

4 - TRANSISTOR BIPOLAIRE - APPLICATIONS

Au cours de ce TP, nous allons étudier certaines applications du transistor bipolaire :

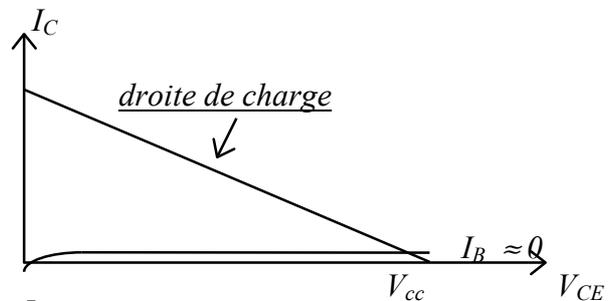
- en tant que source de courant commandée par un courant → régime linéaire
- en tant qu'interrupteur → régimes bloqué et saturé.
- en tant qu'amplificateur → régime linéaire

1. Modélisation du transistor

D'après le réseau de caractéristiques du transistor bipolaire on peut modéliser son comportement suivant 3 cas. Considérons une polarisation fixée, c'est-à-dire une droite de charge fixée dans le plan V_{CE} , I_C on distingue :

• **le régime bloqué**

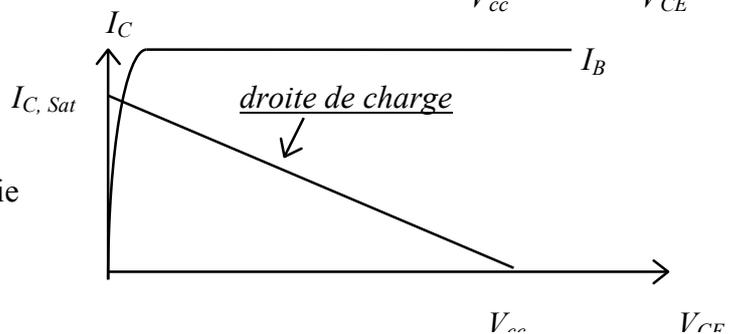
$I_C \approx 0$ quelque soit V_{CE} . → interrupteur ouvert



le régime saturé

$V_{CE} \approx 0$, → interrupteur fermé

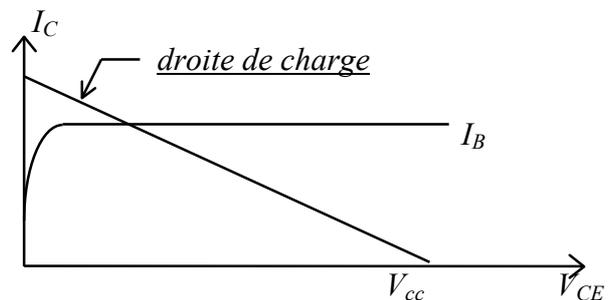
Toute augmentation de I_B ne modifie pratiquement pas I_C → $I_C = I_{C,Sat}$



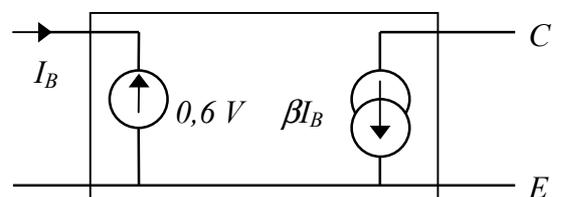
• **le régime linéaire**

$I_C \approx \beta I_B$. → amplification

Le transistor se comporte comme une source de courant commandé par un courant.



Le schéma équivalent du transistor se ramène alors au schéma ci-contre. Le générateur de tension B d'entrée de $0,6V$ modélise la jonction base-émetteur lorsque celle-ci est passante.



2. Utilisation du transistor en source de courant

On peut, de façon schématique, considérer que sur la figure 1 la partie de droite est un générateur de courant, c'est-à-dire un générateur qui impose un courant au circuit dans lequel il débite. La valeur de courant est imposée par le courant de base I_B (partie de gauche).

