

Objectif : Expliquer le calcul, l'analyse et l'interprétation des circuits électroniques. Connaitre les propriétés, les modèles électriques et les caractéristiques des composants électroniques

Connaissances préalables : Physique des matériaux et d'électricité fondamentale.

Contenu de la matière : **Chapitre 1 – Régime continu et Théorèmes fondamentaux : 3 semaines**

Chapitre 2 - Quadripôles passifs : 3 semaines

Chapitre 3 - Diodes : 3 semaines

Chapitre 4 - Transistors bipolaires : 3 semaines

Chapitre 5 - Les amplificateurs opérationnels : 3 semaines

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 40 % ; Examen final : 60 %.

1 Chapitre 1 – Régime continu et Théorèmes fondamentaux

1.1 Introduction

Les systèmes électriques ou électroniques sont des ensembles plus ou moins complexes de composants auxquels sont appliqués des entrées électriques d'excitation et qui délivrent des sorties électriques en réponse.

1.2 Définitions, notions de base sur l'électronique et les grandeurs physiques (Avec Exemples)

L'électricité : C'est une forme d'énergie qui se manifeste lorsqu'il y a circulation d'électrons à l'intérieur d'un corps conducteur.

L'électronique : C'est une branche de l'électricité dans laquelle interviennent des grandeurs électriques.

La charge électrique : C'est une quantité d'électricité, dont l'unité est le Coulomb (C) ; elle est désignée généralement par q . La charge portée par un électron est $1.6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

L'intensité de courant électrique : C'est une grandeur vectorielle notée \vec{i} dont la valeur est le débit de charges circulant dans un conducteur c-à-dire $i = dq/dt$. L'unité est l'Ampère (A).

Le potentiel électrique : C'est une grandeur scalaire relative dans un point, nous parlons alors de différence de potentiel entre deux points appelée tension électrique. L'unité est le Volt (V).

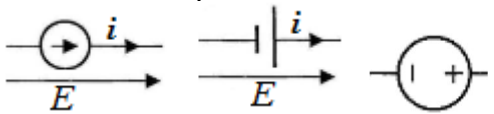
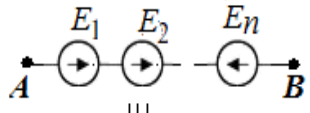
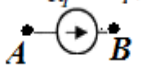
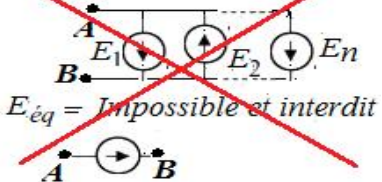
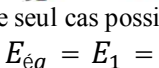
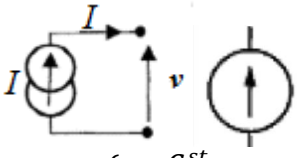
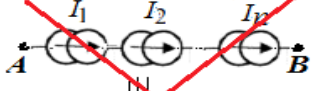
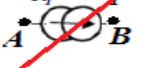
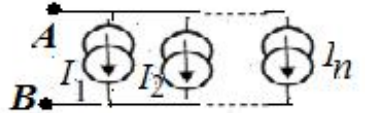

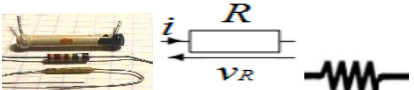
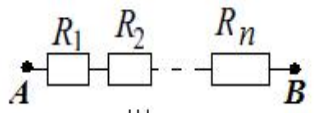
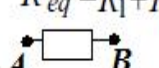
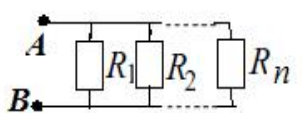
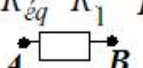
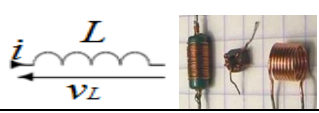
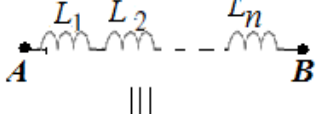
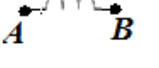
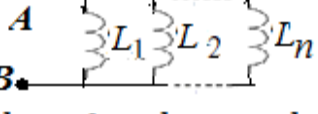


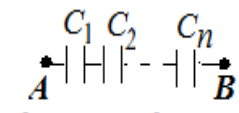
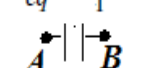
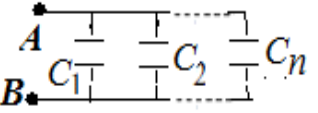
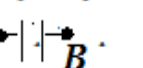
Le dipôle : C'est un dispositif accessible seulement par deux bornes entre lesquels il y'a une différence de potentiel (tension) v et circule un courant i . Ce dernier (i) et la tension v sont reliés par une fonction caractéristique $v = f(i)$ ou $i = f^{-1}(v)$. Un dipôle est linéaire si sa caractéristique tension-courant est linéaire.

Les dipôles en parallèles : C'est le cas où les dipôles ont les mêmes bornes. Ils sont alors soumis à la même différence de potentiel, mais sont parcourus par des courants différents.

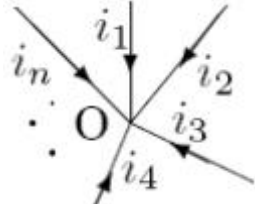
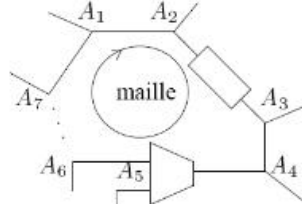
Les dipôles en séries : C'est le cas où les bornes des dipôles sont branchées les uns à la suite des autres. Ils sont parcourus par le même courant et leurs tensions s'additionnent. Dans ce cas, la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des différences de potentiel aux bornes de chacun des dipôles

La branche : C'est un dipôle constitué de plusieurs composants.

Le circuit électronique : C'est un montage constitué de plusieurs branches reliées entre elles.

Quelques composants électroniques : Les dipôles les plus utilisés en électronique		
Symbole+ Caractéristique (Tension-Courant)	Les dipôles en série	Les dipôles en parallèles
<p>Source de tension : Elle délivre entre ses bornes une tension indépendante du courant</p>  <p>$E(t) = \begin{cases} C^{st} \\ \text{variables} \end{cases}$ et $\forall i = i(t) \in [-\infty, +\infty]$</p>	 <p>$E_{eq} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$</p> 	 <p>$E_{eq} = \text{Impossible et interdit}$</p> <p>Le seul cas possible :</p> <p>$E_{eq} = E_1 = E_2 = \dots = E_n$</p> 
<p>La Source de courant : Elle délivre un courant indépendant de la tension entre ses bornes</p>  <p>$I(t) = \begin{cases} C^{st} \\ \text{variables} \end{cases}$ et $\forall v = v(t) \in [-\infty, +\infty]$</p>	 <p>$I_{eq} = \text{Impossible et interdit}$</p> <p>Le seul cas possible :</p> <p>$I_{eq} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$</p> 	 <p>$I_{eq} = I_1 - I_2 + \dots + I_n$</p> 
<p>Résistance et conductance: Caractérisé par la résistance R dont l'unité est l'Ohms (Ω), et la conductance $G=1/R$</p> <p>$v_R(t) = R i(t) = \frac{1}{G}(t)$</p> 	 <p>$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$</p> 	 <p>$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$</p> 
<p>Bobine Caractérisé par l'inductance L dont l'unité est le Henri (H).</p> <p>$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ et $i(t) = \frac{1}{L} \int_0^t v_L(t) \cdot dt$</p> 	 <p>$L_{eq} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$</p> 	 <p>$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$</p> 
<p>Condensateur : Caractérisé par la capacité C dont l'unité est le Farad (F).</p> <p>$v_C(t) = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i(t) \cdot dt$ et $i(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$</p> 	 <p>$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$</p> 	 <p>$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$</p> 

1.2.1 Les lois fondamentales : Ils permettent le calcul de la tension et du courant sur chaque dipôle.

Lois de Kirchhoff	
<p>Loi des nœuds KCL: La somme des courants dans un nœud est nulle $\sum_{k=1}^n i_k = 0$.</p> 	<p>Loi des mailles KVL: la somme algébrique des tensions le long de la maille est nulle $\sum_{k=2}^n V_{A_k, A_{k-1}} = 0$.</p> 

1.3 Analyse des circuits électronique

1.3.1 Méthodes d'analyse des circuits électroniques

Méthode des nœuds	Méthode des courants imaginaires
<ol style="list-style-type: none"> Déterminer les N nœuds et poser un de potentiel nul Localiser les potentiels connus et m inconnus Poser les courants généralement sortant des m nœuds Déduire les m équations en se basant sur (KCL) Remplacer les courants par leurs valeurs en fonction des potentiels $i = f^{-1}(v)$ Calculer le potentiel dans chaque nœud ensuite les tensions aux bornes des dipôles 	<ol style="list-style-type: none"> Déterminer le nombre M de mailles indépendantes Supposer un seul courant imaginaire qui circule dans chaque maille. En donnant de préférence un sens conventionnel pour tous les courants Utiliser les lois de Kirchhoff (KVL ou LMK). Pour déterminer les M équations Calculer les M courant imaginaire ensuite déduire les courant réel puis les tensions pour chaque dipôle

1.3.2 Diviseurs de tension et de courant

Il est utilisé pour déterminer la différence de potentiel (resp courant) aux bornes (resp traversant) d'un dipôle linéaire en fonction de celle aux bornes (resp traversant) de l'association des dipôles en série (resp parallèle).

