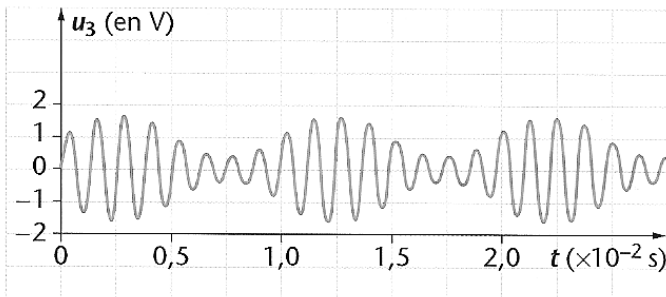


1 Tensions modulée, modulante et à moduler

Une tension $u_1(t)$ module une des caractéristiques d'une tension $u_2(t)$ sinusoïdale. L'enregistrement de la tension modulée $u_3(t)$ obtenue est fourni ci-dessous.



- A-t-on réalisé une modulation d'amplitude ou de fréquence ? Justifier.
- Quelle semble être la forme de $u_1(t)$?
- Déterminer la période et la fréquence de $u_1(t)$.
- Déterminer la période et la fréquence de la tension $u_2(t)$ qui a été modulée.
- L'amplitude de $u_3(t)$ varie au cours du temps et passe par deux valeurs extrêmes $U_{3\min}$ et $U_{3\max}$.

Le taux de modulation m est défini par :

$$m = \frac{U_{3\max} - U_{3\min}}{U_{3\max} + U_{3\min}}$$

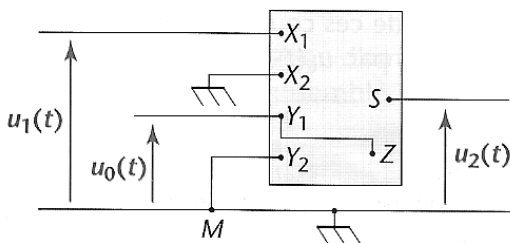
Déterminer la valeur de m .

2 Un montage pour moduler en amplitude

Le montage ci-dessous est utilisé pour moduler une tension sinusoïdale $u_0(t)$ de fréquence f_0 par un signal informatif $u_1(t)$. L'expression de $u_0(t)$ est de la forme $u_0(t) = U_{0\max} \cos(2\pi f_0 t)$. La tension modulée est obtenue en réalisant l'opération :

$$u_{SM}(t) = k(u_{X1M} - u_{X2M})(u_{Y1M} - u_{Y2M}) + u_{ZM},$$

où $k = 0,10 \text{ V}^{-1}$.



- Exprimer $u_2(t)$ en fonction de $u_1(t)$, f_0 et $U_{0\max}$.
- Montrer que $u_2(t)$ est une tension modulée en amplitude.
- $u_1(t)$ est une tension sinusoïdale d'amplitude $U_{1\max}$, de fréquence f_1 et de phase à l'origine des dates nulle. Exprimer en conséquence $u_2(t)$ en fonction de f_0 , f_1 , $U_{1\max}$ et $U_{0\max}$.
- L'amplitude de $u_2(t)$ varie au cours du temps et passe par deux valeurs extrêmes $U_{2\min}$ et $U_{2\max}$.

Le taux de modulation est :

$$m = \frac{U_{2\max} - U_{2\min}}{U_{2\max} + U_{2\min}}$$

Déterminer la valeur de m si $U_{1\max} = 2 \text{ V}$.

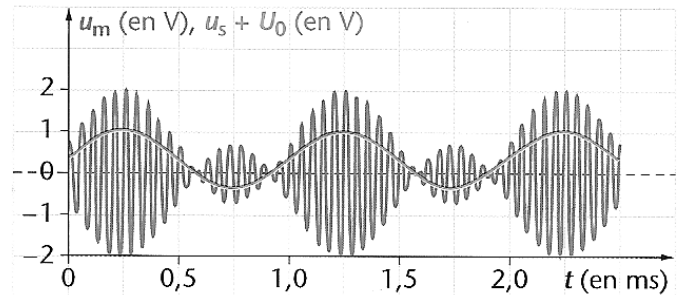
- Quelle est la condition nécessaire pour éviter la surmodulation ?

3 Bonne ou mauvaise modulation

L'enregistrement ci-dessous indique les variations :

- en bleu, d'une tension $u_m(t)$ modulée en amplitude ;
- en rouge, de la tension $u_s(t) + U_0$ où $u_s(t)$ est la tension modulante sinusoïdale de valeur moyenne nulle et U_0 est la tension de décalage.

$u_m(t)$ s'écrit ici $u_m(t) = k(u_s(t) + U_0) \cos(2\pi f_p t)$ où k est une constante et f_p la fréquence de la tension que l'on a modulée.



