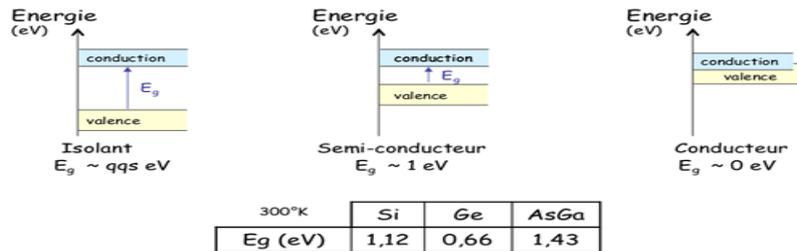


### III.1. Rappels élémentaire sur la physique des semi-conducteurs :

Les semi-conducteurs comme le silicium (Si), le germanium (Ge) et l'Arsenic de gallium (AsGa) ont une résistance plus élevée que celle des conducteurs métalliques, mais beaucoup plus faible que celle des isolants. La classification d'un conducteur, semi-conducteur et isolant se fait selon leurs résistivités  $\rho$  [ $\Omega.m$ ] (voir Fig.III.1).

- Conducteur :  $\rho < 10^{-6} \Omega.m$
- Semi-conducteur : intermédiaire
- Isolant :  $\rho > 10^6 \Omega.m$



#### III.1.1 Semi-conducteur intrinsèque : cristal pur

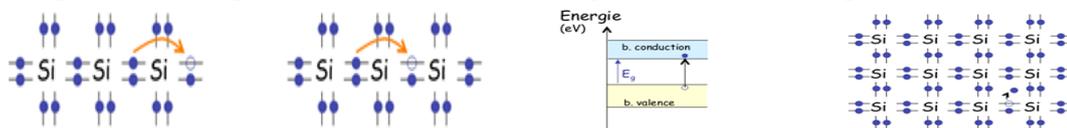
Le Si : a 14 électrons  $\Rightarrow$  4 é de valence  
 $\Rightarrow$  4 liaisons covalentes

Le Ge : 32é  $\Rightarrow$  4é de valence  $\Rightarrow$  4 liaisons covalentes



Un cristal de Si ou Ge pur ou intrinsèque a une structure régulière.

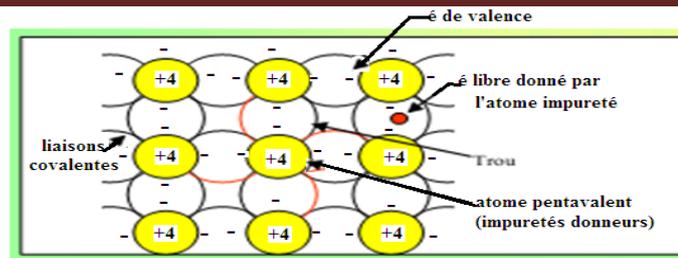
- A  $0^\circ\text{K}$ , pas d'électrons libres
- Si T augmente, les é des atomes que constituent le S.C, plus particulièrement les é de valence, vont absorber une partie de cette énergie  $\Rightarrow$  certains é vont gagner une énergie suffisante pour se libérer  $\Rightarrow$  c'est la rupture des liaisons équivalentes.



La bande-gap  $E_g$  représente l'énergie minimale nécessaire pour rompre la liaison.

- En présence d'un champ électrique extrême, ces é libres peuvent contribuer à la conduction électrique.
- La rupture des liaisons libère des é mais aussi produit des atomes ionisés représentant des pièges à é ou trou. Le trou se comporte comme une charge positive et la même grandeur que celle de l'électron.
- L'augmentation de  $T^\circ$  produit des paires électrons-trous qui s'accompagnent d'un phénomène de recombinaison.
- Dans un semi-conducteur intrinsèque le nombre des é libres est égal à celui des trous.
- Dans un semi-conducteur il existe 2 types de porteurs de charges :
  - Des porteurs négatifs : les électrons de la bande de conduction,
  - Des porteurs positifs : les trous de la bande de valence.

Chapitre III: Jonction PN et Diodes

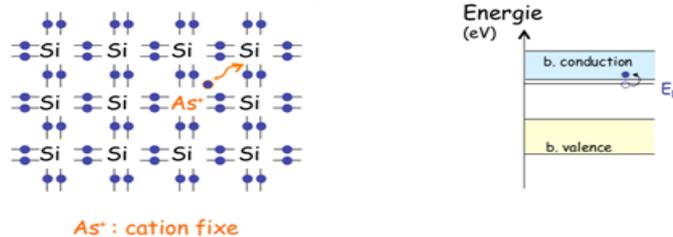


Structure cristalline d'un S.C dans le plan

III.1.2. Semi-conducteur extrinsèque

C'est un semi-conducteur impure  $\Rightarrow$  S.C contenant des impurétés.

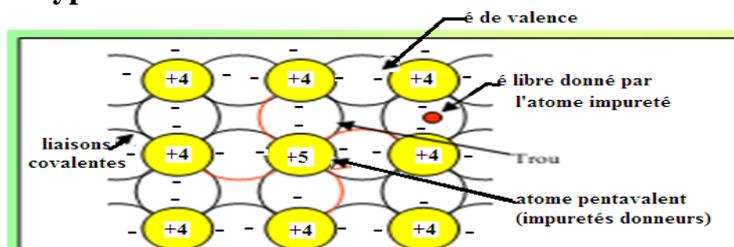
- La conductivité d'un S.C intrinsèque augmente avec  $T^{\circ}$ .
- Mais cette conduction demeure faible, car les limites raisonnables de  $T^{\circ}$ .
- Il existe un moyen d'augmenter considérablement cette conduction  $\Rightarrow$  ce procédé est appelé « dopage » : qui consiste à ajouter à un cristal pur de Si(Ge) des impurétés dont le nombre est relativement faible par rapport au nombre d'atomes de cristal.
- Les impurétés qu'on ajoute à un cristal S.C sont de deux types :
  - ✓ Pentavalents (5é de valences) : Exemple : As (Arsénique) ;
  - ✓ Trivalentes (3é de valences) : Exemple : In (Indium).



As<sup>+</sup> : cation fixe

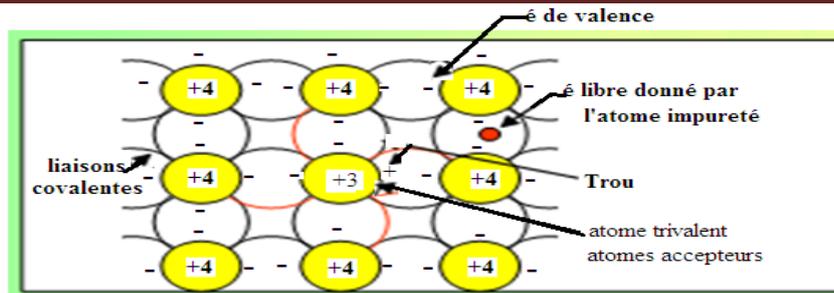
a) Dopage type N :

Soit un S.C au Si plus des impurétés pentavalentes (As). L'atome de As doit être entouré de 4é des atomes de S.C. Il utilise ces 4é de valences pour la liaison covalentes et la 5<sup>ème</sup> é est nom utilisé, c'est pourquoi il est faiblement liés. Le nombre des é est très grand devant le nombre de trous, c'est pourquoi les é sont appelés « Porteurs majoritaires », alors que les trous sont appelés « porteurs minoritaires »  $\Rightarrow$  La conduction est donc assurés essentiellement par les é (charges négatives) d'où l'appellation **S.C type N**.



b) Dopage type P :

C'est un dopage avec des impurétés trivalentes (In : 3é de valences). In captera un é pour former la 4<sup>ème</sup> liaison. Le nombre de trous est très grand devant le nombre d'é  $\Rightarrow$  les trous sont des « Porteurs majoritaires », alors que les é sont des « porteurs minoritaires »  $\Rightarrow$  La conduction est donc assurés essentiellement par les trous (charges positives) d'où l'appellation **S.C type P**.

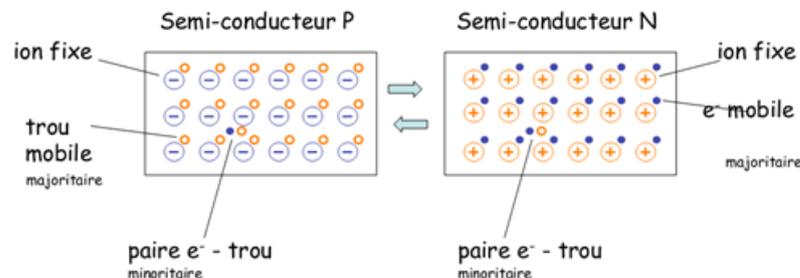


### III.2. Jonction PN non polarisée :

L'association de plusieurs semi-conducteurs dopés permet de créer les composants semi-conducteurs. Le plus simple est la jonction PN ou diode.

#### III.2.1. Création de la jonction :

Considérons deux matériaux semi-conducteurs de type opposé. Celui de type N possède des électrons en excès, l'autre, de type P, des trous. Ces deux matériaux étant isolés et les dopages étant homogènes, les densités de porteurs sont constantes dans chaque élément.



#### III.2.2. Mettons ces deux matériaux en contact :

Les électrons vont diffuser des zones de forte concentration vers les zones de faible concentration. Ils vont de ce fait se recombiner avec les trous en créant des ions fixes dans le réseau. Le déplacement de ces porteurs majoritaires donne naissance à un courant de diffusion  $I_D$ . Ces ions, négatifs dans la région P (atome de bore ayant gagné un électron) et positifs dans la région N (atomes de phosphore ayant perdu un électron) vont donner naissance à un champ électrique qui a tendance à s'opposer à la migration des porteurs majoritaires favorisant les porteurs négligeables : Le déplacement de ces porteurs minoritaires donne naissance à un courant de dérive  $I_S$ .

