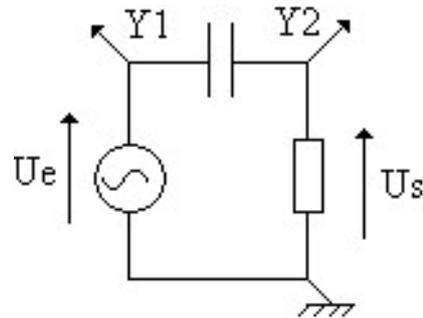
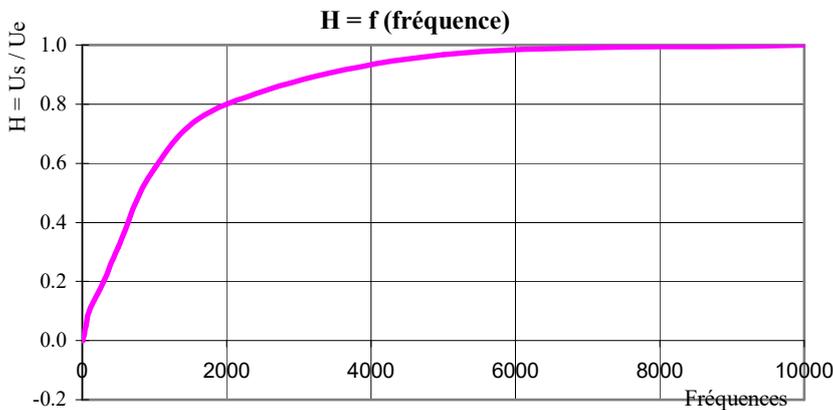


# Correction : De la démodulation d'amplitude au récepteur radio

## 3) Etude expérimentale du filtre passe-haut : (RC série, $U_s$ aux bornes du résistor)

Sensibilité de la voie 1 = 2 v / cm => hauteur du motif de  $U_e$  max = 3cm

| f (Hz)          | 0.0 | 10.0 | 50.0 | 100.0 | 300.0 | 500.0 | 1000.0 | 2000.0 | 5000.0 | 10000.0 |
|-----------------|-----|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| $U_e$ max (V)   | 6.0 | 6.0  | 6.0  | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 6.0    | 6.0    | 6.0    | 6.0     |
| $U_s$ max (V)   | 0.0 | 0.0  | 0.3  | 0.6   | 1.2   | 1.9   | 3.5    | 4.8    | 5.8    | 6.0     |
| $H = U_s / U_e$ | 0.0 | 0.0  | 0.1  | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.6    | 0.8    | 1.0    | 1.0     |



**Ce montage est un filtre passe-haut car il permet (il favorise) le passage des hautes fréquences.** Les tensions de faible fréquence sont peu transmises, alors que les tensions de hautes fréquence sont presque totalement transmises.

Si  $f_c$  correspond à  $H / \sqrt{2} = 1 / \sqrt{2} = 0,71$ , on trouve sur le graphe  $f_c \sim 650$  Hz. On peut considérer que les fréquences inférieures à 650 Hz ne sont pas transmises et que celles supérieures à 650 Hz sont transmises.

## 4) Etude rapide d'un filtre passe-bas (circuit RC série, $U_s$ aux bornes du condensateur) :

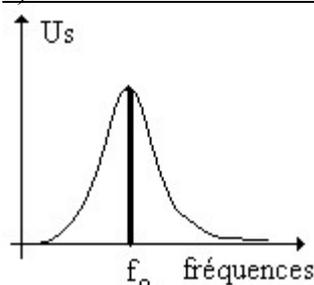
La fréquence de coupure ( $f_c$ )<sub>de</sub> ce filtre passe-bas correspond à  $H / \sqrt{2} = 1 / \sqrt{2} = 0,71$ , on trouve sur le graphe  $f_c \sim 1500$  Hz. . Cette fréquence de coupure correspond à la fréquence limite à partir de laquelle on considère que les tensions sont transmises ou non. On peut considérer que les fréquences supérieures à 1500 Hz ne sont pas transmises et que celles inférieures à 1500 Hz sont transmises.

## 5) Etude expérimentale du filtre passe-bande ou circuit bouchon :

(circuit LC en //)

Branchements de l'oscilloscope : voir schéma ci-contre.

### c) Mesures de $U_s$ en fonction de la fréquence :



Ce montage ne laisse passer que des tensions comprise dans une bande de fréquences centrée autour de  $f_0$  ( $U_s$  non nulle ou non négligeable) => **Filtre passe-bande**

On recherche à l'aide de l'oscilloscope la plus grande valeur possible de la tension de sortie et on lit sur le générateur la fréquence correspondante :  $f_0 \sim 2380$  Hz .

