

T.P. n° 8: MULTIPLIEUR

1) MODULATION D'AMPLITUDE

On veut transmettre sur de grandes distances des informations, par exemple sonores, de fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. La transmission ne peut pas être directe, sinon les émissions des différents émetteurs se superposeraient et on ne pourrait plus les distinguer. Par ailleurs, cette fréquence est trop basse pour que le signal puisse être transmis facilement sur de grandes distances.

On utilise donc deux signaux :

- la porteuse $p(t)$ propre à l'émetteur (signal sinusoïdal de fréquence très élevée),
- le signal modulant qui correspond à l'information à transmettre.

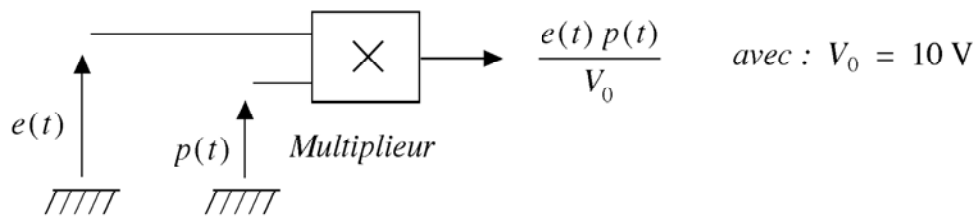
On suppose pour simplifier que le signal modulant est sinusoïdal, de la forme $E_m \cos(\omega_e t + \varphi_e)$

Pour pouvoir ultérieurement démoduler le signal modulé, on ajoute une tension constante E_0 au signal modulant :

$$e(t) = E_0 + E_m \cos(\omega_e t + \varphi_e) \qquad e(t) = E_0 \left[1 + \frac{E_m}{E_0} \cos(\omega_e t + \varphi_e) \right]$$

Taux de modulation :

$$m = \frac{E_m}{E_0}$$



La tension en sortie du multiplieur est égale à :

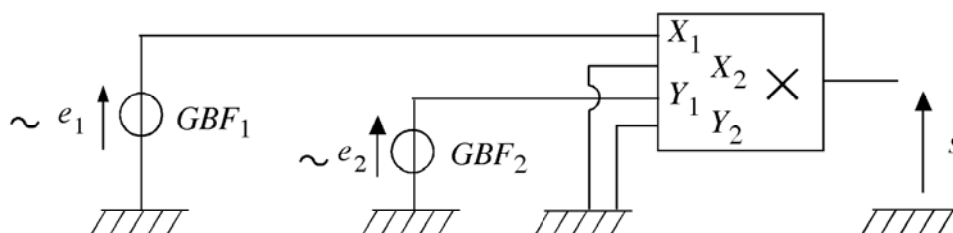
$$\frac{1}{V_0} e(t) \times p(t) = \frac{E_0 P_m}{V_0} [1 + m \cos(\omega_e t + \varphi_e)] \times \cos(\omega_p t + \varphi_p)$$

$$\frac{1}{V_0} e(t) \times p(t) = \frac{E_0 P_m}{V_0} \left[\cos(\omega_p t) + \frac{m}{2} [\cos((\omega_p - \omega_e)t - \varphi_e) + \cos((\omega_p + \omega_e)t + \varphi_e)] \right]$$

MANIPULATIONS :

Le GBF₁ délivre le signal modulant de **fréquence 100 Hz**. Le bouton « DC Offset » permet d'ajouter une tension continue de décalage E_0 au signal modulant.

Le GBF₂ délivre la porteuse, signal toujours sinusoïdal de **fréquence 1000 Hz**.

