

## Devoir maison n°1 - Physique

À rendre pour le premier jour de la rentrée 2026

### Consignes

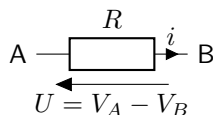
Ce devoir est constitué de sept exercices d'électrocinétique.

Il est demandé de porter le plus grand soin à la rédaction, c'est-à-dire :

- dans la forme : résultats **encadrés**, copies aérées ;
- dans le fond : justification des réponses, clarté de l'expression, concision des réponses.

**Tout résultat non justifié ne sera pas évalué**

Il est demandé d'utiliser, dès que possible, la loi des nœuds sous forme de potentiels. On rappelle que le courant  $i$  aux bornes d'une résistance  $R$  soumise à une différence de potentiels (ou tension)  $U = V_A - V_B$  peut s'exprimer par :  $i = \frac{U}{R} = \frac{V_A - V_B}{R}$ .



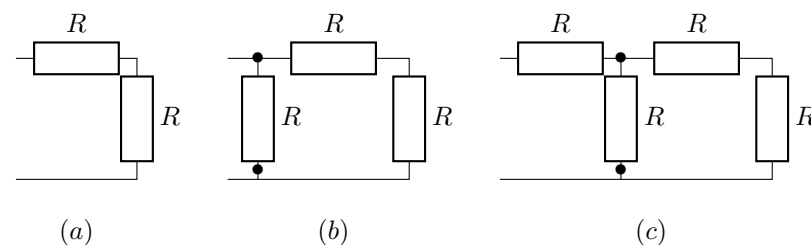
Cette relation est généralisable à toute impédance complexe  $\underline{Z}$  dans le cas d'un circuit alimenté par une tension sinusoïdale de pulsation  $\omega$ .

Contact en cas de questions : d.sevrain@orange.fr

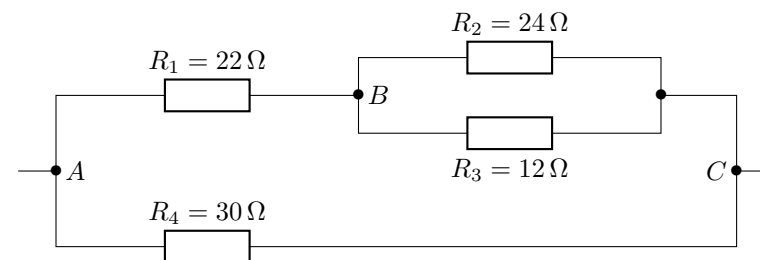
### Notions générales

## 1 Associations de résistances

**Q1.** Déterminer, en fonction de  $R$ , la résistance équivalente des dipôles (a), (b) et (c) suivants :



**Q2.** Soit le montage suivant, dans lequel  $U_{AC} = 30 \text{ V}$  :



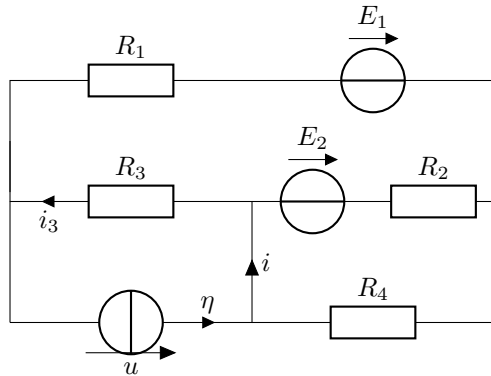
Déterminer :

- la résistance équivalente entre les nœuds  $A$  et  $C$  ;
- la valeur de la tension  $U_{BC}$  ;
- les intensités des courants dans chaque résistance ;
- la puissance dissipée par effet JOULE dans  $R_4$ .

