

BUT

- Connaissant la fonction de l'ensemble diode-RC parallèle et du dipôle RC série, savoir les placer correctement dans un schéma de montage de démodulation.
- Savoir exploiter les oscillogrammes relatifs à la modulation et la démodulation d'amplitude.
- Savoir que le dipôle LC parallèle, utilisé ici comme filtre passe bande pour la tension, est un circuit bouchon pour l'intensité et expliquer son utilité pour la sélection d'une tension modulée.
- Réaliser la démodulation d'amplitude.

I. LA DÉMODULATION D'AMPLITUDE**a. NÉCESSITÉ DE LA DÉMODULATION**

Nous avons vu dans le TP précédent que pour transporter une information par voie hertzienne, il fallait réaliser une modulation d'amplitude.

À la réception de l'onde électromagnétique, il est nécessaire de décomposer le signal pour pouvoir lire l'information qui a été transportée : **il faut tout d'abord éliminer la porteuse HF, puis la tension continue de décalage afin de ne garder que le signal périodique modulant de basse fréquence.**

L'enveloppe du signal étant symétrique, il n'est pas nécessaire de s'intéresser à sa globalité : le déchiffrement de la partie supérieure sera suffisant.

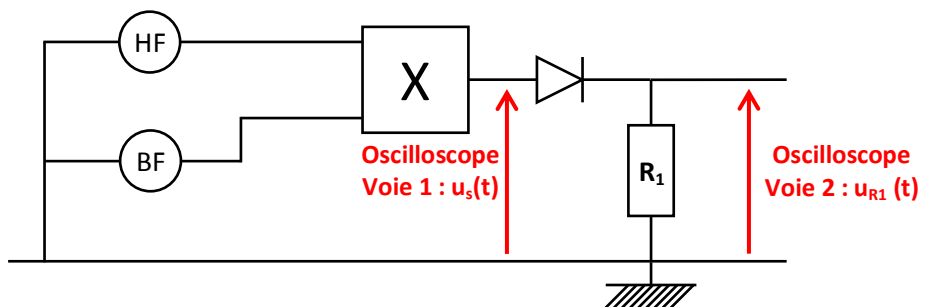
b. RÉCUPÉRATION DE L'INFORMATION TRANSMISE (DU SIGNAL BF MODULANT)

On utilise un montage dit "détecteur d'enveloppe ou de crête" (voir ci-dessous), qui permet d'éliminer les variations rapides de tension dues à la porteuse pour retrouver la forme du signal basse fréquence portant l'information.

Ce montage fait intervenir une diode et un circuit RC parallèle.

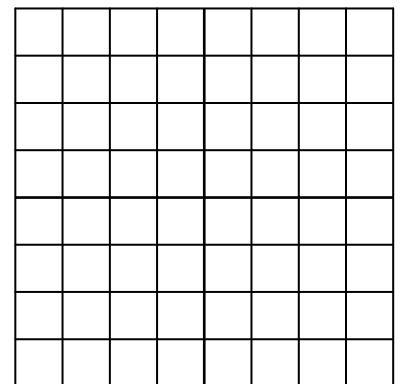
→ Rôle de la diode de détection / montage redresseur

- On réalise d'abord le montage de modulation d'amplitude (voir TP P10 : HF : 100 kHz ; 5V et BF : 1 kHz 2V), et on règle les paramètres des tensions d'entrée de manière à avoir une modulation normale et un taux de modulation m de l'ordre de 0,5.
- On place à la sortie du multiplieur une diode de détection de tension seuil $U_s = 1,05 \text{ V}$ et une résistance $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ suivant le schéma ci-contre :
- On compare à l'oscilloscope la tension modulée $u_s(t)$ à la sortie du multiplieur à la tension $u_{R_1}(t)$ aux bornes de la résistance R_1 .

