

Produire des sons, communiquer
MODULATION ET DÉMODULATION D'AMPLITUDE

Introduction :

La première technique d'émission utilisée en radiophonie a été la **modulation d'amplitude**.

Une tension électrique, appelée **tension modulante** et contenant l'information à diffuser, module l'amplitude d'un **signal porteur**.

Pour restituer l'information de la tension modulante, il suffit ensuite de **démoduler** le signal reçu.

I- La modulation d'amplitude

1°) Présentation ...

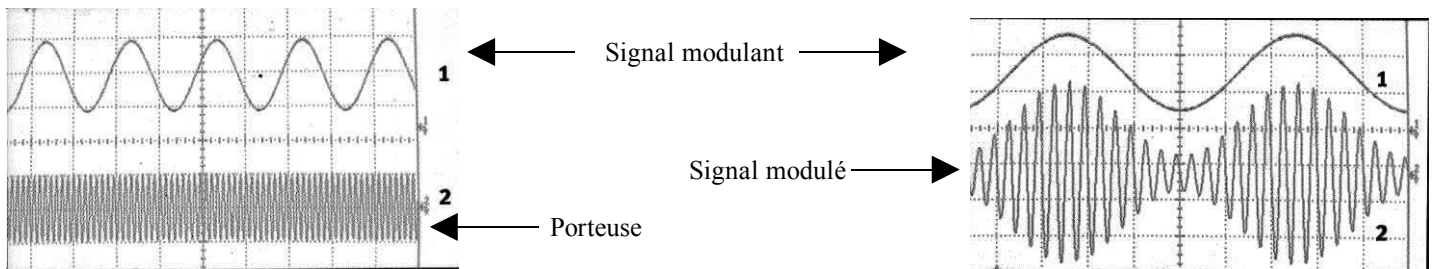
a) ... utilitaire

- La **modulation d'amplitude** permet la transmission de signaux de faibles fréquences par ondes électromagnétiques.

Le signal à transmettre (musique, voix ...) (appelé **signal modulant**), signal de basse fréquence, est transformé en tension électrique par un microphone ; la tension ainsi formée est utilisée pour faire varier (on dit **moduler**) l'amplitude d'un signal de Haute Fréquence (H.F.) appelée **porteuse**.

- Le signal modulé ainsi formé est transformé en **onde électromagnétique** contenant les mêmes fréquences, au moyen d'une antenne émettrice.

Une antenne réceptrice capte l'onde électromagnétique et restitue le signal électrique modulé. La **démodulation** permet alors d'**extraire le signal modulant** d'origine du signal modulé.



b) ... mathématique

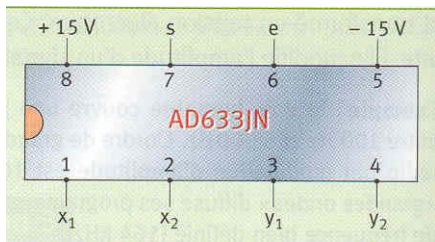
- Le **signal modulant** est une tension sinusoïdale $u_s(t)$ de fréquence f_s : $u_s(t) = (U_s)_{Max} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t)$
- La **porteuse** est une tension sinusoïdale $u_p(t)$ de fréquence f_p : $u_p(t) = (U_p)_{Max} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$
- **Moduler l'amplitude** de ce signal sinusoïdal $u_p(t)$ consiste à transformer son amplitude constante $(U_p)_{Max}$ en une fonction affine de la tension modulante $u_s(t)$: $a \cdot u_s(t) + b$ où a et b sont des constantes
- Le résultat de cette modulation donne le **signal modulé** ayant pour équation :
 $u_m(t) = [a \cdot u_s(t) + b] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$ Le signal modulant est en fait l'**enveloppe** du signal modulé.

2°) Le principe mathématique

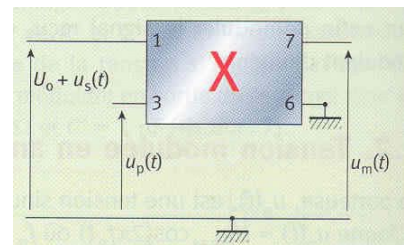
- Le **signal modulé** a pour équation : $u_m(t) = [a \cdot u_s(t) + b] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$
soit $u_m(t) = [u_s(t) + \frac{b}{a}] \cdot a \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$ ou $u_m(t) = [u_s(t) + U_0] \cdot [(U_p)_{Max} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)]$
soit $u_m(t) = [u_s(t) + U_0] \cdot u_p(t)$
- **Moduler l'amplitude** d'un signal consiste alors à **ajouter une composante continue** (ici U_0) au signal modulant $u_s(t)$ à transmettre, puis de **multiplier** la tension résultante **par la tension $u_p(t)$ de la porteuse**.
- Le **décalage en tension U_0** est indispensable pour éviter la **surmodulation** et permettre ensuite la restitution du signal initial par démodulation (Cf. § 4°) ; le **taux de modulation m** est révélateur de la qualité de la modulation : $u_m(t) = [u_s(t) + U_0] \cdot u_p(t)$ soit $u_m(t) = [(U_s)_{Max} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + U_0] \cdot u_p(t)$
Soit $u_m(t) = U_0 \cdot [\frac{(U_s)_{Max}}{U_0} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot u_p(t)$ ou $u_m(t) = U_0 \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot u_p(t)$

3°) La réalisation pratique

Pour réaliser expérimentalement la **modulation d'amplitude d'une porteuse par un signal modulant**, on utilise un **multiplieur**.



Le multiplieur AD 633 JN



Le montage multiplieur de tension

4° Étude du signal modulé

a) Analyse fréquentielle

- Nous avons montré dans le paragraphe 2° que la tension du signal modulé était de la forme :

$$u_m(t) = U_0 \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot [u_p(t)]$$

$$\text{soit } u_m(t) = U_0 \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot [(U_p)_{\text{Max}} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)]$$

$$\text{soit } u_m(t) = U_0 \cdot (U_p)_{\text{Max}} \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$$

$$\text{soit } u_m(t) = k \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) + 1] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$$

$$\text{soit } u_m(t) = k \cdot [m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t) + \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)]$$

- Une étude mathématique permettrait de montrer que le produit $m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$ peut

$$\text{s'écrire : } m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t) = \frac{m}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (f_p + f_s) \cdot t) + \frac{m}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (f_p - f_s) \cdot t)$$

- La tension du signal modulé peut alors s'écrire :

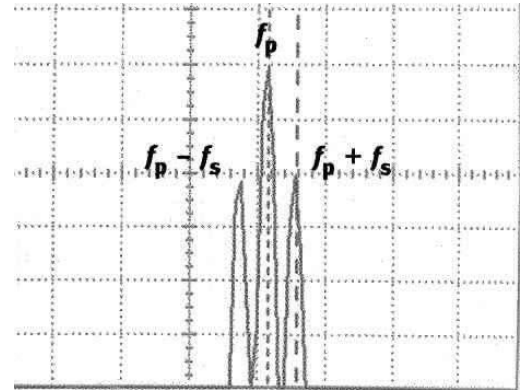
$$u_m(t) = k \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t) + \frac{k \cdot m}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (f_p + f_s) \cdot t) + \frac{k \cdot m}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (f_p - f_s) \cdot t)$$

- Conclusion :

- Lorsque la tension modulante $u_s(t)$ et la porteuse $u_p(t)$ sont des tensions sinusoïdales, de fréquences respectives f_s et f_p , la tension modulée $u_m(t)$ est la somme de trois tensions sinusoïdales de fréquences f_p , $f_p - f_s$ et $f_p + f_s$.

- Cette propriété nous montre qu'un émetteur fonctionnant en modulation d'amplitude doit réserver une bande de fréquence ayant une largeur égale à f_s de part et d'autre de la fréquence de la porteuse f_p .

Le son le plus aiguë à émettre ayant une fréquence f_s de 20 kHz, une bande de 40 kHz au total est nécessaire.



b) Qualité de la modulation

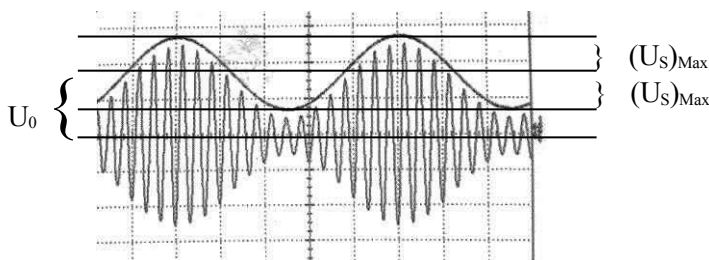
- La tension U_0 joue un rôle important dans la qualité de la modulation ; en effet, de la valeur du décalage en tension dépend de la **fidélité de l'enveloppe du signal modulé** par rapport au signal modulant.

- Pour que la modulation soit de **bonne qualité**, l'enveloppe du signal modulé doit être fidèle au signal modulant. Le décalage en tension U_0 doit alors être supérieur à l'amplitude $(U_s)_{\text{Max}}$ du signal modulant,

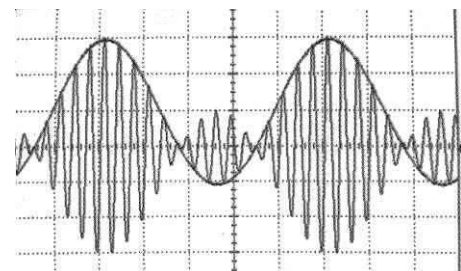
$$\text{soit } U_0 > (U_s)_{\text{Max}} \cdot \text{ soit } \frac{(U_s)_{\text{Max}}}{U_0} < 1 \text{ ou } m < 1, m \text{ étant le } \mathbf{\text{taux de modulation}}$$

- Si la modulation est de **mauvaise qualité**, l'enveloppe du signal modulé n'est pas fidèle au signal modulant. Cela est dû au fait que le décalage en tension U_0 est alors inférieur à l'amplitude $(U_s)_{\text{Max}}$ du

$$\text{signal modulant, soit } U_0 < (U_s)_{\text{Max}} \cdot \text{ soit } \frac{(U_s)_{\text{Max}}}{U_0} > 1 \text{ ou } m > 1 : \text{ il y a } \mathbf{\text{surmodulation.}}$$



Modulation de bonne qualité



Modulation de mauvaise qualité due à une surmodulation

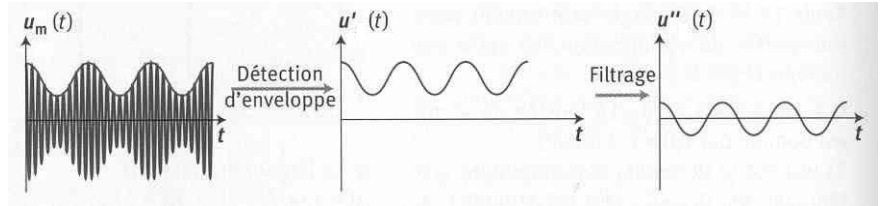
II- La démodulation d'amplitude

1°)Présentation

La démodulation d'amplitude est l'opération consistant à reconstituer le signal modulant à partir de l'onde modulée en amplitude.

Elle s'opère en deux étapes :

- la détection d'enveloppe ;
- l'élimination de la composante continue par filtrage.

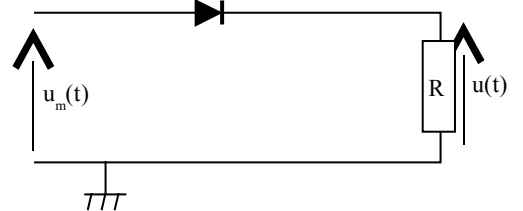


2°)Première étape : la détection d'enveloppe

a) Première opération : la suppression des alternances négatives

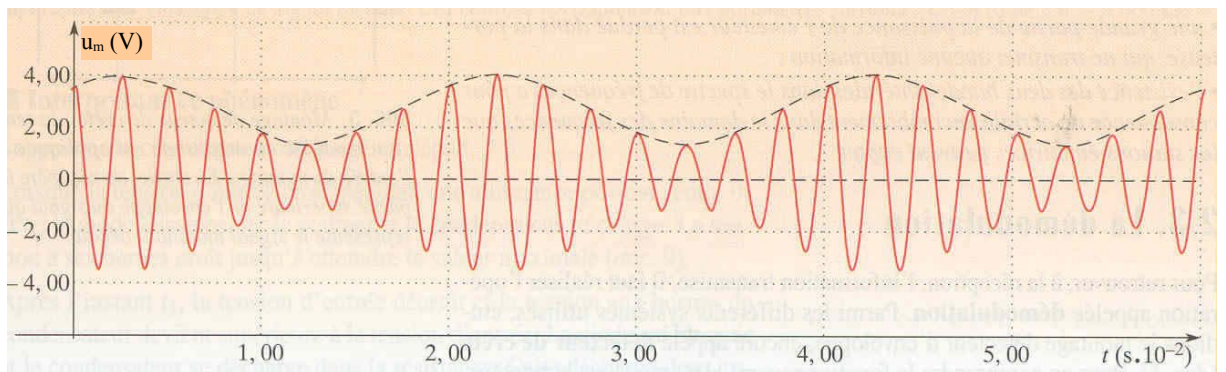
1- Le montage

Le montage à utiliser comporte une **diode** : il s'agit d'un **montage redresseur** simple alternance : la diode bloque les alternances négatives. La tension recueillie aux bornes du conducteur ohmique est une **tension modulée redressée**.

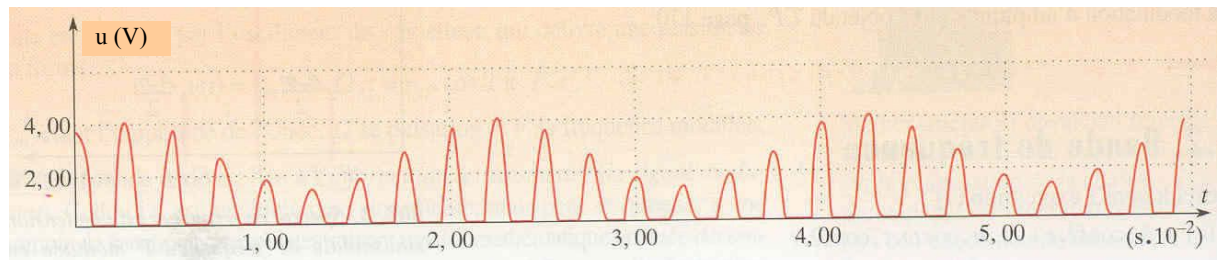


2- Le résultat

Avant redressement



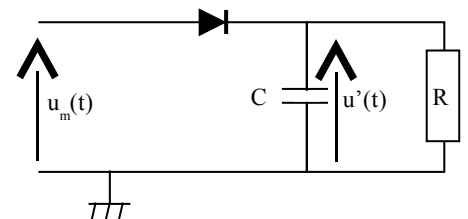
Après redressement



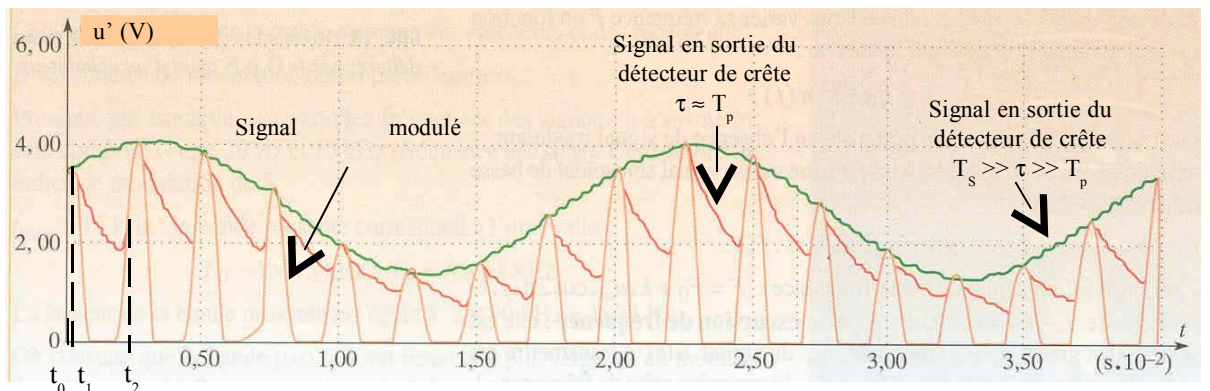
b) Deuxième opération : la suppression de la porteuse

1- Le montage

L'opération consiste à ajouter un condensateur en dérivation aux bornes du conducteur ohmique du montage redresseur.



2- Le résultat



3- Interprétation

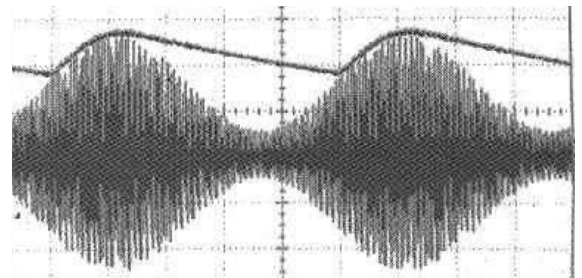
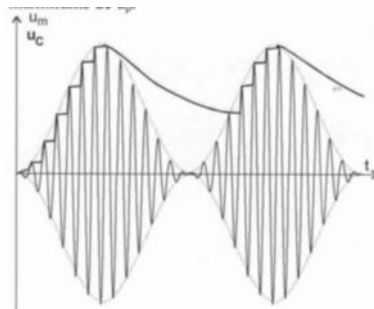
- Supposons le condensateur chargé à $t = 0$ s, au début d'une alternance positive ;
- Entre $t = 0$ s et t_1 , la tension à l'entrée du circuit de démodulation $u_m(t)$ croît :
 - la diode laisse passer le courant ;
 - le condensateur se charge et la tension à ses bornes augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale.
- Après la date t_1 , la tension à l'entrée du circuit de démodulation $u_m(t)$ décroît :
 - la diode ne laisse pas passer le courant ;
 - la tension aux bornes du condensateur étant supérieure à $u_m(t)$, celui-ci se décharge dans le conducteur ohmique et la tension $u(t)$ diminue jusqu'à atteindre une valeur égale à celle de la tension à l'entrée du circuit de démodulation $u_m(t)$: ceci se produit à la date t_2 .
- Après la date t_2 , la tension à l'entrée du circuit de démodulation $u_m(t)$ croît :
 - la diode laisse passer le courant ;
 - le condensateur se recharge et la tension à ses bornes augmente jusqu'à atteindre une nouvelle valeur maximale.

4- Influence de la constante de temps τ

- L'étude montre que la durée de la décharge a une influence notable sur la forme du signal recueilli en sortie du montage « Détecteur de crête ».
 - concernant la décharge :
 - plus la décharge est rapide, plus ce signal $u'(t)$ ressemblera au signal modulé redressé ;
 - plus la décharge est lente, plus ce signal $u'(t)$ ressemblera à l'enveloppe du signal modulant.
 - concernant la charge :
 - plus la charge est rapide, plus ce signal $u'(t)$ ressemblera à l'enveloppe du signal modulant ;
 - plus la charge est lente, plus ce signal $u'(t)$ ressemblera au signal modulé redressé.
- Illustrations :

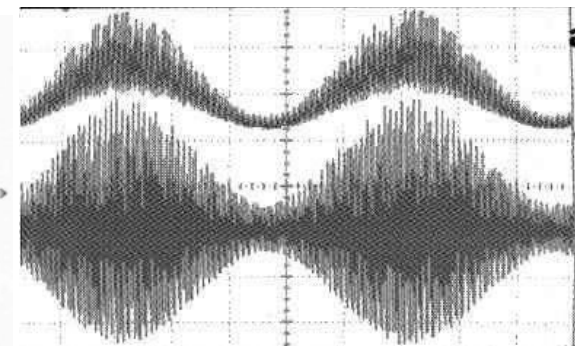
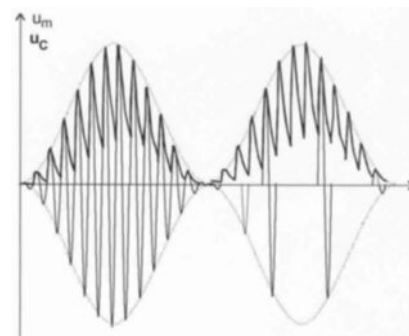
$$\tau \approx T_s :$$

La montée en charge est correcte
La décharge est trop lente.