## 2

## Analyse numérique d'un circuit

On considère le circuit ci-dessous, dans lequel  $\eta$  est l'intensité supposée connue délivrée par le générateur de courant :



- Q1.** Reproduire le circuit sur la copie et repérer les nœuds, les branches et les mailles.
- Q2.** a. Le conducteur ohmique de résistance  $R_3$  et la source idéale de courant sont-ils en dérivation ? Justifier.  
b. Les conducteurs ohmiques de résistance  $R_3$  et  $R_4$  sont-ils en série ? Justifier.
- Q3.** Introduire, pour chaque dipôle, l'intensité du courant électrique et la différence de potentiels à leurs bornes en respectant les consignes suivantes :
- choix de la convention récepteur pour les conducteurs ohmiques et de la convention générateur pour les sources idéales ;
  - flèches tensions orientées dans le même sens que la force électromotrice pour les sources idéales de tension ;
  - intensité orientée dans le même sens que le courant électromoteur pour la source idéale de courant.
- Q4.** En utilisant la loi des nœuds, montrer qu'il suffit de déterminer les expressions de  $i$  et de  $i_3$  pour connaître l'intensité du courant dans toutes les branches.
- Q5.** En utilisant la loi des mailles et les caractéristiques des dipôles, établir un système de trois équations à trois inconnues  $u$ ,  $i$  et  $i_3$ .
- Q6.** Résoudre ce système à l'aide d'un logiciel de calcul formel. On pourra, par exemple, utiliser la bibliothèque `sympy` de `PYTHON` en utilisant le squelette de code suivant :

