DM1 - Pour le vendredi 13 septembre 2024

I. Électronique de réception

Grâce à des lanceurs comme Ariane V, il est possible de placer sur orbite géostationnaire des satellites de communications de plus de cinq tonnes. Ces satellites assurent la transmission de données, des communications téléphoniques et des programmes de télévision. L'information est véhiculée par des ondes porteuses dans des bandes de fréquences bien définies. Les communications entre satellites et avec la Terre sont assurées par des systèmes actifs, possédant leur propre équipement d'émission et de réception de signaux.

Pour la transmission de messages, le principe de la modulation d'amplitude ou de fréquence d'une tension $v_p(t)$ (la porteuse) de fréquence élevée est souvent utilisé. Le message à transmettre est représenté par une tension $v_m(t)$ (le signal modulant) qui s'ajoute à la porteuse. Lorsque la somme de ces deux signaux est reçue, soit par le satellite, soit sur la Terre, il faut alors la démoduler, c'est-à-dire extraire la tension $v_m(t)$.

Cette partie étudiera quelques montages utilisés lors de la détection.

A / MODÈLES ÉQUIVALENTS D'UN CONDENSATEUR RÉEL

Un condensateur réel peut se représenter par des modèles équivalents, un modèle parallèle (figure 4) et un modèle série (figure 5). Un condensateur réel ($C_{réel}$) dont la capacité C est de 1 μF est chargé sous une tension initiale U_0 = 5 V. La tension à ses bornes est mesurée grâce à un voltmètre de résistance interne R_Ω = 10 MΩ. Le relevé de la tension lors de la décharge est celui de la figure 4.

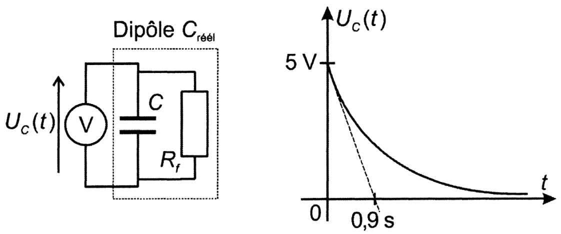


Figure 4

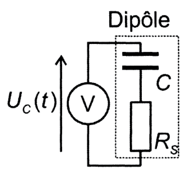


Figure 5

Le condensateur réel est, avec une très bonne approximation, presque parfait (capacité pure).

A1. A partir de l'observation du relevé expérimental (figure 4), évaluer R_f.

A2. À partir de cette même courbe, montrer que le modèle série (figure 5) n'est pas envisageable dans ce cas.

B / ÉTUDE D'UN FILTRE SIMPLIFIÉ

Le premier étage de la chaîne de démodulation est modélisé par le schéma de la figure 6. La résistance traduisant les imperfections de la bobine et du condensateur est notée r'. Pour simplifier les calculs, choisissons de prendre $r = r'$.

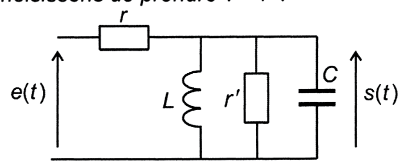


Figure 6

B1. Déterminer la fonction de transfert de ce quadripôle, écrite sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{H_0}{1 + jQ\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$. Identifier les expressions de H_0, ω_0 et Q. Tracer l'allure du module de $\underline{H}(j\omega)$ en fonction de ω. Quelle est la nature de ce filtre ?
Calculer les valeurs de ces grandeurs pour C = 1 μF, L = 100 mH et r = 1 MΩ.

