3 - Traitement non linéaire du signal

Pour réviser le cours

EXERCICE 1 Montage redresseur (⋆)

La diode D est idéale, avec une tension de seuil $U_0 \simeq 0$ V. Le seul défaut de l'A.L.I. pris en compte est son gain fini $\mu \simeq 10^5$. Déterminer la fonction de transfert du montage de la *Figure 1*. Soit $u = f(u_e)$.

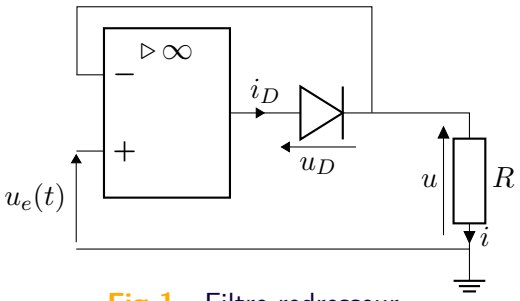


Fig 1. Filtre redresseur.

1. Si $u_e = U_M \sin(\omega t)$ avec $U_M \simeq 0,04$ V. Déterminer l'expression de $u(t)$. Conclusion ?

EXERCICE 2 Démodulation synchrone (⋆)

On considère un signal électrique reçu par ondes radio de la forme $v_e(t) = A(t)\cos(2\pi f_\text{p} t)$ avec $A(t) = A\cos(2\pi f_\text{m} t)$, $f_\text{p} \simeq 100$ kHz est la fréquence porteuse et $f_\text{m} \simeq 2,00$ kHz la fréquence modulante.

1. Représenter le spectre du signal v_e.
2. On démodule ce signal avec un montage de détection synchrone de la *Figure 2*. On prend $v_0(t) = V_0\cos(2\pi f_\text{p} t)$.

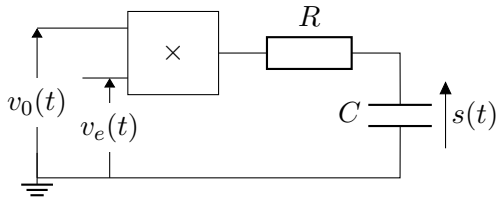


Fig 2. Montage de détection synchrone.

   a. Représenter le spectre du signal avant de passer dans le filtre RC, et après être passé dans le filtre RC : $s(t)$.
   b. Quelle condition doit-on vérifier sur R et C pour récupérer en sortie $(s(t))$ une image de $A(t)$?

3. Dans le cas où $A(t)$ occupe une bande de fréquence $f \in [f_{\text{m}_1}; f_{\text{m}_2}]$, représenter le spectre du signal modulé $v_e(t)$, celui du signal démodulé $v_e(t) \times v_0(t)$ et celui $(s(t))$ récupéré en sortie du montage de détection synchrone.

L'essentiel

EXERCICE 3 Pont de Graetz (⋆)

Afin de redresser certains signaux alternatifs, on utilise un pont de diodes appelé *pont de Graetz* dont le schéma est reproduit en *Figure 3*.

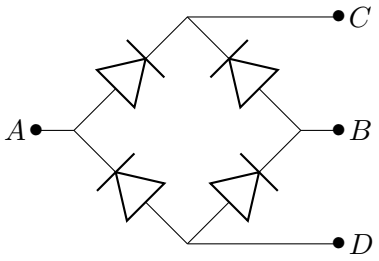


Fig 3. Pont de Graetz

1. Pour une tension d'entrée :

$$U_{AB} = V_A - V_B = a\cos(\omega t)$$

quelle est la tension $U_{CD} = V_C - V_D$ obtenue ?

EXERCICE 4 Signal émis par une antenne (⋆⋆)

On considère le montage de la *Figure 4* avec $v_m(t) = V_m\cos(\omega_m t)$. Ce signal module la porteuse $v_p(t) = V_p\cos(\omega_p t)$ avec $\omega_p \gg \omega_m$.

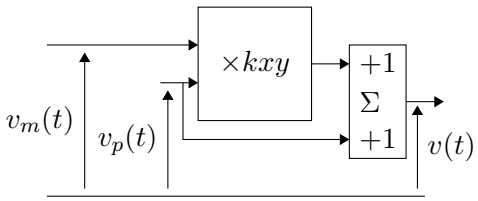


Fig 4. Montage de modulation.

1. On module le signal à l'aide d'un multiplieur de gain k et d'un additionneur. Montrer que :

$$v(t) = V_p\left(1 + m\cos(\omega_m t)\right)\cos(\omega_p t)$$

avec m l'indice de modulation que l'on explicitera.

