

Ondes et signaux – Chapitre 1 : Signaux électriques en régime stationnaire



Exercices d'application

1 Lien entre intensité et flux de charges

Exprimer puis calculer le nombre N porteurs de charge ayant circulé à travers une section S d'un fil lorsqu'un courant électrique constant d'intensité $I = 0,100 \text{ A}$ parcourt ce fil pendant une durée $\Delta t = 1,0 \text{ min}$

Donnée : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

2 Additivité des tensions

Donner l'expression de u_{AB} en fonction de u_1 et u_2 dans les cinq cas suivants :

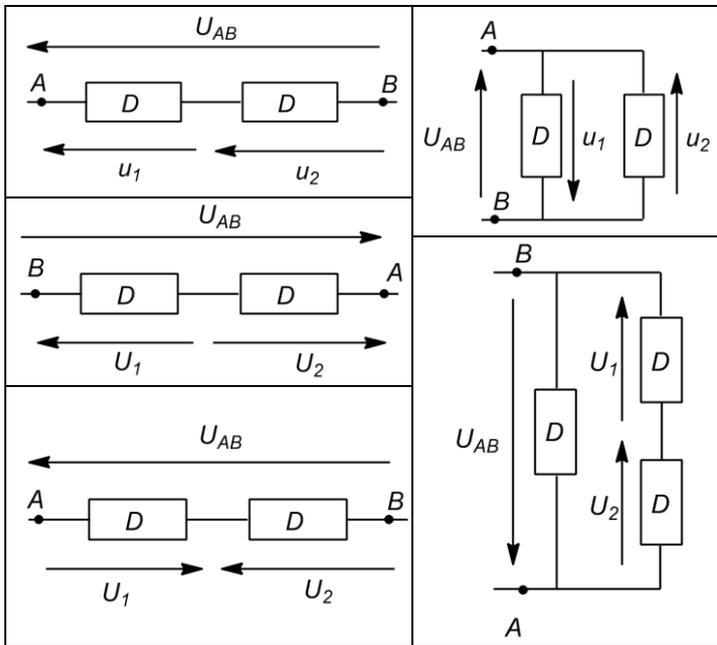


Figure 1

3 Loïs de Kirchhoff

1. Déterminer les intensités inconnues, i_1 , i_2 et i_3

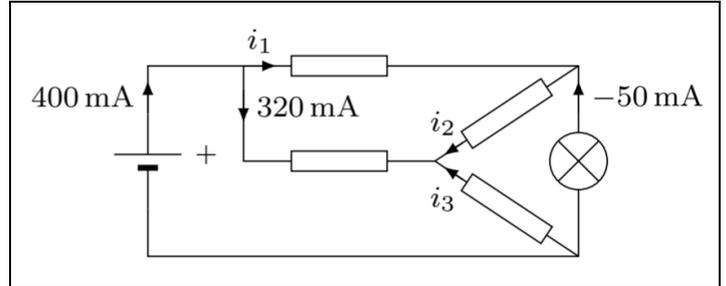


Figure 2

2. Un circuit électrique est formé d'une pile de f.e.m E et de résistance interne négligeable, et de quatre dipôles. Certaines tensions sont indiquées. A partir de la loi des mailles appliquées dans différentes mailles, exprimer en fonction de E et U_1 les tensions suivantes

- 2.1. U
- 2.2. U_{AB}
- 2.3. U_{DA}

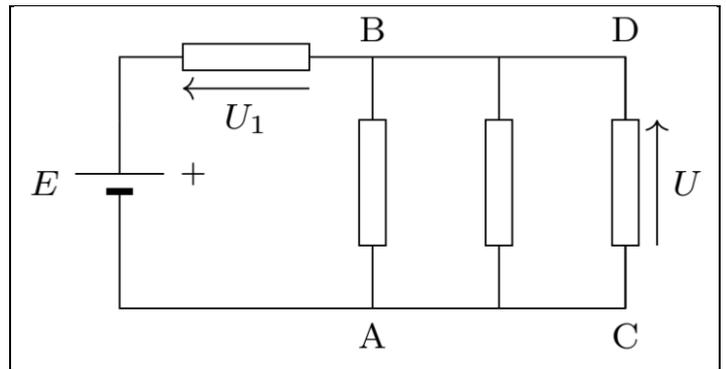


Figure 3

3. On considère le circuit électrique formé de deux sources idéales de tension et de quatre dipôles, comme représenté ci-dessous. A partir de la loi des mailles appliquée dans différentes mailles, calculer numériquement les tensions suivantes U_1 , U_2 et U_3

