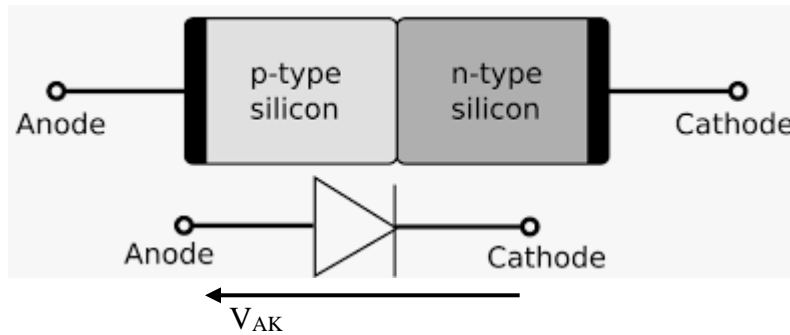


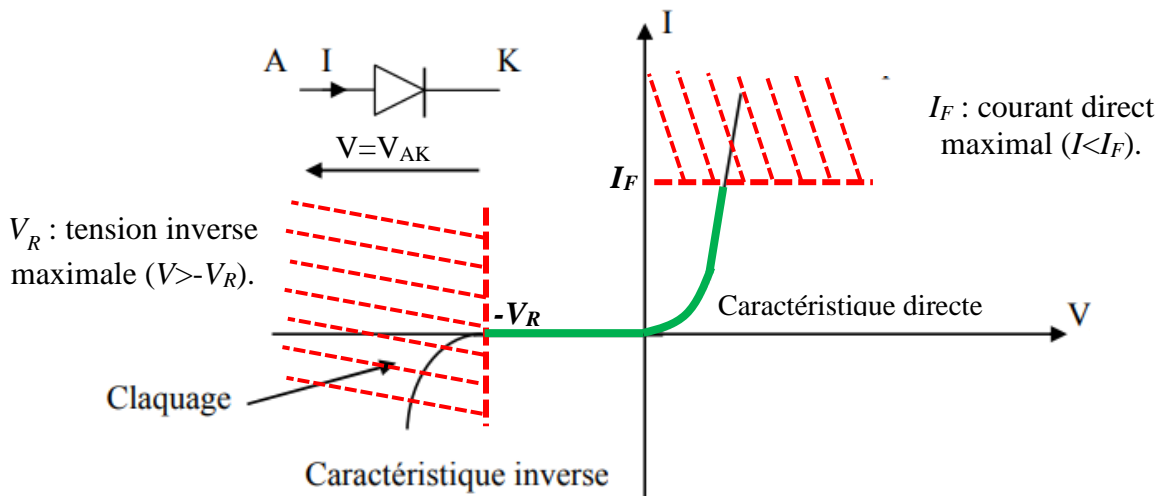
3.1. Jonction PN

3.1.1. Définition

Une jonction p-n correspond à la juxtaposition de deux matériaux semiconducteurs (silicium, germanium, Arséniure de gallium, ...etc.) de type p et de type n.



3.1.2. Caractéristique courant-tension



- En polarisation directe, la tension appliquée ($V > 0$) permet le passage d'un courant électrique de l'anode vers la cathode appelé courant direct.
- En polarisation inverse, la tension appliquée ($V < 0$) empêche le passage du courant. Le courant inverse est pratiquement nul.

La relation entre le courant I et la tension V est donnée par :

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{V}{nV_t}\right) - 1 \right)$$

I_s : courant de saturation,

n : facteur d'idéalité,

V_t : tension thermique. $V_t = \frac{k_B T}{q}$.