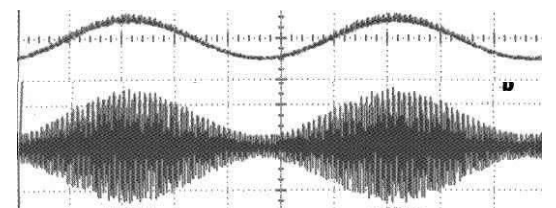
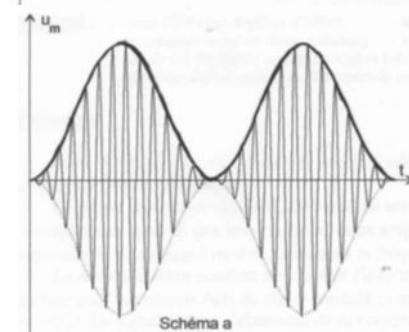
$$\tau \approx T_p :$$

La montée en charge comme la
décharge sont trop rapides.



$$T_s \gg \tau \gg T_p :$$

La montée en charge comme la
décharge sont bonnes.



- Conclusion :

- Pour que la montée en tension ne soit ni trop lente, ni trop rapide, il faut que :

$$\tau \ll T_s \quad (\text{au-moins } \tau < \frac{T_s}{10})$$

- Pour que la chute en tension soit rapide, il faut que :

$$\tau \gg T_p \quad (\text{au-moins } \tau > 10.T_p)$$

- Pour retrouver une enveloppe de porteuse fidèle au signal modulant original, il faut donc que :

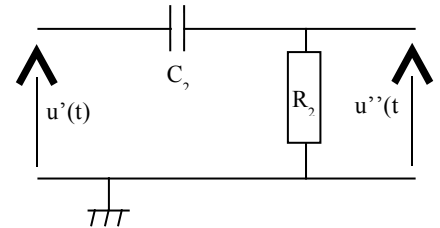
$$\frac{T_s}{10} > \tau > 10.T_p \quad \text{soit } T_s > 100.T_p \quad \text{soit } f_p > 100.f_s$$

3°) Deuxième étape : la suppression de la composante continue

a) Montage

Le montage à utiliser comporte un **filtre passe – haut**, c'est-à-dire ne laissant passer que les composantes aux fréquences élevées et arrêtant celles aux basses fréquences et continues.

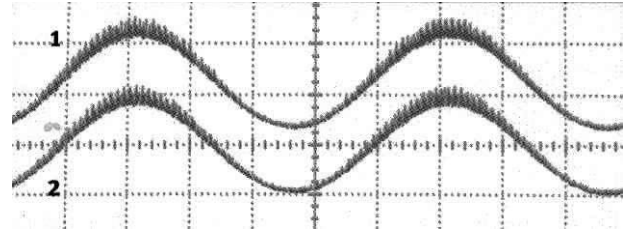
Il s'agit d'un **montage RC** simple alternance : la diode bloque les alternances négatives. La tension recueillie aux bornes du conducteur ohmique est une **tension modulée redressée**.



b) Le résultat

Courbe 1 : Enveloppe du signal modulé redressé

Courbe 2 : Signal modulant reformé



c) Condition de réalisation

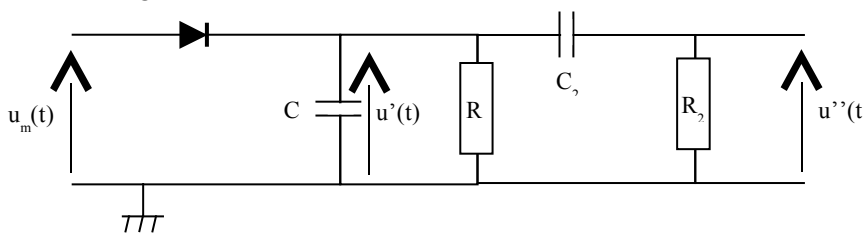
La tension modulante reformée est une tension variable.

Pour que le filtre passe-haut n'altère pas ce signal, la constante de temps de ce filtre doit être bien supérieure à la période du signal modulant :

$$\tau_2 \gg T_s$$

4°) Bilan

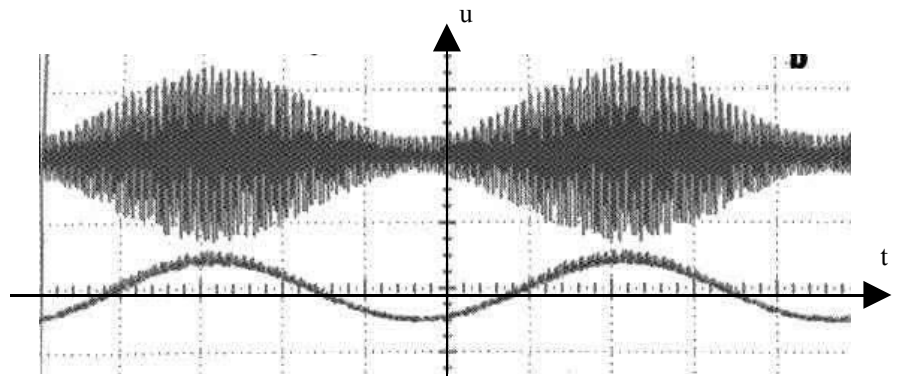
a) Schéma électrique global du circuit de démodulation



b) Résultat de la démodulation

Courbe 1 : Signal modulé détecté

Courbe 2 : Signal modulant reformé

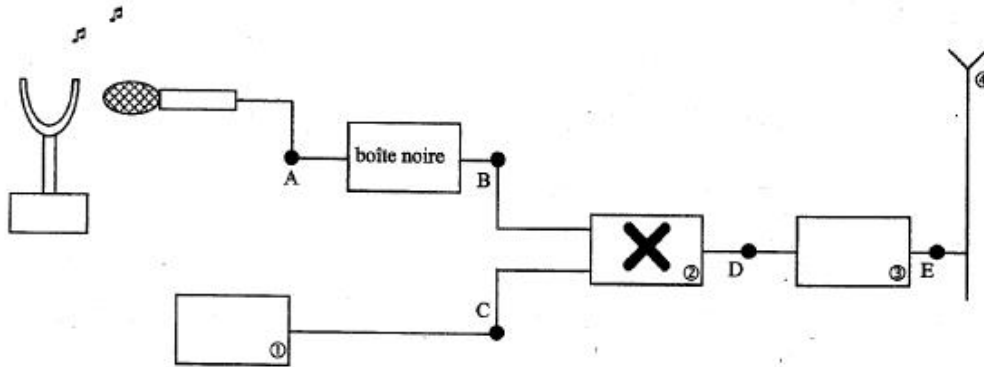


Exercice n°1 : La modulation d'amplitude

Les ondes électromagnétiques ne peuvent se propager dans l'air sur de grandes distances que dans un domaine de fréquences élevées. Les signaux sonores audibles de faibles fréquences sont convertis en signaux électriques de même fréquence puis associés à une onde porteuse de haute fréquence afin d'assurer une bonne transmission.

1. LA CHAÎNE DE TRANSMISSION

Le schéma 1 suivant représente la chaîne simplifiée de transmission d'un son par modulation d'amplitude. Elle est constituée de plusieurs dispositifs électroniques.



1.1. Parmi les cinq propositions ci-dessous, retrouver le nom des quatre dispositifs électroniques numérotés.

Dispositifs électroniques : Antenne, amplificateur HF (Haute Fréquence), générateur HF (Haute Fréquence), multiplieur, voltmètre.

1.2. Quels sont les signaux obtenus en B, C et D parmi ceux cités ci-dessous ?

- Porteuse notée $u_P(t) = U_{P(\max)} \cos(2\pi f t)$
- Signal modulant BF noté $u_S(t) + U_0$
- Signal modulé noté $u_m(t)$

1.3. Le signal électrique recueilli en A à la sortie du microphone correspond à la tension $u_s(t)$. Une boîte noire est intercalée entre les points A et B. Quel est son rôle ?

1.4. Le dispositif électronique ② effectue une opération mathématique simple qui peut être :

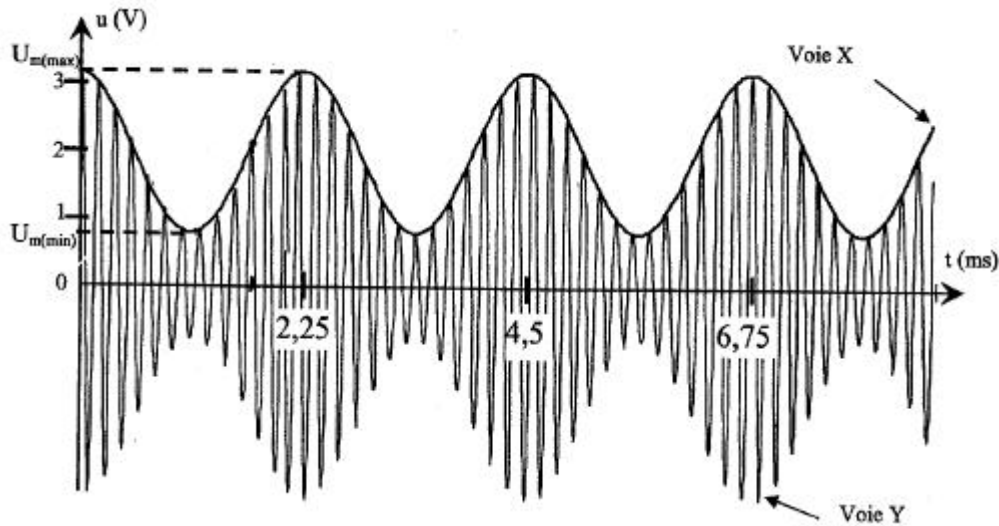
- $(u_S(t) + U_0) + u_P(t)$
- $(u_S(t) + U_0) \times u_P(t)$

Choisir la bonne réponse sachant que l'expression mathématique du signal obtenu est :

$$u_m(t) = k (U_0 + u_S(t)) U_{P(\max)} \cos(2\pi f t)$$

2. LA MODULATION D'AMPLITUDE

La voie X d'un oscilloscope bicourbe est reliée en B et la voie Y est reliée en D. L'oscillogramme obtenu est le suivant :

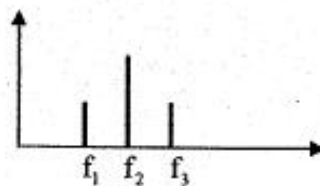


- 2.1. Estimer les valeurs des périodes T_s et T_p du signal modulant et de la porteuse.
 2.2. Rappeler l'expression théorique de la fréquence f en fonction de la période T avec les unités, puis calculer les fréquences f du signal modulant et F de la porteuse.
 2.3. L'amplitude de la tension du signal modulé $u_m(t)$ varie entre deux valeurs extrêmes, notées respectivement $U_{m(max)}$ et $U_{m(min)}$. Le taux de modulation m s'exprime par :

$$m = \frac{f U_{m(max)} - U_{m(min)} A}{f U_{m(max)} + U_{m(min)} A}$$

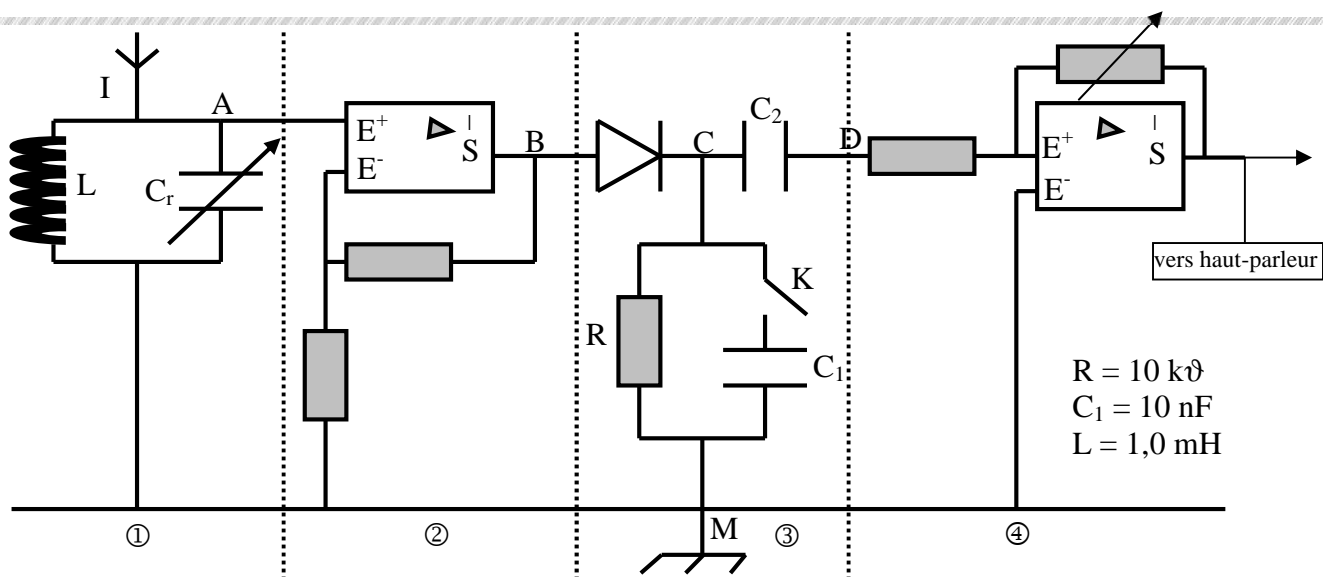
- 2.3.1. Calculer les valeurs des tensions maximale $U_{m(max)}$ et minimale $U_{m(min)}$ du signal modulé.
 2.3.2. En déduire la valeur de m
 2.3.3. À quoi correspondrait un taux de modulation m supérieur à 1 ?
 2.4. Le taux de modulation s'exprime aussi en fonction de la tension maximale du signal modulant $U_{s(max)}$ et la tension U_0 selon l'expression suivante : $m = \frac{U_{s(max)}}{U_0}$

- 2.4.1. Quelle condition doit-on satisfaire pour obtenir un taux de modulation $m < 1$?
 2.4.2. Quelle autre condition est nécessaire pour obtenir une bonne modulation ?
 2.4.3. L'analyse en fréquence du signal montre que celui-ci est composé de trois fréquences f_1 , f_2 , f_3 . En fonction de la fréquence du signal modulant f et de la fréquence de la porteuse F , exprimer les fréquences apparaissant sur le spectre ci-dessous.



Exercice n°2 DEVOIR SURVEILLE N° 8- SCIENCES PHYSIQUES

Ce schéma de récepteur radio à modulation d'amplitude est divisé en quatre sous-ensembles numérotés de ① à ④.



A- ANALYSE DU RÉCEPTEUR

Les quatre sous-ensembles sont les suivants :

- : démodulateur
- : amplificateur du signal modulé
- : amplificateur du signal modulant
- : circuit oscillant accordé sur la fréquence f , telle que : $4 \square^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C_r = 1$

À quel numéro correspond chaque sous-ensemble ?

B- LA GAMME D'ONDES

Le circuit oscillant est accordé sur la fréquence que l'on veut capter. Quelles devraient être les limites de la capacité C_r du condensateur pour balayer la plage de fréquences qui va, en modulation d'amplitude, de 150 kHz à 280 kHz pour les stations les plus écoutées ?

C- ÉTUDE DES TENSIONS

On peut visualiser les cinq tensions u_{AM} , u_{BM} , u_{CM} (K ouvert), u_{CM} (K fermé) et u_{DM} sur un oscilloscope, M étant la masse du circuit. Les cinq oscillogrammes obtenus sont numérotés (a), (b), (c), (d) et (e).

En l'absence de signal sur l'oscilloscope, les traces obtenues sur l'écran coïncident avec la ligne horizontale médiane.

- 1- Identifier u_{AM} en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
Calculer le taux de modulation en utilisant la courbe u_{AM} . A-t-on une bonne modulation ?
- 2- a- Identifier u_{BM} en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
b- On note G le coefficient d'amplification du premier étage amplificateur : $G = u_{BM \max} / u_{AM \max}$. Évaluer G en utilisant les oscillogrammes.
- 3- a- Identifier u_{CM} (K ouvert) en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
b- Quel est le rôle de la diode ?
- 4- a- Identifier u_{CM} (K fermé) en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
b- Déterminer la tension de décalage du signal modulant U_0 .
c- Expliquer pourquoi le phénomène de surmodulation a été évité lors de la propagation du signal modulé.
- 5- a- Identifier u_{DM} en indiquant le numéro de l'oscillogramme correspondant. Justifier.
b- Quel est le rôle du condensateur C_2 ?
- 6- a- Déterminer la période T_s et la fréquence f_s du signal modulant à l'aide d'un des oscillogrammes.
b- Évaluer la période T_p et la fréquence f_p de l'onde porteuse à l'aide de l'oscillogramme (a) en comptant le nombre de périodes sur une division.
c- Comparer la constante de temps du dipôle (R, C_1) à la période de l'onde porteuse et à la période du signal modulant. Conclure sur la qualité du montage de démodulation. Qu'en est-il réellement lorsqu'on observe l'oscillogramme ?

