

TD Systèmes électriques

Mesures Physiques

2015-2016

Cette série de TD se décompose en 9 chapitres qui seront étudiés durant 10 séances de 2h. Le tableau en première page est une aide pour les étudiants de 1^{ère} année du département Mesures Physiques. Pour chaque chapitre, il synthétise les compétences à acquérir par l'étudiant.

Au moment de l'examen de fin de module, au moins un des exercices du polycopié sera proposé.

Chapitre	Compétences à acquérir :
L'électricité en continue	
1	Révision de Calcul
2	Loi de base de l'électricité : <ul style="list-style-type: none"> • Fléchage des tensions et des courants (convention récepteur et générateur) • Différence de potentiel • Application de la loi des nœuds • Application de la loi des mailles • Application de la loi d'Ohm
3	Résistance équivalente : <ul style="list-style-type: none"> • Association en série • Association en parallèle • Obtention de la résistance équivalente d'un circuit simple
4	Méthodologie de résolution d'un circuit électrique : <ul style="list-style-type: none"> • Fléchage des tensions et des courants • Identification des paramètres connus et inconnus du circuit • Application des lois de base (nœuds, maille, Ohm) • Obtention du système de n équation à n inconnues • Résolution du système d'équation • Application numérique
5	Source linéaire : <ul style="list-style-type: none"> • Identification de source • Obtention du point de fonctionnement
5	Synthèse
L'électricité en sinus	
6	Révision sur les nombres complexes : <ul style="list-style-type: none"> • Calcul de modules et d'arguments • Passage de l'écriture cartésienne à l'écriture polaire
7	Représentation des grandeurs sinusoïdales : <ul style="list-style-type: none"> • Représentation temporelle • Représentation dans le plan complexe
8	Adaptation des méthodes vues en continue sur des circuits comportant des dipôles R, L, et C
9	Puissance en sinusoïdal : <ul style="list-style-type: none"> • Calcul puissance active, réactive et apparente • Notion de compensation du réactif

Chapitre 1 : Révision sur le calcul

Exercice 1.1

Questions

Donner l'expression de R ou U en simplifiant les fractions suivantes :

$$\text{a) } R = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$\text{b) } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{c) } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{d) } U = \frac{\frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\text{e) } U = \frac{E \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)}{R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)}$$

Exercice 1.2

Questions

Résoudre les systèmes d'équation ci-dessous :

