

Devoir Surveillé N°1 de Physique-Chimie

Vendredi 26 septembre 2025 - 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 : Chauffage d'un lingot (~ 20 min)

On s'intéresse dans cet exercice au chauffage d'un lingot métallique dans un four préalablement réglé à la température désirée. On montre que le temps t nécessaire pour que le centre de ce lingot atteigne la température du four dépend des grandeurs physiques suivantes :

- ✿ la géométrie du lingot à travers sa longueur ℓ ;
- ✿ la nature du métal à chauffer à travers sa masse volumique ρ ;
- ✿ sa capacité thermique massique c_p qui traduit l'inertie thermique du métal ;
- ✿ sa conductibilité thermique λ qui traduit sa permabilité à la chaleur environnante.

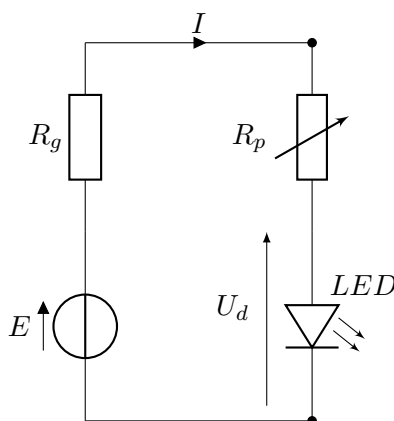
1. **Question de cours** : rappeler les 7 dimensions fondamentales permettant de définir les dimensions de toute autre grandeur physique ainsi que leur notation standard associée. On précisera pour chacune de ces dimensions son unité associée dans le système international d'unités.

Les résultats seront présentés sous la forme d'un tableau.

2. Sachant que la capacité thermique c_p s'exprime dans le système international d'unités en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, déterminer les dimensions de la capacité thermique c_p .
J désigne l'unité de l'énergie en joule.
3. Répondre à la même question concernant la conductibilité thermique λ sachant que celle-ci s'exprime dans le système international d'unités en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
W désigne l'unité de la puissance en watt.
4. En effectuant une analyse dimensionnelle, déterminer à une constante multiplicative près k , l'expression du temps de chauffe t en fonction de ℓ , ρ , c_p et λ .

Exercice 2 : Alimentation d'une diode électroluminescente (LED) (~ 30 min)

Lors d'une séance de TIPE, un étudiant a besoin d'alimenter une diode électroluminescente (LED) dans le montage expérimental constituant son support d'étude. Soucieux de ne pas détériorer cette diode, il décide dans un premier temps d'en étudier son fonctionnement. Pour cela il réalise le montage électrique suivant :



Il utilise donc un générateur de tension continue de force électromotrice E et de résistance interne $R_g = 50 \, \Omega$ qu'il branche en série avec une résistance variable R_p (résistance dite de protection) et la diode électroluminescente. On nomme U_d la tension aux bornes de cette LED. Il se documente ensuite sur internet et trouve la caractéristique courant-tension de cette diode. Celle-ci est présentée sur le schéma suivant :

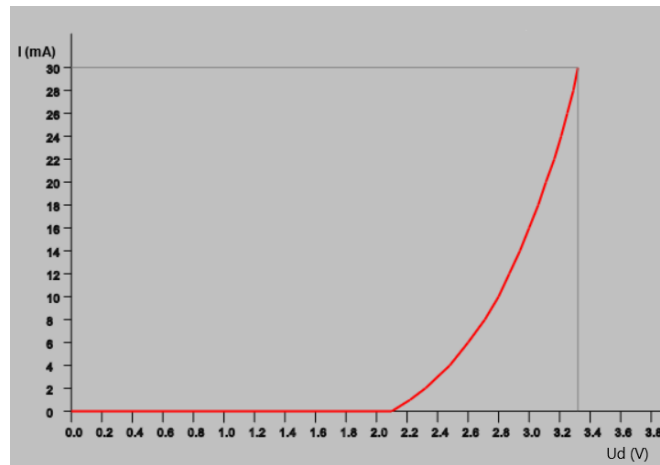


Figure 1: Caractéristique courant-tension d'une diode électroluminescente

Il trouve enfin quelques informations :

- Courant maximal I_{max} supporté par la diode : $I_{max} = 30 \, \text{mA}$;
- Puissance maximale supportée par la diode : $P_{max} = 100 \, \text{mW}$ (la LED est détruite au delà de cette puissance) ;
- Courant minimal I_{min} permettant un éclairage minimal : $I_{min} = 4,0 \, \text{mA}$.

