# DEVOIR LIBRE 1

***Programme de révision à la carte !***

*Afin que vous soyez à l'aise avec la suite du programme de physique, mais aussi en prévision du concours blanc, il est souhaitable que vous révisiez les thèmes proposés ci-dessous.*

***La priorité est de refaire tous les exercices des TD, ainsi que ceux des DM et des DS, se rapportant à ces différents thèmes.***

*Lorsque ce travail est réalisé, vous pouvez vous confronter aux nouveaux exercices proposés dans ce DM, en les choisissant en fonction des thèmes que vous souhaitez approfondir…*

*Si vous bloquez sur une question : consultez votre cours (fiches, cartes mentales), recherchez des situations analogues dans les exercices de TD/DM/DS, puis reprenez la question…*

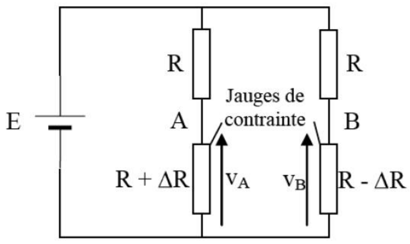
| Thèmes abordés | Ex 1 | Ex 2 | Ex 3 | Pb 4 |
|---|---|---|---|---|
| Oscillateur mécanique | X | | | |
| Circuits électriques | | X | X | X |
| Régime permanent continu | | X | | X |
| Équation différentielle d'ordre 1 | | | X | |
| Oscillateur électrique (éq. diff. ordre 2) | | | | X |
| Énergie électrique | | | X | |

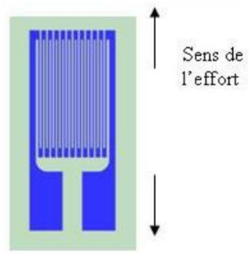
## Exercice 1 – Électron dans un puits de potentiel

Un électron de masse $m_e = 9{,}11.10^{-31}$ kg et de charge $q = -1{,}6.10^{-19}$ C est piégé à l'intérieur d'un dispositif tel que son énergie potentielle électrique est $E_P = \frac{1}{2}\frac{qV_0}{d^2}z^2$ où $V_0 = -5{,}0$ V et $d = 6{,}0$ mm. On s'intéresse au mouvement de l'électron selon $(Oz)$.

1. Exprimer l'énergie mécanique de l'électron en fonction des données, de $z(t)$ et de $\frac{dz}{dt}$.
2. Exprimer puis calculer la fréquence des oscillations de l'électron selon $(Oz)$ dans le piège.

# Exercice 2 – Capteur de déformation



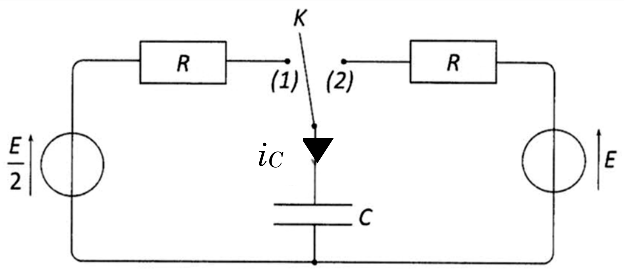

Les jauges de contrainte sont des résistances variables. Elles permettent de réaliser des capteurs de force ou de pression et peuvent être utilisées localement afin de mesurer des déformations du corps sur lequel elles sont collées. Le montage ci-dessus, en pont de Wheatstone, comporte deux jauges de contrainte.

- Sans déformation $R_{jauge} = R$ ; en traction $R_{jauge} = R + \Delta R$ ; en compression $R_{jauge} = R - \Delta R$.
- La variation de résistance $\Delta R$ vérifie $\Delta R << R$.
- Le circuit est alimenté par une source de tension continue $E = 15\ \text{V}$.

1. Exprimer les tensions $V_A$ et $V_B$ en fonction de $E$, $R$ et $\Delta R$.
2. En déduire l'expression de la tension $U_{AB} = V_A - V_B$. Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme : $U_{AB} = \dfrac{2 \cdot R \cdot \Delta R}{4R^2 - (\Delta R)^2} \cdot E$.
3. Que devient cette relation en considérant $R >> \Delta R$.
4. Déterminer la valeur de $U_{AB}$ pour une variation $\dfrac{\Delta R}{R} = 5,0\ \%$.

# Exercice 3 – Rendement de la charge d'un condensateur

Pour charger un condensateur idéal de capacité $C$, on envisage deux façons de procéder à partir du dispositif suivant.