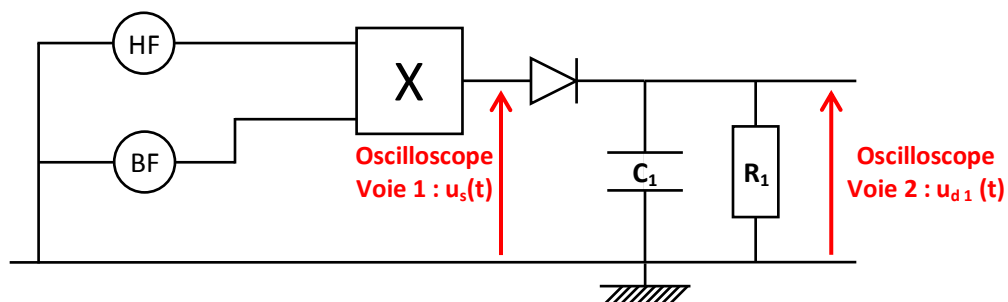


1. Représenter ci-contre l'oscillogramme aux bornes de la résistance et noter vos observations.

2. Quel est le rôle de la diode de détection ?

**→ Détection de l'enveloppe par le dipôle R_1C_1**

- On branche le condensateur C_1 ($C_1 = 4,7 \text{ nF}$) en parallèle avec la résistance R_1 comme indiqué sur le schéma suivant :



3. Sachant que $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$, comparer la constante de temps τ_1 du circuit de détection $R_1 C_1$ à la période de la porteuse T_p .

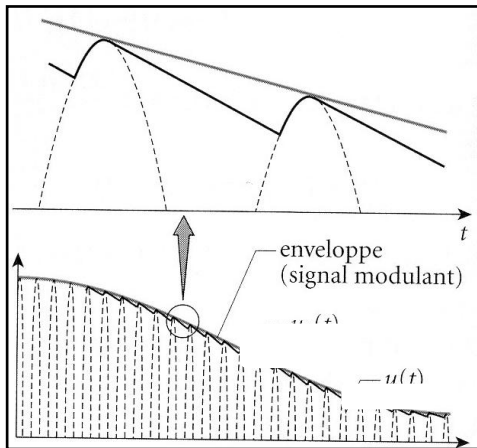
▪ En mode DUAL, on superpose le signal démodulé $u_{d1}(t)$ obtenu en voie 2 avec le signal modulé $u_s(t)$ obtenu en voie 1.

4. Représenter (en couleurs différentes) sur l'oscillogramme ci-contre.

5. Pourquoi ce montage s'appelle-t-il « détecteur d'enveloppe » ?

→ **Comment le circuit RC permet-il de reconstituer l'enveloppe du signal ?**

- Lorsque la tension $u_s(t)$ augmente, le condensateur se charge, la diode est passante.
- Lorsque la tension $u_s(t)$ décroît, la tension aux bornes du condensateur est supérieure à la tension d'entrée. La diode n'est plus passante, et le condensateur se décharge alors dans la résistance R, avec la constante de temps τ_1 .
- Cette décharge s'arrête dès que la tension $u_s(t)$ devient égale à la tension aux bornes du condensateur. Alors, la diode devient passante, et le condensateur se charge à nouveau.



La détection ne sera efficace que si les caractéristiques de R_1 et de C_1 sont bien accordées à la fréquence du signal à démoduler : la constante de temps $\tau_1 = R_1 C_1$ du circuit détecteur doit être très supérieure à la période de la porteuse et inférieure à la période du signal modulant.

Il y aura une bonne démodulation si et seulement si :

En effet, si la valeur de τ_1 est trop faible devant la période du signal porteuse, la décharge est trop rapide et la démodulation n'est pas suffisante (fig1).

Si la valeur de τ_1 est trop grande devant la période du signal à transmettre, la décharge est trop lente (fig 2), et la tension aux bornes du condensateur ne suit plus les variations de l'enveloppe.