$$U_1 = R_1 I$$

$$\text{a) } U_2 = R_2 I$$

$$E = U_1 + U_2$$

Exprimer U_2 en fonction de E, R_1 et R_2

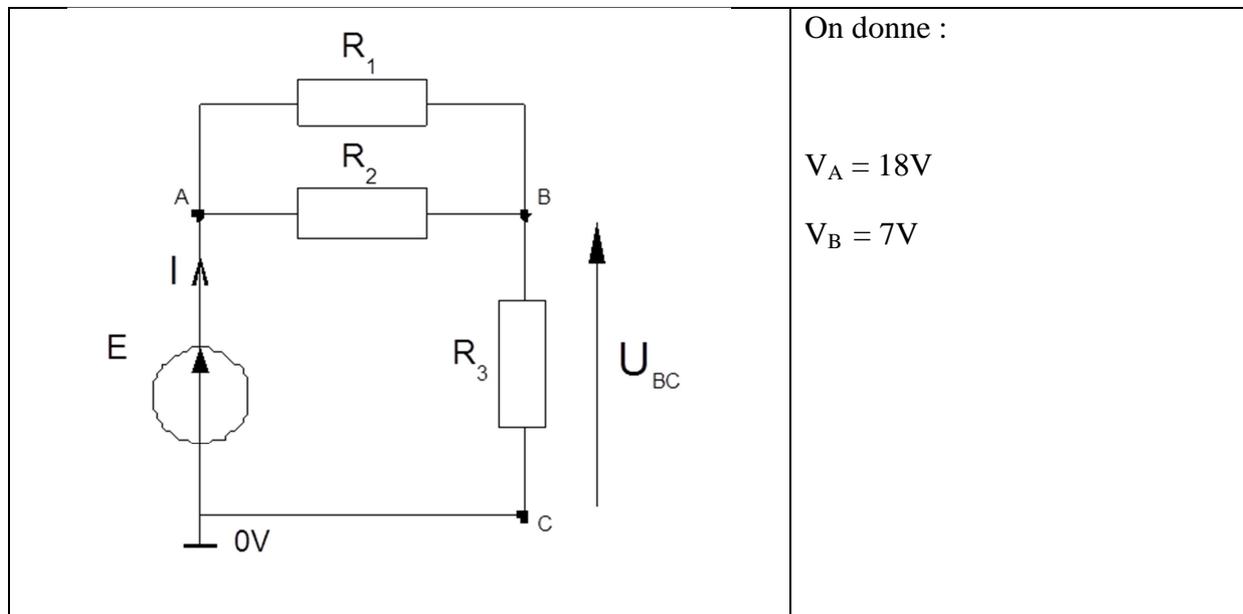
$$U = R_1 I_1 + R_2 I_2$$

$$\text{b) } I = I_1 + I_2$$

Exprimer I_1 en fonction de U, R_1 et R_2

Chapitre 2 : Loi de base de l'électricité

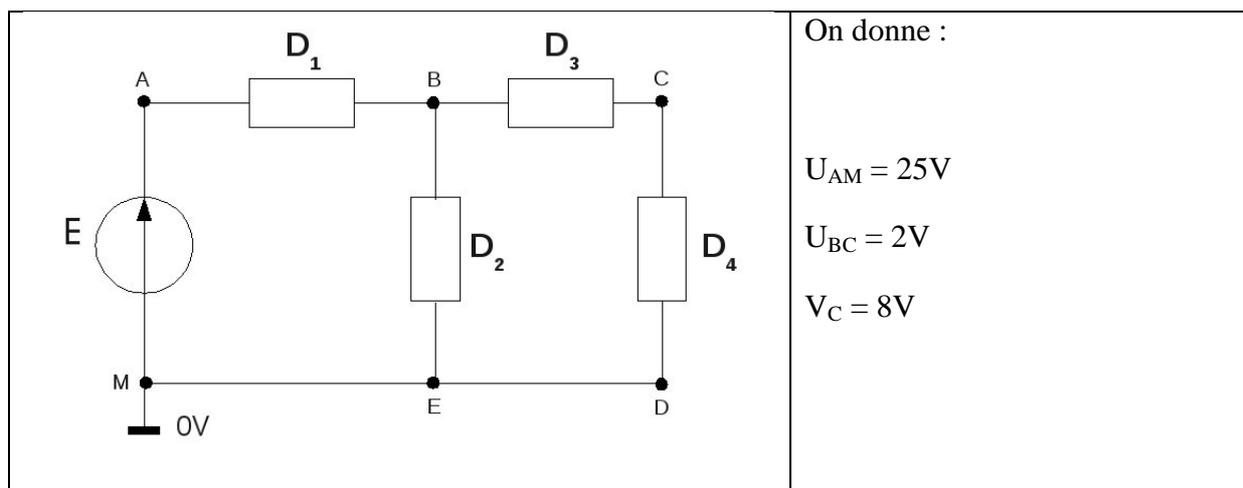
Exercice 2.1



Questions

- Fléchez les courants et tensions manquantes.
- Quel est le potentiel électrique au point C.
- Déterminez les tensions U_{AB} et U_{BC} connaissant le potentiel électrique aux point A et B.

Exercice 2.2

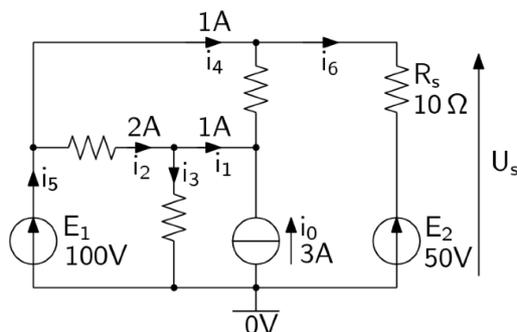


Questions

- Fléchez les courants et tensions manquantes.
- Déterminez les tensions U_{AB} et U_{BE} .

Exercice 2.3

Soit le schéma donné par la figure ci-dessous.

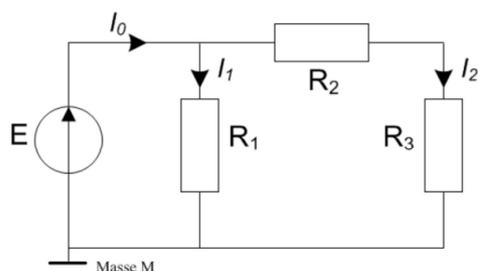


Questions

- Flécher dans la convention appropriée (récepteur ou générateur), les tensions aux bornes de chaque dipôle ;
- Trouver la valeur des courants inconnus, fléchés sur la figure ;
- Calculer la tension de sortie U_s de ce montage.

Exercice 2.4

Soit le schéma donné par la figure ci-dessous.

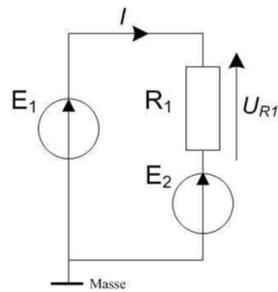


$$\begin{aligned} E &= 10V \\ R_1 &= 1\text{ k}\Omega \\ R_2 &= 200\ \Omega \\ R_3 &= 50\ \Omega \end{aligned}$$

Questions

- Flécher dans la convention appropriée (récepteur ou générateur), les tensions aux bornes de chaque dipôle ;
- Donner l'expression des courants I_1 et I_2 en fonction de E et des résistances R_1 , R_2 et R_3 . Faire l'application numérique ;
- Calculer la valeur du courant I_0 . Déterminer la puissance fournie par le générateur.
- Calculer les puissances dissipées dans chacune des résistances. Conclure.

Exercice 2.5



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

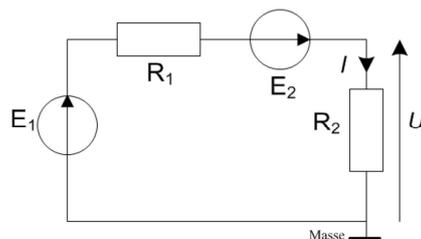
$$E_1 = 15 \text{ V}$$

$$E_2 = 10 \text{ V}$$

Questions

- En utilisant la loi des mailles, donner la relation entre U_{R1} , E_1 et E_2 .
- En utilisant la loi d'Ohm, donner l'expression du courant I en fonction des éléments du montage.
- Faire l'application numérique. En déduire le fonctionnement (générateur ou récepteur) d' E_1 et E_2 .

