BURHAN

Ondes électromagnétiques et modulation d'amplitude : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/ondes-electromagnetiques-et-modulation-d-amplitude/exercices/entrainement

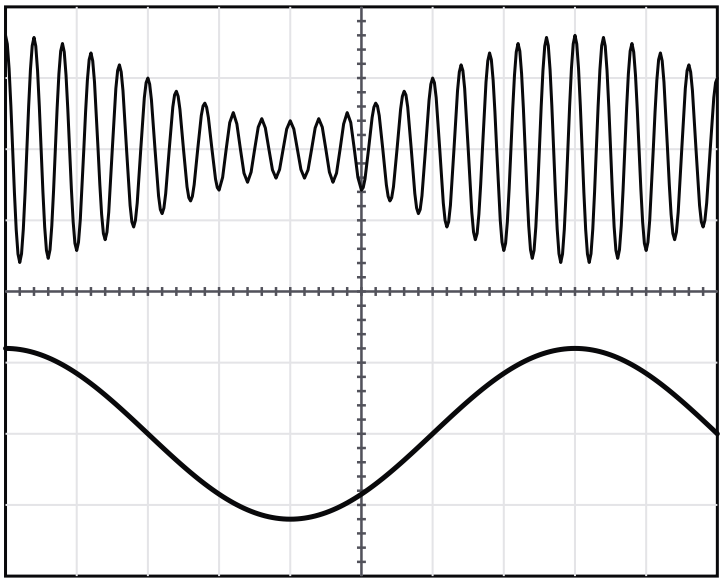
Chapitre	Palier	Exercices
Ondes électromagnétiques et modulation d'amplitude	Entraînement	7

Exercice 1

Montage de modulation et lecture des deux voies

Au laboratoire, on dispose de deux générateurs basses fréquences, d'une source de tension continue réglable, d'un multiplieur de constante $k = 0{,}25\ \mathrm{V}^{-1}$ et d'un oscilloscope à deux voies. La porteuse a pour amplitude $P_m = 4{,}0\ \mathrm{V}$.

Document. Voie 1 : tension $u_1 = U_0 + s(t)$, sensibilité $1\ \mathrm{V/div}$, zéro placé sur le bord inférieur de l'écran. Voie 2 : tension modulée u_s, sensibilité $2\ \mathrm{V/div}$, zéro placé deux divisions au-dessus de l'axe central. Balayage : $0{,}1\ \mathrm{ms/div}$.



Voie u_1 : 1 V/div, zéro 4 divisions au-dessous du centre — Voie u_s : 2 V/div, zéro 2 divisions au-dessus du centre
Balayage : 0,1 ms/div

Tension appliquée au multiplieur et tension modulée

1.

Proposer le montage qui permet d'obtenir ces deux courbes : rôle de chaque générateur et de la source continue, entrées du multiplieur, branchements des deux voies de l'oscilloscope.

INDICE

Outil : la tension u_1 est une somme de deux tensions. **Point délicat :** toutes les tensions sont mesurées par rapport à une même masse.

2.

À partir de la voie 1, déterminer la tension de décalage U_0 et l'amplitude S_m de la modulante.

INDICE

Début : lis les valeurs la plus grande et la plus petite de u_1, depuis son zéro. **Ensuite :** u_1 oscille autour de U_0.

3.

À partir de la voie 2, déterminer $U_{\max}$, $U_{\min}$, puis le taux de modulation m. Comparer à $\dfrac{S_m}{U_0}$.

INDICE

Outil : mesure l'enveloppe à partir du zéro de la voie 2, avec sa propre sensibilité.

4.

Calculer $A = k\,P_m\,U_0$ et vérifier ce résultat sur la voie 2.

INDICE

Outil : sur l'enveloppe, A est la moyenne des deux amplitudes extrêmes.

5.

Déterminer la fréquence f_s de la modulante et la fréquence F_p de la porteuse. La condition $F_p \gg f_s$ est-elle remplie ?

INDICE

Début : une période de u_1 occupe un nombre entier de divisions. **Ensuite :** compte les oscillations de u_s pendant cette période.

6.

Quelle condition la tension de décalage doit-elle respecter pour éviter la surmodulation avec cette modulante ?

INDICE

Outil : la condition d'absence de surmodulation, écrite avec U_0 et S_m.

Exercice 2

Influence de la tension de décalage sur le taux

Un club scientifique construit l'émetteur d'une radio scolaire. Le multiplieur a pour constante $k = 0{,}50\,\mathrm{V}^{-1}$, la porteuse a pour amplitude $P_m = 2{,}0\,\mathrm{V}$ et la modulante a pour amplitude $S_m = 1{,}8\,\mathrm{V}$. On change la tension de décalage U_0 et on relève les amplitudes extrêmes de la tension modulée.