k_B : constante de Boltzmann,

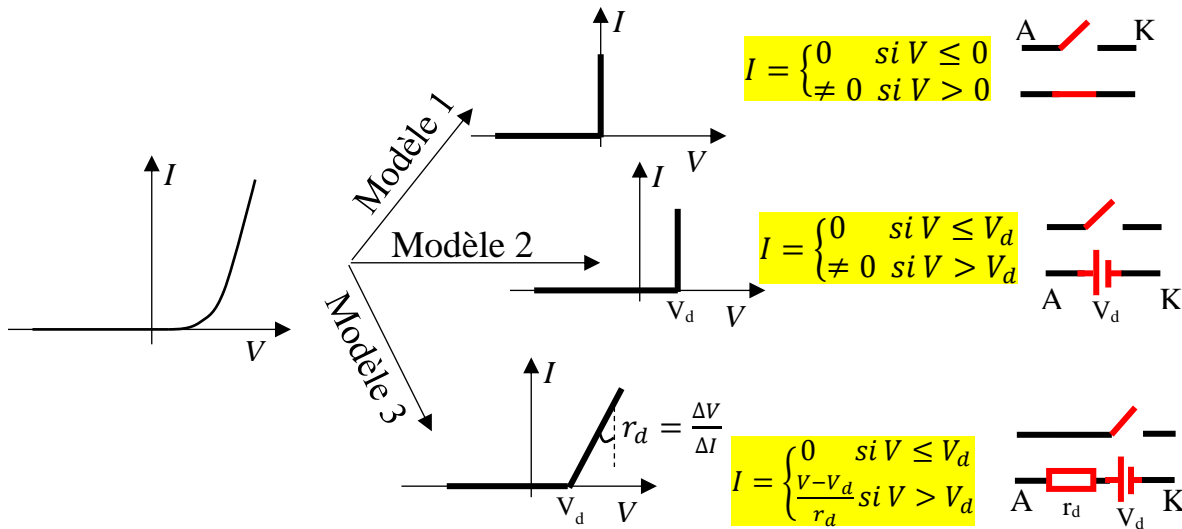
T : température absolue en kelvin.

q : charge de l'électron.

3.2. Schémas équivalents (modèles linéaires)

La représentation de la diode par sa loi logarithmique est un peu complexe pour un calcul analytique. Pour simplifier l'analyse des circuits à diodes, plusieurs schémas équivalents simplifiés peuvent être employés :

- Modèle 1 : diode idéale ($r_d=0$ et $V_d=0$),
- Modèle 2 : diode parfaite ($r_d=0$ et $V_d \neq 0$),
- Modèle 3 : diode réelle ($r_d \neq 0$ et $V_d \neq 0$).

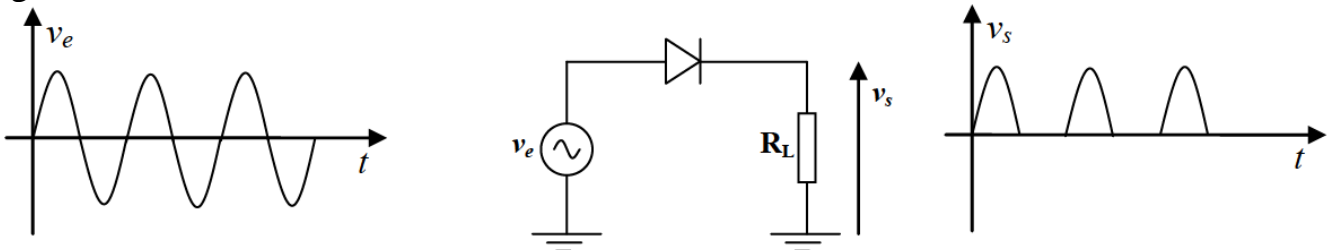


3.3. Les applications des diodes :

3.3.1. Redressement simple et double alternance.

a) Redresseur simple alternance :

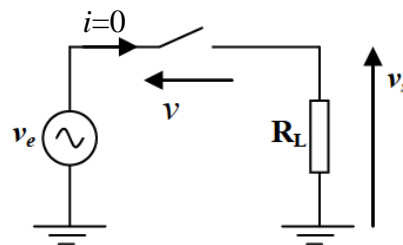
Il admet l'alternance positive et annule l'alternance négative. Une simple diode en série avec la charge suffit à réaliser cette fonction.



Pour déterminer la tension de sortie, on commence par calculer la tension de Thévenin aux bornes de la diode $v = E_{TH}$.

