

Montages électroniques en classe de seconde

par Jacques BEAULIEU
Lycée Benjamin Franklin, 45000 ORLÉANS

Montages présentés lors de journées organisées à l'intention des stagiaires de C.P.R. et de journées d'information de professeurs par Messieurs les I.P.R. BRUN et GOURSAUD.

Le développement de l'étude de l'électronique provoque l'enthousiasme de nombreux collègues, mais aussi parfois le scepticisme des autres : Comment s'y reconnaître dans la complexité actuelle de l'électronique et son évolution rapide ? Comment faire quelque chose de clair pour des élèves de seconde ? Comment adopter une démarche scientifique de physicien ?

Les composants actifs étudiés, amplificateurs opérationnels pour les courants faibles et transistors pour les courants forts, permettent de faire des montages très nombreux, mais qui se ramènent à seulement deux fonctionnements fondamentaux :

- fonctionnement analogique ;
- fonctionnement en commutation.

Comme exemples, pour chacun de ces deux types de fonctionnements, nous proposons les deux montages suivants :

1. EXEMPLE DE MONTAGE ANALOGIQUE : TÉLÉPHONE

Le signal de sortie est proportionnel au signal d'entrée. Un amplificateur opérationnel est utilisé en montage amplificateur. Des transistors sont éventuellement utilisés en amplificateurs de courant.

1.1. Schéma fonctionnel

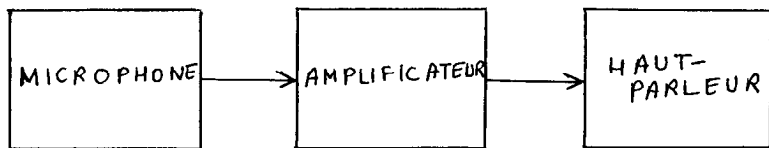


Figure 1

Le microphone et le haut-parleur utilisés sont du type électrodynamique. Ils sont construits de la même façon et à la rigueur un haut-parleur peut servir de microphone. Ce type de haut-parleur et de micro est très répandu et la plupart des lycées en possèdent quelques exemplaires. On peut aussi récupérer l'écouteur d'un combiné téléphonique et obtenir de bons résultats.

1.2. Étude du haut-parleur

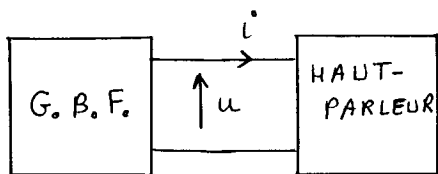


Figure 2

Régler le G.B.F. de façon à avoir un son bien audible sans exagération. Mesurer à l'oscilloscope l'amplitude de la tension aux bornes du haut-parleur. Mesurer également l'intensité du courant avec un multimètre, ou en observant à l'oscilloscope la tension aux bornes d'une résistance connue ajoutée en série dans le circuit. Si possible faire les deux et comparer les résultats.

1.3. Étude du microphone

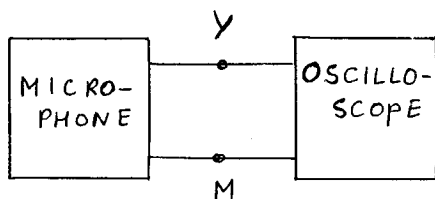


Figure 3

Relier directement le micro et l'oscilloscope. Parler «normalement» et observer la tension disponible. Évaluer son amplitude. Il serait intéressant de pouvoir évaluer aussi l'intensité du courant que peut fournir le micro mais ce n'est guère possible avec le matériel habituel du lycée.

1.4. Amplificateur de tension

Les essais précédents ont donné l'amplitude de la tension v_1 à la sortie du micro et l'amplitude de la tension v_2 à l'entrée du haut-parleur. On connaît donc le rapport $\frac{v_2}{v_1}$. Il faut maintenant faire un amplificateur de

tension correspondant à ce rapport. On peut penser à utiliser un amplificateur opérationnel dans le montage amplificateur inverseur. (Mais ce n'est pas la seule possibilité).

