



Lorsqu'on écoute un morceau de musique sur une station donnée :

- choisir la station, c'est choisir une certaine fréquence de valeur élevée (10^4 à 10^{11} Hz), par exemple 185 kHz pour EUROPE 1, qui est celle d'une « onde porteuse » ;
- le morceau de musique est « porté » par cette onde : il constitue « le signal modulant » (≈ 1 kHz).

Le récepteur peut sélectionner l'onde porteuse modulée, la démoduler et l'auditeur reçoit une information qui était le signal modulant.

L'onde peut être modulée en amplitude, en fréquence ou en phase. C'est la modulation d'amplitude que nous allons essayer de comprendre.

I. La modulation d'amplitude

1. Expérience et principe

a) La modulation est obtenue par combinaison de deux ondes :

- l'onde porteuse $v_1(t)$ que nous représentons par un signal électrique sinusoïdal de haute fréquence F et d'amplitude V_{\max} délivré par GBF₁.

Réglages : $F = 2$ kHz et $V_{\max} = 10$ V.

- l'onde $v_2(t)$ représentée par le signal électrique délivré par GBF₂, ce signal étant lui-même la somme de deux tensions :

* le signal modulant lié à l'information à transmettre. Il n'est pas forcément sinusoïdal mais il est égal à la somme de fonctions sinusoïdales de basses fréquences. Pour simplifier, nous le représentons par un seul signal électrique sinusoïdal $u(t)$ de basse fréquence f et d'amplitude U_{\max} .

Réglages : $f = 100$ Hz et $U_{\max} = 4$ V.

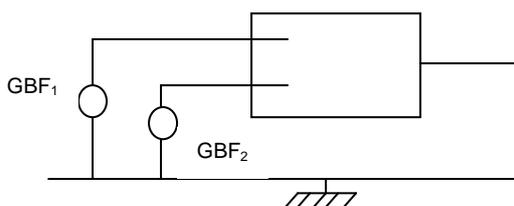
* auquel on ajoute une tension constante de valeur U_0 appelée tension de décalage (ou offset en anglais) ;

Réglage : $U_0 = 5$ V.

b) Le circuit électronique appelé multiplieur a pour but de combiner les deux ondes et donner, en sortie, un signal modulé : $s(t)$ proportionnel au produit $v_1 v_2$: $s(t) = k v_1 v_2$.

Pour réaliser le montage :

- alimenter le module multiplieur (+ 15 V ; - 15 V ; masse) ;
- connecter GBF₁ (X_1 ; masse) et GBF₂ (Y_1 ; masse) ;
- visualiser à l'oscilloscope : $v_1(t)$ et $v_2(t)$ ainsi que $s(t)$.



Compléter le schéma en indiquant les entrées X_1 et Y_1 ainsi que, par des flèches, les tensions v_1 , v_2 et $s(t)$. Reproduire les oscillogrammes de v_1 , v_2 et $s(t)$ en y faisant apparaître : V_{\max} , U_0 et U_{\max} .

c) Nous observons une tension modulée $s(t)$ dont l'enveloppe est proportionnelle à la fonction u .

En modifiant le réglage de l'oscilloscope, on peut faire coïncider le signal $u(t)$ avec l'enveloppe de la fonction modulée $s(t)$.

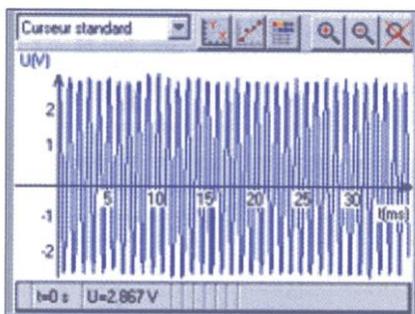
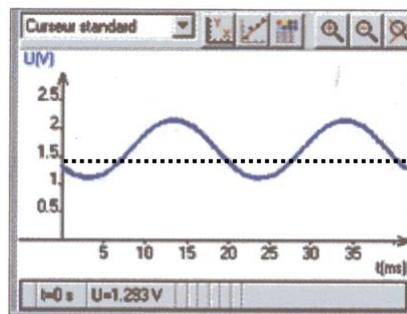
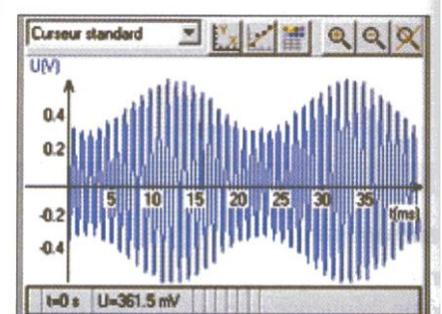