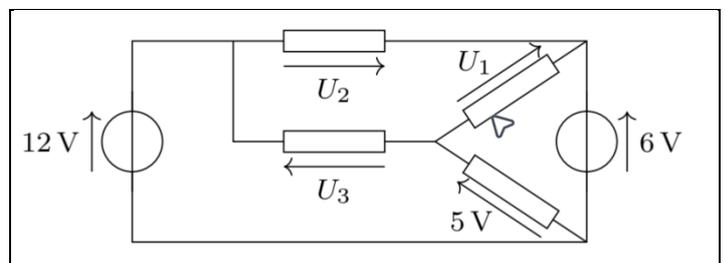


Figure 4

4

Loi d'Ohm

On considère les cas suivants :

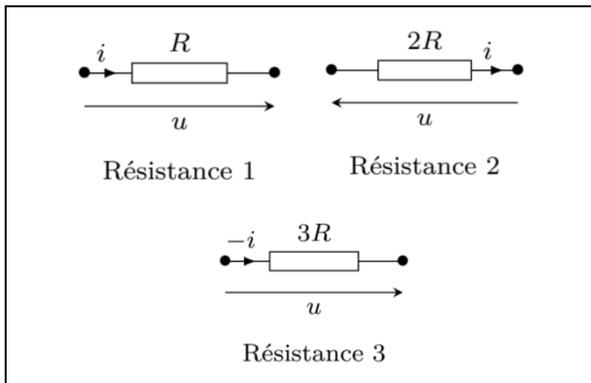


Figure 5

Dans chaque cas, exprimer i en fonction de u et R .

5

Limiter les risques électriques

Pour éviter les accidents, les normes électriques imposent une tension maximale de 12 V pour alimenter les éclairages à moins de 2 m d'une piscine.

I	Effet sur le corps humain
0,5 mA	Perception cutanée
5 mA	Perception douloureuse
10 mA	Réflexe mettant en action les muscles extenseurs ou tétanisation des muscles
25 mA	Tétanisation du diaphragme : arrêt respiratoire
75 mA	Battements du cœur irréguliers pouvant aller jusqu'à son arrêt

Figure 6 : Effet du courant électrique traversant le corps humain en fonction de l'intensité I du courant

Données : résistance du corps humain sec $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; résistance du corps humain humide $R_2 = 2,8 \text{ k}\Omega$.

Les normes électriques imposées autour des piscines permettent-elles d'éviter les accidents ?

6

Modélisation de Thévenin

On donne la caractéristique d'un générateur réel.

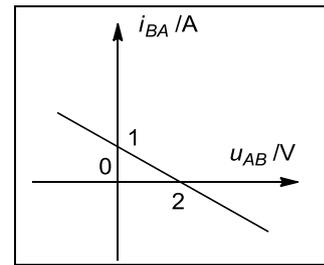


Figure 7

Déterminer le modèle de Thévenin équivalent à ce générateur réel. On donnera la valeur de la résistance interne et celle de la force électromotrice de ce dipôle de Thévenin.

7

Identifications des types d'associations

Pour chaque circuit identifier les différents types d'associations présentes.