1.5. Rappels sur le montage amplificateur inverseur

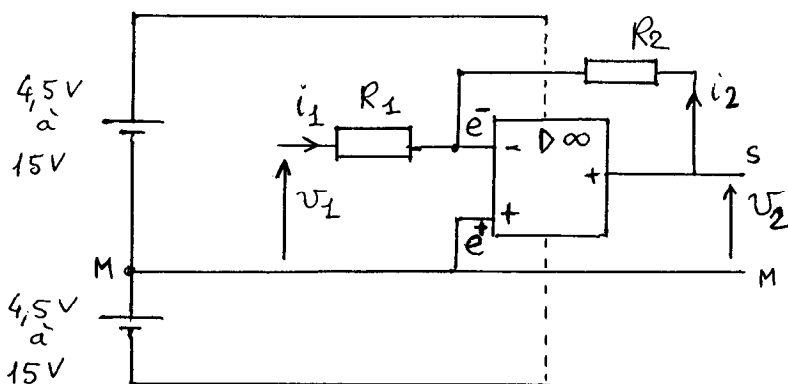


Figure 4

L'ampli. op. (nous utilisons un TL 081) a besoin d'une alimentation double. Si on dispose d'une alimentation $+15\text{ V}$, -15 V c'est parfait sinon on peut utiliser deux alimentations ordinaires de 12 volts (ou même deux piles de 4,5 volts si on accepte une diminution du courant maximal que peut fournir l'ampli. op.).

Le point commun des deux alimentations est la masse, prise comme origine des tensions. Ces fils reliant l'ampli. op. au plus et au moins de l'alimentation ne sont, en général, pas représentés dans les schémas d'électronique.

En cas de besoin nous les dessinerons en pointillés. L'ampli. op. sera considéré, a priori, comme parfait, en laissant l'utilisateur découvrir lui-même les défauts si son montage fonctionne mal.

• Rappelons le calcul de $\frac{v_2}{v_1}$

$v_2 = A(v_{e+} - v_{e-})$ avec A très grand, pratiquement infini. Comme l'ampli. op. n'est pas saturé c'est que $v_{e+} - v_{e-}$ est très petit, pratiquement nul. Comme l'entrée e^+ est reliée à la masse $v_{e+} = 0$ et on a aussi $v_{e-} = 0$. On admet que l'entrée e^- de l'ampli. op. n'absorbe aucun courant.

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = R_1 i_1 \\ v_2 = R_2 i_2 \\ i_1 = -i_2 \end{array} \right\} \quad \frac{v_2}{v_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$

• **Choix de R_1 et de R_2**

Le microphone devra fournir le courant i_1 , d'intensité $\frac{v_1}{R_1}$. Ce ne sera pas possible si les résistances R_1 et R_2 sont trop faibles. On peut penser à prendre R_2 entre 100 k Ω et 1 M Ω et à choisir R_1 en conséquence.

1.6. **Essais**

• **Essai de l'amplificateur**

On met le microphone à l'entrée de l'amplificateur et l'oscilloscope à la sortie. Parler dans le micro et vérifier que la tension de sortie a bien la valeur prévue.

• **Essai de l'ensemble du montage**

Brancher le haut-parleur à la sortie, avec des fils assez longs pour pouvoir s'éloigner un peu et essayer le «téléphone». On peut laisser l'oscilloscope en parallèle avec le haut-parleur pour voir si le signal de sortie est altéré par la présence du haut-parleur.

1.7. **Extension**

La chaîne étudiée précédemment constitue une manipulation suffisamment compliquée pour les élèves, mais il est possible au professeur de présenter un montage plus puissant avec un haut-parleur que l'on peut entendre dans toute la classe et pas seulement lorsqu'on l'applique à l'oreille. Il suffit d'ajouter dans la chaîne un étage de puissance à transistors complémentaires, par exemple BD 237 et BD 238, faisant avec le TL 081 un «super ampli. op.».

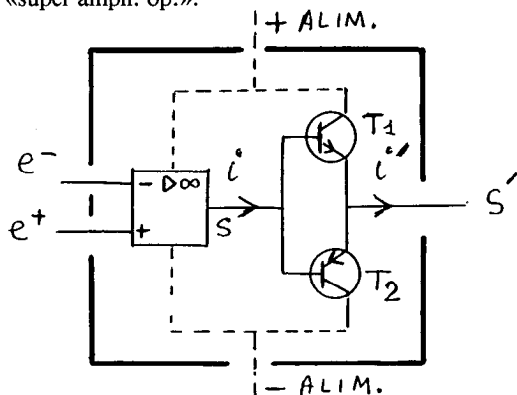


Figure 5

Ce nouveau montage permet de montrer les transistors dans un fonctionnement non saturé, en amplificateurs de courant - suiveurs de tension.