Exercice 2.6



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$E_1 = 5 \text{ V}$$

$$E_2 = 5 \text{ V}$$

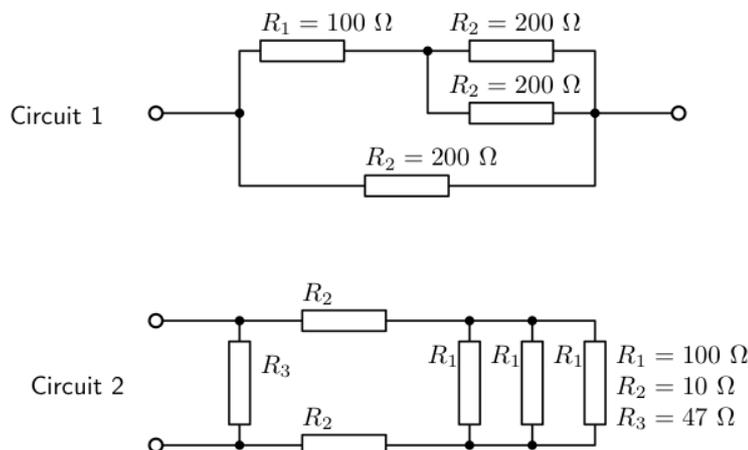
Questions

- Quelle simplification peut-on effectuer dans ce montage ?
- Flécher dans la convention appropriée, les tensions aux bornes de chaque dipôle ;
- Calculer la valeur de la tension U .

Chapitre 3 : Association de dipôle

Exercice 3.1

Soit les deux circuits donnés à la figure ci-dessous :

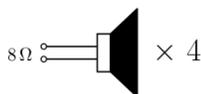


Questions

- Calculer la résistance équivalente vue entre les bornes des circuits 1 et 2 ;
- Ajouter une résistance en série ou en parallèle avec le circuit 2 permettant d'obtenir une résistance équivalente de 50 ohms.

Exercice 3.2

On souhaite réaliser une enceinte 4 voies composée de 4 hauts parleurs indépendants. Chaque haut-parleur présente une résistance de 8 ohms.



Questions

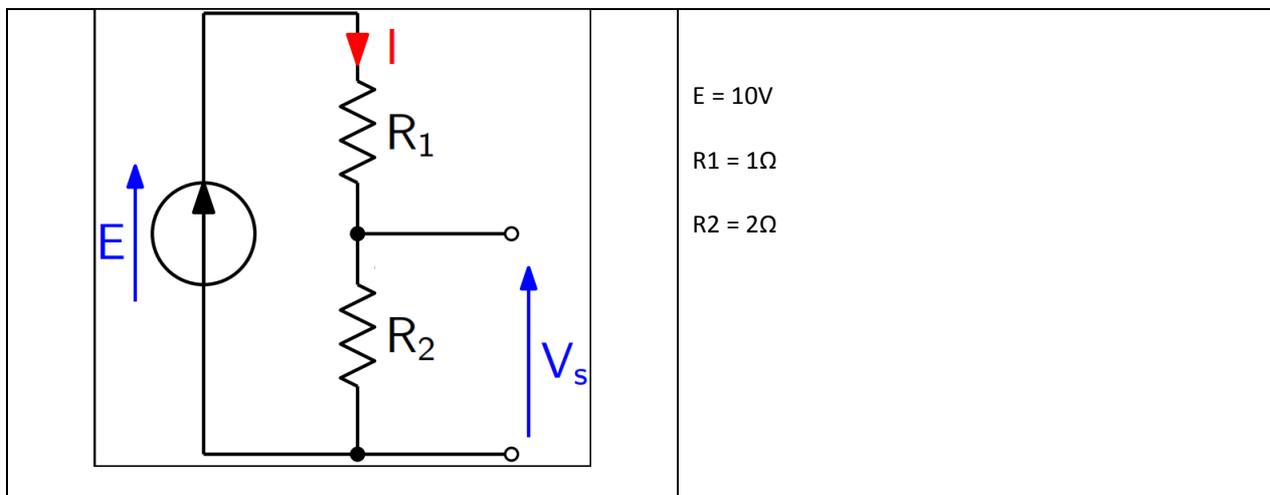
- Comment doivent être associés ces hauts parleurs pour que l'enceinte finale présente également une résistance de 8 ohms.
- Même question dans le cas où deux hauts parleurs présentent une résistance de 4 ohms, les deux autres des résistances de 16 ohms, et que la résistance équivalente de l'enceinte complète soit de 4 ohms.

Exercice 3.3

Soit une résistance de $1\text{k}\Omega$ pouvant supporter une puissance de 0.25W . En se rappelant, que la puissance électrique dissipée dans une résistance est $P=UI$, donner la tension et le courant maximal que peut supporter cette résistance.

