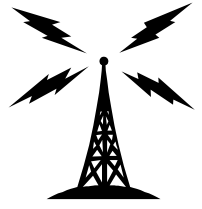


## T.P-cours de Physique n°14 : LA DEMODULATION D'AMPLITUDE ET LE RECEPTEUR RADIO (PARTIE N°1)



Démodulation d'amplitude

### A. La nécessité de la démodulation.

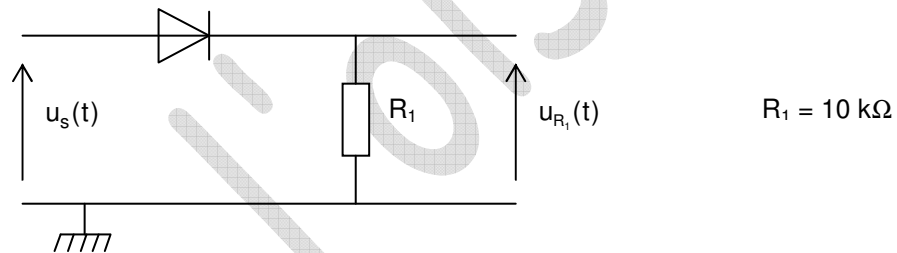
- Un récepteur radio peut recevoir par une antenne le signal modulé émis. Pour cela, il faut que l'antenne soit reliée à un circuit d'accord dont la fréquence propre soit égale à la fréquence de la porteuse.
- Le signal modulé est inaudible. Sa fréquence est supérieure à 100 kHz.
- La démodulation permet d'obtenir le signal modulant débarrassé de sa composante continue et de la porteuse. Seul le signal modulant est audible.
- Pour obtenir le signal modulant, il faut utiliser une chaîne composée de plusieurs modules.

### B. Étude expérimentale de la démodulation.

La modulation est faite au bureau par un circuit intégré multiplieur. La tension  $u_1(t) = 6 \times \cos(2\pi \times 50 \times 10^3 \times t)$  correspond à la porteuse et  $u_2(t) = 3 + 2 \times \cos(2\pi \times 100 \times t)$  au signal modulant avec sa composante continue de 3 V. La sortie du multiplieur est reliée à la ligne sèche. Mesurer les périodes de la porteuse et du signal modulant et retrouver les valeurs des fréquences  $F$  et  $f$ . Calculer le taux de modulation  $m$ .

#### 1. Réalisation du montage de redressement.

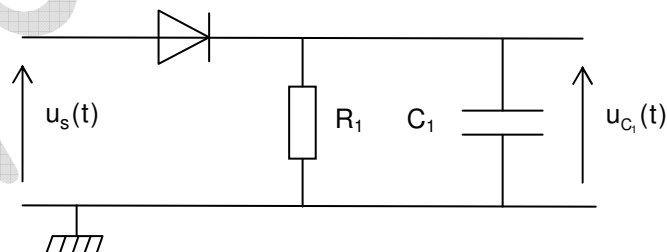
→ Récupérer le signal modulé  $u_s(t)$  et le placer à l'entrée du montage suivant :



- Visualiser les tensions  $u_s(t)$  sur la voie 1 de l'oscilloscope et  $u_{R_1}(t)$  sur la voie 2.
- Que constate-t-on ? À quel composant est dû ce phénomène ? Expliquer le terme de redressement.
- Compléter les oscillogrammes n°1 et n°2 page n°3 en dessinant les tensions  $u_s(t)$  et  $u_{R_1}(t)$ .

#### 2. Étude de la détection de l'enveloppe.

- Ajouter le condensateur de capacité  $C_1$  égale à  $0,1 \mu\text{F}$  en parallèle avec le conducteur ohmique  $R_1$ .



- Visualiser les tensions  $u_s(t)$  et  $u_{C_1}(t)$  à l'oscilloscope.
- En jouant sur la sensibilité horizontale, visualiser en détail l'allure de la courbe.
- Remplacer le condensateur par un deuxième condensateur de capacité égale à  $1 \mu\text{F}$ ,  $10 \text{ nF}$  et  $47 \text{ nF}$ . Que constate-t-on ? Expliquer le phénomène observé.
- Indiquer pour chaque courbe du document annexe la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.
- Pour quelle valeur du produit  $RC$  la détection du signal modulant est-elle bonne (critère n°1) ?
- Remettre le condensateur de capacité  $C_1$  égale à  $0,1 \mu\text{F}$  et observer le signal  $u_{C_1}(t)$  lorsque que l'on modifie la fréquence de la porteuse. Dégager un deuxième critère de bonne détection du signal modulant.

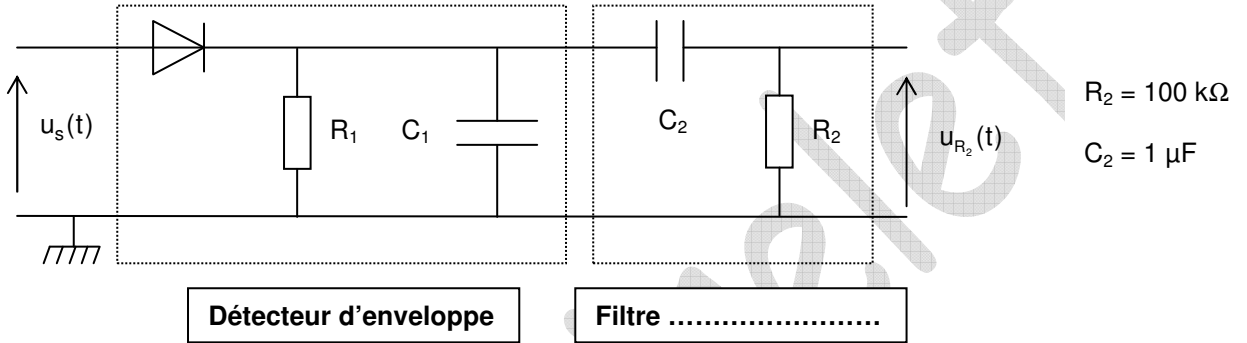
- Compléter l'oscillogramme n°3 page n°3 en dessinant la tension  $u_{C_1}(t)$ .