Diviseur de tension	Diviseur de courant
$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_m + \dots + R_n$	$\begin{cases} \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_m} + \dots + \frac{1}{R_n} \\ G_{eq} = G_1 + G_2 + \dots + G_m + \dots + G_n \end{cases} \text{ et } G_i = \frac{1}{R_i}$
$v_m = \frac{R_m}{R_1 + R_2 + \dots + R_m + \dots + R_n} v \text{ et } 1 \leq m \leq n$	$i_m = \frac{G_m}{G_1 + G_2 + \dots + G_m + \dots + G_n} i \text{ et } 1 \leq m \leq n$

1.3.3 Théorème (Transformation) de Kennely

C'est une équivalence entre une association de dipôles en triangle ou en étoile. Elle permet le passage de la structure en triangle (r_1, r_2, r_3) à la structure en étoile (R_1, R_2, R_3). cette transformation se fait comme suit:

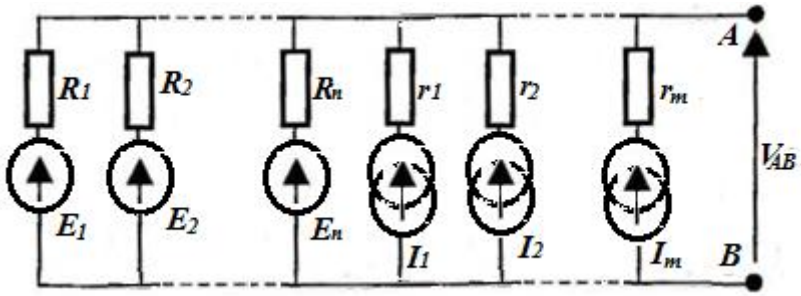
	$\begin{cases} R_1 = \frac{r_2 \cdot r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \\ R_2 = \frac{r_1 \cdot r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \\ R_3 = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2 + r_3} \end{cases}$	$\begin{cases} r_1 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_1} \\ r_2 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_2} \\ r_3 = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_3} \end{cases}$
--	---	---

1.3.4 Le principe de superposition

Dans un circuit linéaire, le principe de superposition permet de calculer la tension entre deux points A et B (ou bien le courant dans la branche AB) d'un circuit électrique linéaire comportant plusieurs sources. Cette tension (resp courant) est égale à la somme algébrique des tensions (resp courants) obtenues entre (resp traversant) ces deux points lorsque chaque source agit seule. (NB : Si la source n'agit pas on remplace : la source de tension par un court-circuit (file) et la source de courant par un circuit ouvert (débranchées).

1.3.5 Théorème de Millman

Il est basé sur la lois des noeuds ; il permet de calculer la tension V_{AB} de n branches en parallèle, chacune d'elles est dotée de résistance au moins avec une source de tension (facultatif) et des sources de courants

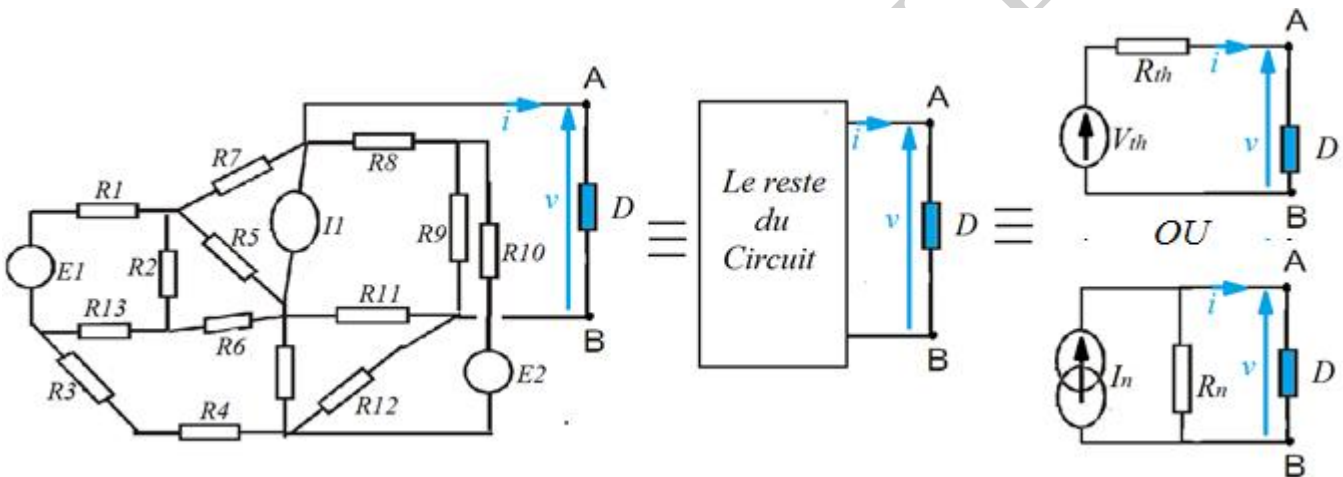


$$V_{AB} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{R_i} + \sum_{j=1}^m I_j}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot E_i + \sum_{j=1}^m I_j}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

1.3.6 Le théorème de Thévenin (Norton)

Le théorème dit qu'on peut remplacer tout circuit linéaire, qui alimente via les bornes A et B un dipôle D, par une source de tension (resp Courant) idéal de Thévenin V_{th} (Norton I_n) en série (parallèle) avec une résistance de Thévenin R_{th} (Norton R_n). Le tout est appelé générateur de Thévenin (Norton) de résistance interne R_{th} (R_n)



$$\begin{cases} V_{th} = V_N = V_A - V_B \text{ pour } i = 0 \Leftrightarrow D = \infty \Leftrightarrow D \text{ est débranché ou en circuit ouvert} \\ R_{th} = R_N = \frac{V_N}{I_N} = \frac{V_{th}}{I_{cc}} \text{ avec } I_N = I_{cc} = i \Leftrightarrow D = 0 \Leftrightarrow D \text{ remplacé par un court circuit (file)} \end{cases}$$

Remarque : Dans l'absence de sources contrôlées, la résistance $R_n = R_{th}$ est aussi égale à la résistance mesurée entre les point A et B quand ; le dipôle D est débranché et chacune des sources de tension court-circuitée (remplacer par une file) et que chacune des sources de courant est en circuit ouvert (débranchées).

1.3.7 Puissance Maximale consommé par un dipôle

La puissance d'un dipôle : Elle est donnée par la quantité $P = v(t) \cdot i(t)$. Par convention si la tension et le courant sont dans le même sens le dipôle a un comportement générateur, il fournit de l'énergie électrique. Si la tension et le courant sont en sens inverses le dipôle est récepteur, il reçoit de l'énergie. L'objectif est de choisir une résistance non nulle R en séries (parallèle) avec un dipôle afin d'avoir le maximum de puissance.

