O 9

Électricité

9.1 Énoncés

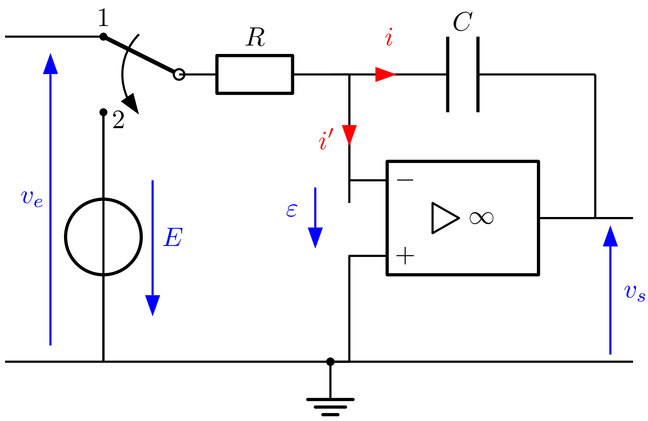
► Exercice 9.1 : Questions de cours

1. Indiquer les relations imposées par le fait qu'un amplificateur linéaire intégré (ALI ou Ampli-Op) soit considéré comme idéal et tracer sa caractéristique.
2. Définir la bande passante à $-3\,dB$ d'un filtre (relations pour G_{dB} et $\underline{H}$).
3. Indiquer le comportement d'un condensateur de capacité C et d'une bobine d'inductance L lorsque la pulsation ω tend vers 0 et ∞.

► Exercice 9.2 : Régime transitoire

On réalise le circuit ci-contre, avec un amplificateur linéaire intégré utilisé en régime linéaire :

$v_s = A\,\varepsilon$ avec $A \gg 1$ et $i' = 0$.



1. L'interrupteur K étant dans la position 1, montrer que :

$$v_e = f\left(R, C, A, v_s, \frac{dv_s}{dt}\right)$$

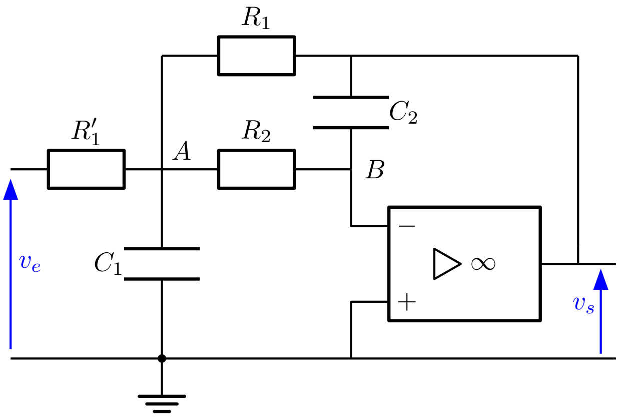
et déterminer la fonction f.

2. À partir de l'instant $t = 0$, l'interrupteur K est dans la position 1 pendant la durée t_1, puis dans la position 2 pendant la durée t_2 avec $v_s\,(t = 0) = 0$ et $v_s\,(t = t_1 + t_2) = 0$. Les tensions v_e et E sont constantes.
   (a) Exprimer v_e en fonction de t_1, t_2 et des caractéristiques du circuit.
   (b) Que devient cette expression si t_1 et t_2 sont très petits devant la quantité $\tau = A\,R\,C$?

▶ Exercice 9.3 : Filtre passe-bas

1. Pour le montage représenté ci-dessous, l'amplificateur opérationnel étant parfait, déterminer les comportements basse fréquence (BF) et haute fréquence (HF) du filtre constitué.

2. Tracer le diagramme de Bode donnant $G_{dB} = 20\log\left|\frac{v_s}{v_e}\right|$ en fonction de $\log\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1\,R_2\,C_1\,C_2}}$ et pour des valeurs de R_1, R_1', C_1, C_2 et R_2 telles que $G_{dB}(\omega_0) = G_{dB}(0) - 3\,dB$.