**Pour obtenir une démodulation de bonne qualité, il faut que la constante de temps  $\tau$  du dipôle RC soit très ..... à la période  $T_1$  de la porteuse, tout en restant ..... à la période  $T_2$  du signal modulant. On a donc :**

ou en fréquence :

**3. Élimination de la composante continue.**

- Compléter le montage précédent en plaçant le condensateur de capacité  $C_2$  et le conducteur ohmique de résistance  $R_2$ .



- Visualiser les tensions  $u_s(t)$  et  $u_{R_2}(t)$  à l'oscilloscope.
- Que constate-t-on ? Expliquer le phénomène observé en envisageant le cas d'une tension  $u_C(t)$  constante.
- Compléter l'oscillogramme n°4 en dessinant la tension  $u_{R_2}(t)$ .

Lycée

**C. Le récepteur radio : partie n°1. TROP LONG A NE PAS METTRE REPRIIS DANS LE PROCHAIN TP****C1 . Les différentes stations émettrices.**

Compléter le tableau suivant concernant quelques radios émettant en modulation d'amplitude qu'il est possible de capter depuis la France : (source : <http://www.bric-a-brac.org/radio/modulation.php>)

Station émettrice	France Inter	Europe 1	RMC	RTL
Fréquence (kHz)	162		216	234
Longueur d'onde (km)	1,85	1,64		1,28

**C2 .Comment sélectionner une station émettrice ?**

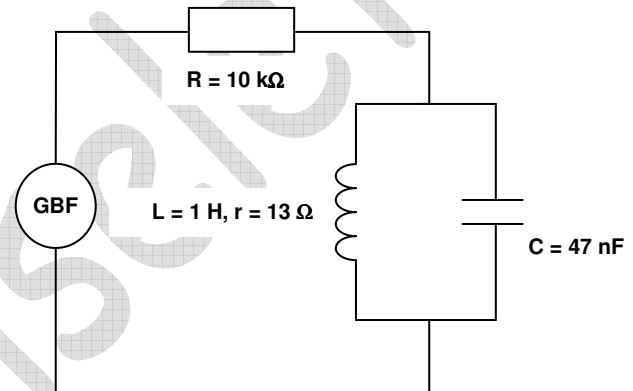
- ❑ Le circuit d'accord : réaliser le circuit ci-contre, où le GBF délivre une tension sinusoïdale de tension efficace constante et de fréquence  $f$  variant entre 600 et 1000 Hz. Comment varie la tension efficace  $u_C$  aux bornes du condensateur lorsque la fréquence varie ?

Tracer le graphe de la tension efficace en fonction de la fréquence (attention de conserver constante la tension efficace délivrée par le GBF) à l'aide de Génériss. Ce graphe se nomme la courbe de réponse en tension du circuit (L, C) parallèle.

- ❑ Déterminer le plus précisément possible la valeur de la fréquence qui donne la valeur maximale de

$u_C$ . Comparer cette valeur à celle donnée par la relation :  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .

- ❑ Quel est donc l'intérêt de ce montage ?



## Annexe Démodulation

(détection de l'enveloppe)

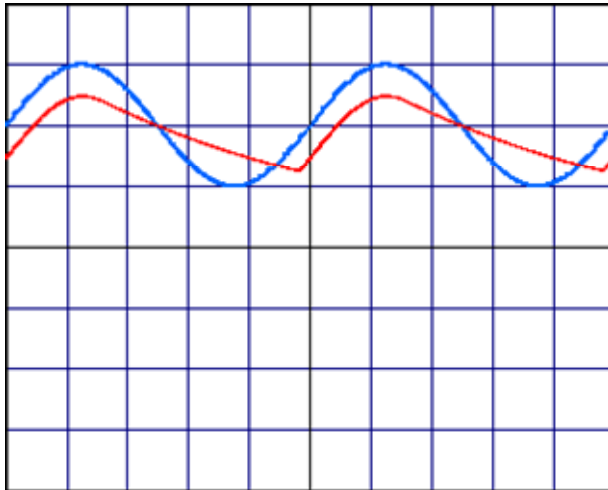
porteuse :  $f_1 = 50 \text{ kHz}$

$T_1 =$

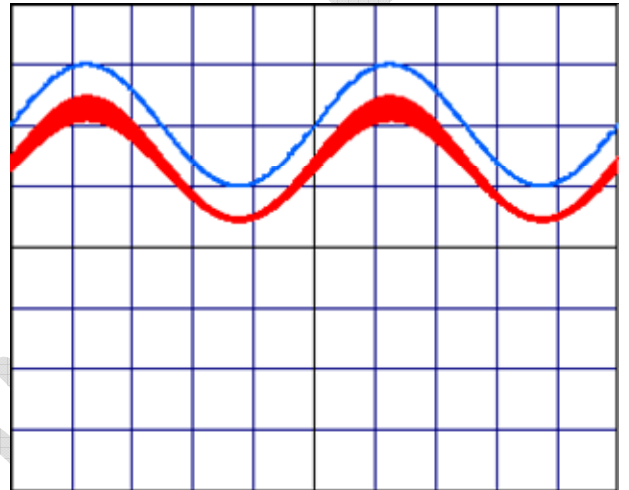
signal modulant :  $f_2 = 100 \text{ Hz}$