Chapitre 4 : Méthodologie de résolution

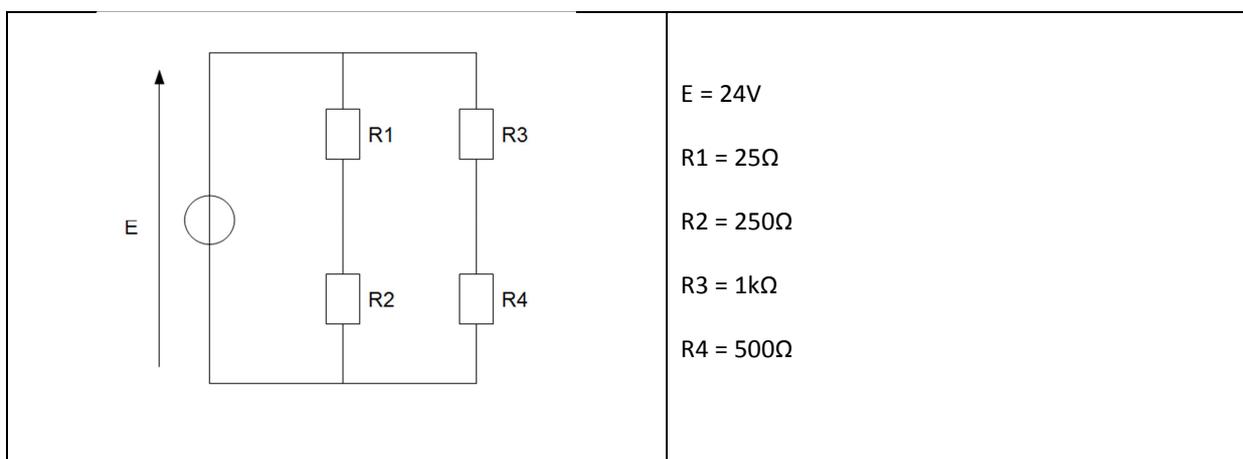
Exercice 4.1



Questions

- Calculer la tension aux bornes de R2.

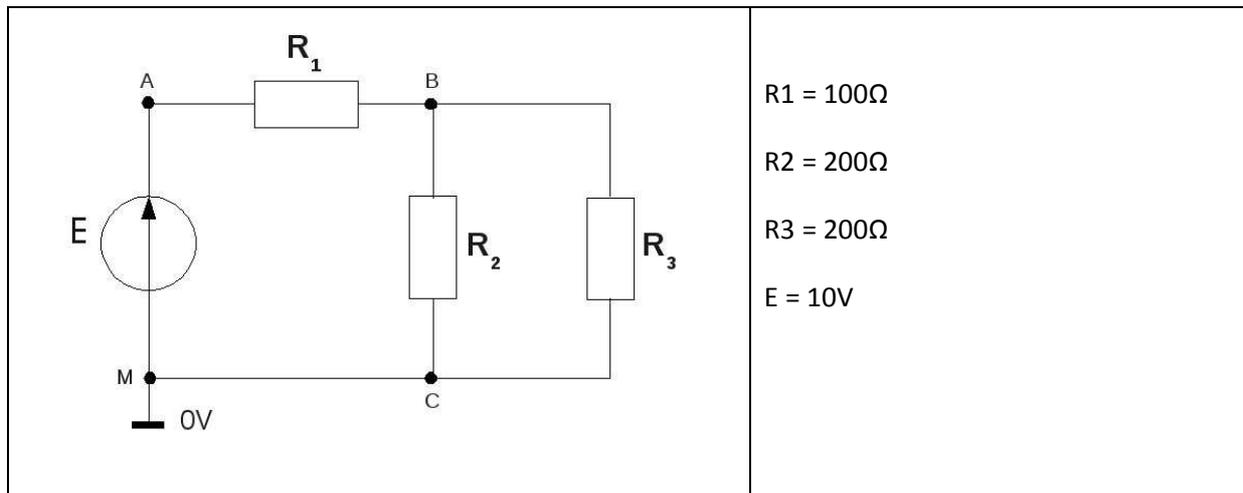
Exercice 4.2



Questions

- Flécher les courants et tensions manquantes.
- Calculer les tensions aux bornes de R1, R2, R3 et R4.
- Calculer les courants traversant R1 et R4.

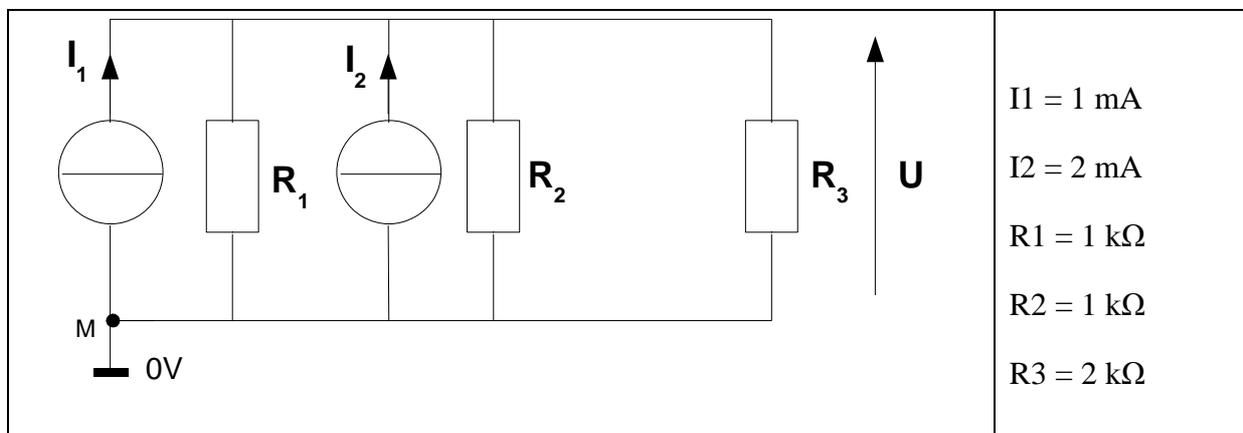
Exercice 4.3



Questions

- Flécher les courants et tensions manquants.
- Calculer la résistance équivalente R_{BC} entre les points B et C.
- Calculer la résistance équivalente R_{AC} entre les points A et C.
- Calculer la valeur du courant I_1 circulant dans la résistance R_1 .
- Calculer les valeurs des courants I_2 et I_3 circulant respectivement dans les résistances R_2 et R_3 .

