

Devoir Surveillé N°1 de Physique-Chimie

Vendredi 25 septembre 2026 - Durée 2 heures

CONSIGNES

- ✓ On prendra soin de respecter les notations de l'énoncé, d'encadrer les résultats littéraux, de bien préciser les unités  et de donner un nombre de chiffres significatifs aux résultats en cohérence avec les données de l'énoncé. Les applications numériques seront soulignées.
- ✓ On laissera obligatoirement une MARGE sur chaque feuille.
- ✓ Les exercices peuvent être traités dans un ordre quelconque. **On tâchera d'utiliser une copie (ou au besoin une simple feuille) par exercice.**
- ✓ Les copies rendues seront numérotées du premier au dernier exercice.
- ✓ Pour chaque exercice, la numérotation des questions devra être clairement indiquée. **Une question non numérotée ne sera pas corrigée.**
- ✓ Toute réponse à une question doit être justifiée.
- ✓ On prendra un soin important à la propreté de la rédaction et à l'orthographe.
- ✓ Il est enfin rappelé que l'on peut (parfois) progresser dans un exercice même si une question n'a pas été traitée, et ce en utilisant un résultat intermédiaire donné par l'énoncé.

La calculatrice est autorisée !

Exercice 1 : Champ magnétique et analyse dimensionnelle

(~ 45 minutes)

On se propose dans cet exercice de déterminer les dimensions associées au champ magnétique $\vec{B}$. Un champ magnétique peut avoir pour origine le déplacement de charges électriques au sein d'un milieu conducteur, autrement dit un courant électrique i . Il peut également tenir son origine au niveau microscopique de la matière en considérant ce qu'on appelle le moment dipolaire magnétique des atomes.

1. Rappeler les 7 dimensions fondamentales permettant de définir les dimensions de toute autre grandeur physique. On précisera pour chacune de ces dimensions son unité associée dans le système international. Les résultats pourront être présentés sous la forme d'un tableau.

Un courant électrique i dans un fil conducteur peut se traduire par le débit temporel de charges électriques traversant une section de ce fil. Autrement dit, l'intensité d'un courant électrique i correspond à la charge électrique qui traverse une section de fil par unité de temps. Si q est la charge électrique qui traverse une section du fil pendant la durée T , l'expression de l'intensité du courant électrique I s'écrit :

$$I = \frac{q}{T}$$

2. Déterminer les dimensions associées à la charge électrique q . Sachant que son unité est le *Coulomb* (C) dans le système international, exprimer le *Coulomb* en fonction des unités fondamentales du système international.

La force de Laplace $\vec{F}_L$ permet de traduire l'interaction d'une charge électrique q animée d'une vitesse $\vec{v}$ en présence d'un champ magnétique $\vec{B}$ environnant. Cette force s'écrit :

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Dans l'expression précédente, l'opérateur " $\wedge$ " désigne un produit vectoriel et devra être considéré comme un simple produit dans l'analyse dimensionnelle qui va suivre.

3. Déterminer les dimensions associées au champ magnétique $\vec{B}$. Sachant que l'unité retenue pour le champ magnétique est le *Tesla* (T), exprimer le *Tesla* en fonction des unités fondamentales du système international.

On s'intéresse maintenant au champ magnétique $\vec{B}$ créé par un fil conducteur filiforme rectiligne "infini" parcouru par un courant électrique d'intensité I . Une analyse du problème montre que ce courant électrique crée un champ magnétique "tournant" autour de ce fil. Plus exactement on constate la formation de *lignes de champ magnétique* concentriques dans un plan perpendiculaire au fil est centré sur ce dernier. La situation est présentée sur la figure 1 suivante :

Une étude expérimentale du champ magnétique $\vec{B}$ créé en un point M quelconque de l'espace montre que celui-ci dépend des paramètres suivants :

- la distance r au fil, obtenue en projetant perpendiculairement le point M sur l'axe de ce fil ;
- l'intensité I du courant électrique ;

