

LEPL1502 (P2) - RAPPORT DE LABORATOIRE L4

Transistor bipolaire

Semaine 5

Groupe A : Quentin, Tim, Jonas

Date : 02/03/2021

Groupe 71

Groupe B : Reza, Nathan

1 Objectifs et rappels théoriques

1.1 Objectifs

Le premier objectif de ce laboratoire est de comprendre le fonctionnement du transistor bipolaire et reconnaître ses différents modes de fonctionnement. Le second objectif de ce laboratoire est de caractériser le gain β en courant.

1.2 Rappels théoriques

Modes de fonctionnements

Le transistor possède différent 'modes' de fonctionnement¹, chacun dépendant des courants qui le traverses ainsi que des différences de tensions entre la base (B) et l'émetteur (E) ou entre la base (B) et le collecteur (C). Ces différents modes sont :

1. Le mode *bloqué* : lorsque la tension $V_{EB} > 0.7V$. Le transistor se comporte alors comme un circuit ouvert.
2. Le régime *saturé* : lorsque la tension $V_{EB} = 0.7V$. Il y a apparition du courant I_B . Comme le courant ne monte pas significativement au dessus de $0.7V$. La branche émetteur-base est modélisée par une source de tension (de $0.7V$). Le courant I_C apparaît lui aussi car la branche collecteur-émetteur peut est un quasi court-circuit. On quitte le mode saturé si :
 - (a) $V_{EB} < 0.7V$: le transistor passe en mode *bloqué*
 - (b) $I_C \geq \beta I_B$: le transistor passe en mode *linéaire*
3. Le mode *linéaire* : le courant de collecteur $I_C = \beta I_B$ et la tension $V_{EC} > 0V$
 - (a) $V_{EB} < 0.7V$: le transistor passe en mode *bloqué*
 - (b) V_{EC} devient très faible : le transistor passe en mode *saturé*

Gain en courant

β est appelé le gain en courant. Il s'agit d'un paramètre constitutif valant approximativement 100.

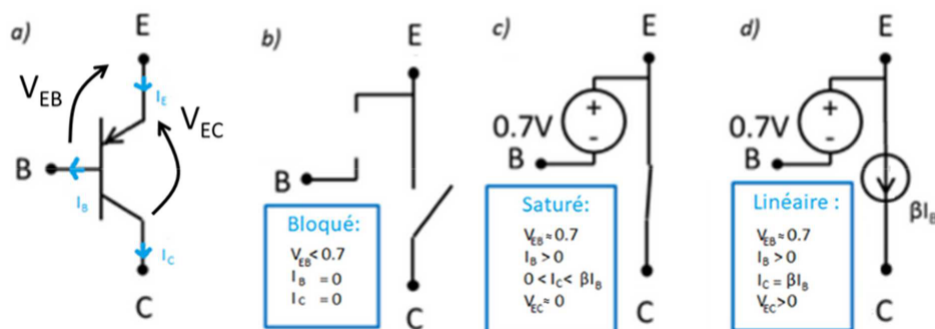


FIGURE 1 – Les différents modes du transistor

1. Informations tirée de la notice du laboratoire 4.

2 Méthodes de mesure

2.1 Influence de la tension V_{EB}

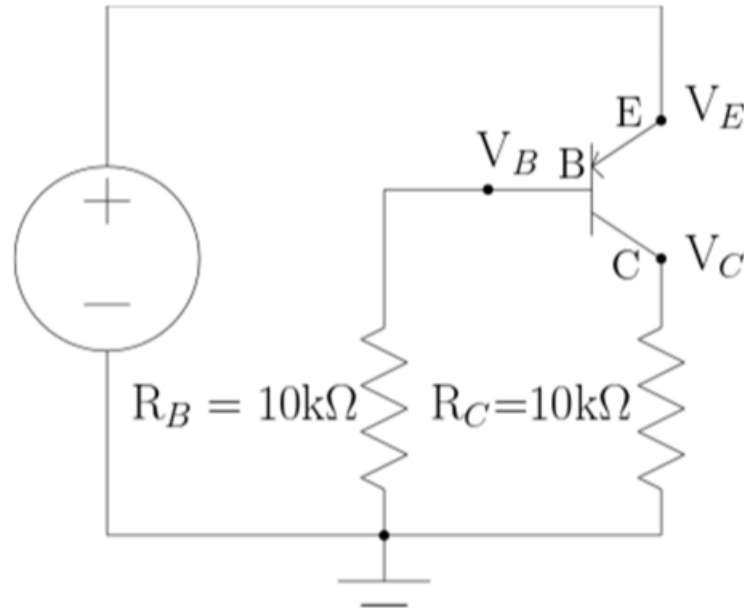


FIGURE 2 – Montage de test de l'influence de la tension V_{EB} .