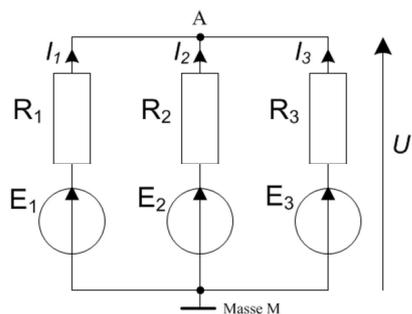
Exercice 4.4



Questions

- Quelle simplification peut-on effectuer sur ce montage?
- Calculer la valeur de la tension U .
- Déterminer le courant circulant dans R_3 .

Exercice 4.5



$$E_1 = 4V$$

$$E_2 = E_3 = 2V$$

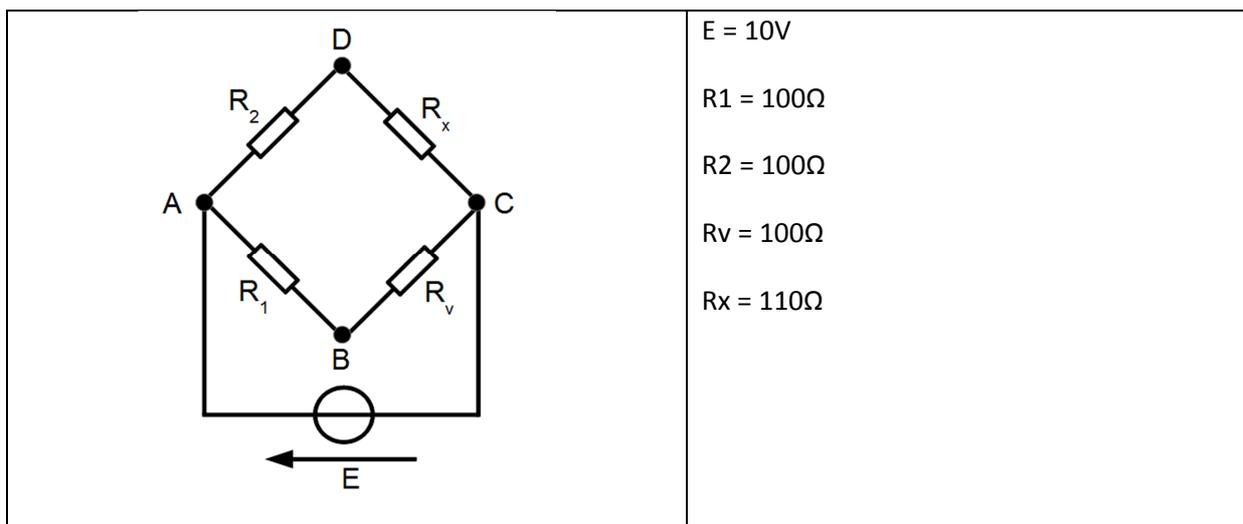
$$R_1 = 1\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = R_3 = 2\text{ k}\Omega$$

Questions

- Etablir la loi des noeuds en A.
- Déterminer les expressions des courants $I_{1,2,3}$ en fonction des générateurs $E_{1,2,3}$ et du potentiel V_A .
- En déduire la valeur du potentiel V_A .
- Déterminer la valeur et le sens réel des courants I_1 , I_2 et I_3 .
- Calculer la valeur de la tension U .

Exercice 4.6



Questions

- Flécher les courants et tensions manquants.
- Calculer la différence de potentiel entre les points D et B.
- Que vaut-elle si R_v est égale à R_x ?

Chapitre 5 : Source Linéaire

Les exercices qui suivent sont inspirés de ceux de Fabrice SINCERE

Exercice 5.1

Deux essais ont été réalisés sur une pile :

- Avec une résistance de 10Ω à ses bornes, la pile impose une tension de 1.39V
- Avec une résistance de 20Ω à ses bornes, la pile impose une tension de 1.44V

Questions

- a) Faire le schéma de principe des essais décrit ci-dessus.
- b) Déterminer la tension et la résistance interne de la pile.

Exercice 5.2

Deux essais ont été réalisés sur une batterie d'Ipod :

- La tension à vide de la batterie est de 3.9V.
- Avec une résistance de 5Ω à ses bornes, le courant est de 740mA.

Questions

- a) Faire le schéma de principe des essais décrit ci-dessus.
- b) Déterminer la tension et la résistance interne de la batterie.
- c) L'Ipod en marche est considéré comme une résistance de 30Ω . Calculer le courant consommé par l'appareil.
- d) La batterie peut fournir 1000mAh. Déterminer l'autonomie de l'Ipod.

Exercice 5.3

Une automobile possède une batterie de f.e.m. 12,6V et de résistance interne $10m\Omega$. La batterie alimente le démarreur via un câble en cuivre de longueur 1,50m et de résistance $1,5m\Omega$.

Questions

- a) La conductivité du cuivre est de 59.6 S/m. Déduire la section du câble.
- b) Lors du démarrage, le démarreur se comporte comme une résistance de $20m\Omega$. Déduire le courant fourni par la batterie ainsi que la chute de tension à ces bornes.
- c) Une fois lancé, le démarreur consomme 200A. Déduire la puissance électrique consommée par le démarreur.

Exercice 5.4

Soit les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque et d'une batterie :

- PV : $E_V = 26V$ et $R_V = 0.5\Omega$;
- Batterie : $E_B = 24V$ et $R_B = 0.120m\Omega$.

Questions

- a) Déterminer graphiquement le point de fonctionnement lorsque les deux éléments sont connectés ensembles.
- b) Valider le résultat par un calcul.