1. Une diode électroluminescente est dite "passante", à savoir qu'elle se voit traverser par un courant I positif, à partir d'une certaine tension limite inférieure, appelée tension de seuil U_s . Déterminer graphiquement cette *tension de seuil* U_s . Comment se comporte la diode pour une tension inférieure à cette *tension de seuil* U_s ?

L'étudiant règle la tension de la force électromotrice du générateur de tension à la valeur $E = 5,0 \, \text{V}$.

2. Déterminer la tension U_{dmax} à laquelle la LED doit être soumise pour que l'éclairage de la diode soit maximal (éclairage associé à la puissance maximale de la LED). Vérifier que la tension déterminée est cohérente avec la caractéristique courant-tension de la LED.
3. Déterminer alors la valeur de la résistance R_{p1} associée à l'éclairage maximal de la LED.
4. Reprendre le raisonnement des questions précédentes pour déterminer la valeur de la résistance R_{p2} associée à l'éclairage minimal de la LED.

L'étudiant fixe ensuite la résistance R_p à la valeur de $R_p = 280 \, \Omega$.

5. Si l'étudiant augmente progressivement la force électromotrice E du générateur de tension, quelle valeur E_{max} ne doit-il pas dépasser s'il ne veut pas détruire la LED ?

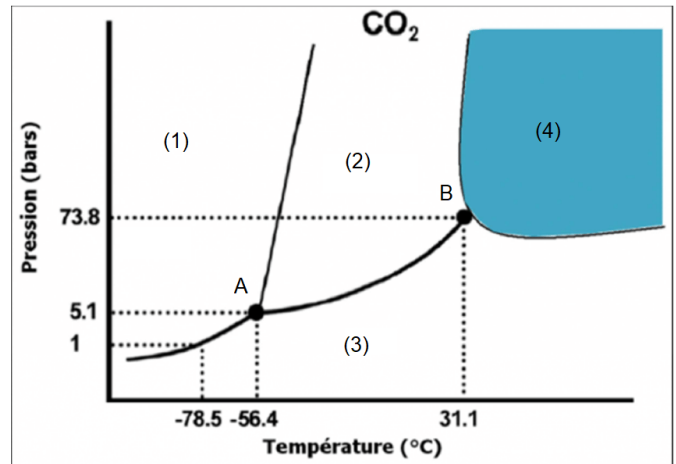
Exercice 3 : À propos du dioxyde de carbone (~ 30 min)

Le CO_2 , ou dioxyde de carbone, est un gaz présent dans l'atmosphère terrestre à raison de 428 ppm (parties par million). Il est consommé par les végétaux lors de la photosynthèse et produit par la respiration des êtres vivants et la combustion d'énergies fossiles.

Diagramme de phases

On présente ci-contre le diagramme de phases du CO_2 .

1. Préciser l'état du CO_2 dans les domaines numérotés (1), (2), (3) et (4). Comment s'appellent les points A et B?
2. A quelle température le CO_2 gèle-t-il à la pression atmosphérique ambiante? Comment s'appelle ce changement d'état?
3. Est-il possible de liquéfier le CO_2 à pression ambiante? Comment faudrait-il procéder pour obtenir du CO_2 liquide en laboratoire?



Production par combustion

On étudie la combustion **totale** du butane (C_4H_{10}) en présence du dioxygène de l'air (O_2), qui produit de l'eau (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2).

4. Écrire l'équation-bilan de la réaction et équilibrer les coefficients stœchiométriques.
5. Dresser le tableau d'avancement de la réaction, sachant qu'on introduit $n_1 = 0,10$ mol de butane et $n_2 = 0,65$ mol de dioxygène dans le réacteur. On prendra une quantité initiale de CO_2 et H_2O nulle.
6. Déterminer l'avancement $\xi_{\max}$ de cette réaction.
7. Déterminer la quantité de matière de CO_2 produite par cette réaction.

