



## Examen Electronique – Transistors bipolaires [SI-S4-ELEC-2-TB]

Les calculatrices et les documents ne sont pas autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.

**Réponses exclusivement sur le sujet. Si vous manquez de place, vous pouvez utiliser le verso des pages.**

### Exercice 1. QCM (3 points – Pas de point négatif)

Q1. En mode normal (ou linéaire), la jonction base-émetteur est :

- a. Bloquée **ⓑ** Passante

Q2. En mode saturé, la jonction base-collecteur est :

- a. Bloquée **ⓑ** Passante

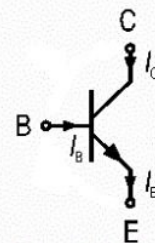
Q3. En mode normal (ou linéaire), on a

- a.  $I_B = \beta \cdot I_C$  **Ⓒ**  $V_{CE} > 0$   
 b.  $I_B > \frac{I_{C_{sat}}}{\beta}$  d.  $V_{BC} = 0,6V$

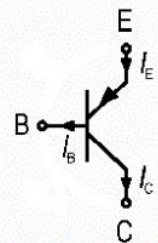
Q4. En mode linéaire, quelle est la relation correcte entre ces intensités :

- a.  $I_B + I_C + I_E = 0$   
 b.  $I_B = I_C + I_E$   
**Ⓒ**  $I_B + I_C = I_E$   
 d. La loi des nœuds dépend du type de transistor, donc aucune des lois ci-dessus ne peut s'appliquer dans les deux cas (NPN et PNP).

Transistor npn



Transistor pnp



Q5. Lorsqu'un transistor bipolaire NPN est saturé (1 ou plusieurs réponses sont possibles)

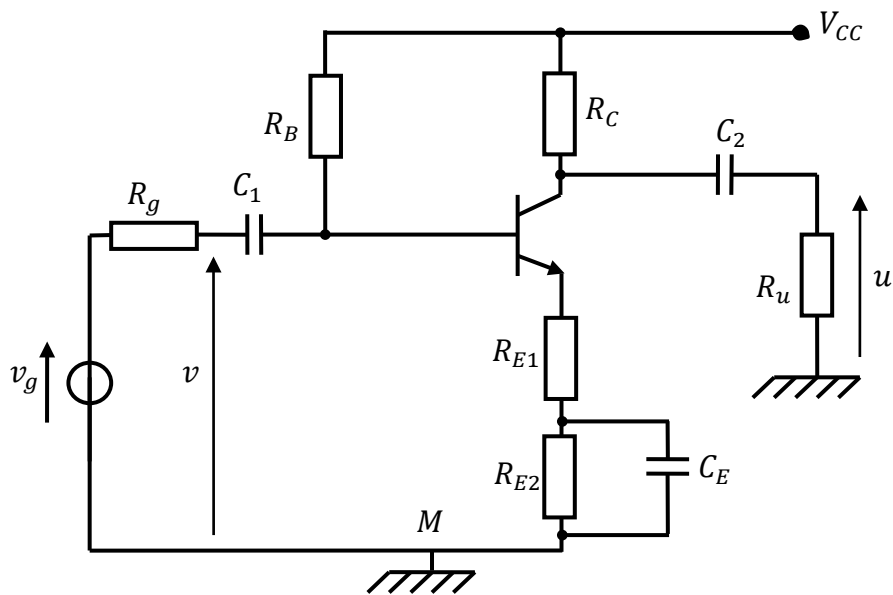
- a. Aucun courant ne passe  
**ⓑ** Le transistor se comporte comme un interrupteur fermé entre le collecteur et l'émetteur.  
 c. Le transistor se comporte comme un interrupteur ouvert entre le collecteur et l'émetteur.  
**Ⓓ** Le courant de collecteur atteint la valeur maximale fixée par le circuit (c'est-à-dire par l'alimentation, les résistances...)