L'apparition de ce champ électrique génère donc un phénomène de conduction qui crée un flux de porteurs opposé à la diffusion.

L'équilibre sera établi lorsque les deux phénomènes se compenseront. Il y aura à ce moment-là une zone dépourvue de porteurs appelée zone de charge d'espace séparant deux zones dans lesquelles sont confinés les porteurs libres.

- ✓ Courant de dérive : désigne le déplacement forcé des charges sous l'action d'un champ électrique.
- ✓ Courant de diffusion : due à la différence de concentration en porteurs de charge dans la zone adjacente du réseau cristallin.
- ✓  $W$  = charge d'espace = zone désertée = zone de déplétion = zone d'appauvrissement.
- ✓ Champ interne et barrière de potentiel ;
- ✓ Etat d'équilibre  $\Rightarrow I_D = I_S$ .
- ✓ A la température ambiante :  
 $V_d = 0.6V$  à  $0.8V$  pour le Si et  $V_d = 0.3V$  pour Ge.

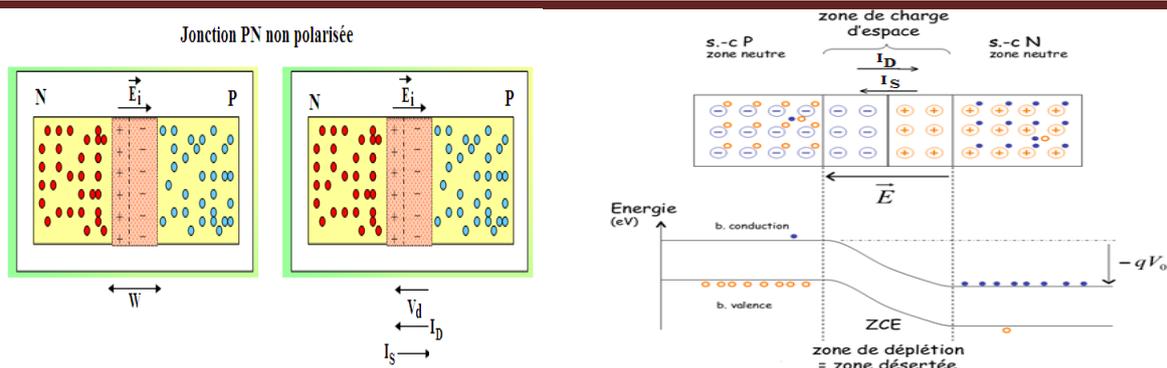
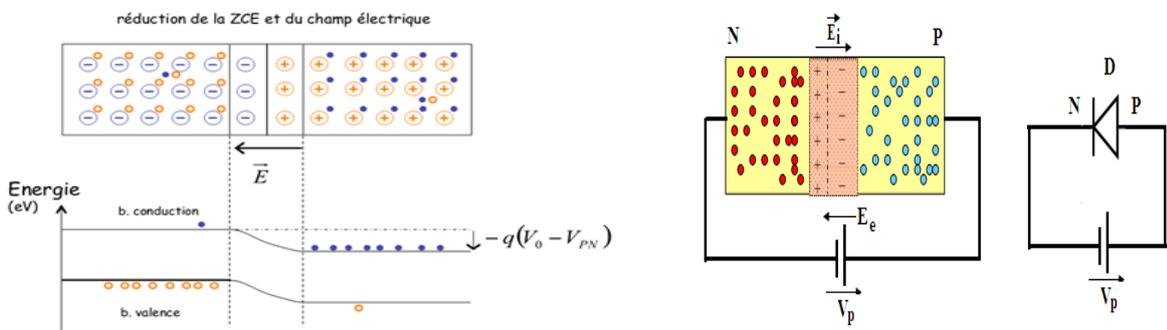


Fig. Jonction PN avec zone de déplétion

### III.3. Polarisation d'une diode :

#### III.3.1. Diode polarisée direct : sens passant

Considérons une diode polarisée par le biais du circuit représenté sur le schéma ci-contre. Polarisation directe  $\Rightarrow$  pole + de la source de tension vers la zone P.



$$E_T = E_e - E_i$$

Si  $E_e > E_i \Rightarrow E_T > 0 \Rightarrow$  le champ  $E_e$  va s'opposer à  $E_i$

$E_e$  a pour effet de favoriser la circulation des porteurs majoritaires.

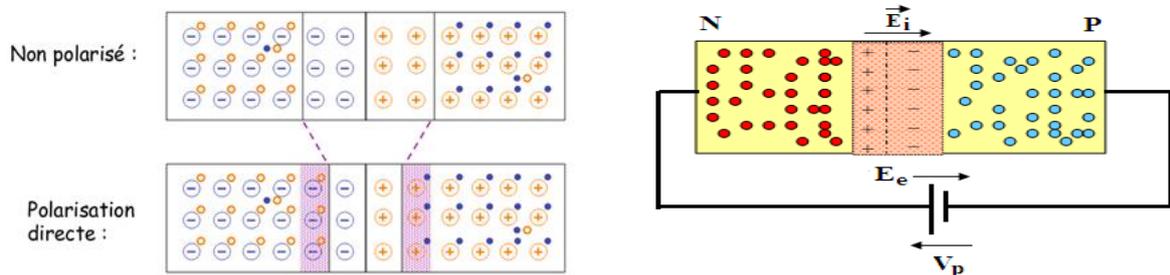
La diffusion des porteurs majoritaires n'a lieu que lorsque  $E_e > E_i$  ou  $V_p > V_d$ .

$\Rightarrow E_T > 0 \Rightarrow$  va créer un courant  $I_D \simeq I_S e^{eV_p/KT}$   $V_p$ : Tension de polarisation

$\Rightarrow$  plus  $E_T$  augmente plus  $I_D$  augmente (plus  $V_p \nearrow$  plus  $I_D \nearrow$ )

#### III.3.2. Polarisation en inverse: sens Bloquant

Avant de bloquer la jonction PN polarisé en direct il faut évacuer toutes les charges en excès et cela par le biais d'un courant inverse transitoire.



$$E_T = E_e + E_i \text{ or } E_e > 0 \text{ et } E_i > 0$$

$\Rightarrow E_e$  et  $E_i$  ont le meme sens. Alors si  $E_i$  bloque la circulation des majoritaires

$\Rightarrow E_T$  bloquera d'avantage les majoritaires

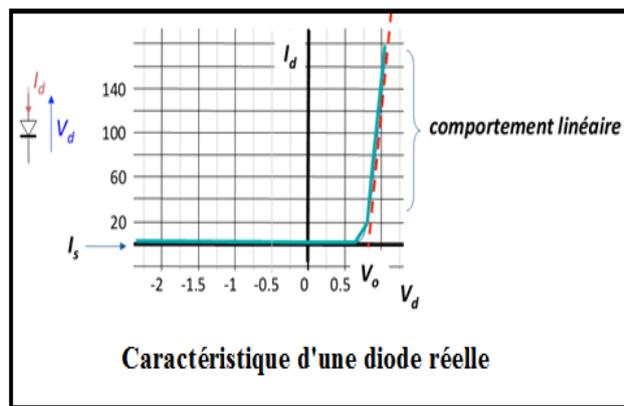
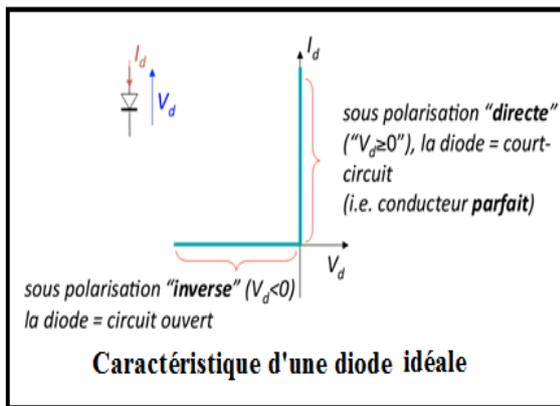
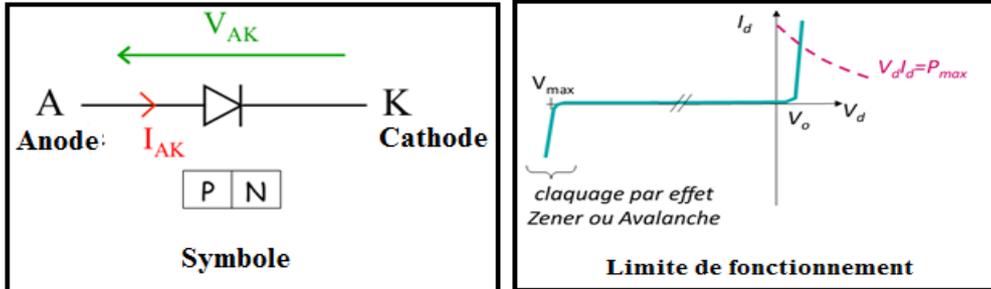
Le courant qui peut exister est le courant dû aux minoritaires.

$\Rightarrow$  plus  $E_T \nearrow$  plus la circulation des minoritaires est grande ; mais  $I_S$  reste toujours négligeable car les porteurs minoritaires sont négligeables.

$\Rightarrow I_i \simeq I_S$ : le courant en inverse  $I_i$  ne dépend pas de la polarisation.