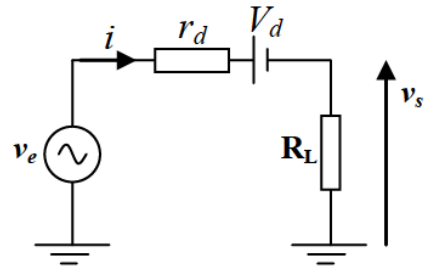
$$v_e - v - R_L i = 0 \Rightarrow v = v_e.$$

$$\begin{cases} v = v_e \leq V_d \Rightarrow \text{diode bloquée} \\ v = v_e > V_d \Rightarrow \text{diode passante} \end{cases}$$

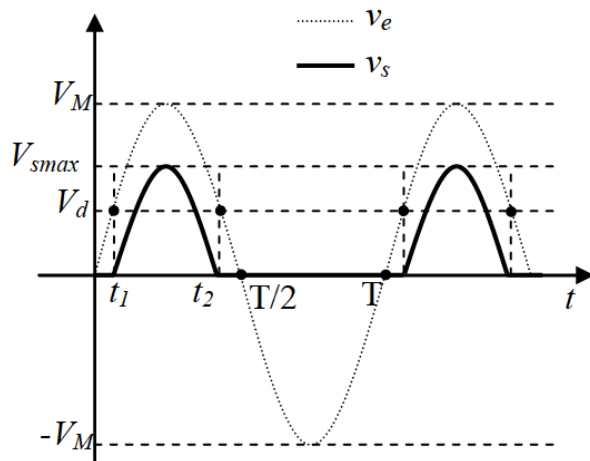


- $v_e \leq V_d$ (diode bloquée) :
 $v_s = R_L i = 0$.
- $v_e > V_d$ (diode passante) :

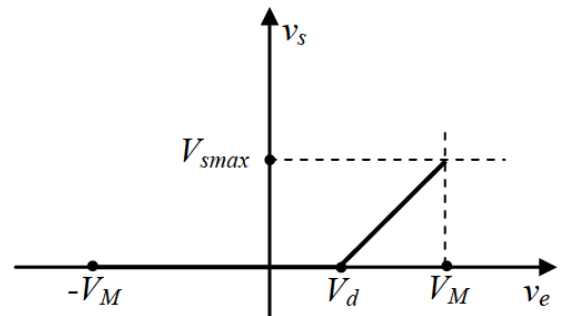
$$v_s = \frac{R_L}{R_L + r_d} (v_e - V_d) \text{ , diviseur de tension.}$$



