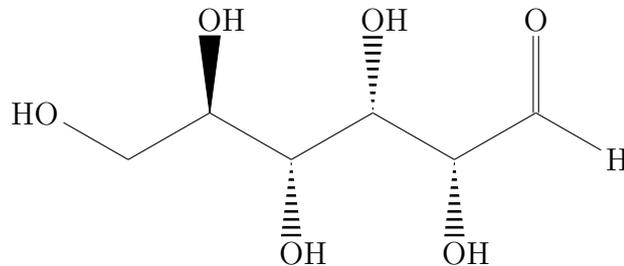


Exercice 1 : Forces intermoléculaires

- Préciser les forces de Van der Waals existant dans les composés suivants :
 - hélium gazeux $\text{He}_{(g)}$;
 - fluorure d'hydrogène HF ;
 - diiode $\text{I}_{2(g)}$.
- Pourquoi H_2O est-elle un liquide alors que H_2S est un gaz ?
- Pourquoi CH_4 ne présente-t-il pas de liaisons hydrogène ?
- Le chlorure de potassium est-il soluble dans le benzène ? Mêmes questions pour le diiode I_2 et le glucose (dans le benzène).

On donne pour le benzène $\varepsilon_r = 2,3$. La structure du glucose est :

**Exercice 2 : Parabole de sûreté**

On s'intéresse au mouvement de chute libre d'un projectile ponctuel P de masse m , lancé à $t = 0$ depuis le point O à la vitesse v_0 dans une direction faisant un angle α avec l'horizontale. L'intensité du champ de pesanteur est constante et notée g . On se dote du plan (Oxz) pour définir le mouvement, de sorte que $\vec{g} = -g\vec{u}_z$.

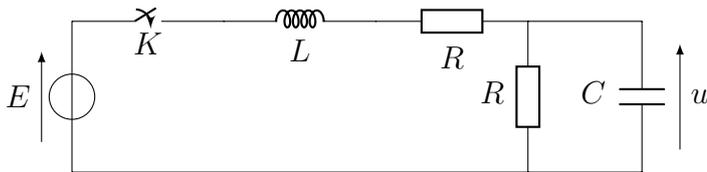
- Calculer à l'instant t , les coordonnées du point P. En déduire l'équation de la trajectoire.
- Déterminer la portée maximale du tir quand on fait varier l'angle en gardant la norme du vecteur vitesse constante.
- Déterminer l'altitude maximale qui peut être atteinte par le tir, toujours à vitesse constante.
- Pour un point $M = (x, z)$, déterminer une condition pour que la trajectoire passe par ce point (on pourra raisonner sur un polynôme en $\tan \alpha$). En déduire que l'ensemble des points est située sous la courbe d'équation :

$$z = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2}x^2$$

Indice : $\frac{1}{\cos^2} = 1 + \tan^2$.

Exercice 3 : Circuit du second ordre

Dans le circuit ci-dessous, on a $\frac{L}{R} = RC = \tau$.



1. Montrer que :

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{2}{\tau} \frac{du}{dt} + \frac{2}{\tau^2} u = \frac{E}{\tau^2}$$

2. On ferme l'interrupteur K à $t = 0$ et le condensateur est initialement déchargé. Déterminer $u(t)$ en fonction de t et τ .

Exercice 4 : Modulation et démodulation

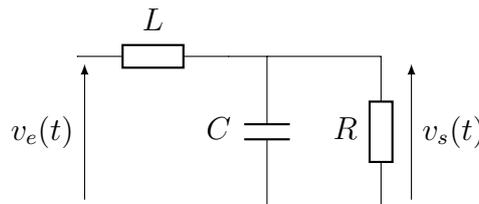
Données.

- Vitesse de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- Relation trigonométrique :

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2}$$

4.1 Étude d'un filtre

On considère le filtre représenté ci-dessous :



La tension d'entrée est fournie par un générateur et s'écrit $v_e(t) = V_{em} \cos(\omega t + \varphi_e)$ où V_{em} est la valeur maximale et ω la pulsation. La tension de sortie est alors notée $v_s(t) = V_{sm} \cos(\omega t + \varphi_s)$. L'étude du filtre sera menée en utilisant la notation complexe : on notera $\underline{v}_e(t)$ et $\underline{v}_s(t)$ les signaux complexes associés à $v_e(t)$ et $v_s(t)$, et \underline{V}_{em} et \underline{V}_{sm} les amplitudes complexes correspondantes.

Analyse qualitative

1. Représenter le circuit en basse fréquences et indiquer la valeur de $v_s(t)$ dans ce cas.
2. Faire de même pour les hautes fréquences.
3. Quelle est alors la nature de ce filtre ?