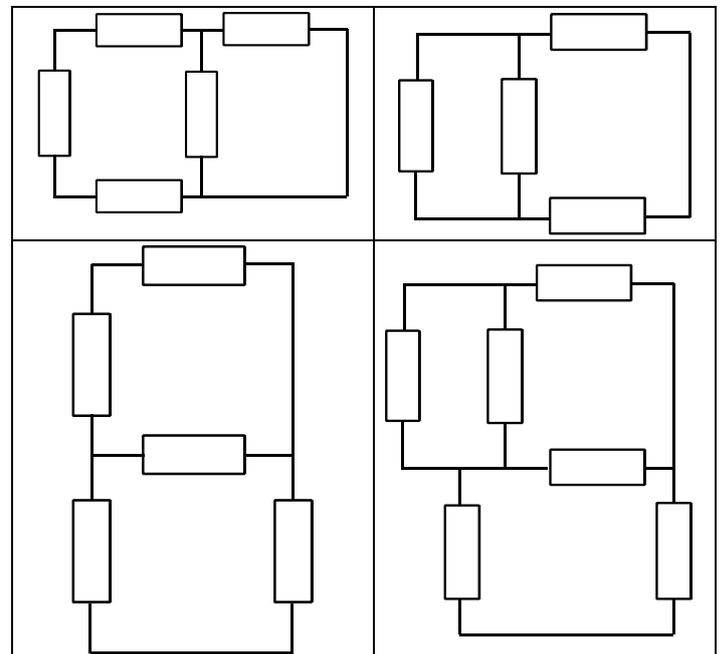


Figure 8 : Différents circuits

8

Résistances équivalentes

Exprimer la résistance équivalente des dipôles AB suivants.

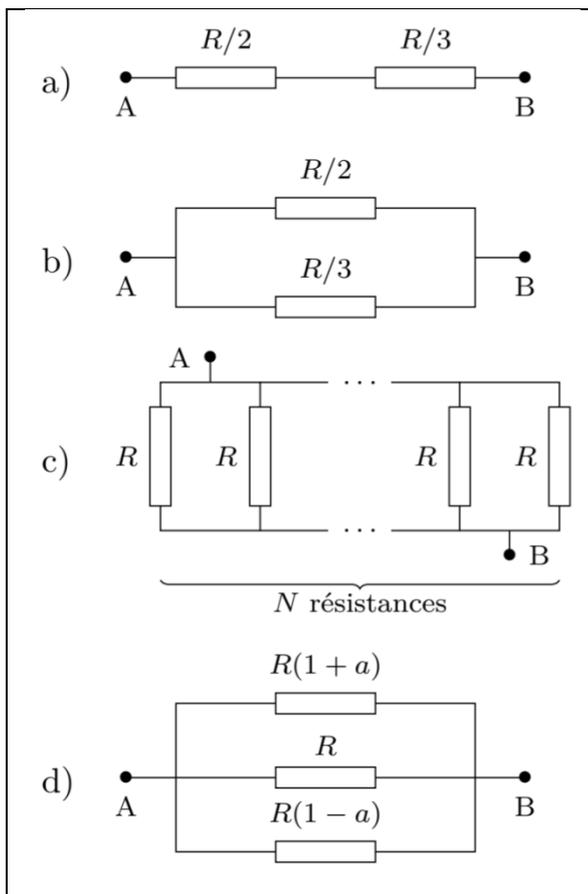


Figure 9 : Association de conducteurs ohmiques

9

Résistance équivalente

- On cherche à exprimer l'intensité qui traverse le générateur, en fonction de R et de e . Pour cela on doit simplifier le circuit de manière à ce qu'il ne reste plus qu'une maille avec un seul conducteur ohmique de résistance équivalente, R_{eq} à déterminer, en série avec le générateur. Simplifier le circuit, déterminer l'expression de R_{eq} puis l'expression de i .
- On cherche maintenant à exprimer la tension U_{AB} , simplifier le circuit le plus possible sans faire disparaître les bornes A et B , déterminer les différentes résistances équivalentes nécessaires puis déterminer l'expression de U_{AB} .