D- UNE APPLICATION

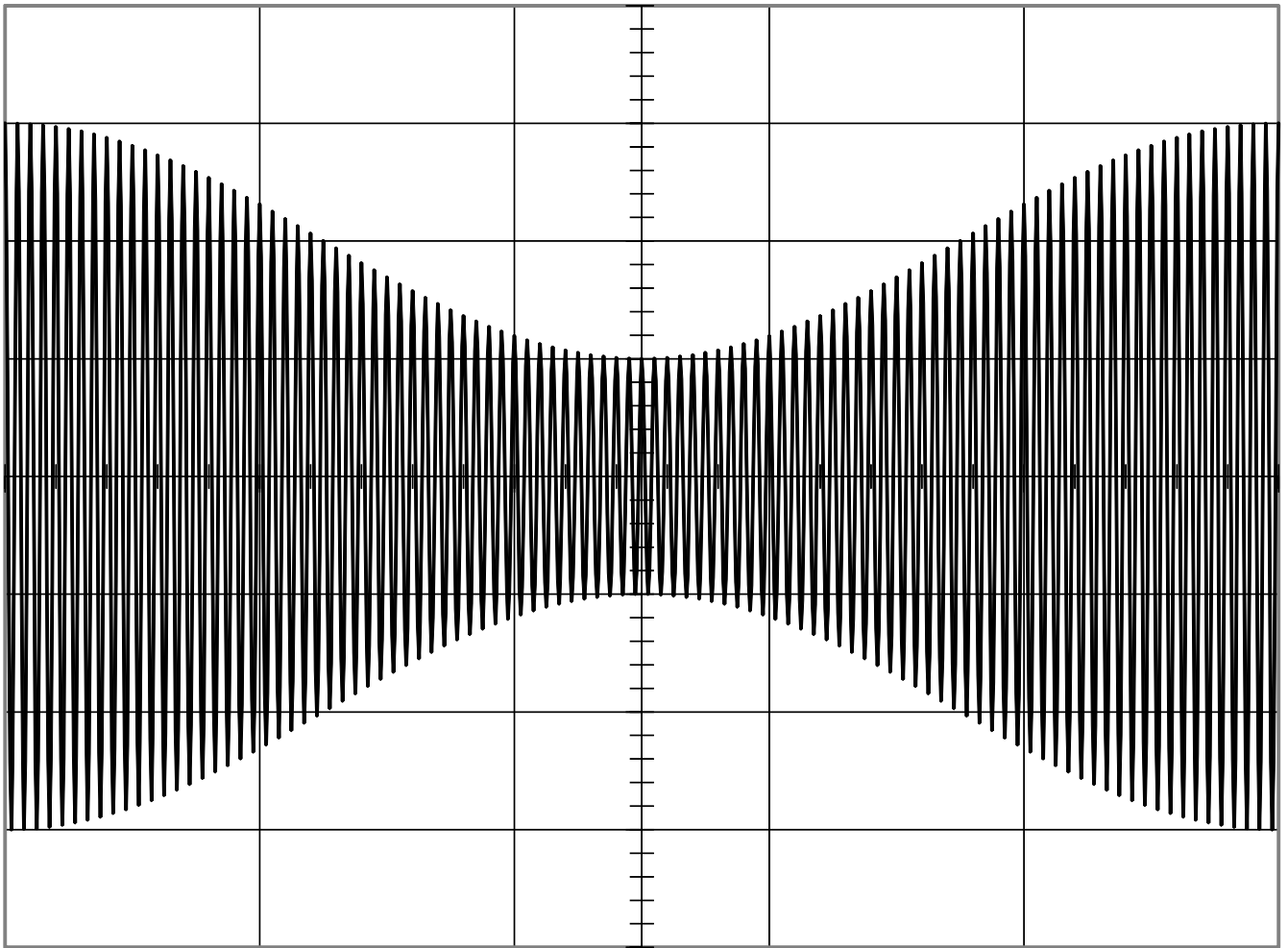
La fréquence de la porteuse de l'émetteur grandes ondes de France-Inter a pour valeur 162 kHz. La plus proche est Europe 1 qui émet sur 180 kHz. La bande passante des fréquences autorisées pour les stations de radio est 11 kHz. On donne en annexe les courbes caractéristiques de 3 circuits d'accord de fréquences propres 162 kHz, mais de bandes passantes différentes.

La bande passante est constituée de l'ensemble des fréquences pour lesquelles $u_{AM}/u_{AM \max}$ est supérieure à 0,7. Quel circuit d'accord faut-il choisir pour écouter France-Inter ? On justifiera en expliquant pourquoi les deux autres ne peuvent être retenus au moyen de leurs conséquences sur la qualité d'écoute. annexe 1

oscillogramme (a)

0,5 V/Div

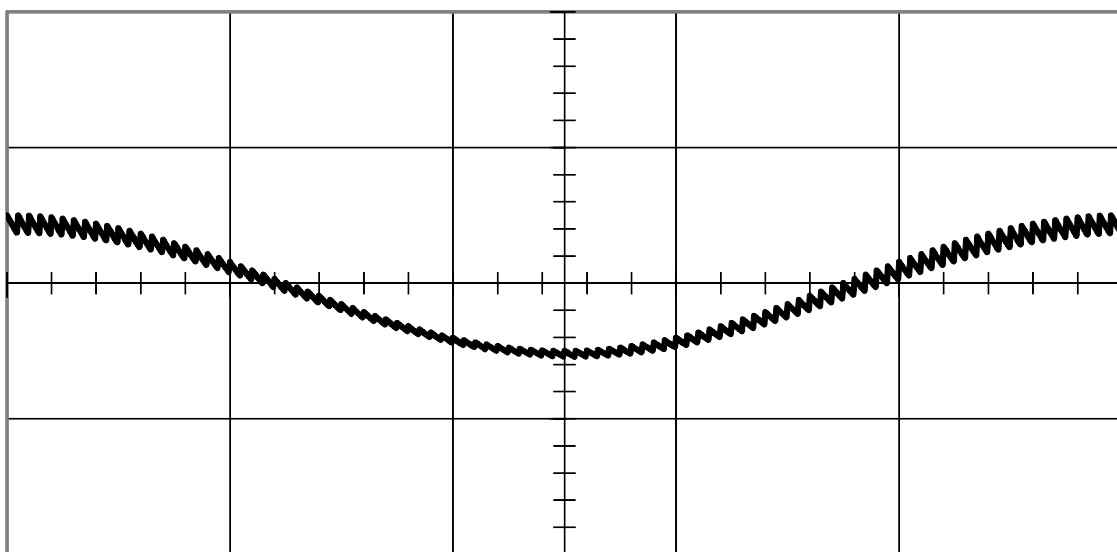
0,2 ms/Div



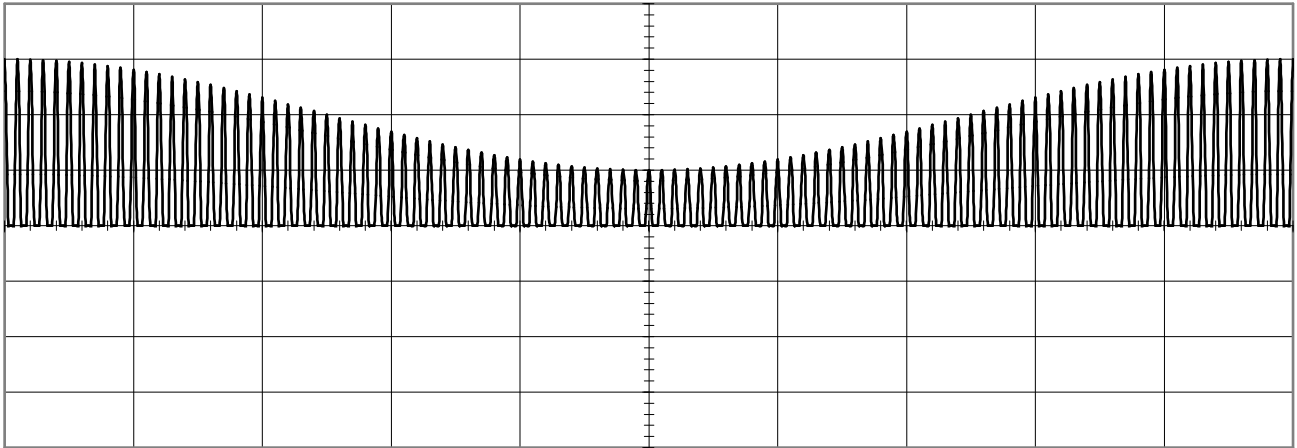
oscillogramme (b)

0,5 V/Div

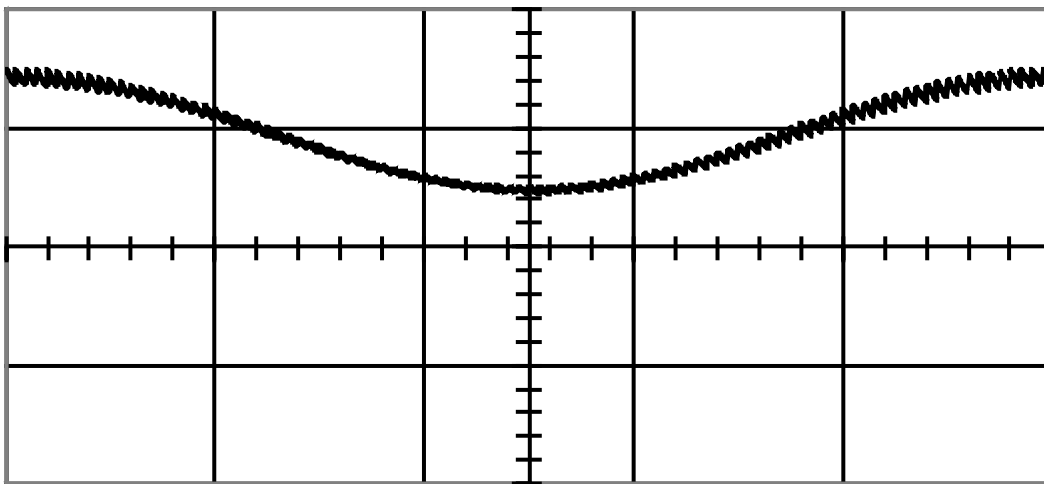
0,2 ms/Div



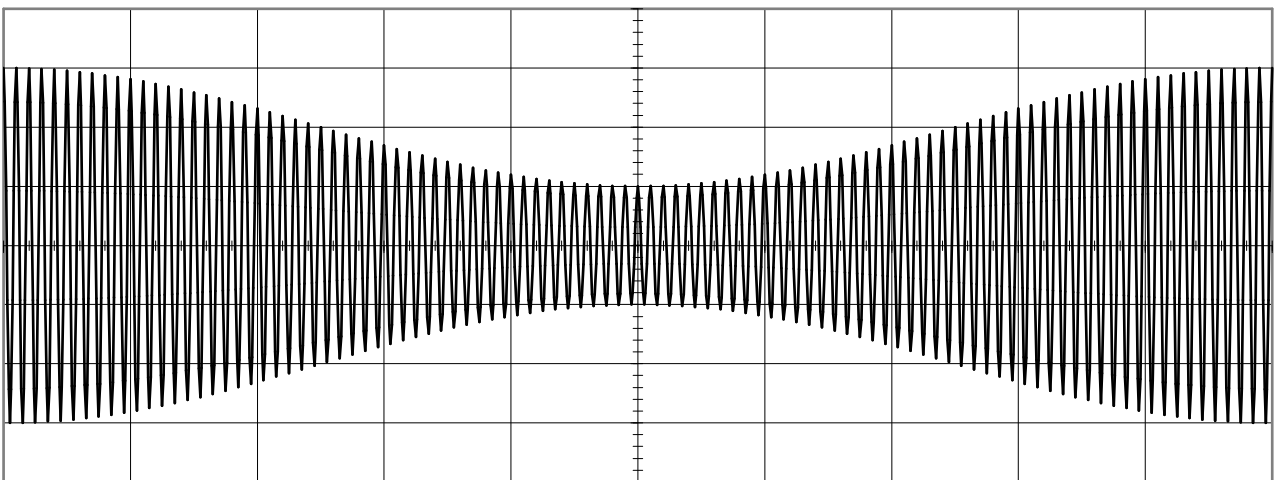
oscillogramme (c) 0,5 V/Div 0,2 ms/Div



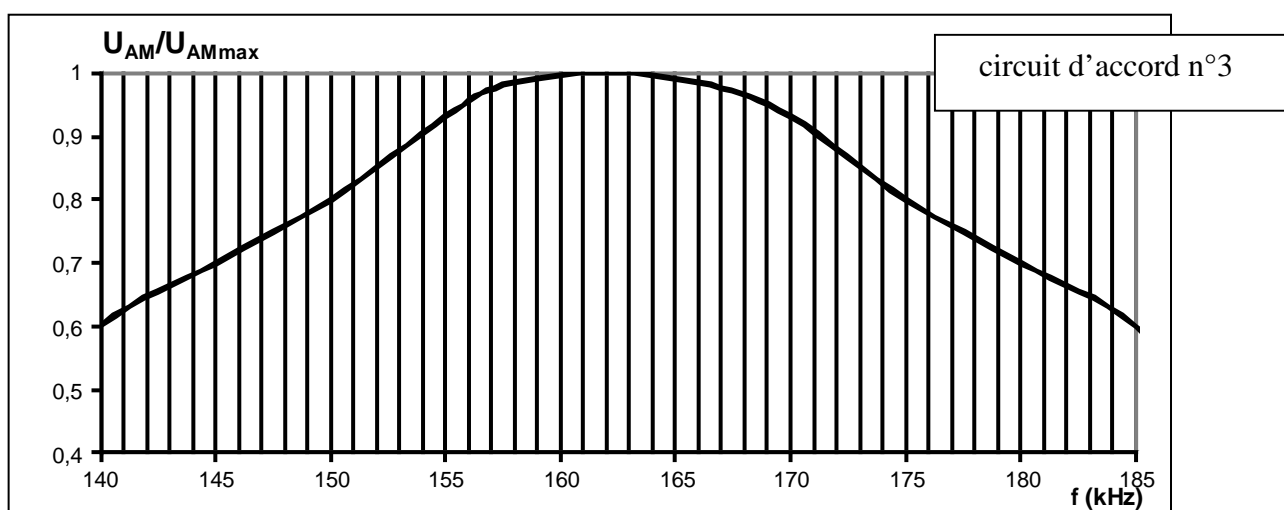
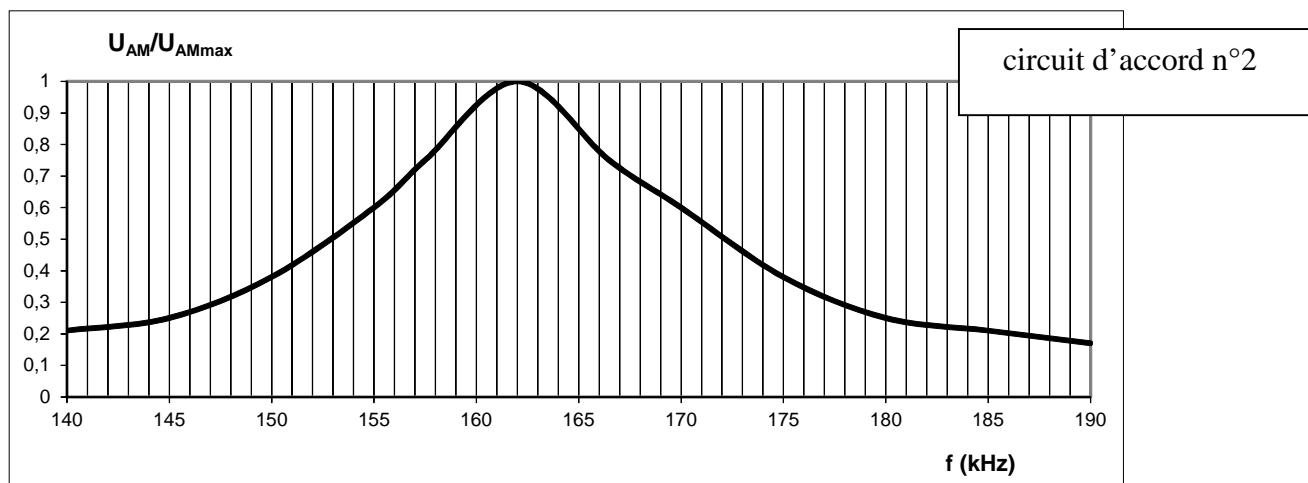
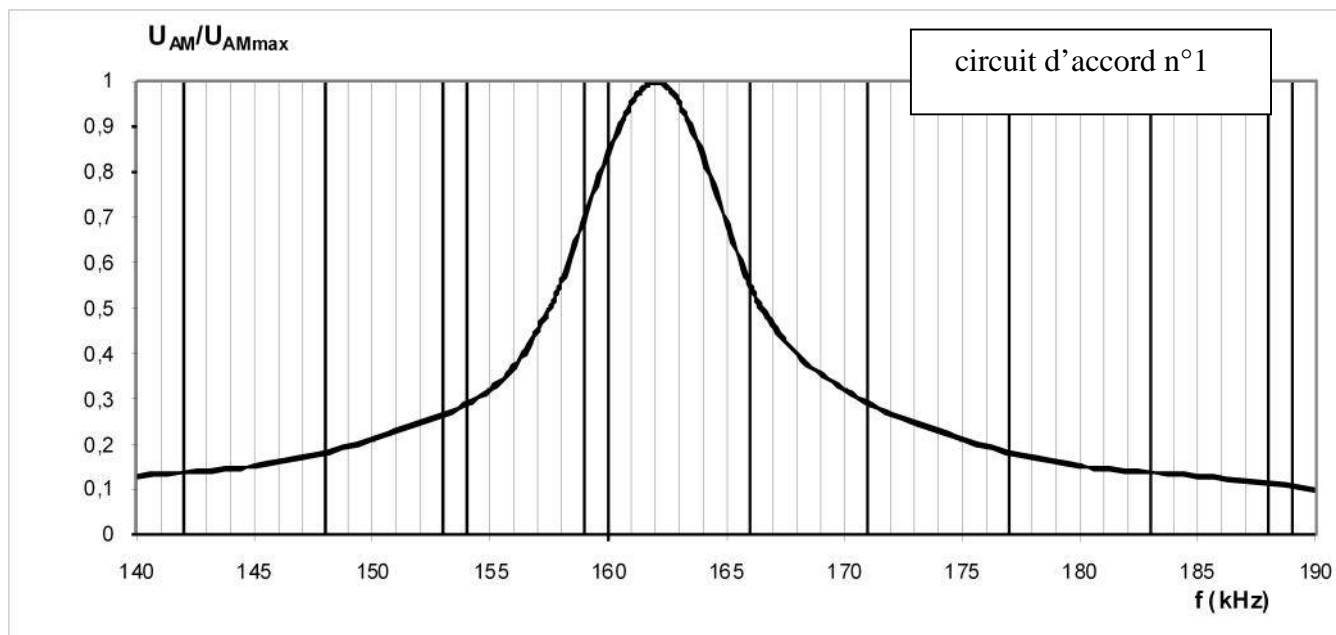
oscillogramme (d) 0,5 V/div 0,2 ms/Div



oscillogramme (e) 5 mV/Div 0,2 ms/Div



annexe 2



Exercice n°2 DEVOIR SURVEILLE : CORRECTION RÉCEPTEUR RADIO GRANDES ONDES

A-

- ① → circuit oscillant d'accord
- ② → amplificateur du signal modulé
- ③ → démodulateur
- ④ → amplificateur du signal modulant

B-

La capacité C_r du condensateur vérifie la relation $4L.C_r.f^2 = 1$; on a donc $C_r = 1/(4L.f^2)$

Il faut donc $1/(4L.f_{max}^2) \leq C_r \leq 1/(4L.f_{min}^2)$

c'est à dire $1/(4 \times 280000^2 \times 1.10^{-3}) \leq C_r \leq 1/(4 \times 150000^2 \times 1.10^{-3})$

$$3,2.10^{-10} \text{ F} \leq C_r \leq 1,1.10^{-9} \text{ F}$$

$$\boxed{0,32 \text{ nF} \leq C_r \leq 1,1 \text{ nF}}$$

C-

1- La tension U_{AM} correspond au signal modulé non amplifié → oscillogramme (e).

(c'est l'oscillogramme réglé sur la plus petite sensibilité verticale : 5 mV/div)

$$m = \frac{S_M Z S_m}{S_M \Gamma S_m} = 15-5/15+5=0.5 : \text{bonne modulation}$$

2-a- La tension U_{BM} correspond au signal modulé amplifié → oscillogramme (a).

(c'est l'oscillogramme réglé sur la plus grande sensibilité verticale : 0,5 V/div)

2-b- $G = U_{BMmax}/U_{AMmax} = (3 \times 0,5)/(3 \times 5.10^{-3}) = 100$ donc $\boxed{G = 100}$

3-a- La tension U_{CM} (K ouvert) correspond au signal modulé redressé → oscillogramme (c).

3-b- La diode supprime les alternances négatives du signal modulé amplifié.

4-a- La tension U_{CM} (K fermé) correspond au signal modulant décalé → oscillogramme (d).

4-b- La tension de décalage correspond à 2 divisions donc $U_0 = 2 \times 0,5 = 1 \text{ V}$ soit $\boxed{U_0 = 1 \text{ V}}$

4-c- Le phénomène de surmodulation a été évité car la tension de décalage U_0 est supérieure à l'amplitude du signal modulant, qui, d'après l'oscillogramme (d) correspond à 1 division,

soit U_{CMmax} (K fermé) = $1 \times 0,5 = 0,5 \text{ V}$.