Fréquence propre du circuit oscillant RLC :

$$T_0 = 2 \pi \sqrt{LC} = 2 \pi (470 \cdot 10^{-9} \times 9,5 \cdot 10^{-3})^{1/2}$$

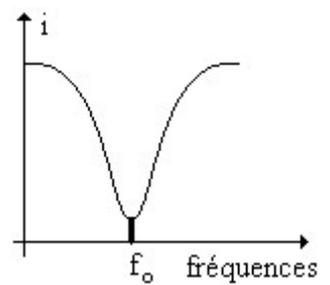
$$T_0 = 2382 \text{ Hz}$$

Le pic de fréquence de ce filtre passe-bande est donc la période propre du circuit RLC.

Interprétation : Le circuit RLC est un circuit oscillant, si les oscillations ne sont pas entretenues, la résistance de la bobine entraîne un amortissement des oscillations. Lorsqu'on impose une tension de même fréquence que l'oscillation que la tension propre du circuit, ces 2 tensions sont en phase et s'ajoutent, il y a résonance d'où amplification de  $U_s$ .

Ce phénomène de résonance est comparable à celui rencontré lors de l'étude des sons.

### d) Mesures de $i$ en fonction de la fréquence :



Lorsqu'on augmente la fréquence, on observe un minimum de l'intensité du courant lorsque  $f = f_0$ . Voir graphe  $i = f$  (fréquence)

C'est à la résonance que l'intensité du courant est minimale, d'où le nom de **circuit bouchon pour le courant**.

## II) Etude de la démodulation d'un signal modulé en amplitude :

### 1) Schéma général et analyse du montage de démodulation :

|                |             |          |          |
|----------------|-------------|----------|----------|
| Tension mesuré | $U'(t)$     | $U_1(t)$ | $U_2(t)$ |
| Etat de $K_1$  | Ouvert      | Fermé    | Fermé    |
| Etat de $K_2$  | Indifférent | Ouvert   | Fermé    |

### 2) Etude du rôle de la diode dans le détecteur d'enveloppe :

Pour que la forme de l'enveloppe supérieure soit bien reproduite, il faut que la tension de seuil de la diode soit inférieure à  $U_{m\min}$ .

=> **On doit donc toujours choisir une diode de tension de seuil la plus faible possible.**

### 3) Utilisation du circuit RC en // :

#### a) Visualisation du rôle du circuit RC en // :

A l'écran on observe une tension de même forme que l'enveloppe de la porteuse donc de même forme que le signal modulant.

On a réussi à détecter la forme de l'enveloppe de l'onde porteuse, donc à reproduire la forme du signal modulant ( $U_s + U_0$ ). Il reste la composante continue ( $U_0$ ) à supprimer.

#### b) Choix des composants :

| $R_1$ ( $\Omega$ ) | $C_1$ (nF) | Schéma de la tension obtenue et de l'enveloppe de l'onde modulée | $T_p$               | $\tau = R \times C$   | $T_s$               |
|--------------------|------------|--|---------------------|-----------------------|---------------------|
| $10^4$             | 1          |  | $5 \cdot 10^{-6}$ s | $10^{-5}$ s           | $5 \cdot 10^{-3}$ s |
|                    | 10         |  |                     | $10^{-4}$ s           |                     |
|                    | 100        |  |                     | $10^{-3}$ s           |                     |
|                    | 470        |  |                     | $4,7 \cdot 10^{-4}$ s |                     |

#### c) Interprétation :

Initialement le condensateur est déchargé :  $U_1(t) = 0$  V

$U_m(t)$  augmente (de  $t = 0$  à  $t_1$ ) => donc la tension aux bornes de la diode

$[U_d(t) = U_m(t) - U_c(t)]$  est positive => La diode est passante.

Pendant la charge du condensateur la tension à ses bornes  $U_1(t) \sim U_m(t)$  car la tension de seuil de la diode est nulle ou négligeable.

=> Le condensateur se charge, en fin de charge la tension aux bornes du condensateur  $U_1(t) \sim U_m \max(t)$

Lorsque  $U_m(t)$  commence à décroître la tension aux bornes du condensateur  $U_1(t)$  devient plus grande que  $U_m(t)$  (si le condensateur se décharge moins vite que la décroissance de  $U_m(t)$ ) => La diode est bloquante et se comporte comme un interrupteur ouvert. On obtient un circuit RC, le condensateur se décharge dans le résistor  $R_1$  tant que  $U_1(t)$  reste plus grand que  $U_m(t)$ . Cette décharge se poursuit jusqu'à l'instant  $t_2$  lorsque la tension modulée  $U_m(t)$  redevient supérieure à  $U_1(t)$ .

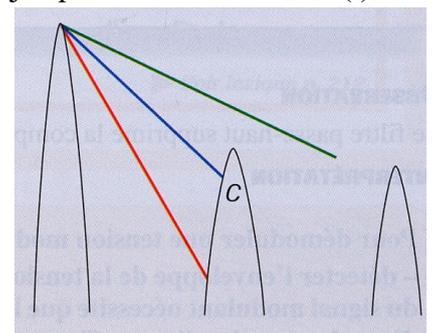
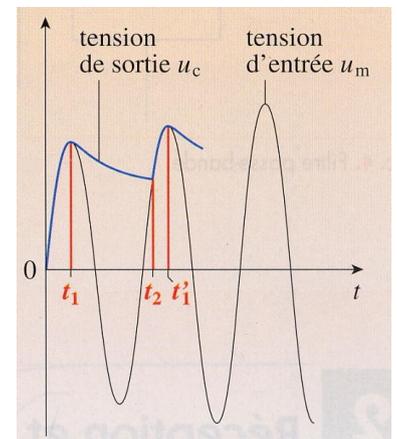
**Il faut que le condensateur n'est pas le temps de beaucoup se décharger =>  $\tau = R_1 C_1 \gg T_p$**

A partir de  $t_2$ , la diode est à nouveau passante, donc le condensateur se charge jusqu'à l'instant  $t'_1$  où  $U_1(t) \sim U_m(t)$ .