En direct  $\Rightarrow I_D \approx I_S e^{\frac{eV_p}{kT}}$  : sens de  $V_p$  est opposé au sens de  $V_D$ .  
 En inverse  $\Rightarrow I_i \approx I_S$  ( $I_i < 0$ )

### III.3.3. Symbole et Caractéristiques d'une diode :



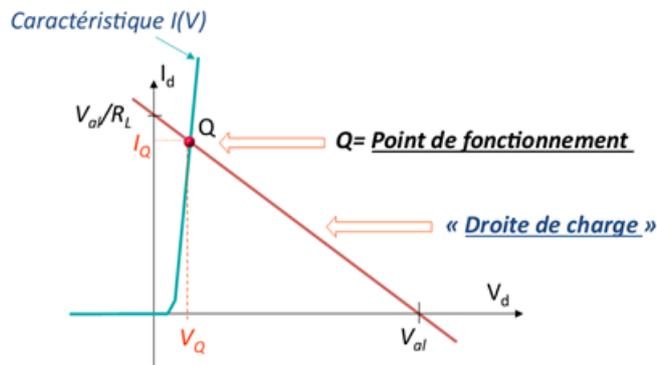
$$I_D = f(V_D) ; V_D = V_p$$

$$V_D = V_p > V_a \Rightarrow I_D \approx I_S e^{\frac{eV_D}{kT}}$$

$$V_D = V_p < V_a (< 0) \Rightarrow I_D \approx I_S \text{ et } I_D < 0$$

- **Détermination du point de fonctionnement :**

En utilisant les lois de Kirchoff appliqué au circuit considéré, on détermine ainsi l'équation de la droite de charge de la diode dans le circuit  $i_D = f(V_D)$ . Le point de fonctionnement sera donc calculé graphiquement.



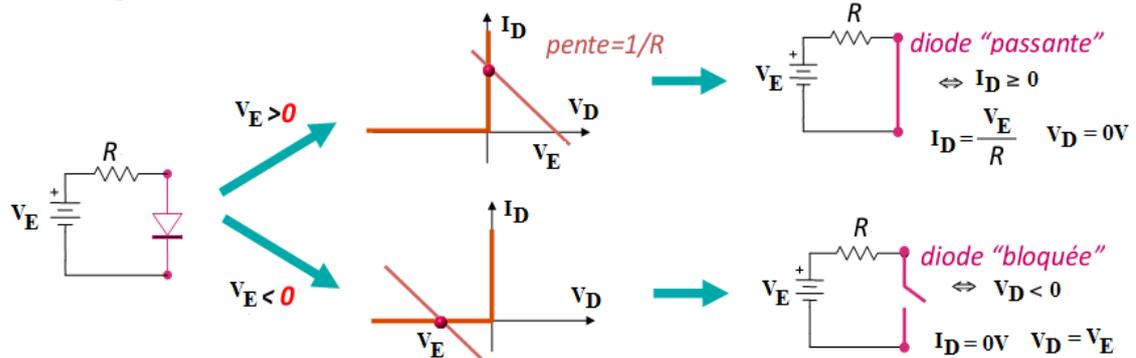
### III.4. Modèles simples d'une diode :

- Diode idéale :

Modèle simple d'une diode: Diode idéale



Schéma équivalents

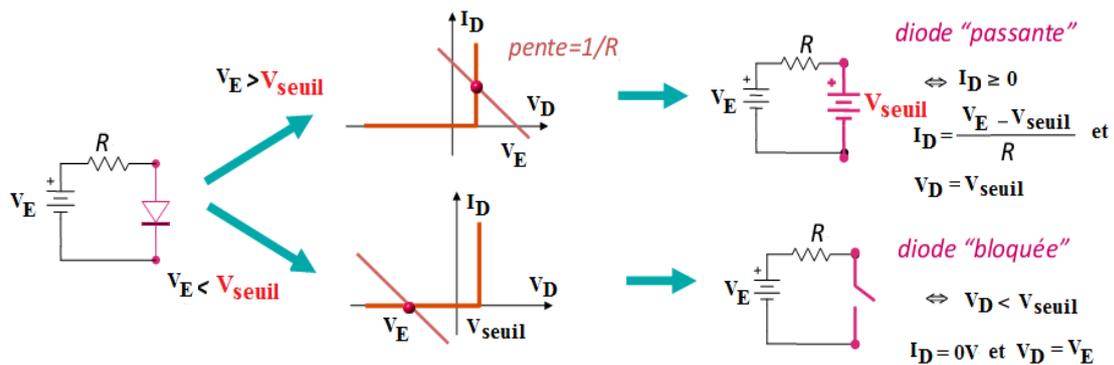


- Diode idéale avec tension de seuil :

Modèle simple d'une diode: avec tension de seuil  $V_{seuil}$



Schéma équivalents



- Diode réelle :

- Tension  $V_{seuil}$  non nulle ;
- Résistance  $R_c$  non nulle ;
- $V_D < 0$  : résistance  $R_b$  finie
- Pour une diode en (Si) :  $V_{seuil} = 0.6$  à  $0.7V$ ,  $R_c \approx$ quelque $\Omega$  et  $R_b \gg M\Omega$

Chapitre III: Jonction PN et Diodes

Modèle simple d'une diode réelle

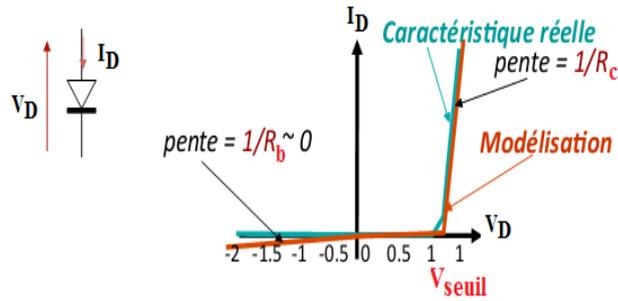
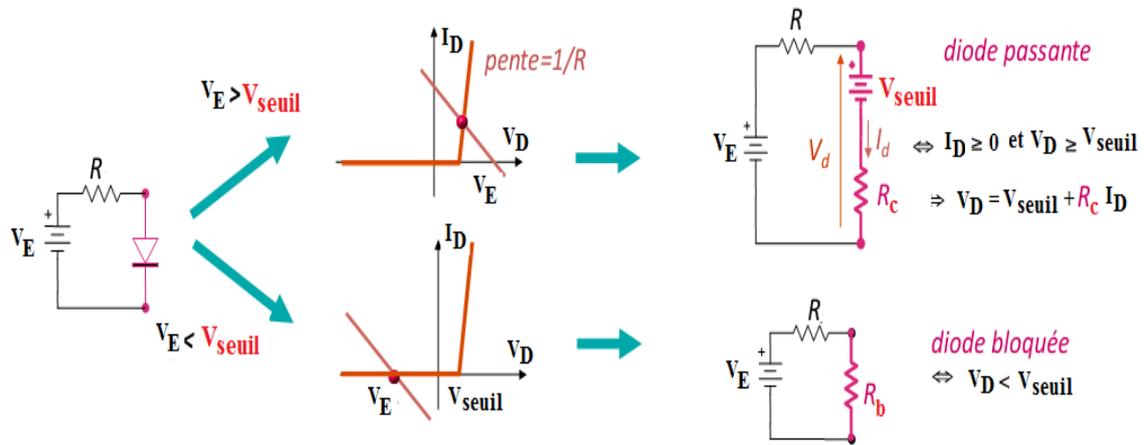
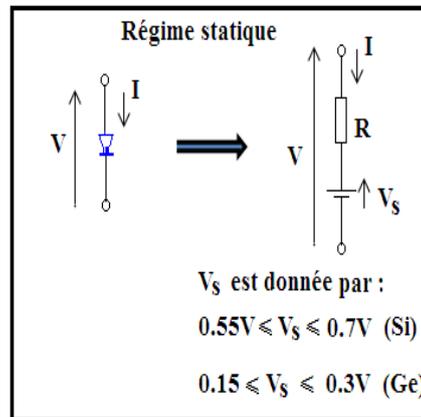
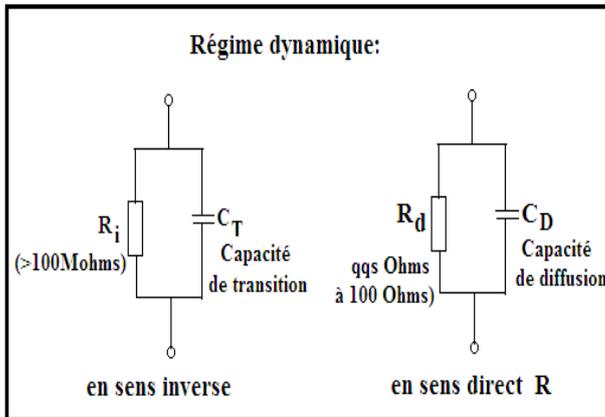