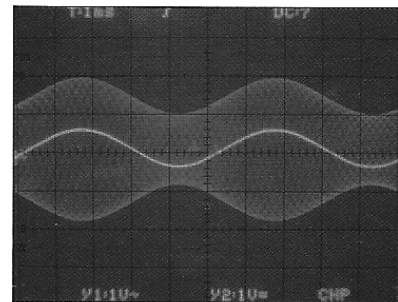
- La modulation est-elle de bonne qualité ? Justifier.
- Déterminer l'amplitude $U_{s\max}$ de $u_s(t)$ et la tension de décalage U_0 .
- Quelle valeur minimale faut-il donner à la tension de décalage pour qu'il n'y ait pas de surmodulation ?
- Quelle serait alors l'allure de l'oscillogramme de $u_m(t)$?

4 Un montage pour moduler en amplitude

Pour réaliser une modulation d'amplitude, un élève réalise le montage schématisé page 120.

$$u_{SM} = k u_{E1M} u_{E2M}$$

L'oscillogramme obtenu est également donné.



- Reproduire le schéma en indiquant les branchements de l'oscilloscope effectués.
- La modulation est-elle de bonne qualité ?
- Qu'observerait-t-on :
 - en mode XY ?
 - en mode balayage avec une seule voie entre E_2 et M ?

5 Une porteuse mais trois fréquences caractéristiques

On réalise le montage de l'exercice 2. La tension $u_0(t)$ à moduler (la porteuse) est sinusoïdale d'amplitude $U_{0\max} = 5 \text{ V}$ et de fréquence $f_0 = 50 \text{ kHz}$.

La tension modulante $u_1(t)$ est sinusoïdale d'amplitude $U_{1\max} = 2 \text{ V}$ et de fréquence $f_1 = 440 \text{ Hz}$.

- Montrer que $u_2(t)$ est une somme de trois tensions sinusoïdales dont on précisera les fréquences.

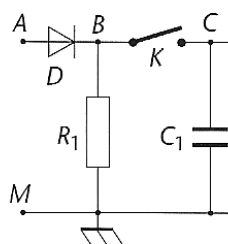
RAPPEL : $\cos p \cos q = \frac{1}{2} (\cos(p+q) + \cos(p-q))$.

- Représenter le spectre de $u_2(t)$ en mettant en ordonnée l'amplitude des harmoniques.

6 Détection d'enveloppe

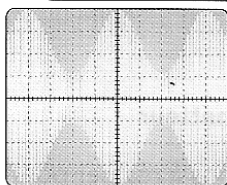
Un signal modulé est transmis par ondes hertziennes à un récepteur radio dans lequel un circuit accordé donne, entre les points A et M d'un montage détecteur d'enveloppe, une tension analogue au signal transmis.

L'étude du détecteur d'enveloppe a conduit aux oscillogrammes ci-dessous.

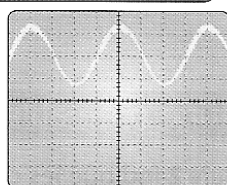


$k_V = 1 \text{ V/div}$

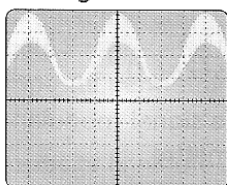
$k_H = 0,2 \text{ ms/div}$



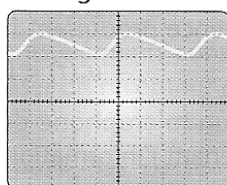
oscillogramme n° 1



oscillogramme n° 2



oscillogramme n° 3



oscillogramme n° 4

1. Quel oscillogramme correspond à la tension $u_{AM}(t)$?
2. Quelle est la fréquence f_1 du son enregistré qui a été transmis par modulation d'amplitude ?
3. Pour obtenir une détection de bonne qualité, il faut choisir une valeur de la capacité C_1 . La constante de temps $R_1 C_1$ doit en effet satisfaire aux conditions suivantes :

- $R_1 C_1 < T_s$ avec T_s période du signal modulant ;
- $R_1 C_1 > 10 T_p$ avec T_p période de la porteuse.

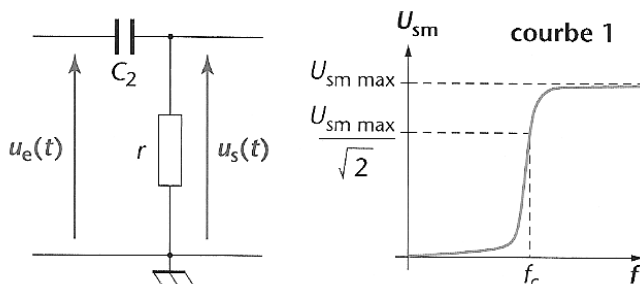
La période de la porteuse est égale à celle de France Info en grandes ondes, soit $T_p = 1,41 \mu\text{s}$.