Tracés de $v_s(t)$ et $v_e(t)$

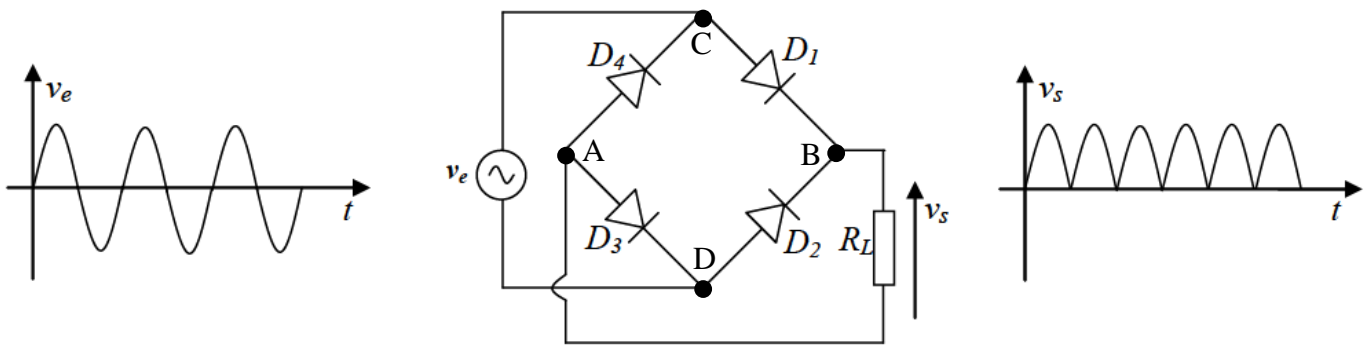


Caractéristique de transfert $v_s=f(v_e)$

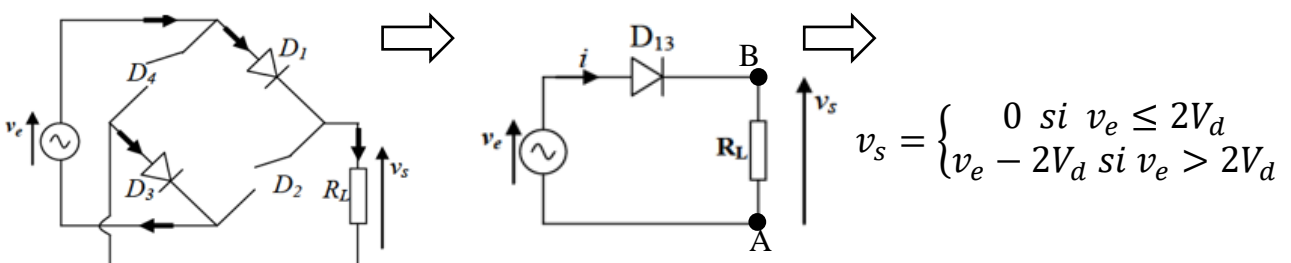


b) Redresseur double alternance : Le montage en pont de Graëtz

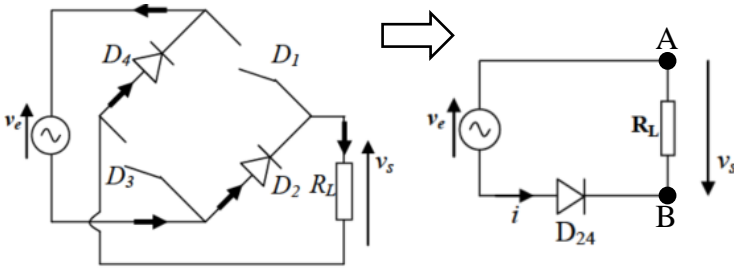
Lors de l'alternance positive de la tension d'entrée v_e , seules les diodes D_1 et D_3 , ayant une tension d'anode supérieure à V_d , conduisent. Les diodes D_2 et D_4 sont bloquées. Pour l'alternance négative, ce sont les diodes D_2 et D_4 qui conduisent



- Lors de l'alternance positive ($v_e \geq 0$) de la tension d'entrée, les diodes D_2 et D_4 se bloquent et le circuit se simplifie comme représenté à la figure ci-dessous.

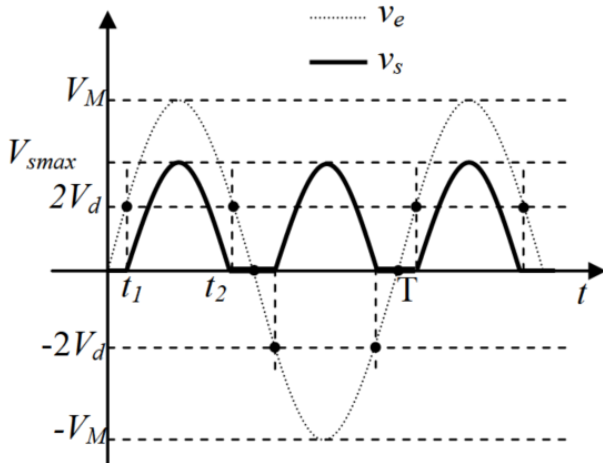


- Lors de l'alternance négative ($v_e \leq 0$) de la tension d'entrée, les diodes D_1 et D_3 se bloquent et le circuit se simplifie comme représenté à la figure ci-dessous.

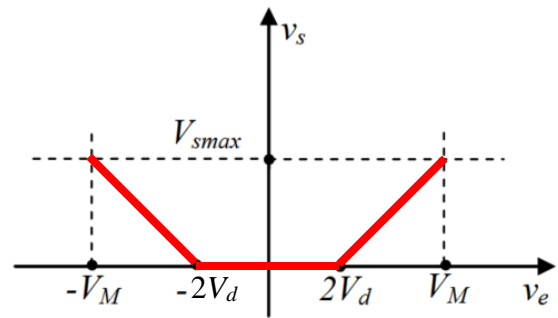


$$v_s = \begin{cases} 0 & \text{si } v_e \geq -2V_d \\ v_e + 2V_d & \text{si } v_e < -2V_d \end{cases}$$

Tracés de $v_s(t)$ et $v_e(t)$



Caractéristique de transfert $v_s=f(v_e)$



c) Valeur moyenne et valeur efficace de la tension de sortie :