Q6. Les modes bloqué et saturé du transistor bipolaire sont utilisés pour concevoir des portes logiques

- Ⓐ** VRAI b. FAUX

**Exercice 2. Amplificateur (10 points)**

On considère le montage ci-dessous :



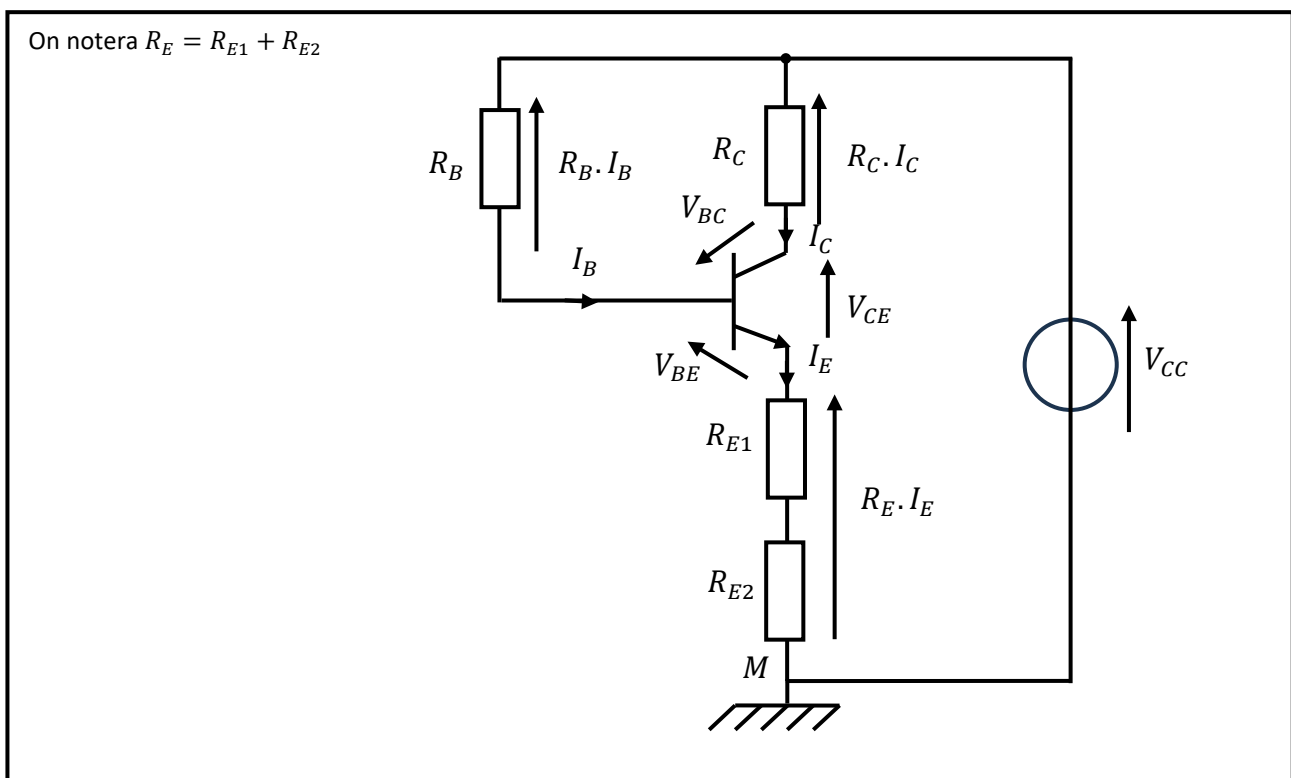
Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  sont des condensateurs de liaison, et le condensateur  $C_E$  est un condensateur de découplage.

On donne :

$$R_B = 150k\Omega, R_C = 1k\Omega, R_{E1} = 500\Omega, R_{E2} = 1k\Omega, V_{CC} = 10V, V_{BE} = 0,7V \text{ et } \beta = 100.$$

A. Etude de la polarisation (signaux continus)

1. Dessiner le schéma de polarisation.



2. Déterminer les courants  $I_B$  et  $I_C$  ainsi que la tension  $V_{CE}$ . On supposera que le transistor est en mode linéaire (inutile de le démontrer) et que  $1 + \beta \approx \beta$ .