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2
3 from sympy import symbols, solve, pprint
4
5 u, i, i3 = symbols('u i i3') # Inconnues
6 E1, E2, eta = symbols('E1 E2 eta') # Donnees
7 R1, R2, R3, R4 = symbols('R1 R2 R3 R4') # Donnees
8 sol=solve((EQUATION1_SANS_LE_SIGNE_EGAL,
9            EQUATION2_SANS_LE_SIGNE_EGAL,
10            EQUATION3_SANS_LE_SIGNE_EGAL),
11           u, i, i3)
12 pprint(sol)
```

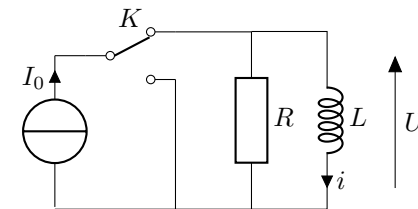
*Remarque :* la fonction `solve(...)` prend en argument une équation de la forme  $a * u + b * i + c * i_3 = 0$ , sans écrire " $= 0$ ". Chaque équation est séparée par ",".

## Circuits du premier ordre

## 3

## Circuit RL

On considère le circuit ci-dessous. À  $t = 0$ , l'interrupteur  $K$  initialement en position basse, bascule en position haute. La bobine est supposée exempte de courant.



Le générateur représenté sur le circuit est un générateur de courant idéal délivrant un courant d'intensité  $I_0$  quelque soit la tension à ses bornes.

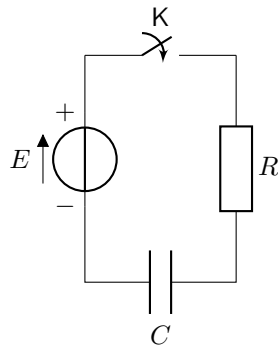
- Q1.** Déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'intensité  $i$  traversant la bobine idéale d'inductance  $L$ .
- Q2.** En étudiant le portrait de phase  $\frac{di(t)}{dt}$  en fonction de  $i(t)$ , prévoir l'évolution de  $i$ .
- Q3.** Déterminer l'équation horaire de  $i$ . En déduire l'équation horaire de la tension  $U$ .
- Q4.** Vérifier les résultats par une analyse aux limites.
- Q5.** Faire un bilan énergétique, entre l'instant initial et l'instant où le régime permanent est atteint (énergie fournie par le générateur, consommée par la résistance, stockée par la bobine).

## Oscillateurs

### 4 Charge et décharge d'un condensateur

Dans cet exercice, on utilise un condensateur qu'on charge d'abord grâce à un générateur continu puis, une fois chargé, on le place aux bornes d'une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ .

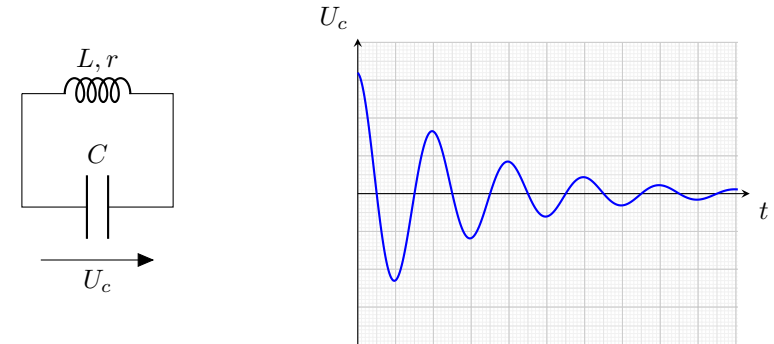
**Q1.** On réalise le circuit ci-dessous à l'aide d'une résistance  $R$ , d'un condensateur de capacité  $C$  initialement déchargé, d'un générateur de tension supposé idéal et de force électromotrice constante  $E$  et d'un interrupteur  $K$ .



À l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur.

- Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q$  du condensateur.
- Donner la solution de cette équation.
- Préciser la valeur atteinte par cette charge en régime permanent.