Ce circuit contient :

- Une source de tension DC allant progressivement de $0V$ à $5V$. Nous la nommerons V_{DC} .
- Un transistor bipolaire PNP.
- Deux résistances R_B et R_C de $10k\Omega$ chacune.

Équations des tensions

L'expression des tensions et courants en mode saturé sont complexes et difficiles à exprimer précisément, il est néanmoins possible d'en trouver des approximations cohérentes en estimant $V_c = V_s$. De plus, puisque la tension dépend directement du courant via la relation $V = RI$, on peut aussi exprimer les tensions V_B et V_C en fonctions des courants.

$$I_B = \begin{cases} \frac{V_s - 0.7}{R_B} & \text{si } V_s > 0.7 \\ 0 & \text{si } V_s < 0.7 \end{cases} \quad (1)$$

$$V_B = \begin{cases} V_s - 0.7 & \text{si } V_s > 0.7 \\ 0 & \text{si } V_s < 0.7 \end{cases} \quad (2)$$

$$I_C = \begin{cases} 0 & \text{si } V_s < 0.7 \\ \frac{V_s}{R_C} & \text{si } V_s = 0.7 \\ \beta I_B & \text{si } V_s > 0.7 \end{cases} \quad (3)$$

$$V_C = \begin{cases} 0 & \text{si } V_s < 0.7 \\ V_s & \text{si } V_s = 0.7 \\ \beta I_B R_C & \text{si } V_s > 0.7 \end{cases} \quad (4)$$

Questions de réflexion

1. Dans le mode saturé et bloqué, on peut remarquer que la tension $V_{EB} \simeq 0.7V$. Cela fait directement penser à la tension de seuil en mode *forward* de la diode de Zener, (vue au laboratoire 2), qui est également égale à $0.7V$.
2. Les diodes sont des composants qui possèdent 2 bornes : une p et une n . On pourrait ainsi voir un transistor comme deux diodes conjointes, avec quelques modifications supplémentaires.
3. Le comportement du transistor peut ressembler (selon certains aspects) au fonctionnement d'un interrupteur. Le mode bloqué ne laisse donc passer aucun courant et n'alimente donc aucun composant. On pourrait déjà penser que, dans le cadre de notre projet, le transistor, laissera tantôt passer le courant, et le bloquera à un autre instant. Cela pourrait servir à actionner le courant dans la bobine au moment où l'aimant sera assez proche.

2.2 Source de courant commandée

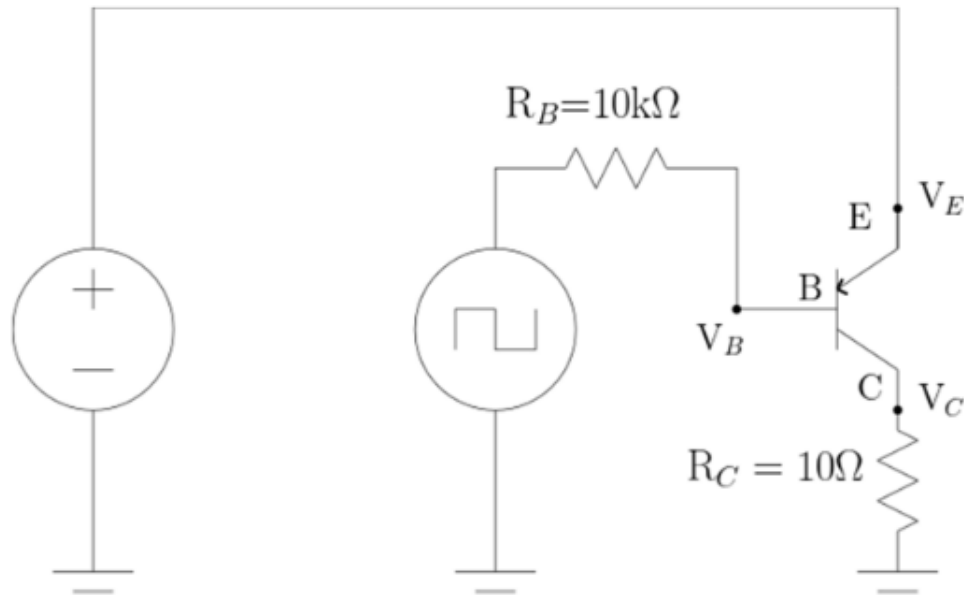


FIGURE 3 – Montage de test de pour la source de courant commandée.