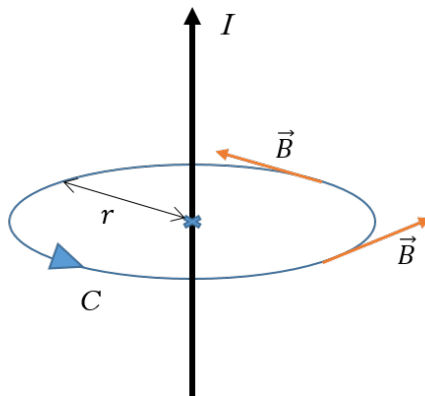


FIGURE 1 – Ligne de champ créée par fil rectiligne "infini"

— une constante μ_0 appelée *perméabilité magnétique du vide* et dont les dimensions sont les suivantes :

$$[\mu_0] = M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot I^{-2}$$

4. Déterminer, à une constante multiplicative k près, l'expression de B en fonction des paramètres mentionnés précédemment. Ecrire ensuite complètement l'expression de B sachant que la constante multiplicative s'identifie à $k = \frac{1}{2\pi}$.

On cherche maintenant à déterminer la valeur du champ magnétique B à l'aide de mesures indirectes. On mesure l'intensité du courant électrique i qui traverse le fil ainsi que la distance r au fil où l'on cherche à déterminer ce champ magnétique B . Les mesures réalisées sont les suivantes :

$$I = 1,35 \pm 0,02 \text{ A avec un intervalle de confiance de 68\%}$$

$$r = 20,0 \pm 0,5 \text{ cm avec un intervalle de confiance de 68\%}$$

On donne la valeur numérique de la perméabilité magnétique μ_0 : $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ SI}$. Cette grandeur est considérée connue avec certitude.

5. Donner l'expression (aucune démonstration n'est demandée) de l'incertitude-type relative $\frac{u(B)}{B}$ sur le champ magnétique B .
6. Déterminer la valeur « théorique » du champ magnétique dans la situation envisagée. On donnera le résultat avec un intervalle de confiance de 68% puis de 95%.

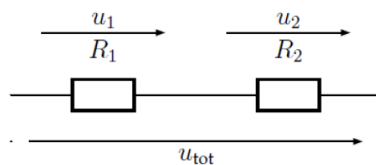
Exercice 2 : C'est le pompon, tous ces ponts ! (~ 1h 15 minutes)

Remarques très importantes pour cet exercice :

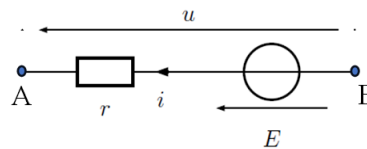
- un voltmètre est assimilable à une résistance R_V qui affiche la tension à ses bornes ; un voltmètre idéal est tel que $R_V \rightarrow \infty$, autrement dit, aucun courant ne le traverse (dit encore autrement, le voltmètre se comporte comme un interrupteur ouvert) ;
- un ampèremètre est assimilable à une résistance R_A qui affiche le courant la parcourant ; un ampèremètre idéal est tel que $R_A \rightarrow 0$, autrement dit, aucune tension ne règne à ses bornes (dit encore autrement, l'ampèremètre se comporte comme un interrupteur fermé).

1 Généralités (questions proches du cours et des TP)

On considère le dipôle ci-dessous, formé de l'association en série de deux résistances R_1 et R_2 soumises à la tension u_{tot} :

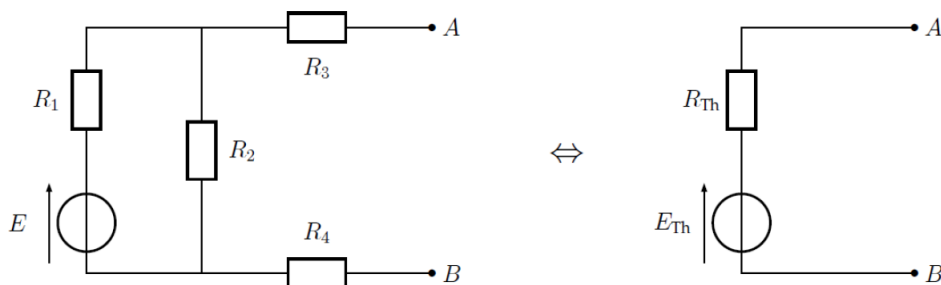


1. Établir (c'est-à-dire démontrer) l'expression de u_2 en fonction de R_1 , R_2 et u_{tot} .
2. On considère le dipôle ci-dessous, formé de l'association série d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E et de résistance interne r :



- a. Tracer sa caractéristique statique courant-tension $i = f(u)$.
- b. Donner la tension indiquée par un voltmètre idéal branché à ses bornes.
- c. Donner l'intensité indiquée par un ampèremètre idéal branché à ses bornes.
- d. On remplace le générateur de force électromotrice E par un fil : quelle est l'indication (l'affichage) d'un ohmmètre branché à ses bornes ?

