

Réalisation d'un récepteur de radio simple pour faire des expériences de physique

par Jacques BEAULIEU
Lycée Benjamin-Franklin, 45000 Orléans

Ce montage a été mis au point lors de stages organisés pour les nouveaux professeurs de physique au cours de leur dernière année de formation, dans l'académie d'Orléans-Tours.

PRINCIPE

Le but de ce montage est de proposer des applications de cours. La théorie doit correspondre à ce qui est au programme des élèves et on utilisera, autant que possible, les composants habituels non spécialisés. Nous ferons un récepteur pour les «grandes ondes», donc pour des fréquences pas très élevées, afin de pouvoir travailler avec les oscilloscopes et les générateurs de fonctions que possèdent les lycées.

Le montage peut être fait comme d'habitude avec des composants sur leurs supports reliés par des fils, mais c'est plus rapide, plus fiable et plus clair s'il est fait sur circuit imprimé. Dans ce cas il ne faut surtout pas faire un circuit imprimé de type industriel où les composants occupent le minimum de place mais les disposer bien espacés, en cherchant la ressemblance avec le schéma théorique.

Le montage est composé de fonctions qui peuvent s'étudier séparément.

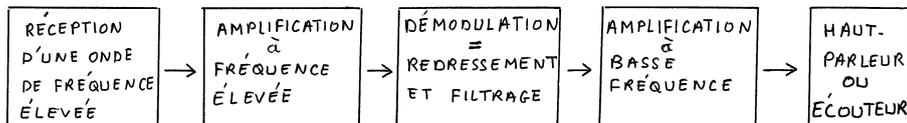


Figure 1

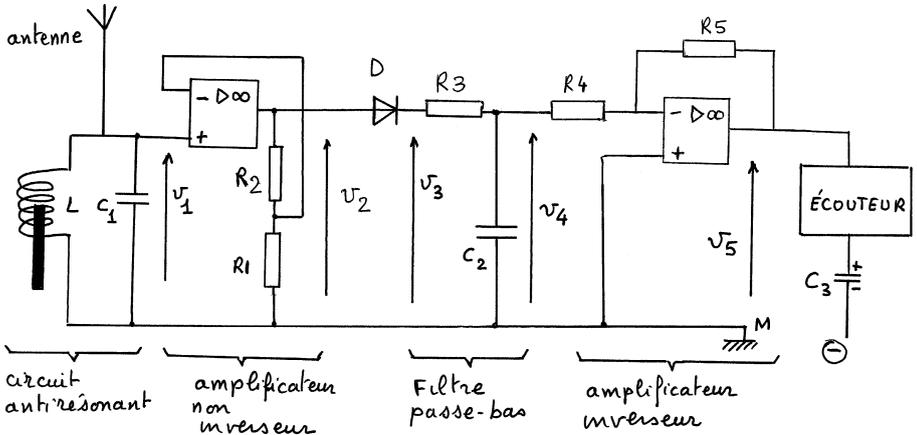


Figure 2

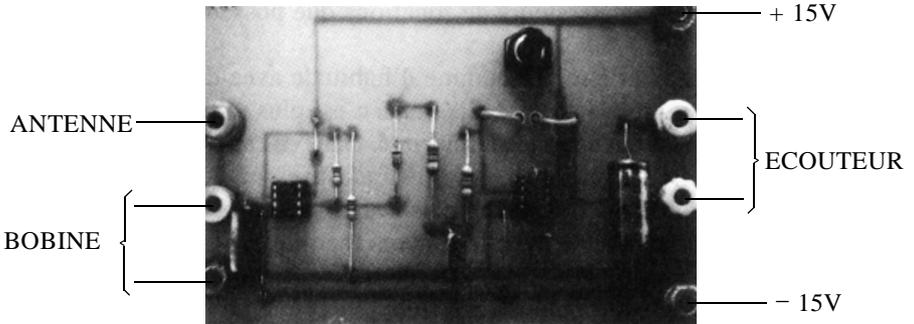


Figure 3

RÉALISATION PROGRESSIVE DU MONTAGE

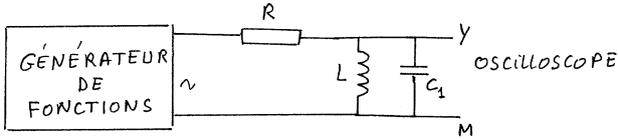
1. Circuit antirésonant

Les émetteurs «grandes ondes» ont des fréquences comprises entre 150 et 250 kHz. Il faut faire un circuit «anti-résonant» réglable dans cet intervalle. Nous avons choisi d'utiliser un condensateur de capacité constante, associé à une inductance variable. Le réglage se fait en introduisant plus ou moins un bâton de ferrite dans le bobinage.