Ce circuit contient :

- Une source de tension DC de 1.5V. Nous la nommerons V_{DC}
- Une source de tension alternative à signal rectangulaire d'une amplitude de 2V, toujours positif et d'une fréquence de 1KHz. Nous la nommerons V_{REC} .
- Un transistor bipolaire PNP.
- Deux résistances R_B et R_C de respectivement $10k\Omega$ et 10Ω .

Prédictions

Durant cette expérience, nous observerons deux des 3 états du transistor. En effet, puisque V_{REC} délivre alternativement 0V puis 2V, la tension V_{EC} sera elle aussi modifiée, et le comportement du courant I_C variera lui aussi. Regardons de plus près ces deux états :

- Le mode *bloqué*. Lorsque la source de tension alternative délivre 2V, la tension V_{EC} est inférieur 0.7V. Nous serons alors obligatoirement dans le mode bloqué. Ainsi, aucun courant ne passera ni dans I_B , ni dans I_C (et pas non plus dans I_E). On observe alors bien que le transistor agit comme un 'interrupteur ouvert' : il le laisse rien passer.
- Le mode *linéaire* : Dans ce cas si, la source de tension $V_{REC} = 0V$. Le transistor fera en sorte que la tension V_{EC} soit d'environ 0.7V e laissant passer juste suffisamment de courant I_B . On remarque alors que le courant I_C sera lui fortement amplifié via l'équation :

$$I_B = \beta I_C \quad (5)$$

Pour déterminer ces deux courants, il suffit de mesurer les deux tension V_B et V_C (et comme nous connaissons V_{REC} , R_B et R_C), il devient simple de déterminer la valeur des courant puis d'en déduire le gain.

Questions de réflexion

1. Le transistor bipolaire a 3 modes de fonctionnements (cités plus haut) : Le mode bloqué, le mode saturé, et le mode *linéaire*. On imagine que, pour les besoins des calculs à réaliser par la suite, nous pourrions distinguer 2 de ces 3 modes. Nous supposons pour l'instant qu'il s'agira du mode bloqué et du mode linéaire et que ce dernier nous permettra de trouver une valeur pour β .
2. Avant de faire les mesures, nous pouvons uniquement nous fier à la datasheet du composant. On y retrouve une plage pour la valeur du gain en courant allant de 160 à 400 (pour les modèles que nous avons reçus).
3. Pour rappel, la puissance $P = V.I$. Le transistor génère donc bien une puissance puisque $V_{EB} \simeq 0.7V$, $V_{EC} > 0$, $I_B > 0$ et $I_C \neq 0$. La puissance ne peut donc pas être nulle.
4. En observant V_C et plus particulièrement I_C , nous pouvons nous apercevoir que le mode linéaire pourrait servir à obtenir un plus grand courant. C'est en quelque sorte le même principe que l'ampli-Op à la différence de l'ampli-Op qui permet d'obtenir une plus grande tension.