$T_2 =$

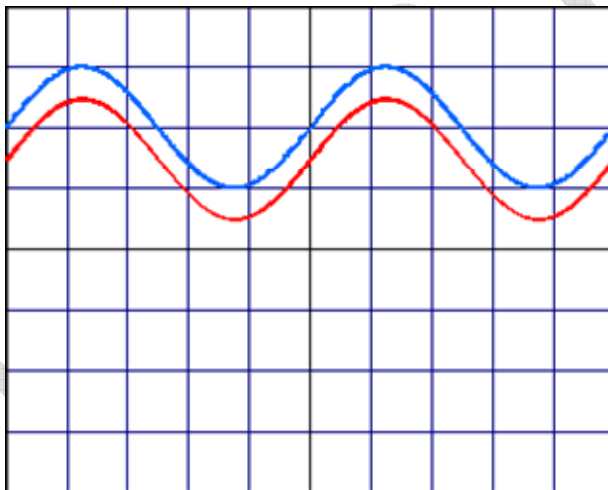
$R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 10 \text{ nF}$  ou  $47 \text{ nF}$  ou  $100 \text{ nF}$  ou  $1 \mu\text{F}$



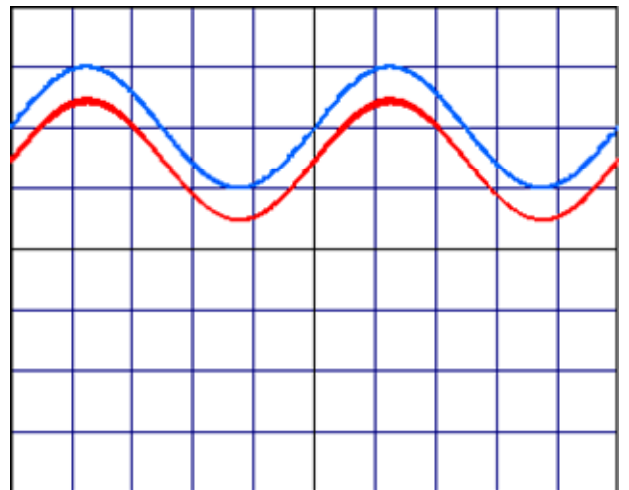
$C =$   
 $\tau = R \cdot C =$



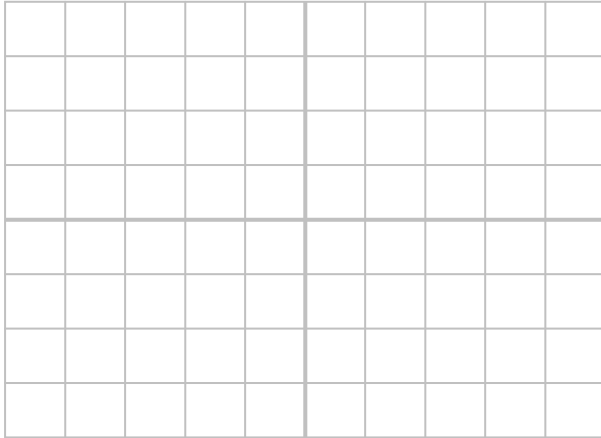
$C =$   
 $\tau = R \cdot C =$



$C =$   
 $\tau = R \cdot C =$



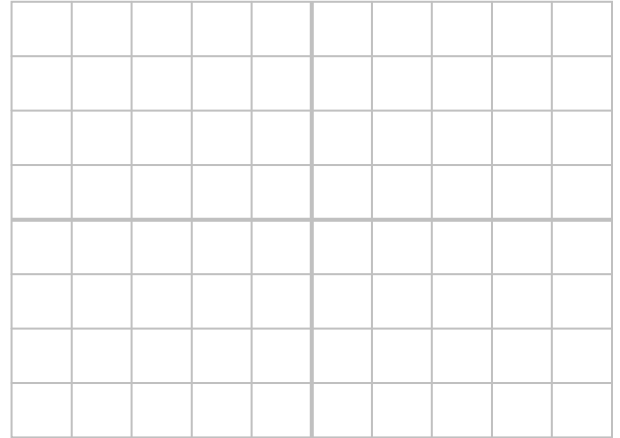
$C =$   
 $\tau = R \cdot C =$



Oscillogramme n°1 : .....

Sensibilité horizontale :

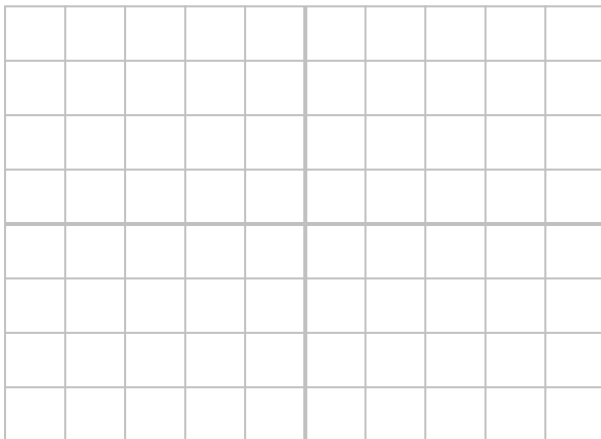
Sensibilité verticale :



Oscillogramme n°2 : .....