Valeur moyenne : la valeur moyenne d'une fonction périodique est donnée par:

$$\langle v_s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T v_s(t) dt$$

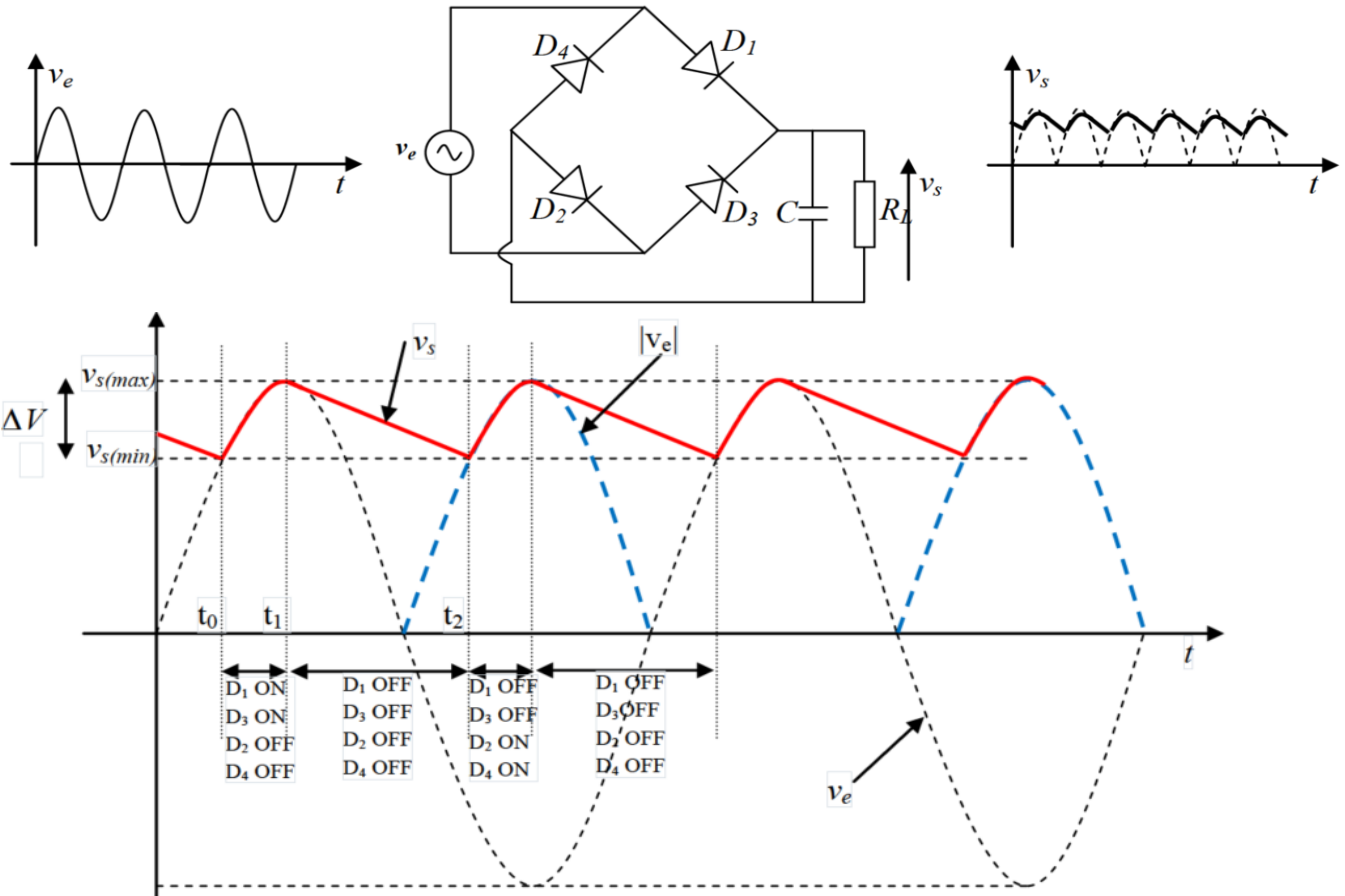
Valeur efficace : la valeur efficace d'une fonction périodique est donnée par:

$$v_{s(eff)} = \left(\frac{1}{T} \int_0^T v_s^2(t) dt \right)^{1/2}$$

- Redressement simple alternance :
 si $r_d=0$ et $V_d=0$ alors : $\langle v_s \rangle = \frac{V_M}{\pi}$
 si $r_d=0$ et $V_d=0$ alors : $v_{s(efficace)} = \frac{V_M}{2}$
- Redressement double alternance :
 si $r_d=0$ et $V_d=0$ alors : $\langle v_s \rangle = 2 \frac{V_M}{\pi}$
 si $r_d=0$ et $V_d=0$ alors : $v_{s(efficace)} = \frac{V_M}{\sqrt{2}}$

d) Redressement et filtrage :

Une tension redressée (simple ou double alternance) a toujours le même signe mais elle possède une grande ondulation (v_s varie de 0 à la valeur de crête). Pour atténuer cette ondulation, on utilise un filtre RC.