Fig. 5 a. Tension sinusoïdale $p(t)$, porteuse.



b. Tension modulante $s(t)$.

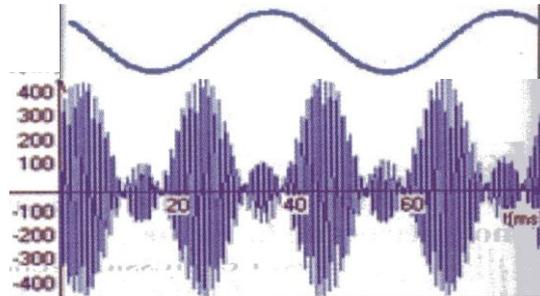


c. Tension modulée en amplitude $u_s(t)$.

d) Conditions pour avoir une bonne modulation :

- $U_0 > U_{\max}$ ou $m < 1$; m est le taux de modulation : $m = \frac{U_{\max}}{U_0}$.

Dans le cas contraire (faire un essai), il y a surmodulation. (la courbe qui suit les maxima positifs de la tension modulée ne reproduit plus les variations du signal à transmettre). C'est la raison pour laquelle on prend U_0 non nulle.



- La fréquence de la porteuse doit être très supérieure à celle du signal modulant : $F \gg f$.

Conclusion : Réaliser une modulation d'amplitude, c'est rendre l'amplitude du signal modulé fonction affine de la tension modulante.

2. Résultats de l'étude théorique

L'étude théorique montre que :

$$v_1(t) = V_{\max} \cos 2\pi F.t$$

$$v_2(t) = U_0 + U_{\max} \cos 2\pi f.t \text{ avec } u(t) = U_{\max} \cos 2\pi f.t$$

$$\text{Donc : } s(t) = k.v_1.v_2 = k.(U_0 + U_{\max} \cos 2\pi f.t). V_{\max} \cos 2\pi F.t$$

$s(t)$ peut se mettre sous la forme : $s(t) = A(1 + m \cos 2\pi f.t) \cdot \cos 2\pi F.t$ avec : $m = \frac{U_{\max}}{U_0}$, taux de

modulation et $A = k.U_0.V_{\max}$.

$s(t)$ peut se mettre sous la forme : $s(t) = \text{Amplitude} \cdot \cos 2\pi F.t$, Amplitude variant entre $A(1+m)$ et $A(1-m)$.

Faire un schéma illustrant ces variations de $s(t)$.

On démontre que $s(t)$ est la somme de trois fonctions sinusoïdales de fréquences F , $(F-f)$ et $(F+f)$: le document 4 de la page 87 montre le spectre de fréquences de l'onde modulée en amplitude.

Pour cette démonstration, on utilise la relation de trigonométrie : $2\cos a \cdot \cos b = \cos(a+b) + \cos(a-b)$:

D'après ce qui précède :

$$s(t) = A \cdot \cos 2\pi F.t + A \cdot m \cdot \cos(2\pi f.t) \cdot \cos(2\pi F.t)$$

$$s(t) = A \cdot \cos 2\pi F.t + \frac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi (F+f).t) + \frac{A \cdot m}{2} \cos(2\pi (F-f).t)$$

Conclusion : il faut que la bande passante du circuit oscillant de l'émetteur ainsi que celle du récepteur englobe l'intervalle de fréquences $[F-f, F+f]$.

EXERCICES

Exo Résolu p93

Exo n° 07 p95