Sensibilité horizontale :

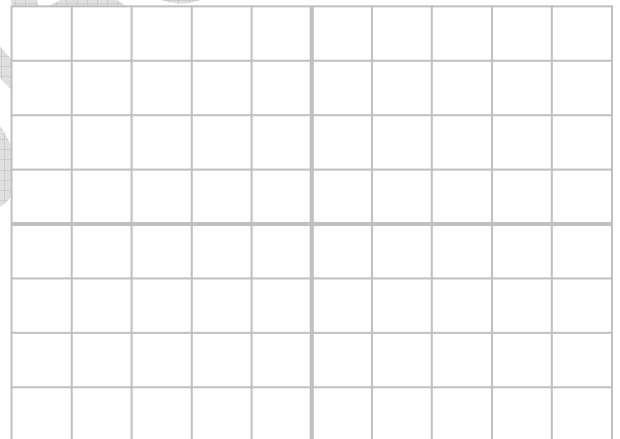
Sensibilité verticale :



Oscillogramme n°3 : .....

Sensibilité horizontale :

Sensibilité verticale :



Oscillogramme n°4 : .....

Sensibilité horizontale :

Sensibilité verticale :

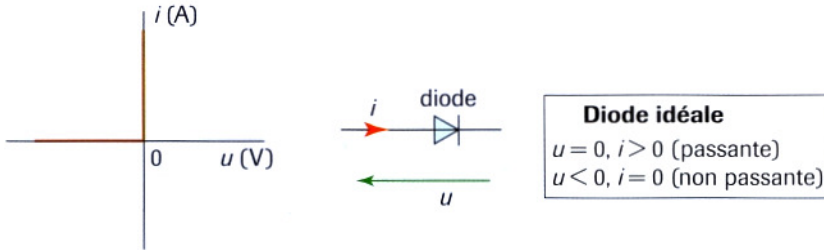
**Exercices :**

- France-Inter émet sur 164 kHz. On considère que les ondes sonores ont une fréquence moyenne de 1 kHz. Justifier la valeur de la capacité  $C_1$  du détecteur d'enveloppe que vous choisiriez, dans la liste suivante, pour respecter les contraintes d'une bonne démodulation, sachant que  $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ .  
**Liste des valeurs des capacités :** 10pF; 100pF; 1nF; 10nF; 100nF ;1μF; 10μF.
- Exercice n°10 p 97

## Principe de la démodulation d'amplitude

### Redressement :

Une diode est un dipole dissymétrique qui possède un sens passant.  
 La caractéristique d'une diode idéale à l'allure suivante . La diode est non passante pour  $u < 0$  et est passante pour  $u = 0$ .



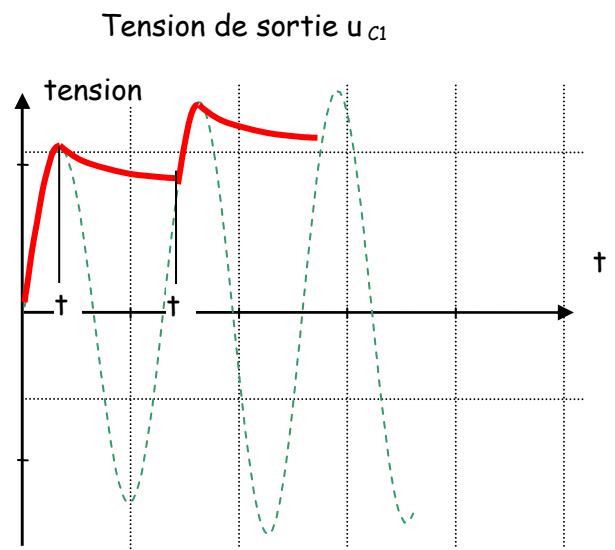
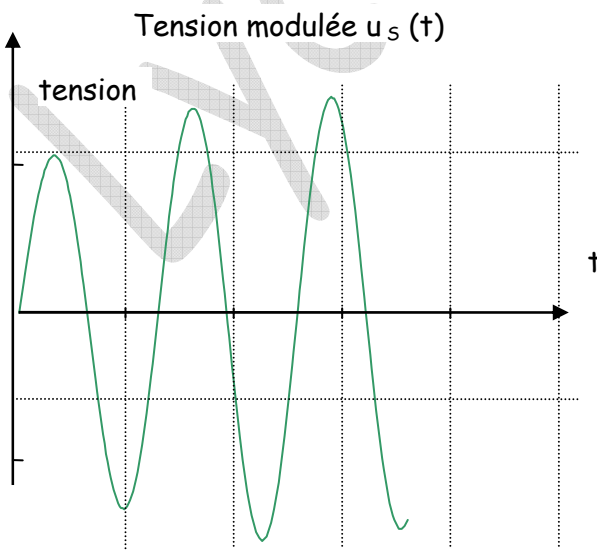
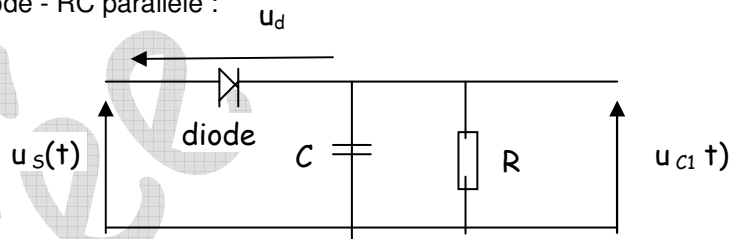
$u_{R1} + u_d = u_s$   
 $u_{r1} = u_s - u_d$   
 Si  $u_d = 0$  alors  $u_{r1} = u_s$  la diode est passante  
 Si  $u_d < 0$  la diode est non passante  $u_{r1} = 0$   $u_s = u_d$

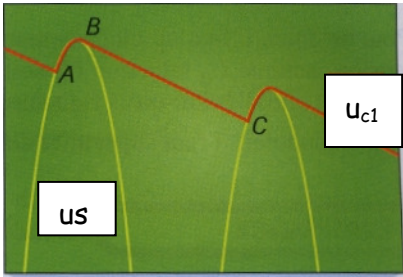
### Fonctions à réaliser pour démoduler une tension modulée en amplitude

La démodulation nécessite la détection de l'enveloppe du signal modulé et l'élimination de la composante continue.