5-a- La tension U_{DM} correspond au signal modulant → oscillogramme (b).

5-b- Le condensateur de capacité C_2 permet d'éliminer la tension de décalage du signal modulant... décalé.

6-a- D'après l'oscillogramme (b) : 1 période du signal modulant correspond à 10 divisions

soit $T_s = 10 \times 0,2 = 2 \text{ ms} = 2.10^{-3} \text{ s}$.

La fréquence du signal modulant vaut donc $f_s = 1/T_s = 1/2.10^{-3} = 500 \text{ Hz}$

$$\boxed{\text{signal modulant : } T_s = 2 \text{ ms } f_s = 500 \text{ Hz}}$$

6-b- D'après l'oscillogramme (a) :

1 division contient 10 périodes donc $T_p = 1 \times 0,2/10 = 0,02 \text{ ms} = 2.10^{-5} \text{ s}$

La fréquence de l'onde porteuse vaut donc $f_p = 1/T_p = 1/2.10^{-5} = 50 \text{ 000 Hz}$

$$\boxed{\text{porteuse : } T_p = 0,02 \text{ ms } f_p = 50 \text{ 000 Hz}}$$

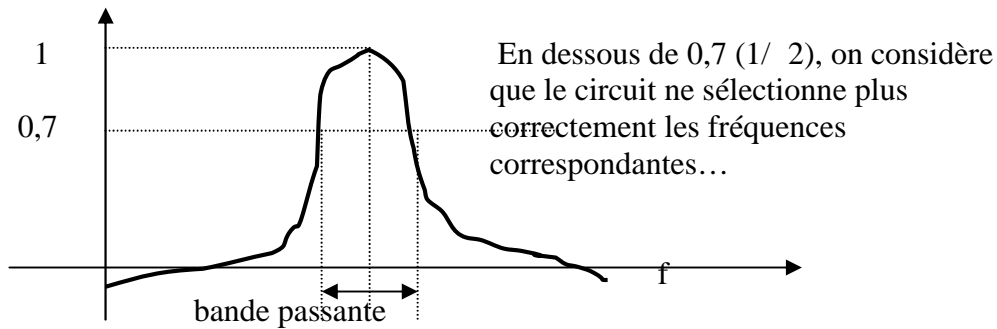
6-c- Constante de temps du circuit (R,C₁) : $\tau = RC_1 = 10 \text{ 000} \times 10.10^{-9} = 10^{-4} \text{ s} = 0,1 \text{ ms}$

$$\tau = 0,1 \text{ ms} \quad \text{on a donc} \quad \tau < T_p < T_s$$

D-

Il faut déterminer les bandes passantes des 3 circuits d'accord à l'aide des courbes :

$$U_{AM}/U_{AMmax}$$



- circuit d'accord n°1 : bande passante = 6 kHz
- circuit d'accord n°2 : bande passante = 11 kHz
- circuit d'accord n°3 : bande passante = 35 kHz

Le circuit n°1 ne peut être retenu : sa bande passante est inférieure à 11 kHz ; la qualité d'écoute sera médiocre car les sons émis par la station seront amputés de certaines fréquences.

Le circuit n°3 ne peut être retenu : sa bande passante est très supérieure à 11 kHz et déborde sur la plage de fréquences utilisée par Europe 1. On risque ainsi d'entendre en même temps France –inter et Europe 1. Il faut donc utiliser le circuit n°2...

EXERCICE N°3

On s'intéressera aux stations de la bande des grandes ondes pour lesquelles toutes les porteuses sont modulées en amplitude par des signaux audio-fréquences (ondes dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20 000 Hz).

1. Émission d'une onde modulée en amplitude

1.1. Étude l'onde porteuse

Pour simuler l'onde porteuse, on utilise un GBF délivrant une tension sinusoïdale $p(t)$ d'amplitude P_m et de fréquence f_p . Cette tension a pour expression : $p(t) = P_m \hat{1} \cos(2f \hat{1} f_p \hat{1} t)$

On visualise cette tension à l'aide d'un oscilloscope. L'oscillogramme obtenu est le suivant.

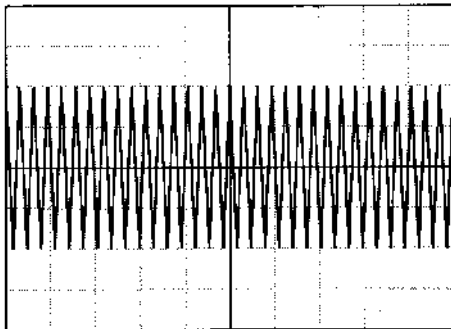


Figure 1 : oscillogramme 1.

Coefficient de balayage : 20 μ s /div.

Sensibilité verticale : 1 V/div

Couplage : DC

En l'absence de tension, le spot occupe la ligne médiane de l'écran.

1.1.1. D'après l'oscillogramme 1, déterminer l'amplitude P_m de la tension sinusoïdale $p(t)$ représentée.

1.1.2. D'après l'oscillogramme 1, déterminer la période T_p de la tension $p(t)$; comment peut-on obtenir la meilleure précision sur la détermination de la période en maintenant le coefficient de balayage constant ?

1.1.3. En déduire la fréquence de la tension $p(t)$.

1.1.4. Déterminer la longueur d'onde λ d'une onde porteuse ayant la même fréquence que la tension sinusoïdale $p(t)$.

Donnée : la célérité des ondes électromagnétiques dans l'air $c = 3,0 \hat{1} 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1.2. Étude du signal modulant

Pour simuler le signal modulant, on utilise un GBF délivrant une tension sinusoïdale $s(t)$ d'amplitude S_m et de fréquence $f_s = 10 \text{ kHz}$. Cette tension a pour expression : $s(t) = S_m \hat{1} \cos(2f \hat{1} f_s \hat{1} t)$

À l'aide du réglage du décalage du signal de sortie du générateur, on superpose à la tension sinusoïdale $s(t)$ une tension constante positive, de valeur U_0 .

On visualise la tension $s(t) + U_0$ à l'aide d'un oscilloscope.

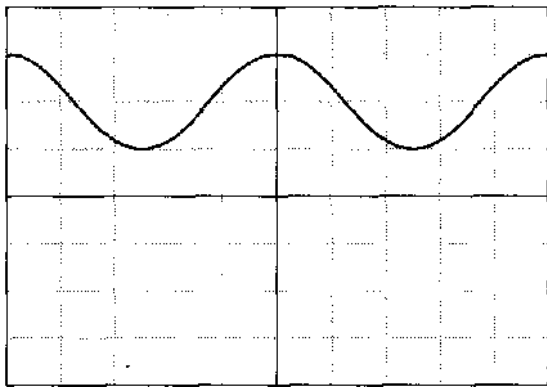


Figure 2 : oscillogramme 2.

Coefficient de balayage : $20 \mu\text{s} / \text{div}$
Sensibilité verticale : $1 \text{ V} / \text{div}$
Couplage : DC

En l'absence de tension, le spot occupe la ligne médiane de l'écran

1.2.1. L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 2.

Déterminer l'amplitude de la tension modulante S_m .

1.2.2. Sur l'oscillogramme 2, déterminer la tension de décalage U_0 .

1.3. Étude de la réalisation d'une onde modulée en amplitude

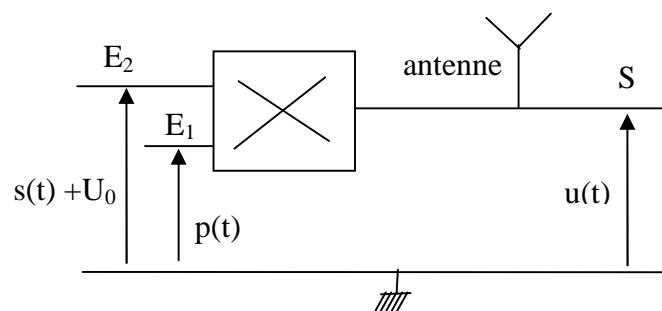
La modulation en amplitude est réalisée à l'aide d'un multiplieur. Son rôle est ainsi défini:

On applique entre la masse et chacune des deux entrées E_1 et E_2 du multiplieur une tension électrique:

- la tension sinusoïdale $p(t)$ sur E_1 qui correspond à la porteuse.
- la tension sinusoïdale $s(t) + U_0$ sur E_2 qui correspond au signal modulant à transmettre.

Le multiplieur donne en sortie une tension $u(t)$ qui correspond au signal modulé.

Cette tension a pour expression : $u(t) = k | p(t) | (s(t) + U_0)$, avec $p(t) = P_m | \cos(2f \hat{1} f_p \hat{1} t)$
 $s(t) = S_m | \cos(2f \hat{1} f_s \hat{1} t)$ et k constante caractéristique du multiplieur.



En S, on place une antenne qui émet l'onde modulée en amplitude. On visualise la tension $u(t)$ à l'aide d'un oscilloscope. L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 3

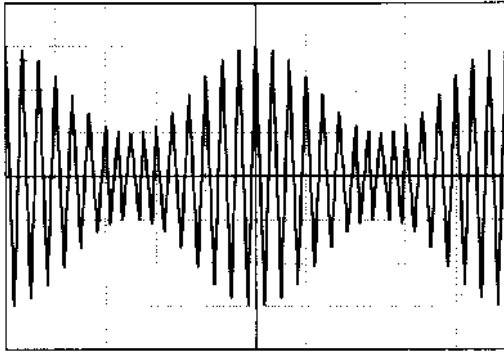


Figure 3 : oscillogramme 3.

Coefficient de balayage : $20 \mu\text{s} / \text{div}$
 Sensibilité verticale : $1 \text{ V} / \text{div}$
 Couplage : DC

En l'absence de tension, le spot occupe la ligne médiane de l'écran.

1.3.1. En introduisant le taux de modulation $m = \frac{S_m}{U_0}$ et en posant $A = k |P_m| U_0$, montrer que la tension modulée en amplitude peut se mettre sous la forme :

$$u(t) = A \left[m \left| \cos(2\pi f_s t) \right| + 1 \right] \cos(2\pi f_p t)$$

1.3.2. Une tension modulée en amplitude peut également se mettre sous la forme :

$$u(t) = U_m(t) \left| \cos(2\pi f_p t) \right| \text{ avec } U_m(t) = A \left[m \left| \cos(2\pi f_s t) \right| + 1 \right]$$

L'amplitude de la tension modulée $U_m(f)$ varie entre deux valeurs extrêmes, notées U_{\min} et U_{\max} ,

-) Déterminer les expressions littérales de U_{\min} et U_{\max} en fonction de A et m.
-) En déduire que l'expression littérale du taux de modulation peut se mettre sous la forme :

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

1.3.3. Sur l'oscillogramme de la figure 3, déterminer les valeurs de U_{\max} et U_{\min} et calculer la valeur du taux de modulation m. La comparer avec la valeur trouvée en utilisant l'expression $m = \frac{S_m}{U_0}$.

1.3.4 Citer la condition pour éviter la surmodulation.

Les résultats précédents permettent-ils d'affirmer que cette condition est vérifiée ?

2. Réception de l'onde modulée

Pour capter l'onde électromagnétique émise par l'antenne placée en S, on utilise le dispositif représenté ci-dessous (figure 4) où on considère que la diode D est idéale. Il s'agit d'un récepteur d'ondes hertziennes, qui constitue une chaîne électronique dont on va étudier certains étages.

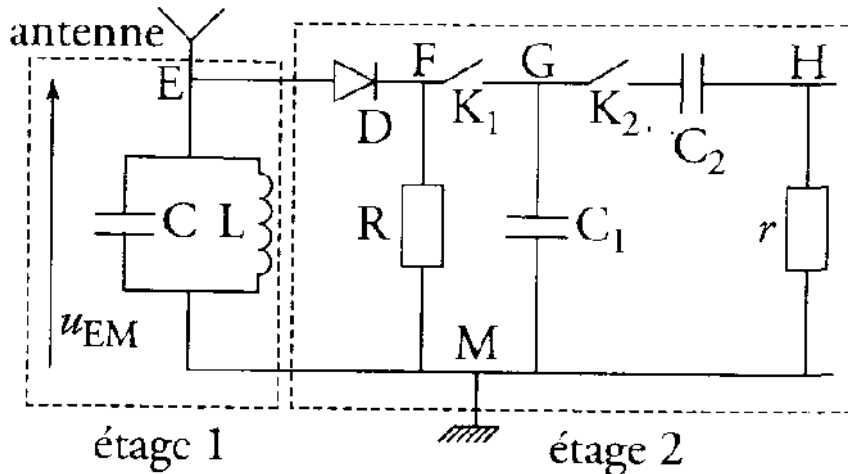


Figure 4

2.1. L'étage 1 étudié est un circuit constitué par une association condensateur - bobine en parallèle.

2.1.1. Quel est le rôle du dipôle LC parallèle utilisé ici comme filtre passe-bande pour la tension ?

2.1.2. La théorie montre que l'amplitude de la tension u_{EM} est maximale pour une fréquence de l'onde captée f_0 telle que $4\pi^2 f_0^2 LC = 1$. Sachant que la valeur de la capacité C est 0,47 nF,

déterminer la valeur à donner à l'inductance L de la bobine pour capter France Inter grandes ondes (fréquence de la station : 160 kHz). La réception de l'onde émise sera alors optimale.

2.2. Après réception du signal modulé, il faut le démoduler.

Cette démodulation est réalisée par l'étage 2.

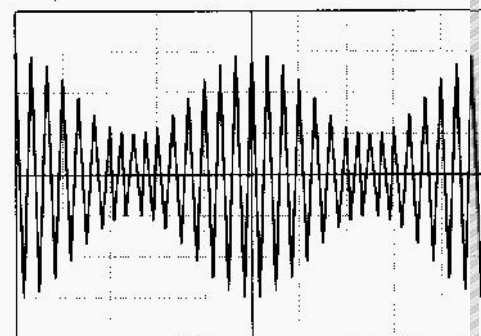
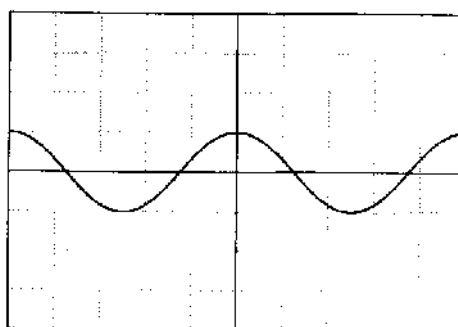
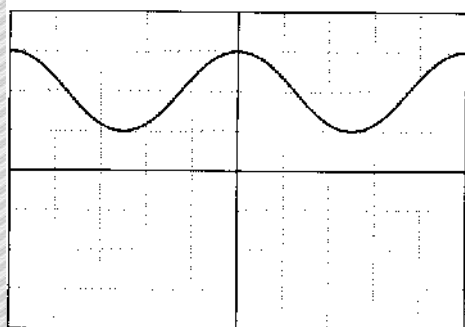
Pour comprendre les rôles de chaque partie de cet étage, on va les étudier à l'oscilloscope. On relie donc successivement l'entrée de l'oscilloscope aux bornes E, G et H du montage ci-dessus.

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.

Oscillogramme A

Oscillogramme B

Oscillogramme C



En l'absence de signal appliqué aux voies, les traces obtenues sur l'écran coïncident avec la ligne horizontale médiane.

2.2.1. Les deux interrupteurs K_1 et K_2 étant ouverts, identifier u_{EM} en indiquant l'oscillogramme A, B ou C correspondant. Justifier.

2.2.2. K_1 étant fermé et K_2 étant ouvert, identifier u_{GM} en indiquant l'oscillogramme A, B ou C correspondant. Quel est le rôle de l'ensemble diode D et circuit RC_1 parallèle ?

2.2.3. Les deux interrupteurs K_1 et K_2 étant fermés, identifier u_{HM} en indiquant l'oscillogramme A, B ou C correspondant. Quel est le rôle du dipôle $r C_2$ série utilisé ici comme filtre passe-haut ?

2.2.4. On souhaite obtenir une démodulation de bonne qualité en choisissant la valeur de la capacité C_1 adaptée. La constante de temps RC_1 doit alors satisfaire aux conditions suivantes : $RC_1 < T_s$ avec T_s période du signal modulant. $RC_1 > T_P$ avec T_P période de la porteuse.

Application : la période T_s du signal sonore à transporter est égale à $100 \mu s$, et la période T_P de la porteuse est égale à $6,25 \mu s$. Le conducteur ohmique a une résistance $R = 10 k\Omega$.

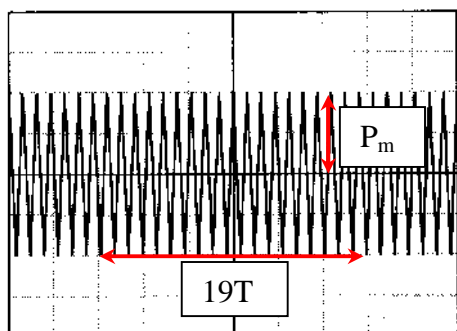
Déterminer alors, dans la liste suivante, la valeur de la capacité C_1 permettant d'obtenir la meilleure démodulation possible.

Liste des valeurs des capacités disponibles : 220 pF - 2,2 nF - 22 nF - 220 nF.

EXERCICE N°3 CORRECTION

1. Émission d'une onde modulée en amplitude

1.1. Étude l'onde porteuse



1.1.1. Amplitude P_m :

$$P_m = 2,0 \text{ div} \mid 1V/\text{div}$$

$$P_m = 2,0 \text{ V}$$

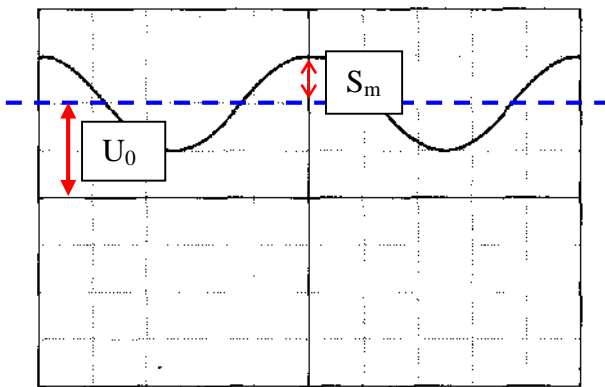
1.1.2. période T:

Pour que la mesure soit plus précise, il faut mesurer un grand nombre de périodes. $19T_P = 6,0 \text{ div} \mid 20\mu s/\text{div}$

$$1.1.3. f_p = 1/T_P = \frac{19}{6,0 \mid 20 \cdot 10^{-6}} = 158\,333 \text{ Hz} \quad \text{soit environ } \mathbf{158 \text{ kHz.}}$$

$$1.1.4. \leftarrow c.T = 3,0 \cdot 10^8 \left| \frac{6,0 \left| 20 \cdot 10^{26} \right.}{19} \right. \} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ m}$$

1.2. Étude du signal modulant



1.2.1. Amplitude S_m
 $S_m = 1,0 \text{ div} \left| 1 \text{ V/div} \right.$
 $S_m = 1,0 \text{ V}$

1.2.2. Tension de décalage U_0
 $U_0 = 2,0 \text{ div} \left| 1 \text{ V/div} \right.$
 $U_0 = 2,0 \text{ V}$

1.3. Étude de la réalisation d'une onde modulée en amplitude

méthode: Au brouillon écrire le point de départ, écrire le point d'arrivée. Utiliser les données de l'énoncé. Faire évoluer ces deux points jusqu'à obtenir quelque chose de cohérent.