1<sup></sup>

3. En déduire l'expression de l'énergie électrique $\mathscr{E}_g$ fournie par le générateur au cours de la charge du condensateur, supposée durer un temps infini.
4. Quelle est l'énergie $\mathscr{E}_C$ emmagasinée par le condensateur à la fin de la charge ?

   En déduire le rendement de la charge, défini par $r = \left|\frac{\mathscr{E}_C}{\mathscr{E}_g}\right|$.
5. Déterminer l'expression de l'énergie $\mathscr{E}_J$ dissipée par effet Joule dans la résistance $R$ au cours de la charge du condensateur. Vérifier le résultat avec un bilan d'énergie.

2ÈME MÉTHODE

Une autre façon de charger le condensateur consiste à procéder en deux temps. Alors que le condensateur est déchargé, l'interrupteur est fermé en position (1) à $t = 0$. Lorsque le régime transitoire qui s'ensuit est achevé, l'interrupteur est basculé en position (2).

On s'intéresse d'abord à la première partie de la charge, lorsque l'interrupteur est en position (1).

6. Écrire l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur (convention récepteur). La résoudre afin d'exprimer $u_C(t)$.
7. Déterminer l'expression de l'instant $t_1$ pour lequel la tension $u_C(t)$ atteint 99 % de sa valeur finale.

On suppose que la charge est achevée à l'instant $t_1$. On peut se servir de $t_1$ comme nouvelle origine des temps pour l'étude de la deuxième partie de la charge. À $t = t_1$, l'interrupteur est basculé en position (2).

8. Écrire l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ au cours de la deuxième phase de la charge. La résoudre afin d'exprimer $u_C(t)$ pour $t > t_1$.
9. Tracer l'allure de la tension $u_C(t)$ pour $t > 0$.
10. Exprimer l'intensité du courant $i_C(t)$ qui traverse le condensateur pendant les deux phases de la charge.
11. Déterminer l'énergie électrique totale fournie par les deux générateurs pendant la charge.
12. En déduire le rendement pour cette nouvelle façon de procéder.

# Problème 4 – Modélisation de l'œil humain

***(Banque G2E 2019)***

Ce problème traite de la transmission électrique entre l'œil et le cerveau. Les cellules de la rétine transforment le signal lumineux en signal électrique, qui se propage ensuite vers le cerveau via les neurones. Lorsque les cônes et bâtonnets sont stimulés, un signal électrique, appelé potentiel d'action et noté $S(t)$, se propage dans le nerf optique, après un temps de réaction (temps de latence). Son profil temporel en un point donné du neurone est représenté sur la FIGURE 1.

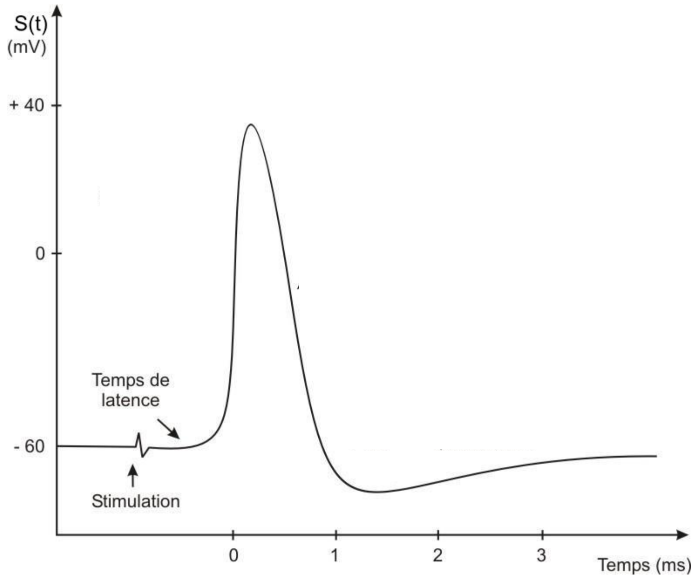



FIGURE 1 : Évolution temporelle du potentiel d'action $S(t)$

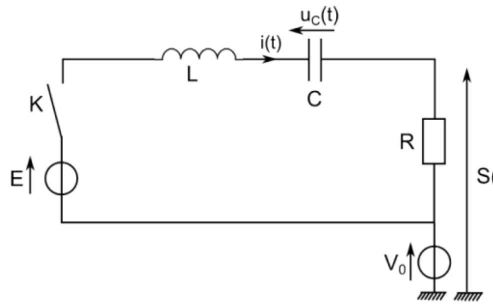



FIGURE 2 : Circuit électrique

1. À l'aide du graphe de la FIGURE 1, préciser les valeurs suivantes du potentiel d'action $S(t)$ : valeur de repos $S_0$, valeur maximale $S_{max}$, valeur minimale $S_{min}$. Donner une valeur approchée de la durée caractéristique notée $\tau$.