On peut utiliser un bobinage déjà disponible (50 à 150 tours) et chercher le condensateur convenable.

On peut aussi choisir de prendre un condensateur de 1 nF et faire le bobinage en enroulant du fil sur un tube de PVC et en arrêtant de bobiner lorsque la fréquence de résonance est obtenue.

Pour mesurer la fréquence de résonance, nous avons fait le montage :

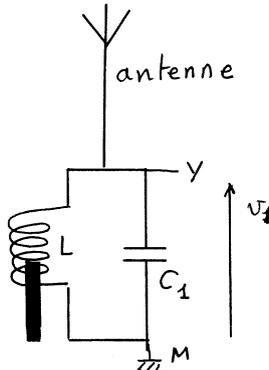


La résistance R est grande. Le générateur de fonctions, d'amplitude constante, associé à la résistance R se comporte en générateur de courant. Lorsque la fréquence varie, l'amplitude de la tension entre Y et M est maximale pour la résonance. Faire la mesure avec et sans le bâton de ferrite pour vérifier que les fréquences des émetteurs peuvent être obtenues.

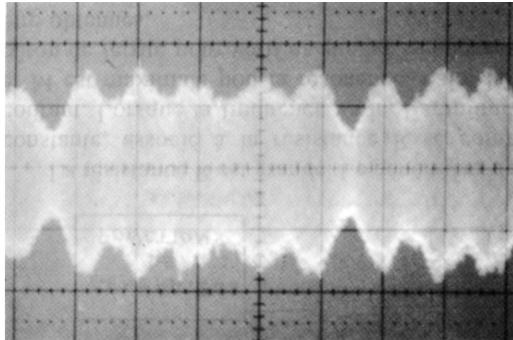
2. Essais de réception

On remplace le générateur de fonction et la résistance R par une antenne.

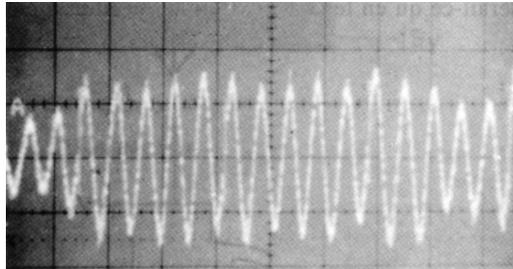
L'antenne peut être un simple fil conducteur d'un mètre de longueur posé sur la table mais on peut facilement trouver mieux, ne serait-ce qu'en tenant l'extrémité du fil à la main !



En enfonçant plus ou moins le bâton de ferrite, on cherche à l'oscilloscope les maximums correspondants à différents émetteurs. L'allure de la tension v_1 , caractéristique de la modulation d'amplitude, est celle des oscillogrammes n° 1 et n° 2. La qualité de réception varie suivant la proximité de l'émetteur, la qualité de l'antenne, la météo (meilleure réception par temps couvert), la nature du bâtiment (construction métallique défavorable), la proximité de générateurs de parasites (moteurs dans un lycée technique).



Oscillogramme n° 1 :
 en x 2 ms/division,
 en y 2 mV/division.



Oscillogramme n° 2 :
 en x 10 μ s/division,
 en y 2 mV/division.

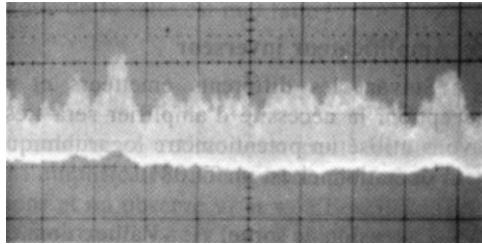
3. Amplificateur non inverseur

Il faut amplifier la tension v_1 sans demander au circuit L-c de débiter du courant. L'amplificateur non inverseur s'impose. L'ampli. op. utilisé est un TL081. Il faut pourtant se méfier de ce montage : comme l'entrée e^+ n'absorbe pas de courant, il est très sensible aux parasites et il risque aussi de transformer le montage en oscillateur. Nous placerons le condensateur C_1 le plus près possible de l'ampli. op.

et nous limiterons l'amplification. Par exemple : $\frac{v_2}{v_1} = 11$ avec $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

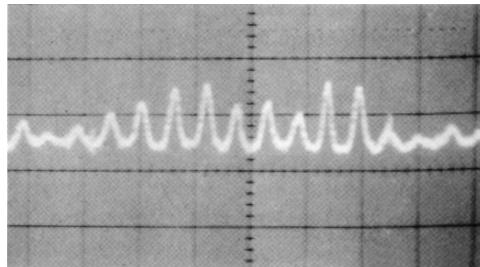
4. Redressement

Le redressement va permettre d'obtenir une tension v_3 dont la valeur moyenne n'est pas nulle (Oscillogrammes n° 3 et n° 4). La tension v_2 étant faible, une diode au silicium arrêterait complètement le signal. On utilise donc une diode de détection (diode à pointe).