$u(t) = k \left| p(t) \right| (s(t) + U_0)$ on remplace $p(t)$ et $s(t)$ par leurs expressions

$$u(t) = k \left| P_m \right| \cos(2\pi f_p t) \left| (S_m \left| \cos(2\pi f_s t) \right. \right) + U_0 \right|$$

$$u(t) = k \left| P_m \right| \frac{U_0}{U_0} \left| \cos(2\pi f_p t) \left| (S_m \left| \cos(2\pi f_s t) \right. \right) + U_0 \right|$$

$$u(t) = k \left| P_m \right| U_0 \left| \frac{S_m}{U_0} \cos(2\pi f_s t) + 1 \right| \cos(2\pi f_p t)$$

$$u(t) = A \left| [m \left| \cos(2\pi f_s t) \right. \right] + 1 \right| \cos(2\pi f_p t)$$

on remplace A et m par leurs expressions.

1.3.2. $U_m(t) = A \left| [m \left| \cos(2\pi f_s t) \right. \right] + 1 \right|$ La fonction cosinus varie entre -1 et $+1$.

Pour U_{\min} : $\cos(2\pi f_s t) = -1$ $U_{\min} = A \left| [m \left| (-1) \right. \right] + 1 \right|$ $U_{\min} = A \hat{1} (1 - m)$

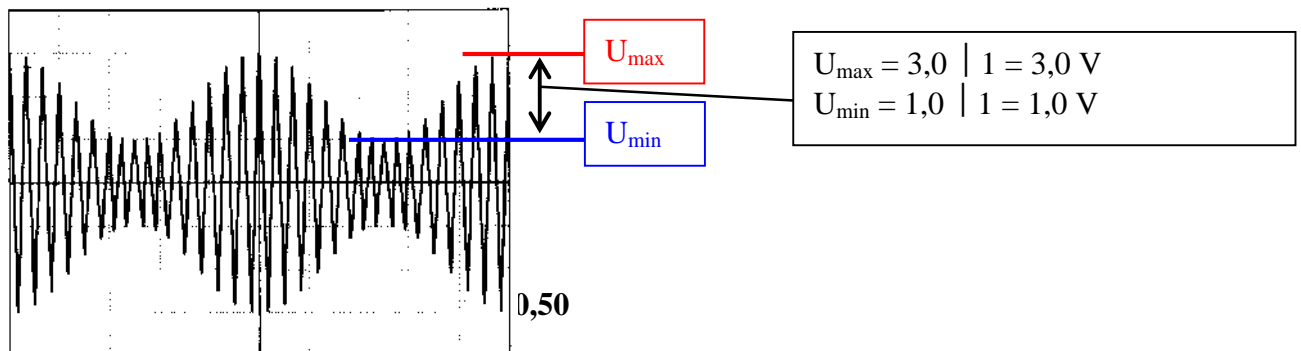
Pour U_{\max} : $\cos(2\pi f_s t) = +1$ $U_{\max} = A \hat{1} (m \hat{1} + 1)$

Exprimons $\frac{U_{\max} Z U_{\min}}{U_{\max} \Gamma U_{\min}}$ en fonction de m :

$$\frac{U_{\max} Z U_{\min}}{U_{\max} \Gamma U_{\min}} = \frac{A(m \Gamma 1) Z A(1 Z m)}{A(m \Gamma 1) \Gamma A(1 Z m)} = \frac{A[(m \Gamma 1) Z (1 Z m)]}{A[(m \Gamma 1) \Gamma (1 Z m)]} = \frac{m \Gamma 1 Z 1 \Gamma m}{m \Gamma 1 \Gamma 1 Z m} = \frac{2m}{2} = m$$

On a effectivement $\frac{U_{\max} Z U_{\min}}{U_{\max} \Gamma U_{\min}} = m$

1.3.3.



$m = \frac{S_m}{U_0}$ S_m est l'amplitude du signal modulant, d'après 1.2.1. on a $S_m = 1,0 \text{ V}$ U_0 est la tension de décalage, d'après 1.2.2. on a $U_0 = 2,0 \text{ V}$ $m = 0,50$ Les deux valeurs de m sont cohérentes.

1.3.4. Pour éviter la surmodulation il faut que $S_m < U_0$

Cette condition est vérifiée puisque $S_m = 1,0 < U_0 = 2,0 \text{ V}$.

Ceci est visible sur la figure 3, l'amplitude du signal modulé suit bien les variations du signal modulant.

2. Réception de l'onde modulée

2.1.1. Lorsque l'antenne capte une onde électromagnétique, il apparaît dans le circuit de réception une tension u_{EM} de fréquence égale à celle de la porteuse de l'O.E.M.

Mais l'antenne capte toutes les ondes électromagnétiques dans son environnement, or seule la porteuse de la radio que l'on souhaite écouter doit être utilisée par le récepteur.

Ce module permet d'éliminer toutes les OEM sauf celle envoyée par l'émetteur de la radio qui nous intéresse.

$$2.1.2. 4 \cdot \frac{1}{f_0^2} |L|C = 1 \quad L = \frac{1}{4f^2 \cdot f_0^2 \cdot C} = \frac{1}{4f^2 \cdot (160 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,47 \cdot 10^{-29}} \quad L = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ H} = \mathbf{2,1 \text{ mH}}$$

2.2.1. L'oscillogramme **C** correspond à la tension u_{EM} . La tension est modulée en amplitude: son amplitude varie au cours du temps.

2.2.2. L'oscillogramme **A** correspond à la tension u_{GM} . L'ensemble diode D et circuit RC_1 parallèle permet de démoduler la tension. On obtient une tension ayant la même allure que la tension du signal modulant, avec cependant un décalage.

2.2.3. L'oscillogramme **B** correspond à la tension u_{HM} . Le dipôle rC_2 série a permis de supprimer le décalage dû à la tension U_0 . Le signal est maintenant parfaitement identique à celui du signal modulant.

2.2.4. $T_P < RC_1 < T_S$

$$\frac{T_P}{R} < C_1 < \frac{T_S}{R} \quad \frac{6,25 \cdot 10^{26}}{10 \cdot 10^3} < C_1 < \frac{100 \cdot 10^{26}}{10 \cdot 10^3} \quad 6,25 \cdot 10^{-10} < C_1 < 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ F} \quad 625 \text{ pF} < C_1 < 10 \text{ nF}$$

On choisit $C_1 = \mathbf{2,2 \text{ nF}}$

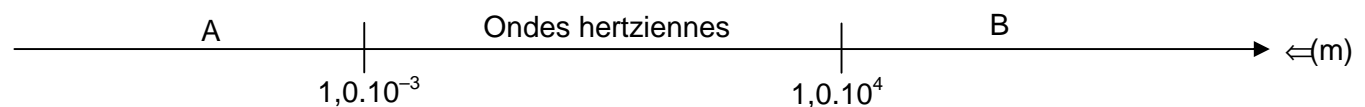
Exercice n°4 TRANSMISSION D'ONDES HERTZIENNES

Cet exercice a pour but d'étudier la chaîne complète de télécommunication permettant l'émission puis la réception d'une onde radio. Il fera référence à quelques faits historiques relatifs aux avancées technologiques de la fin du XIX^e siècle à propos de la transmission d'ondes hertziennes.

1. Étude préliminaire : l'onde radio

1.1. Nous rappelons ici que les ondes hertziennes font partie des ondes électromagnétiques dont une partie du spectre est donné ci-dessous :

Ondes hertziennes



La lumière visible fait partie des ondes électromagnétiques.

Dans quel domaine (A ou B) peut-on la situer ? Justifier la réponse.

1.2. En 1888, Hertz réalisa un oscillateur qui permettait de générer des ondes électromagnétiques à travers son laboratoire. La célérité de la lumière valant $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, il mesura une longueur d'onde $\lambda = 9,0 \text{ m}$.

Calculer la fréquence des ondes qu'il réussit à émettre.

2. L'émission de l'onde radio

2.1. Deux physiciens veulent reconstituer une expérience similaire à l'expérience historique, réalisée en 1898, qui permit à Ernest Roger et Eugène Ducretet de transmettre des ondes de la tour Eiffel au

Panthéon distant de 4 km.

Au laboratoire, une partie du montage appelée "modulateur", permettant de générer un signal qui sera à l'origine de l'onde radio, peut être schématisé sur la figure 4 ci-dessous :

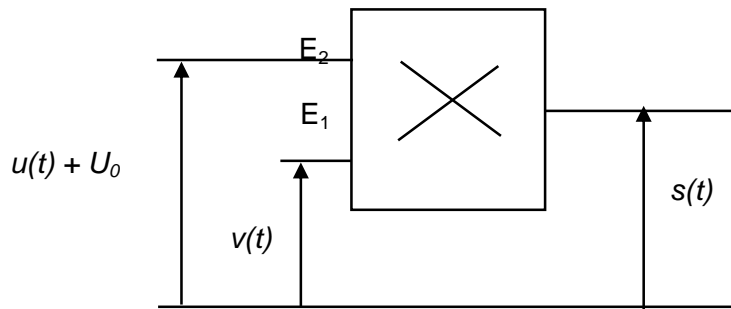


Figure 4

2.1.1. On applique aux entrées E_1 et E_2 les tensions $v(t)=V_m \cos 2\pi Ft$ et $u(t)=U_m \cos 2\pi ft$ telles que $F \gg f$.

Nommer les tensions $v(t)$ et $u(t)$.

Que représente la grandeur V_m ?

2.1.2. À la tension $u(t)$ on ajoute une tension continue U_0 . Nommer cette tension.

2.2. La **FIGURE 5 DE L'ANNEXE** représente la tension modulée $s(t)$ obtenue par acquisition et traitement informatisés.

2.2.1. Tracer sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE** le signal modulant.

2.2.2. À l'aide de la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE**, calculer la période du signal modulé et en déduire sa fréquence.

2.2.3. La modulation est caractérisée par son taux m donné par la relation :

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

Calculer sa valeur en utilisant la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.2.4. La modulation est-elle satisfaisante ? Justifier la réponse.

2.3. L'antenne émettrice doit respecter certains critères de longueur. En effet, une antenne est accordée sur une fréquence si sa longueur est égale à la moitié de la longueur d'onde correspondante (au quart de la longueur d'onde si l'antenne est verticale et reliée au sol car dans ce cas, le sol joue le rôle de réflecteur) ; c'est pour respecter ces contraintes que l'on installe, en 1898, une antenne émettrice au sommet de la tour Eiffel. Cette antenne est reliée au sol.

Sachant que la hauteur de cette antenne est de 324 m, quelle est la longueur d'onde maximale de l'onde radio que l'on peut émettre ?

Les ondes hertziennes kilométriques, appelées "grandes ondes" ont pour domaine 1052 m \leftarrow 2000 m ; était-il possible d'émettre toute la gamme de ces ondes hertziennes depuis la tour Eiffel ? Justifier.

3. La réception de l'onde radio

3.1. L'émetteur, au laboratoire des deux expérimentateurs, étant opérationnel, ils décident de mettre en place le récepteur. Ils réalisent la chaîne de réception schématisée sur la figure 6 ci-dessous :

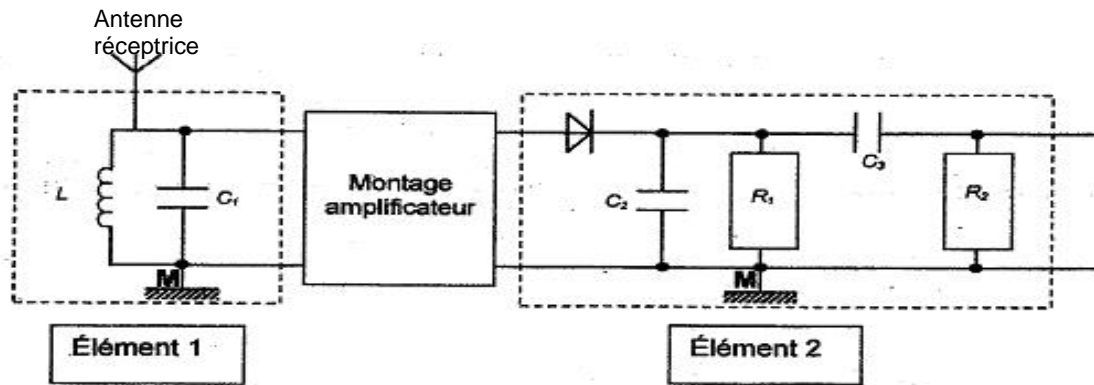


Figure 6

3.1.1. Quel est le rôle de l'élément 1 ? Comment l'appelle-t-on ?

3.1.2. Quel est le rôle de l'élément 2 ? Détailler le rôle de la diode de l'élément 2.

3.2. Ils mettent en place le dispositif et ils désirent obtenir sur l'écran de leur oscilloscope les tensions u_{AM} , u_{BM} et u_{CM} schématisées sur la figure 7 ci-dessous :

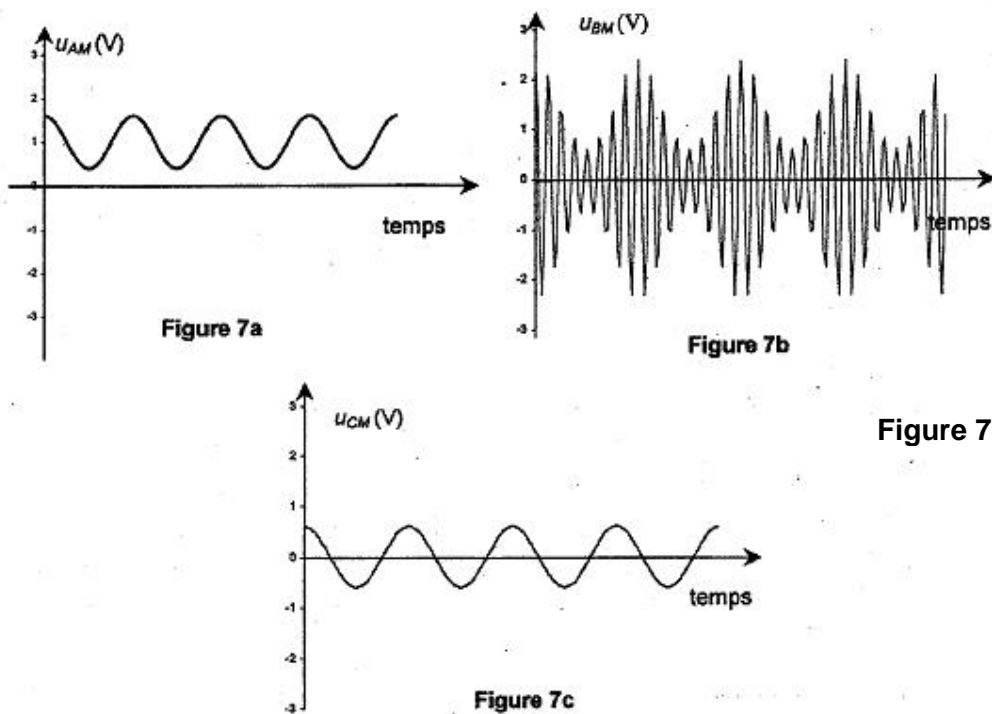


Figure 7

Placer sur le schéma de la **FIGURE 8 DE L'ANNEXE**, les points A, B et C permettant l'obtention de ces tensions.

4. La chaîne complète

L'essai étant concluant avec un signal électrique sinusoïdal, les deux physiciens décident de transmettre un son capté par un microphone. Lorsque l'un d'eux parle, l'autre écoute attentivement près du haut parleur appartenant au récepteur et observe l'oscilloscope relié au récepteur.

4.1. Ils constatent que l'oscillogramme obtenu n'est pas sinusoïdal. Que peuvent-ils en conclure quant à la nature du son émis ?

4.2. L'utilisation d'un analyseur de spectre pourrait-elle donner d'autres informations ? Lesquelles ?

ANNEXE DE L'EXERCICE 4

Question 2.2.

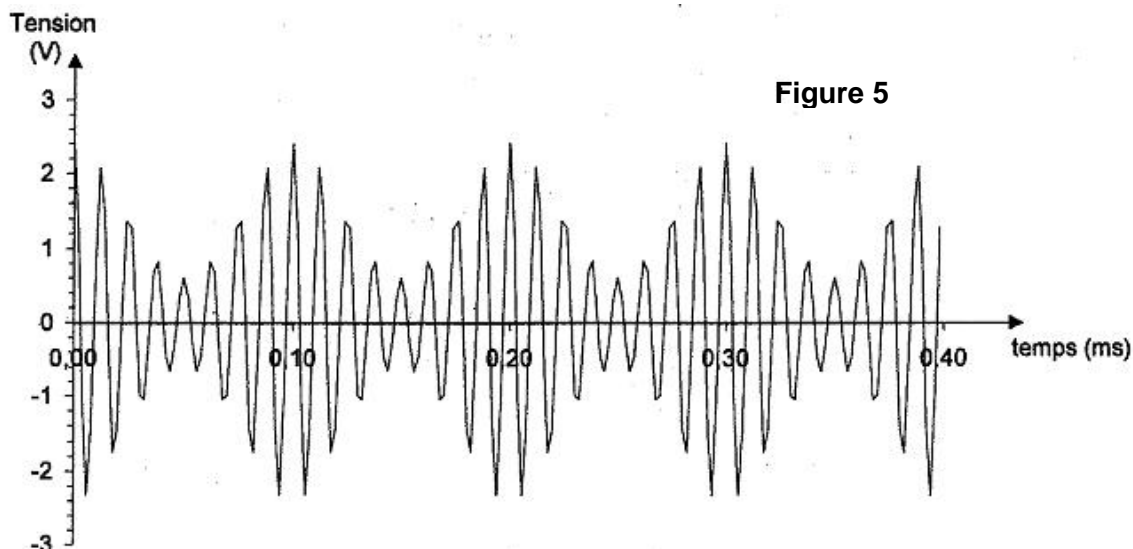


Figure 5

Question 3.2.

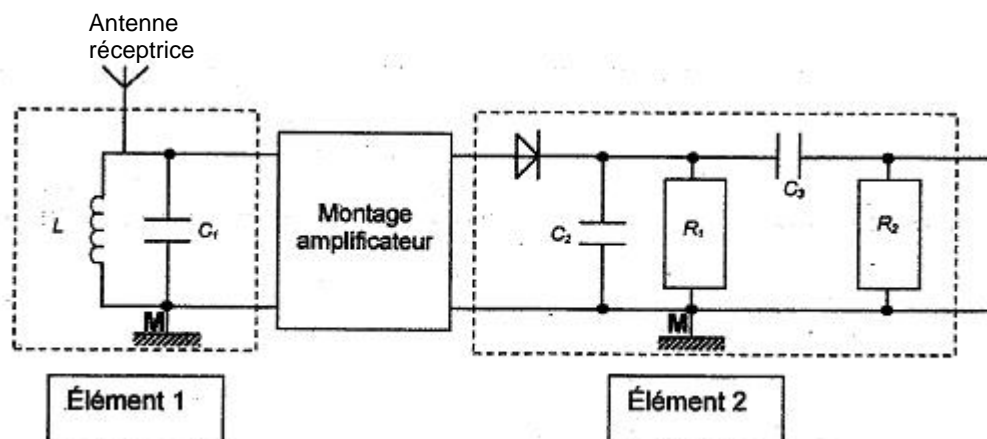


Figure 8

EXERCICE 4 TRANSMISSION D'ONDES HERTZIENNES

CORRECTION

1. Etude préliminaire: l'onde radio

1.1. Pour la lumière visible $400 \text{ nm} < \lambda_{\text{visible}} < 800 \text{ nm}$, soit $4,00 \cdot 10^{-7} \text{ m} < \lambda_{\text{visible}} < 8,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 $\lambda_{\text{visible}} < 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, donc la lumière visible se situe donc dans le domaine A.

$$1.2. f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{9,0} = 3,3 \cdot 10^7 \text{ Hz} = 33 \text{ MHz}$$

2. L'émission de l'onde radio

2.1.1. $v(t)$ correspond à la **porteuse** de haute fréquence F .