$P = v \cdot i = \frac{V \cdot D}{D + R} \cdot \frac{V}{D + R} = \frac{V^2 \cdot D}{(D + R)^2} \Rightarrow P_{max} \Rightarrow R = D$ $P = v \cdot i = D \cdot i \cdot i = \frac{D \cdot I^2 \cdot R^2}{(D + R)^2} \Rightarrow P_{max} \Rightarrow R = D$		
---	--	--

2 Chapitre 2 - Quadripôles passifs

2.1 Rappel sur la notion d'impédance et d'admittance

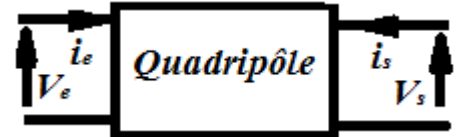
	Valeur	Relation	Forme complexe	Relation complexe
Source de tension ou Courant	$= \sin(\omega t + \varphi)$ ou $= \cos(\omega t + \varphi)$	V ou I	\bar{V} ou \bar{I} $= e^{j(\omega t + \varphi)} = \cos(\omega t + \varphi) + j \sin(\omega t + \varphi)$	\bar{V} Ou \bar{I}
Résistance	R	$V = R \cdot I$	Impédance $Z_R = R$ Admittance $Y_R = \frac{1}{R} = \frac{1}{Z_R}$	$\bar{V} = Z_R \cdot \bar{I} = R \cdot \bar{I}$ $\bar{I} = Y_R \cdot \bar{V} = \frac{\bar{V}}{R}$
Bobine	L	$V_L = L \frac{dI}{dt}$	Impédance $Z_L = jL\omega$ Admittance $Y_L = Z_L^{-1} = \frac{1}{jL\omega}$	$\bar{V} = Z_L \cdot \bar{I} = jL\omega \cdot \bar{I}$ $\bar{I} = Y_L \cdot \bar{V} = \frac{\bar{V}}{jL\omega}$
Condensateur	C	$V_C = \frac{1}{C} \int_0^t I \cdot dt$	Impédance $Z_C = \frac{1}{jC\omega}$ Admittance $Y_C = Z_C^{-1} = jC\omega$	$\bar{V} = Z_C \cdot \bar{I} = \frac{1}{jC\omega} \cdot \bar{I}$ $\bar{I} = Y_C \cdot \bar{V} = jC\omega \cdot \bar{V}$

Impédance $Z = R + jX$. Avec R résistance, X réactance. Les relations ou principe d'association (série ou parallèle) des impédances ou admittances sont les mêmes que pour les résistances ou les conductances.

Exemples

2.2 Définition

Un quadripôle est un circuit (linéaire ou non) qui comporte quatre bornes deux bornes d'entrée et deux bornes de sortie. Il est constitué de deux variables d'entrée (v_e, i_e) et deux variables de sortie (v_s, i_s). Si le quadripôle dissipe de l'énergie, il est passif. Dans le cas contraire, il est actif. Il existe six combinaisons pour exprimer deux quelconques des courants ou tensions en fonction des deux autres. Ces relations seront linéaires et les quatre coefficients de la matrice caractéristique carrée 2×2 qui en découlent ne dépendront que des éléments constituant.



Exemples

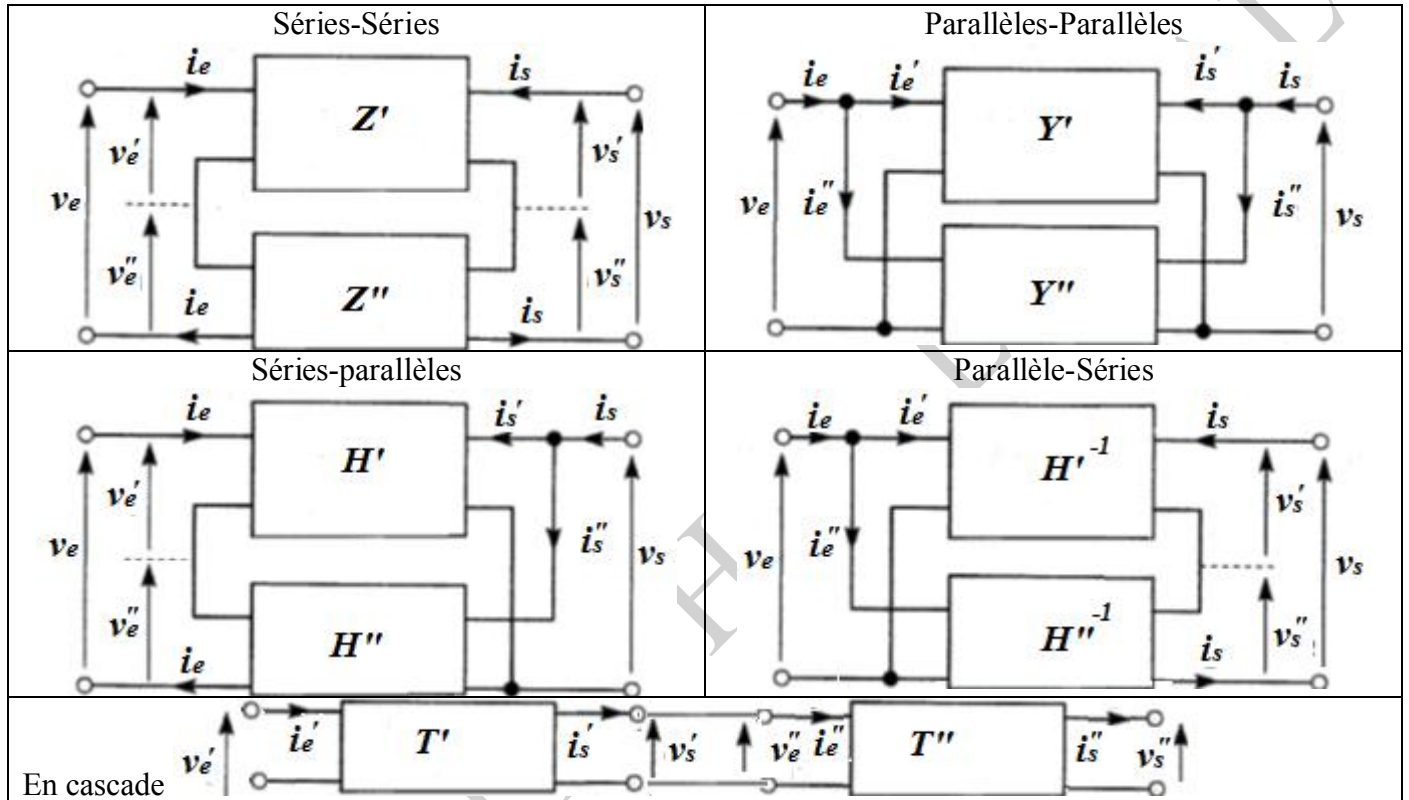
Paramètres impédances ou matrice Z Les variables (v_e, v_s) en fonction de (i_e, i_s) Les coefficients $Z_{ij} [\Omega]$ sont des impédances	$v_e = Z_{11} \cdot i_e + Z_{12} \cdot i_s$ $v_s = Z_{21} \cdot i_e + Z_{22} \cdot i_s$	$\begin{pmatrix} v_e \\ v_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_e \\ i_s \end{pmatrix}$
Paramètres admittance ou matrice Y Les variables (i_e, i_s) en fonction de (v_e, v_s) Les coefficients $Y_{ij} [1/\Omega]$ sont des admittances	$i_e = Y_{11} \cdot v_e + Y_{12} \cdot v_s$ $i_s = Y_{21} \cdot v_e + Y_{22} \cdot v_s$	$\begin{pmatrix} i_e \\ i_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_e \\ v_s \end{pmatrix}$
Paramètres hybrides ou matrice H Les variables (v_e, i_s) en fonction de (i_e, v_s) $h_{11} [\Omega]; h_{12} [1], h_{21} [1]$ et $h_{22} [1/\Omega]$.	$v_e = h_{11} \cdot i_e + h_{12} \cdot v_s$ $i_s = h_{21} \cdot i_e + h_{22} \cdot v_s$	$\begin{pmatrix} v_e \\ i_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_e \\ v_s \end{pmatrix}$
Paramètres de transfert ou matrice T Les variables (v_e, i_e) en fonction de ($v_s, -i_s$) $t_{11} [1]; t_{12} [\Omega], t_{21} [1/\Omega]$ et $t_{22} [1]$.	$v_e = t_{11} \cdot v_s - t_{12} \cdot i_s$ $i_e = t_{21} \cdot v_s - t_{22} \cdot i_s$	$\begin{pmatrix} v_e \\ i_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_s \\ -i_s \end{pmatrix}$

2.3 Calcul des coefficients de la matrice Z et Schéma équivalent

$Z_{11} = \left(\frac{v_e}{i_e}\right)_{i_s=0}$	$Z_{12} = \left(\frac{v_e}{i_s}\right)_{i_e=0}$	Le schéma équivalent d'un quadripôle décrit par ces paramètres Z est :
$Z_{21} = \left(\frac{v_s}{i_e}\right)_{i_s=0}$	$Z_{22} = \left(\frac{v_s}{i_s}\right)_{i_e=0}$	

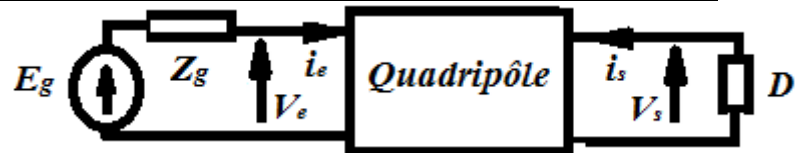
Les coefficients des matrices Y, H, T se calculent comme ce de Z en annulant la variable correspondante

2.4 Différentes associations des quadripôles



2.5 Autres caractéristiques d'un quadripôle

Généralement un quadripôle linéaire assurant la liaison entre un dipôle actif (source E_g + impédance interne Z_g) et un dipôle passif linéaire D



2.5.1 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée d'un quadripôle est définie par : $Z_e = v_e / i_e$ avec charge D branchée.