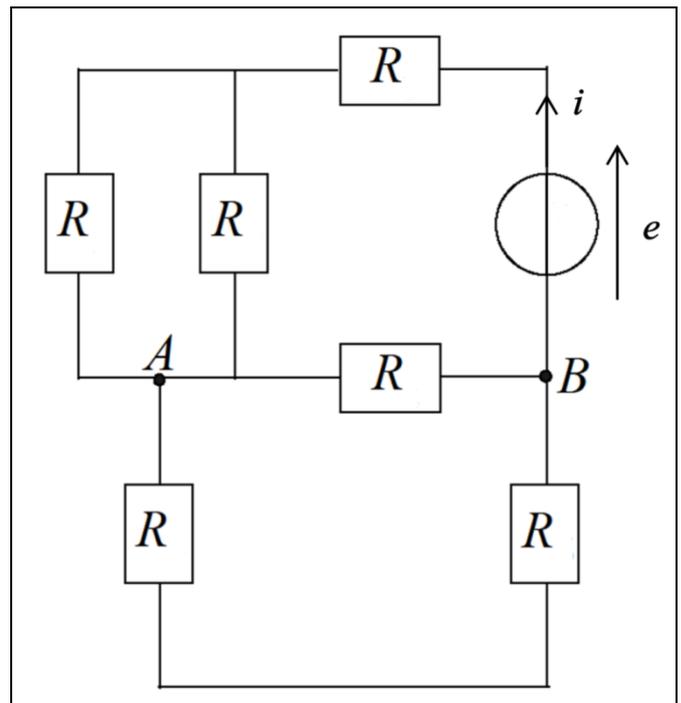


Figure 10 : Association de conducteurs ohmiques

10**Utilisation du diviseur de tension**

Calculer la tension u pour les circuits suivants en utilisant la formule du diviseur de tension.

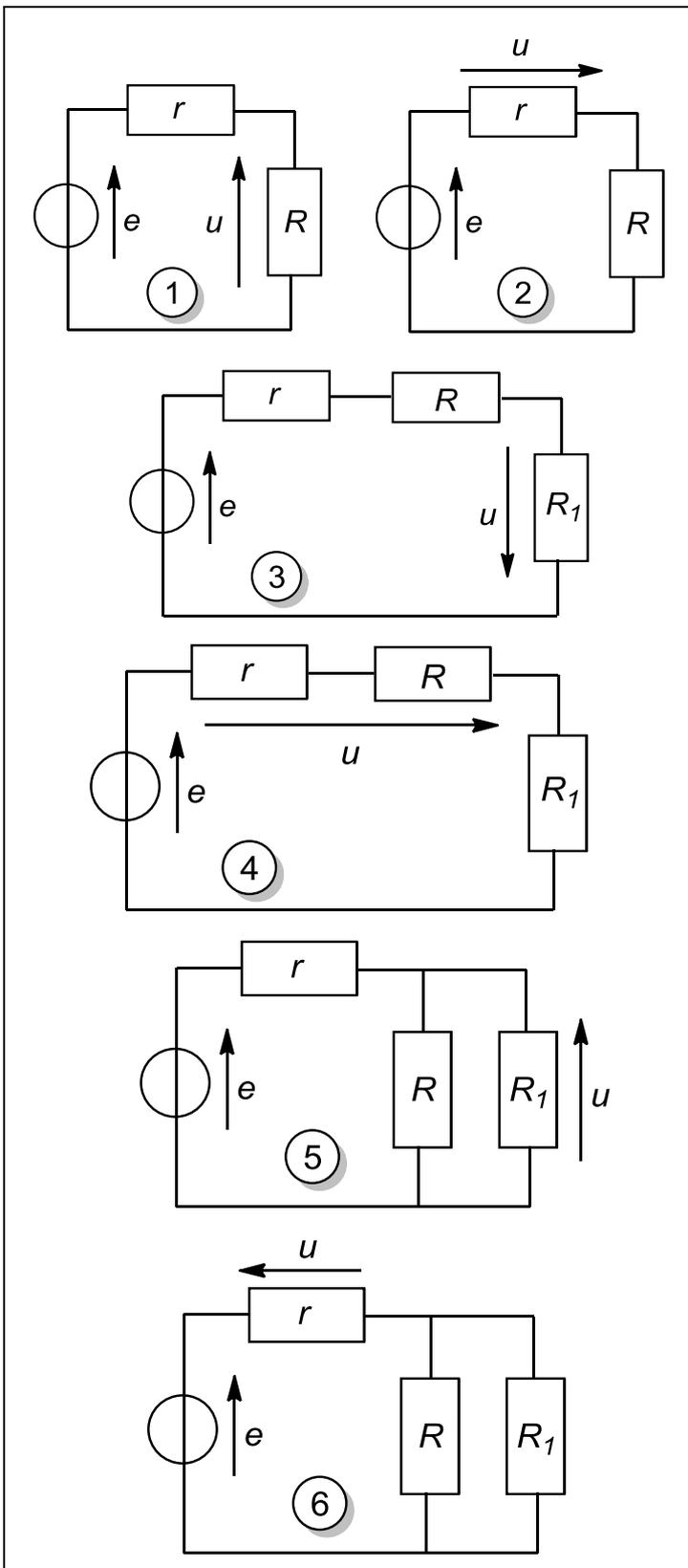


Figure 11 : Circuits étudiés

11**Analyse dimensionnelle**

Vérifier rapidement si les expressions suivantes sont homogènes.