La courbe précédente peut être modélisée par la fonction suivante (figure 7) :

$$\begin{cases} |H(j\omega)| = \dfrac{H_0}{2\Delta\omega}\omega + s_1 \quad \text{pour} \quad \omega_0 - 2\Delta\omega < \omega < \omega_0 \\ |H(j\omega)| = -\dfrac{H_0}{2\Delta\omega}\omega + s_2 \quad \text{pour} \quad \omega_0 < \omega < \omega_0 + 2\Delta\omega \end{cases}$$

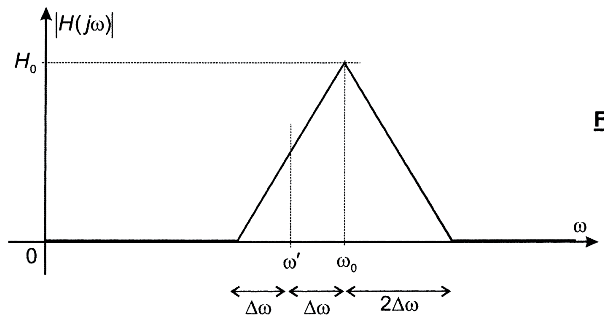


Figure 7

La pulsation ω' est définie par : $\omega' = \omega_0 - \Delta\omega$.

B2. Exprimer les constantes s_1 et s_2 en fonction de H_0, ω_0 et $\Delta\omega$.

Le satellite émet un signal de fréquence variable $e(t) = e_0 \cos\omega(t)$ *avec* $\omega(t) = \Omega_0 \cos\Omega t + \omega'$ *(figure 7) et* $\Omega_0 < \Delta\omega$.

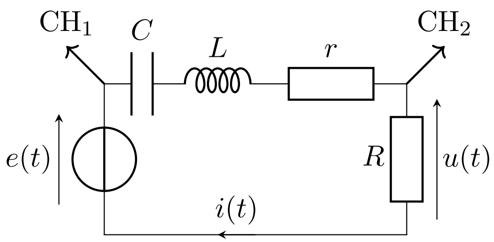
B3. Comment varie l'amplitude, notée $s_0(t)$, du signal de sortie $s(t)$?
Expliquer l'intérêt d'un tel montage.

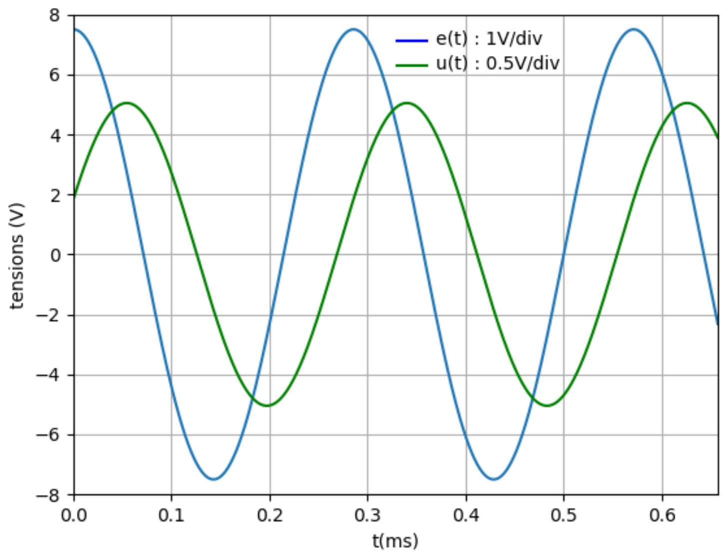
II. Résolution de problème

On alimente le circuit ci-dessous avec une tension sinusoïdale $e(t) = E_0\cos(2\pi f t)$ délivrée par un GBF et on note $i(t) = I_0\cos(2\pi f t + \varphi)$ l'intensité du courant dans le circuit. On branche la voie 1 de l'oscilloscope aux bornes du GBF et la voie 2 aux bornes de R. Les courbes observées sont données ci-dessous. Dans l'expérience réalisée, on a pris :

$$\mathrm{R} = 90\ \Omega \quad \text{et} \quad C = 100\ \mathrm{nF}$$

L et r représentent respectivement l'inductance et la résistance d'une bobine réelle.





1. Déterminer L et r.
2. Peut-on visualiser directement la tension u_L aux bornes de la bobine sur l'oscilloscope à l'aide ce ce montage ?