2.5.2 Impédance de sortie : L'impédance de sortie d'un quadripôle est définie par : $Z_s = v_s / i_s$ avec charge D débranchée et la source de tension $E_g=0$ (court-circuit).

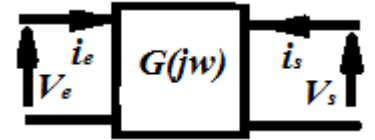
2.5.3 Fonction de transfert ou transmittance : Dans le cas général la transmittance (la fonction de transfert) est définie comme étant le rapport (Complexe) de la sortie sur l'entrée. On définit ainsi la

transmittance (gain) en tension (ou courant) $G_v = \frac{v_s}{v_e}$ (ou $G_i = \frac{i_s}{i_e}$). Elle a la forme suivante :

$$G(j\omega) = \Re(G(j\omega)) + j \cdot \Im(G(j\omega)) = A(\omega) \cdot e^{j\theta(\omega)} \text{ avec } A(\omega) = |G(j\omega)| \text{ et } \theta(\omega) = \arg\{G(j\omega)\}$$

2.6 Réponse harmonique et diagramme de Bode

La réponse harmonique représente la variation de l'amplitude et de la phase causée par un quadripôle à un signal d'entrée de type sinusoïdal



$V_e(t) = A_e \sin(2\pi ft + \varphi_e) = A_e \sin(\omega t + \varphi_e)$, où f représente la fréquence, A_e l'amplitude et φ_e la phase.

La sortie $V_s(t)$, réponse à $V_e(t)$, est $V_s(t) = A_s \sin(2\pi ft + \varphi_s) = A(\omega)A_e \sin(2\pi ft + \varphi_e + \theta(\omega))$

On utilise le diagramme de Bode pour décrire le gain d'amplitude et la phase apportés par le quadripôle en

fonction de la pulsation ω $G(j\omega) \begin{cases} \text{Gain endécibels (dB)} = A_{dB}(\omega) = 20 \ln_{10}(A(\omega)) = 20 \log(A(\omega)) \\ \text{Phase } \theta(\omega) = \arg\{G(j\omega)\} \text{ en degrés } (^{\circ}) \text{ ou radians} \end{cases}$

Représentations élémentaires de Bode

$G(j\omega)$	$ G(j\omega) _{dB} = 20 \log(G(j\omega))$	$\theta(\omega) = \text{Arg}(G(j\omega))$
$G(j\omega) = k$		
$G(j\omega) = j \frac{\omega}{\omega_0}$		
$G(j\omega) = \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_0}}$		
$G(j\omega) = \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0}\right)$		
$G(j\omega) = \frac{1}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0}\right)}$		

Un filtre : C'est un dispositif permettant d'atténuer des signaux dans une bande de fréquences données.

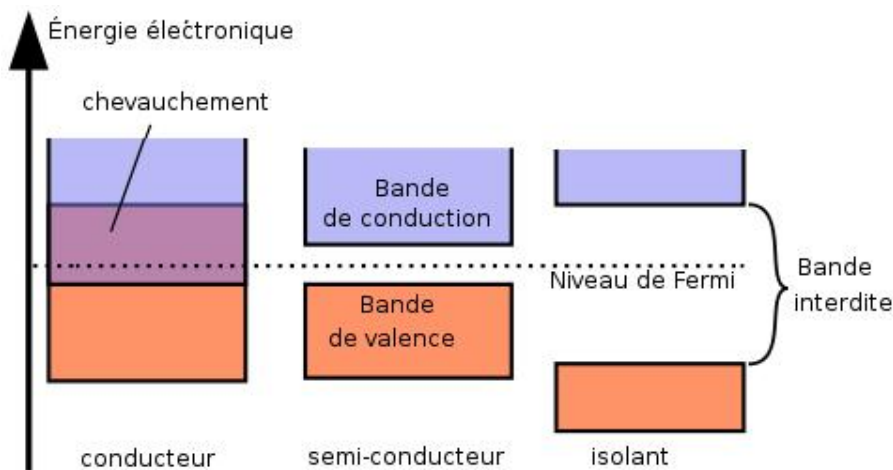
Les 4 familles de filtres : Symboles, et la bande passante

Passe-bas	Passe-haut	Passe-bande	Coupe-bande
$f \leq f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$	$f \geq f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$	$f_{c1} = \frac{\omega_{c1}}{2\pi} \leq f \leq \frac{\omega_{c2}}{2\pi} = f_{c2}$	$f \leq f_{c1} = \frac{\omega_{c1}}{2\pi}$ et $f \geq f_{c2} = \frac{\omega_{c2}}{2\pi}$

3 Chapitre 3 - Diodes

3.1 Rappel physique

Dans un solide et au niveau de l'atome, deux bandes d'énergie jouent un rôle dans la conduction d'électron. La bande de valence est riche en électrons mais ne participe pas aux phénomènes de conduction. La bande de conduction, quant à elle, est soit vide d'électrons (comme dans un semi-conducteur) soit semi-remplie (comme dans les cas des métaux). C'est elle qui permet aux électrons de circuler dans le solide.



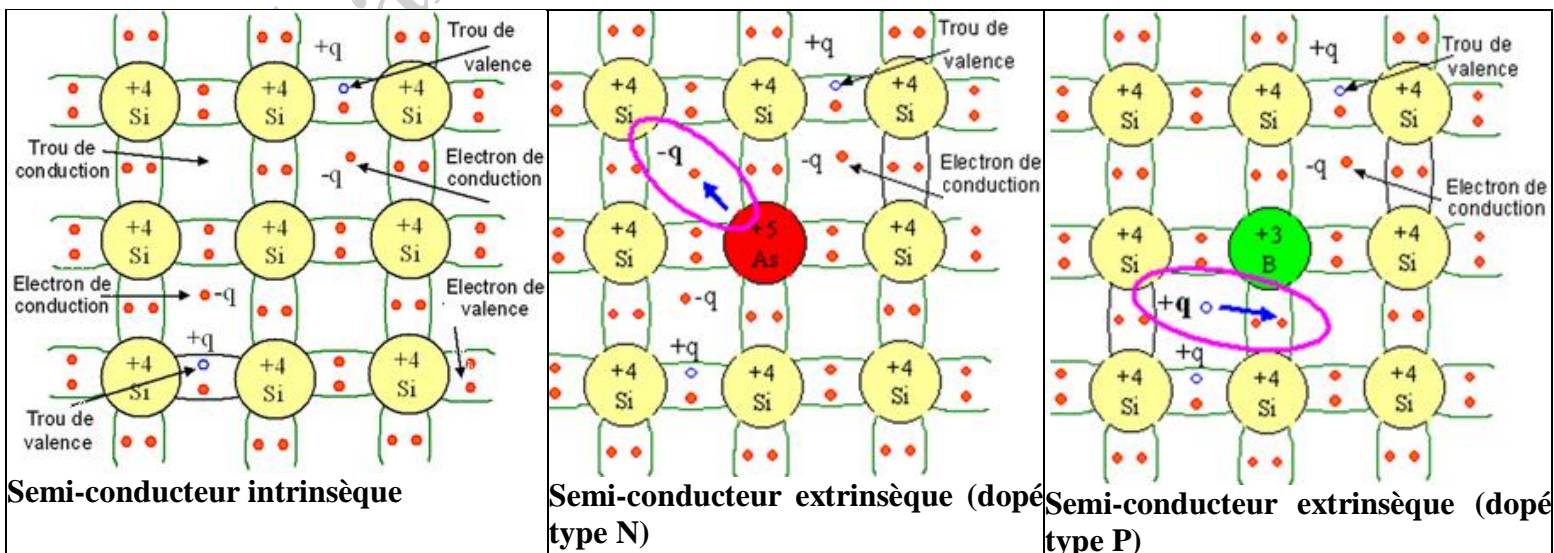
Conducteur électrique : C'est un matériau apte à transmettre une charge électrique.

Isolant: C'est un matériau diélectrique qui interdit le passage de charges électriques entre deux parties.