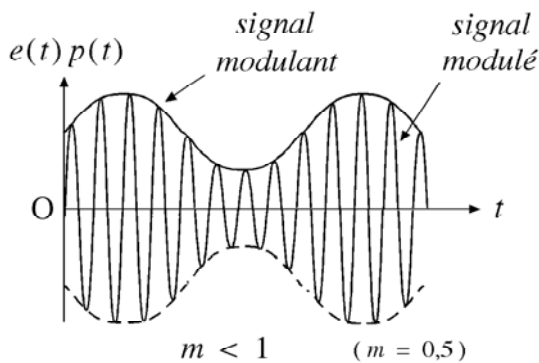


Les entrées X_2 et Y_2 du multiplieur sont mises à la masse.

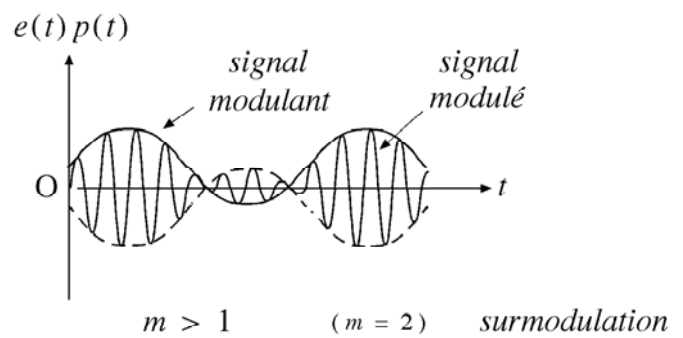
- Observer à l'oscilloscope le signal délivré par le GBF₁ et le signal de sortie du multiplieur.
- Faire varier la tension continue E_0 (et donc le taux m de modulation) et observer les deux cas suivants :
 - 1^{er} cas : $m < 1$ ou $E_m < E_0$ (cas général),
 - 2^{ème} cas : $m > 1$ ou $E_m > E_0$ (surmodulation)

On choisira successivement comme signal modulant :

- un signal sinusoïdal,
- un signal triangulaire,
- un signal en créneaux.



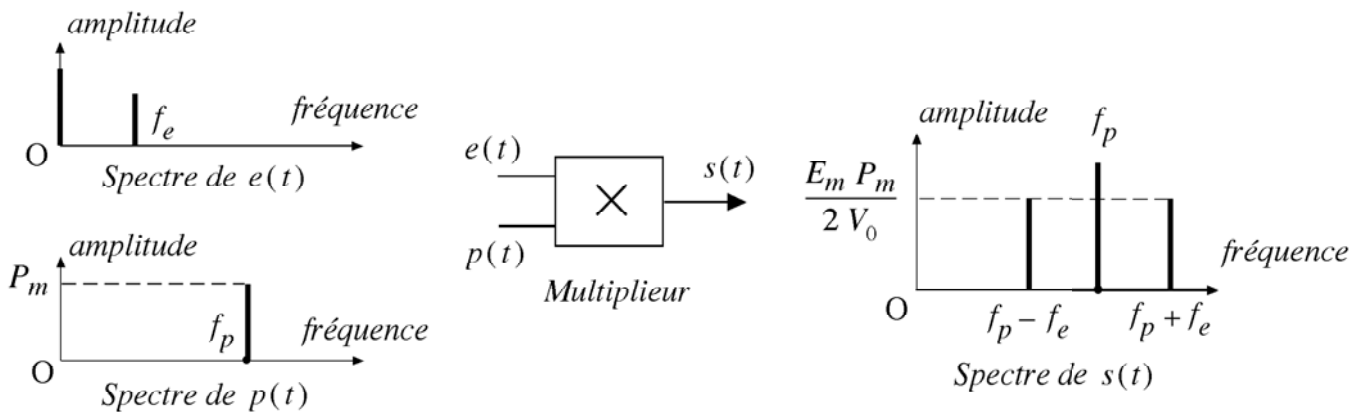
L'enveloppe est le signal modulant.



L'enveloppe n'est pas le signal modulant.

Spectre du signal modulé :

- Dans le cas où le signal modulant est sinusoïdal, faire l'analyse spectrale du signal de sortie du multiplieur et vérifier la présence des trois fréquences $f_p - f_e$, f_p et $f_p + f_e$.