On admet que le dipôle ci-dessous à gauche est équivalent au générateur de Thévenin à droite et on cherche à déterminer la force électromotrice E_{Th} et la résistance interne R_{Th} de ce générateur en fonction de E et des résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 . Pour cela, on utilise les résultats de la question 2.

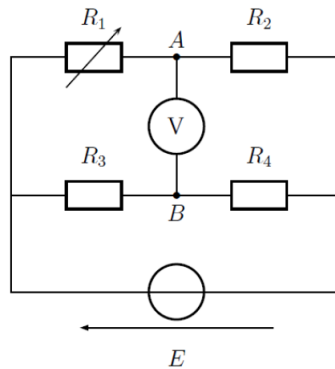


3.
 - a. Pour obtenir E_{Th} , quelle tension doit-on déterminer dans le montage de gauche ? Justifier à l'aide d'une des réponses précédentes.
 - b. En déduire l'expression de E_{Th} en fonction des grandeurs utiles du montage de gauche.
 - c. Pour obtenir R_{Th} , par quoi doit-on remplacer le générateur de tension E ? Justifier à l'aide d'une des réponses précédentes.
 - d. En déduire l'expression de R_{Th} en fonction des résistances du montage de gauche.

2 Étude d'un pont de Wheatstone

Un pont de Wheatstone est un circuit électrique conçu pour mesurer avec une grande précision une résistance électrique inconnue. Inventé au XIX^e siècle, celui-ci reste une référence en électronique. Vous pourrez notamment l'utiliser lors des projets de TIPE.

Celui-ci est constitué d'un générateur idéal de tension (résistance interne nulle), de quatre résistances et d'un voltmètre. **On considère dans un premier temps que le voltmètre est idéal.**



Données pour l'exercice : $\theta_0 = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$; $R_2 = R_3 = R_4 = 25\text{ }\Omega$; $E = 6,0\text{ V}$.

On appellera u_i la tension aux bornes de la résistance R_i en convention récepteur.

4. Reproduire sur la copie le schéma électrique précédent, et flécher correctement les tensions u_2 et u_4 .
5. Exprimer, en justifiant, la tension u_2 en fonction de E , R_1 et R_2 .
6. Faire de même pour la tension u_4 en fonction de E , R_3 et R_4 .
7. En déduire l'expression de la tension u_{AB} aux bornes du voltmètre en fonction de E et des différentes résistances R_i .
8. En déduire que si $U_{AB} = 0$, les valeurs des résistances vérifient $R_1 R_4 = R_2 R_3$.

La résistance R_1 varie en fonction de la température θ (exprimée en $^{\circ}\text{C}$) selon la loi :

$$R_1 = R_0 \left(1 + \frac{\theta}{\theta_0} \right) \text{ où } \theta_0 \text{ est une constante positive.}$$

9. Déterminer la valeur de R_0 pour que la tension U_{AB} soit nulle pour $\theta = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. On suppose cette condition vérifiée dans toute la suite de l'exercice.
10. Montrer que, lorsque $\theta \ll \theta_0$, U_{AB} peut se mettre sous la forme : $U_{AB} = -\frac{\theta}{4\theta_0} E$.
11. Calculer la valeur de u_{AB} pour $\theta = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

On considère maintenant que le voltmètre **n'est plus parfait** mais présente une résistance R_V .

12. En raisonnant comme dans la question 3, utiliser les résultats de la question 2 pour déterminer la force électromotrice E_{Th} et la résistance interne R_{Th} du dipôle entre les noeuds A et B, formé par le générateur et les résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 .
13. On utilise un voltmètre analogique dont la résistance est R_V . Établir l'expression de la tension U_{AB} en fonction des résistances R_{Th} , R_V et la tension E_{Th} .