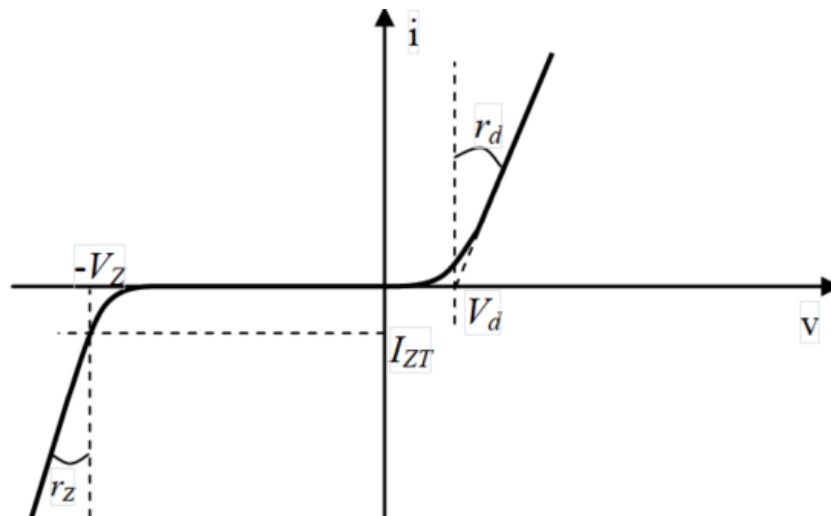
On peut utiliser l'équation de décharge d'un condensateur et la condition $RC \gg T$ et montrer que l'ondulation peut être écrite sous la forme :

$$\Delta V = \frac{T v_s(\max)}{2R_L C} = \frac{v_s(\max)}{2f R_L C} = \frac{I_s(\max)}{2f C}$$

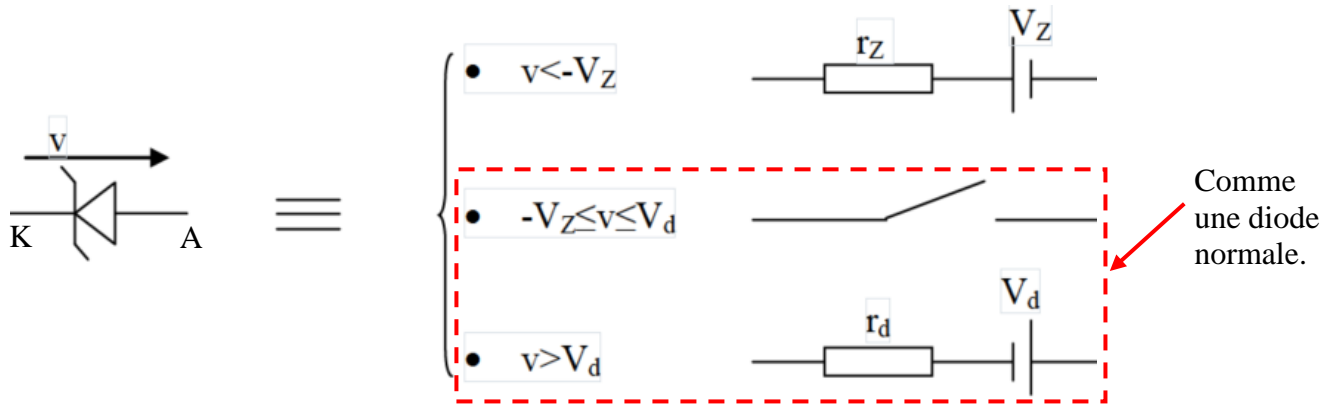
Pour diminuer l'ondulation ΔV , on peut soit augmenter la capacité C ou augmenter la fréquence f (principe des alimentations à découpage : **switched-mode power supply (SMPS)**).

3.3.2. Stabilisation de la tension par la diode Zener.

La diode Zener est une diode que le constructeur a optée pour opérer dans la zone de claquage. La diode Zener au claquage présente un coude de tension inverse très net, suivi d'une croissance verticale du courant. La tension est presque constante, c'est la tension Zener V_Z .