Figure 1 : décharge trop rapide

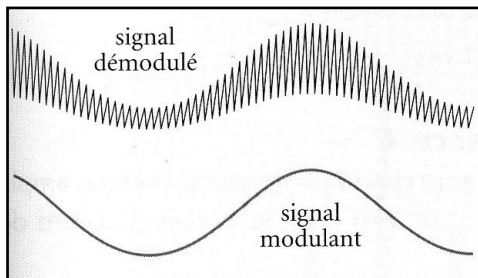
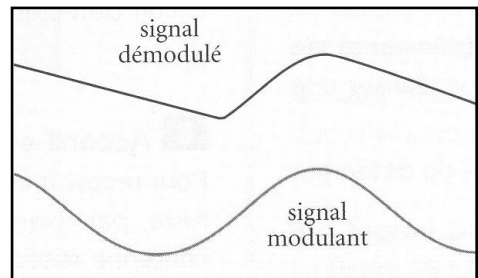
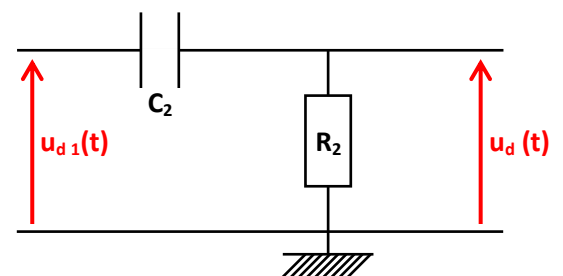


Figure 2 : décharge trop lente

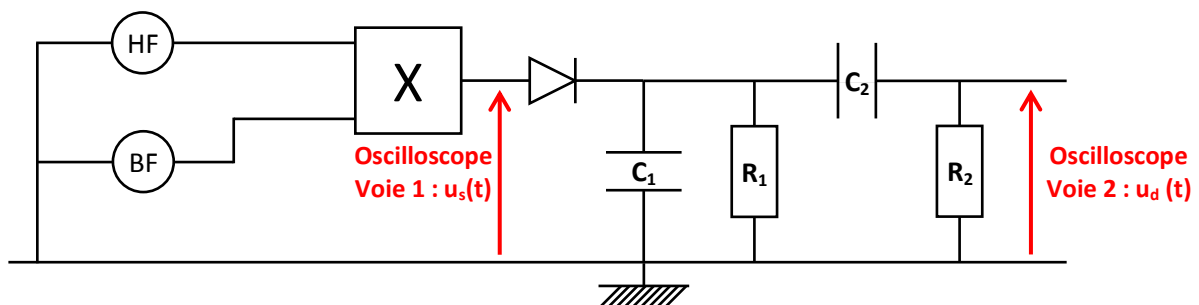


→ **Élimination de la composante continue / filtre passe - haut**

Le signal $u_{d1}(t)$ obtenu est décalé par une tension continue U_0 que l'on va supprimer par un circuit appelé « filtre passe-haut ». Il s'agit d'un montage RC série, dont les caractéristiques R_2 et C_2 seront choisies de manière à fixer la constante de temps τ_2 du circuit très supérieure à la période du signal modulant :



▪ On ajoute au montage précédent un filtre $R_2 C_2$ tel qu'indiqué sur le circuit suivant :



Il faut, pour que le filtre soit efficace, que la constante de temps du filtre soit très supérieure à la période du signal modulant ($\tau_2 \gg T_{\text{signal modulant}}$).

6. La fréquence du signal modulant étant $f = 1000 \text{ Hz}$, sa période vaut $T = 1 \text{ ms}$ donc on prendra $\tau_2 = 100 \text{ ms}$. Calculer la valeur de la résistance R_2 qu'il faudra associer à un condensateur de capacité $C_2 = 1 \mu\text{F}$.

7. Observer le signal finalement obtenu après démodulation et élimination de la tension continue. Ce signal correspond-il à la tension modulante de départ ?

