NOM :
Prénom :

TS5 Sciences Physiques

Physique nucléaire (11 points)

Données :

Unité de masse atomique	$u = 1{,}660\ 54 \times 10^{-27}$ kg
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	E = 931,5 MeV
Électronvolt	$1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}$ J
Megaélectronvolt	$1\ \text{MeV} = 1\times10^{6}$ eV
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 2{,}9979 \times 10^{8}\ \text{m.s}^{-1}$

Nom	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Hélium	Tritium	Deutérium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{231}_{90}\text{Th}$	${}^{235}_{91}\text{Pa}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{93}\text{Np}$	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	${}^{4}_{2}\text{He}$	${}^{3}_{1}\text{H}$	${}^{2}_{1}\text{H}$	${}^{1}_{0}n$	${}^{1}_{1}p$	${}^{0}_{-1}e$
Masse (en u)	230,9869	234,9955	234,9935	234,9930	239,0006	4,0015	3,0155	2,0136	1,0087	1,0073	$5{,}49 \times 10^{-4}$

Questions préliminaires :

1. Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.
2. Montrer que l'énergie associée à une masse de 1 u est égale à 931,5 MeV

1. Désintégration spontanée de l'uranium 235

L'uranium 235 est radioactif alpha.
1.1. Ecrire l'équation correspondant à cette réaction de désintégration
1.2. Donner l'expression littérale du défaut de masse $\Delta m({}^{235}\text{U})$ du noyau d'uranium 235.
1.3 Calculer ce défaut de masse (on l'exprimera en unité de masse atomique u).
1.4. Définir l'énergie de liaison E_L d'un noyau.
1.5 Calculer, en joule, l'énergie de liaison $E_L({}^{235}\text{U})$ du noyau d'uranium 235.
1.6 En déduire l'énergie de liaison par nucléon E_L/A du noyau d'uranium 235. Exprimer ce résultat en MeV.nucléon^{-1}.

2. Bilan énergétique.

2.1 Établir littéralement la variation d'énergie ΔE de la réaction de désintégration spontanée de l'uranium 235 en fonction des masses des noyaux ou particules mis en jeu.
2.2 Calculer ΔE en MeV.

3. Fission de l'uranium 235.

3.1 L'uranium 235 est aussi fissile. Donner la définition de la fission.
3.2 Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, un grand nombre de réactions sont possibles. Parmi celles-ci, il y en a une qui, sous l'impact d'un neutron, donne les noyaux de zirconium et de tellure, dont les symboles des noyaux sont ${}^{99}_{40}\text{Zr}$ et ${}^{134}_{52}\text{Te}$. Ecrire l'équation de la réaction.
3.4. Expliquer qualitativement l'intérêt énergétique de cette réaction.

4. Fusion de noyaux

4.1. Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fusion ?
4.2 Le deutérium et le tritium sont représentés par le même symbole H, pourquoi ?
4.3 Ecrire l'équation nucléaire de la fusion entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium, au cours de laquelle se forme un noyau d'hélium ${}^{4}_{2}\text{He}$.
4.4 On donne les valeurs des énergies de liaison des noyaux suivants :

$E_L(D) = 2{,}2$ MeV ; $E_L(T) = 8{,}5$ MeV ; $E_L({}^{4}_{2}\text{He}) = 28{,}3$ MeV.

Exprimer l'énergie ΔE qui peut être libérée par cette réaction en fonction des énergies de liaison.
Calculer numériquement la valeur de ΔE.

Dipôle RC : Principe d'une minuterie (11 points)

1. Charge du condensateur

Le montage du circuit électrique schématisé ci-dessous (figure 1) comporte :

- un générateur idéal de tension $E = 12,0$ V
- un conducteur ohmique de résistance R inconnue ;
- un condensateur de capacité $C = 120$ µF ;
- un interrupteur K.

Le condensateur est initialement déchargé.
À la date t = 0, on ferme l'interrupteur K.
Sur le schéma du circuit une flèche représente le sens de circulation du courant d'intensité i dans le circuit. Ce sens sera considéré comme le sens positif.
On note q la charge de l'armature du condensateur qui se chargera positivement.

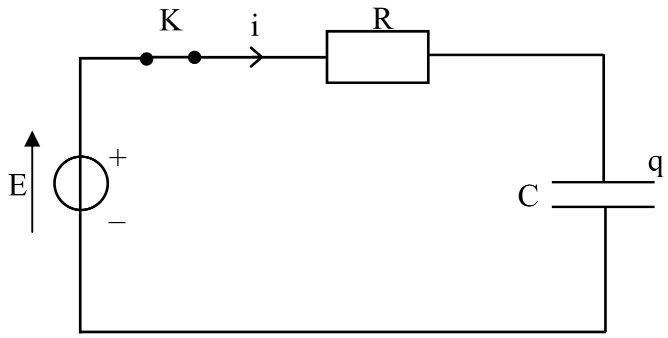


Figure 1

1.1. En utilisant la convention récepteur, représenter par des flèches sur la figure 1 les tensions u_C aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique.
1.2. Donner l'expression de u_R en fonction de i et la relation liant q et u_C.
1.3. Donner l'expression de i en fonction de la charge q du condensateur. En déduire l'expression de i en fonction de la capacité C et de la tension u_C.
1.4. Etablir une relation entre E, u_R et u_C (justifier)
1.5. Établir l'équation différentielle notée (1) à laquelle obéit u_C.