2.3 Breadboard

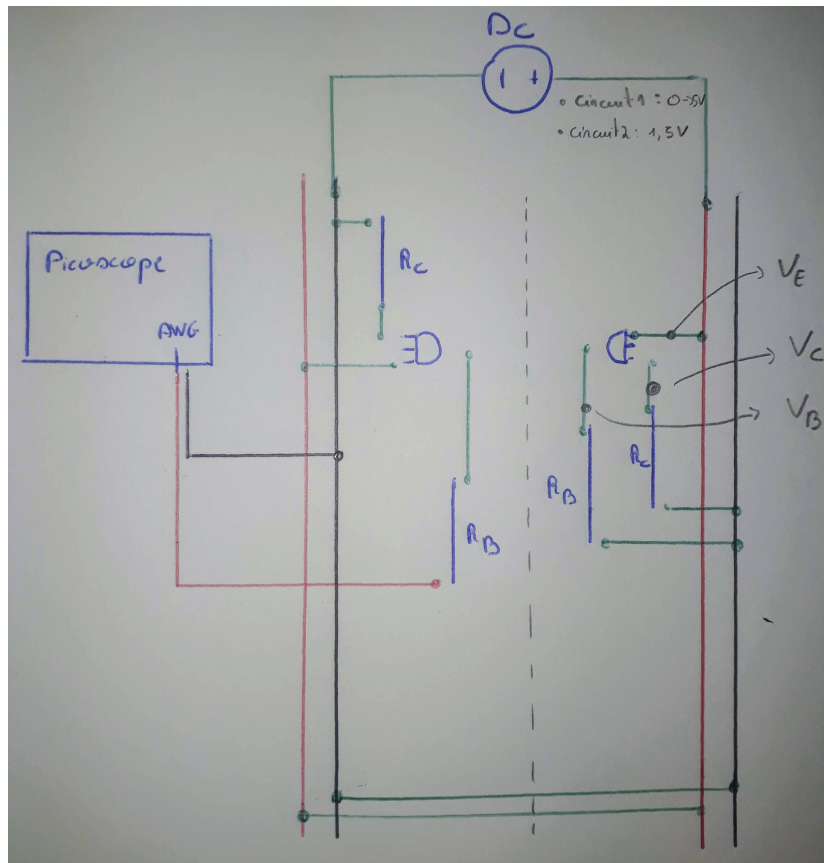


FIGURE 4 – Schéma de la breadboard utilisée dans la cadre du laboratoire 4

3 Compte rendu des mesures (brutes)

3.1 Influence de la tension V_{EB}

Dans le graphe ci-dessous, les deux tensions V_B et V_C sont données en fonction de la tension V_E .

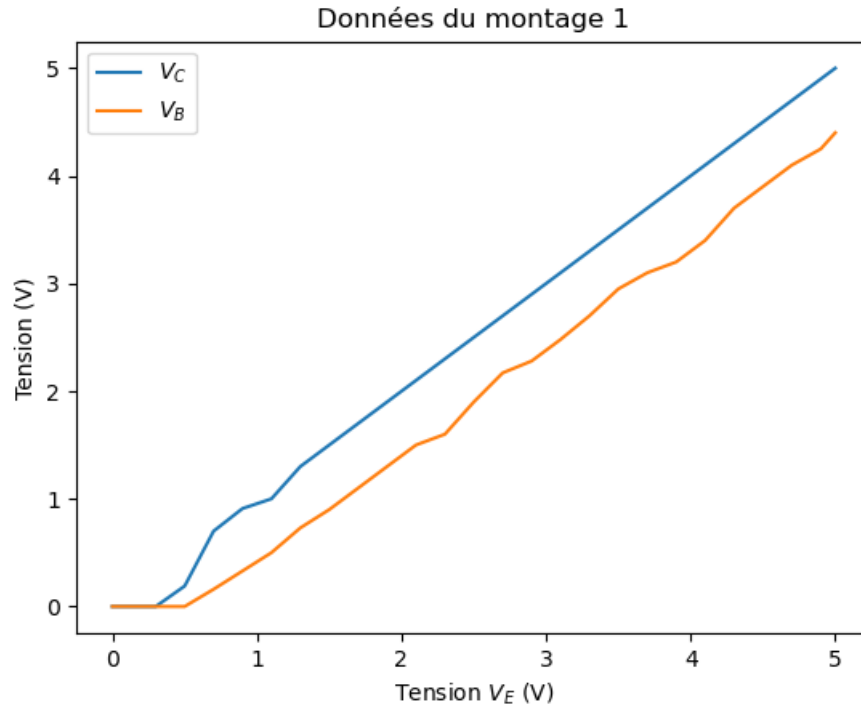


FIGURE 5 – Mesures des tensions du montage 1 en laboratoire

On observe qu'à partir d'une tension environ égale à $0.5V$, les courbes V_B et V_C quittent la valeur de $0V$ et deviennent linéaires. Par la suite, la tension $V_C = V_E$ et donc, une tension V_{EC} nulle. Quant à la tension V_B , elle reste environ entre $0.5V$ et $0.7V$, mais reste aussi linéaire.

3.2 Source de courant commandée

Lorsque l'on réalise le montage 2, nous obtenons 2 courbes rectangulaires distinctes tel que montré sur le graphique suivant.