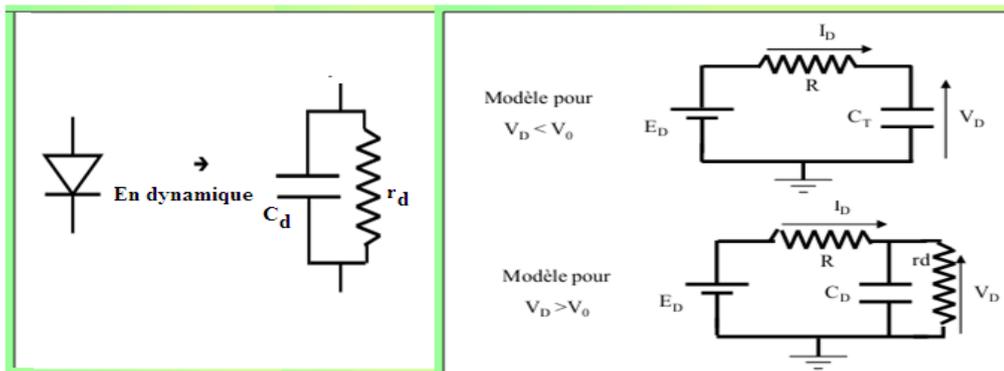
Schéma équivalents



III.5. Modèles en régime statique et dynamique

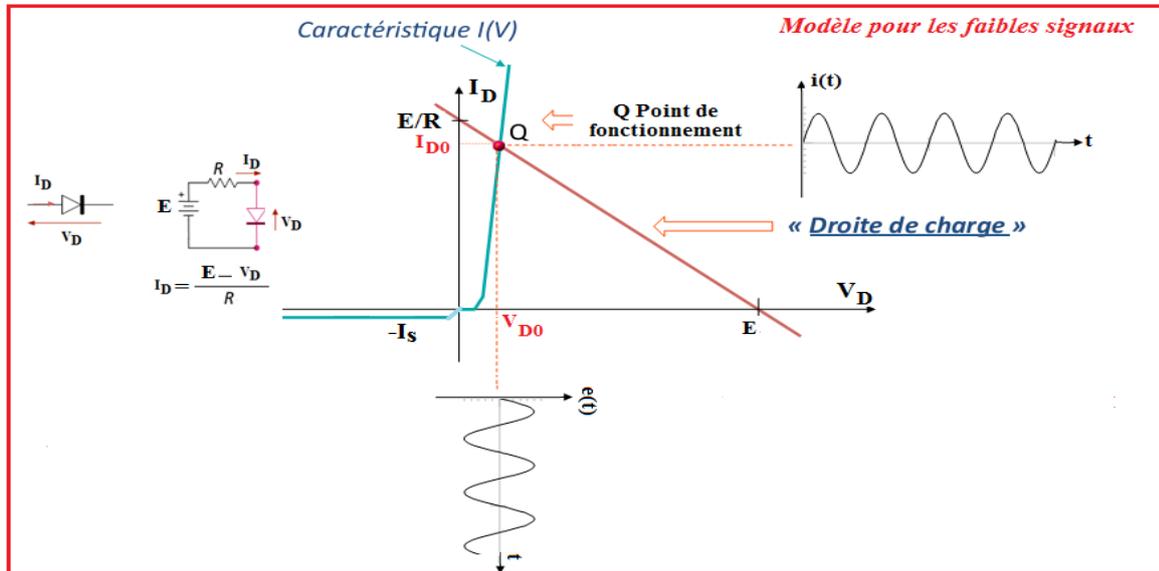


Régime dynamique



**III.5.1. Modèles pour les signaux faibles (basses fréquences) :**

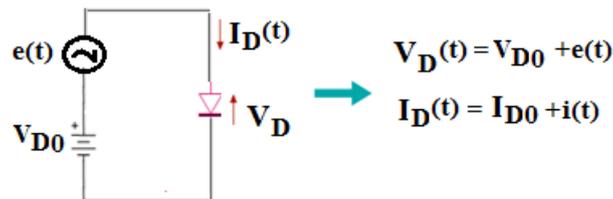
- La caractéristique est exponentielle ;
- Non linéaire mais pour des signaux faibles, le segment autour du point de fonctionnement est supposé linéaire, alors dans ce cas :



$$\begin{array}{c}
 R_d \\
 \text{A} \cdot \text{---} \cdot \text{K} \\
 \downarrow \\
 i(t)
 \end{array}
 \Rightarrow
 i(t) = \frac{e(t)}{R_d}$$

Du circuit, pour déterminer le point de fonctionnement M ( $V_{D0}$ ,  $I_D$ ) de la caractéristique et de la droite.

En régime dynamique : superposition de deux régimes :

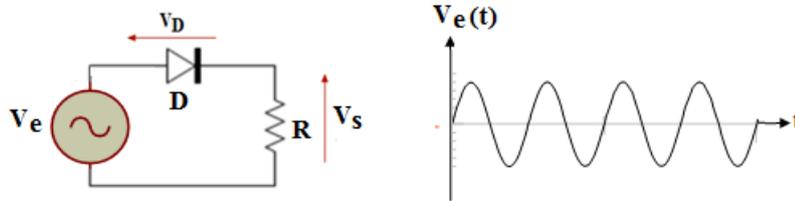


**III.5.2. Circuits redresseurs à diodes :**

**a) Simple alternance : Exemple d'application1**

On suppose que la diode est idéale.

- 1) Tracer la caractéristique de transfert  $V_s=f(V_e)$ .
- 2) Tracer  $V_D(t)$  et  $V_s(t)$ .
- 3) Trouver l'amplitude maximale de  $i_D(t)$  si  $V_{em}=10V$  et  $R=1k\Omega$ .



**Solution :**

1)

**Diode idéale**

$V_e > 0$  **D est passante**  $\rightarrow V_D = 0V$  et  $V_s = V_e$   $\rightarrow$   
 $V_e < 0$  **D est bloquée**  $\rightarrow V_D = V_e$  et  $V_s = 0V$   $\rightarrow$

**Diode avec tension de seuil  $V_{seuil}$**

$V_e > 0$  **D est passante**  $\rightarrow V_D = 0V$  et  $V_s = V_e$   $\rightarrow$   
 $V_e < 0$  **D est bloquée**  $\rightarrow V_D = V_e$  et  $V_s = 0V$   $\rightarrow$

Diode idéale  $\Rightarrow$  D est passante  $\Leftrightarrow$  C. C

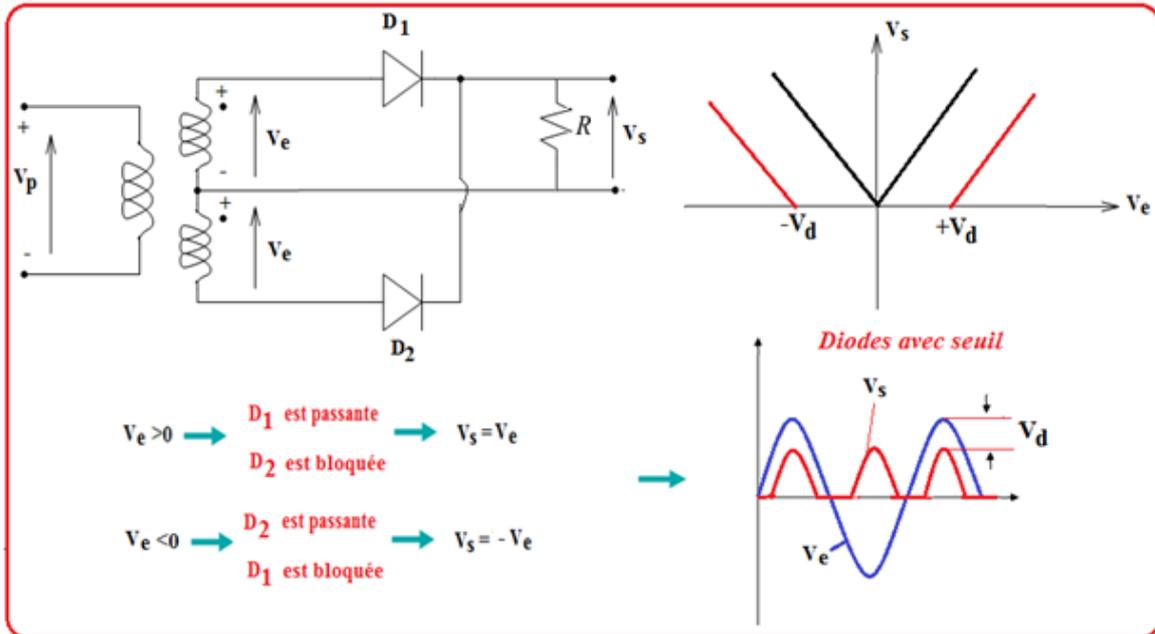
Diode idéale  $\Rightarrow$  D est Bloquée  $\Leftrightarrow$  C. 0

Si  $V_e(t) > 0 \Rightarrow$  D est passante  $\Leftrightarrow$  C. C alors  $V_D = 0 \Rightarrow V_e(t) = V_s(t)$  et  $i(t) = \frac{V_s(t)}{R}$

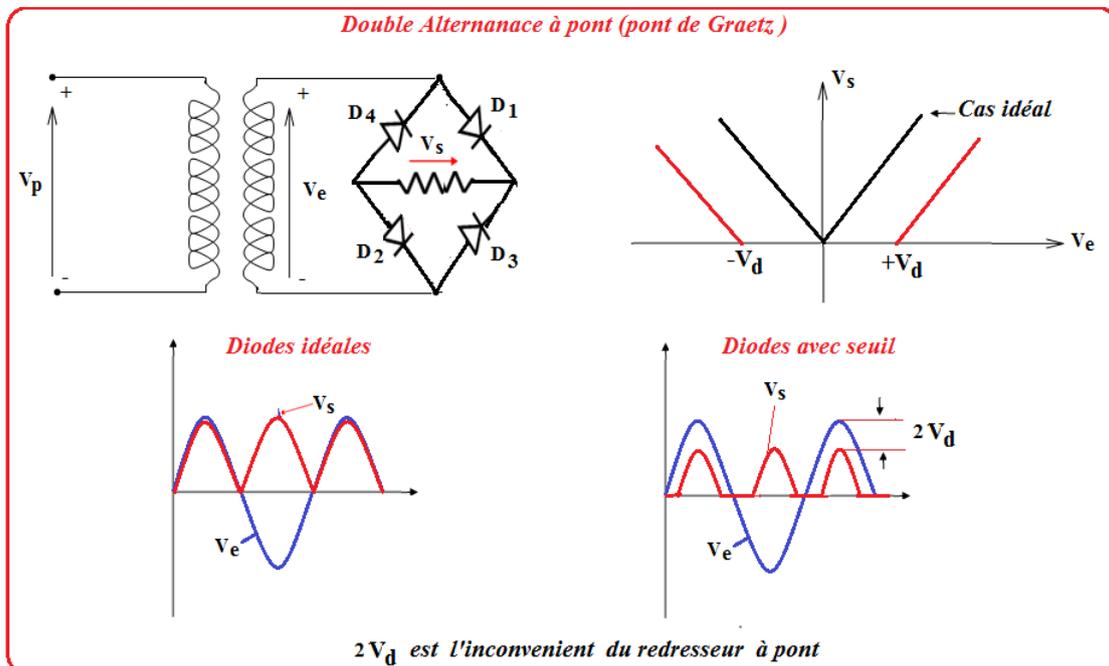
Si  $V_e(t) < 0 \Rightarrow$  D est bloquée  $\Leftrightarrow$  C. 0 alors  $i(t) = 0$  et  $V_D = V_e(t) \Rightarrow V_s(t) = 0$