Document. Relevés pour quatre tensions de décalage.

U_0 (V)	$U_{\max}$ (V)	$U_{\min}$ (V)
$1{,}5$	$3{,}3$	enveloppe déformée
$2{,}0$	$3{,}8$	$0{,}20$
$3{,}0$	$4{,}8$	$1{,}2$
$4{,}5$	$6{,}3$	$2{,}7$

1.

Sans surmodulation, $U_{\max} = A(1+m)$ et $U_{\min} = A(1-m)$. Montrer que $m = \dfrac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$.

INDICE

Début : cherche une combinaison des deux amplitudes où m disparaît, puis une autre où il reste.

2.

Calculer m pour les trois dernières lignes du tableau.

INDICE

Outil : la relation de la question 1, ligne par ligne.

3.

Vérifier que ces valeurs sont égales à $\dfrac{S_m}{U_0}$.

INDICE

Outil : l'expression du taux de modulation d'un multiplieur.

4.

Pour la première ligne du tableau, l'enveloppe est déformée. Expliquer ce constat par le calcul de m.

INDICE

Outil : compare le taux de modulation à 1.

5.

Le club veut un taux de modulation de $0{,}75$. Quelle tension de décalage faut-il choisir ? Calculer alors A, puis les amplitudes extrêmes attendues.

INDICE

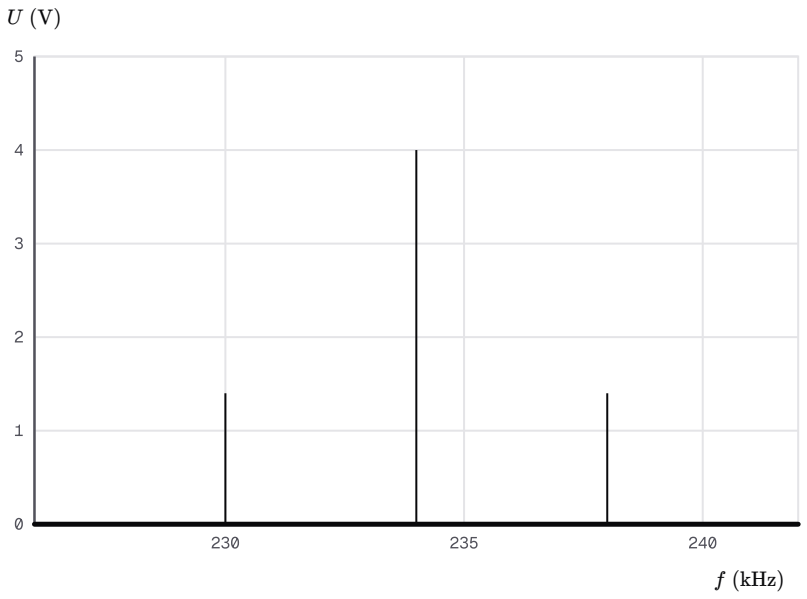
Début : isole U_0 dans l'expression du taux. **Ensuite :** reprends les expressions de $U_{\max}$ et de $U_{\min}$.

Exercice 3

Exploiter le spectre d'une station en grandes ondes

Un analyseur de spectre est branché à la sortie du modulateur d'une station fictive, Radio Tafilalet, qui émet en grandes ondes.

Document. Spectre de fréquences de la tension modulée u_s.



Spectre de la tension modulée de la station

1.

Lire la fréquence F_p de la porteuse et la fréquence f_s de la modulante.

INDICE

Outil : la raie centrale correspond à la porteuse ; l'écart entre deux raies voisines correspond à la modulante.

2.

Lire les hauteurs des raies et en déduire l'amplitude A et le taux de modulation m.

INDICE

Outil : la raie centrale a pour hauteur A, chaque raie latérale $\dfrac{m\,A}{2}$.

3.

Écrire l'expression de la tension modulée $u_s(t)$, en volts et en secondes.

INDICE

Outil : la forme $u_s(t) = A\,[1 + m\cos(2\pi f_s\,t)]\cos(2\pi F_p\,t)$, avec les fréquences en hertz.

4.

Quelle largeur de bande de fréquences la station occupe-t-elle ?

INDICE

Outil : l'écart entre les deux raies latérales.

5.

Une autre station fictive émet avec une porteuse de $243\,\mathrm{kHz}$ et module des sons de même fréquence maximale f_s. Les deux spectres se recouvrent-ils ? Quel écart minimal faut-il entre les deux porteuses ?

INDICE

Début : écris la bande occupée par chaque station. **Ensuite :** compare la borne haute de l'une à la borne basse de l'autre.