2) DÉMODULATION D'AMPLITUDE AVEC UN DÉTECTEUR D'ENVELOPPE

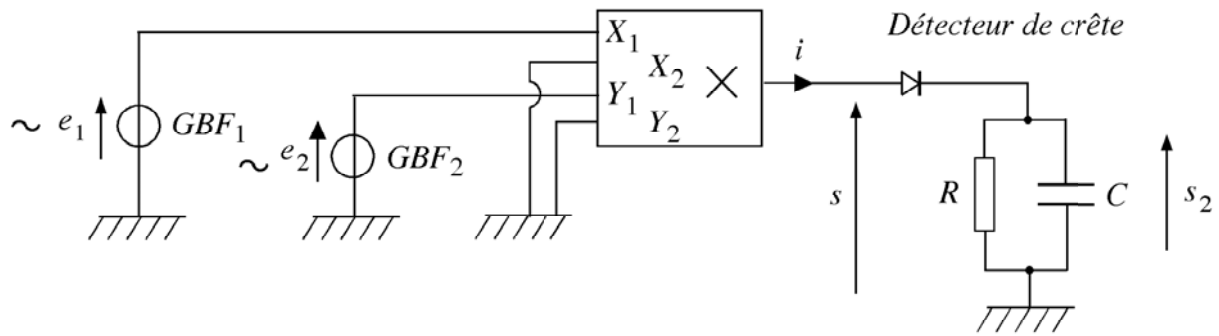
On utilise un détecteur d'enveloppe dans le seul cas où le taux de modulation m est inférieur à 1 (il ne faut pas qu'il y ait surmodulation).

MANIPULATIONS :

Le GBF 1 délivre le signal modulant, sinusoïdal, de **fréquence 100 Hz**. Le bouton « DC Offset » permet d'ajouter une tension continue de décalage E_0 au signal modulant.

Le GBF 2 délivre la porteuse, signal toujours sinusoïdal de **fréquence 10 kHz**.

- Faire le montage ci-dessous avec le détecteur d'enveloppe :

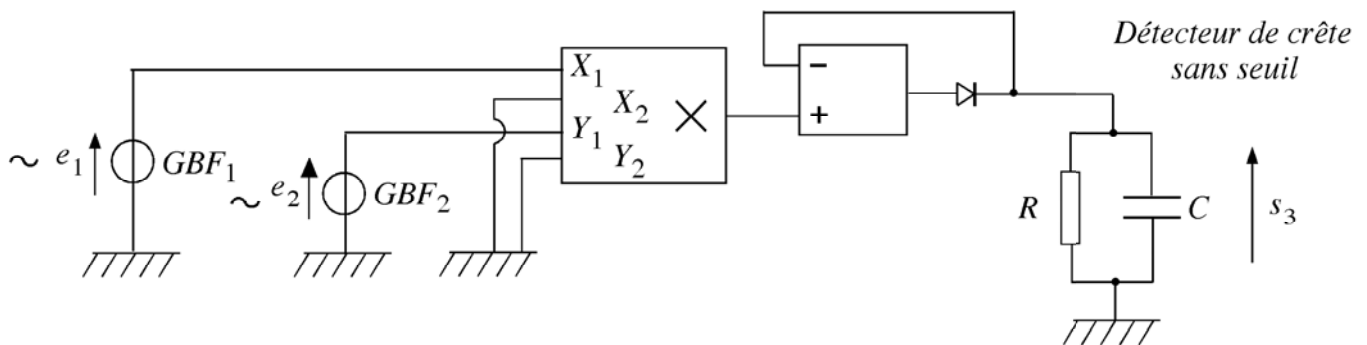


- 1^{er} essai : $RC \approx T_p$ $RC = 10^{-4} \text{ s}$ $R = 10 \text{ k}\Omega$ $C = 10 \text{ nF}$
- 2^{ème} essai : $RC \approx T_e$ $RC = 10^{-2} \text{ s}$ $R = 1 \text{ M}\Omega$ $C = 10 \text{ nF}$
- 3^{ème} essai : $T_p \ll RC \ll T_e$ $RC = 10^{-3} \text{ s}$ $R = 100 \text{ k}\Omega$ $C = 10 \text{ nF}$
- Observer et conclure pour le choix de la valeur de RC à retenir.