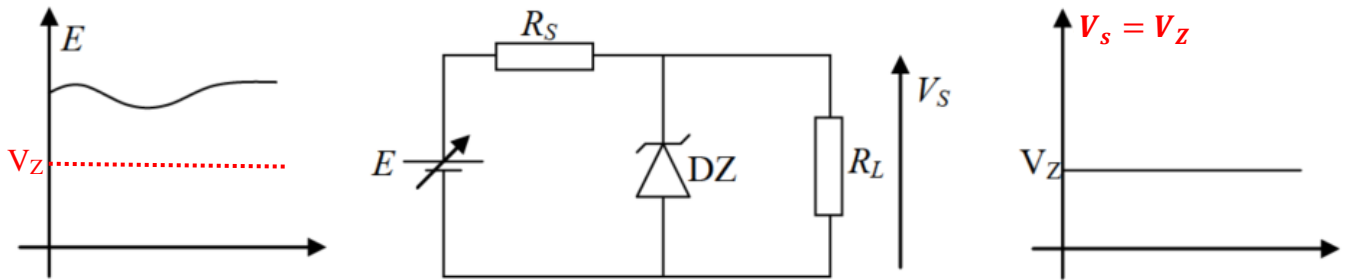
Symbole et modèle linéaire d'une diode Zener :



Pour une diode Zener idéale : $r_d=0$, $V_d=0$ et $r_z=0$.

Régulateur (stabilisateur) à diode Zener :

Pour que la tension de sortie reste constante ($v_s=V_z$) il faut que la diode Zener soit polarisée en inverse dans la zone de claquage et que : $V_z < \frac{R_L}{R_L+R_s} E \Rightarrow E > \frac{R_L+R_s}{R_L} V_z > V_z$.



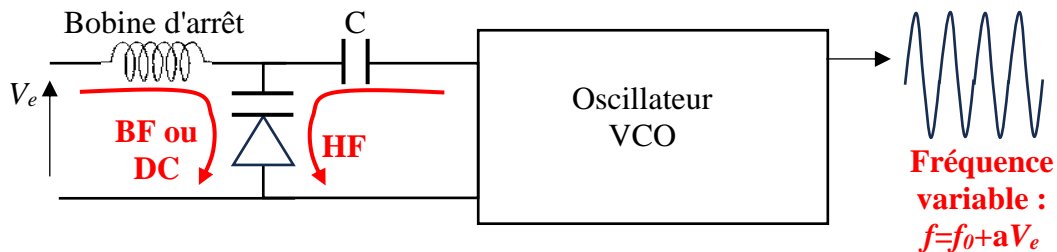
3.3.4. Diode à capacité variable (Varicap ou varactor):

Symbole :



Ces diodes sont utilisées dans les oscillateurs VCO (voltage controlled oscillator), dans les circuits d'accord des récepteurs radio et TV.

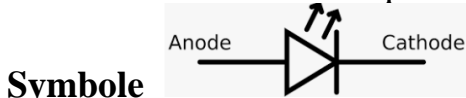
Exemple d'utilisation :



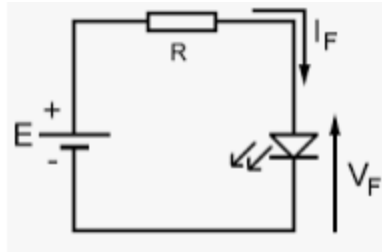
Bobine d'arrêt (**self de choc**): utiliser pour bloquer les HF venant de l'oscillateur.
La capacité C est utilisée pour bloquer les BF ou DC venant de l'entrée.

3.3.5. LED :

LED émet de la lumière quand elle polarisée en direct.



Symbole



3.3.6. Photodiode :

Lorsque la lumière frappe la jonction PN ou PIN, un courant ou une tension se développe en fonction du mode de fonctionnement.

Caractéristique I-V:

$$I = I_s \left(\exp\left(\frac{V}{nV_t}\right) - 1 \right) - I_{ph}$$

Le courant est la somme de deux courants :

- le courant dû à la polarisation: $I_s \left(\exp\left(\frac{V}{nV_t}\right) - 1 \right)$
- et le courant dû à la lumière incidente (photocourant): I_{ph} .