Chapitre 6 : Révision sur les nombres complexes

Exercice 6.1

Questions

Calculer le module et l'argument des nombres complexes suivants:

$$\text{a) } \underline{Z}_1 = 1 + j \qquad \text{b) } \underline{Z}_2 = \frac{j}{1 + j} \qquad \text{c) } \underline{u}_2 = (3 + j) \times 10 e^{j\left(314t + \frac{\pi}{2}\right)}$$

$$\text{d) } \underline{H}_3 = \frac{(1 - j) \times 10 e^{j\left(314t + \frac{\pi}{2}\right)}}{(1 + j) \times 0.1 e^{j\left(314t - \frac{\pi}{2}\right)}} \qquad \text{e) } \underline{Z}_5 = \frac{(2 + 5j)(4j)}{2 + 5j + 4j} \qquad \text{f) } \underline{Z}_6 = \frac{1}{4j} + 4$$

$$\text{g) } \underline{Z}_7 = \frac{3 + 2j}{1 + j} \qquad \text{h) } \underline{u}_2 = (3 - j) \times 10 e^{j\left(6000t + \frac{\pi}{4}\right)}$$

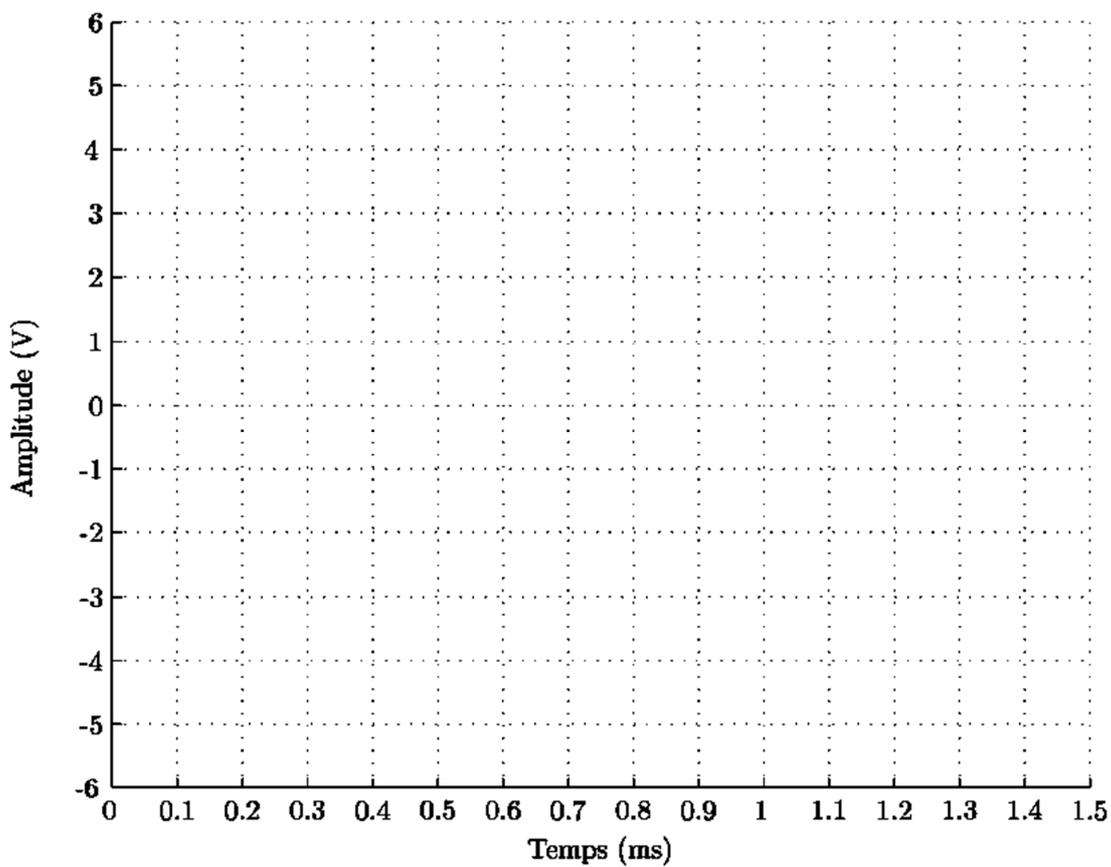
$$\text{i) } \underline{H}_3 = \frac{(1 - j) \times 10 e^{j(314t)}}{(1 + j) \times 0.1 e^{j\left(314t - \frac{\pi}{2}\right)}}$$