A partir de  $t'_1$ , la diode redevient bloquante et  $C_1$  se décharge à nouveau dans  $R_1$ , etc ...

**Remarque :** Lorsque l'enveloppe de la tension modulée est décroissante, il faut que le condensateur se décharge plus vite que ne décroît l'enveloppe du signal modulé, sinon la diode restera bloquée puisque  $U_1(t)$  sera  $> U_m(t)$ . On ne détecte alors plus l'enveloppe de la porteuse mais la décharge de  $C_1$  dans  $R_1$ .

**Il faut que le condensateur se décharge plus vite que ne diminue l'amplitude du signal modulant =>  $\tau = R_1 C_1 \ll T_s$**



## Condition d'une bonne démodulation : $T_p \ll \tau = R_1 C_1 \ll T_s$

### 4) Etude du rôle du filtre passe-haut :

On obtient le signal modulant  $U_S(t)$  sans la composante continue (décalage de départ  $U_0$ ).

Le filtre passe-haut ne laisse passer que les tensions dont les fréquences sont les plus grandes, il atténue donc totalement la tension constante  $U_0$  qui peut être considérée comme une tension de fréquence nulle et laisse passer  $U_S(t)$ .

### I) Etude d'un récepteur radio en modulation d'amplitude :

#### 1) Schéma de principe d'un récepteur radio :

Sur le schéma du récepteur de radio, on reconnaît :

- Un circuit LC en // : Filtre passe-bande.
- Un ensemble diode + circuit RC en // ( $R_3C_3$ ) : Permettant la détection d'enveloppe lors d'une démodulation.
- Un circuit RC en série ( $R_4C_4$ ) : Filtre passe-haut.

#### 2) Etude de l'antenne et du circuit LC en // permettant la sélection des stations :

Exemple :

a) Pour recevoir France-inter, il faut accorder le circuit d'antenne. Pour cela la fréquence propre du circuit LC doit être égale à la fréquence du canal d'émission et de réception  $\Rightarrow F = 1 / 2 \pi \sqrt{LC}$

$$\sqrt{LC} = 1 / (2 \pi F) \Rightarrow LC = (1 / 4 \pi^2 F^2) \Rightarrow L = 1 / (4 \pi^2 F^2 C)$$

$$L = 1 / (4 \pi^2 (162.10^3)^2 1,0.10^{-9})$$

$$L = 9,7.10^{-4} \text{ H} = 0,97 \text{ mH}$$

b) Entre les fréquences des 2 stations on a la moitié de la bande passante de chacune des radios, soit une largeur de bande passante  $\Rightarrow$  Largeur maximale de la bande passante =  $183 - 164 = 19 \text{ kHz}$

c) Si on laisse 1 kHz de séparation entre les 2 bandes passantes, il ne reste que 18 kHz disponibles entre les 2 stations  $\Rightarrow$  **Largeur réelle de la bande passante des 2 radios = 18 kHz**

d) Le domaine des fréquences sonores est délimité par la largeur de la bande passante. La largeur de cette bande est égale à 2 fois la fréquence maximale du signal modulant transmis  $\Rightarrow$  Fréquences sonores maximales transmises =  $18 / 2 = 9 \text{ kHz}$ .

Le domaine des fréquences audibles s'étend de 20 Hz à 20 000 Hz.

Les sons dont les fréquences s'étalent de 9 000 Hz à 20 000 Hz ne seront pas transmis.

Ce n'est pas un problème car ces fréquences correspondent à des sons très aigus et désagréables à l'oreille.

#### 3) Etage de préamplification :

On est obligé d'amplifier la tension de sortie aux bornes du circuit d'accord avant de la démoduler car elle est très faible amplitude.

Cette amplification s'effectue à l'aide d'un amplificateur opérationnel.

Lors de cette opération, on amplifie aussi le bruit de fond, il faut donc par la suite filtrer le signal amplifié obtenu.

#### 4) Démodulation :

L'étage de démodulation est constitué :

- D'un détecteur d'enveloppe du signal modulé
  - Suppression des alternances négatives (avec une diode)
  - Suppression de la porteuse avec un circuit RC en dérivation.
- D'un filtre passe-haut (circuit RC en série) qui supprime la composante continue.

Condition d'une bonne démodulation :  $T_p \ll \tau = R_3 C_3 \ll T_s$

Le filtre passe-haut est utilisé pour supprimer la composante continue  $U_0$ .