2. Quels sont les modes de l'oscilloscope utilisés pour réaliser chacun des oscillogrammes représentés en *Figure 5* ? Exprimer et calculer m en fonction de $V_1 = 2,00$ V et $V_2 \simeq 18,0$ V.

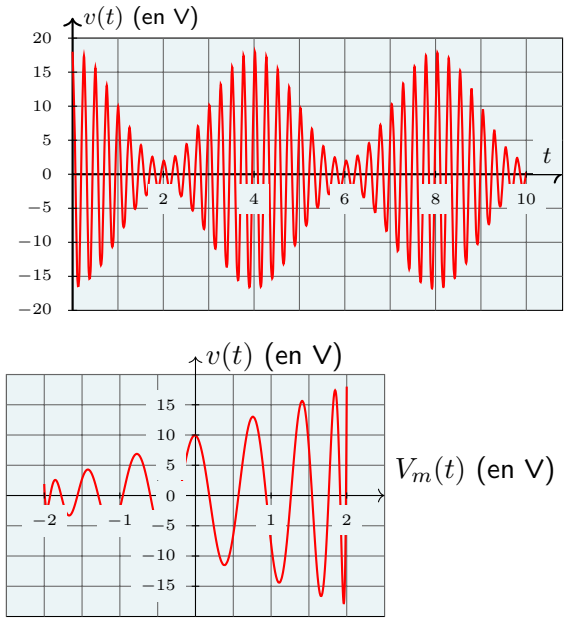


Fig 5. Signal observé à l'oscilloscope.

3. Déterminer et représenter le spectre de fréquences du signal modulé $v(t)$. En déduire la largeur du spectre de fréquences nécessaire à la transmission d'un signal sinusoïdal de fréquence f_m.
4. En l'absence de modulation ($m = 0$), la puissance rayonnée par l'antenne est $\mathcal{P} \simeq 2100$ kW . Quelle puissance $\mathcal{P}_t$ rayonne cette antenne quand l'indice de modulation m a la valeur calculée à la question 2 ?

   NB : En régime sinusoïdal, la puissance de rayonnement d'une antenne est proportionnelle à la moyenne du carré du potentiel électrique de cette antenne.
5. Plus généralement, le signal de modulation occupe une plage de fréquences $[f_{m_1}, f_{m_2}]$ comme représenté en *Figure 6*. Représenter le spectre de fréquences du signal modulé.

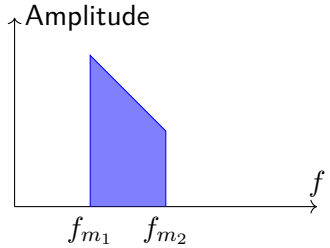


Fig 6. Plage spectrale du signal.

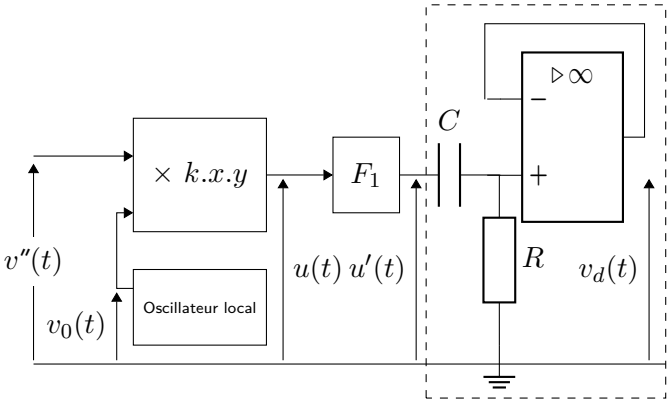
En radiodiffusion $f_{m_1} \simeq 300$ Hz et $f_{m_2} \simeq 4,50$ kHz, quelle est la largeur de la plage de fréquences occupée par le signal modulé ? Quel écart minimal de fréquence Δf_{min} doit-il exister entre les fréquences des porteuses de deux émetteurs pour que leurs émissions ne soit pas mutuellement brouillées ?

EXERCICE 5 Réception d'un signal (⋆⋆)

On considère un signal d'entrée :

$$v(t) = V_p\,(1 + m\cos(\omega_m t))\cos(\omega_p t)$$

avec V_p maintenu constant. Ce dernier signal est ensuite démodulé. On note $v_d(t)$ le signal démodulé, image du signal de modulation $v_m(t) = V_m \cos(\omega_m t)$. Le démodulateur comprend un oscillateur local délivrant un signal $v_0(t) = V_0 \cos(\omega_p t)$ synchrone de la porteuse, un multiplieur de gain k, un filtre passe-bas F_1 idéal d'amplification $K_1 = 1$ pour $f \leq f_p$ et un filtre F_2 dont l'A.L.I. est idéal.



1. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H_2}(j\omega)$ du filtre F_2 . Quel est le type de ce filtre ? Quelle est l'amplification K_2 de ce filtre en bande passante ? Calculer R pour avoir une fréquence de coupure à $\frac{f_{m_1}}{10}$ sachant que $C \simeq 100$ nF et $f_{m_1} \simeq 300$ Hz. Quel est le rôle de l'A.L.I. ? Tracer le diagramme de Bode de F_2.
2. Établir l'expression de $v_d(t)$ à la sortie du filtre F_2.
3. On isole la composante continue U du signal $u(t)$ en utilisant les signaux délivrés par F_1 et F_2. Exprimer U. Quel renseignement nous fournit cette composante continue et à quoi peut-on l'utiliser ?

Traitement numérique

.

EXERCICE 6 Échantillonnage d'un son (⋆)

On cherche à enregistrer un son dans la gamme des fréquences audibles. Pour cela, on utilise un échantillonneur numérique qui, d'un point de vue mathématique, multiplie le signal sonore $s(t)$ par un « peigne de Dirac » de période $T_e = \frac{1}{f_e}$ représenté en *Figure 7*. La numérisation consiste donc à réaliser une modulation d'un signal $s(t)$ par un peigne de Dirac $\text{III}_{T_e}(t)$.

Document sous licence Creative Commons « Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 3.0 non transposé (CC BY-NC 3.0) ».
Pour plus d'informations : creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/

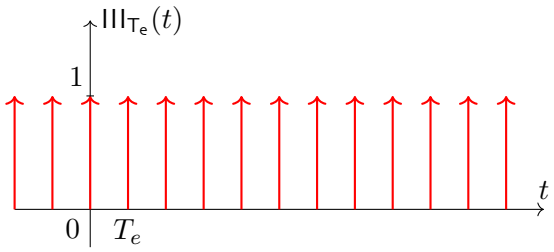


Fig 7. Peigne de DIRAC.

1. Le peigne de DIRAC étant une sorte de fonction périodique de moyenne non nulle, proposer une décomposition en série de FOURIER pour la fonction $\text{Ш}_{T_e}(t)$. On ne cherchera pas à calculer la valeur des coefficients de la série.
2. En déduire l'allure qualitative du spectre en fréquence de $\underline{\text{Ш}_{f_e}}(f)$.
3. Rappeler la gamme des fréquences audibles (en Hz) que l'on doit pouvoir enregistrer.
4. Représenter le spectre du signal $s(t)$ ainsi que le spectre du signal modulé $s(t) \times \text{Ш}_{T_e}(t)$ correspondant.
5. En déduire un critère qui permet de numériser le signal sans recouvrement sur toute la plage de fréquences audibles. Comment s'appelle ce critère ?
6. La numérisation d'un signal se fait généralement à la fréquence d'échantillonnage $f_e = 44,1$ kHz. Le critère énoncé précédemment est-il respecté ?

.

EXERCICE 7 Son d'un CD (⋆)

1. La fréquence d'échantillonnage standard pour un CD audio est de $44,1$ kHz. Commenter la gamme de fréquence accessible.
2. La quantification du signal électrique qui contient l'information sonore s'effectue de manière standard sur 16 bits. Combien y a-t-il de niveaux de quantification ?
3. Quelle est la durée maximale d'enregistrement disponible sur un CD audio dont la capacité de stockage est de 650 Mo.
4. Lors de l'enregistrement, un bruit est présent à 50 kHz. Quel est le risque et comment s'en affranchir ?

.

EXERCICE 8 Transfert d'image (⋆)

L'écran d'un oscilloscope numérique a une résolution de 512×280 px. L'image est monochrome (deux couleurs).

1. Combien de bit(s) faut-il pour coder la couleur d'un pixel ?
2. En déduire la taille mémoire de l'image (en octets).
3. On relie l'oscilloscope à un ordinateur via un câble d'interface RS-232. Le taux de transfert est de 9600 bps (bits par seconde). En déduire la durée du transfert de l'image de l'oscilloscope vers l'ordinateur.

Document sous licence Creative Commons « Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 3.0 non transposé (CC BY-NC 3.0) ».
Pour plus d'informations : creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/