Exercice 4 : Principe de fonctionnement d'une minuterie (~ 40 min)

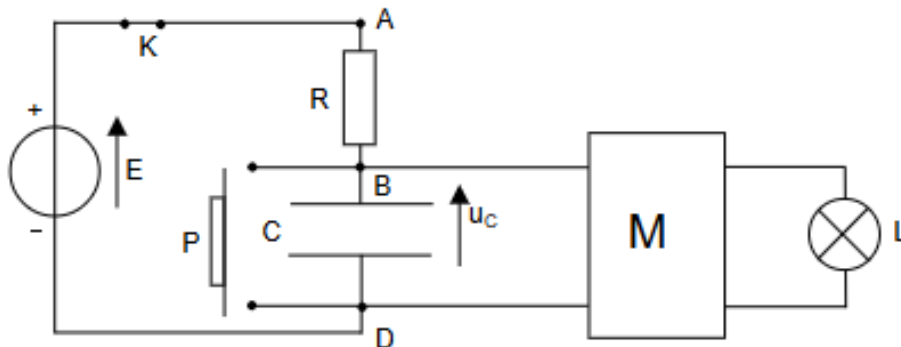
On étudie le fonctionnement d'une minuterie permettant d'éteindre automatiquement une lampe au bout d'une durée t_0 réglable.

Le montage du circuit électrique est constitué:

- d'un générateur idéal de tension $E = 30\text{ V}$
- d'un interrupteur K
- d'un conducteur ohmique de résistance R
- d'un condensateur de capacité C
- d'un bouton poussoir P : il est équivalent à un interrupteur ouvert quand on ne le touche pas et à une résistance r quand on appuie dessus.
- d'un composant électronique M qui permet l'allumage de la lampe L tant que la tension aux bornes du condensateur est inférieure à une tension limite $U_l = 20\text{ V}$.

Le composant électronique M possède une alimentation électrique propre (non représentée sur le schéma) qui lui fournit l'énergie nécessaire à l'allumage de la lampe.

De ce fait, on admettra que le composant électronique M ne perturbe pas le fonctionnement du circuit, c'est-à-dire que la tension aux bornes du condensateur est identique, que M et la lampe soient présents ou non dans le circuit.



Étude du circuit dans la phase de charge

A l'instant initial ($t = 0^-$), le condensateur est déchargé. On ferme l'interrupteur K , le bouton poussoir P est relâché (voir schéma ci-dessus).

1. Établir que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur peut se mettre sous la forme :

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

On donnera l'expression de τ .

2. Quelle est la valeur de u_C en régime permanent continu (ou régime permanent) ?
3. Que vaut $u_c(t = 0^+)$? À l'aide de cette condition initiale, résoudre l'équation différentielle en rédigeant soigneusement toutes les étapes.

4. La représentation graphique de la fonction $u_C(t)$ est donnée dans le document 1 de l'annexe, **à rendre avec la copie**. Faire apparaître sur ce graphe :
 - (a) la tension E ,
 - (b) les régimes permanent et transitoire
 - (c) la constante τ (avec la méthode de votre choix, à justifier)
5. On donne la valeur de la résistance $R = 100 \text{ k}\Omega$. À l'aide de la lecture graphique de τ , en déduire la valeur de C .
6. Quelle est la valeur de u_C en régime permanent ?
7. Donner l'expression littérale de la date t_0 à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite U_l en fonction de U_l , E et τ . (On rappelle que t_0 est la durée pendant laquelle la lampe est allumée).
8. Calculer numériquement la valeur de t_0 et vérifier la validité du résultat à l'aide du graphe $u_C(t)$ fourni dans le document 1 de l'annexe **à rendre avec la copie**.
9. On a fixé U_l à 20 V pour obtenir une durée d'allumage t_0 voisine de τ . Pour quelle raison choisir t_0 très supérieur à τ n'aurait pas été judicieux pour un tel montage ?
10. Quel(s) paramètre(s) du montage peut-on modifier sans changer le générateur afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ?

Application numérique : en fixant $C = 200 \mu\text{F}$, quelle valeur doit-on donner à la résistance R pour obtenir une constante de temps d'une minute ?

Étude de l'effet du bouton poussoir

On part du régime permanent précédent où le condensateur est chargé à $E > U_l$ (donc la lampe est éteinte).

Dans cette phase, on appuie sur le bouton poussoir P : il est maintenant équivalent à une résistance r en parallèle du condensateur. L'interrupteur K , lui, reste fermé.

11. Dessiner le circuit dans ce cas (on pourra omettre le composant M et la lampe, qui ne modifient pas le comportement du circuit).

On suppose que l'on maintient le bouton poussoir appuyé suffisamment longtemps pour que le régime permanent soit atteint.