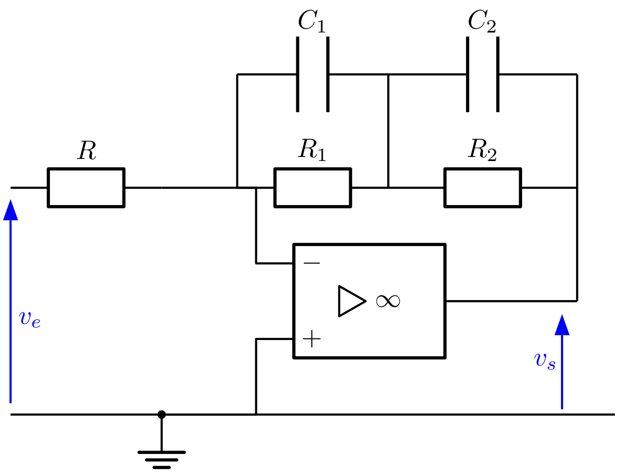


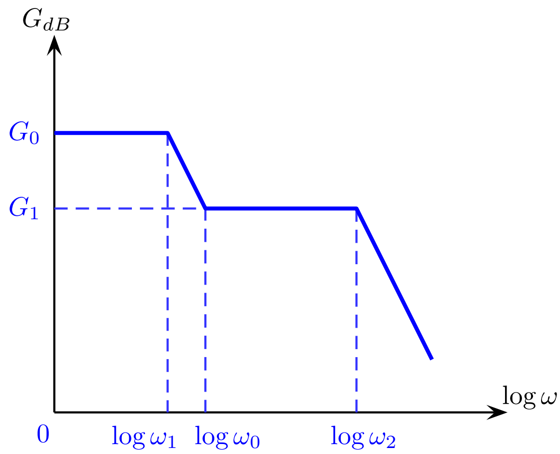
▶ Exercice 9.4 : Diagramme de Bode asymptotique

Le montage représenté ci-dessous fonctionne en régime linéaire, l'amplificateur opérationnel étant parfait.
Le diagramme de Bode en amplitude $G_{dB} = 20\log\left|\frac{v_s}{v_e}\right|$ en fonction de ω est représenté à côté.

On posera $\omega_1 = \frac{1}{R_1\,C_1}$, $\omega_2 = \frac{1}{R_2\,C_2}$, $\omega_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1\,R_2\,(C_1 + C_2)}$ et $H_0 = -\frac{R_1 + R_2}{R}$.

Calculer ω_1, ω_2, ω_0 ainsi que G_1 et G_0.
Commenter le diagramme asymptotique connaissant les pentes ($-20\,dB/$ décade).



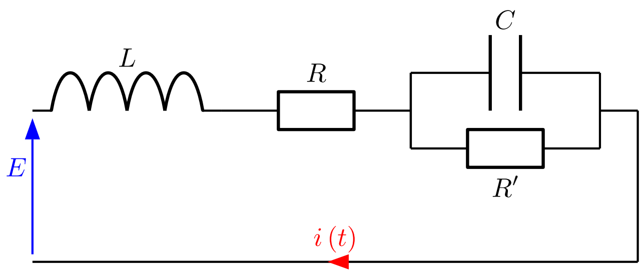


Application numérique : $R_1 = 100\,k\Omega$, $R_2 = 10{,}0\,k\Omega$, $R = 1{,}00\,k\Omega$, $C_1 = 100\,nF$ et $C_2 = 10{,}0\,nF$.

▶ Exercice 9.5 : Réponse à un échelon de tension

On étudie le circuit ci-dessous auquel on applique une tension E constante à partir de l'instant $t = 0$.

1. Établir l'équation différentielle en $i\,(t)$ pour $t > 0$.
2. Donner la solution de $i\,(t)$ en régime pseudo-périodique en fonction de E, R, R', L, $\lambda = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} + \frac{1}{R'\,C}\right)$ et ω à déterminer.