#### Détection de l'enveloppe

On utilise un ensemble diode - RC parallèle :





La tension aux bornes de la diode est :  
 $u_{c1} + u_d = u_s$   
 donc  $u_d = u_s - u_{c1}$  (loi des tensions)  
 - quand  $u_s = u_{c1}$ , on a  $u_d = 0$  la diode est passante. Le condensateur se charge (partie AB)  
 - quand  $u_s < u_{c1}$   $u_d < 0$  la diode est non passante. Le condensateur se décharge. (partie BC)  
 On se place initialement à l'instant où la tension modulée est nulle et croissante, le condensateur étant déchargé.

Lorsque la tension modulée  $u_s$  croît entre les dates 0 et  $t_1$  la diode est conductrice et le condensateur se charge. La tension  $u_{c1}$  à ses bornes augmente avec la tension modulée.

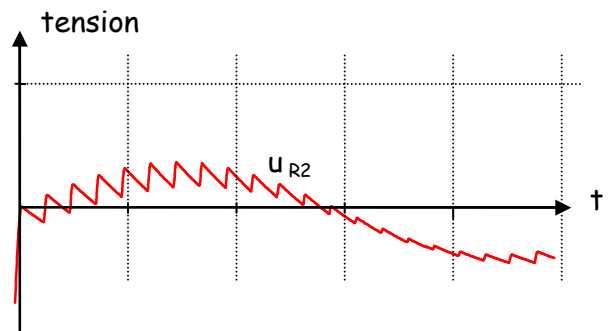
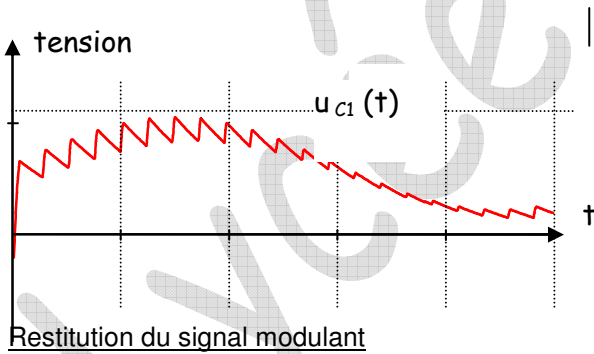
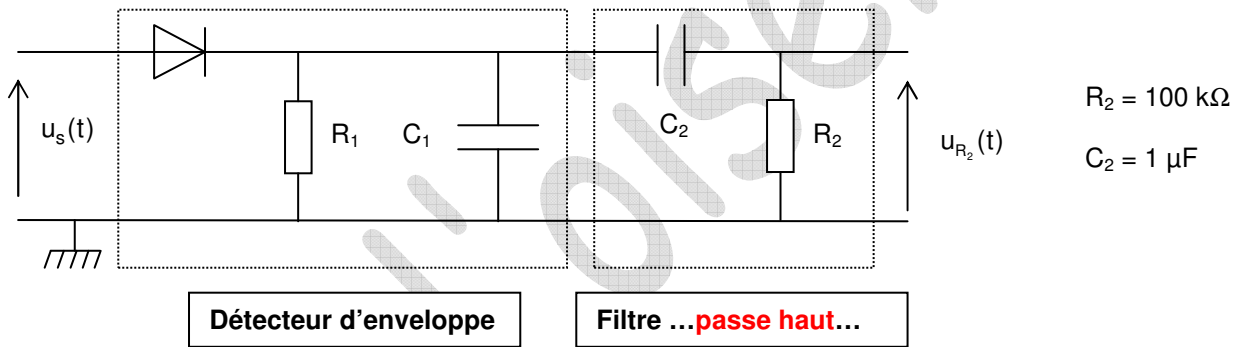
Lorsque la tension modulée commence à décroître, la tension aux bornes du condensateur devient supérieure à la tension modulée. La diode est bloquée et le condensateur se décharge dans la résistance R.

Cette décharge se poursuit jusqu'à ce que la tension modulée redevienne supérieure à la tension aux bornes du condensateur (date  $t_2$ ).

A partir de  $t_2$  la diode redevient conductrice et une nouvelle phase de charge débute ...