$u(t)$ correspond au **signal modulant** de basse fréquence f .

V_m correspond à l'**amplitude de la tension** sinusoïdale $v(t)$.

2.1.2. U_0 est la tension de décalage (ou offset).

Question 2.2.

2.2.1.

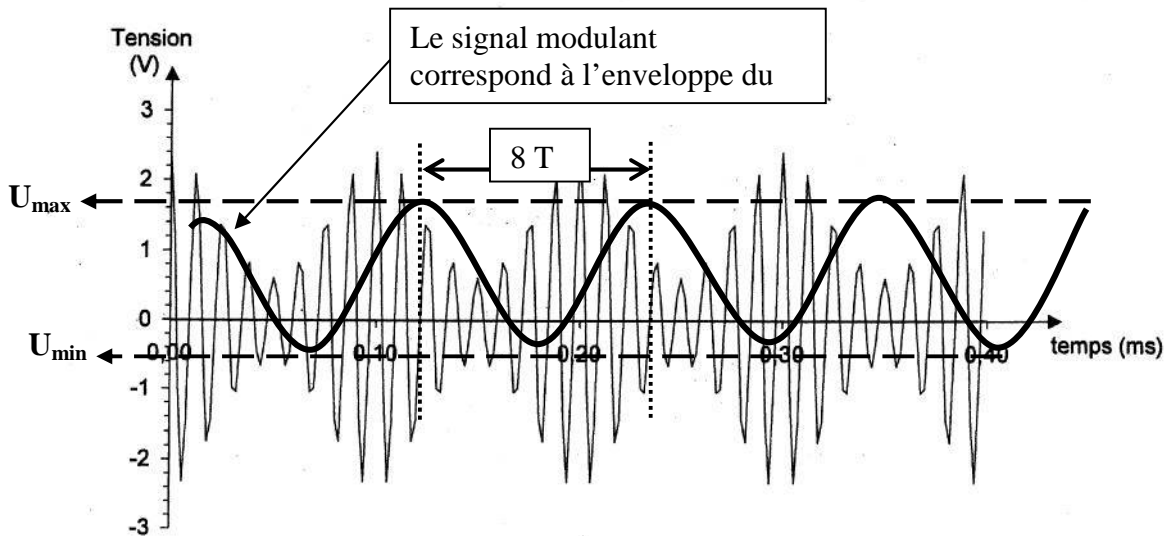


Figure 5

2.2.2. $8T = 0,20 - 0,10 = 0,10 \text{ ms}$ donc $T = \frac{0,10 \cdot 10^{-3}}{8} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

$f = \frac{1}{T} = 8,0 \cdot 10^4 \text{ Hz} = 80 \text{ kHz}$, le signal modulé est un signal haute fréquence. (calcul avec T non arrondi)

Remarque : NON DEMANDÉ L'analyse en fréquence du signal modulé montrerait que celui-ci est composé de trois fréquences $f_1 = F - f$; $f_2 = F$; et $f_3 = F + f$.

2.2.3. $m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$ voir figure 5 $m = \frac{2,4 - 0,6}{2,4 + 0,6} = 0,6$

2.2.4. La modulation est **satisfaisante** car le taux de modulation $m < 1$.

La longueur de l'antenne : $L = 324 \text{ m}$

D'après le texte, il faut que $L = \frac{\lambda}{4}$, donc $\lambda = 4L$.

$\lambda = 4 \cdot 324 = 1296 \text{ m} = 1,30 \cdot 10^3 \text{ m} = 1,3 \text{ km}$ longueur d'onde maximale de l'onde radio émise par la tour Eiffel

La tour Eiffel ne pouvait émettre qu'une partie du domaine des ondes hertziennes kilométriques : $1052 \text{ m} < \lambda < 1296 \text{ m}$.

3. La réception de l'onde radio.

3.1.1. L'élément 1 est appelé **circuit d'accord** (ou circuit bouchon).

L'antenne capte les ondes électromagnétiques émises par tous les émetteurs environnants. Le circuit LC parallèle permet de sélectionner l'onde que l'on souhaite capter et élimine les autres ondes indésirables.

3.1.2. L'élément 2 permet d'éliminer le signal de la porteuse et de ne conserver que l'enveloppe du signal modulé reçu. (avec la diode, C_2 et R_1).

Il permet également d'éliminer la tension de décalage (avec C_3 et R_2).

L'élément 2 permet de démoduler le signal modulé reçu par l'antenne.

La diode ne laisse passer le courant que dans un seul sens et élimine ainsi les valeurs négatives de la tension modulée en amplitude.

3.2.

Question 3.2

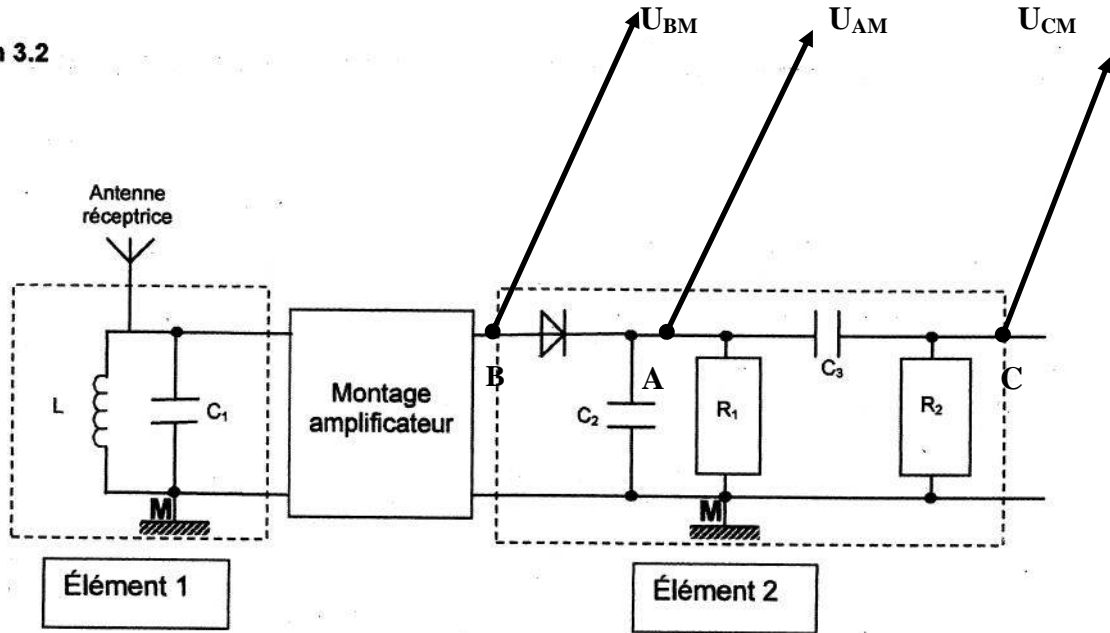


Figure 8

4. La chaîne complète.

4.1. Le signal obtenu n'étant pas sinusoïdal, le son émis n'est pas pur, il est dit complexe.

4.2. L'analyseur de spectre permettrait d'obtenir le spectre de fréquences afin de mettre en évidence les différents harmoniques composant ce son complexe.

L'analyseur donnerait la fréquence des différents harmoniques ainsi que leurs amplitudes relatives.

Exercice n°5 ÉMISSION ET RÉCEPTION D'UNE ONDE RADIO

Au cours d'une séance de travaux pratiques, les élèves réalisent un montage permettant d'émettre puis de recevoir un signal radio.

1. Émission du signal.

Le montage de modulation d'amplitude, utilisé pour l'émission et réalisé à l'aide d'un multiplieur, est représenté sur la figure 1 ci contre :

Pour engendrer l'onde porteuse de fréquence F , on envoie sur l'entrée E_1 du multiplieur la tension $v(t) = V_m \cos(2\pi Ft)$.

Le signal à transmettre, de fréquence f et d'amplitude U_m est $u_1(t) = U_m \cos(2\pi ft)$. On lui ajoute une tension continue U_0 , appelé tension de décalage ou tension offset.

On obtient alors $u(t) = U_0 + u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi ft)$ qu'on envoie sur l'entrée E_2 .

À l'aide d'un dispositif d'acquisition de données, branché sur la sortie S du multiplieur, on observe sur l'écran de l'ordinateur, la courbe $s(t)$ représentée ci-dessous (fig. 2)

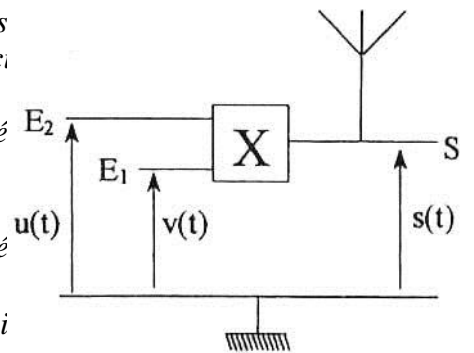
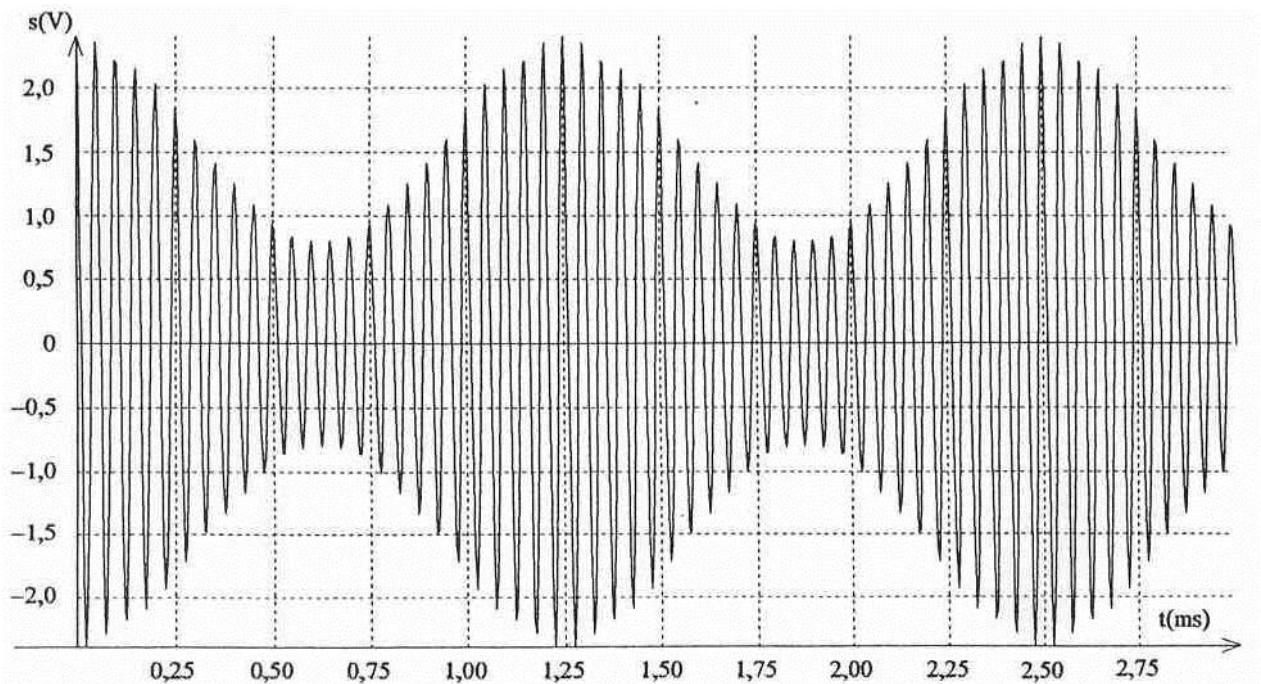


fig. 1

fig. 2



1.1.1. Pourquoi faut-il ajouter une tension de décalage au signal à transmettre ?

1.1.2. Quelle condition doit vérifier le rapport $m = \frac{U_m}{U_0}$ pour réaliser une bonne modulation ?
(m est appelé taux de modulation).

1.2. Le multiplieur donne en sortie une tension $s(t)$ proportionnelle au produit des tensions appliquées sur les entrées : $s(t) = k.u(t).v(t)$.

Le coefficient k est une constante qui ne dépend que du multiplieur.

1.2.1. Montrer que $s(t)$ peut se mettre sous la forme $s(t) = A[1 + m\cos(2\pi ft)]\cos(2\pi Ft)$ dans laquelle A est une constante.

1.2.2. Donner l'expression de A en fonction de k , V_m et U_0 .

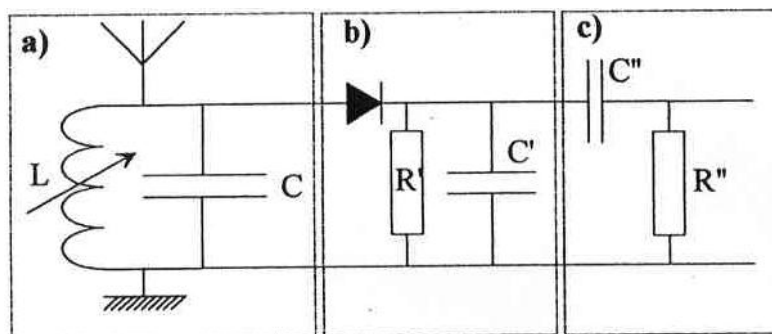
1.3. En utilisant la courbe de la figure 2, déterminer f et F . Justifier la méthode utilisée.

2. Réception du signal.

La réception du signal se fait à l'aide du montage représenté ci-dessous (figure 4). Ce montage est constitué de plusieurs modules branchés les uns après les autres.

2.1. Le premier module, noté a) sur la figure 4, est le circuit d'accord.

fig. 4



2.1.1. Quel est son rôle ?

2.1.2. Comment procède-t-on pour "capter" une station radio ?

2.1.3. Vérifier que lorsque $L = 62 \text{ mH}$, le circuit est accordé sur l'émetteur réalisé au 1.

Données : $C = 1,0 \text{ nF}$; $f = \sqrt{62} \cdot 10^5$

2.2. Le deuxième module (noté **b**) sur le schéma) est un détecteur de crête. Il permet de démoduler le signal reçu.

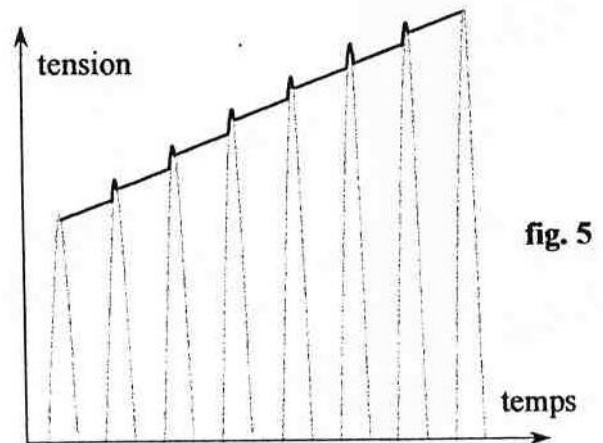
2.2.1. Que signifie démoduler le signal reçu ?

2.2.2. Un élève a représenté sur la figure 5, en trait gras, le signal qu'il observe sur l'écran lorsque le système d'acquisition est branché à la sortie du détecteur de crête.

Ce schéma vous semble-t-il correct ?

Justifier la réponse.

2.3. Quel est le rôle du troisième module (c) ?



Exercice n°5 ÉMISSION ET RÉCEPTION D'UNE ONDE RADIO Correction

1. Émission du signal.

1.1.1 Il faut ajouter une tension continue U_0 , tension de décalage, pour avoir $u(t) > 0$. Soit $U_0 + u_1(t) > 0$ ou $U_0 + U_m \cos(2\pi ft) > 0$.

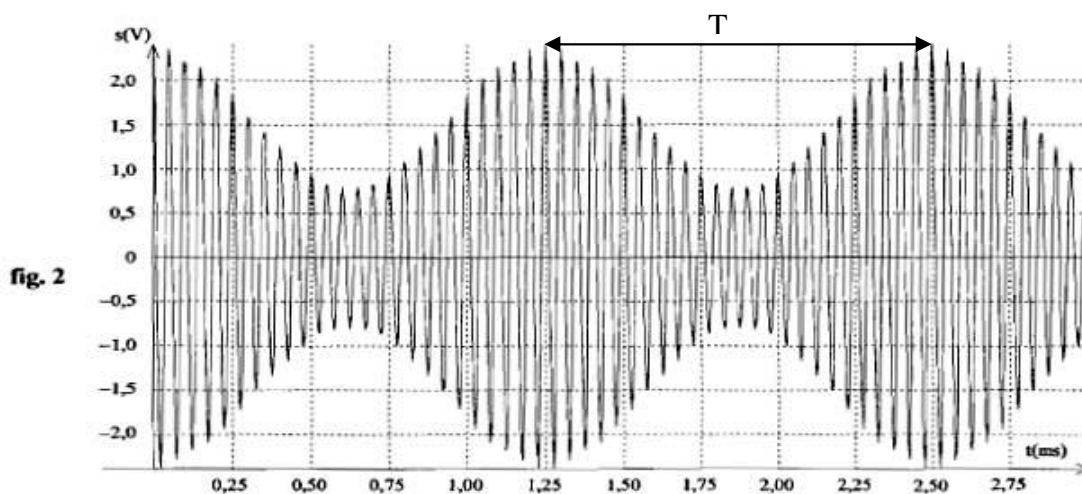
1.1.2. Le rapport $m = \frac{U_m}{U_0}$ doit être inférieur à 1 pour réaliser une bonne modulation.

1.2.1. $s(t) = k.u(t).v(t) = k.[U_0 + U_m \cos(2\pi ft)].[V_m \cos(2\pi Ft)] = k.V_m.[U_0 + U_m \cos(2\pi ft)].\cos(2\pi Ft)$
 $= k.V_m \cdot \frac{U_0}{U_0} [U_0 + U_m \cos(2\pi ft)].\cos(2\pi Ft)$

$= k.V_m.U_0.[\frac{U_0}{U_0} + \frac{U_m}{U_0} \cos(2\pi ft)].\cos(2\pi Ft) = k.V_m.U_0.[1 + m.\cos(2\pi ft)].\cos(2\pi Ft)$
 $s(t) = A.[1 + m.\cos(2\pi ft)].\cos(2\pi Ft)$

1.2.2. Donc $A = k.V_m.U_0$


1.3. On détermine la période T de « l'enveloppe » correspondant au signal modulant soit $T = 1,25$ ms



$$f = \frac{1}{T} \quad f = \frac{1}{12,5 \mid 10^{24}} \times \frac{1}{\frac{100}{8} \mid 10^{24}} \times \frac{8}{10^{22}} = \mathbf{800 \text{ Hz}}$$

Durant la période T, la « porteuse » effectue 25 oscillations, sa période est donc 25 fois plus petite, ou sa fréquence 25 fois plus élevée. $F = 25 \mid f = 25 \mid 800 = 2,5 \mid 8 \mid 10 = \mathbf{20,0 \text{ kHz}}$

2. Réception du signal.

2.1.1. Circuit d'accord: L'antenne  capte les ondes électromagnétiques émises par tous les émetteurs environnants. Le circuit LC parallèle est appelé, également, circuit "bouchon", il permet de sélectionner l'onde que l'on souhaite capter et donc élimine les autres ondes indésirables.

2.1.2. On fait varier la valeur L de l'inductance (ici réglable) afin que la période propre du circuit LC coïncide avec la période de la porteuse de la station que l'on veut écouter.