On cherche à reproduire ce signal à l'aide du matériel d'électricité disponible au laboratoire. Un circuit qui peut convenir est présenté sur la FIGURE 2. Le circuit *RLC* est soumis à un échelon de tension. On cherche les valeurs de $V_0$, $E$, $R$, $L$ et $C$ telles que le signal $S(t)$ du circuit corresponde le plus possible au signal $S(t)$ du neurone.

Pour $t < 0$, l'interrupteur est ouvert, le condensateur est déchargé et le régime est permanent. À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

2. Pour $t < 0$, quelles sont les valeurs de $i$, $u_C$ et $S$ ? En déduire la valeur de $V_0$ à choisir.
3. Exprimer les valeurs de $i$, $u_C$ et $S$ à l'instant $t = 0^+$, juste après la fermeture de l'interrupteur.
4. Donner la relation entre $i(t)$, $S(t)$, $V_0$ et $R$.
5. À partir de la loi des mailles, établir l'équation différentielle du deuxième ordre vérifiée par $S(t)$.

6. Mettre cette équation sous la forme canonique suivante :
$$\frac{d^2S}{dt^2}+\frac{\omega_0}{Q}\frac{dS}{dt}+\omega_0^2S=\omega_0^2V_0$$
et identifier la pulsation propre $\omega_0$ et le facteur de qualité $Q$ en fonction de $R$, $L$ et $C$.
7. Déterminer la forme générale de la solution, en fonction de deux constantes d'intégration $A$ et $B$, afin que $S(t)$ corresponde au signal de la FIGURE 1. On fera apparaître une pulsation particulière notée $\omega$ et la durée caractéristique $\tau$ (dans l'exponentielle $e^{-\frac{t}{\tau}}$). Préciser les expressions de $\omega$ et $\tau$ en fonction de $\omega_0$ et $Q$.
8. Montrer que l'une des deux constantes d'intégration est nulle.
9. Écrire la loi des mailles à l'instant $t=0^+$ et en déduire l'expression de $\left(\frac{dS}{dt}\right)_{t=0^+}$. Exprimer alors la deuxième constante d'intégration en fonction de $\omega$, $E$ et $\tau$.

Avec un logiciel de tracé, on peut ajuster les paramètres $\omega$, $E$ et $\tau$ de telle façon que le signal électrique $S$ soit le plus proche possible du potentiel d'action. Le résultat est donné par la FIGURE 3.

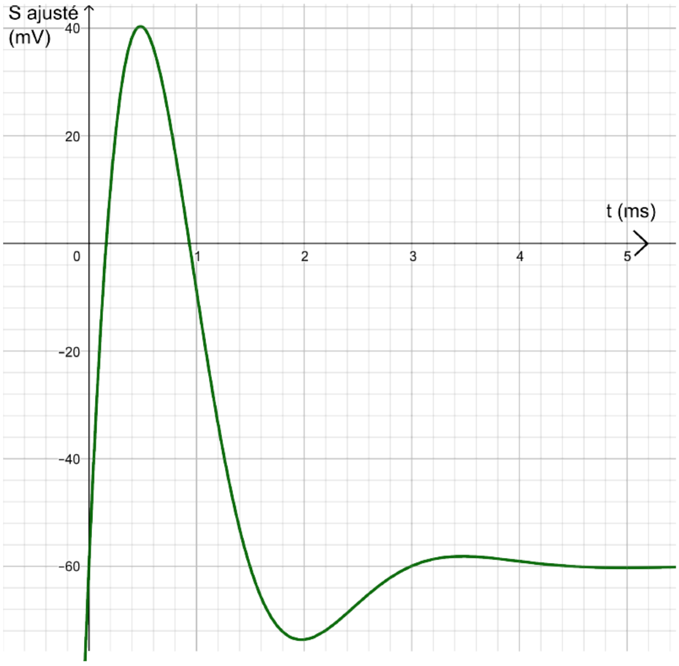


FIGURE 3 : Signal électrique $S(t)$ ajusté

10. Comparer les courbes des FIGURES 1 et 3. Donner au moins deux points communs et deux différences notables entre le signal ajusté et le potentiel d'action.

On définit le décrément logarithmique par $\delta=\ln\left(\frac{S(t_n)-S(\infty)}{S(t_n+T_P)-S(\infty)}\right)$ avec $t_n$ l'instant où le signal $S(t)$ passe par son $n^{\text{ème}}$ maximum et $T_P$ la pseudo-période.

11. Mesurer les valeurs de $T_P$ et $\delta$ à l'aide du graphe de la FIGURE 3.