Analyse quantitative

4. Montrer que la fonction de transfert complexe de ce filtre s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + 2j\lambda \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

On précisera les expressions de H_0 , λ et ω_0 en fonction des paramètres des composants du circuit. Vérifier la concordance avec l'analyse qualitative.

5. Comment s'exprime l'amplitude V_{sm} du signal de sortie en fonction de $|\underline{H}|$ et de l'amplitude V_{em} du signal d'entrée ?
6. Comment s'exprime la phase φ_s du signal de sortie en fonction de l'argument φ de \underline{H} et de la phase φ_e du signal d'entrée ?

Dans toute la suite, on ajuste les composantes du circuit pour avoir $\lambda = 1/\sqrt{2}$.

7. Montrer que :

$$|H| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4}}$$

8. Tracer sur votre copie le diagramme de Bode en gain de ce filtre. On fera apparaître les asymptotes en haute et basse fréquences ainsi que la pulsation de coupure à -3 dB.
9. Combien vaut le déphasage entre la sortie et l'entrée du filtre à basse fréquence ?

4.2 Modulation d'amplitude

Il est fréquent qu'un signal se présente sous une forme inadaptée à sa transmission ou à son traitement. La modulation est le procédé permettant de transposer les caractéristiques de ce signal dans des domaines de fréquences où la propagation et le traitement sont possibles. La démodulation est l'opération inverse.

On s'intéresse ici aux signaux hertziens audio (ondes électromagnétiques) qui s'étalent sur la plage de fréquence $f_{m1} = 300 \text{ Hz} \leq f_m \leq f_{m2} = 4,5 \text{ kHz}$. Ces signaux correspondent à la conversion de signaux sonores de même fréquence audible par notre oreille qui peut percevoir ordinairement des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz.

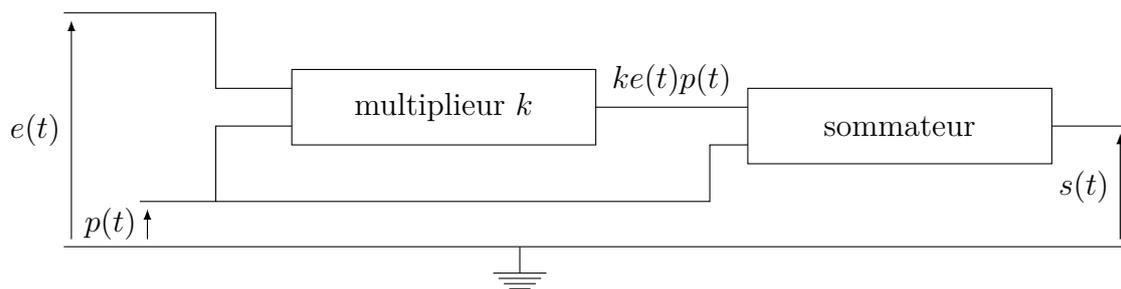
D'autre part, on peut montrer que la réception d'une onde électromagnétique nécessite une antenne dont la dimension caractéristique est une demi-longueur d'onde.

10. Quelle devrait être la taille d'une antenne permettant la réception des ondes considérés ? Cela vous semble-t-il réalisable ?

Le signal à transporter est appelé signal modulant. Les méthodes de modulation sont élaborées à partir d'une onde sinusoïdale pure, appelée porteuse ou signal porteur. Le résultat de la combinaison de ces deux signaux s'appelle signal modulé. Le signal modulant est noté $e(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$ et le signal porteur $p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$, où f_m est la fréquence du signal modulant et f_p la fréquence du signal porteur. Le signal modulé en amplitude est un signal de la forme :

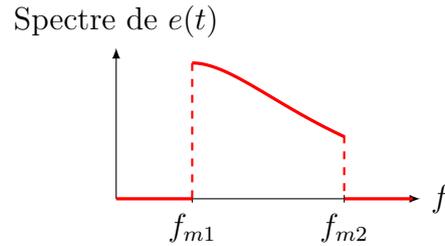
$$s(t) = A_p \cos(2\pi f_p t) (1 + m \cos(2\pi f_m t))$$

où m est un réel strictement positif. Dans toute la suite, on considère $m < 1$. Ce signal modulé a été obtenu en réalisant les opérations représentées dans le schéma bloc de la figure ci-dessous.