1. Tension U au sein d'un circuit électrique (avec e une tension, R_1, R_2, R_3 des résistances électriques) :

$$U = \frac{R_1 R_2 e}{R_1 R_2 + R_3(1 + R_2)}$$

2. Intensité i au sein d'un circuit électrique :

$$i_2 = \frac{R_1 e_1 + R_2 e_2}{R_1 R_2}$$

3. Tension U au sein d'un circuit électrique

$$U = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} i$$

4. Tension U au sein d'un circuit électrique

$$U = r R_1 \times \frac{e/r + i_2}{R_1 + R_2}$$



Exercices d'entraînement

12 Tension aux bornes d'un fil de connexion

La résistance d'un fil électrique se calcule avec la formule $R = \rho \times L/S$ avec L la longueur du fil en m, S sa section en m^2 et ρ la résistivité du métal cuivre utilisé en $\Omega \cdot \text{m}^{-1}$.

Donnée : résistivité du cuivre $\rho_{\text{cuivre}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}^{-1}$

- Calculer la valeur de la résistance d'un fil de connexion en cuivre utilisé en salle de TP, de longueur $L = 50 \text{ cm}$ et de section $S = 1,00 \text{ mm}^2$.
- Le fil est traversé par un courant électrique d'intensité $I = 300 \text{ mA}$. Calculer la valeur de la tension U à ses bornes.
- Justifier que l'on néglige généralement les tensions aux bornes des fils de connexion.

13 Étude de circuits simples

Pour chaque circuit, déterminer l'expression de la grandeur entourée, en fonction des caractéristiques des dipôles indiquées sur le schéma (R , e et r).

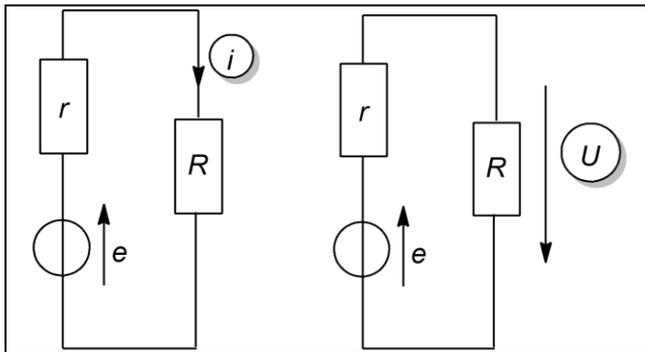


Figure 12 : Schéma des circuits étudiés

14 Étude d'un circuit (1)

Calculer la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance inconnue R_2 (de manière littérale en fonction des grandeurs connues puis numérique).

Le générateur réel est un générateur linéaire de force électromotrice e et de résistance interne R_1 .

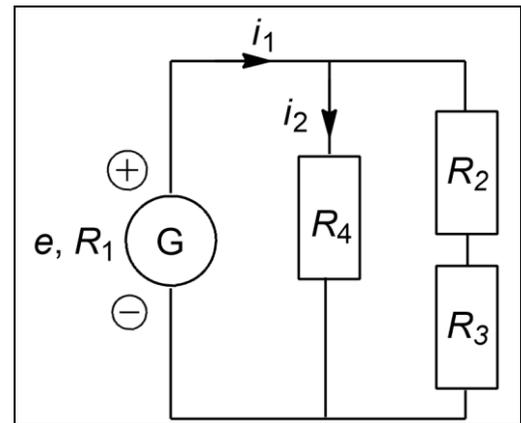


Figure 13 : Schéma du circuit étudié

Données : $e = 12 \text{ V}$, $i_1 = 500 \text{ mA}$, $R_1 = 10 \Omega$, $i_2 = 100 \text{ mA}$, $R_3 = 5 \Omega$ (on ne connaît ni la valeur de R_2 ni celle de R_4).

15 Étude d'un circuit (2)

Exprimer l'intensité i_{AB} traversant le conducteur ohmique de résistance R du circuit de la figure 11, en fonction de R , R_1 , R_2 , e_1 , e_2 .