1.6. Vérifier que $u_C = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle (1) avec $\tau = RC$
1.7. Vérifier que cette solution convient bien en particulier pour t=0 et $t=+\infty$
1.8. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le produit $\tau = RC$ est bien homogène à une durée.
1.9 A l'aide de la courbe $u_C = f(t)$ donnée ci-dessous, déterminer graphiquement la valeur de τ. La construction qui permet la détermination de τ doit figurer sur la courbe $u_c = f(t)$.
1.10 En déduire la valeur de la résistance R.

Courbe $u_C = f(t)$

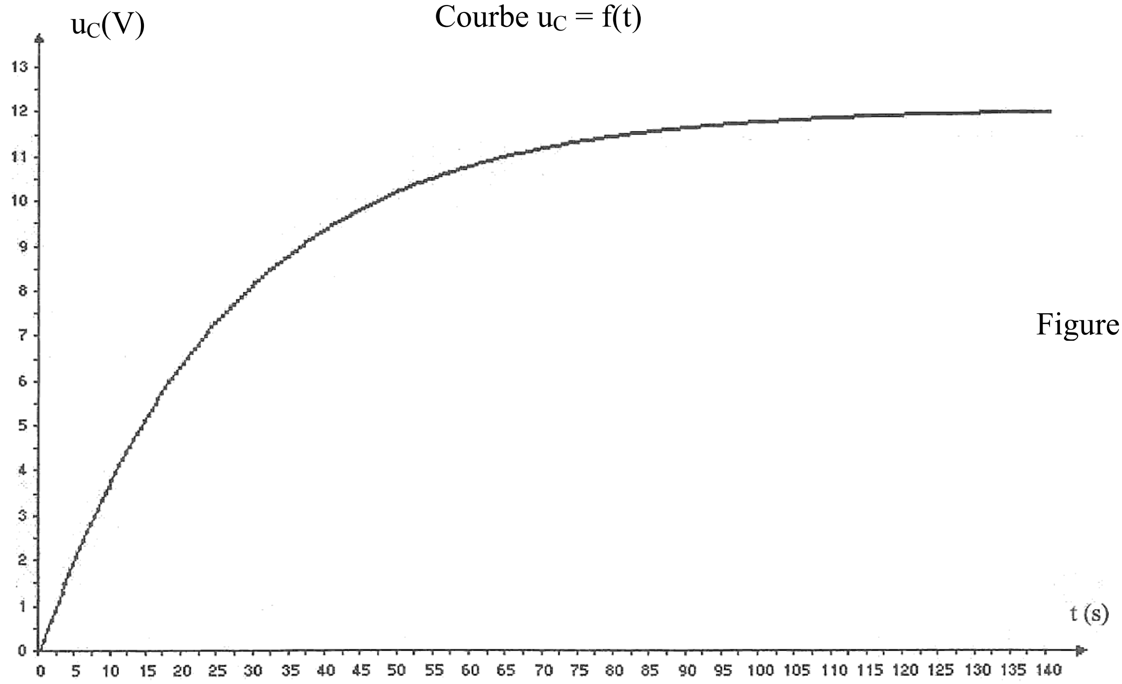


Figure 2

2. Application

Au dipôle RC précédemment étudié, on associe un montage électronique qui commande l'allumage d'une lampe : la lampe s'allume lorsque la tension u_C aux bornes du condensateur est inférieure à une valeur limite $u_{al} = 6,0$ V ; elle s'éteint dès que la tension u_C aux bornes du condensateur est supérieure à cette valeur limite $u_{al} = 6,0$ V. Le circuit obtenu (figure 3) est le suivant :

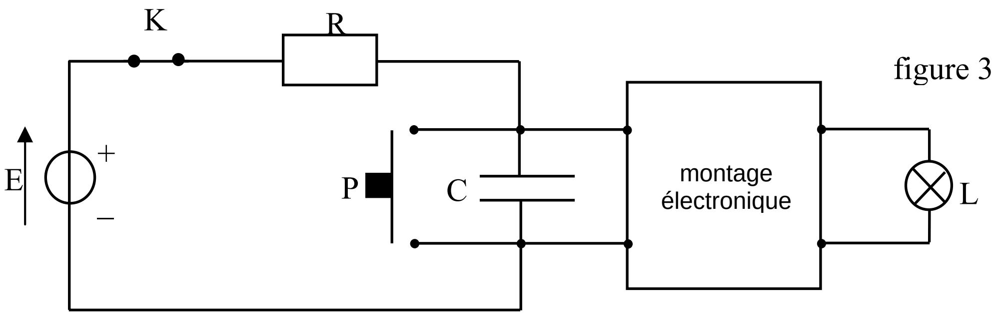


figure 3

Lorsqu'on appuie sur le bouton poussoir P, ce dernier se comporte comme un fil conducteur de résistance nulle. Il provoque la décharge instantanée du condensateur.
Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, ce dernier se comporte alors comme un interrupteur ouvert.