Amélioration : redresseur sans seuil :

La diode a une tension de seuil U_s d'environ 0,6 V . Si le signal est faible, cette tension de seuil est gênante.

- Faire le montage ci-dessous :



- Refaire les mesures dans le cas du 3^{ème} essai

$$T_p \ll RC \ll T_e \quad RC = 10^{-3} \text{ s} \quad R = 100 \text{ k}\Omega \quad C = 10 \text{ nF}$$

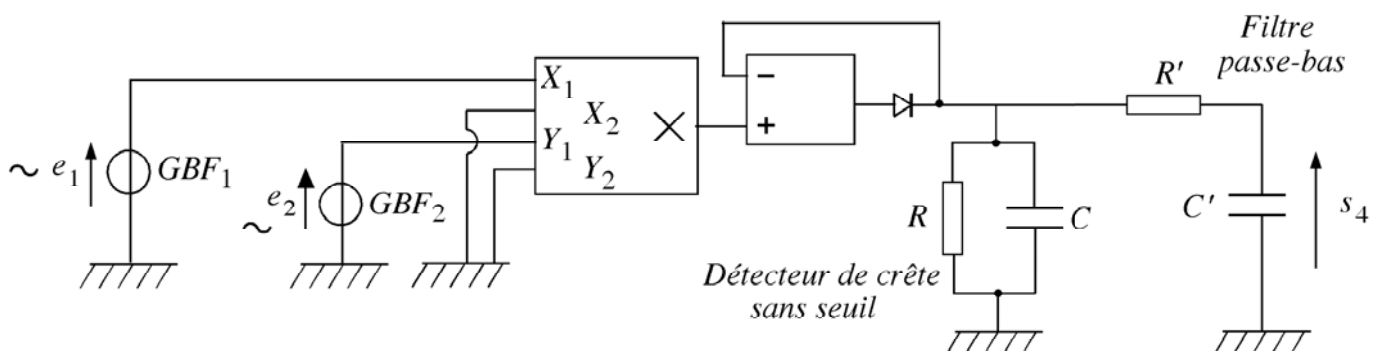
Remarque :

Le signal obtenu contient une composante parasite à la fréquence f_p que l'on peut éliminer en rajoutant un filtre passe-bas $R'C'$. Il faut que :

$$R'C' \gg T_p \quad \text{et} \quad R'C' \ll T_e$$

Il faut en plus que $R' \gg R$ pour éviter de décharger le condensateur. On choisit donc :

$$R' = 1 \text{ M}\Omega \quad C' = 1 \text{ nF}$$



3) DÉTECTION SYNCHRONES (OU DÉMODULATION SYNCHRONES)

Cette méthode convient quelle que soit la valeur du taux de modulation m (même s'il y a surmodulation).

Soit le signal modulé en amplitude :

