

<b>TS Spécialité</b>	<b>Physique</b>	<b>Modulation d'amplitude</b>	<b>Exercice résolu</b>
--------------------------	-----------------	-------------------------------	----------------------------

### Enoncé

A. Les bandes de fréquences allouées à la radiodiffusion sont repérées par :

- GO : de 1052 m à 2000 m
- FM : de 87,5 Hz à 108 MHz

1. Compléter, sans justification, le tableau ci-dessous en associant fréquences et longueurs d'onde :

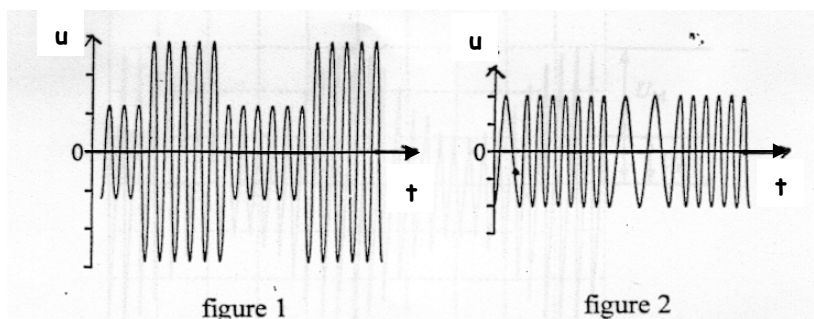
	Fréquence	Longueur d'onde
<b>GO</b>	De            à	De 1052 m à 2000 m
<b>FM</b>	De 87,5 Hz à 108 MHz	De            à

2. La commission d'allocation des fréquences attribue un canal à chaque émetteur. En GO, chaque canal a une largeur spectrale de 9,0 kHz. Quel est le nombre maximum d'émetteurs autorisés par la commission sur cette bande de fréquences ?

B. D'une façon générale, un signal modulé s'exprime par la relation :  $s(t) = S(t) \cdot \cos[\theta(t)]$ , dans laquelle  $S(t)$  et  $\theta(t)$  sont des fonctions du temps.

1. a) En modulation d'amplitude (MA), quelle est la fonction qui contient le signal modulant ?  
b) Même question en modulation de fréquence (MF).

2. On a reproduit l'enregistrement d'un signal modulé en fonction du temps :



- a) Préciser la nature de la modulation correspondant à chaque signal.
- b) Dans le cas de la modulation d'amplitude, tracer directement sur la figure choisie l'allure du signal modulant.

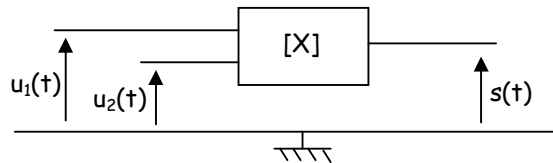
3. On veut transmettre, par modulation d'amplitude, un signal sinusoïdal de fréquence  $f = 440$  Hz. Pour cela, on doit utiliser un signal porteur de fréquence  $F$ . Le signal modulé  $s(t)$  peut se mettre sous la forme d'une somme de 3 fonctions sinusoïdales.

- a) Exprimer les fréquences de ces 3 fonctions sinusoïdales en fonction de  $f$  et  $F$ .
- b) Parmi les 3 couples  $(f ; F)$  ci-dessous, choisir le seul possible :

<b>f (Hz)</b>	440	162000	440000
<b>F (Hz)</b>	180000	440	162000

c) Le couple étant retenu, indiquer, parmi les fréquences suivantes, celles qui figurent dans le signal modulé : 440 Hz, 140000 Hz, 179560 Hz, 180000 Hz, 180440 Hz.

C. Au laboratoire, pour simuler la tension modulée par le signal de 440 Hz précédent, on utilise deux GBF et un composant électronique [X] :