II. LE RÉCEPTEUR « GRANDES ONDES »

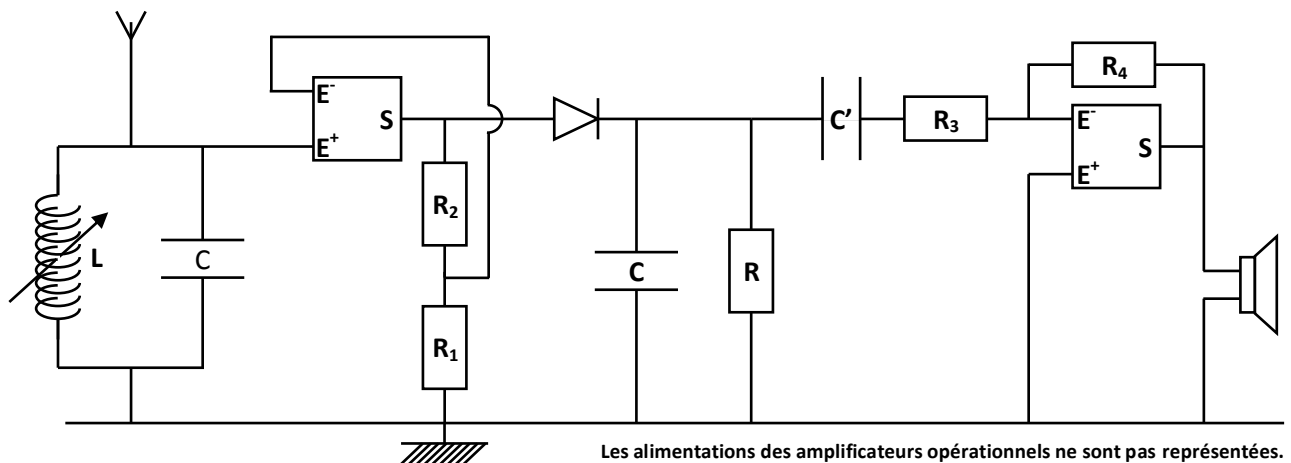
Nous allons dans cette dernière partie étudier le principe d'un récepteur radio destiné à capter des grandes ondes modulées en amplitude (AM).

a. ÉLÉMENTS D'UN RÉCEPTEUR RADIO

Un récepteur comportera cinq parties distinctes ayant chacune un rôle propre :

- ☞ une partie « antenne » destinée à capter et filtrer l'onde électromagnétique (en jouant sur L ou C). Le filtre utilisé dans cette partie permettra de sélectionner la fréquence de l'onde porteuse que l'on veut capter.
- ☞ une partie « pré-amplification », nécessaire pour que la diode utilisée ensuite dans la démodulation ne coupe pas une partie du signal.
- ☞ une partie « démodulation » destinée à décrypter le signal modulant et donc l'information.
- ☞ une partie « amplification » permettant de régler le volume du signal sonore qui va être émis.
- ☞ une partie « haut-parleur » destinée à l'émission sonore.

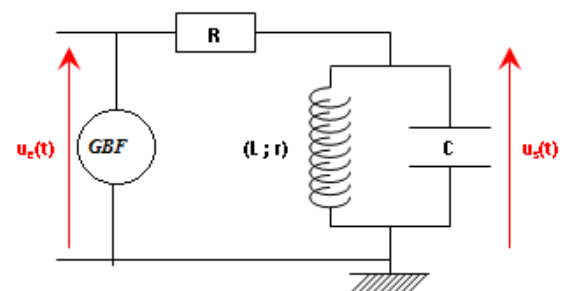
8. Repérer, sur le schéma suivant, chacune des 5 parties citées :



b. ÉTUDE D'UN FILTRE « PASSE-BANDE »

On appelle **circuit d'accord ou circuit sélectif** le **circuit LC parallèle** relié à l'antenne et permettant de capter de manière sélective une onde électromagnétique parmi d'autres. Le **circuit LC parallèle** utilisé alors est appelé **filtre « passe-bande »**.