Comme le transistor est en mode linéaire, on a :

$$\begin{cases} V_{BE} = 0,7 \text{ V} \\ I_C = \beta \cdot I_B \\ I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) \cdot I_B \approx I_C \text{ (car } \beta + 1 \approx \beta) \end{cases}$$

La loi des mailles donne :

$$V_{CC} = R_B \cdot I_B + V_{BE} + R_E \cdot I_E$$

$$V_{CC} = R_B \cdot I_B + V_{BE} + (\beta + 1) \cdot I_B = R_B \cdot I_B + V_{BE} + R_E \cdot \beta \cdot I_B \text{ (car } \beta + 1 \approx \beta)$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

On a donc :

$$I_C = \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_E}$$

Enfin, la loi des mailles permet aussi d'écrire :

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE} + R_E \cdot I_E$$

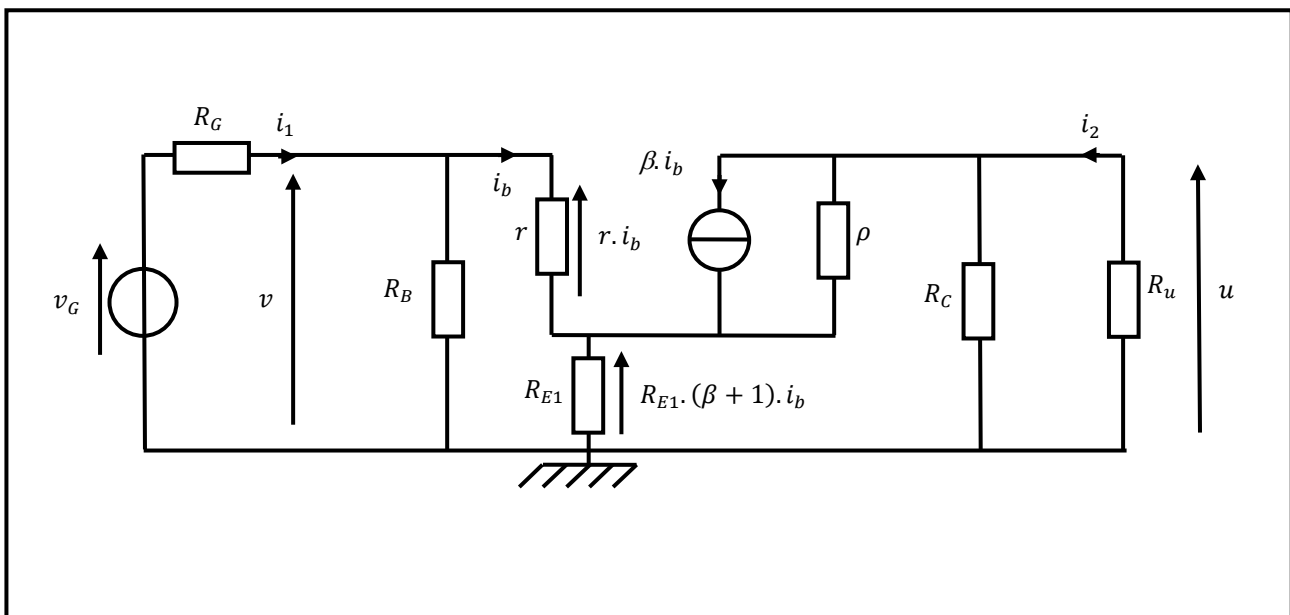
$$V_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) \cdot I_C$$

Applications Numériques :

$$\begin{cases} I_B = 31 \mu\text{A} \\ I_C = 3,1 \text{ mA} \\ V_{CE} = 2,25 \text{ V} \end{cases}$$

## B. Etude des petits signaux (signaux variables)

1. Déterminer le schéma équivalent petits signaux du montage précédent.



2. Déterminer l'expression littérale de l'amplification en tension  $A_v$ . (on supposera que  $1 + \beta \approx \beta$  et on négligera la résistance de sortie du transistor - Exprimez  $v$  et  $u$  en fonction de  $i_b$ .)

Si on néglige  $\rho$ , et qu'on considère que  $1 + \beta \approx \beta$ , on aura :

$$\begin{cases} v = r \cdot i_b + (\beta + 1) \cdot R_{E1} \cdot i_b = (r + \beta \cdot R_{E1}) \cdot i_b \\ u = -\frac{R_C \cdot R_u}{R_C + R_u} \cdot \beta \cdot i_b \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{u}{v} = -\frac{\beta \cdot R_C \cdot R_u}{(r + \beta \cdot R_{E1}) \cdot (R_C + R_u)}$$

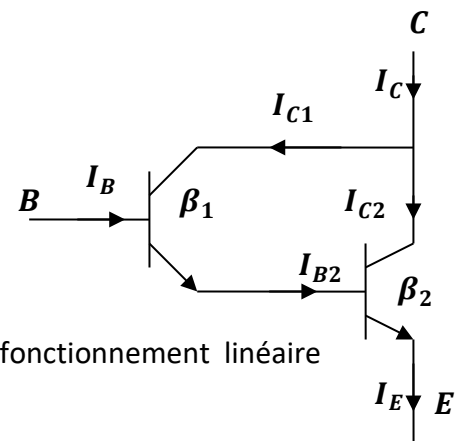
### Exercice 3. Montage Darlington (2 points)

On considère le montage ci-contre.