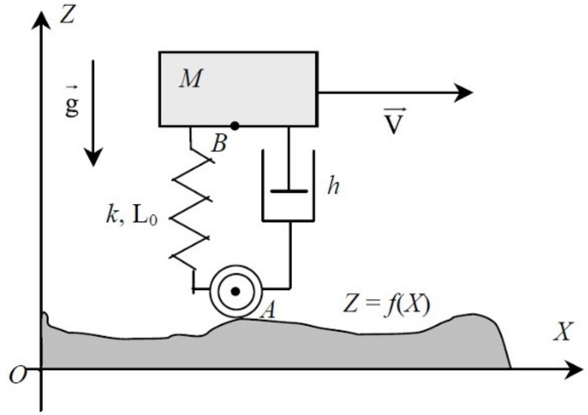
III. Amortisseur de véhicule

Le référentiel terrestre est supposé galiléen et il est muni du repère d'espace $(OXYZ)$.

Une remorque de masse M est tirée par un véhicule roulant à une vitesse horizontale et constante $\overrightarrow{V} = V\,\overrightarrow{u_x}$. Ce véhicule n'exerce sur celle-ci aucune force verticale. La remorque repose sur une roulette A de rayon négligeable par l'intermédiaire d'un amortisseur. Celui-ci relie donc la remorque à la roue : il se comporte comme un ressort de raideur K et de longueur à vide L_0 et exerce en outre sur la remorque une force de frottement fluide proportionnelle à la vitesse relative de B par rapport à A :

$$\overrightarrow{f} = -h\,(\overrightarrow{V_B} - \overrightarrow{V_A})$$

On suppose que la suspension reste toujours verticale. Le profil de la route est décrit, de manière générale, par une fonction $Z = f(X)$.



1) La route est supposée horizontale ($Z = 0$). Quelle est alors la longueur $AB = L_{\text{éq}}$ lorsque B n'a pas de mouvement vertical ? Dans la suite, on posera :

$$\overrightarrow{OB} = V t\,\overrightarrow{u_x} + (L_{\text{éq}} + z)\,\overrightarrow{u_z}$$

2) La route possède maintenant un profil sinusoïdal décrit par la fonction : $Z(X) = A_m \cos(2\pi X/\lambda)$ où $A_m > 0$ et $\lambda > 0$ sont deux constantes.

a) Que représente la grandeur λ ? Déterminer la cote $z_A(t)$ du centre de la roue A en fonction du temps.

b) Établir l'équation différentielle du seconde ordre à laquelle obéit $z(t)$ dans le référentiel terrestre. Pour simplifier l'écriture on posera $\omega_0^2 = K/M$ et $\omega_0/Q = h/M$ et on fera apparaître au second membre les termes d'excitation $z_A(t)$ et $\dot{z}_A(t)$. La pulsation apparaissant dans ces termes sera notée ω.

3) a) Dans le cadre du régime sinusoïdal forcé, on pose $z(t) = Z_m \cos(\omega t + \varphi)$. En utilisant la notation complexe et en introduisant les grandeurs : $\underline{z}_A(t) = A_m \exp(j\omega t)$ et $\underline{z}(t) = Z_m \exp(j\omega t + \varphi)$, déterminer la fonction de transfert mécanique $\underline{H} = \underline{z}/\underline{z}_A$.

b) Les paramètres sont ajustés de sorte que le régime libre corresponde à un régime critique. Que vaut Q ? Tracer dans ce cas particulier la courbe donnant l'amplitude de la réponse Z_m en fonction de ω.

c) Dans une scène du film "Le salaire de la peur" de Henri-Georges Clouzot (sorti en 1953), un camion transportant de la nitroglycérine (qui explose lorsqu'elle est secouée) s'apprête à rouler sur un sol ondulé. Le conducteur explique qu'il faut rouler soit très lentement, soit très rapidement. Justifier.