On ferme l'interrupteur K. La résistance R_1 est de $10 \text{ k}\Omega$ et on dispose de trois condensateurs de capacité C_1 de valeur respective 100 pF , 10 nF et 100 nF . On observe $u_{CM}(t)$.

- a. Pourquoi les signaux démodulés obtenus sur les oscillogrammes n° 3 et n° 4 ne sont-ils pas acceptables ?
- b. Indiquer en justifiant, quel est, parmi les oscillogrammes n° 2, 3 ou 4, celui qui correspond à chacune des valeurs de C_1 ci-dessus.

7 Filtre RC

On étudie l'ensemble $\{rC_2\}$ série ci-dessous.



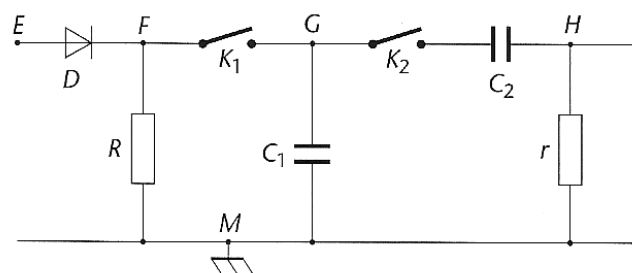
La courbe 1 donne l'allure de l'amplitude U_{sm} de la tension de sortie $u_s(t)$ en fonction de la fréquence de la tension d'entrée $u_e(t)$, sinusoïdale d'amplitude constante.

La fréquence f_c notée sur la figure est la fréquence dite de coupure. Sa valeur est $f_c = \frac{1}{2\pi r C_2}$. Elle est caractéristique du filtre et indique la fréquence à partir de laquelle le signal est fortement atténué.

1. Quelle est la nature du filtre rC_2 ainsi réalisé ? Justifier.

2. Utilisation dans un démodulateur

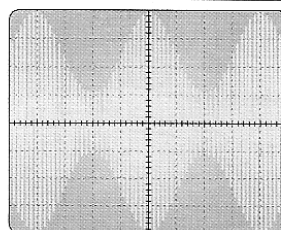
Après réception d'un signal modulé, il faut le démoduler. Cette démodulation est réalisée par le dispositif représenté sur la figure ci-dessous. Le signal modulé correspondant à la station de radio sélectionnée est appliqué entre E et M.



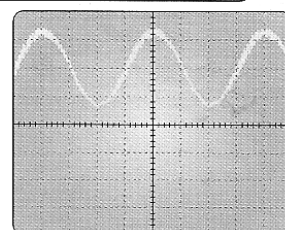
On visualise successivement les trois tensions u_{EM} , u_{GM} et u_{HM} sur un oscilloscope, M étant la masse du circuit. Les oscillogrammes des trois tensions sont obtenus en utilisant le mode DC de l'oscilloscope.

$k_V = 1 \text{ V/div}$

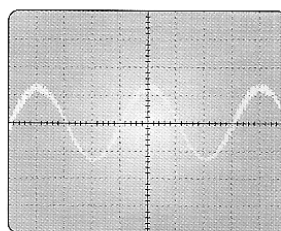
$k_H = 0,2 \text{ ms/div}$



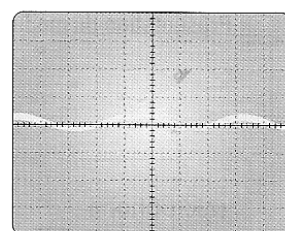
oscillogramme n° 1



oscillogramme n° 2



oscillogramme n° 3



oscillogramme n° 4

- a. K_1 étant fermé et K_2 étant ouvert, identifier $u_{GM}(t)$ en indiquant l'oscillogramme 1, 2, 3 ou 4 correspondant. Quel est le rôle de l'ensemble {diode D – circuit RC_1 parallèle} ?
- b. Les deux interrupteurs K_1 et K_2 étant fermés, on observe le signal obtenu entre les points H et M. Pour une résistance $r = 10 \text{ k}\Omega$, on obtient l'oscillogramme n° 3 si $C_2 = 1 \mu\text{F}$ et l'oscillogramme n° 4 pour $C_2 = 1 \text{ nF}$. Quel est le rôle du filtre dans le démodulateur ?
- c. Le filtre rC_2 est-il monté en passe-haut ou passe-bas ?
- d. Quelle est l'amplitude et la fréquence de la tension $u_{HM}(t)$ sur l'oscillogramme n° 3 ?
- e. Déterminer la valeur de fréquence de coupure du filtre et expliquer la différence entre les oscillogrammes n° 3 et 4.
- f. Entre les deux valeurs de C_2 , laquelle choisir ?