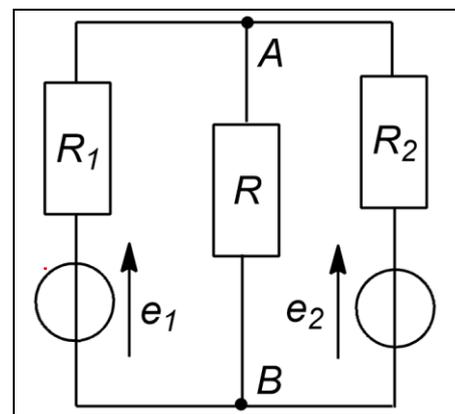


Figure 14 : Schéma du circuit étudié

16

Étude d'un circuit (3)

On considère le circuit ci-dessous où toutes les résistances sont égales à R . Déterminer l'expression de la tension U_{DC} en fonction de la résistance R et de la force électromotrice du générateur idéal de tension.

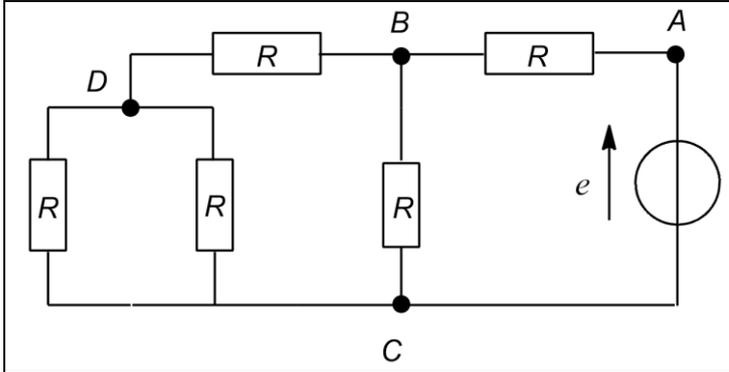


Figure 15 : schéma du circuit étudié

Remarque : l'utilisation de la formule du diviseur de tension peut s'avérer utile.

17

Énergie consommée par une lampe

Une lampe L , de résistance R_1 est placée en parallèle d'un conducteur ohmique de résistance R_2 , le tout alimenté par un générateur réel de fem e et de résistance interne r (figure 16). Pour les applications numériques, on prendra $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $r = 50,0 \Omega$ et $e = 12,0 \text{ V}$.

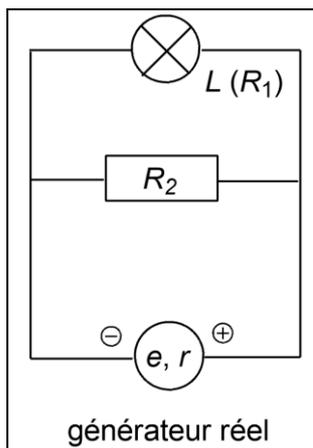


Figure 16 : Lampe alimentée par un générateur réel

- Calculer la puissance consommée par la lampe. Faire l'application numérique.
- Calculer l'énergie que consomme la lampe pendant Δt . Faire l'application numérique, en prenant $\Delta t = 1,00 \text{ h}$.
- Calculer l'énergie fournie par le générateur réel pendant ce même laps de temps. Faire l'application numérique. Interpréter le résultat.
- En déduire l'énergie reçue par le conducteur ohmique de résistance R_2 .

18

Capteur de pression d'une montre de plongée

On étudie un capteur de pression, réalisé à partir d'une jauge d'extensiométrie, qui équipe une montre de plongée. Il est destiné à mesurer la pression aquatique P dans laquelle baigne le plongeur. La jauge d'extensiométrie est un capteur résistif (conducteur ohmique) dont la résistance dépend ici de la pression.

Le capteur a une longueur ℓ , une section S et une résistivité ρ constante. L'expression de sa résistance R est :

$$R = \frac{\rho \ell}{S}$$

Lorsque la pression P augmente, la longueur ℓ augmente et la section S diminue. On suppose que la résistance varie en fonction de la pression avec la loi suivante :

$$R = R_0(1 + \alpha(P - P_0))$$

Avec P_0 la pression atmosphérique ambiante à la surface de l'eau et α un coefficient positif. On supposera que $\alpha(P - P_0) \ll 1$.

