



JONCTION P-N

- Dopage de type N [beaucoup d'e⁻] :

Atome donneur d'électrons e⁻ => l'atome devient un cation (ion positif)

e⁻ : porteurs majoritaires / trous : porteurs minoritaires

- Dopage de type P [peu d'e⁻] :

Atome accepteur d'électrons => l'atome devient un anion (ion négatif)

e⁻ : porteurs minoritaires / trous : porteurs majoritaires

- 3 types de matériaux :

Isolant (pas de porteurs) / Semi-conducteur (peu de porteurs) / Conducteur (beaucoup de porteurs)

Remarque : un semi-conducteur est un isolant qui devient conducteur quand la température augmente.

- Loi de Shockley [Loi d'évolution du courant] :

$$I = I_S * [\exp(V_A/V_T) - 1] \text{ avec } V_T = k_B T/q$$

I_S : courant de saturation

k_B : constante de Boltzman

T : température

q : charge = 1,60.10⁻¹⁹ C

1. Polarisation directe [V_A >> V_T]

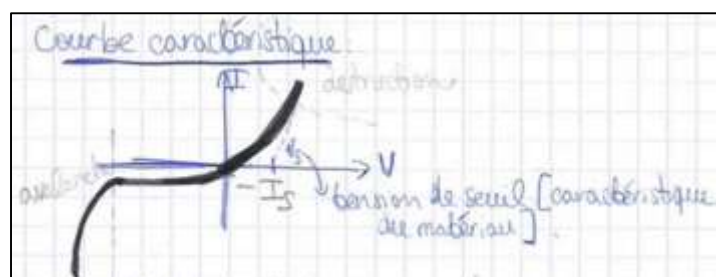
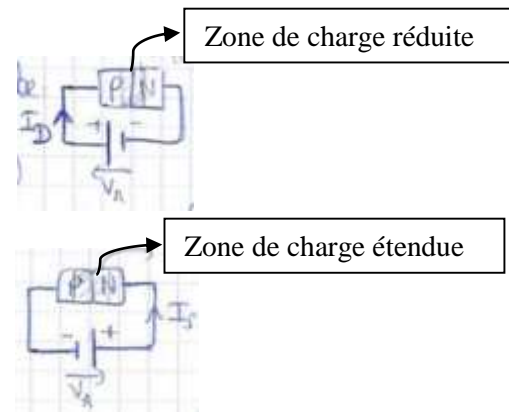
$$I_D = I_S * \exp(V_A/V_T)$$

Conséquence : jonction P-N passante

2. Polarisation inverse [V_A << V_T]

$$I_D = - I_S$$

Conséquence : jonction P-N bloquée

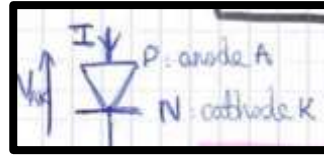




DIODE

Remarque préalable : diode = jonction P-N

2 types de fonctionnement : **passante ou bloquée**



Diode idéale :

- passante si $I > 0$ si $V_{AK} > 0$: diode \Leftrightarrow fil fermé :
- bloquée si $I < 0$ si $V_{AK} < 0$: diode \Leftrightarrow fil ouvert :

Diode réelle :



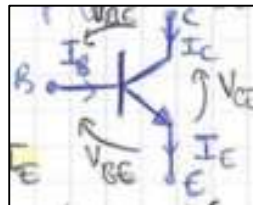
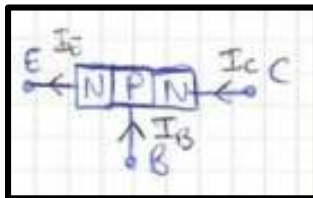
$$r_d = \frac{V_T}{I} = \frac{\partial V_{AK}}{\partial I}$$

- passante si $V_{AK} > V_S$: diode \Leftrightarrow
- bloquée si $V_{AK} < V_S$: diode \Leftrightarrow fil ouvert

TRANSISTOR BIPOLAIRE

Remarque préalable : transistor bipolaire = 2 diodes accolées = NPN (le plus souvent)