Chapitre 7 : Représentation des grandeurs sinusoïdales

Exercice 7.1

Questions

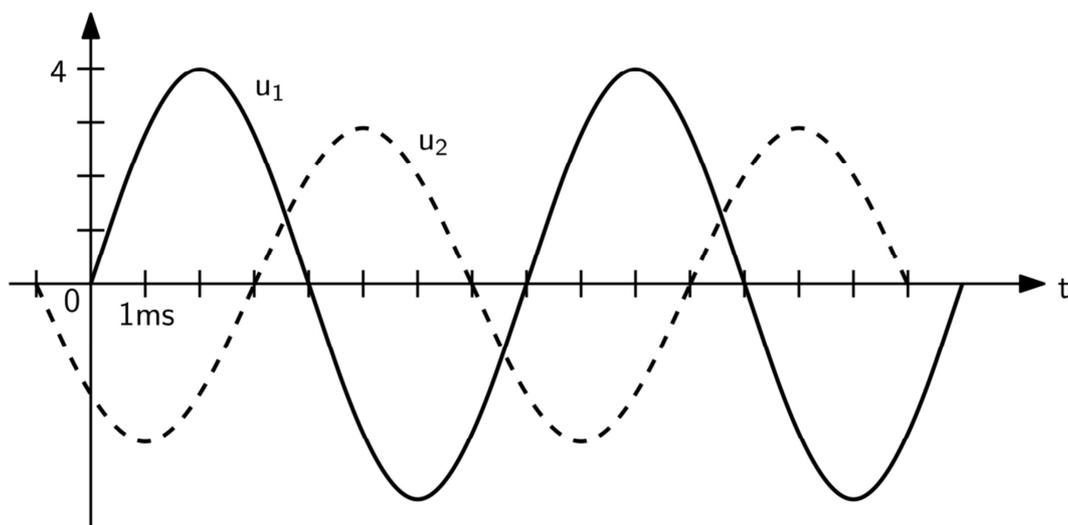
- Représenter le signal $u_1(t) = 5 \sin(7853 t + 0.7853)$.
- Représenter le signal $u_2(t)$ possédant une valeur efficace $U_{2\text{eff}} = 2$ Volt, de même pulsation et en retard de phase $\phi = 90$ degrés sur la tension $u_1(t)$.
- Donner l'expression temporelle de $u_2(t)$.



Exercice 7.2

Questions

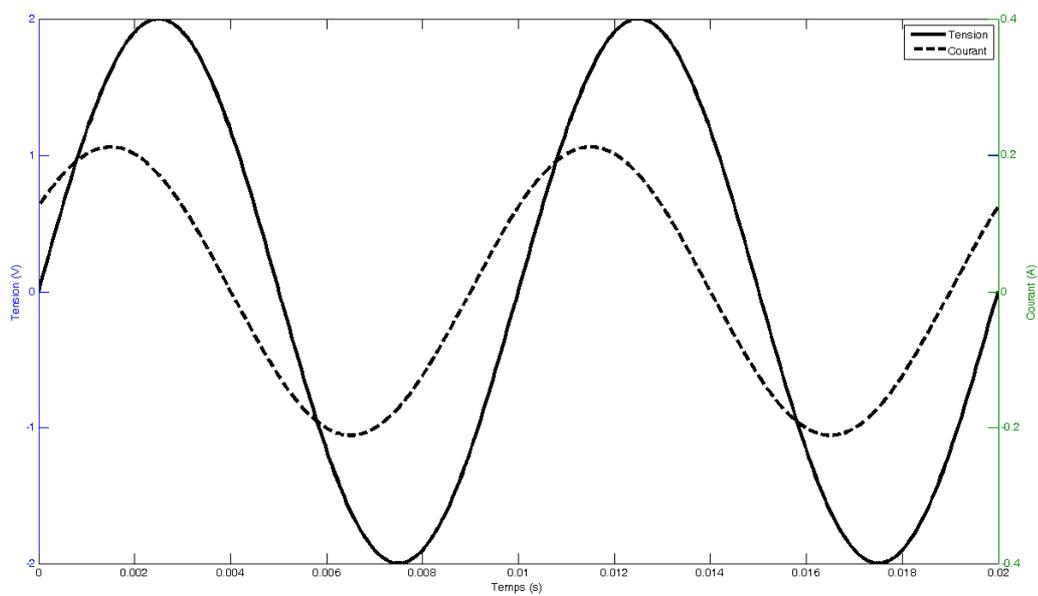
- a. Donner l'expression temporelle de $u_1(t)$ et de $u_2(t)$.



Exercice 7.3

Questions

- a. Donner l'expression temporelle de la tension et du courant.
 b. Dédire l'impédance du dipôle.



Exercice 7.3

Soit les courants I_1 et I_2 entrant dans un nœud et I_3 le courant sortant. Les courants entrant sont définis de la façon suivante :

- $I_1 : I_{1\max} = 2\text{A}, \omega = 314\text{rad/s}, \phi_1 = 0^\circ ;$
- $I_2 : I_{2\max} = 3\text{A}, f = 50\text{Hz}, \phi_2 = 90^\circ .$

Déterminer l'expression temporelle du courant I_3 .

Exercice 7.4

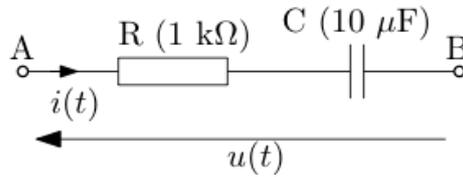
Soit un dipôle composé d'une résistance de 5Ω en série avec une bobine de 16mH . En utilisant la représentation de Fresnel, déterminer graphiquement l'amplitude et la phase de la tension aux bornes du dipôle pour :

- a) Une alimentation en courant de 5A efficace à une fréquence 50Hz ;
- b) Une alimentation en courant de 5A efficace à une fréquence 200Hz .

A ce dipôle, nous ajoutons une capacité de $1200\mu\text{F}$ en parallèle de la résistance et de la bobine. Déterminer graphiquement l'amplitude et la phase du courant traversant ce nouveau dipôle pour une tension d'alimentation de 35V efficace à une fréquence de 50Hz .

Chapitre 8 : Circuits avec alimentation sinusoïdale

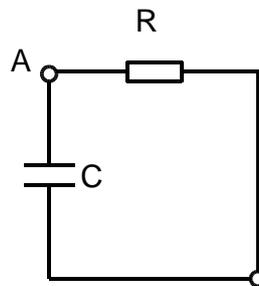
Exercice 8.1



Questions

- Calculer l'expression de l'impédance équivalente Z_{eq} entre A et B.
- Calculer le module de Z_{eq} à la fréquence $f = 50$ Hz.
- Calculer l'argument de Z_{eq} à la fréquence $f = 50$ Hz.
- Donner l'expression de $i(t)$ si $u(t) = U_m \sin(\omega t)$.