$$I_{Dm} = \frac{V_{sm}}{R} = \frac{V_{em}}{R} = \frac{10}{1k} = 100mA$$

**b) Double alternance : Exemple2 :**



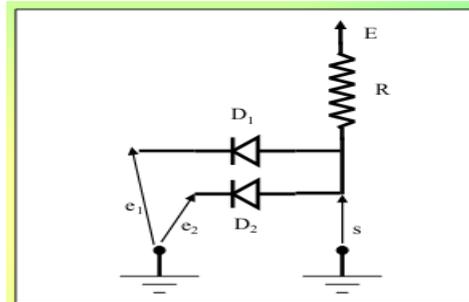
**c) Double alternance à pont : pont de Graëtz : Exemple3 :** Ce montage est représenté ci-dessous.



**d) Logiques à diodes :**

Très utilisées dans les années 1960, elles sont tombées en désuétude avec le développement des circuits intégrés, mais le principe de base subsiste notamment dans les logiques TTL qui en sont une évolution. Le principe de base est représenté sur le schéma suivant: Les tensions  $e_1$  et  $e_2$  sont des signaux logiques dont les valeurs sont  $+5\text{ V}$  et  $-5\text{ V}$ . La tension d'alimentation  $E$  est égale à  $10\text{ V}$  et la résistance  $R$  vaut  $1\text{ kW}$ . Nous allons déterminer les états possibles de la sortie afin de définir quelle est la

fonction logique ainsi réalisée. Pour ce, il faut prendre en compte quatre états possibles de entrées:



- $e_1 = e_2 = +5 \text{ V}$
- $e_1 = e_2 = -5 \text{ V}$
- $e_1 = +5 \text{ V}, e_2 = -5 \text{ V}$
- $e_1 = -5 \text{ V}, e_2 = +5 \text{ V}$

Les deux derniers cas sont identiques; nous avons donc trois cas à analyser.

1°)  $e_1 = e_2 = +5 \text{ V}$ ; les deux diodes conduisent car la tension à leurs bornes est théoriquement supérieure à  $0,6 \text{ V}$  ( $+5 \text{ V}$  sur la cathode et  $+10 \text{ V}$  sur l'anode). La tension de sortie est donc égale à la tension d'entrée décalée de  $0,6 \text{ V}$  soit:  $s = 5,6 \text{ V}$  (« 1 » logique).

2°)  $e_1 = e_2 = -5 \text{ V}$ ; les deux diodes conduisent car la tension à leurs bornes est théoriquement supérieure à  $0,6 \text{ V}$  ( $-5 \text{ V}$  sur la cathode et  $+10 \text{ V}$  sur l'anode). La tension de sortie est donc égale à la tension d'entrée décalée de  $0,6 \text{ V}$  soit:  $s = -4,4 \text{ V}$  (« 0 » logique).

3°)  $e_1 = +5 \text{ V}, e_2 = -5 \text{ V}$  où  $e_1 = -5 \text{ V}, e_2 = +5 \text{ V}$  Il va falloir, dans ce cas faire une hypothèse sur l'état des diodes. Trois cas sont possibles:

- Les deux diodes sont bloquées  $\Rightarrow$  cette hypothèse est irréaliste compte tenu de ce qui vient d'être écrit (tension  $> 0,6 \text{ V}$ ).
- Les deux diodes conduisent  $\Rightarrow$  les anodes sont communes (même potentiel) il est donc impossible que deux diodes ayant des tensions différentes sur leurs cathodes puissent être conductrices simultanément.
- L'une conduit l'autre est bloquée; c'est la seule hypothèse plausible. La diode qui conduit sera celle qui a la tension maximum à ses bornes, c'est à dire celle sur laquelle on applique la tension de  $-5 \text{ V}$ . On vérifie rapidement que la sortie vaut alors  $-4,4 \text{ V}$  ce qui correspond bien à un blocage pour l'autre. La sortie est alors au « 0 » logique.

La table de vérité qui en découle est donc :

$e_1$	$e_2$	$s$
0	0	0
1	1	1
0	1	0
1	0	0

La fonction ainsi réalisée correspond à une fonction « et ».

$$s = e_1 \text{ et } e_2 = e_1 * e_2$$

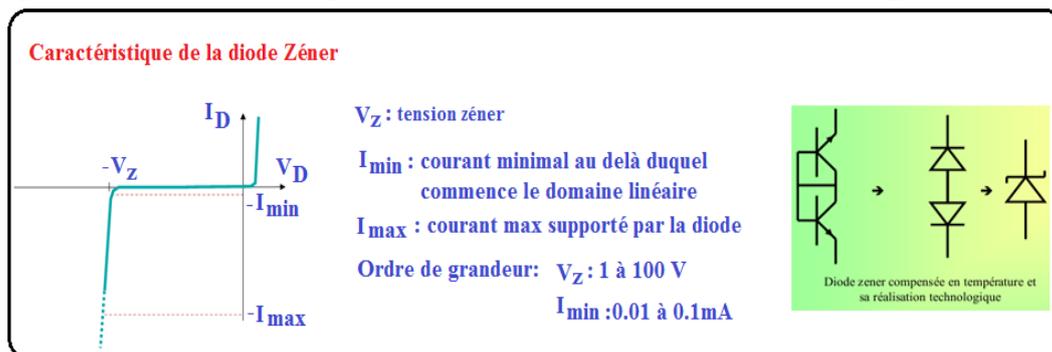
### III.6. Diodes pour applications spéciales

La jonction PN a des propriétés supplémentaires qui sont utiles. Avec une polarisation inverse, la jonction a une capacité qui peut être commandée par une tension externe. La jonction PN est également photosensible. En outre, la tension inverse de rupture peut être utilisée dans le cas des diodes de références.

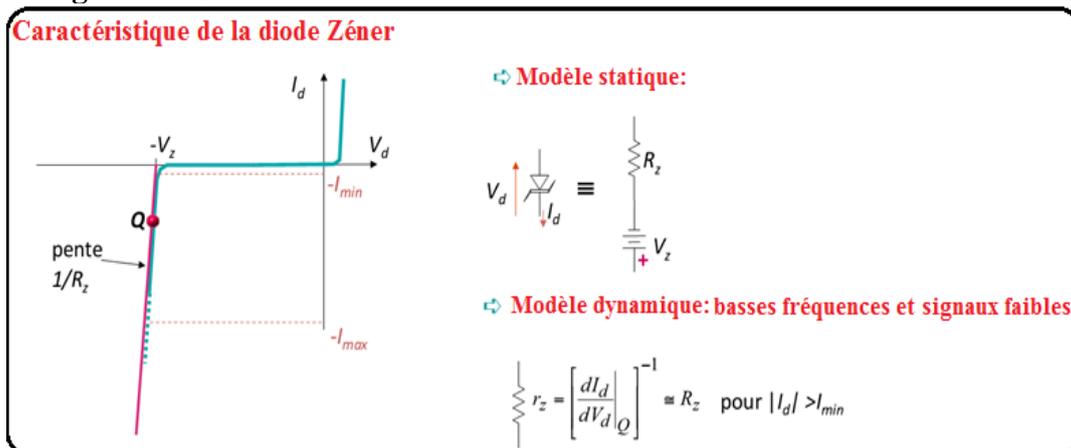
### III.6.1. La diode Zéner :

On l'appelle aussi « diode de référence de tension ». Ce sont des diodes au silicium construites pour avoir une tension inverse de rupture donnée. Quand le courant d'avalanche circule, la tension aux bornes de la diode reste constante. Cette caractéristique permet de l'utiliser comme régulateur de tension. En montant plusieurs diodes en série, on augmente la valeur de tension. La diode de zéner est conçue pour fonctionner dans la zone de claquage inverse, caractérisée par une tension de seuil négative qu'on appelle 'tension Zéner'  $V_Z$ .

- Lors de l'étude du claquage des diodes, nous avons montré qu'au voisinage de la tension de claquage, la tension augmentait très rapidement pour de très faibles variations de tension. On dispose alors d'une quasi référence de tension à la condition de contrôler le phénomène afin d'éviter un emballement thermique qui serait destructif pour le composant. Ce phénomène est de très bonne qualité pour des dopages correspondant à des tensions de claquage situées entre 5 et 6 V. De plus, on associe souvent une diode en direct avec une diode « zéner ». Ceci présente un avantage important car l'effet zéner présente un coefficient de température positif alors que pour une diode en direct, le coefficient de température est négatif. On a donc des dispositifs parfaitement stables en température. Il suffira pour ceci de réaliser deux jonctions en série. La figure suivante montre la réalisation de ce dispositif.



- **Régime de fonctionnement :**



Les fiches techniques donnent la tension  $V_z$  en fonction du courant  $I_z$ .