12. Par quoi peut-on alors remplacer le condensateur ? Dessiner le schéma du circuit équivalent et calculer alors la tension $u_{C,\infty}$ aux bornes du condensateur.
13. La résistance r est très faible devant R : $r = 1\Omega$. La lampe est-elle alors allumée ou éteinte ?
14. Dans le régime transitoire, montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_c est cette fois de la forme:

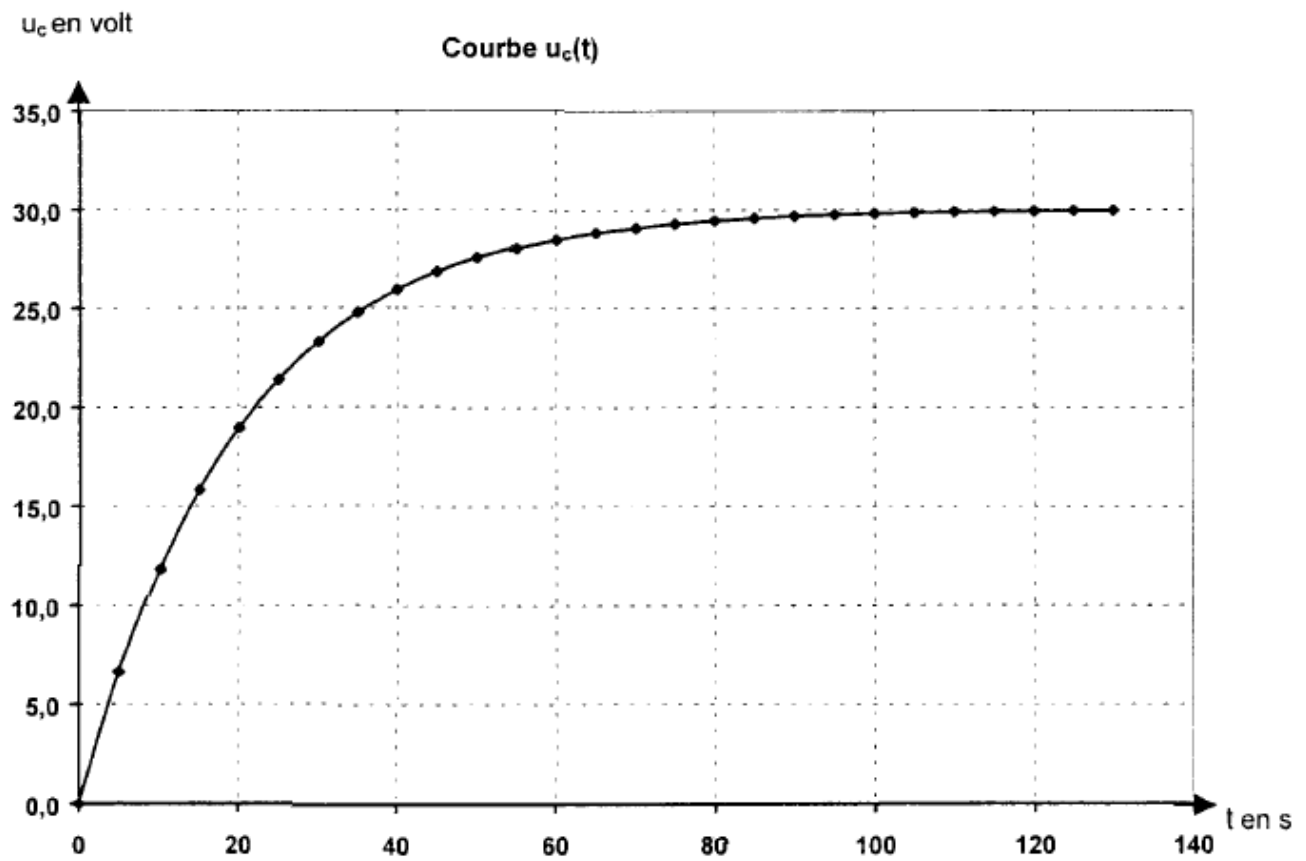
$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau'} = \frac{E}{RC}$$

Donner l'expression du nouveau temps caractéristique τ' .

15. Le condensateur étant initialement chargé, combien de temps environ faut-il appuyer sur le bouton pour rallumer la lumière? Commenter cette valeur.
16. Résoudre complètement l'équation différentielle de la question 14 avec la nouvelle condition initiale $u_C(t = 0^-) = E$.

NOM Prénom:

Annexe: à rendre avec la copie



Document 1: Courbe de $u_C(t)$.