**Q2.** On place ensuite ce condensateur chargé en série avec une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ . Un oscilloscope permet de suivre l'évolution temporelle de  $U_c$  et fournit la courbe donnée en fin d'énoncé (échelle  $1 \mu\text{s}/\text{div}$  et  $0,5 \text{ V}/\text{div}$ ).

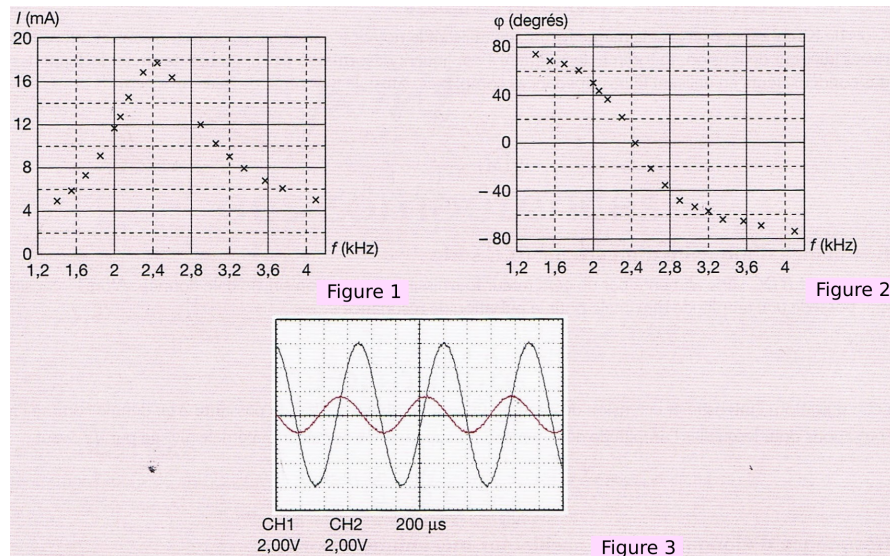


- Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $U_c$  aux bornes du condensateur.
- La courbe est-elle en accord avec l'équation différentielle obtenue? Déterminer l'expression de la pseudo-période puis la valeur numérique de la pseudo-période d'après la courbe. Faire de même pour le temps  $\tau$  de décroissance exponentielle du signal.
- Sachant que  $C = 0,1 \text{ nF}$ , déduire de ce qui précède les valeurs de  $r$ ,  $L$  et  $Q$ , facteur de qualité du circuit. Déterminer enfin la valeur maximale de la tension  $U_c$  et la valeur de la charge  $q$  que le condensateur avait accumulée lors de la première phase.

### 5 Étude d'un circuit RLC

Un circuit RLC série est alimenté par une source de tension  $e(t) = e_0 \cos(\omega t)$ .

On note  $I$  la valeur de l'intensité efficace affichée par un ampèremètre lorsque la fréquence  $f$  de la tension  $e(t)$  varie, la courbe obtenue est représentée figure 1. Un oscilloscope en bicourbe donne accès au déphasage  $\varphi$  entre l'intensité  $i(t)$  et la tension  $e(t)$ ; la courbe correspondante est représentée figure 2. Sur la figure 3 reproduit l'écran d'un oscilloscope en bicourbe, représentant les tensions  $e(t)$  du générateur et  $u(t)$  aux bornes de  $R$ .



### 1- Étude théorique

- Q1. Déterminer l'expression de l'intensité complexe  $\underline{i}(t)$  du courant traversant le circuit en fonction entre autres de  $\underline{e}(t)$ .
- Q2. Déterminer l'expression de l'amplitude  $i_0$  de  $\underline{i}(t)$  en fonction de la pulsation  $\omega$ .
- Q3. Déterminer les expressions littérales de la pulsation de résonance, des pulsations de coupure et de la largeur de la bande passante.
- Q4. Déterminer l'expression du déphasage  $\varphi$  en fonction de la pulsation  $\omega$ .
- Q5. Retrouver les résultats des questions Q2. et Q4. à l'aide d'un diagramme de FRESNEL.

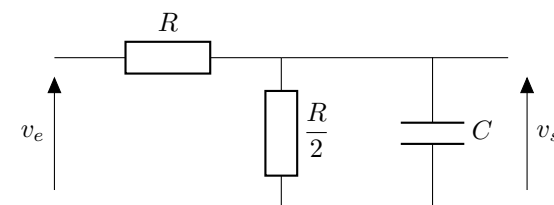
### 2- Exploitation des résultats expérimentaux

- Q6. Identifier sur les courbes de la figure 3  $u(t)$  et  $e(t)$ . Quel est le déphasage entre  $e(t)$  et  $u(t)$ ? Retrouver ce déphasage à partir de la figure 2.
- Q7. Déterminer la valeur numérique de la pulsation de résonance  $\omega_r$  à l'aide de deux méthodes différentes.