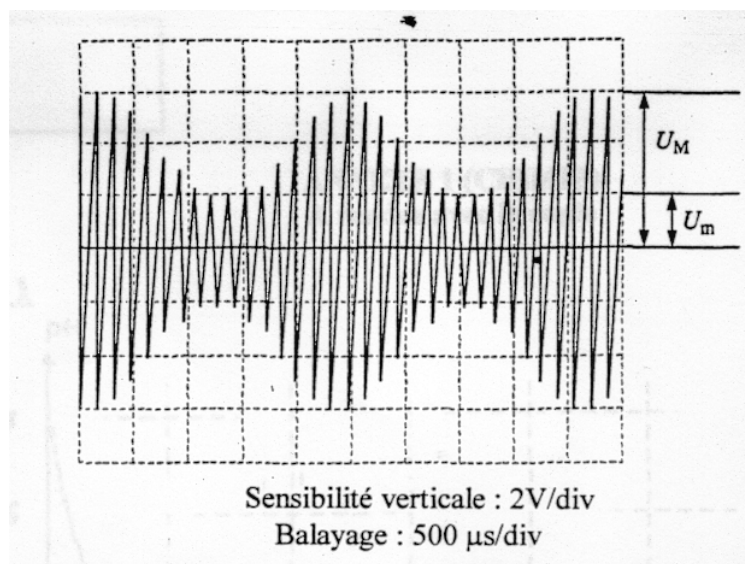


- $u_1(t)$  est la tension de fréquence  $f$  et d'amplitude  $U_1$  délivrée par le premier GBF, à laquelle on a ajouté une composante continue  $U_0$ .
- $u_2(t)$  est la tension de fréquence  $F$  et d'amplitude  $U_2$  délivrée par le second GBF.
- $s(t)$  est le signal modulé.

1. a) Quel est le nom du composant [X] et quel est son rôle ?

b) Exprimer  $s(t)$  en fonction de  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  et  $k$  (constante liée au composant électronique).

2. Un oscilloscope permet de visualiser la tension modulée. On obtient l'oscillogramme ci-dessous :



Remarques :

- en l'absence de tension, le spot occupe la ligne médiane de l'écran,
- pour des raisons de résolution graphique, la fréquence de la porteuse a été réduite.

a) Quelle est la période du signal modulant ? Le résultat est-il en accord avec la fréquence connue de ce signal ?

b) Déterminer l'amplitude  $U_1$  du signal modulant, puis la tension de décalage  $U_0$ .

c) Déterminer la valeur maximale  $U_M$  de l'amplitude de la tension modulée, puis sa valeur minimale  $U_m$ .

3. a) Montrer que  $s(t)$  peut se mettre sous la forme :

$$s(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t) \text{ en posant } A = k \cdot U_2 \cdot U_0 \text{ et avec } m \text{ (taux de modulation)} = \frac{U_1}{U_0}.$$

b) Exprimer le taux de modulation en fonction de  $U_M$  et  $U_m$  puis le calculer. A-t-on réalisé une bonne modulation ?

c) Dessiner ce que l'on voit sur l'écran de l'oscilloscope si on passe en mode XY.

## Corrigé

A. 1. Compléter, sans justification, le tableau ci-dessous en associant fréquences et longueurs d'onde :

On utilise la relation :  $\lambda = \frac{v}{f}$ .

	Fréquence	Longueur d'onde
GO	De 150 kHz à 285 kHz	De 1052 m à 2000 m
FM	De 87,5 MHz à 108 MHz	De 2,78 m à 3,43 m

2. Quel est le nombre maximum d'émetteurs autorisés par la commission sur cette bande de fréquences ?

La largeur de bande est  $\Delta f = 285 - 150 = 135$  kHz.

Le nombre maximum d'émetteurs est donc :  $n_{\max} = \frac{135}{9} = 15$

B. 1. a) En modulation d'amplitude (MA), quelle est la fonction qui contient le signal modulant ?

C'est la fonction  $S(t)$  qui contient le signal modulant.

b) Même question en modulation de fréquence (MF).

C'est la fonction  $\theta(t)$  qui contient le signal modulant.

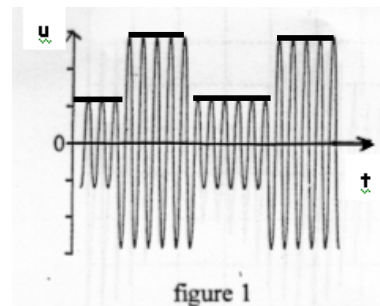
2. a) Préciser la nature de la modulation correspondant à chaque signal.

Figure 1 : modulation d'amplitude.

Figure 2 : modulation de fréquence.

b) Dans le cas de la modulation d'amplitude, tracer directement sur la figure choisie l'allure du signal modulant.

Il s'agit d'une tension rectangulaire :



3. a) Exprimer les fréquences de ces 3 fonctions sinusoïdales en fonction de  $f$  et  $F$ .

