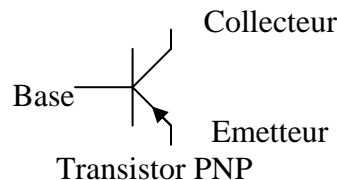
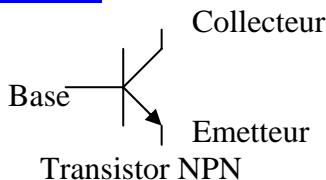


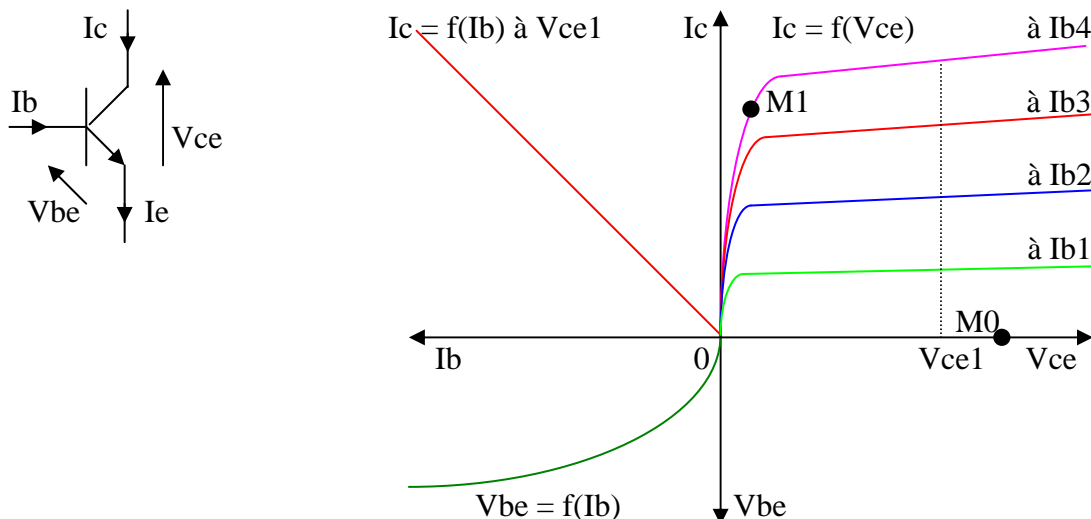
Transistor bipolaire

1- Symbole.



2- Caractéristiques électriques d'un transistor NPN.

Les caractéristiques électriques du transistor bipolaire sont unidirectionnelles. On peut donc les réunir sur un seul plan.

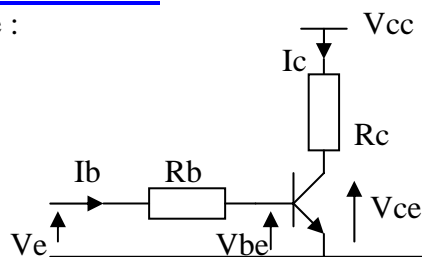


Observations :

- La fonction $I_c = f(V_{ce})$ est maîtrisée par la valeur du courant de base. Celle-ci comporte essentiellement deux domaines ; la partie où I_c est peu variable pour une valeur de I_b c'est le régime linéaire, la partie courbée où le transistor est en régime saturé.
- La fonction $V_{be} = f(I_b)$ est celle d'une jonction PN entre la base et l'émetteur.
- La fonction $I_c = f(I_b)$ caractérise « l'effet transistor » en régime linéaire. C'est une droite de pente β (ordre de grandeur de $\beta \approx 100$).
- En régime linéaire $I_c \approx \beta \cdot I_b$ et en régime saturé $I_c < \beta \cdot I_b$.
- En régime saturé $V_{ce} < 1 \text{ Volt}$.
- Au point M0 le transistor est bloqué. Entre son collecteur et son émetteur le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert.
- Au point M1 le transistor est saturé. Entre son collecteur et son émetteur le transistor est équivalent à un interrupteur fermé.
- Par la variation spontanée du courant I_b de 0 à I_{b4} ou inversement on peut passer de M0 à M1 ou inversement. Dans ce type de fonctionnement tout ou rien on dit que le transistor fonctionne en commutation.
- En faisant varier I_b tout en conservant le transistor en régime linéaire on peut utiliser le transistor en amplificateur de courant.