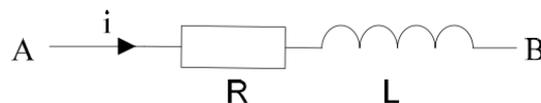
Exercice 8.2



Questions

- Calculer l'expression de l'impédance équivalente Z_{eq} entre A et B avec $R=20\Omega$ et $C=5\mu F$.
- Calculer le module de Z_{eq} à la fréquence $f = 1$ MHz.
- Calculer l'argument de Z_{eq} à la fréquence $f = 1$ MHz.

Exercice 8.3

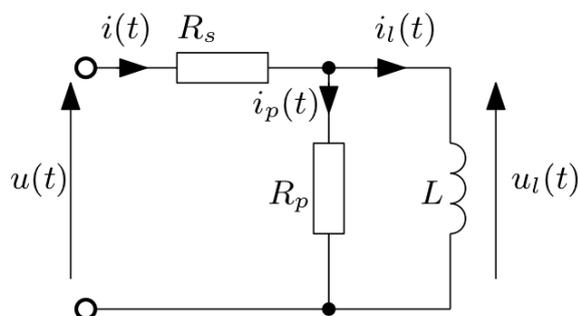


Questions

- Calculer l'expression de l'impédance équivalente Z_{eq} entre A et B avec $R=20\Omega$ et $L=10$ mH.
- Calculer le module de Z_{eq} à la fréquence $f = 1$ kHz.
- Calculer l'argument de Z_{eq} à la fréquence $f = 1$ kHz.

Exercice 8.4

Soit le circuit donné à la figure ci-dessous, R_s représentant la résistance du fil de cuivre, R_p les pertes magnétiques dans le fer et L l'inductance de la bobine.



$$R_s=1 \text{ ohm}, R_p=10 \text{ ohms}, L=10 \text{ mH}, f=50 \text{ Hz}$$

Questions

- Calculer l'impédance équivalente Z_{eq} de la résistance R_p en parallèle avec l'inductance L , pour une fréquence de 50 Hz.
- Cette bobine est alimentée par une tension sinusoïdale $u(t)$ de la forme :

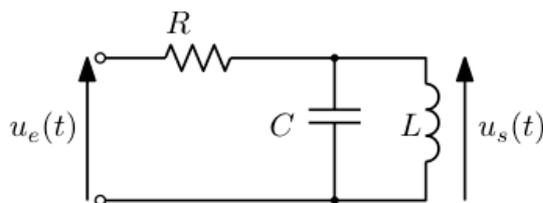
$$u(t) = 230\sqrt{2} \sin(314t)$$

Calculer l'amplitude et le déphasage du courant $i(t)$. Pour une inductance parfaite, quel résultat aurions-nous obtenu ?

- Donner l'expression temporelle de $i_l(t)$ et $i_p(t)$.

Exercice 8.5

Soit le circuit résonant ci-dessous utilisé pour extraire un signal modulé (en radio FM par exemple).



$$R=1000 \text{ ohm}, C=250 \text{ pF}, L=10 \text{ nH}$$

Questions

- Calculer l'expression de la tension de sortie $u_s(t)$ pour une entrée $u_e(t)$ de la forme : $u_e(t) = 1 \sin(\omega t)$
- Pour $f = 1 \text{ MHz}$, 100 MHz et 10 GHz , quelle est l'amplitude et la phase de la tension de sortie $u_s(t)$?
- En déduire le comportement de ce circuit.

Chapitre 9 : Puissance en Sinusoïdal

Exercice 9.1

Chacun des dipôles suivant sont alimentés par une tension sinusoïdale de 240V 50Hz :

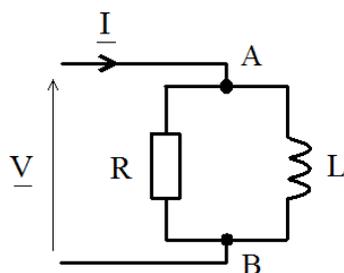
- $R = 25\Omega$
- $C = 130\mu\text{F}$
- $L = 40\text{mH}$
- R en série avec L

Pour chacun de ces dipôles :

- a. Calculer la puissance active, réactive et apparente.
- b. Déterminer le facteur de puissance.
- c. Pour le dernier dipôle, que deviens ce facteur de puissance si l'on branche le condensateur en parallèle?

Exercice 9.2

Soit le modèle électrique ci-dessous :



Avec :

- $R = 10\text{ k}\Omega$
- $L = 1\text{ H}$
- $V = 1000\text{V}$ (tension efficace de l'alimentation)
- $f = 50\text{ Hz}$ (fréquence de l'alimentation)

Modèle électrique de la bobine

- a) Calculer la puissance active consommée par le circuit.
- b) Calculer la puissance réactive.
- c) Calculer le facteur de puissance.
- d) On place en parallèle avec R et L (entre A et B) un condensateur C . Déterminer la valeur de C pour avoir un facteur de puissance égal à 1 ?

Exercice 9.3

Soit un dipôle inconnu, on mesure les puissances actives et apparentes consommées par ce dipôle avec un condensateur de $75\mu\text{F}$ en parallèle. Avec une tension d'alimentation de 240V/50Hz, les résultats obtenus sont les suivants :

- Dipôle + condensateur : $P=4.1\text{ kW}$, $S= 4.6\text{ kVA}$ et $Q>0$.

Déterminer l'impédance équivalente du dipôle inconnu.