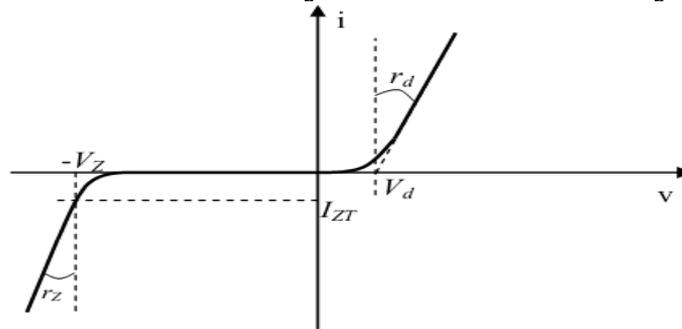
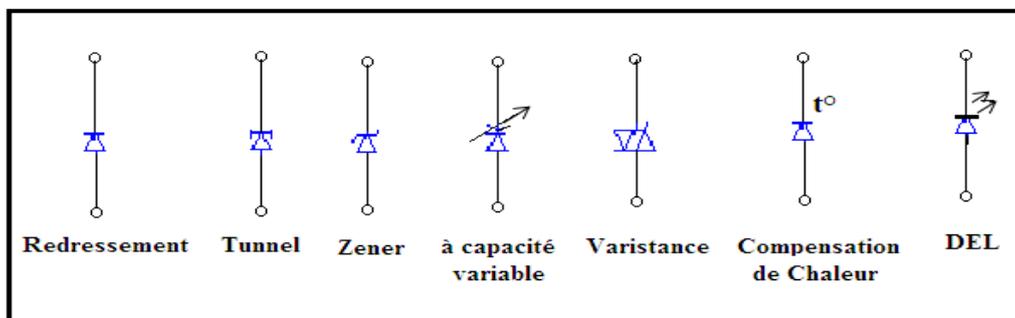


Fig. Caractéristique I-V d'une diode zener (modèle linéaire).

La diode zener en 3<sup>ème</sup> approximation : Exemple : (voir TD)

### III.6.2. Autre diodes:



#### a) Diodes Tunnel :

Un dopage important pouvait créer un effet tunnel des porteurs de charge à travers la zone de déplétion à la jonction. Une particularité importante est d'avoir une résistance négative dans une gamme donnée de tensions directes. Le courant qui traverse une résistance négative diminue quand on augmente la tension appliquée. Grâce à cette caractéristique, la diode tunnel peut fonctionner comme amplificateur ou comme oscillateur (en hyperfréquence).

#### b) Diodes compensatrices :

Elles sont utilisées pour stabiliser les circuits à transistors.

#### c) Varistances :

Elle se compose de deux jonctions à polarités opposées. Elle sert souvent de shunt au collecteur qu'il protège contre les aiguilles de tensions négativement ou positivement excessives.

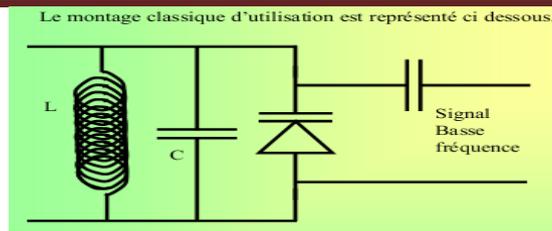
#### d) La diode « Varicap » :

Les diodes de type « Varicap » (diodes à capacité variable) sont des diodes conçues pour amplifier fortement la variation de capacité en fonction de la tension inverse appliquée. Elles sont donc basées sur la variation de la dimension de charge d'espace en fonction de la tension appliquée. Pour amplifier le phénomène, on utilise des dopages dont le profil est tel que la dimension varie de façon maximale pour une variation de tension donnée. Ces profils varient généralement suivant des fonctions du type hyperboliques. On parle de jonctions hyper-abruptes.

Ces dispositifs sont souvent utilisés pour piloter des oscillateurs dont on fait dériver la fréquence, au rythme d'un signal basse fréquence, autour d'une fréquence centrale (modulation de fréquence). Une de leurs applications est l'accord électronique des téléviseurs.

La représentation symbolique est montrée ci-contre.

Chapitre III: Jonction PN et Diodes



e) **Photodiodes :**

Elles sont réalisées à partir de matériaux photosensibles comme le sulfure de Cadmium (CdS), dont la résistance diminue quand la lumière augmente. Application : commande d'éclairage, transmission à filtres optiques.

f) **Diodes électroluminescentes (DEL) :**

La plupart des jonctions PN rayonnant une certaine quantité de lumière due à l'énergie libérée par la recombinaison des charges. La lumière est émise quand on applique une tension continue directe.

III.7. Autres applications spéciales

1) **Filtrage :**

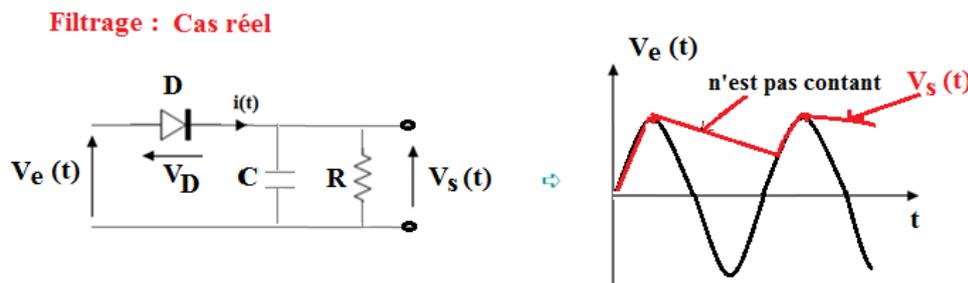
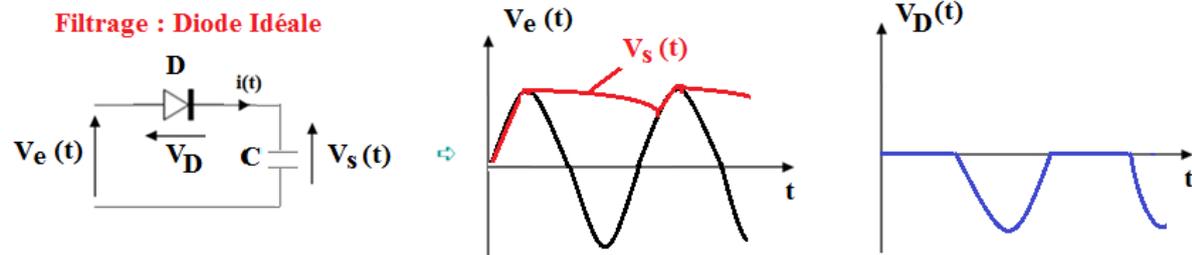
Cette application a pour but de protéger les circuits sensibles (circuits intégrés, amplificateur à grand gain,...) contre une tension d'entrée trop élevée ou d'une polarité donnée.

**Clipping parallèle: diode // charge**

**Caractéristique de la diode**

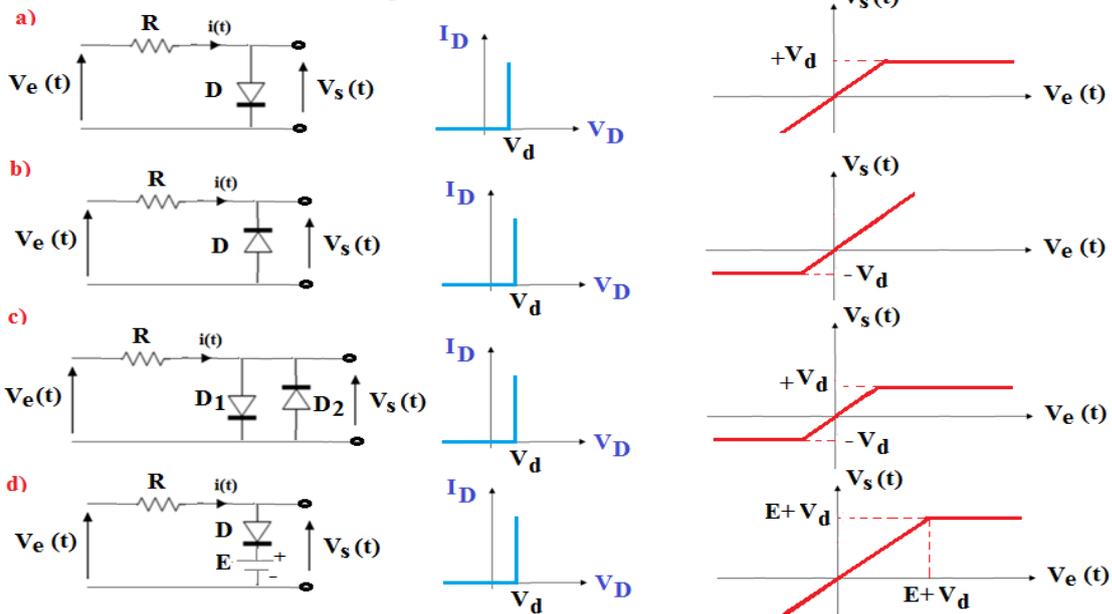
**Clipping série: diode en série avec la charge**

**Exemple d'application1 :**



2) Ecrêtage :

2) Ecrêtage: Diode avec seuil  $V_d$

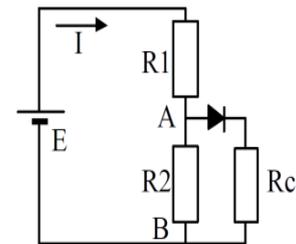


**Activité globale1:**

Calculer le courant I dans les 03 cas suivants :

( $E = 12V$   $R_1 = 6k \Omega$   $R_2 = 3k \Omega$   $R_C = 1k \Omega$   $R_d = 100 \Omega$ )

1. la diode est idéale
2. la diode est avec seuil (tension seuil = 0.7v)
2. la diode est avec seuil et résistance  $R_d$ .