1 ms

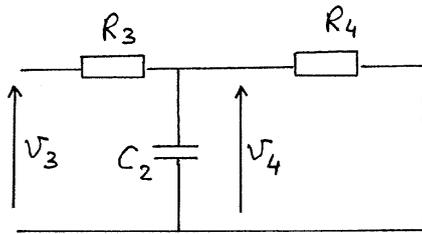
Oscillogramme n° 3



0,05 ms

Oscillogramme n° 4

5. Filtrage



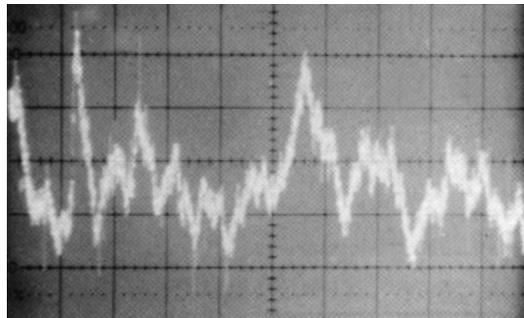
Il faut que le condensateur C_2 se comporte comme un court-circuit pour la fréquence élevée de la porteuse qui sera éliminée, tout en présentant une impédance élevée pour le signal «audio» de basse fréquence qui sera transmis.

Nous avons fait le montage avec $R_3 = R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$ et $C_2 = 10 \text{ nF}$.
 $\left(\frac{1}{C_2\omega} \approx 100 \text{ }\Omega \text{ à } 160 \text{ kHz et } \frac{1}{C_2\omega} = 16 \text{ k}\Omega \text{ pour une fréquence de } 1 \text{ kHz}\right)$.

6. Amplificateur inverseur

Suivant les différents émetteurs et suivant les conditions de réception, la nécessité d'amplifier sera très différente. Pour R_5 nous avons utilisé un potentiomètre logarithmique de $500 \text{ k}\Omega$. L'amplificateur opérationnel est un TL081.

La tension de sortie, v_5 , a l'allure donnée par l'oscillogramme n° 5.



1 ms

Oscillogramme n° 5

7. Écouteur, haut-parleur

L'amplificateur opérationnel ne peut pas fournir un courant de forte intensité. On prendra un écouteur ayant une impédance assez élevée. Un «casque» convient, un écouteur de téléphone convient également (on peut faire deux écouteurs avec un casque). Un haut-parleur a l'avantage de pouvoir être entendu par plusieurs personnes, mais il nécessite un courant plus important et il faudra compléter le montage avec des transistors (comme pour le montage «téléphone», B.U.P. n° 717, pages 1168-1169).

La mise à la terre de la masse du montage peut avoir de l'importance. Dans des conditions normales, nous avons constaté que le montage fonctionne bien, que la masse (point milieu de l'alimentation + 15 V, - 15 V) soit ou non relié à la terre.

Dans certains cas, relier la masse du montage à la terre (par l'intermédiaire de l'oscilloscope dont la masse est reliée à la prise de terre) améliore le fonctionnement. Mais nous avons aussi vu le contraire lorsque l'installation électrique de la salle est mal faite !

UTILISATION

- En seconde, antenne et inductance retirées, on peut étudier les amplificateurs. Pour étudier l'amplificateur non inverseur, v_1 est fourni par un générateur de fonctions et on observe v_1 et v_2 à l'oscilloscope. Pour étudier l'amplificateur inverseur, v_4 est fourni par le générateur de fonctions et on observe v_4 et v_5 à l'oscilloscope.
- En terminale on peut étudier la résonance avec L et C_1 .
- Dans une classe de techniciens on peut s'intéresser au filtrage.

Avec ce montage, on doit pouvoir à la fois étudier le programme et intéresser les élèves pour leur donner envie d'en apprendre plus.

A Orléans, nous pouvons recevoir France-Inter, Europe, RTL. Des collègues plus éloignés des émetteurs risquent de rencontrer des difficultés. On peut améliorer la réception en augmentant l'amplification du premier étage (en augmentant le rapport R_2/R_1), à condition de remplacer le TL081 par un LF357 qui possède le même brochage, tout en étant plus performant aux fréquences élevées.