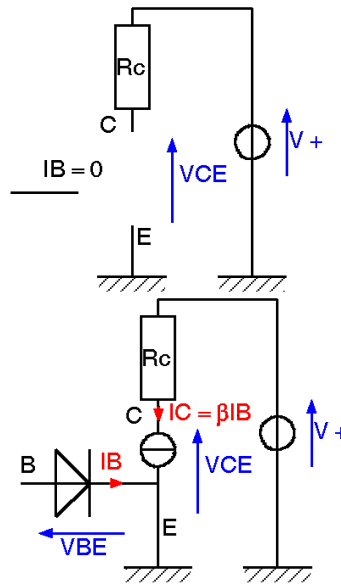
$I_c=0A$
 $V_{CE}=V_+$

2^{ème} cas : $V_e = 5V$

Le transistor va conduire ($I_B \neq 0$ et $V_{BE}=0,7V$)

Alors on obtient :

$V_{CE} = 0,3$ ou $0,4V$ (appelé V_{CEsat}).
 Le transistor fonctionne en saturation ($I_c < \beta \cdot I_B$)

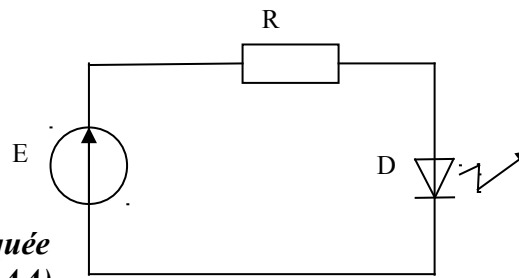


5. Exercices

Exercice N°1 - la diode

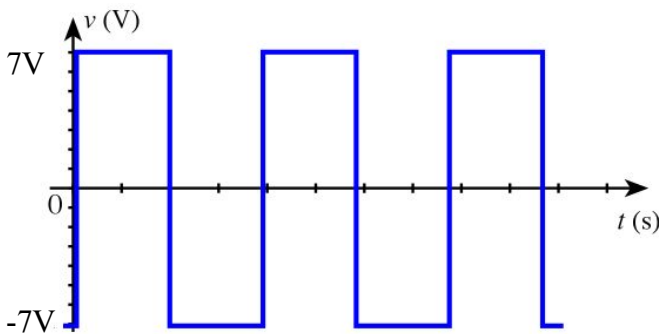
Soit le montage suivant:

1. Justifier l'état de la diode (bloquée ou passante) pour $E=9V$ (pile).
2. Justifier l'état de la diode (bloquée ou passante) pour $E=1,5V$ (pile AAA).

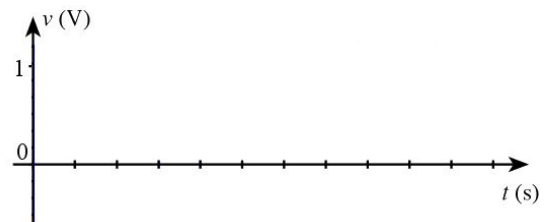


Données: $R = 360\Omega$.
 Diode D: LED: $R_d=0.15\Omega$,
 $V_s=1,65V$ (tension de seuil de la diode)
 I_{Fmax} (courant dans la diode max en direct) : $20mA$

On remplace maintenant E par un signal de la forme :



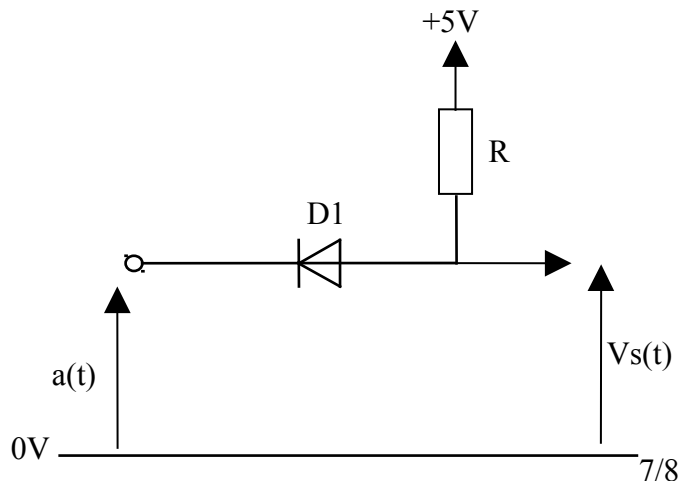
3. Expliquer ce qui va se passer
4. Tracer la courbe de l'état de la Led en fonction du temps : $led=f(t)$ avec led éteinte=0 et led allumée = 1 :



Exercice N°2 - la diode

Soit le montage suivant : on prendra $V_d = 0,6V$

1°) Pour $a(t) = 0V$, la diode peut-elle conduire ? Si oui tracer le cheminement du courant. Donner la valeur de la tension $V_s(t)$ (ne pas tenir compte de la chute de tension dans R).



2°) Pour $a(t) = 5V$, la diode peut-elle conduire ? Si oui tracer le cheminement du courant. Donner la valeur de la tension $V_s(t)$ (ne pas tenir compte de la chute de tension dans R).

3°) Compléter le tableau ci-dessous.

$a(t)$	$V_s(t)$
0V	
5V	

Exercice N°3 - transistor

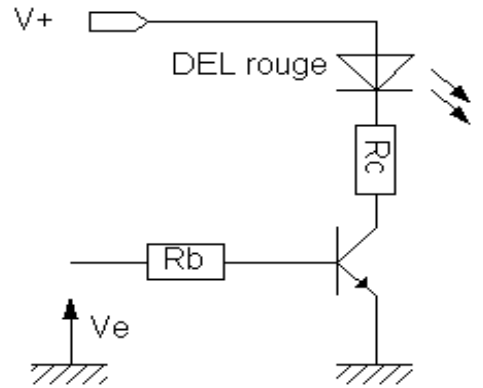
Soit le montage suivant :

Données : $V^+ = 12V$, $V_{DEL} = 1,6V$, $I_{DEL,max} = 30mA$, $\beta = 250$, $V_{BE} = 0,7V$, $V_{CEsat} = 0,3V$, $V_e = 0$ ou $5V$

Le transistor sera utilisé en commutation (coefficient de sursaturation=2)

1°) lorsque $V_e = 0V$, donner l'état du transistor (bloqué ou conducteur). En déduire l'état de la diode électroluminescente.

2°) lorsque $V_e = 5V$, donner l'état du transistor (bloqué ou conducteur). En déduire l'état de la diode électroluminescente.



Exercice N°4 - le triac

Le triac utilisé est considéré comme parfait ($U_{triac} = 0V$ quand il conduit)

Soit le montage :