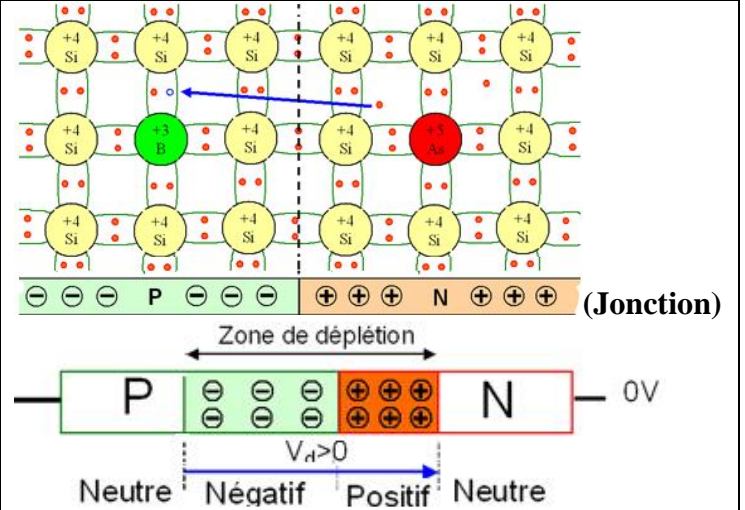
Semi-conducteurs (silicium ou germanium ...): C'est un matériau qui possède une bande interdite suffisamment petite pour que des électrons de la bande de valence puissent facilement rejoindre la bande de conduction si un potentiel électrique est appliqué à ses bornes

3.2 Notion de Dopage et Jonction

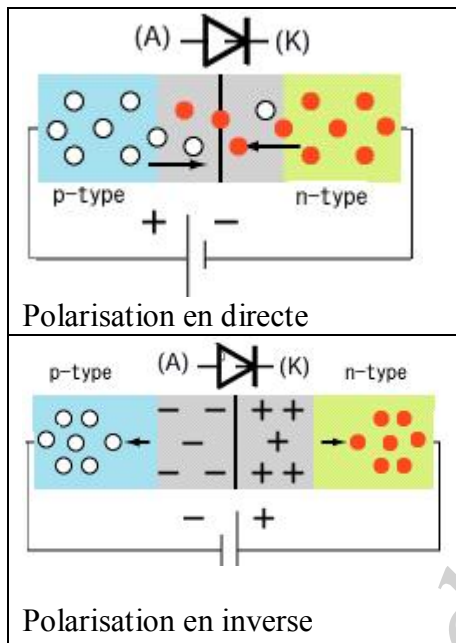
La conductivité électrique des semi-conducteurs peut être contrôlée par dopage, en introduisant une petite quantité d'impuretés dans le matériau afin de produire un excès d'électrons ou un déficit (excès de trous qu'on peut assimiler à des charges positives). Un semi-conducteur type N (négatif) est un semi-conducteur intrinsèque (ex : silicium Si) dans lequel on a introduit des impuretés de type donneurs (ex : arsenic As - donnent un électron à la bande de conduction-). Pour le type P (positif) on a introduit des impuretés de type accepteurs (ex: Bohr B - acceptent un électron de la bande de conduction).



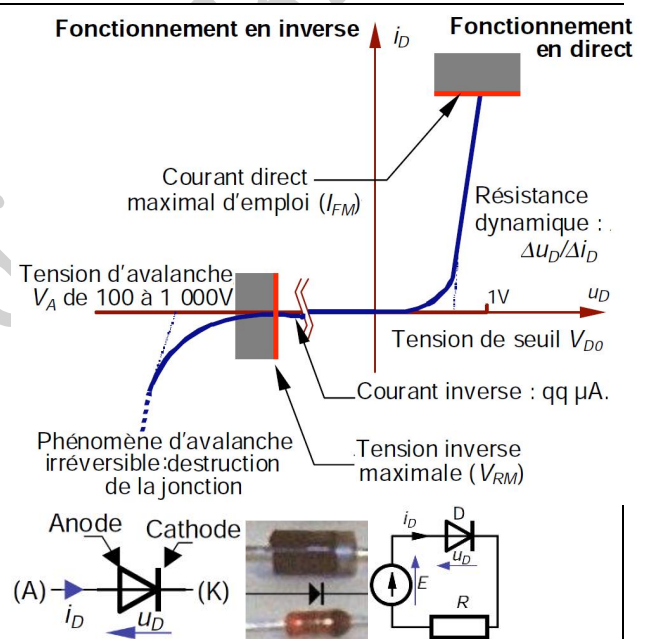
Notion de la Jonction : Une jonction PN est la mise en contact entre un semi-conducteur type N et un semi-conducteur type P issus d'un même cristal. La différence des densités de donneurs et d'accepteurs provoque une différence de potentiel permettant de contrôler la direction et la quantité de courant qui traverse l'ensemble. Ils possèdent la propriété très remarquable de se comporter comme des conducteurs électriques, mais dans un seul sens contrairement à un fil de cuivre.



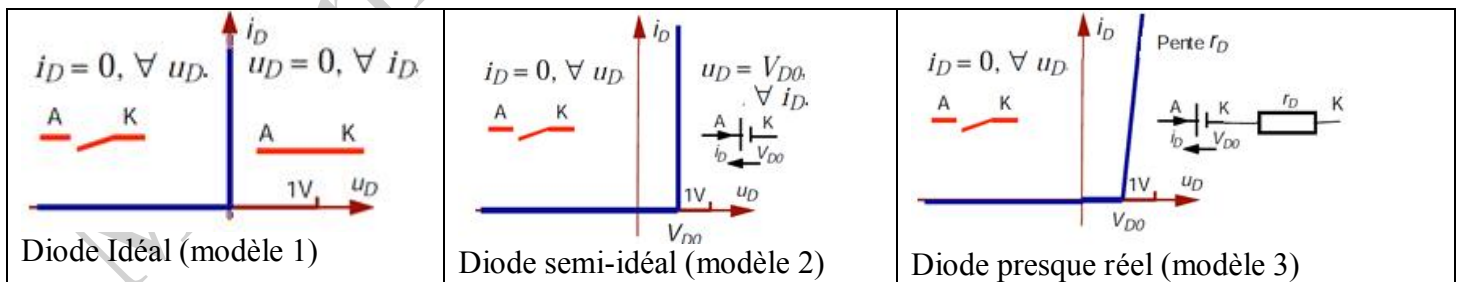
3.3 Diodes ordinaires ("standard")



Une **diode** est un dipôle à semi-conducteur qui laisse passer le courant dans un sens (sens dit "passant") et pas dans l'autre (sens dit "bloqué"). Pratiquement, le courant circule de l'anode à la cathode: sens de la flèche



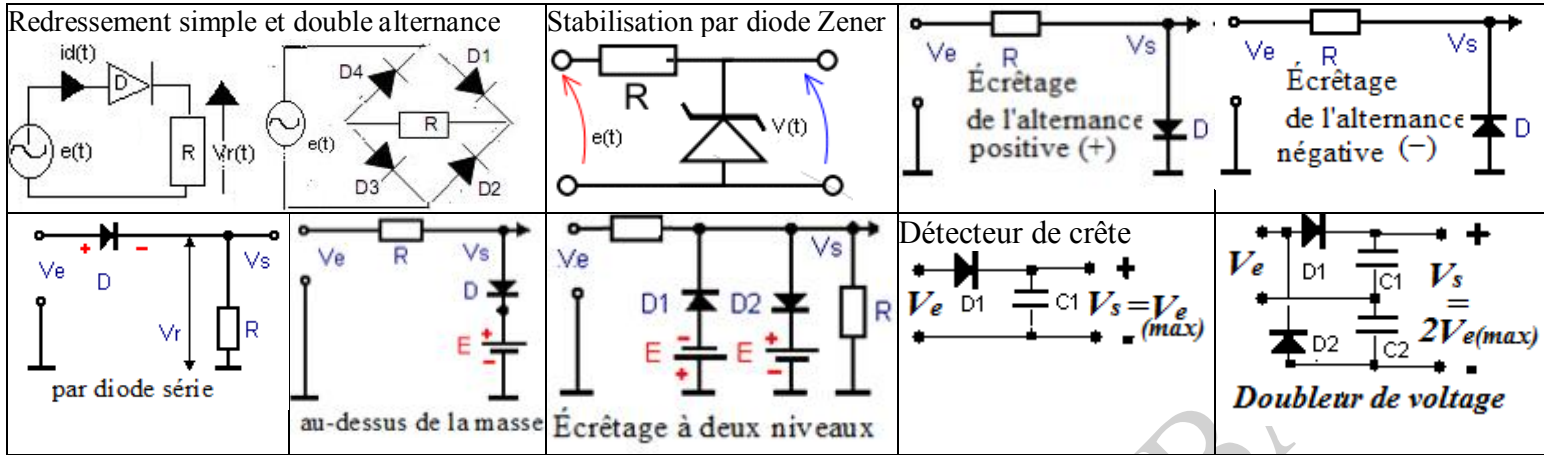
Caractéristiques et modèle d'une diode : La tension de seuil d'une diode, c'est-à-dire la tension directe (positive) à partir de laquelle cette diode devient passante, est d'environ 0,7 V.