Pour s'en convaincre, on peut procéder à la charge d'un condensateur et observer que cette charge s'effectue à courant constant. Voici le schéma correspondant à cette étude :

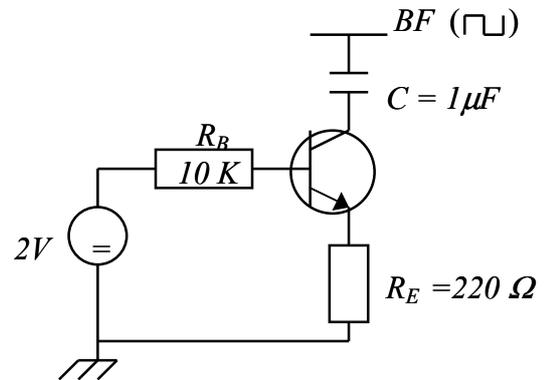


figure 1

2.1. Analyse du montage

Supposons le condensateur initialement déchargé. Si on applique brusquement une tension d'alimentation V_0 , on a alors :

$$V_C = V_0 - V_{cond} = V_0 - \frac{I_E t}{C}$$

car on a $q = I_C t$ à courant constant et $I_C \approx I_E$.

Tant que $V_{CE} > V_{CEseuil}$ le transistor débite un courant constant et on obtient une rampe de tension décroissante au collecteur.

2.2. Manipulation

- Câbler le montage suivant le schéma de la figure 1. Régler la tension continue à 2 V, puis brancher le BF en signal créneau (créneau > 0 , utiliser l'Off Set du générateur, $E \approx 10V$).
- Observer la tension collecteur à l'oscilloscope et vérifier en ajustant convenablement la fréquence du BF que l'on a bien une phase de décroissance linéaire de la tension collecteur.
- En mesurant à l'oscilloscope la durée de la rampe de charge du condensateur et la tension d'émetteur, en déduire quantitativement la valeur de la capacité (indiquer les calibres utilisés pour ces mesures).

3. Fonctionnement en commutation: interrupteur commandé

Sur la caractéristique de charge du transistor ($I_C - V_{CE}$), nous avons commenté deux régimes remarquables de fonctionnement : cas I : $I_C \approx 0$ pour $I_B \approx 0$, appelé régime de blocage puisqu'aucun courant ne circule; cas II : $V_{CE} \approx 0$, $I_C = I_{Csat}$, appelé région de saturation car alors le transistor ne peut plus fournir une intensité supérieure.

Un transistor fonctionnant uniquement en ces deux régimes a le comportement d'un interrupteur ce qui est parfois suffisant dans certaines applications.

Nous allons illustrer ce mode de fonctionnement dans le montage suivant qui représente l'élément de base d'un dispositif d'alarme. Si le flux lumineux est trop faible un voyant lumineux (une LED) s'allume, tandis qu'il restera éteint si le flux est supérieur à une valeur fixé par l'utilisateur.

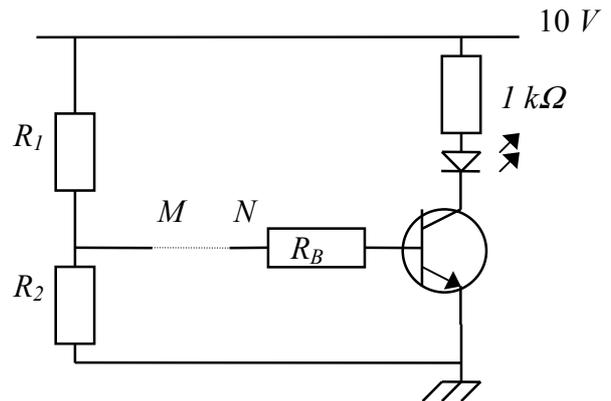


figure 2

3.1. Analyse du montage (figure 2)

Partie droite : l'interrupteur. On a déterminé précédemment qu'un courant de collecteur de 10 mA, correspondant à une résistance $R_C = 1\text{ k}\Omega$ pour une tension d'alimentation de 10 V, assurait la protection du transistor. Il est de plus suffisant pour allumer la LED (signal d'alarme).