Cette résistance est insérée dans un montage, appelé pont de Wheatstone. Une source idéale de tension alimente l'ensemble des conducteurs ohmiques.

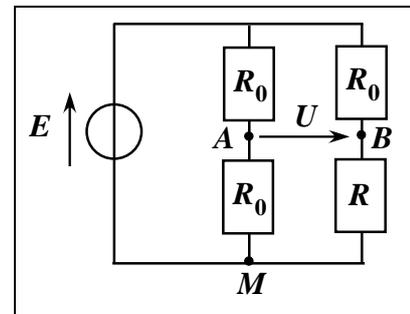


Figure 17 : Pont de wheatstone

- Exprimer les tensions U_{BM} et U_{AM} en fonction de E , R_0 et R . En déduire une expression de la tension U en fonction de ces mêmes grandeurs.
- Calculer la valeur de la tension U lorsque toutes les résistances sont égales.
- Dans cette configuration, le pont est dit équilibré. À quelle profondeur se trouve alors le plongeur ?
- Exprimer la tension U en fonction de E , P_0 , P et α . Montrer que :

$$P - P_0 = \frac{4U}{\alpha E}$$

Faire l'application numérique : $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$, $U = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mV}$, $E = 10 \text{ V}$.

19 Ligne électrique alimentant la locomotive du TGV

La motrice du TGV fonctionne en traction électrique. La caténaire (ligne électrifiée) possède une résistance linéique $\lambda = 0,12 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}^{-1}$. La ligne, de résistance totale R , est alimentée par deux sous-stations, situées aux points O et B , distantes de $L = 60 \text{ km}$. Ces deux sous-stations fournissent une puissance totale \mathcal{P}_0 .

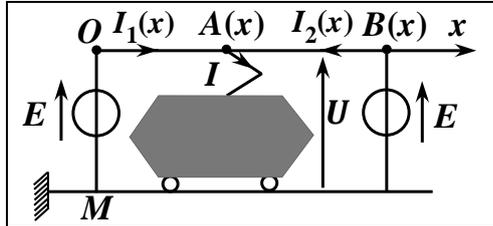


Figure 18 : Schéma électrique de la ligne

On prendra $E = 25 \text{ kV}$ et on supposera l'intensité I constante et égale à 600 A .

La tension U aux bornes de la locomotive (entre les points A et M) et sa puissance consommée \mathcal{P} dépendent de la distance x à la station d'alimentation située à l'origine O .

- Déterminer, en fonction de λ , L et x , les résistances $R_{OA}(x)$ et $R_{AB}(x)$ des tronçons OA et AB .
- En déduire les expressions des intensités électriques $I_1(x)$ et $I_2(x)$ en fonction de x , L et I intensité de courant traversant le moteur de la locomotive. En déduire la puissance $\mathcal{P}_{EJ}(x)$ dissipée par effet Joule dans la caténaire.
- Exprimer la tension $U(x)$ aux bornes de la locomotive. Localiser la position x_{\min} de la motrice qui correspond au minimum de U . Exprimer la tension minimale U_{\min} correspondante en fonction de L , λ , E et I .
- Montrer que la puissance maximale dissipée dans la caténaire est obtenue pour $U = U_{\max}$. Exprimer cette puissance maximale en fonction de L , λ et I . Calculer sa valeur.
- Le rendement r , défini par $r = \mathcal{P}/\mathcal{P}_0$, doit être supérieur à $0,90$. Vérifier qu'il en est bien ainsi quelle que soit la position de la locomotive.

20 Protection d'une DEL

La DEL (diode électroluminescente) est un dipôle couramment utilisé pour indiquer le fonctionnement d'un appareil électrique ou dans les télécommandes à infrarouge. La diode est un dipôle fragile qui a besoin d'être protégé par une résistance de protection, qui est notée R_p sur la figure 16.

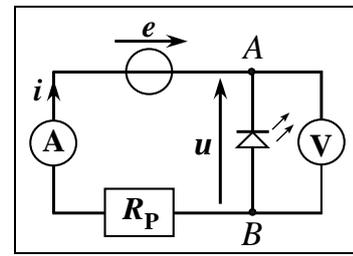


Figure 19 : Schéma du montage d'étude de la DEL

À l'aide du circuit schématisé figure 16, on a réalisé le tracé de la caractéristique tension-intensité d'une DEL au phosphore de gallium (GaP), dans le domaine de fonctionnement de ce dipôle.