Elimination de la composante continue par un **filtre passe-haut RC**

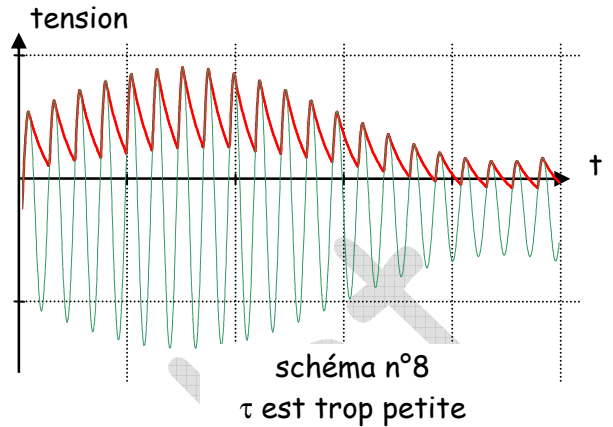
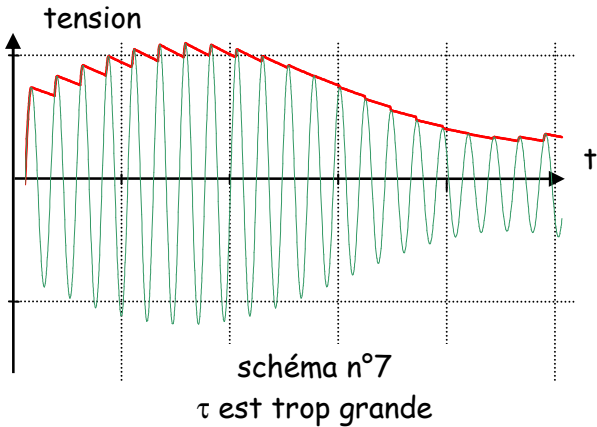
- On utilise un filtre **passe-haut RC** :



Pour chaque période  $T_p$  de la porteuse, on a un cycle charge - décharge du condensateur. Pour que la tension de sortie du montage reproduise le plus fidèlement possible l'enveloppe de la tension modulée, la constante de temps  $\tau = RC$  doit être telle que :

$$T_2 > \tau \gg T_1$$

$T_s$  est la période du signal modulant et  $T_p$  est la période de la porteuse.



L'association en série du détecteur d'enveloppe et du filtre passe-haut porte le nom de circuit démodulateur. Pour obtenir une démodulation de bonne qualité, il faut que la constante de temps  $\tau$  du dipôle RC soit très **supérieure** à la période  $T_1$  de la porteuse, tout en restant **inférieure** à la période  $T_2$  du signal modulant. On a donc :

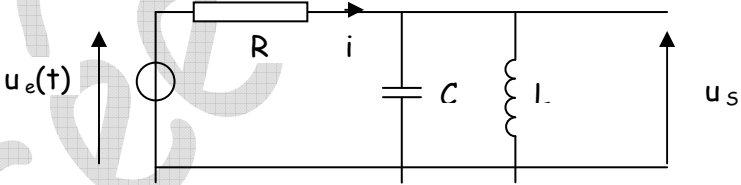
$$T_1 \ll \tau \ll T_2$$

ou en fréquence :

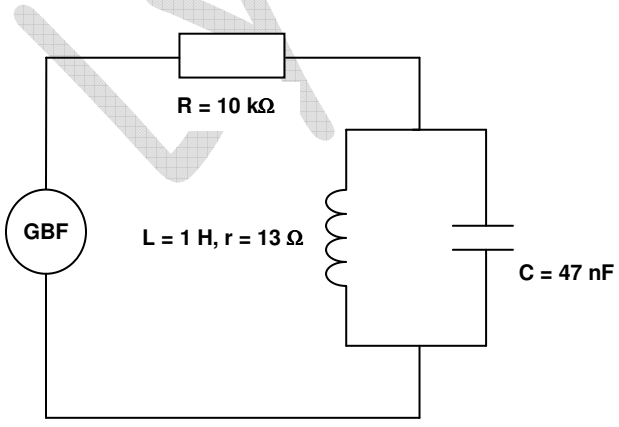
$$f_1 \gg 1/\tau > f_2$$

Réalisation d'un dispositif permettant de recevoir une émission radio en modulation d'amplitude.

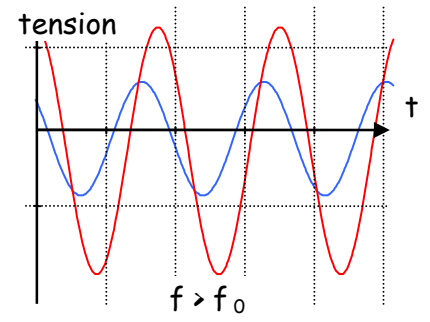
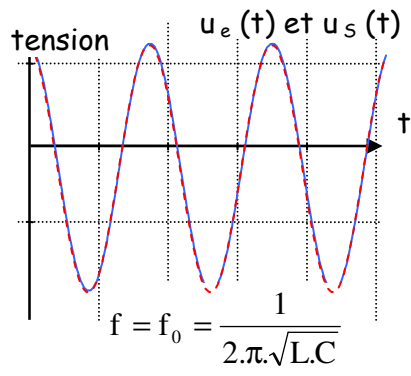
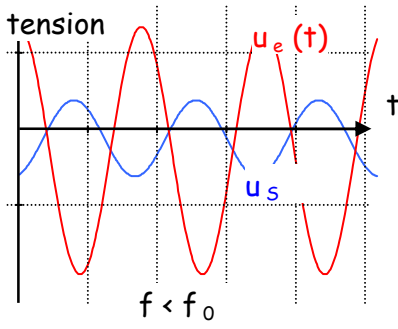
Etude du circuit LC parallèle