3.4 Autres diodes

<p>Diode Zener</p> <p>Laisse passer le courant inverse, si la tension à ses bornes est supérieure à la tension de Zener (de valeur déterminée).</p>	<p>Diode Varicap</p> <p>Se comporte comme un condensateur dont la valeur de la capacité varie avec la tension inverse appliquée à ses bornes</p>	<p>DEL (électroluminescente)</p> <p>Capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique</p>	<p>Photodiode</p> <p>La capacité de détecter la lumière et de le transformer en signal électrique.</p>
--	---	---	---

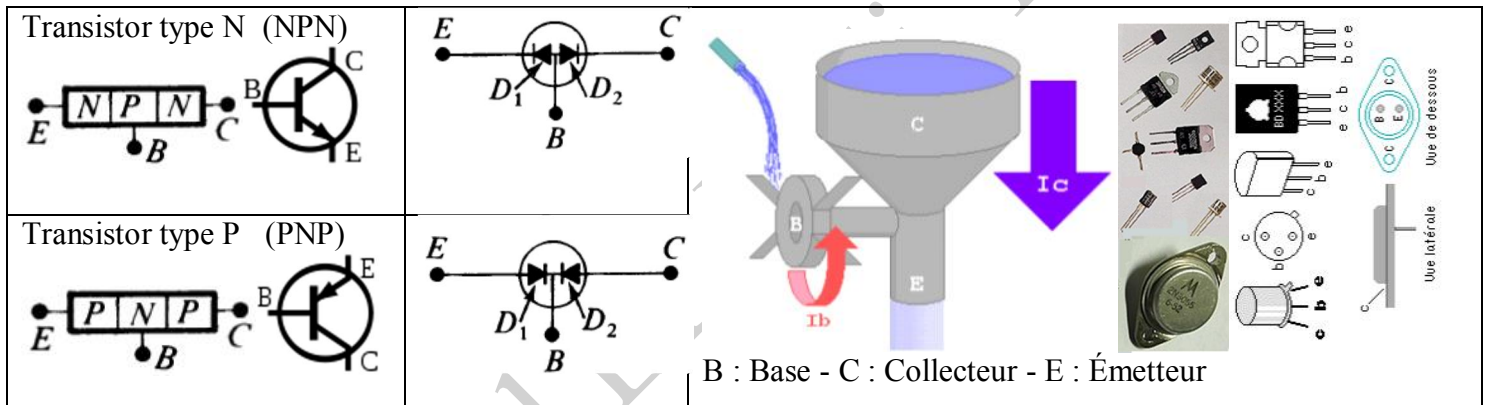
3.5 Quelques applications avec les diodes



4 Chapitre 4 Les Transistors bipolaires

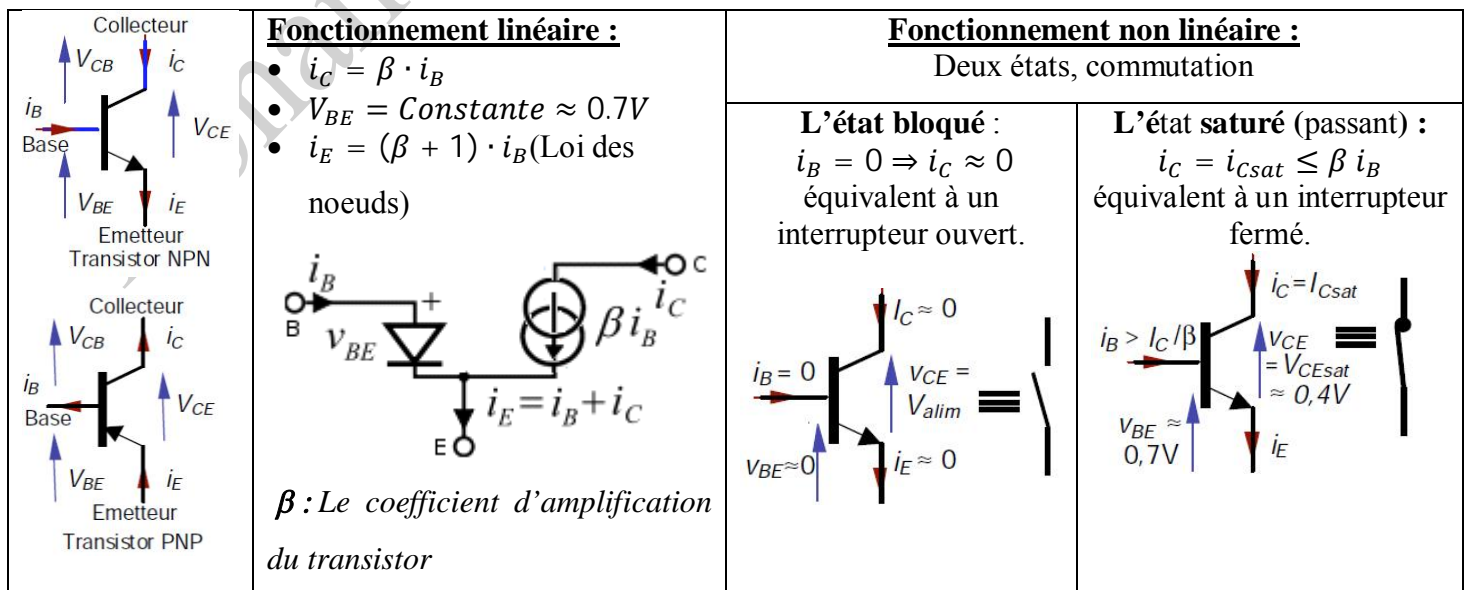
4.1 Transistors bipolaires

C'est le composant actif de base de l'électronique. C'est un élément semi-conducteur constitué de deux jonctions P N. Il peut y avoir 2 types (N ou P) de transistors suivant la région centrale.



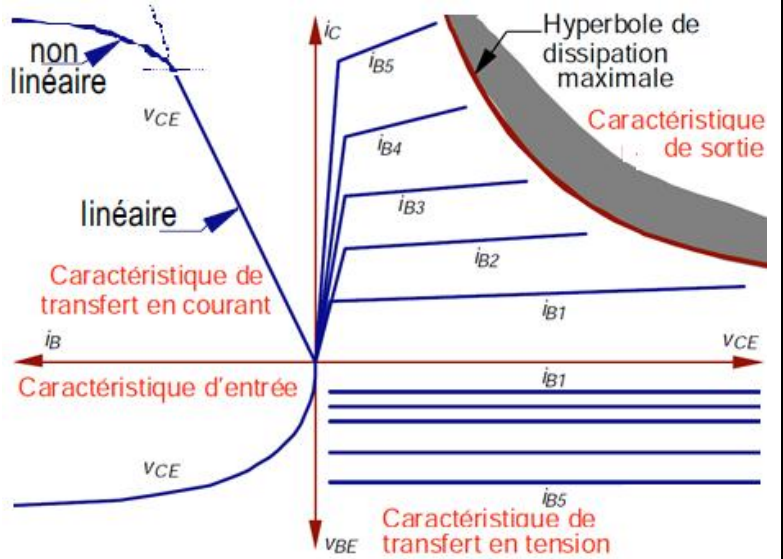
4.2 Fonctionnement du transistor

Le cas statique correspond au comportement du transistor à des courants continus. Le linéaire exploite la propriété d'amplification en courant. Le non linéaire, il y'a deux cas extrêmes, c'est un fonctionnement binaire



4.3 Polarisation des transistors– Caractéristiques statique

Le transistor ne laisse passer le courant que dans un seul sens : il faut le polariser pour pouvoir y faire passer du courant alternatif (changeant de signe-sens-). La polarisation du transistor consiste à fixer le point de repos (fonctionnement) $Q(v_{ce}, i_c)$ du transistor à l'aide d'un circuit extérieur. Ce circuit extérieur sera constitué de sources de tension et de résistances. Le point Q se trouve sur une droite appelé droite de charge qui représente la variation de v_{ce} en fonction de i_c , c-à-d $v_{ce} = a_1 \cdot i_c + b_1$ ou l'inverse $i_c = a_2 \cdot v_{ce} + b_2$



Différentes polarisation d'un transistor

Par résistance de base	Par réaction d'émetteur	Par réaction collecteur	Par l'émetteur	Par pont diviseur

4.4 Modèles linéaires petits signaux du transistor (Modèles Basses Fréquences)

4.4.1 Amplificateur à base de transistor

L'amplification à base de transistor bipolaire consiste à augmenter (resp diminuer) l'amplitude d'une source alternative (tension ou courant). En effet, la polarisation du transistor permet de faire circuler un courant constant. L'ajout d'une source alternative sur l'une des pattes fait circuler un autre courant alternatif (théorème de superposition). Le courant total (continu + alternatif) circule toujours dans le même sens.