2.1.3. La période propre des oscillations électriques dans le circuit LC est définie par :

$$T = 2f \cdot \sqrt{LC} \quad ; \quad \text{Donc la fréquence propre a pour expression :} \quad f_0 = \frac{1}{2f \cdot \sqrt{LC}}$$

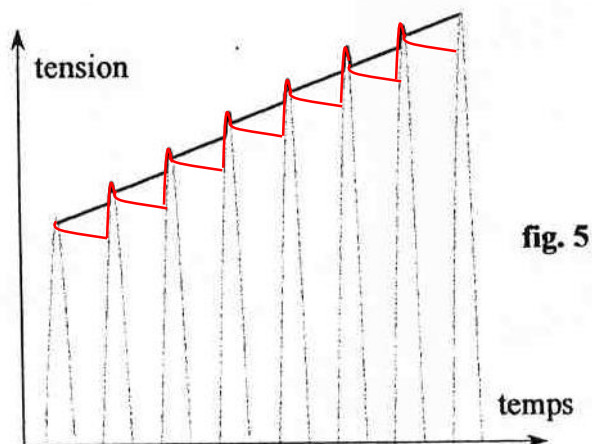
$$f_0 = \frac{1}{2f \cdot \sqrt{62 \mid 10^{23} \mid 1,0 \mid 10^{29}}} \times \frac{1}{2f \cdot \sqrt{62 \mid 10^{212}}} \times \frac{1}{2f \cdot \sqrt{62}} \mid \frac{1}{10^{26}} \times \frac{1}{2 \mid 25} \mid 10^6 \times \frac{1}{50} \mid 10^6 \times 0,020 \mid 10^6$$

$$f_0 = 2,0 \mid 10^4 = \mathbf{20 \text{ kHz}}$$

Le circuit est bien accordé sur l'émetteur étudié précédemment car $f_0 = F$.

2.2.1. Le détecteur de crête permet d'éliminer le signal de la porteuse et de ne conserver que l'enveloppe du signal modulé reçu. On obtient une tension dont l'amplitude varie en suivant les variations du signal modulant. Cette tension variable contient cependant une composante continue (elle n'est pas centrée sur zéro, mais est décalée au dessus de $U = 0 \text{ V}$)

2.2.2. Lorsque la tension modulée $s(t)$ croît, alors le condensateur C' se charge, mais lorsque $s(t)$ décroît le condensateur se décharge dans la résistance R', la tension aux bornes du détecteur de crête diminue lentement. Le schéma de l'élève est donc **faux**. Voir en rouge, le signal réellement obtenu.



2.3. Le troisième module permet d'éliminer la composante continue du signal démodulé.

Exercice n°6 TRANSMISSION D'UN SIGNAL MODULÉ EN AMPLITUDE

On veut transmettre, entre des points éloignés, des signaux (sons ou images par exemple) dont la portée est très limitée. La modulation d'amplitude permet cette transmission.

On envisage dans cet exercice un signal à transporter, sinusoïdal, correspondant à un son audible.

Ce signal sonore est utilisé pour produire une tension électrique sinusoïdale, de même fréquence, qui sert à moduler en amplitude une tension également sinusoïdale, dite porteuse. Cette tension modulée génère une onde électromagnétique.

L'émission (comme la réception) du signal modulé se fait avec une antenne métallique. Dans le cas d'une antenne linéaire, on montre qu'un bon fonctionnement de l'ensemble impose à l'antenne d'être d'une taille comparable à la longueur d'onde du signal émis.

Données :

Célérité de la lumière dans l'air $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Domaine de fréquences des sons audibles : [20 Hz ; 20 kHz].

1. Une des raisons de la modulation

1.1. Si une station émettait directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore, à quel intervalle de longueurs d'onde appartiendrait ce signal électromagnétique ?

1.2. En se servant du texte introductif, avancer une raison pour laquelle les stations de radio n'émettent pas directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore.

2. Étude de la modulation

Lors d'une séance de travaux pratiques, un élève réalise des expériences qui illustrent l'émission et la réception d'un signal sinusoïdal de fréquence $f_m = 500 \text{ Hz}$.

2.1. Recopier la phrase suivante en la complétant par les termes convenables choisis dans la liste suivante : *affine, faible, sinusoïdal(e), modulant(e), élevé(e), modulé(e)*

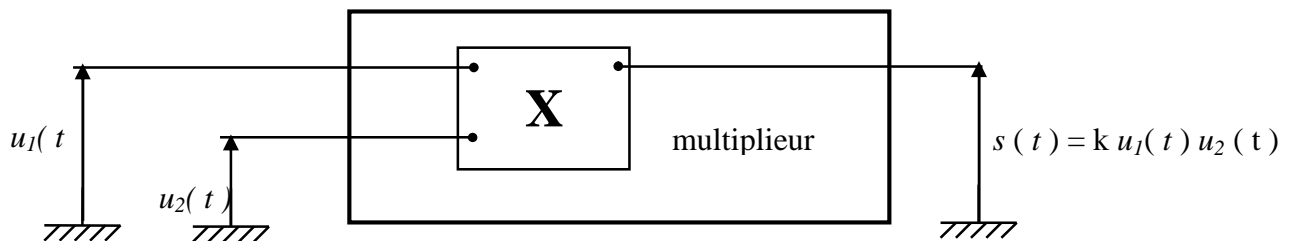
L'onde porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence f_p Le signal modulé a une amplitude qui est une fonction du signal

2.2. Pour réaliser une modulation d'amplitude, les élèves utilisent un montage multiplieur (représenté sur la figure ci-dessous) agissant sur les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ dont les expressions sont :

$$u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi f_m t) \quad u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$$

avec $U_m \cos(2\pi f_m t)$ la tension modulante, U_0 une tension constante positive et $u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$ la tension porteuse.

Ce montage délivre une tension de sortie $s(t)$ telle que $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$. où k est un coefficient caractéristique du multiplieur.



2.2.1. Quelle est l'unité du coefficient k ?

2.2.2. La tension de sortie $s(t)$ peut se mettre sous la forme :

$$s(t) = A [1 + m \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_p t) \quad \text{avec } A = kU_0U_p \text{ et } m = \frac{U_m}{U_0} \text{ (taux de modulation).}$$

On veut éviter la surmodulation qui se produit lorsque l'amplitude du signal modulant est supérieure à U_0 . Dans quel intervalle de valeurs doit se situer le taux de modulation m pour réaliser une bonne modulation d'amplitude ?

2.3. L'élève visualise la tension $s(t)$ à l'aide d'un oscilloscope, il obtient la courbe suivante :

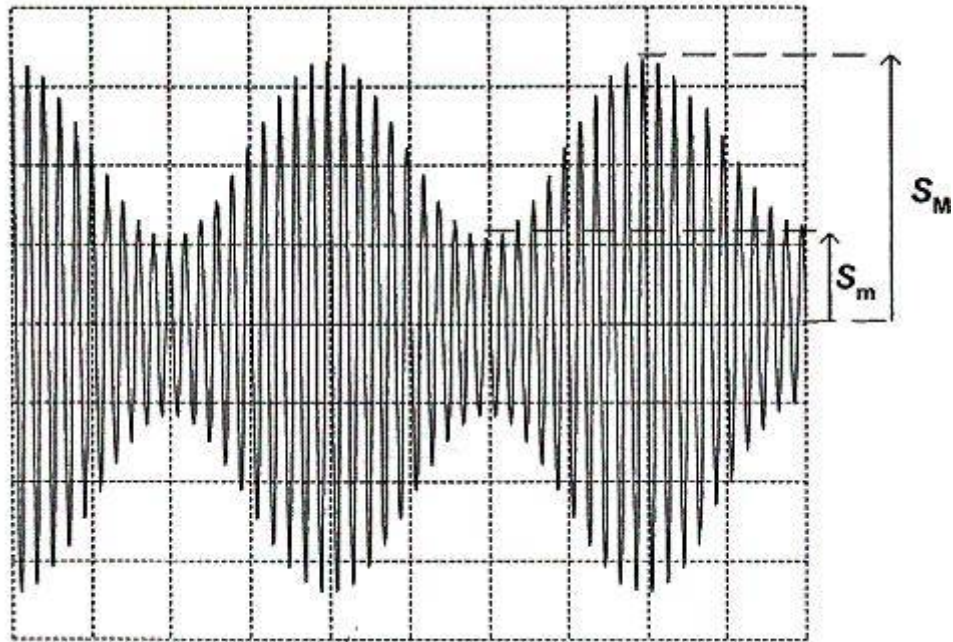


Figure 1

Réglages de l'oscilloscope : Balayage : $0,5 \text{ ms / div}$ Sensibilité verticale : $0,5 \text{ V / div}$

On montre que le taux de modulation m peut s'exprimer selon la relation :

$$m = \frac{S_M \text{ Z } S_m}{S_M \text{ Γ } S_m} \quad \text{Les grandeurs } S_M \text{ et } S_m \text{ sont représentées sur la figure 1.}$$

2.3.1. À partir de la figure 1, déduire une valeur numérique approchée de m

2.3.2. Vérifier que la fréquence de la porteuse utilisée est $f_P = 10 \text{ kHz}$.

3. Réception du signal modulé et démodulation

La tension $s(t)$ est appliquée à une antenne qui émet alors un signal électromagnétique reproduisant les mêmes variations que $s(t)$.

Un peu plus loin, l'élève place une antenne réceptrice servant à capter le signal. Cette antenne est reliée à un circuit électrique (voir figure 2) comportant plusieurs parties aux fonctions distinctes. On appelle $u_f(t)$ la tension mesurée en bout de chaîne

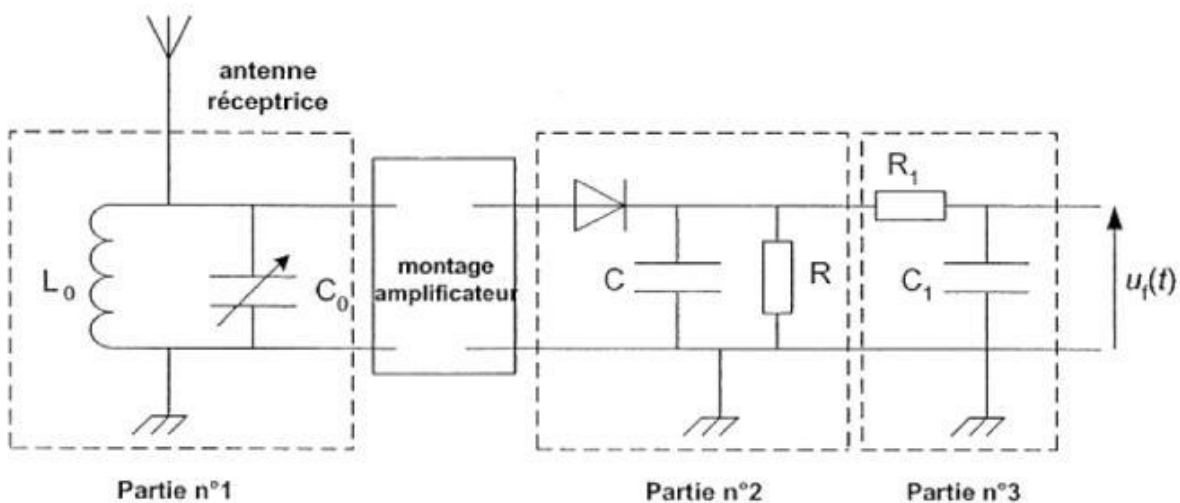


Figure 2

3.1. La partie n°1 est constituée d'une bobine d'inductance $L_0 = 2,5 \text{ mH}$ et d'un condensateur de capacité C_0 ajustable, l'ensemble constituant un dipôle L_0C_0 en dérivation. Ce dipôle oscille avec une fréquence propre dont l'expression est : $f_0 = \frac{1}{2\sqrt{L_0C_0}}$. On rappelle que la fréquence de la porteuse est 10 kHz et celle du signal modulant 500 Hz.

3.1.1. Quelle est la fonction de cette partie dans le montage ?

3.1.2. Quelle valeur doit-on choisir pour C_0 pour que cette fonction soit effectivement remplie ?

3.2. La partie n°2 comprend une diode, un conducteur ohmique de résistance R et un condensateur de capacité C . Cet ensemble constitue ce que l'on appelle un détecteur de crête. Sa fonction est d'obtenir une tension proportionnelle à la tension $u_1(t)$ introduite à la question 2.

Pour obtenir une bonne démodulation, la constante de temps du dipôle RC doit être très supérieure à la période du signal porteur et inférieure à la période du signal modulant.

Sachant que $C = 500 \text{ nF}$, choisir parmi les valeurs suivantes, en justifiant le choix, la valeur de R qui vous paraît la mieux convenir pour remplir convenablement cette fonction : 20 h ; 200 h ; 2,0 kh ; 20 kh.

3.3. Quel est le rôle de la partie n°3 ?

Exercice n°6	TRANSMISSION D'UN SIGNAL MODULÉ EN AMPLITUDE	Correction
--------------	--	------------

2. Une des raisons de la modulation

1.1. On a : $c = \lambda \cdot f$ donc $\lambda = \frac{c}{f}$ avec $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

pour $f = 20 \text{ Hz}$ $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{20} = 1,5 \cdot 10^7 \text{ m}$

pour $f = 20 \text{ kHz} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ Hz}$ $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,0 \cdot 10^4} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ m}$

L'intervalle de fréquence [20 Hz; 20 kHz] correspond à l'intervalle de longueur d'onde [$1,5 \cdot 10^4 \text{ m}$; $1,5 \cdot 10^7 \text{ m}$]

1.2. "... on montre qu'un bon fonctionnement de l'ensemble impose à l'antenne d'être d'une taille comparable à la longueur d'onde du signal émis"

Il faudrait dans ce cas avoir des antennes de plusieurs milliers de km !! Ce qui n'est pas envisageable.

C'est une des raisons pour lesquelles les stations de radio n'émettent pas directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore.

2. Étude de la modulation

2.1. L'onde porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence f_p élevée . Le signal modulé a une amplitude qui est une fonction affine du signal modulant.

2.2.1. On a : $s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$. $s(t)$, $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont des tensions donc k est homogène à l'inverse d'une tension et s'exprime en V^{-1} .

2.2.2. Le texte indique que la surmodulation se produit lorsque l'amplitude U_m du signal modulant est supérieure à U_0 . Soit $U_m > U_0$, ou $\frac{U_m}{U_0} > 1$. Comme $m = \frac{U_m}{U_0}$, alors il y a surmodulation si $m > 1$.

D'autre part le texte indique que U_0 est une tension constante positive, donc $\frac{U_m}{U_0} > 0$.

Pour avoir une bonne modulation d'amplitude il faut que m soit dans l'intervalle : $0 < m < 1$.

2.3.1.

Réglages de l'oscilloscope :
Balayage : 0,5 ms / div

Sensibilité verticale : 0,5 V / div

$$S_m = 1,2 \hat{=} 0,5 = 0,6 \text{ V}$$

$$S_M = 3,4 \hat{=} 0,5 = 1,7 \text{ V}$$

$$m = \frac{S_M Z S_m}{S_M \Gamma S_m}$$

$$m = \frac{1,7 Z 0,6}{1,7 \Gamma 0,6} \times \frac{1,1}{2,3} = 0,5$$

2.3.2. On a : $20T_p = 4,0 \hat{=} 0,5 \hat{=} 10^{-3}$

$$T_p = 2,0 \hat{=} 10^{-3} / 20 = 1,0 \hat{=} 10^{-4} \text{ s}$$

$$\text{donc } f_p = 1 / T_p = 1,0 \hat{=} 10^4 \text{ Hz} = 10 \text{ kHz.}$$

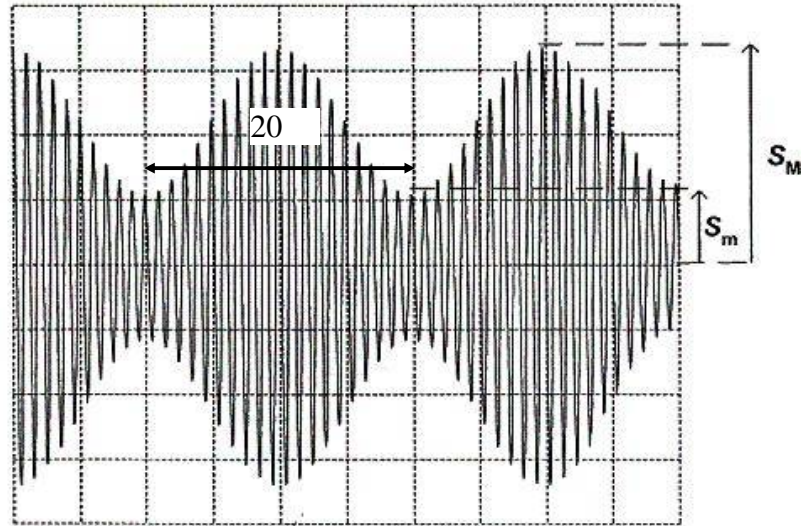


Figure 1

3. Réception du signal modulé et démodulation

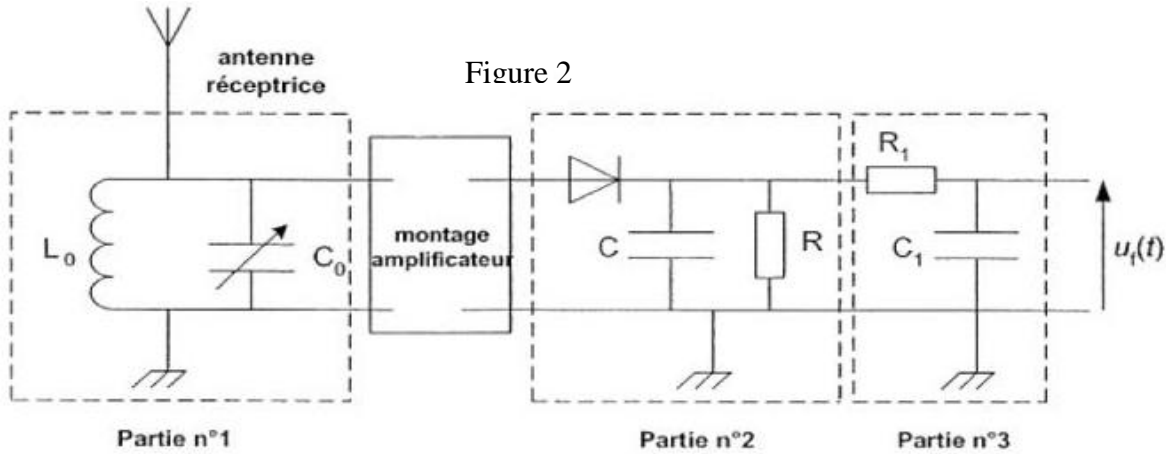


Figure 2

3.1.1. La partie n°1 du montage a pour fonction de capter le signal modulé haute fréquence par l'intermédiaire de l'antenne réceptrice. Le circuit $L_0 C_0$ parallèle est un circuit d'accord (circuit passe-bande très sélectif) qui permet de sélectionner une porteuse unique parmi toutes celles que peut capter l'antenne réceptrice.

3.1.2. On a : $f_0 = \frac{1}{2\sqrt{L_0 C_0}}$ donc $f_0^2 = \frac{1}{4L_0 C_0}$ finalement : $C_0 = \frac{1}{4L_0 f_0^2}$ avec $f_0 = f_p = 10 \text{ kHz}$

$$C_0 = \frac{1}{4 | 10 | 2,5 | 10^{23} | f_0 | 10^3 \text{ A}^2} \times \frac{1}{1,0 | 10^7} = 1,0 \hat{=} 10^{-7} \text{ F} = 0,10 \mu\text{F}$$

3.2. « la constante de temps du dipôle RC doit être très supérieure à la période du signal porteur et inférieure à la période du signal modulant ».