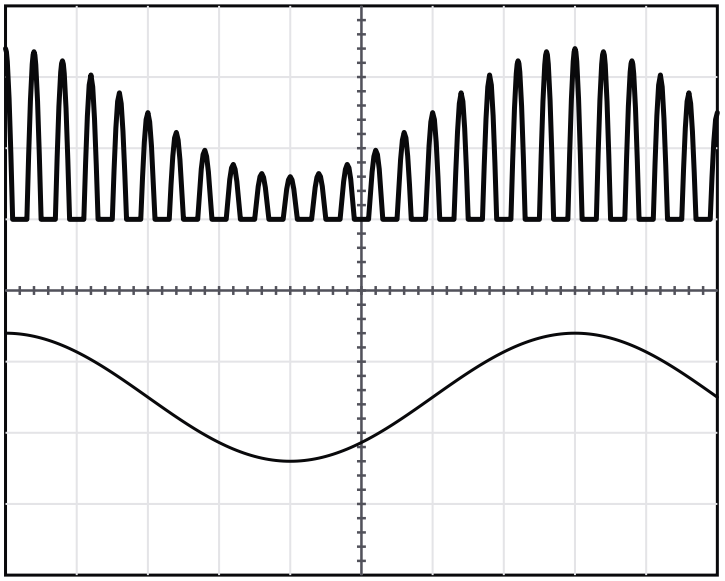
Exercice 4

Juger deux détecteurs d'enveloppe

Le récepteur d'une télécommande de portail reçoit une tension modulée de porteuse $F_p = 50\,\mathrm{kHz}$ et de modulante $f_s = 2{,}5\,\mathrm{kHz}$. Pour la détection, on associe une diode et un dipôle RC parallèle, avec $R = 33\,\mathrm{k\Omega}$. On essaie deux condensateurs : $C_1 = 0{,}10\,\mathrm{nF}$, puis $C_2 = 6{,}8\,\mathrm{nF}$.

Document. Les deux tensions détectées, sur le même écran : voie 1 à $1\,\mathrm{V/div}$, zéro une division au-dessus du centre ; voie 2 à $1\,\mathrm{V/div}$, zéro trois divisions au-dessous du centre ; balayage $0{,}05\,\mathrm{ms/div}$.

Chaque tracé est un modèle. Voie 1 : redressement simple, décharge du condensateur après chaque sommet non tracée. Voie 2 : enveloppe idéale, ondulations non tracées.



Voie u_{D1} : 1 V/div, zéro 1 division au-dessus du centre — Voie u_{D2} : 1 V/div, zéro 3 divisions au-dessous du centre
Balayage : 0,05 ms/div

Tensions détectées avec les deux condensateurs, modèles idéalisés

1.

Calculer la période T_p de la porteuse et la période T_s de la modulante.

INDICE

Outil : une période est l'inverse d'une fréquence, en hertz.

2.

Calculer la constante de temps de chaque détecteur.

INDICE

Point délicat : R en ohms et C en farads.

3.

Associer chaque voie de l'écran à un condensateur. Justifier à l'aide des constantes de temps.

INDICE

Outil : la condition d'une détection de bonne qualité. **Ensuite :** relie chaque cas à l'allure d'une voie.

4.

On remplace C_2 par un condensateur de $1{,}0\ \mu\mathrm{F}$. Prévoir l'allure de la tension détectée.

INDICE

Début : calcule la nouvelle constante de temps. **Ensuite :** compare-la à T_s.

5.

Lire, sur la voie 2, la composante continue de la tension détectée. Quel filtre faut-il placer ensuite, et que délivre-t-il ?

INDICE

Outil : la composante continue est la valeur autour de laquelle la voie 2 oscille.

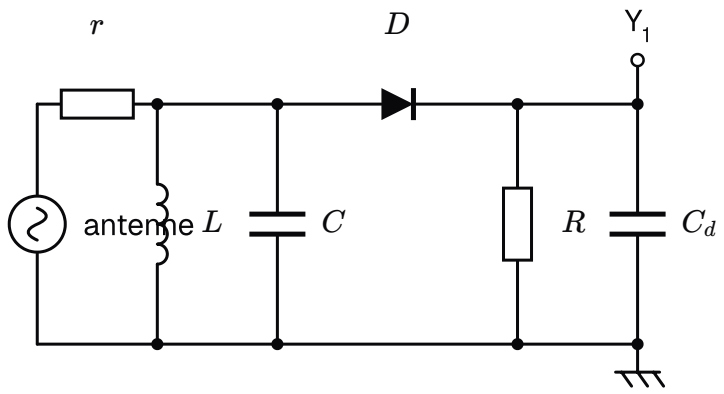
Exercice 5

Plage d'accord du récepteur d'un voilier

Le récepteur d'un voilier doit capter les bulletins de météo marine de trois émetteurs côtiers fictifs, de porteuses $171\,\mathrm{kHz}$, $252\,\mathrm{kHz}$ et $345\,\mathrm{kHz}$.