3 types de fonctionnement : **bloqué, saturé, passant** (amplificateur)

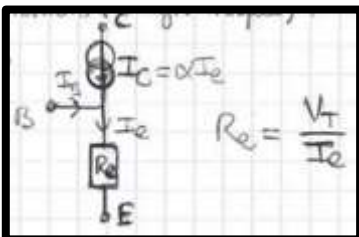


E : émetteur
B : base
C : collecteur

Fonctionnement normal (passant = amplificateur) :

- ➔ Jonction EB : polarisation directe
- ➔ Jonction CB : polarisation inverse

➔ En régime dynamique :



Fonctionnement bloqué : \Leftrightarrow **fil ouvert**



- ➔ Jonction EB : polarisation inverse
- ➔ Jonction CB : polarisation inverse

Fonctionnement saturé : ⇔ **fil fermé**

- ➔ Jonction EB : polarisation directe
- ➔ Jonction CB : polarisation directe

Remarques : $I_C + I_B = I_E$; $V_{BC} + V_{CE} = V_{BE}$; $I_C = \beta I_B = \alpha I_E$ avec $\beta = \alpha / 1 - \alpha$

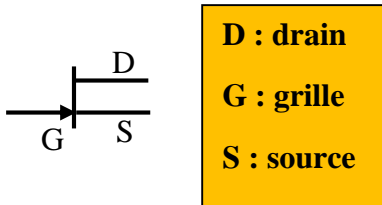
β : gain du transistor

α : majeure partie des e^- issus de E d'où $\alpha \rightarrow 1$

- B est très fine et faiblement dopée donc : BE passante => injection d'une grande quantité d' e^- de E vers B et les e^- sont propulsés vers C => I_E sort de E, I_B rentre dans B et I_C rentre dans C
- I_C est généré à partir de I_B
- L'effet transistor est la circulation d'un fort courant à travers une jonction bloquée.
- La source de polarisation est le générateur.
- L'étude complète d'un circuit est l'étude en régime statique ET dynamique
- **L'état du transistor est entièrement connu si I_B, I_C, I_E et V_{BE}, V_{BC}, V_{CE} connus.**
- **Régime de polarisation = Régime continu = Régime statique**
- **Régime de petits signaux = Régime de variations = Régime dynamique**

TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP

Mêmes types de fonctionnement que le transistor bipolaire.

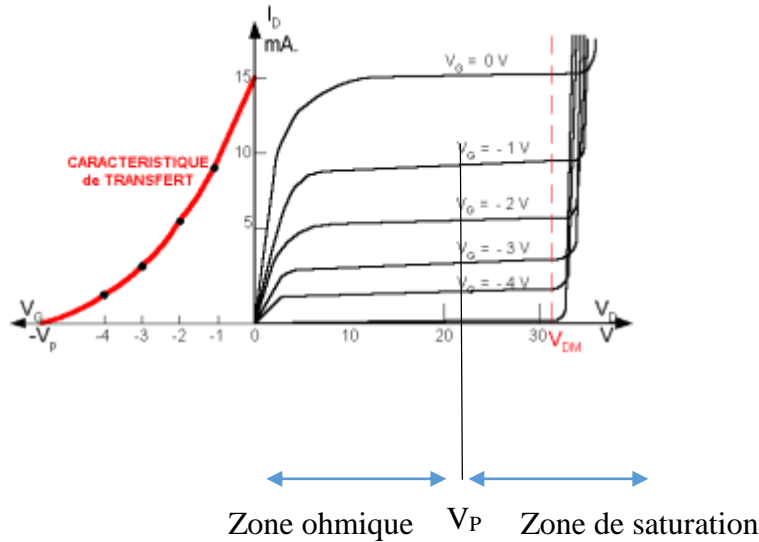


Caractéristiques :

- $V_{GS} < 0$: Jonction GS bloquée : $I_G = 0$
- $V_{DS} > 0$: Jonction DS passante
- $I_D = I_{Dss} * (1 - V_{GS} / V_{GSoff})$

Valeurs particulières :