On doit avoir : $T_p \ll \tau = RC < T$ donc $\frac{T_p}{C} \ll R < \frac{T}{C}$ finalement $\frac{1}{f_p \cdot C} \ll R < \frac{1}{f_m \cdot C}$

On a : $C = 500 \text{ nF}$ donc : $\frac{1}{1,0 | 10^4 | 500 | 10^{29}} \ll R < \frac{1}{500 | 500 | 10^{29}} \frac{1}{5,0 | 10^{23}} \ll R < \frac{1}{2,5 | 10^{24}}$
soit $0,20 \hat{=} 10^3 \ll R < 0,40 \hat{=} 10^4$ finalement : $2,0 | 10^2 \vartheta \ll R < 4,0 | 10^3 \vartheta$

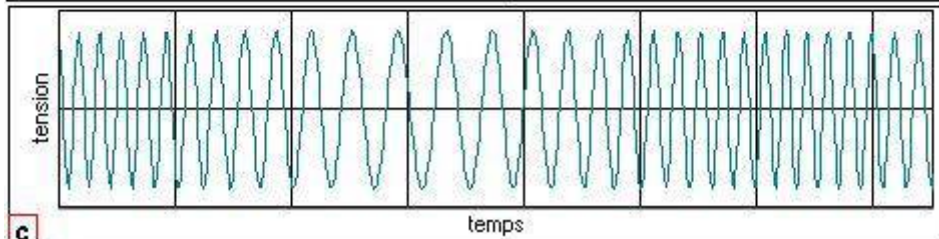
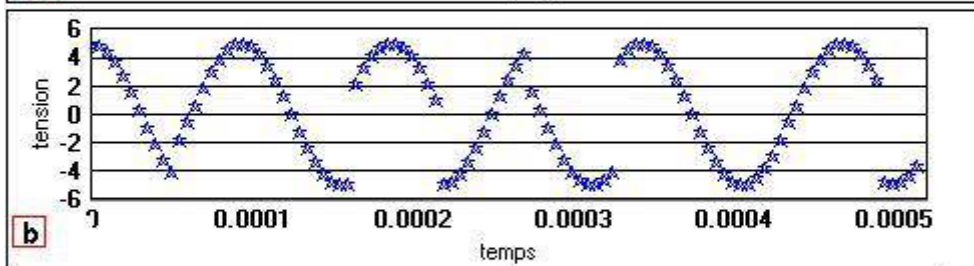
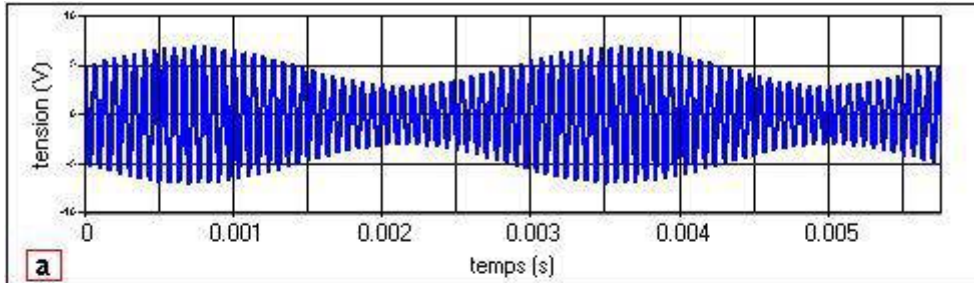
La valeur de R qui paraît la mieux convenir pour remplir convenablement cette fonction parmi les valeurs $20\ \text{h}$; $200\ \text{h}$; $2,0\ \text{kh}$; $20\ \text{kh}$, est donc $R = 2,0\ \text{k}\Omega$.

3.3. La partie n°3 a pour rôle de supprimer la tension de décalage.

Il y a un problème sur le schéma du montage : C_1 et R_1 à intervertir pour récupérer la tension démodulée aux bornes de R_1 ?

Question n° 1

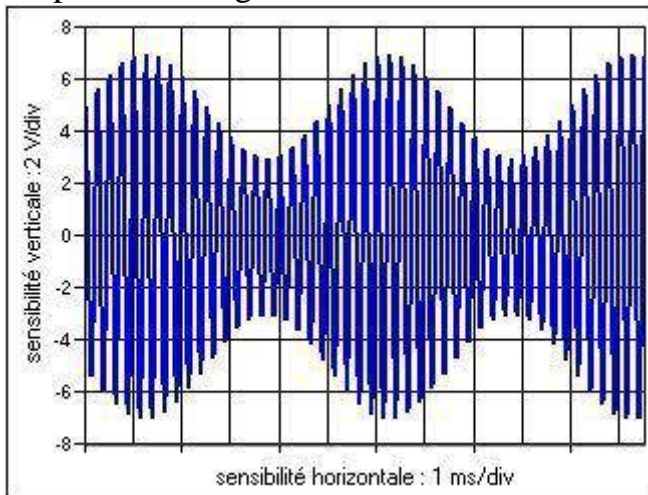
Parmi les oscillogrammes représentés, lequel correspond à celui d'une tension modulée en amplitude



- a
- b
- c

Question n° 2

D'après l'oscillogramme d'une tension modulée en amplitude représenté :



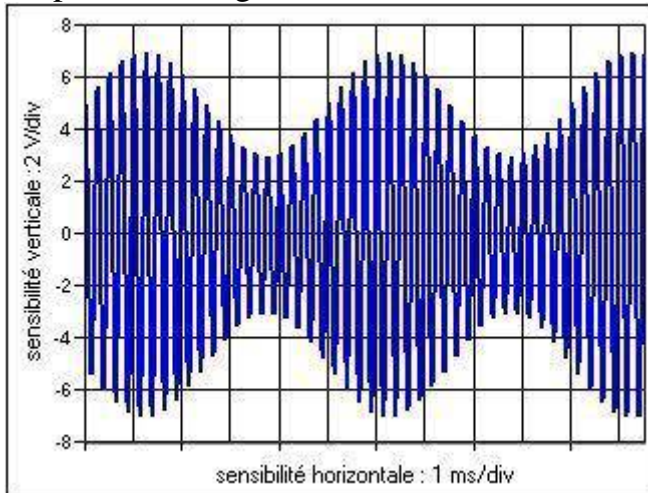
- la fréquence du signal modulant est voisine de 4000Hz
- la fréquence de la porteuse est voisine de 4000Hz

- la fréquence du signal modulant est voisine de 200Hz
- La fréquence du signal modulant est voisine de 100Hz

Question n° 3

L'oscillogramme ci-dessous est celui d'une tension modulée en amplitude, dont l'expression mathématique est de la forme $u=A\cos(2\pi f_p.t)(1+m\cos(2\pi f_m.t))$. A est une constante ayant la dimension d'une tension, m est le taux de modulation, coefficient sans dimension, f_m et f_p sont les fréquences du signal modulant et de la porteuse respectivement.

D'après l'oscillogramme :

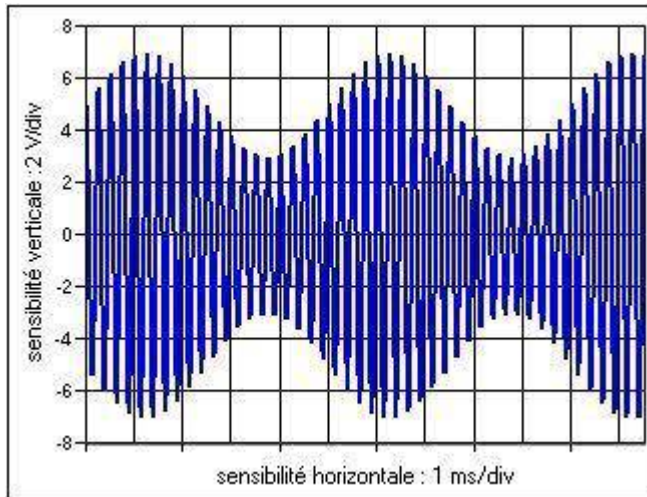


- A=7V
- A=5V
- A=3V
- A=0

Question n° 4

L'oscillogramme ci-dessous est celui d'une tension modulée en amplitude, dont l'expression mathématique est de la forme $u=A\cos(2\pi f_p.t)(1+m\cos(2\pi f_m.t))$. A est une constante ayant la dimension d'une tension, m est le taux de modulation, coefficient sans dimension, f_m et f_p sont les fréquences du signal modulant et de la porteuse respectivement.

D'après l'oscillogramme :



- m=0,8
- m=0,6
- m=0,4
- m=0,2

Question n° 5

u_1 et u_2 sont des tensions sinusoïdales alternatives de valeur moyenne nulle.

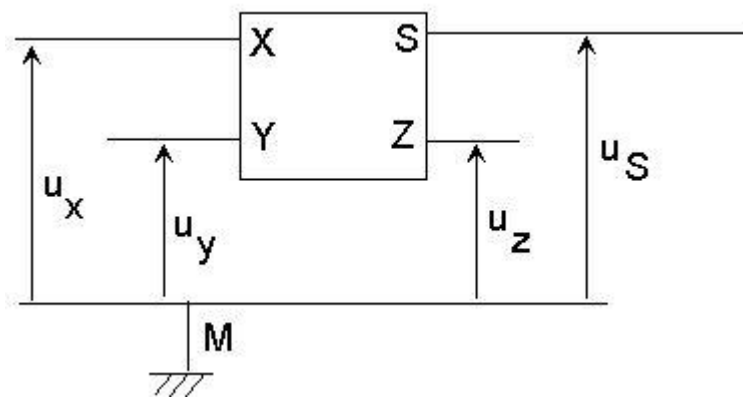
u_1 est une tension de HAUTE FREQUENCE f_p .

u_2 est une tension de BASSE FREQUENCE f_m

Le composant représenté réalise l'opération

$u_S = k \cdot u_X \cdot u_Y + u_Z$, où k est une constante inférieure à 1.

On peut obtenir une modulation d'amplitude correcte, sans surmodulation, à la sortie S, si : (cocher les affirmations exactes)



- $u_x = u_y = u_1$ et $u_z = u_2$
- $u_x = u_1$, $u_y = u_2$ et $u_z = 0$
- $u_x = u_2$, $u_y = u_z = u_1$
- $u_x = u_1, u_y = u_z = u_2$

Question n° 6

u_x et u_y sont deux tensions sinusoïdales.

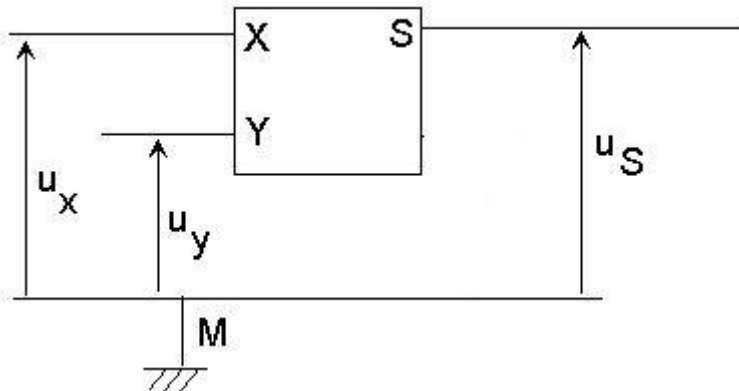
u_x est une tension de HAUTE FREQUENCE f_p

u_y est une tension de BASSE FREQUENCE f_m ($f_p \gg f_m$.)

Le composant représenté effectue l'opération

$u_s = k \cdot u_x \cdot u_y$ où k est un coefficient inférieur à 1.

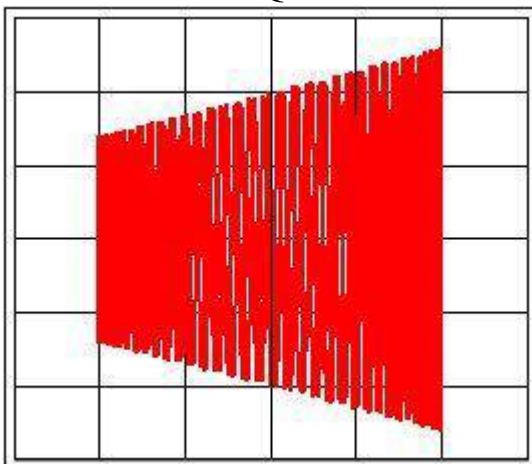
. Indiquer dans quelles situations on peut obtenir une tension u_s modulée en amplitude, sans surmodulation:



- La valeur moyenne de u_x et celle de u_y sont nulles.
- La valeur moyenne de u_x est non nulle et celle de u_y est nulle
- La valeur moyenne de u_x est nulle et celle de u_y ne l'est pas.

Question n° 7

L'oscillogramme ci-dessous est obtenu en mode XY, lors d'une expérience de modulation d'amplitude d'une tension sinusoïdale de haute fréquence (porteuse) par une tension sinusoïdale de basse fréquence (tension modulante) donnant une tension modulée. Quelle est l'affirmation exacte ?

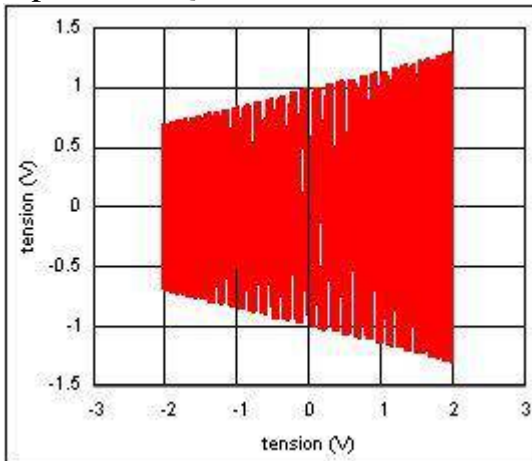


- La grandeur en abscisse est la tension modulée en amplitude et la grandeur en ordonnée la tension de haute fréquence (porteuse).
- La grandeur en abscisse est la tension modulée en amplitude et la grandeur en ordonnée la tension de basse fréquence (tension modulante).
- La grandeur en abscisse est la tension de haute fréquence (porteuse) et la grandeur en ordonnée la tension modulée en amplitude.

- La grandeur en abscisse est la tension modulante de basse fréquence et la grandeur en ordonnée la tension modulée en amplitude.

Question n° 8

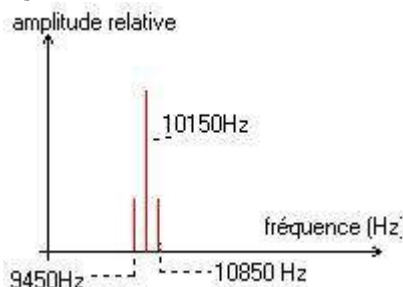
On module l'amplitude d'une tension sinusoïdale de haute fréquence (porteuse) par un signal sinusoïdal de basse fréquence. En mode XY (tension de basse fréquence en abscisse et résultat de la modulation en ordonnée) on obtient l'oscillogramme représenté. Quelles sont la ou les affirmations exactes ?



- Le taux de modulation est voisin de 0,3
- La valeur moyenne de l'amplitude de la tension modulée (résultat de la modulation) est 1V.
- La valeur moyenne de l'amplitude de la tension modulée (résultat de la modulation) est 2V.
- Le taux de modulation est voisin de 0,5

Question n° 9

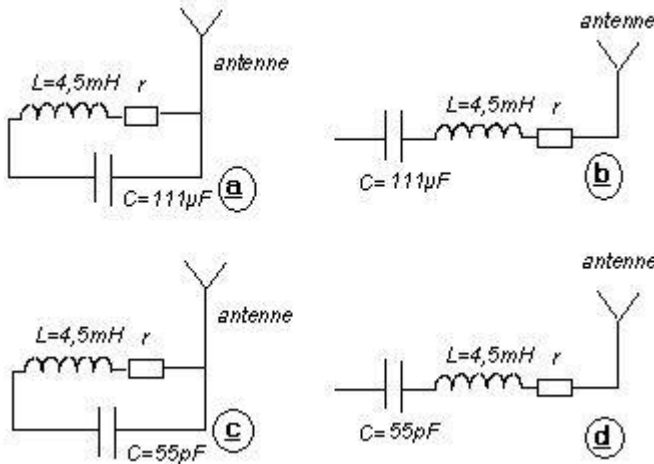
On a représenté le spectre du signal obtenu en modulant l'amplitude d'un signal de fréquence f_p élevée (porteuse) par un signal de fréquence f_m basse. Quelle est l'affirmation exacte ?



- $f_p=10850\text{Hz}$ et $f_m=9450\text{Hz}$
- $f_p=10150\text{Hz}$ et $f_m=1400\text{Hz}$
- $f_p=10850\text{Hz}$ et $f_m=1400\text{Hz}$
- $f_p=10150\text{Hz}$ et $f_m=700\text{Hz}$

Question n° 10

On souhaite détecter un signal radio dont la fréquence de la porteuse est égale à 320kHz, en mesurant la tension aux bornes du condensateur dans un des dispositifs ci-dessous. Quel est le dispositif approprié ?



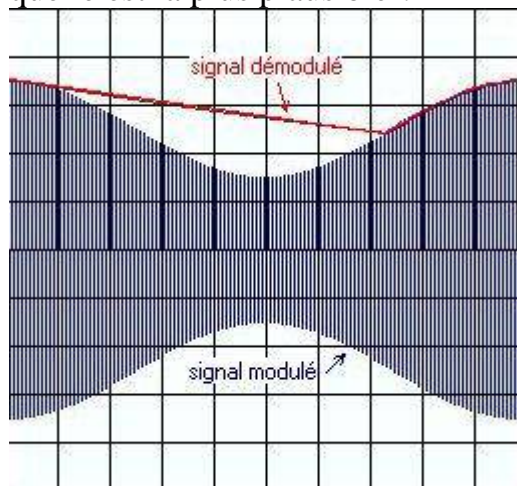
- a
- b
- c
- d

Question n° 11

Une tension modulée en amplitude par un signal sinusoïdal est appliquée à l'entrée d'un montage démodulateur détecteur de crêtes. On obtient l'ocillogramme représenté en visualisant simultanément les tensions d'entrée (en bleu) et de sortie (en rouge) du montage démodulateur .

Une division horizontale correspond à 0,2ms.

Parmi les valeurs proposées de la constante de temps RC du circuit démodulateur, quelle est la plus plausible ?



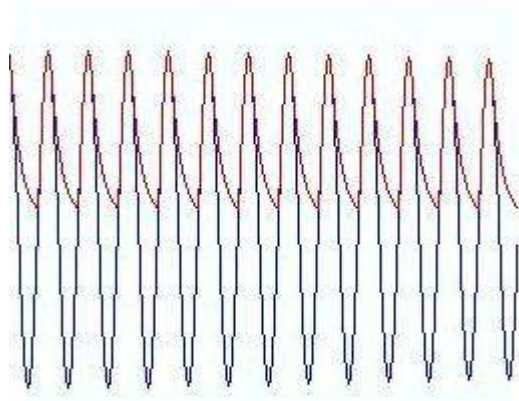
- 0,4µs
- 4µs

- 40 μ s
- 4ms

Question n° 12

Une tension modulée en amplitude par un signal sinusoïdal est appliquée à l'entrée d'un montage démodulateur détecteur de crêtes. On obtient l'ocillogramme représenté en visualisant simultanément les tensions d'entrée (en bleu) et de sortie (en rouge) du montage démodulateur .

La démodulation n'est pas correcte . La raison peut en être :



- on a oublié la diode de détection dans le montage démodulateur
- la tension de seuil de la diode utilisée est trop élevée
- la constante de temps du dipôle RC du montage démodulateur est du même ordre de grandeur ou plus petite que la période de la porteuse
- la constante de temps du dipôle RC du montage démodulateur est du même ordre de grandeur ou plus petite que la période du signal modulant (période des variations de l'amplitude).