Il s'agit des fréquences :  $F - f$ ,  $F$  et  $F + f$ .

b) Parmi les 3 couples ( $f$  ;  $F$ ) choisir le seul possible :

La fréquence  $F$  est la fréquence de la porteuse (tension de haute fréquence) et  $f$  est la fréquence du signal modulant (signal de basse fréquence). La seule solution possible est donc :

$$F = 180000 \text{ Hz et } f = 440 \text{ Hz}$$

c) Le couple étant retenu, indiquer, parmi les fréquences suivantes, celles qui figurent dans le signal modulé : 440 Hz, 140000 Hz, 179560 Hz, 180000 Hz, 180440 Hz.

Les fréquences qui figurent dans le signal modulé sont :

- $F - f = 180000 - 440 = 179560 \text{ Hz}$
- $F = 180000 \text{ Hz}$
- $F + f = 180000 + 440 = 180440 \text{ Hz}$

C. 1. a) Quel est le nom du composant [X] et quel est son rôle ?

Le composant [X] est un multiplieur. Sa fonction du multiplieur est de réaliser la modulation de la porteuse par le signal modulant.

b) Exprimer  $s(t)$  en fonction de  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  et  $k$  (constante liée au composant électronique).

$$s(t) = k \cdot u_2(t) \cdot [U_0 + u_1(t)]$$

2. a) Quelle est la période du signal modulant ? Le résultat est-il en accord avec la fréquence connue de ce signal ?

On trouve une période de **2500  $\mu$ s** pour le signal modulant, ce qui correspond bien à une fréquence de 440 Hz.

b) Déterminer l'amplitude  $U_1$  du signal modulant, puis la tension de décalage  $U_0$ .

$U_1 = 2,0 \text{ V}$  et  $U_0 = 4,0 \text{ V}$ .

c) Déterminer la valeur maximale  $U_M$  de l'amplitude de la tension modulée, puis sa valeur minimale  $U_m$ .

$U_M = 6,0 \text{ V}$  et  $U_m = 2,0 \text{ V}$ .

3. a) Montrer que  $s(t)$  peut se mettre sous la forme :  $s(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$

$u_1(t)$  est une tension sinusoïdale de fréquence  $f$ , soit :  $u_1(t) = U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$

$u_2(t)$  est une tension sinusoïdale de fréquence  $F$ , soit :  $u_2(t) = U_2 \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$

Or :  $s(t) = k \cdot u_2(t) \cdot [U_0 + u_1(t)]$

$\Rightarrow s(t) = u(t) = k \cdot U_2 \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t) \cdot [U_0 + u_1(t)] = k \cdot U_2 \cdot [U_0 + u_1(t)] \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$

$\Rightarrow s(t) = U(t) \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$  avec  $U(t)$  (amplitude de la tension modulée)  $= k \cdot U_2 \cdot [U_0 + u_1(t)]$

En développant l'expression de cette amplitude on obtient :

$$U(t) = k \cdot U_2 \cdot [U_0 + U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] = k \cdot U_2 \cdot U_0 + k \cdot U_2 \cdot U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) = k \cdot U_2 \cdot U_0 \cdot [1 + \frac{U_1}{U_0} \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)]$$

En posant  $A = k \cdot U_2 \cdot U_0$  et  $m = \frac{U_1}{U_0}$ , on obtient :

$$U(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] \text{ et } s(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$$

b) Exprimer le taux de modulation en fonction de  $U_M$  et  $U_m$  puis le calculer. A-t-on réalisé une bonne modulation ?

L'amplitude de la tension modulée s'exprime par :  $U(t) = A \cdot [1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)]$

Cette amplitude varie entre les valeurs extrêmes :  $U_M = A \cdot (1 + m)$  et  $U_m = A \cdot (1 - m)$

$$\text{Donc : } \frac{U_M}{U_m} = \frac{1+m}{1-m} \Rightarrow (1-m) \cdot U_M = (1+m) \cdot U_m \Rightarrow -m \cdot (U_M + U_m) = U_m - U_M$$

$$\Rightarrow m = \frac{U_M - U_m}{U_M + U_m} \text{ soit : } m = \frac{6,0 - 2,0}{6,0 + 2,0} = 5,0 \times 10^{-1}$$

$m < 1$  : la modulation est de bonne qualité.

c) Dessiner ce que l'on voit sur l'écran de l'oscilloscope si on passe en mode XY.

On voit un trapèze :