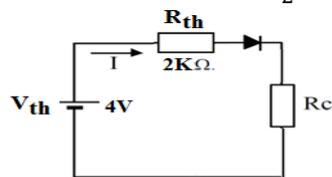


**Solution:**

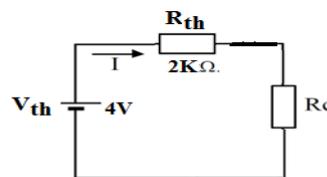
On remplace le circuit vue entre A et B par son équivalent de Thévenin:

$$\Rightarrow \text{Diviseur de tension} \Rightarrow V_{th} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} E = \frac{3k}{3k + 6k} 12 = 4V$$

$$\Rightarrow R_{th} = \frac{R_1 * R_2}{R_2 + R_1} = \frac{6K * 3k}{3k + 6k} = 2k\Omega$$

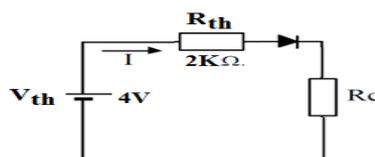


Circuit équivalent de Thévenin

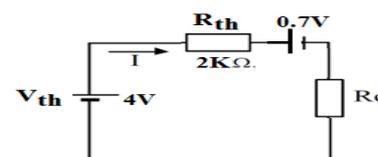


Diode idéale

$$\text{Diode idéale} \Rightarrow I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_c} = \frac{4}{2k + 1k} = 1.33mA$$

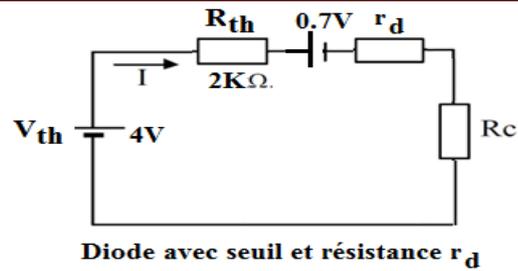
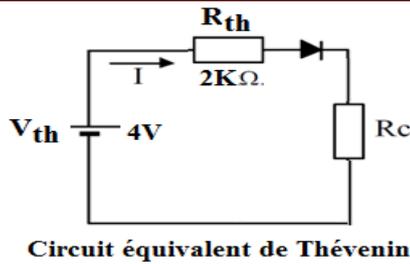


Circuit équivalent de Thévenin



Diode avec seuil

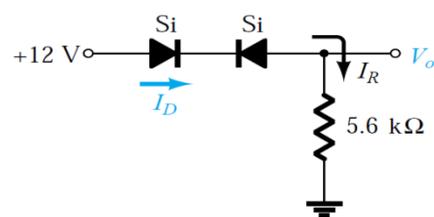
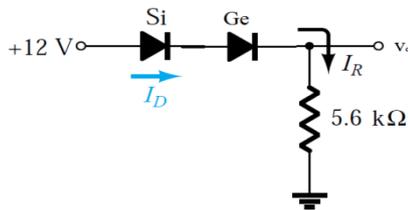
$$\text{Diode avec seuil} \Rightarrow I = \frac{(V_{th} - 0.7V)}{R_{th} + R_c} = \frac{(4 - 0.7)}{2k + 1k} = 1.11mA$$



$$\text{Diode avec seuil et résistance } r_d \Rightarrow I = \frac{(V_{th} - 0.7V)}{R_{th} + R_c + r_d} = \frac{(4 - 0.7)}{2k + 1k + 100} = 1.05mA$$

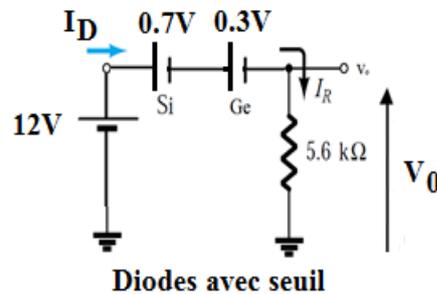
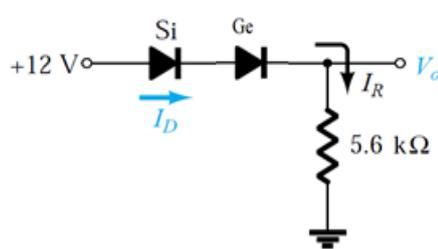
**Activité globale2 :**

Trouver la valeur de la tension  $V_0$  et le courant  $I_D$  des circuits suivants (en supposant les diodes avec seuil):



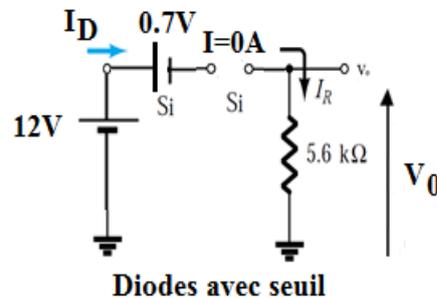
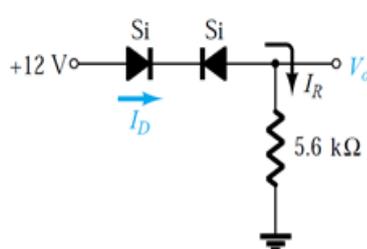
**Solution:**

La valeur de la tension  $V_0$  et le courant  $I_D$  avec les diodes avec seuil :



$$\text{Diodes avec seuil } \Rightarrow V_0 = E - V_{seuil1} - V_{seuil2} = 12V - 0.7V - 0.3V = 11V$$

$$\Rightarrow I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_0}{R} = \frac{(11)}{5.6k\Omega} \approx 1.96mA$$



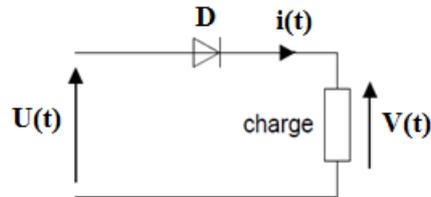
$$\text{Diodes avec seuil } \Rightarrow V_0 = R * I_R = R * I_D = (0A) * R = 0V$$

$$\Rightarrow V_D = V_{\text{Circuit-ouvert}} = E = 12V$$

**Activité globale 3 :**

La tension est sinusoïdale alternative. D est une diode supposée parfaite (tension de seuil nulle). La charge est une résistance R.

1. Quel est l'état de la diode quand  $u > 0$  ? En déduire la relation entre V et u.
2. Quel est l'état de la diode quand  $u < 0$  ? En déduire la tension V.
3. Tracer u et V en fonction du temps.



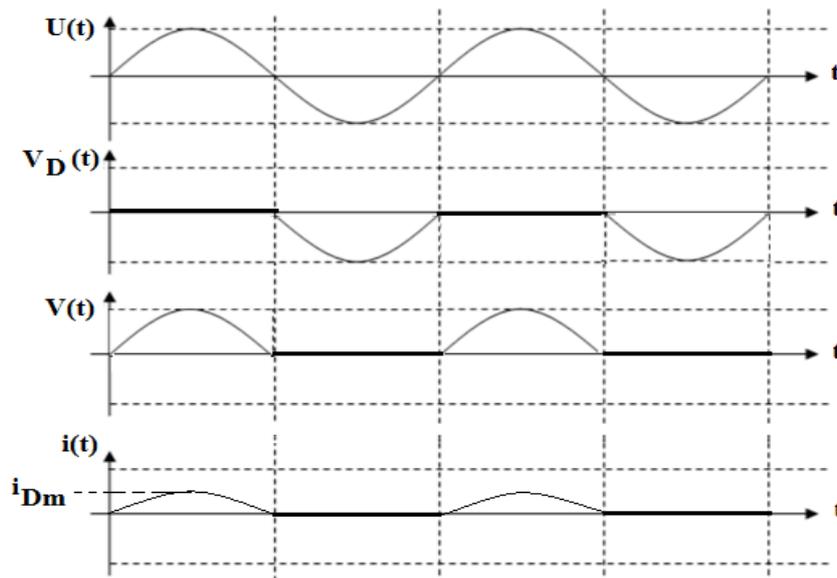
**Solution:**

Diode idéale  $\Rightarrow$  D est passante  $\Leftrightarrow$  C.C

Diode idéale  $\Rightarrow$  D est Bloquée  $\Leftrightarrow$  C.O

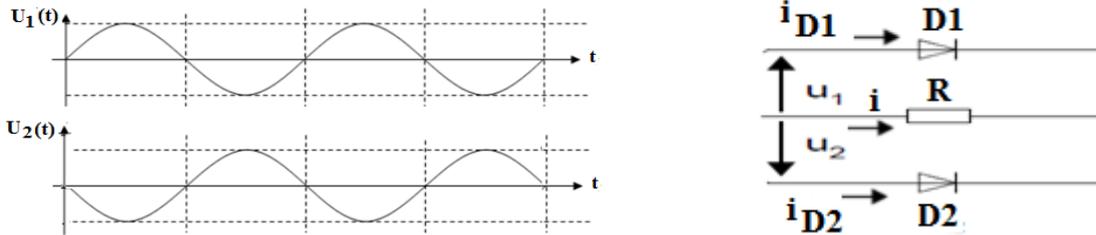
Si  $U(t) > 0 \Rightarrow$  D est passante  $\Leftrightarrow$  C.C alors  $V_D = 0 \Rightarrow V(t) = U(t)$  et  $i(t) = \frac{U(t)}{R}$

Si  $U(t) < 0 \Rightarrow$  D est bloquée  $\Leftrightarrow$  C.O alors  $i(t) = 0$  et  $V_D = U(t) \Rightarrow V(t) = 0$



**Activité globale 5:**

On suppose que la tension seuil des diodes est nulle.  $U_1(t)$  est une fonction sinusoïdale.  $U_1(t) = -U_2(t)$ .