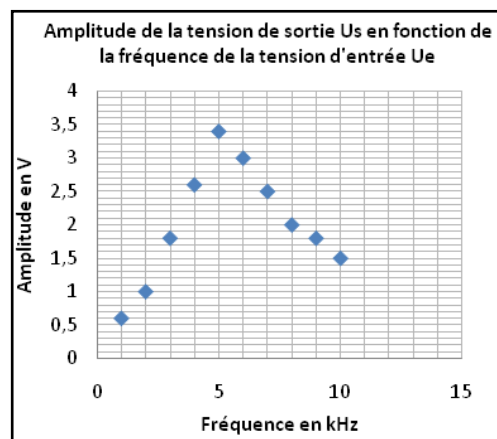
- On a réalisé le circuit ci-contre en prenant $R = 5 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$ et la bobine d'inductance $L = 100 \text{ mH}$ et $r = 400 \Omega$.
- On a réglé le générateur, en visualisant son signal à l'oscilloscope sur la voie 1, de manière à ce qu'il émette un signal $u_e(t)$ de fréquence $f = 1000 \text{ Hz}$ et d'amplitude 4 V .
- On a branché la voie 2 aux bornes de l'association en parallèle LC, pour visualiser la tension appelée $u_s(t)$.
- On a modifié la fréquence et noté l'amplitude U_s du signal de sortie correspondant et noté les résultats dans le tableau ci-dessous :



Fréquence (f) en kHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amplitude (U_s) en V	0,6	1	1,8	2,6	3,4	3	2,5	2	1,8	1,5

- On a tracé la courbe $U_s(t)$ en fonction de la fréquence du signal $u_e(t)$ délivré par le GBF.

9. Comment se comporte le circuit LC parallèle en fonction de la fréquence du signal d'entrée ? Pourquoi l'appelle-t-on « filtre » passe bande ?



On appellera **bande passante à 3 décibels** la gamme de fréquence pour lesquelles l'amplitude est supérieure ou égale à $\frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$.

10. Trouver la bande passante de ce filtre.

Les fréquences définissant la bande passante sont symétriques par rapport à la fréquence propre f_0 du filtre.

11. Calculer la fréquence propre du filtre, donnée par la formule ci-dessous :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} =$$

CONCLUSION

Le filtre « passe bande » ne laisse passer, de manière sélective, que les signaux ayant une fréquence proche de sa fréquence propre f_0 . La valeur de cette fréquence propre et la largeur de la bande passante sont directement liées aux caractéristiques (C ; L ; r) du filtre.

Pour être efficace, un filtre devra donc avoir une fréquence propre égale à la fréquence de la porteuse de la station que l'on veut capter, et une bande passante de l'ordre de 20 kHz pour pouvoir capter l'ensemble des signaux audibles.

La fréquence propre du filtre sera réglée grâce à un condensateur de capacité variable ou une bobine d'inductance variable :

- ☞ le réglage de L se fait lors du choix de la gamme d'ondes (grandes ondes ou ondes courtes), il modifie en fait la longueur de la bobine;
- ☞ le réglage de la capacité du condensateur variable permet de sélectionner la station de radio.

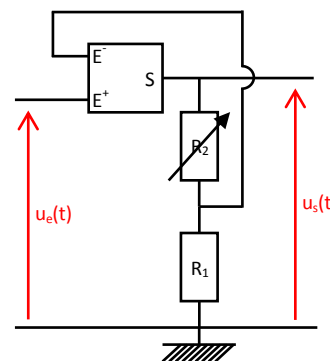
c. AMPLIFICATION D'UN SIGNAL ÉLECTRIQUE

Avant la démodulation, il est nécessaire d'effectuer une pré-amplification pour que la diode, ne coupe pas une partie du signal reçu. Après la démodulation, une nouvelle amplification sera nécessaire pour rendre le signal audible et permettre à l'auditeur de régler le volume d'écoute.

L'amplification est réalisée par un amplificateur opérationnel utilisé en amplification. Bien entendu, cette amplification nécessite un apport d'énergie donc l'A.O doit être alimenté par un générateur.

On définira le **gain en tension**, encore appelé **facteur d'amplification** par la relation : $G = \frac{R_2}{R_1}$

12. Calculer le gain de tension dans le cas suivant : $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$



Sur le poste de radio, le bouton volume permet de faire varier la valeur d'une résistance par rapport à l'autre, et donc de régler le facteur d'amplification du signal.