Son circuit d'accord associe une bobine d'inductance $L = 2{,}0\,\mathrm{mH}$ et un condensateur de capacité C réglable de $120\,\mathrm{pF}$ à $480\,\mathrm{pF}$. Le détecteur comporte une diode, un résistor $R = 47\,\mathrm{k\Omega}$ et un condensateur $C_d = 1{,}0\,\mathrm{nF}$.

Document. Schéma de l'étage de réception.



Étage de réception du poste du voilier ; le résistor r représente l'antenne et sa liaison

1.

Indiquer le rôle de l'antenne, du circuit formé par L et C, et de l'ensemble formé par la diode, R et C_d.

INDICE

Outil : les constituants d'un récepteur radio AM, dans l'ordre du schéma.

2.

Calculer les fréquences propres extrêmes du circuit bouchon.

INDICE

Début : écris f_0 pour chaque borne de la plage. **Point délicat :** la plus grande capacité donne la plus petite fréquence.

3.

Quels émetteurs le voilier peut-il capter ?

INDICE

Outil : compare chaque porteuse à la plage d'accord.

4.

Calculer la capacité à régler pour écouter l'émetteur de $252\,\mathrm{kHz}$.

INDICE

Outil : la condition d'accord $f_0 = F_p$, résolue pour C.

5.

Les bulletins contiennent des sons de fréquence au plus égale à $3{,}5\,\mathrm{kHz}$. Le détecteur convient-il pour l'émetteur de $252\,\mathrm{kHz}$?

INDICE

Début : calcule RC, T_p et la plus courte période T_s de la modulante. **Ensuite :** applique la condition de détection.

Exercice 6

Pourquoi un talkie-walkie module sa voix

Deux randonneurs communiquent avec des talkies-walkies distants de $3{,}6\,\mathrm{km}$. On admet qu'une antenne efficace mesure environ le quart de la longueur d'onde de l'onde émise. On prend $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Document. Fréquences en jeu.

Signal	Fréquence
voix (son aigu)	$1{,}7\,\mathrm{kHz}$
porteuse	$27{,}0\,\mathrm{MHz}$

1.

Si l'on émettait directement une onde électromagnétique de la fréquence du son, quelle longueur d'antenne faudrait-il ?

INDICE

Début : calcule la longueur d'onde associée. **Ensuite :** prends-en le quart.

2.

Calculer la longueur d'antenne adaptée à la porteuse.

INDICE

Outil : la même démarche, avec la fréquence de la porteuse en hertz.

3.

Calculer la durée de propagation de l'onde d'un talkie-walkie à l'autre.

INDICE

Outil : la durée de propagation à la célérité c, distance en mètres.

4.

Donner une autre raison de confier la voix à une porteuse de haute fréquence.

INDICE

Outil : pense à ce qui arriverait si tous les talkies-walkies de la région émettaient la voix directement.

5.

La liaison entre les deux talkies-walkies est une chaîne de transmission. Associer chacune de ses quatre opérations, codage, émission, propagation et décodage, à un élément de la liaison.

INDICE

Outil : suis le message de la bouche du premier randonneur jusqu'à l'oreille du second.

6.

Le courant dans l'antenne du premier appareil varie à la fréquence de la porteuse. Quelle est la fréquence de l'onde émise ? Quelle est la fréquence de la tension que cette onde crée dans l'antenne du second appareil ?

INDICE

Outil : les propriétés d'une antenne émettrice et d'une antenne réceptrice.

Exercice 7

Chaîne de modulation et de démodulation au laboratoire

Au laboratoire, des élèves réalisent toute la chaîne : modulation par un multiplieur, puis démodulation par une diode, un dipôle RC parallèle et un filtre passe-haut.

Document. Matériel retenu.

Élément	Valeur
porteuse	$80\,\text{kHz}$
modulante	$4{,}0\,\text{kHz}$
résistor du détecteur	$10\,\text{k}\Omega$
condensateurs	$1{,}5\,\text{nF}$; $15\,\text{nF}$; $150\,\text{nF}$

1.

La condition sur les fréquences d'une modulation de bonne qualité est-elle remplie ?

INDICE

Outil : compare la fréquence de la porteuse à celle de la modulante.

2.

Donner, dans l'ordre, les étapes que subit la tension modulée dans la partie démodulation.

INDICE

Outil : les deux étapes de la démodulation d'amplitude.

3.

Quel condensateur faut-il associer au résistor du détecteur ? Justifier par le calcul.

INDICE

Début : calcule T_p, T_s et les trois constantes de temps. **Ensuite :** applique la condition de détection.

4.

Comment brancher l'oscilloscope pour vérifier que le message restitué a la forme et la fréquence de la modulante ?

INDICE

Outil : compare simultanément deux tensions, avec une masse commune.