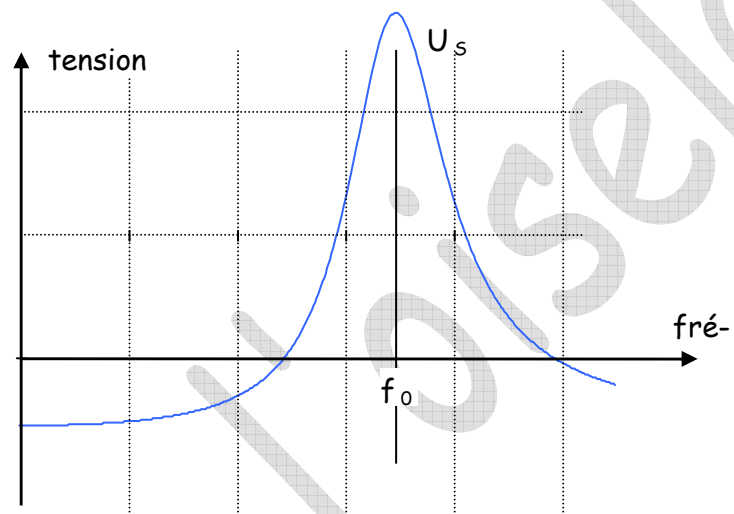
Le générateur qui alimente le circuit fournit une tension d'amplitude constante et de fréquence f variable.



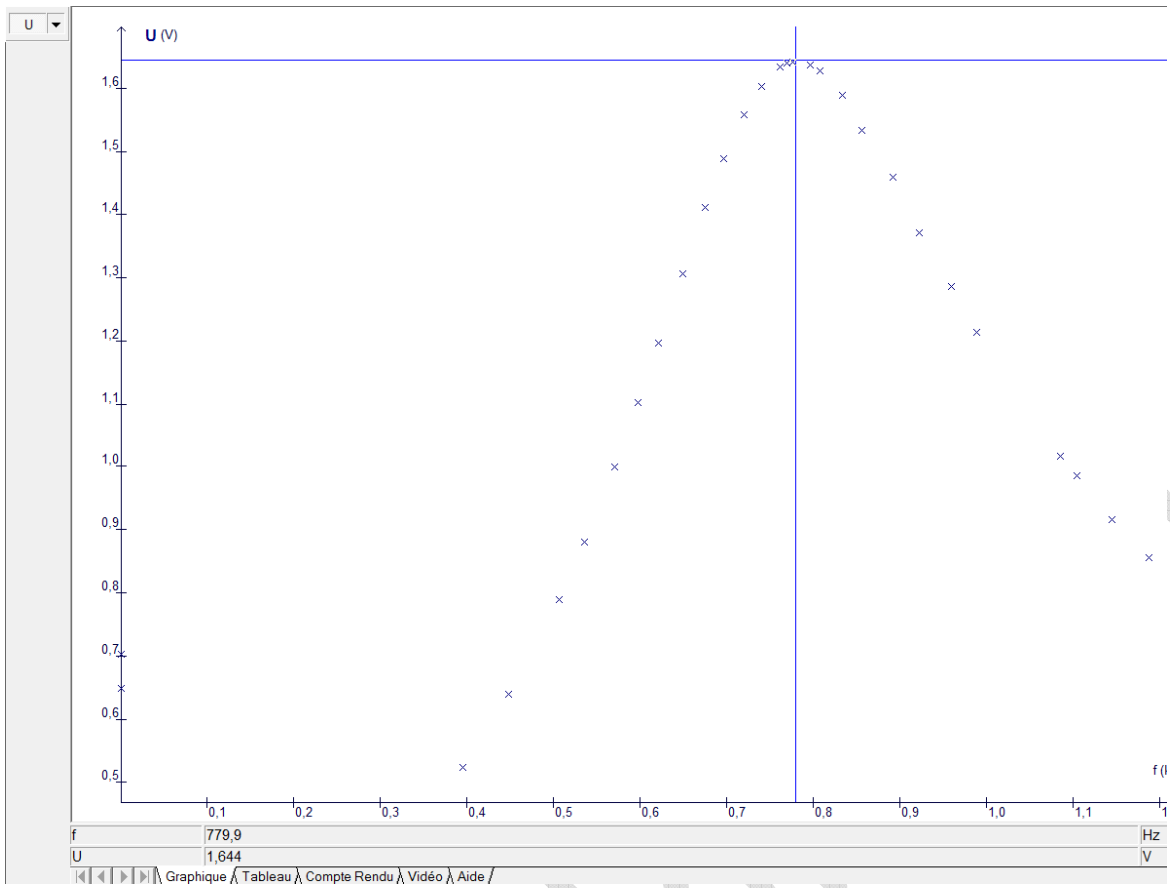




On constate que l'amplitude de la tension  $u_s$  dépend de la fréquence du générateur.



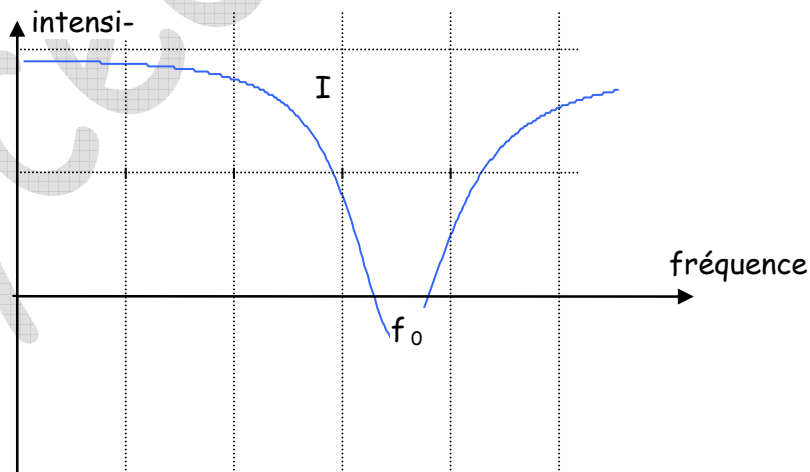
$f_0$



L'amplitude  $U_S$  de la tension  $u_S$  passe par un maximum. Ce maximum est atteint pour une valeur de la fréquence du générateur égale à la fréquence propre du circuit :

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

L'amplitude de l'intensité atteint à la même fréquence  $f_0$  un minimum :



Le dipôle LC parallèle, utilisé ici comme filtre passe bande pour la tension, est un circuit bouchon pour l'intensité.