<p>Amplificateur émetteur commun : La patte commune est l'émetteur. L'entrée est la base et la sortie est le collecteur.</p>	<p>Amplificateur collecteur commun : La patte commune est le collecteur. L'entrée est la base et la sortie est l'émetteur.</p>	<p>Amplificateur base commune : La patte commune est la base. L'entrée est l'émetteur et la sortie est le collecteur.</p>

Le régime alternatif a une fréquence assez grande pour que l'impédance des condensateurs tende vers zéro.

4.4.2 Schéma équivalent alternatif petits signaux du transistor. (Paramètres hybrides)

Le transistor est un tri-pôle, si on prend une patte comme commune, alors il devient un quadripôle. Alors il peut être défini par une matrice reliant : courant et tension d'entrée, courant et tension de sortie.

Transistor (quadripôle)	Modèle dynamique complet NPN	Modèle dynamique simplifié
$I_B = I_{B0} + i_b$ $I_C = I_{C0} + i_c$ $V_{BE} = V_{BE0} + v_{be}$ $V_{CE} = V_{CE0} + v_{ce}$ Le schéma est pour NPN. Pour PNP, il faudra inverser les sens de i_b , i_c , et du $h_{21} i_b$.	$\begin{cases} v_{be} = h_{11} \cdot i_b + h_{12} \cdot v_{ce} \\ i_c = h_{21} \cdot i_b + h_{22} \cdot v_{ce} \end{cases}$ <p> h_{11} : Résistance d'entrée à sortie court-circuitée. $h_{12} \approx 0$ Rapport (très faible) de transfert inverse en tension à entrée ouverte. $h_{21} \approx \beta$: Amplification en courant à sortie court-circuitée. $h_{22} \approx 0$ Admittance de sortie à entrée ouverte, généralement très faible. </p>	$\begin{pmatrix} v_{be} \\ i_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & 0 \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_b \\ v_{ce} \end{pmatrix}$

Un transistor polariser et utilisé en amplification, traite des courant et tension (continu + alternatif). En effet, les tensions et courants continus de la polarisation notés I_{B0} , V_{BE0} , I_{C0} et V_{CE0} point de fonctionnement, et les petites variations alternatives autour du point de repos qui sont respectivement i_b , v_{be} , i_c et v_{ce} .

<u>En résumé</u>	Emetteur commun	Collecteur commun	Base commune
Amplification $A = V_s/V_e$	Forte, quelques 100	1 Suiveur	Forte, quelques 100
Impédance $Z_e = V_e/I_e$	Moyenne, quelques 100 d'ohm	Assez élevée (k ohm)	Faible, quelques ohm
Impédance $Z_s = V_s/I_s$	Assez élevée quelques (k ohm)	Faible, quelques ohm	Assez élevée (k ohm)

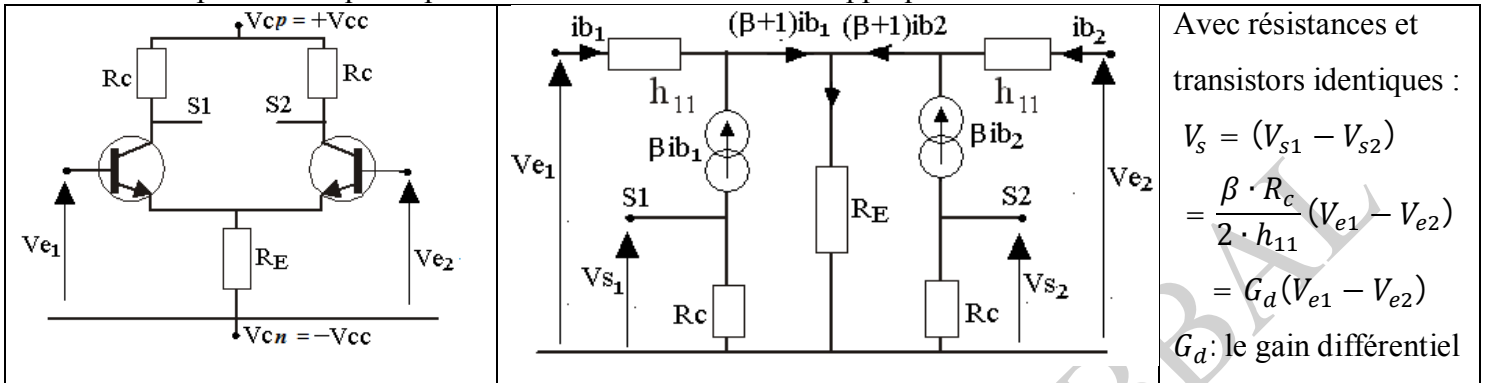
D'autres montages

<p>Le transistor (Montage) Darlington</p> <p>Dans certains cas le gain d'un transistor ne suffise pas à assurer le fonctionnement d'un montage. Dans ce cas, on peut faire alors appel à un montage (ou transistor) Darlington. À noter que les transistors de puissance ont un gain généralement faible, c'est pourquoi on les monte en Darlington</p>	<p>Etude d'amplificateurs à plusieurs étages BF</p> <p>Le schéma équivalent du montage amplificateur</p> <p>A_v : Le gain tension de sortie à vide : $R_{ch} = \infty$:</p>	<p>Transistor en commutation</p> <p>Transistor Saturé</p> $i_c = i_{csat}$ $v_{ce} \approx 0 \text{ et } v_s \approx E$ <p>Transistor Bloqué</p> $v_{ce} \approx E \text{ et } v_s \approx 0$ $i_c = 0 \text{ et } i_e = 0$
--	--	--

5 Chapitre 5 : Les amplificateurs opérationnels

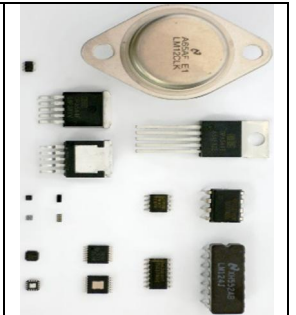
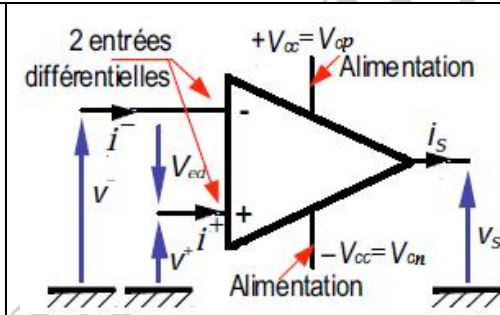
5.1 Amplificateur différentiel principe

C'est un amplificateur qui amplifie la différence des tensions appliquées sur ses deux entrées

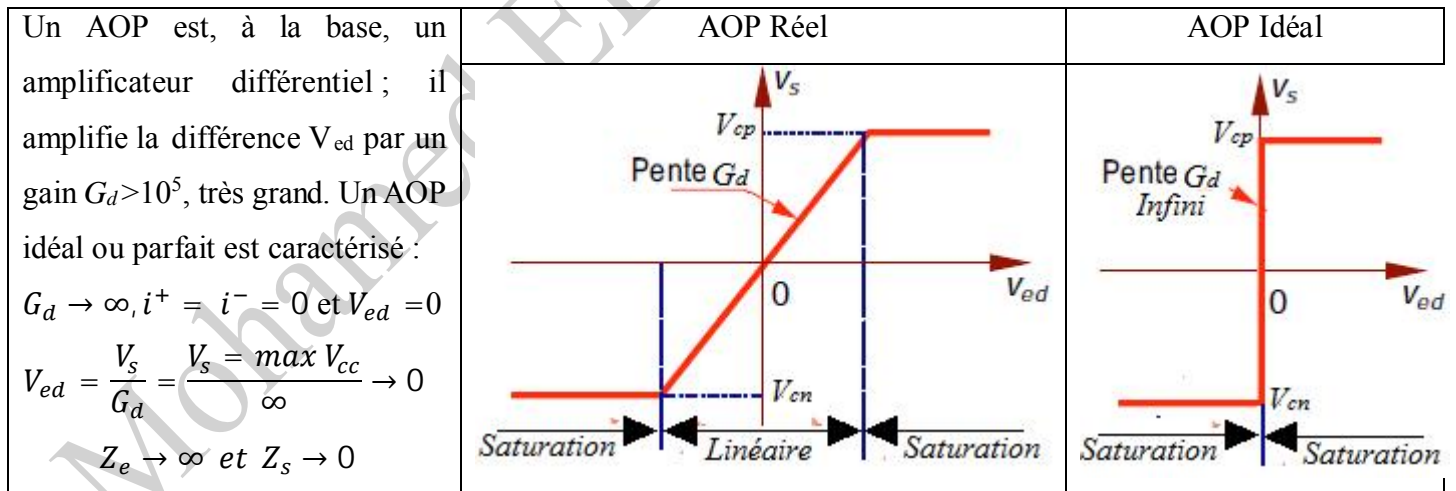


5.2 Amplificateur opérationnel

Définition : Un amplificateur opérationnel (AOP, ou OpAmp en anglais) est un circuit intégré dont la fonction de base est, l'amplification. Il est opérationnel parce qu'il permet de réaliser des fonctions arithmétiques (inversion, addition, soustraction...)