1. Quel est l'état des diodes quand  $U_1(t) > 0$  ?  $U_1(t) < 0$  ?
2. Représenter les variations en fonction du temps des courants  $i_{D1}$ ,  $i_{D2}$  et  $i$  (courant traversant R).

**Solution:**

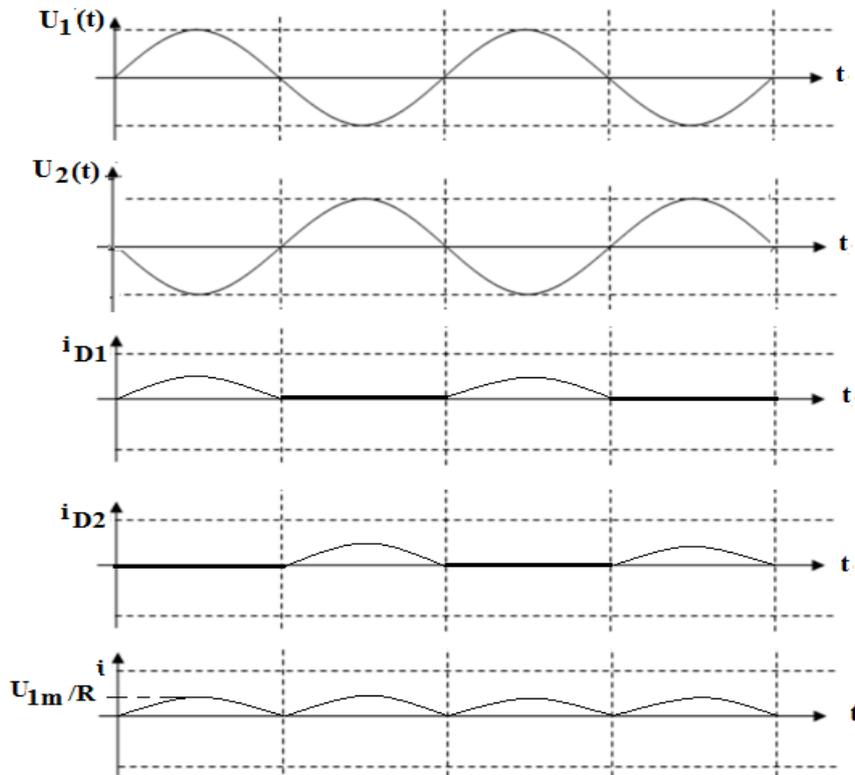
On a :  $U_1(t) = -U_2(t)$

Si  $U_1(t) > 0 \Rightarrow D_1$  est passante  $\Leftrightarrow C.C$  et  $D_2$  est bloquée  $\Leftrightarrow C.0$

donc  $\Rightarrow i_{D1} = \frac{U_1(t)}{R} = i_R = i$

Si  $U_1(t) < 0 \Rightarrow D_1$  est bloquée  $\Leftrightarrow C.0$  et  $D_2$  est passante  $\Leftrightarrow C.C$

donc  $\Rightarrow i_{D2} = \frac{-U_1(t)}{R} = i_R = i$



**Activité globale 6 :**

On considère le montage de la figure 1. La diode Zéner est supposée idéale. Sa caractéristique en *montage inverse* est donnée en figure 2.

1. Préciser si la diode Zéner est passante ou non, dans les parties a) et b) de la caractéristique.
2. Dans le cas où la diode Zéner est non passante elle est remplacée par un interrupteur ouvert. En déduire dans cette hypothèse, la relation entre  $U_c$  et  $U_e$ .
3. Préciser la valeur de  $U_c$  quand la diode est passante.

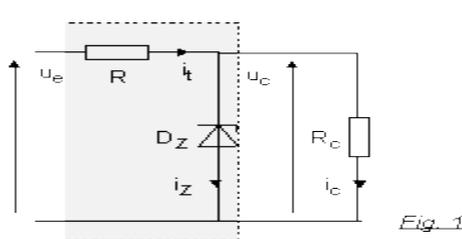


Fig. 1

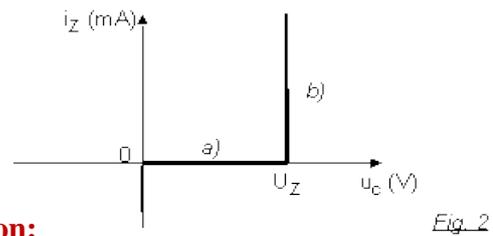
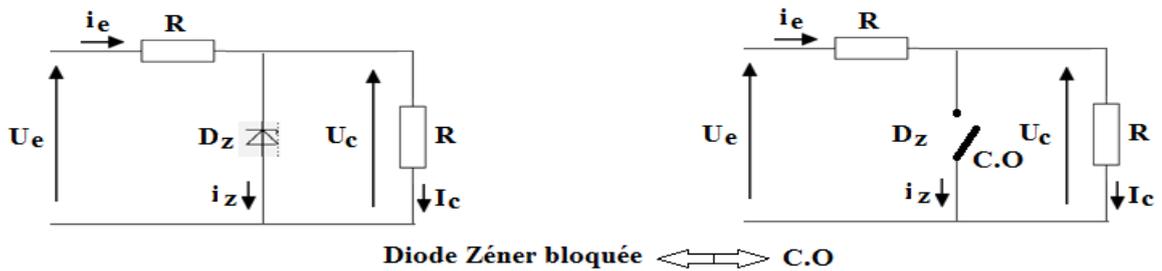


Fig. 2

**Solution:**

- 1) La diode zéner est passante si  $U_c = U_Z$ , ce qui correspond à la partie (b) de la caractéristique.
- 2) La diode zéner est bloquée : alors le schéma ci-contre montre que  $U_e$ , R et  $R_C$  forment un diviseur de tension d'où :



$$\text{donc} \Rightarrow U_c = \frac{R_C}{R_C + R} U_e$$

- 3) La diode zéner est passante si  $U_c = U_Z$ ,

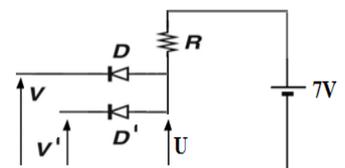
**Activité globale 6:**

On étudie Le circuit ci-dessous en supposant les diodes D et D' idéales.

- a) Trouver la valeur de la tension U si :

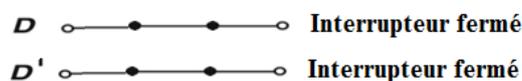
1.  $V = V'$
2.  $V = 7V$  et  $V' = 0V$
3.  $V = V' = 7V$
4.  $V = V' = 10V$

- b) Représenter dans chaque cas l'état de la diode par un interrupteur.



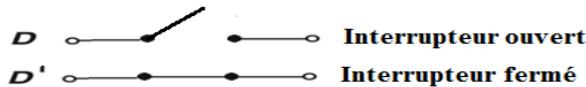
**Solution:**

- 1)  $U_A > U_K$  D et D' conduisent.  
 $U = V' = 0V$

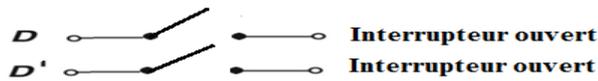


- 2)  $V = 7V$  (D bloquée  $U_K > U_A$ )

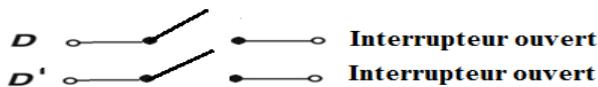
$V'=0V$  ( $D'$  conduit  $U_{A'} > U_{K'}$ )  
 $U=V'=0V$



3)  $V=V'=7V$  ( $D$  et  $D'$  bloquées  $U_K > U_A$  et  $U_{K'} > U_{A'}$ )  
 Pas de circulation de  $I$  ( $I=0A$ )  
 $U=7+Ri=7+R(0)=7V$



4)  $V=V'=10V$  ( $D$  et  $D'$  bloquées  $U_K > U_A$  et  $U_{K'} > U_{A'}$ )  
 Pas de circulation de  $I$  ( $I=0A$ )  
 $U=7+Ri=7+R(0)=7V$

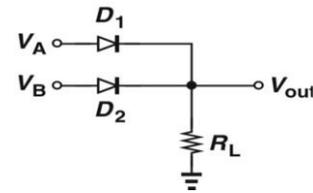


**Activité locale 7 : Porte logique réalisée par des diodes :**

Envisager les différents cas possibles en entrée et en sortie ( $V_A$  et  $V_B$  entrées logiques (Etat logique '1'=5V, Etat logique '0'=0V et  $V_{OUT}$  est sortie logique)).

Dresser une table de vérité et

Déduire le type de porte logique réalisée par ce circuit.



**Solution:**

- Si  $D_1$  est passante et  $D_2$  bloquée alors  $V_{out}=V_A$  et donc  $V_{out}=1$  logique
- Si  $D_2$  est passante et  $D_1$  bloquée alors  $V_{out}=V_B$  et donc  $V_{out}=1$  logique
- Si  $D_1$  et  $D_2$  sont bloquées alors  $V_{out}=0$  et donc  $V_{out}=0$  logique
- Si  $D_1$  et  $D_2$  sont passantes alors  $V_{out}=V_A$  ou  $V_B$  et donc  $V_{out}=1$  logique

Donc cette porte logique réalisée par ce circuit est la porte 'OU' ou 'OR' à deux variables.

**NB : Le OU (OR)** est un opérateur binaire (deux variables) a pour rôle de réaliser la somme logique entre deux Variables logiques.

- Le OU fait la disjonction entre deux variables.
- Le OU est défini par  $F(A,B)=A+B$

( il ne faut pas confondre avec la somme arithmétique )

$V_A$	$V_B$	$V_{out}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$V_A$	$V_B$	$V_{out}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

*Bonne compréhension*