**Sélection d'une tension modulée**

Si le dipôle LC parallèle ci-dessus est connecté à une antenne réceptrice d'ondes électromagnétiques, un bon choix des valeurs de L et de C permet de sélectionner les tensions engendrées dans le circuit dont les fréquences correspondent à des stations radio (comme RFO Réunion 666 kHz).

**Exercices****Solution**

Il faut que  $T_p \ll \tau < T_s$ . Soit :  $T_s > R_1 C_1 \gg T_p$ .

D'où :

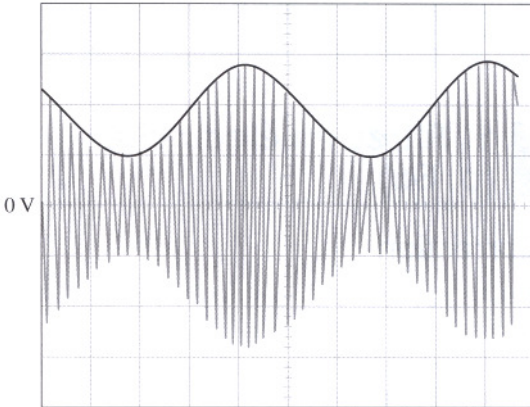
$$\frac{T_s}{R_1} > C_1 \gg \frac{T_p}{R_1}$$

AN :  $67 \text{ nF} > C_1 \gg 0,41 \text{ nF}$ .

Deux valeurs sont comprises dans l'intervalle : 1 nF et 10 nF. On choisit 10 nF qui est la plus grande possible.

Lycée l'oiselet

10. A.



voie A : 2 V/div ; base de temps : 2 ms/div

B. 1. La loi d'additivité des tensions permet d'écrire :

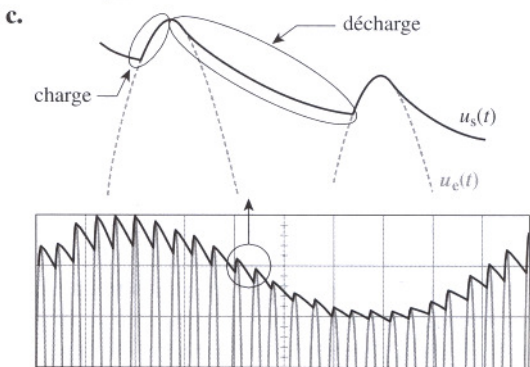
$$u_e(t) = u_D(t) + u_s(t)$$

On a donc :  $u_D(t) = u_e(t) - u_s(t)$

2. Tant que le condensateur se charge, on a  $u_D(t) = 0$ . La diode est passante. Sa résistance est nulle, on pourrait la remplacer par un interrupteur fermé.

3. a. Quand le condensateur se décharge, on a  $u_D(t) < 0$ . La diode est dans son état bloqué.

b. La décharge s'arrête, la diode redevient passante c'est-à-dire quand  $u_e(t)$  redevient égale puis supérieure à  $u_s(t)$ .



4. a. L'oscillogramme ② ( $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 0,10 \mu\text{F}$ ) correspond à la meilleure démodulation.

C'est pour lui que le signal démodulé est le plus proche de l'enveloppe du signal modulé.

b. La constante de temps d'un circuit de décharge a pour valeur  $RC$ .

Pour l'oscillogramme ① :  $RC = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0,32 \text{ ms}$

Pour l'oscillogramme ③ :  $RC = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 3,2 \text{ ms}$

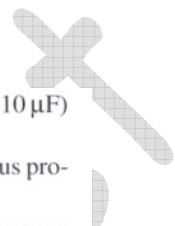
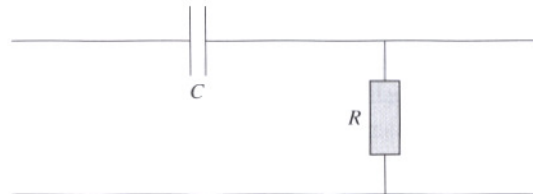
Pour l'oscillogramme ② :  $RC = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$

Il faut donc :

$$RC > T_0$$

c. Si l'on augmente trop la constante de temps (oscillogramme ③), la tension aux bornes du condensateur diminue moins vite que l'amplitude du signal modulé et peut s'écarter notablement de l'enveloppe du signal modulé.

C. Une résistance et un condensateur permettent de construire un filtre passe-haut qui élimine la composante continue.



## Matériel

### 10 groupes :

- oscilloscope
- 2 GBF
- plaque P60
- circuit intégré AD 633 (multiplieur)
- alim + 15 V, - 15 V
- conducteur ohmique de 1 k $\Omega$
- 1 conducteur ohmique de 10 et de 100 k $\Omega$
- diode au Germanium
- diode au Silicium
- DEL rouge
- condensateur 1  $\mu$ F
- condensateur 10 nF
- 

pas dans ce TP mais dans le prochain

- GBF
- Grosse bobine à fer doux
- R = 10 k $\Omega$
- C=47nF
- L = 1H
- Salle ordi