3- Transistor en commutation.

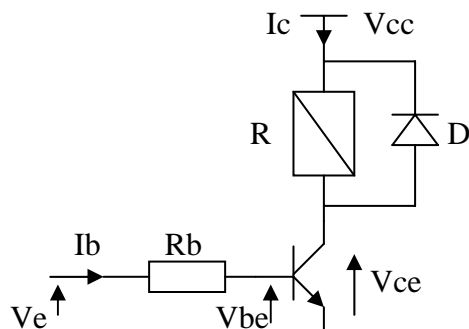
Exemple de structure :



Si $V_e = 0$ le transistor est bloqué.

Le transistor est saturé si $I_c < \beta \cdot I_b$, c'est à dire si $V_{cc} / R_c < \beta \cdot (V_e - V_{be}) / R_b$.

Exemple de commande de relais :



Le transistor permet de commander le relais en tout ou rien à partir du signal V_e .

Le relais R comprend entre ses bornes un bobinage que l'on peut assimiler à une inductance L en série avec une résistance r.

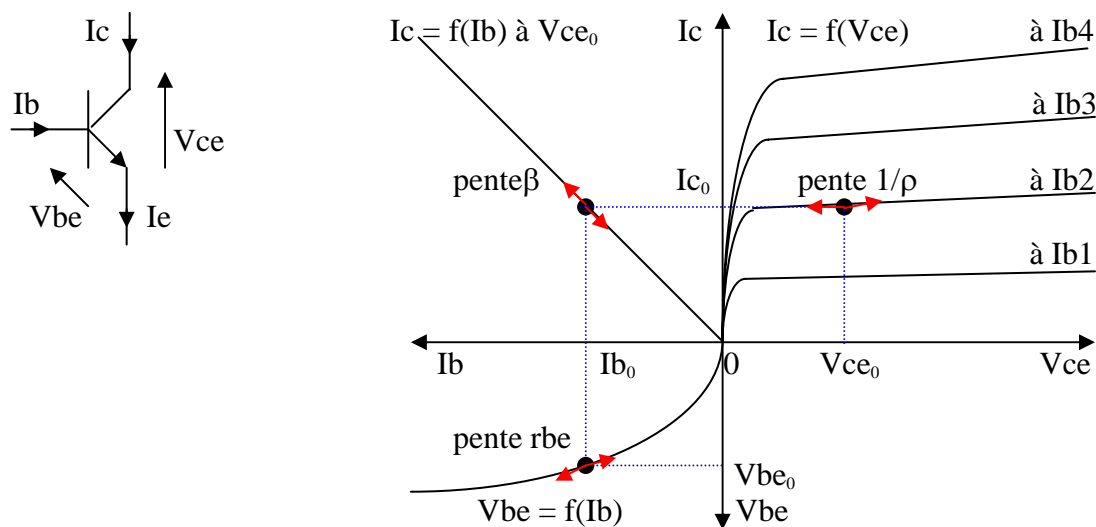
La diode D est une diode de roue libre qui assure la continuité du courant dans l'inductance du relais au blocage du transistor. Sans la diode D une surtension destructrice pour le transistor se produirait.

4- Transistor en amplification.

Le transistor est un composant unidirectionnel, pour amplifier des signaux sinusoïdaux il faut donc ajouter une composante continue appelée « polarisation » à chaque grandeur qui sollicite le transistor. Alors $X = X_0 + x$ où x est le signal à amplifier et X_0 la composante continue. Il faut dans tous les cas pour un transistor NPN $X > 0$. Donc la composante continue X_0 doit être plus grande que l'amplitude de x.

En régime linéaire le principe de superposition est applicable, on distinguera donc l'étude de la polarisation et de l'amplification des signaux.