Reste à obtenir un courant de base suffisant pour permettre la saturation. Raisonnons tout d'abord en supposant le transistor non saturé: alors $I_B = I_C / \beta$. Typiquement le β d'un transistor est au moins de 100. Il suffit donc d'assurer un courant de base 10 fois supérieur pour être certain d'avoir la saturation. Ce qui donne ici $I_B = I_C / 10 = 1\text{ mA}$. Avec une tension d'alimentation de 10V vous pourrez déterminer la résistance de base R_B que vous devez utiliser.

Partie gauche : la commande. Une photoresistance est un dispositif dont la résistance varie en fonction de l'éclairement. Vous déterminerez cette variation. On utilise une photoresistance et une résistance normale pour réaliser un diviseur de tension tel que la tension au point M varie d'une valeur $V_{inf} \approx 0$ à une valeur $V_{max} \approx 10\text{ V}$.

3.2.Manipulation

- Câbler tout d'abord la partie droite du montage et vérifier qu'une tension en N de 10 V sature le transistor (LED allumé), alors qu'une tension de 0 V bloque ce même transistor (LED éteinte).
- Déterminer dans la partie gauche comment réaliser le pont diviseur (photorésistance en R_1 ou R_2) pour que la tension en M bascule entre les deux valeurs prévues par le calcul lorsque l'on supprime le flux lumineux sur la photorésistance.

A. Relier M et N . Le montage devrait fonctionner correctement. Faire constater le succès du montage par l'enseignant.

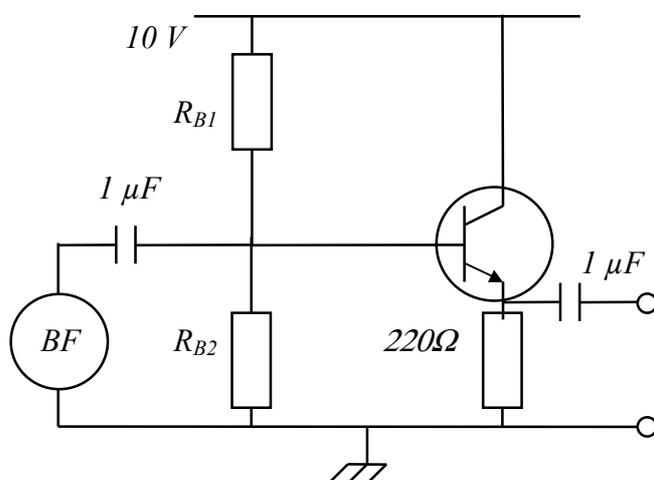
4.Amplification de puissance

On a vu dans des montages précédents (Travaux Pratiques n°3) qu'il n'était pas possible de prendre des charges trop faibles à cause des grandes impédances de sortie des montages préamplifications. On est donc amené à construire des amplificateurs de courant de gain en tension voisin de l'unité de façon à gagner en puissance.

4.1.Amplification en classe A : montage collecteur commun

On reprendra le montage du transistor utilisé pour la préamplification. Ce qui change dans le montage suivant, c'est que l'on récupère le signal de sortie entre l'émetteur et la masse (ici, d'un point de vue du régime variable, le collecteur est à la masse). On appelle un tel montage un montage « collecteur commun ». Le montage de la préamplification était un montage collecteur commun. En résumé on peut écrire :

- montage émetteur commun : amplification de tension (préamplification)
- montage collecteur commun : amplification de courant (amplification de puissance)



Manipulations :

1. Câbler le montage, puis vérifier que le signal de sortie est ici en phase avec le signal d'entrée.
2. Mesurer le gain à vide. Comparer avec la valeur théorique $G_{\infty} \approx 1$.
3. Mesurer l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie. Quel est l'intérêt de ce montage du point de vue de l'adaptation d'impédance ?
4. Considérer un signal basse fréquence (≈ 500 Hz) (donné par le générateur de signaux + une impédance de $10\text{ k}\Omega$ en série), attaquant un haut parleur, soit directement, soit par l'intermédiaire de l'étage amplification de puissance. Ecouter "à l'oreille" l'intérêt du montage.
5. Tenter de mesurer le gain en puissance du deuxième montage par rapport au premier en remplaçant le H.P. par une résistance de $10\ \Omega$.