- Q8. Déterminer par la méthode la plus simple la valeur de  $R$ .
- Q9. Déterminer les pulsations de coupure ainsi que la bande passante. En déduire le facteur de qualité.
- Q10. En déduire les valeurs de  $L$  et  $C$ .

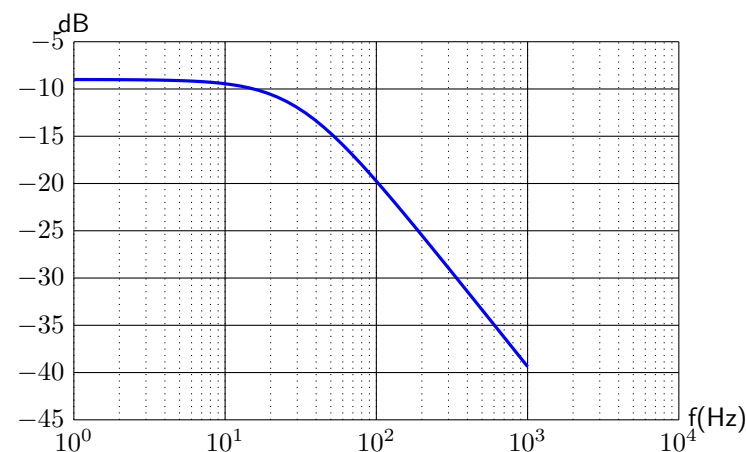
## Filtres du premier et second ordre

### 6 Filtre inconnu du premier ordre

Soit le circuit suivant alimenté par une source de tension idéal de tension  $e(t) = E\sqrt{2}\cos(\omega t)$ .



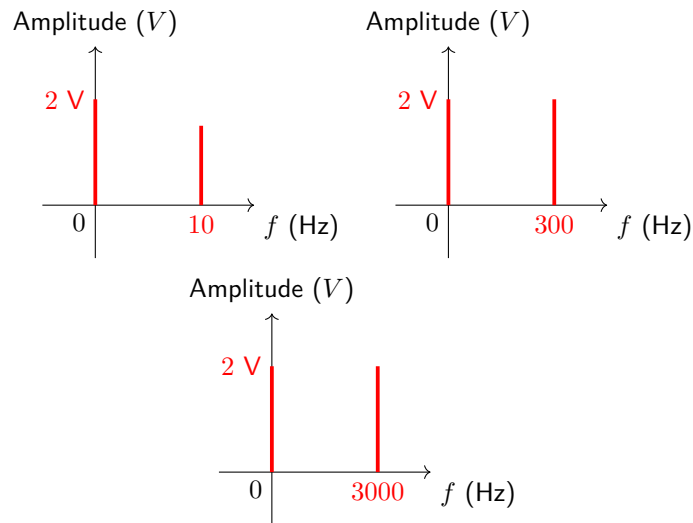
- Q1. Étudier les comportements hautes et basses fréquences de ce filtre. Quelle est sa nature?
- Q2. Déterminer la fonction de transfert de ce filtre et l'écrire sous la forme  $\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$ .  
Que représentent  $H_0$  et  $\omega_0$ ? Déterminer les pentes du diagramme asymptotique de BODE de ce filtre.
- Q3. Déterminer le module et la phase de la fonction de transfert.
- Q4. Le diagramme de BODE en gain représenté ci-dessous a été tracé en échelle semi-log en fonction de la fréquence.



- a. Justifier que ce diagramme correspond bien au comportement du filtre précédent.
- b. Déterminer la valeur de la fréquence de coupure de ce filtre.

**Q5.** Déterminer la valeur de  $C$  sachant que  $R = 1\text{ k}\Omega$ .

**Q6.** On place maintenant successivement en entrée du filtre des signaux dont les spectres sont représentés ci-dessous.

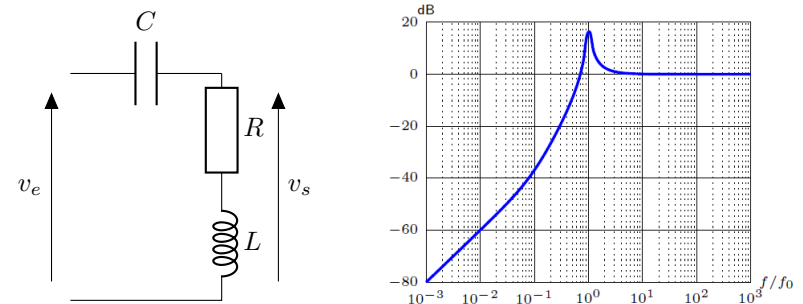


Déterminer le spectre du signal de sortie associé à chaque signal d'entrée ainsi que l'allure du signal de sortie.

## 7

## Filtre RLC

Soit le circuit  $RLC$  représenté ci-dessous. Son diagramme de BODE est représenté à côté.



- Q1.** Identifier, sans calculs et par analyse du circuit, la nature du filtre du montage.
- Q2.** Déterminer la fonction de transfert sous la forme

$$\underline{H} = \frac{\frac{jx}{Q} - x^2}{1 + \frac{jx}{Q} - x^2} \quad \text{avec} \quad x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Identifier la fréquence de résonance  $\omega_0$  et le facteur de qualité  $Q$ .

- Q3.** Soit le diagramme de BODE du filtre fourni en début d'énoncé. Expliquer les valeurs prises par la pente en haute et basse fréquence. Déterminer la valeur de  $Q$ .
- Q4.** On met un signal triangulaire en entrée. Pour le même signal d'entrée mais pour deux valeurs différentes de  $R$ , on obtient un signal carré très atténué puis un signal formé d'une succession d'impulsions. Expliquer.