41- *Modèle du transistor en petits signaux :*



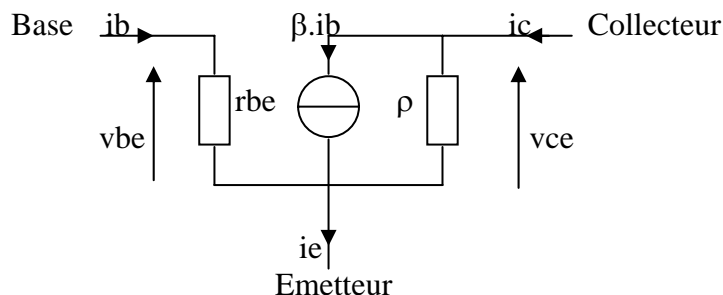
La polarisation fixe V_{be0} , I_{b0} , I_{c0} , V_{ce0} . Autour de la polarisation se déplace le point de fonctionnement du transistor quand sont appliqués les petits signaux à amplifier. Vis à vis des petits signaux les propriétés du transistor sont donc caractérisées par les pentes des tangentes aux points de polarisation. Ce sont les paramètres du transistor en petits signaux. Ils varient en fonction du choix du point de polarisation. On en déduit les équations pour les petits signaux :

$$v_{be} = r_{be} \cdot i_b$$

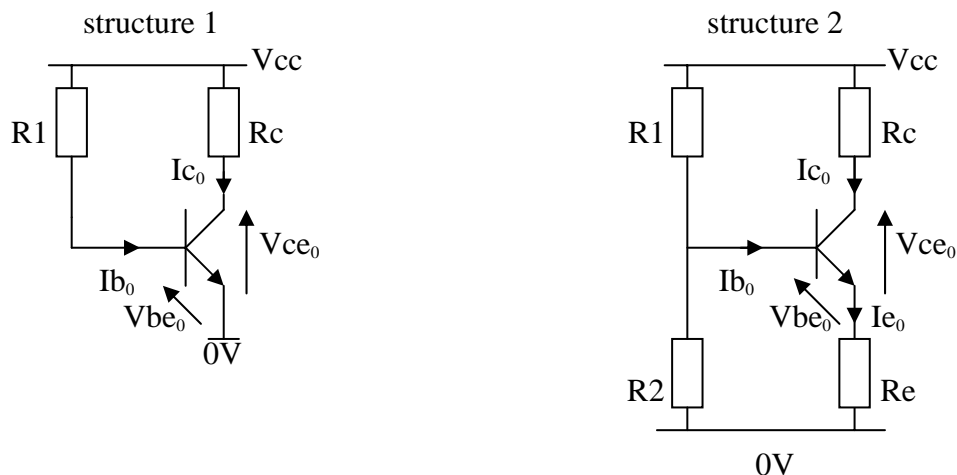
$$i_c = \beta \cdot i_b$$

$$i_c = \beta \cdot i_b + v_{ce} / \rho$$

Conformément à ces équations, en petits signaux le transistor peut être modélisé par le circuit électrique suivant :



42- Polarisation du transistor :



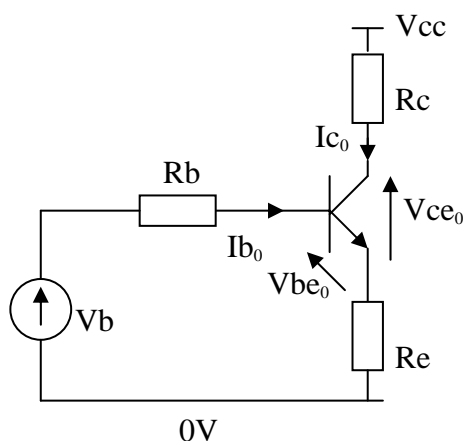
Dans la structure 1 :

$$I_{c0} = \beta \cdot (V_{cc} - V_{be0}) / R1$$

Le point de repos dépend beaucoup de β . Mais β varie d'un transistor à l'autre bien que la référence soit la même et pour un même transistor en fonction de la température. Ce montage très simple est donc difficilement utilisable.