4.2. Amplification en classe B : montage push-pull

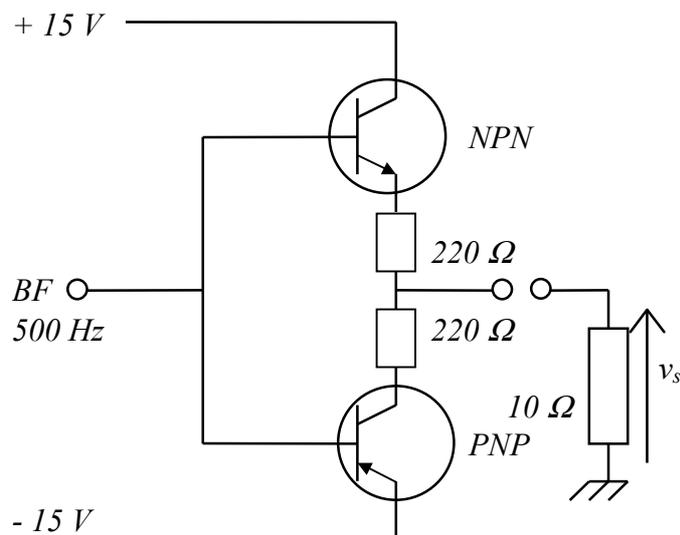
Le montage précédent présente deux inconvénients :

- pour un signal alternatif nul la puissance dissipée dans le transistor n'est pas nulle.
- on ne peut pas amplifier de signal très basse fréquence à cause des capacités de liaison nécessaires au maintien des courants de polarisation.

On peut éliminer ces deux inconvénients en utilisant une alimentation symétrique, deux transistors complémentaires (*NPN* et *PNP*) et polariser ainsi les transistors au voisinage de leur point de blocage de manière à ce qu'aucun courant ne les traverse si le signal à amplifier est nul. On dit alors que l'on travaille en classe B, et puisque les transistors travaillent en alternance (le *NPN* pour la partie positive du signal et le *PNP* pour la partie négative) on parle de montage **push-pull**.

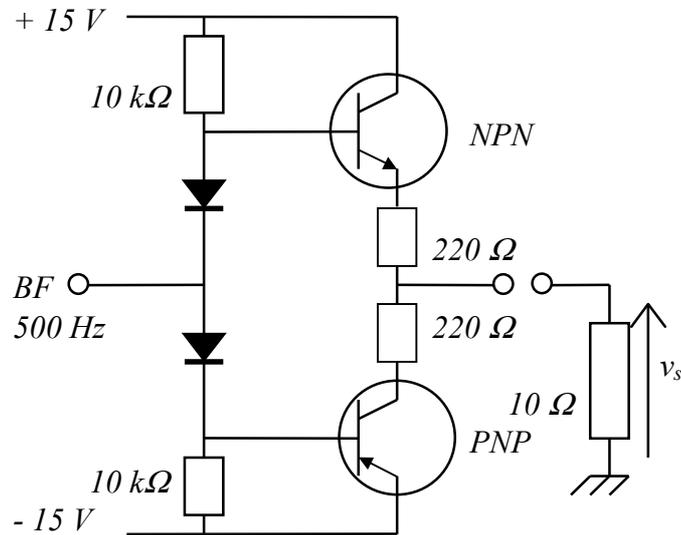
Manipulations :

1. Réaliser le montage push-pull de principe indiqué par la figure suivante :



2. Observer le signal de sortie et constater la distorsion du signal. Quelle en est l'origine ?

3. Pour éviter ce problème on rajoute une tension de décalage par un circuit de polarisation par diodes. Réaliser le montage suivant ainsi modifié :



4. Mesurer l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

5. Ecouter "à l'oreille", comme précédemment l'efficacité du montage en remplaçant la charge par un haut parleur.