Ce transistor NPN T_1 fonctionne lorsque i et i' sont positifs et T_2 lorsque i et i' sont négatifs.

$$i' = (\beta + 1) i \approx \beta i \quad \text{et} \quad v_s' = v_s \text{ à } 0,6 \text{ volt près.}$$

C'est avec ce «super-ampli. op.» que nous faisons l'amplificateur inverseur.

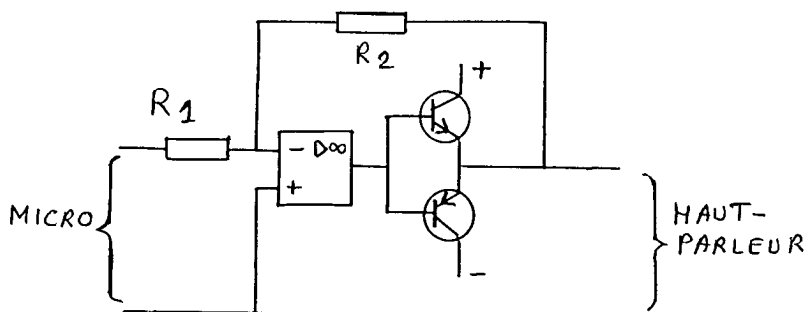


Figure 6

L'intensité des courants demandés pour l'alimentation des transistors peut devenir importante, de l'ordre de l'ampère. La même alimentation double peut généralement alimenter l'ampli. op. et les transistors, mais en cas de difficultés il vaudra mieux prendre deux alimentations doubles dont les points milieux sont tous deux à relier à la masse du montage.

2. EXEMPLE DE MONTAGE FONCTIONNANT EN COMMUTATION : ÉCLAIRAGE AUTOMATIQUE

L'amplificateur opérationnel (TL 081) est utilisé en comparateur. Sa sortie est saturée, à une tension voisine, soit de celle du plus de l'alimentation, soit de celle du moins de l'alimentation. Ces transistors sont bloqués ($i_C \approx 0$) ou saturés ($V_{CE} \approx 0$).

2.1. Schéma fonctionnel

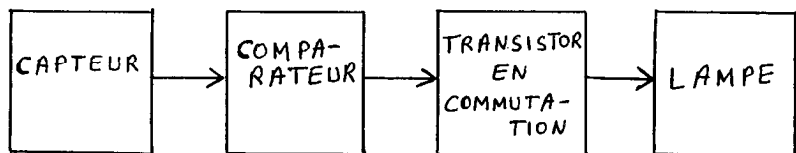


Figure 7

L'alimentation est fournie par une batterie 12 volts, à défaut par une alimentation 12 volts habituelle.

Une lampe s'allume si l'éclairage normal est insuffisant ou en panne.

Ce montage est proche du célèbre «allumeur de réverbère» mais l'utilisation d'un ampli. op. le rend plus polyvalent et permet de mieux déterminer les éléments à utiliser pour sa réalisation.

2.2. Réalisation de l'étage de sortie

1 - Mesurer l'intensité du courant nécessaire à la lampe.

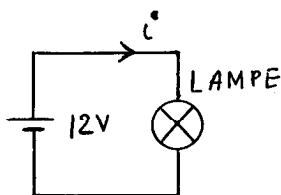


Figure 8

2 - Commander l'allumage de lampe avec le transistor.

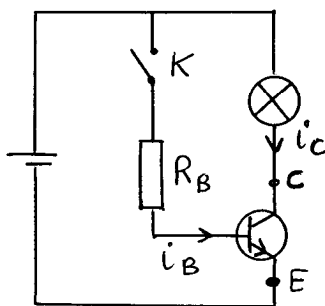


Figure 9

Le transistor utilisé pour ce montage (BD 135 ou BD 237 par exemple) a déjà été étudié et on a mesuré β . Pour saturer le transistor il faut $\beta i_B > i_C$. On choisira R_B de façon à avoir βi_B supérieur au courant nécessaire à la lampe. Faire le montage et vérifier que $V_{CE} \approx 0$ lorsque l'interrupteur K est fermé.