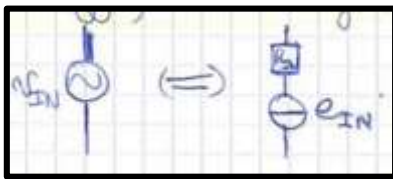
- Tension de pincement V_P
 - Courant de saturation I_{Dss}
 - Tension de seuil : $V_{GSoff} = -V_P$
- } tel que $V_{GS} = 0$



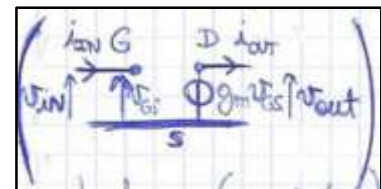
Zone ohmique : $V_{DS} < V_P$: régime dynamique

Zone de saturation : $V_{DS} > V_P$ et $V_{GS} > V_{GSoff}$: régime statique

RAPPEL : Un générateur délivrant une tension sinusoïdale est équivalent à un générateur de tension parfait e_{IN} + une résistance interne R_{IN} .



Remarques : les courants et tensions écrits en minuscule font référence à des variables (du temps) ; les courants et tensions en majuscule à des constantes.



- $V_{GS} = 0 \Rightarrow$ (Jonction DS \Leftrightarrow fil fermé)
- $V_{GS} > V_{GSoff} \Rightarrow$ (Jonction DS \Leftrightarrow fil ouvert)
- En régime dynamique : le transistor à effet de champ \Leftrightarrow
Avec la transductance $g_m = di_S / dv_G = g_{m0} * (1 - v_G / V_{Goff})$ [unité : A/V] avec $g_{m0} = -2I_{Dss} / V_{GSoff}$
- **Le condensateur est équivalent à un fil ouvert en statique et à un fil fermé en dynamique.**
- Impédance d'entrée : $Z_E = v_{IN} / i_{IN}$
- Impédance de sortie : $Z_S = v_{OUT} / i_{OUT}$: $e_{IN} = 0$, elle est vue par la charge de sortie donc on l'enlève du circuit pour trouver Z_S
- Amplification en tension : $A_v = v_{OUT} / v_{IN}$
- Amplification en courant : $A_i = i_{OUT} / i_{IN}$
- Amplification en puissance : $A_P = P_{OUT} / P_{IN} = A_v \cdot A_i$
- Gain en tension : $G_v = 20 \log(|A_v|)$
- Gain en courant : $G_i = 20 \log(|A_i|)$
- Gain en puissance : $G_p = 20 \log(|A_P|) = 20 \log(|A_v \cdot A_i|) = G_v + G_i$



QUADRIPOLES

Q_A : quadripôle actif (amplificateur)

Q_B : quadripôle passif (filtre)

Ils sont en parallèle. Donc si on appelle respectivement Y_A et Y_B la matrice admittance de Q_A et Q_B , l'admittance totale du circuit : $Y_T = Y_A + Y_B$

- ⇒ Conditions d'oscillation : $\Delta Y_T = 0$ (déterminant = 0)
- ⇒ Cela nous donne 2 conditions car partie réelle et partie imaginaire du déterminant nulle : la 1^{ère} c'est celle sur la fréquence d'oscillation ω_0 et la 2^{ème} est une relation entre les composants du filtre et de l'amplificateur

REMARQUE : pour étudier la mise en oscillation, il faut remplacer le générateur de tension continue par un fil, les transistors par leur schéma équivalent en régime dynamique.

Une matrice admittance Y vérifie la relation suivante :

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = Y \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} i_1 = Y_{11}v_1 + Y_{12}v_2 \\ i_2 = Y_{21}v_1 + Y_{22}v_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow Y_{11} = \left. \frac{i_1}{v_1} \right|_{\text{lorsque } v_2=0}$$

$$\Rightarrow Y_{12} = \left. \frac{i_1}{v_2} \right|_{\text{lorsque } v_1=0}$$

$$\Rightarrow Y_{21} = \left. \frac{i_2}{v_1} \right|_{\text{lorsque } v_2=0}$$

$$\Rightarrow Y_{22} = \left. \frac{i_2}{v_2} \right|_{\text{lorsque } v_1=0}$$