Dans la structure 2 :

Le pont R1, R2 sur Vcc peut être remplacé par son modèle de Thévenin;



$$\text{où } V_b = V_{cc} \cdot R2 / (R1 + R2)$$

$$R_b = R1 \cdot R2 / (R1 + R2)$$

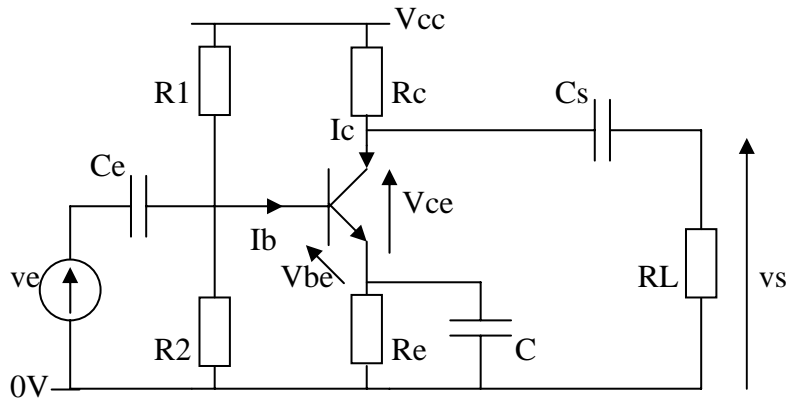
$$I_{c0} = \beta \cdot (V_b - V_{be0}) / (R_b + [\beta + 1] \cdot R_e)$$

En choisissant R_b faible devant $[\beta + 1]R_e$ alors $I_{c0} \approx (V_b - V_{be0}) / R_e$ devient pratiquement insensible à β .

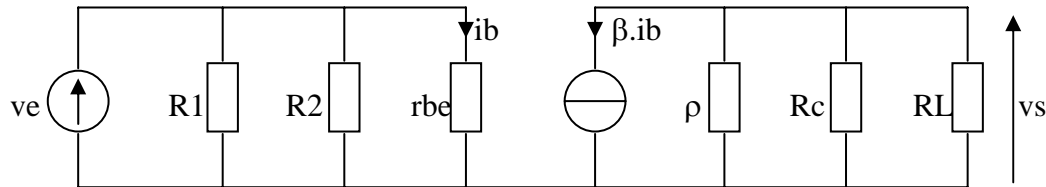
Dans la structure 2, le point de polarisation est donc stable en température et l'interchangeabilité des transistors est possible.

43- Amplificateur émetteur commun :

La structure 2 pour créer la polarisation est retenue. Les petits signaux à amplifier sont injectés au travers d'un condensateur de liaison C_e . Ainsi la polarisation n'est pas modifiée par le branchement du générateur v_e . De même la charge R_L est attaquée au travers du condensateur de liaison C_s . Le condensateur C permet par sa très faible impédance par rapport à R_e dans la bande passante d'appliquer v_e sur la jonction base-émetteur.



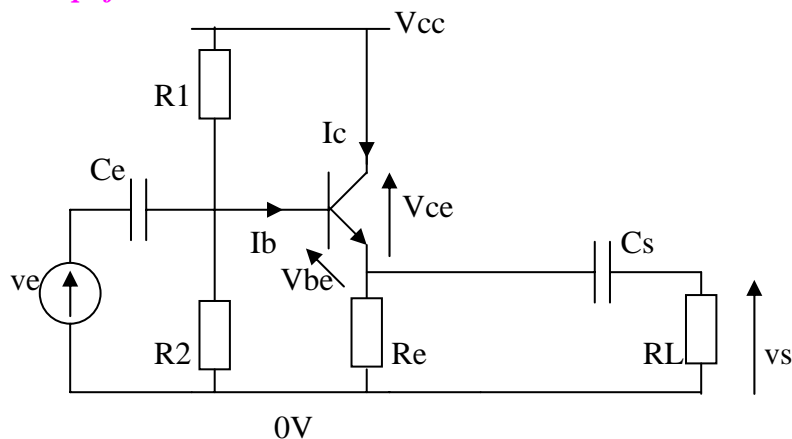
La source de tension continue V_{cc} est une source de tension nulle en petits signaux. Pour les petits signaux et dans la bande passante, les condensateurs de liaison C_e et C_s ainsi que C ont des impédances négligeables devant celles du circuit et la structure se comporte comme le schéma suivant :