11. Un multiplieur est un composant qui prend en entrée deux tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ et renvoie en sortie la tension $ku_1(t)u_2(t)$. Quelle est l'unité de k ?
12. Un sommateur est un composant qui prend en entrée deux tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ et renvoie en sortie la tension $u_1(t) + u_2(t)$. Montrer que le schéma-bloc ci-dessus permet effectivement d'obtenir le signal modulé. Donner l'expression de m en fonction de la constante de multiplication k et de A_m .
13. Réécrire le signal en le linéarisant (c'est-à-dire en le mettant sous la forme d'une somme de cosinus). Quelles fréquences contient ce signal ?
14. Représenter l'allure de son spectre.

En pratique, on utilise un signal modulant qui est une somme de signaux sinusoïdaux qui encombrant la plage de fréquence $f_{m1} = 300 \text{ Hz} \leq f_m \leq f_{m2} = 4,5 \text{ kHz}$. Schématiquement, l'allure du spectre du signal modulant est la suivante :



La porteuse utilisée est de fréquence $f_p = 185 \text{ kHz}$.

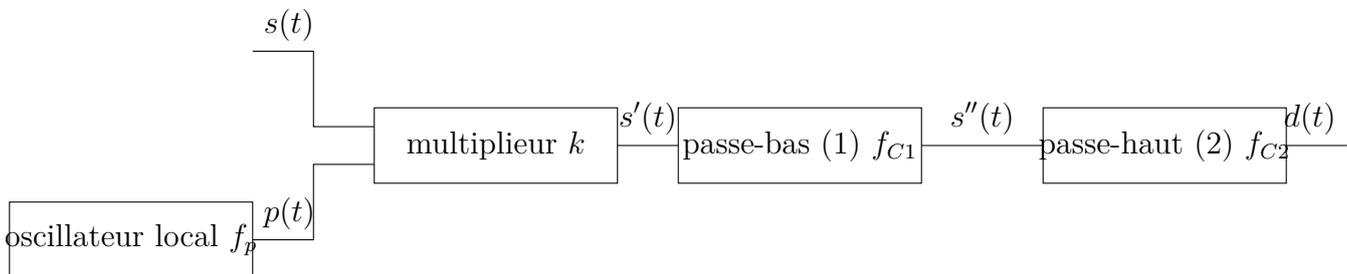
15. Représenter l'allure du spectre du signal modulé.
16. Commenter l'intérêt de l'utilisation d'une autre fréquence si l'on veut émettre plusieurs ondes radios émanant de plusieurs stations. Quel doit être l'intervalle minimal séparant les fréquences de deux radios différentes ?

4.3 Démodulation synchrone

Le signal modulé qui est détecté par le récepteur est noté $s(t) = A_p \cos(2\pi f_p t) (1 + m \cos(2\pi f_m t))$ (on considère que le signal modulant ne contient qu'une fréquence).

On suppose que l'on dispose, à la réception de ce signal, d'un générateur délivrant un signal $p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$ identique au signal porteur utilisé lors de l'émission. La figure ci-dessous représente le principe de fonctionnement du circuit de démodulation situé en sortie de l'antenne réceptrice. Pour la lisibilité du schéma, on omet de représenter la masse. Les valeurs indiqués dans le schéma-bloc désigne les tensions par rapport à la masse du circuit.

Le filtre passe-bas (1) a une fréquence de coupure f_{C1} telle que $f_m < f_{C1} < f_p$ et le filtre passe-haut (2) une fréquence de coupure $f_{C2} < f_m$.



17. Donner l'expression du signal $s'(t)$ obtenu à la sortie du multiplieur. Le linéariser et représenter son spectre.
18. On souhaite utiliser le filtre étudié au début de cet exercice à la place du filtre (1). Le cahier des charges impose une atténuation de 80 dB pour les signaux de fréquences $2f_p$ par rapport aux signaux de fréquence f_0 . Justifier cette contrainte et calculer ω_0 et L pour respecter le cahier des charges. On prendra $C = 10 \text{ nF}$ et $f_p = 185 \text{ kHz}$.
19. On cherche à recréer le filtre passe-haut (2) uniquement avec une résistance R' et un condensateur $C' = 100 \text{ nF}$. Proposer un montage correspondant en précisant les tensions en entrée et en sortie. On le justifiera par une étude basses et hautes fréquences.
20. Donner sans démonstration la fréquence de coupure du filtre passe-haut proposé.
21. Proposer une valeur numérique vraisemblable pour la résistance, compte tenue de la valeur de la capacité C' du condensateur.

Dans la suite, on supposera pour simplifier que les filtres (1) et (2) sont parfaits, c'est-à-dire que chaque filtre admet un gain de 1 pour des fréquences inférieures à sa fréquence de coupure et un gain nul pour toute fréquence supérieure à sa fréquence de coupure.

22. Déterminer l'expression du signal $s''(t)$, puis $d(t)$.