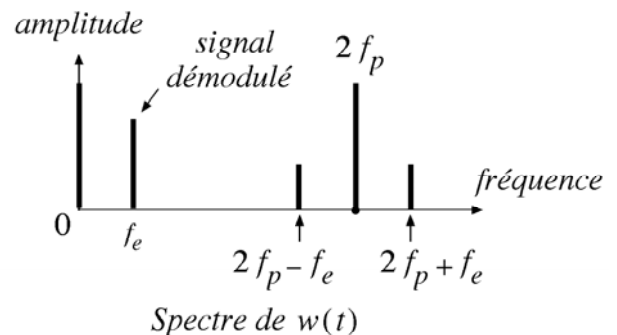
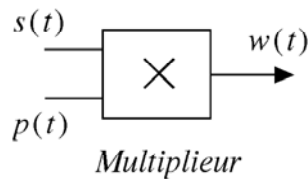
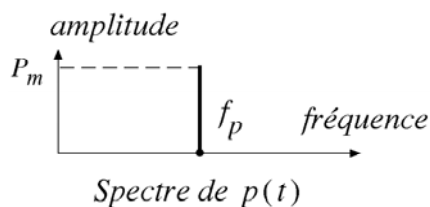
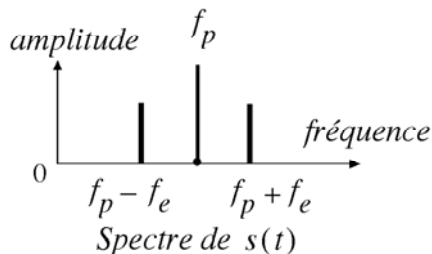
$$s(t) = \frac{E_0 P_m}{V_0} [1 + m \cos(\omega_e t + \varphi_e)] \times \cos(\omega_p t)$$

On multiplie ce signal par la porteuse $p(t)$:

$$s(t) \times p(t) = \frac{E_0 P_m^2}{V_0} [1 + m \cos(\omega_e t + \varphi_e)] \times \cos^2(\omega_p t)$$

$$s(t) \times p(t) = \frac{E_0 P_m^2}{V_0} [1 + m \cos(\omega_e t + \varphi_e)] \times \frac{1 + \cos(2\omega_p t)}{2}$$

$$s(t) \times p(t) = \frac{E_0 P_m^2}{V_0} \left[1 + m \cos(\omega_e t + \varphi_e) + \cos(2\omega_p t) + \frac{m}{2} \cos((2\omega_p - \omega_e)t - \varphi_e) + \frac{m}{2} \cos((2\omega_p + \omega_e)t - \varphi_e) \right]$$

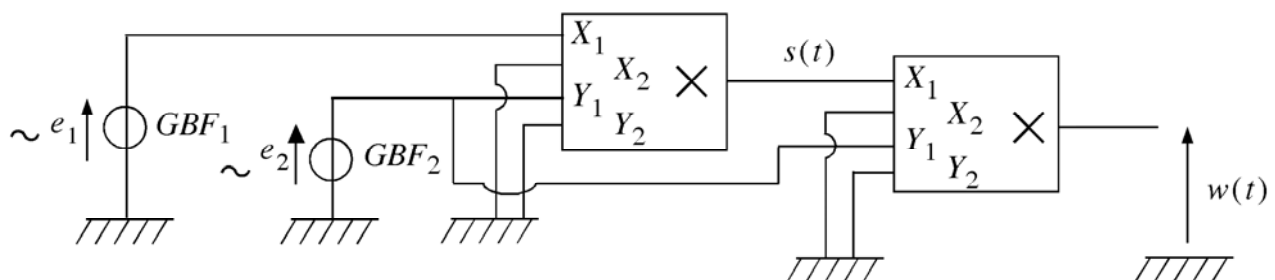


MANIPULATIONS :

Le GBF₁ délivre le signal modulant, sinusoïdal, de **fréquence 100 Hz**. Le bouton « DC Offset » permet d'ajouter une tension continue de décalage E_0 au signal modulant.

Le GBF₂ délivre la porteuse, signal toujours sinusoïdal de **fréquence 10 kHz**.

- Faire le montage ci-dessous :



- Faire l'analyse spectrale du signal de sortie du multiplieur et vérifier la présence d'un terme constant et de quatre fréquences f_e , $2f_p - f_e$, $2f_p$ et $2f_p + f_e$.

- Ajouter un filtre passe-bas $R'C'$ pour éliminer les fréquences supérieures à f_e . Il faut que :

$$R'C' \gg T_p \text{ et } R'C' \ll T_e$$