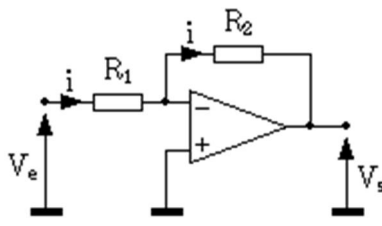
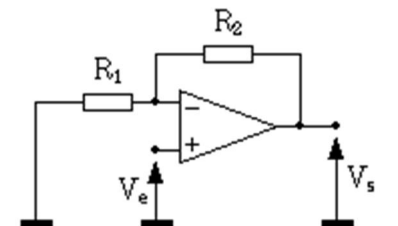
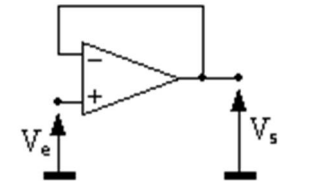
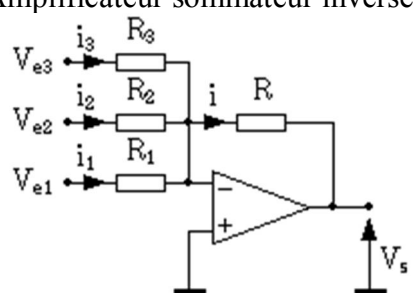
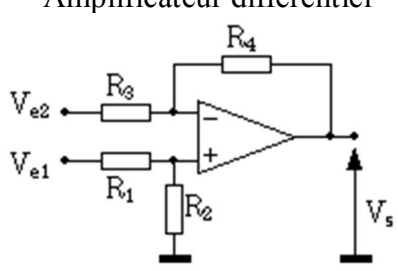
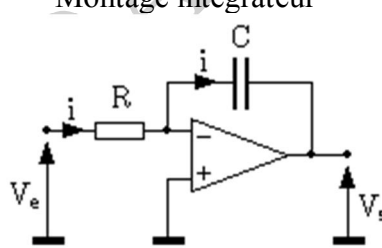
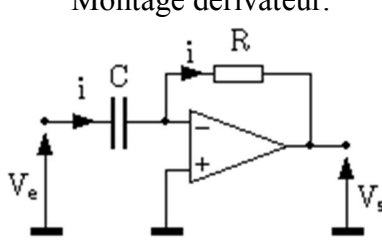
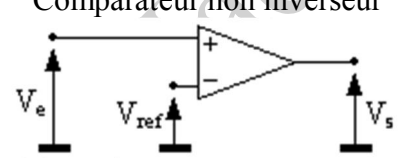
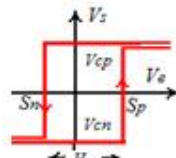
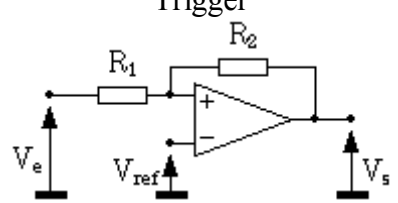
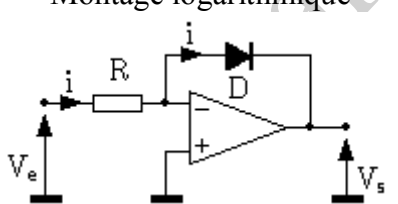
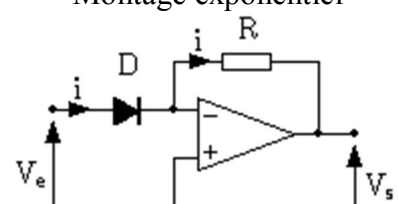
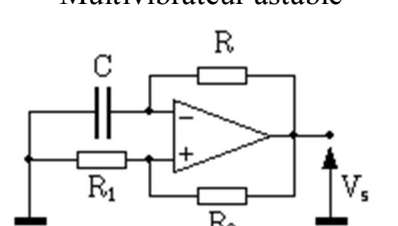
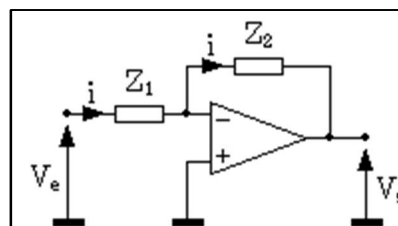
V^+ : l'entrée non inverseuse, V^- : l'entrée notée inverseuse, $V_{ed} = V^+ - V^-$ la différence entre $V^+ - V^-$, V_s : La sortie, V_{cp} généralement égale à V_{cc} alimentation positive et V_{cn} souvent égale à $-V_{cc}$ alimentation négative.



Récapitulatif sur l' AOP :

- Un AOP amplifie la différence des tensions à ses deux entrées "non inverseuse" et "inverseuse" $V_{ed} \approx 0$
- Le gain est très grand il tend vers l'infini $G_d \rightarrow \infty$
- L'alimentation est en principe symétrique, mais une alimentation positive est souvent possible
- L'impédance d'entrée est très grande, l'impédance de sortie très petite. Avec $i^+ = i^- \approx 0$
- Le gain diminue à mesure que la fréquence augmente; la bande passante va en général du continu à 1 ou 2 MHz pour les AOP en technologie bipolaire. Le courant maximal disponible atteint 25 mA

5.3 Les différents montages d'un amplificateur opérationnel

<p>Amplificateur inverseur</p>  $V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$	<p>Amplificateur non inverseur</p>  $V_s = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_e = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_e$	<p>Amplificateur suiveur</p>  $V_s = V_e$	
<p>Amplificateur sommateur inverseur.</p>  $V_s = -\left(\frac{R}{R_1} V_{e1} + \frac{R}{R_2} V_{e2} + \frac{R}{R_3} V_{e3}\right)$	<p>Amplificateur différentiel</p>  $V_s = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{e1} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{e2} \right)$	<p>Montage intégrateur</p>  $V_s = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_e \cdot dt$	
<p>Montage dérivateur.</p>  $V_s = -RC \frac{dV_e}{dt}$	<p>Comparateur non inverseur</p>  $V_e < V_{ref} \Rightarrow V_s = V_{cn}$ $V_e > V_{ref} \Rightarrow V_s = V_{cp}$ $V^+ = \frac{R_2 V_e + R_1 V_s}{R_1 + R_2}$ $\begin{cases} V^+ < V_{ref} \Rightarrow V_s = V_{cn} \\ V^+ > V_{ref} \Rightarrow V_s = V_{cp} \end{cases}$ 	<p>Trigger</p>  $V_n = -\frac{R_1}{R_2} V_{cp} + \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ref}$ $V_p = -\frac{R_1}{R_2} V_{cn} + \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ref}$	
<p>Montage logarithmique</p>  $I = I_f \left(e^{\frac{qV_d}{KT}} - 1 \right) = I_f \left(e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right)$ $V_s = -\frac{KT}{q} \ln \left(\frac{V_e}{R \cdot I_f} \right)$ <p>avec $V_T = \frac{KT}{q} = 25mV = 0.025V$</p>	<p>Montage exponentiel</p>  $I = I_f \left(e^{\frac{qV_d}{KT}} - 1 \right)$ $V_s = -R \cdot I_f e^{\frac{qV_e}{KT}}$	<p>Multivibrateur astable</p>  	
<p>Tous qui est valable pour les résistances est valable pour les impédances</p> <p>Exemple Amplificateur inverseur généralisé $V_s = -\frac{Z_2}{Z_1} V_e$</p>			