2.3. Étude du comparateur

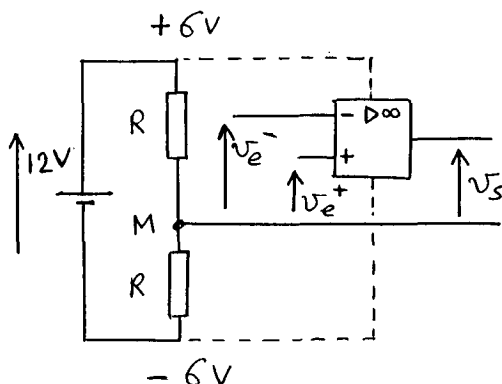


Figure 10

Pour l'amplificateur opérationnel, la batterie 12 V devient une alimentation $+6\text{ V}$; -6 V .

Pour cela il suffit de prendre l'origine des tensions en M, point milieu entre deux résistances égales. La valeur de R n'a pas beaucoup d'importance. On peut prendre par exemple $R = 10\text{ k}\Omega$ ou $1\text{ k}\Omega$.

L'ampli. op. fonctionne en comparateur. Si $v_{e+} > v_{e-}$ $v_s \approx 5\text{ volts}$ et si $v_{e+} < v_{e-}$ $v_s \approx -5\text{ volts}$. L'intensité que peut fournir l'ampli. op. est de l'ordre de 10 mA .

2.4. Étude du capteur

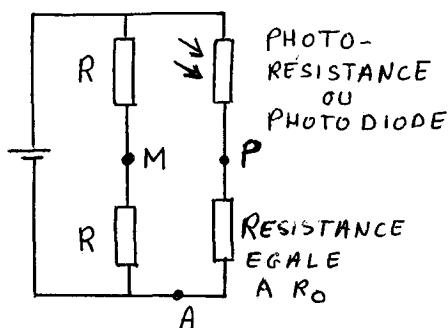


Figure 11

On utilise une photorésistance, mais on pourrait aussi bien utiliser une photodiode. Mesurer à l'ohmmètre la résistance R_0 de cette photorésistance dans les conditions limites d'éclairement. On place, en série avec la photorésistance, une résistance égale à R_0 . Mesurer V_{PA} lorsque la lumière ambiante est forte et lorsqu'elle est faible.

2.5. Montage complet

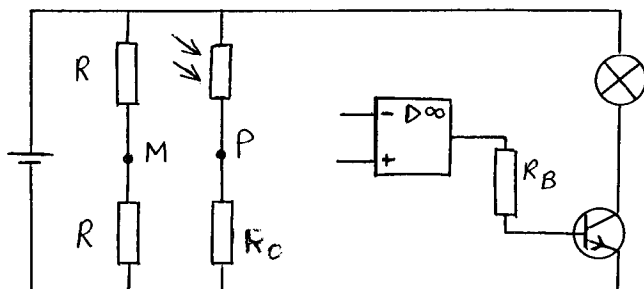


Figure 12

Comment relier M et P aux entrées de l'ampli. op. pour avoir un fonctionnement correct ?

2.6. Amélioration possible

Le montage précédent fonctionne avec une petite lampe de 12 volts. C'est suffisant pour les élèves mais on peut leur montrer un montage fonctionnant avec une lampe plus forte (lampe de stop ou de phare de voiture). On ajoute à la chaîne un étage avec un transistor de puissance (par exemple un 2N 3055) fonctionnant en commutation. Il faut alors inverser le branchement des entrées de l'ampli. op. car le nouvel étage introduit une fonction NON dans la chaîne.

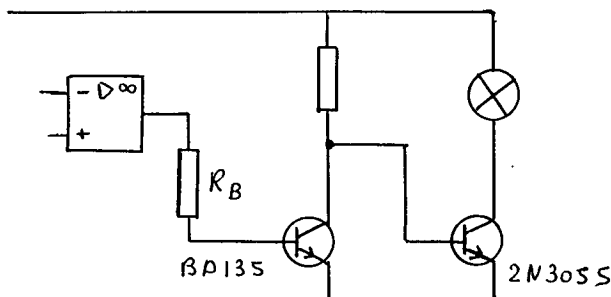


Figure 13

2.7. Généralisation

La chaîne étudiée est un montage parmi de nombreux autres ayant presque le même schéma fonctionnel, ce qui en fait son intérêt.

Par exemple on peut utiliser un capteur (thermistance, diode,...) sensible à la température (thermistance, diode...) et remplacer la lampe par un relais qui commande la mise en service du chauffage pour avoir une enceinte à température régulée avec précision.