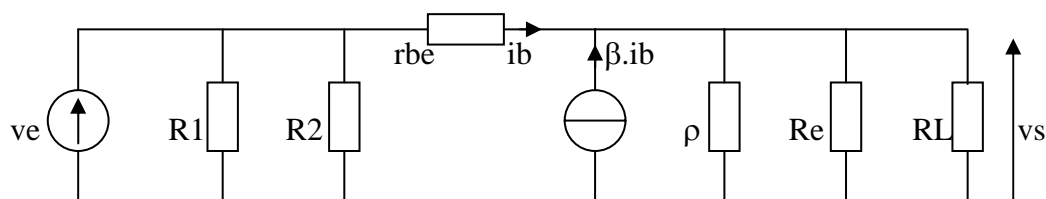
On en déduit :

- L'amplification en tension dans la bande passante, $A_v = v_s / v_e = - \beta \cdot (\rho // R_c // R_L) / r_{be}$.
- L'impédance d'entrée de l'amplificateur dans la bande passante, $Z_e = (R1 // R2 // r_{be})$.
- L'impédance de sortie dans la bande passante, $Z_s = (R_c // \rho)$.

44- Amplificateur collecteur commun :



La source de tension continue V_{cc} est une source de tension nulle en petits signaux. Pour les petits signaux et dans la bande passante, les condensateurs de liaison C_e et C_s ont des impédances négligeables devant celles du circuit et la structure se comporte comme le schéma suivant :

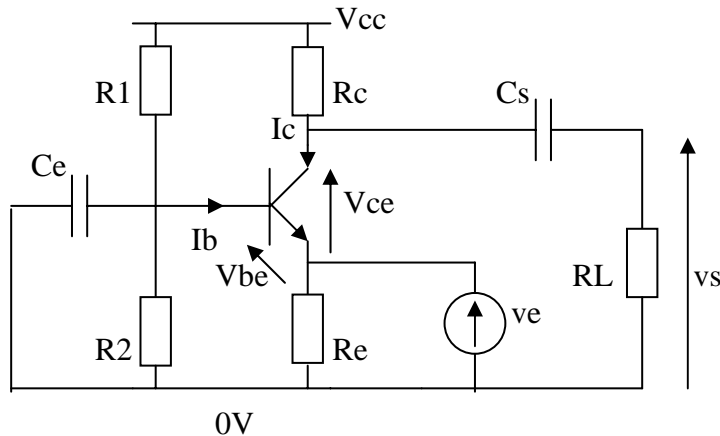


On en déduit :

- L'amplification en tension dans la bande passante, $A_v = v_s / v_e \approx 1$.
- L'impédance d'entrée de l'amplificateur dans la bande passante,
 $Z_e = (R1//R2//[r_{be} + \beta\{\rho//R_e//R_L\}])$.
- L'impédance de sortie dans la bande passante, $Z_s = r_{be}/(\beta+1)$.

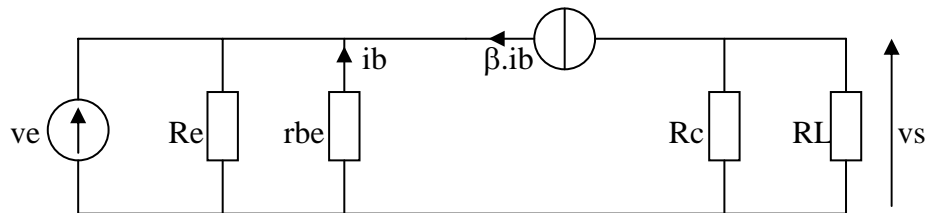
Cette structure se comporte en étage suiveur avec une relativement forte impédance d'entrée et une faible impédance de sortie.

45- Amplificateur base commune :



La source de tension continue V_{cc} est une source de tension nulle en petits signaux.