▶ Exercice 9.6 : Réseau cubique

Un réseau est constitué de douze conducteurs, de même résistance r, formant les arêtes d'un cube $ABCDEFGH$. Utiliser les propriétés de symétrie de ce réseau pour mettre en évidence les points de même potentiel, puis en déduire la résistance équivalente de ce réseau si on l'alimente :

1. entre les sommets A et G extrémités d'une diagonale du cube,
2. entre les sommets A et D consécutifs.

▶ Exercice 9.7 : Filtre passe-haut

Un filtre est caractérisé par sa fonction de transfert complexe qui caractérise un système du premier ordre généralisé :

$$\underline{H}\,(j\,\omega) = K\,\frac{1+j\,\dfrac{\omega}{\omega_1}}{1+j\,\dfrac{\omega}{\omega_2}}$$

où ω est la pulsation du signal d'entrée et K, ω_1 et ω_2 sont des constantes positives ($\omega_2 > \omega_1 > 0$).

1. Représenter les diagrammes asymptotiques des variations du module de G (en décibels) et de l'argument φ de la fonction $\underline{H}$ en fonction de ω (courbe de module en coordonnées logarithmiques et courbe de phase en coordonnées semi-logarithmiques).
2. On étudie le cas particulier $K = \dfrac{\omega_1}{\omega_2} = \dfrac{1}{20}$.
   (a) Tracer le diagramme de Bode de réponse fréquentielle du gain $G_{dB}\,(\omega)$ en portant ω sur l'échelle logarithmique dans l'intervalle $\left[\dfrac{\omega_1}{100}, 100\,\omega_2\right]$.
   (b) Tracer le diagramme de Bode de réponse fréquentielle de la phase $\varphi\,(\omega)$ en coordonnées semi-logarithmiques.
   (c) Utiliser la symétrie de la courbe $\varphi\,(\log\omega)$ pour déterminer la valeur de la pulsation ω_0 (en fonction de ω_1 et K) pour laquelle l'argument $\varphi\,(\omega)$ de la fonction de transfert est maximal.
3. On applique à l'entrée du filtre (caractérisé par $K = \dfrac{\omega_1}{\omega_2} = \dfrac{1}{20}$ et $\omega_1 = 1000\,rad.s^{-1}$) la tension sinusoïdale $u_e\,(V) = 2\cos\omega t$.
   Déterminer la réponse en tension $u_s\,(t)$ à la sortie du filtre :
   (a) si le signal d'entrée est réglé sur la pulsation $\omega = \omega_1$,
   (b) si le signal d'entrée est réglé sur la pulsation $\omega = \omega_0$.

— Le "Coup de pouce" —

Exercice 2 :
1. ⚠ $\varepsilon \neq 0$. On trouve $v_e = -E\,\dfrac{1-e^{-t_2/\tau}}{1-e^{-t_1/\tau}}$.

Exercice 3 :
2. On peut appliquer le théorème de Millman au point A, entre R_1' et R_2 ainsi que la loi des nœuds en $B = E^-$.
On trouve $\underline{H} = \dfrac{H_0}{1+2\,j\,\alpha\dfrac{\omega}{\omega_0}-\left(\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ avec $H_0 = -\dfrac{R_1}{R_1'}$ et $\alpha = \dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{R_2\,C_2}{R_1\,C_1}}\left(1+\dfrac{R_1}{R_1'}+\dfrac{R_1}{R_2}\right)$.

Exercice 6 :
On trouve :
1. $R_{\text{éq}1} = \dfrac{5\,R}{6}$,
2. $R_{\text{éq}2} = \dfrac{7\,R}{12}$,

Exercice 7 :
2.(c) On trouve $\omega_0 = \dfrac{\omega_1}{\sqrt{K}} = 4{,}47\,\omega_1$.
3. Pour $\omega = \omega_1$, on a $G = 0{,}07$ et $\varphi = 0{,}735\,rad$.
Pour $\omega = \omega_0$, on a $G = 0{,}224$ et $\varphi = 1{,}13\,rad$.