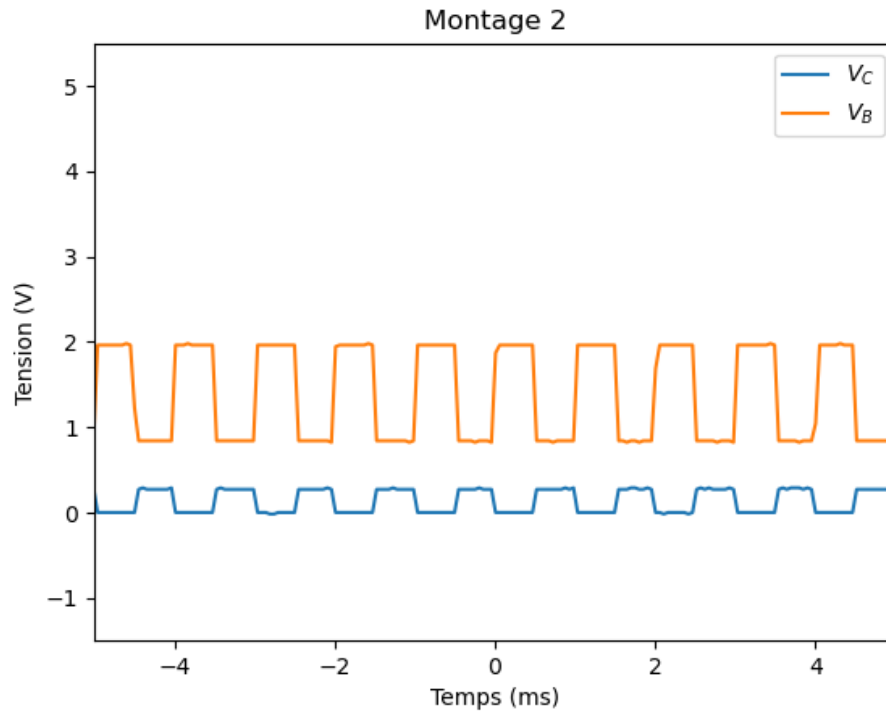


FIGURE 6 – Mesures des tensions du montage 2 en laboratoire

On remarque que lorsque la tension V_B est maximum, la tension V_C est minimal et inversement.

Afin de simplifier la lecture de ces données, nous pouvons les remettre dans un tableau où la première ligne correspond aux moments où $V_{REC} = 2$ et la seconde où $V_{REC} = 0$.

V_{DC} [V]	V_{REC} [V]	V_B [V]	V_C [V]
1.5	2	2	0
1.5	0	0.8	0.3

TABLE 1 – Données de l'expérience réalisée chez l'un des membres

4 Interprétation des résultats, discussion et conclusion

4.1 Influence de la tension V_{EB}

Au vu des résultats obtenus, il semble y avoir corrélation entre la tension V_B et V_C . A partir de 0.5V, la tension V_C est parfaitement égale à la tension d'entrée : ce résultat est cohérent avec le mode saturé, et donc avec une source de courant. Si ce n'était pas le cas, si le transistor se situait dans un mode linéaire, la tension augmenterait de manière extrême selon la loi $V = RI$. En effet, le courant I_C étant égale à βI_B avec un β égal à environ 375. Le cas échéant, le courant dans C serait égal à 375 fois celui dans B, ce qui ne correspond pas aux courbes obtenues. De l'autre côté, la tension V_B est elle aussi égale à la tension d'entrée à partir de 0.5V à laquelle on soustrait environ 0.7V, ce qui est également cohérent avec le mode saturé du transistor. En dessous de 0.5V, on peut deviner que le transistor se trouve en mode bloqué, ce qui justifie l'évolution plus rapide de la tension V_C et également le fait que la tension en B n'évolue pas selon les équations 1,2,3 et 4

4.2 Source de courant commandée

Avec les valeurs obtenues, on peut créer un tableau plus complet dans lequel on inclut les différences de tensions, ainsi que les différents courants (donné par le loi de ohm). La première ligne de ce tableau correspond au mode bloqué car comme on peut le voir, la tension V_{EB} est inférieure à 0,7V. Comme il s'agit du mode bloqué, les tensions I_B et I_C sont bien toutes les deux nulles. Dans la deuxième ligne, la tension V_{EB} est égale à 0,7V. Par conséquent, nous sommes donc en mode linéaire. On a donc, grâce à la figure 1, on a que $I_C = \beta I_B$. On a donc bien une tension I_C bien plus grande que la tension I_B grâce au gain.

V_{DC} [V]	V_{REC} [V]	V_B [V]	V_C [V]	V_{EB} [V]	V_{EC} [V]	I_B [mA]	I_C [mA]
1.5	2	2	0	-0.5	1.5	0	0
1.5	0	0.8	0.3	0.7	1.2	0.08	30

TABLE 2 – Données de l'expérience réalisée chez l'un des membres

Grâce aux données ci-dessus, on peut déterminer la valeur du gain en courant. On obtient ainsi :

$$\beta = \frac{30}{0.08} = 375$$