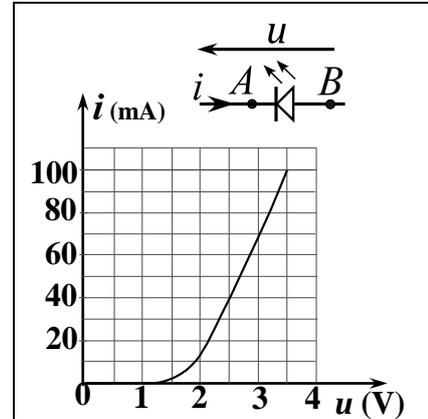


Figure 20 : Tracé de la caractéristique

- La DEL est-elle un dipôle actif ?
- D'après la caractéristique, quelle est l'intensité maximale i_{\max} supportable par la DEL ?

Lors de la manipulation, on a fait varier la force électromotrice du générateur de 0 à $10,0 \text{ V}$.

- Quelle serait la tension maximale appliquée aux bornes de la DEL, en l'absence de résistance de protection, si on maintient un intervalle $0 - 10 \text{ V}$ pour la force électromotrice du générateur ? en déduire la nécessité de placer une résistance de protection, en série avec la DEL.
- La résistance de protection R_p dépend des valeurs maximales que l'on ne doit pas dépasser. Montrer que R_p vérifie la relation :

$$R_p \geq \frac{e - u}{i_{\max}}$$

- Déterminer la valeur de la résistance minimale de protection, $R_{p,\min}$, à utiliser pour tracer en toute sécurité la caractéristique présentée de ce composant (en gardant l'intervalle $0 - 10 \text{ V}$ pour la fem du générateur).

On dispose d'une boîte de conducteurs ohmiques identiques, de résistance égale à la résistance minimale, $R_{p,\min}$, calculée précédemment et portant l'inscription :

$$\text{Puissance maximale : } \mathcal{P}_{\max} = 0,25 \text{ W}$$

- Peut-on protéger la diode avec un seul de ces conducteurs ohmiques ? Proposer une association de ces conducteurs ohmiques permettant de le faire.
- Déterminer l'énergie reçue par la diode en 10 min si l'intensité est égale à i_{\max} .

21 Adaptation d'un conducteur ohmique à un générateur

On utilise un générateur réel de résistance interne r et de fem e . On branche à ses bornes un conducteur ohmique de résistance R .

1. Calculer l'intensité qui circule dans le circuit.
2. Calculer la puissance $P_{\text{reç}}$ reçue par le conducteur ohmique. e et r étant donnés, étudier les variations de $P_{\text{reç}}$ avec la valeur de R , et en déduire la valeur R_0 de R permettant de consommer l'énergie maximale (on dit alors qu'il y a adaptation du conducteur ohmique au générateur).



Pour préparer l'oral

21 Témoin lumineux de risque de verglas

Le témoin lumineux de risque de verglas d'une voiture est commandé par un microcontrôleur qui analyse le signal provenant d'une thermistance, située à l'extérieur à l'avant de la voiture ou au niveau d'un des deux rétroviseurs.

L'expression mathématique modélisant la relation entre la température θ en $^{\circ}\text{C}$ et la résistance R_{sonde} en $\text{k}\Omega$ de cette thermistance est :

$$\theta = \sqrt{\frac{4,1 \cdot 10^4}{R_{\text{sonde}} + 1,65}} - 35$$

La thermistance est montée en série avec une résistance ($R = 10,0 \text{ k}\Omega$) et l'ensemble est alimenté sous une tension $U_g = 5,00 \text{ V}$. Un voyant d'alerte s'allume lorsque la tension U_R aux bornes de la résistance R est inférieure à $1,36 \text{ V}$.

Déterminer la valeur θ_d de la température lorsque le voyant d'alerte de risque de verglas

22 Puissance reçue et type d'association

On alimente à l'aide d'un générateur idéal de tension, deux lampes modélisées comme des dipôles résistifs de résistance identique notée R .

Sachant que l'intensité lumineuse est d'autant plus intense que la puissance électrique reçue par la lampe est importante, quelle association, série ou dérivation, faut-il prévoir pour qu'elles éclairent le plus possible.