$\beta_1$  étant le coefficient de transfert du courant de base (aussi appelé Gain en courant) du transistor de gauche et  $\beta_2$  celui du transistor de droite, déterminer le gain en courant  $\beta$  du transistor équivalent, en fonction de  $\beta_1$  et  $\beta_2$ .

On supposera les deux transistors polarisés dans leur zone de fonctionnement linéaire (inutile de le démontrer !).

Rq : Commencez par exprimer  $I_C$  en fonction de  $I_B$ .



On cherche ici  $\beta$  tel que  $I_C = \beta \cdot I_B$ .

Comme les transistors sont polarisés en mode linéaire, on a :

$$\begin{cases} I_{C1} = \beta_1 \cdot I_B \\ I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} \end{cases}$$

De plus, on a, d'après la loi des nœuds :

$$I_C = I_{C1} + I_{C2}$$

Enfin, le courant de base du transistor de droite est aussi le courant d'émetteur du transistor de gauche. Donc,  $I_{B2} = (\beta_1 + 1) \cdot I_B$

On obtient donc :

$$I_C = \beta_1 \cdot I_B + \beta_2 \cdot (\beta_1 + 1) \cdot I_B = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \cdot \beta_2) \cdot I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \cdot \beta_2$$

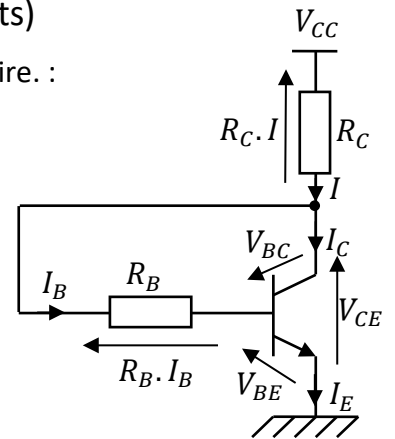
**Exercice 4. Polarisation par contre-réaction au collecteur (5 points)**

On considère le montage suivant, dans lequel le transistor est en mode linéaire. :

Déterminer le point de polarisation du transistor (c'est-à-dire les expressions des courants  $I_B$ ,  $I_C$  et  $I_E$ , ainsi que des tensions  $V_{BC}$  et  $V_{CE}$ .

Vous exprimerez vos résultats en fonction de  $V_{CC}$ ,  $R_C$ ,  $R_B$  et  $V_{BE}$ .

On considèrera que  $\beta + 1 \approx \beta$  et que  $V_{BE} = 0,7V$  quand la jonction Base-Emetteur est passante.



Comme le transistor est en mode linéaire, on a :

$$\begin{cases} V_{BE} = 0,7 V \\ I_C = \beta \cdot I_B \\ I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) \cdot I_B \approx I_C \text{ (car } \beta + 1 \approx \beta) \end{cases}$$

La loi des nœuds donne :

$$I = I_B + I_C = (\beta + 1) \cdot I_B \approx \beta \cdot I_B$$

La loi des mailles donne :

$$\begin{aligned} V_{CC} &= R_C \cdot I + R_B \cdot I_B + V_{BE} \\ V_{CC} &= R_C \cdot \beta \cdot I_B + R_B \cdot I_B + V_{BE} \\ I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_C} \end{aligned}$$

On a donc :

$$I_C = \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_C} \approx I_E$$

Enfin, la loi des mailles permet aussi d'écrire :

$$\begin{aligned} V_{CC} &= R_C \cdot I + V_{CE} \\ V_{CE} &= V_{CC} - R_C \cdot \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_C} \end{aligned}$$

Enfin, on a :

$$\begin{aligned} V_{BC} &= V_{BE} - V_{CE} \text{ ou } V_{BC} + R_B \cdot I_B = 0 \\ V_{BC} &= V_{BE} - V_{CC} + R_C \cdot \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta \cdot R_C} = R_B \cdot \frac{V_{BE} - V_{CC}}{R_B + \beta \cdot R_C} \end{aligned}$$