Pour les petits signaux et dans la bande passante, les condensateurs de liaison C_e et C_s ont des impédances négligeables devant celles du circuit et la structure se comporte comme le schéma suivant (si on considère ρ très grand) :



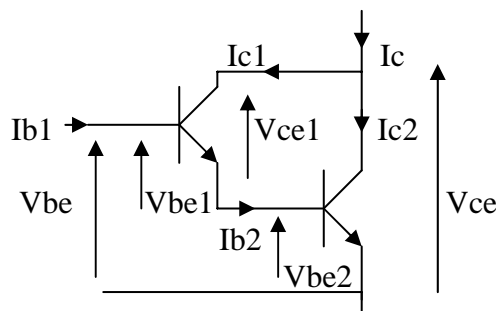
On en déduit :

- L'amplification en tension dans la bande passante, $A_v = v_s / v_e = \beta \cdot (R_c // R_L) / r_{be}$.
- L'impédance d'entrée de l'amplificateur dans la bande passante, $Z_e = (R_e // r_{be})$.
- L'impédance de sortie dans la bande passante, $Z_s = R_c$.

Cette structure se comporte en amplificateur non inverseur.

5- Structures à transistors.

51- Montage Darlington :



En régime linéaire ($V_{ce} > 2V_{ce1}$):

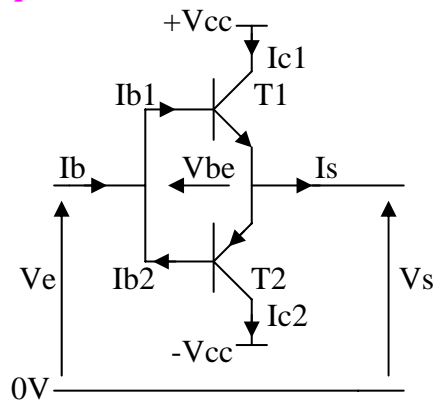
$$I_c = I_{c1} + I_{c2} = \beta_1 I_{b1} + \beta_2 I_{b2} = \beta_1 I_{b1} + \beta_2 (\beta_1 + 1) I_{b1} \approx \beta_1 \beta_2 I_{b1}$$

La structure fonctionne comme un transistor bipolaire ayant une très forte amplification en courant.

Mais le niveau de saturation V_{cesat} est élevé, $V_{cesat} = V_{ce1sat} + V_{be2} \approx 1,5V$.

Le seuil $V_{be} = V_{be1} + V_{be2} \approx 1,4V$.

52- Etage « push pull » :



T1 et T2 sont des transistors complémentaires de même amplification β .

Si $I_s > 0$ c'est T1 qui travaille $I_{C1} \approx I_s$ et T2 est bloqué $I_{C2} = 0$.

Si $I_s < 0$ c'est T2 qui travaille $I_{C2} \approx -I_s$ et T1 est bloqué $I_{C1} = 0$.

En régime linéaire ($[V_{cc} - 1\text{V}] > V_s < [-V_{cc} + 1\text{V}]$), $I_s \approx \beta \cdot I_b$.

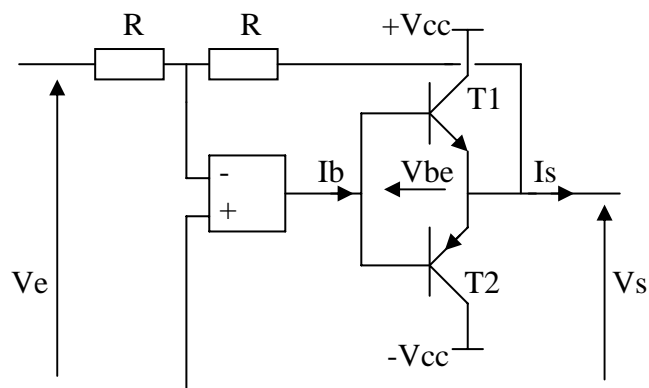
La structure est un étage amplificateur de courant.

$V_s = V_e + V_{be}$.

Mais $V_{be} = 0,7\text{V}$ si $I_s > 0$ et $-0,7\text{V}$ si $I_s < 0$. Il y a donc distorsion du signal V_s par rapport à V_e .

A ce défaut près la structure est suiveur de tension.

Si l'étage est placé dans la chaîne d'action d'un système bouclé, la distorsion en sortie peut être éliminée. Par exemple :



Ici $V_s = V_e$ et la distorsion est reportée sur la sortie de l'ALI.