2.1. Le condensateur est initialement chargé avec une tension égale à 12 V, la lampe est éteinte. On appuie sur le bouton poussoir P. Que devient la tension aux bornes du condensateur u_C pendant cette phase de contact ? La lampe s'allume-t-elle ? Justifier la réponse.

2.2. On relâche le bouton poussoir.

2.2.1 Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ? Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ?

2.2.2 En vous aidant de la solution de l'équation différentielle, donner l'expression littérale de la date t_{al}, à laquelle la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur limite u_{al} en fonction de u_{al}, E et τ.

2.2.3 Calculer la valeur de t_{al} durée d'allumage de la lampe.

2.2.4 Retrouver graphiquement la valeur de t_{al} à l'aide de la courbe $u_C = f(t)$. Indiquer clairement cette durée sur le graphe.

2.3. La tension aux bornes du générateur E étant constante, on voudrait augmenter la durée d'allumage. Quels sont les deux paramètres du circuit électrique de la figure 1 sur lesquels on peut agir ? Préciser pour chacun d'entre eux comment ils doivent varier.

Chimie 1 : La couleur des hortensias (8 points)

Certaines fleurs, comme celles des hortensias, possèdent des couleurs variées dues à des pigments naturels.
Les couleurs rouge, mauve, violette et bleue viennent de la présence d'anthocyanines dans les pétales.
La couleur violette est due à la molécule suivante que l'on notera HA dans la suite de l'exercice.

1. Introduction.

HA peut appartenir à deux couples H_2A^+ / HA de $pKa_1 = 4,3$ et HA / A^- de $pKa_2 = 7$
L'espèce H_2A^+ est rouge, l'espèce HA est violette et l'espèce A^- est bleue. On rappelle que pKe = 14.

1.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

1.2. Préciser dans chacun des 2 couples la forme acide et la forme basique.

2. Comportement de Ha en tant qu'acide.

2.1. Écrire l'équation de la réaction de HA en tant qu'acide avec l'eau.

2.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre de cette réaction. Donner sa valeur.

2.3. Le pH d'une solution contenant HA est de 10.

À partir de l'expression de K, évaluer littéralement, puis calculer le rapport $\dfrac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}$

2.4. En déduire l'espèce prédominante. Conclure sur la couleur de la solution.

3. Comportement de Ha en tant que base.

3.1. Écrire l'équation de la réaction de HA en tant que base avec l'eau.

3.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre K' de cette réaction. Quelle est la relation entre Ka_1 et K' ?

4. Conclusion : couleur des hortensias.

4.1. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces H_2A^+ , HA et A^- suivant les valeurs du pH.

4.2. Pourquoi les fleurs d'hortensias peuvent-elles changer de couleur suivant la nature du sol ?

Correction du DS de Sciences Physiques

Physique nucléaire (9 points)

Questions préliminaires :

1. Relation d'équivalence masse-énergie : $E = \Delta m.c^2$
2. $E = \Delta m.c^2$ si $\Delta m = 1$ u $= 1{,}660\ 54 \times 10^{-27}$ kg ;
$E = 1{,}660\ 54 \times 10^{-27} \times (2{,}9979 \times 10^{8})^2 = 1{,}494486 \times 10^{-10}$ J $= 1{,}494486 \times 10^{-10}/1{,}602\times 10^{-19} = 9{,}315\times 10^{8}$ eV
E = 931,5 MeV

1. Désintégration spontanée de l'uranium 235

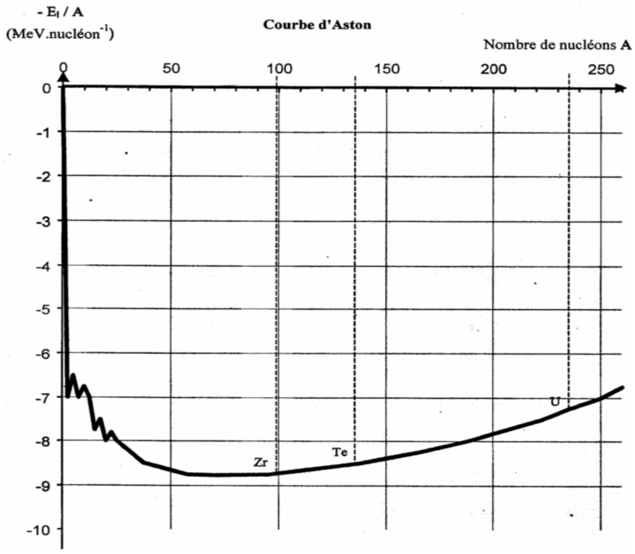
1.1. Désintégration alpha de ${}^{235}_{92}U$: ${}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{231}_{90}Th$
1.2. Défaut de masse $\Delta m({}^{235}U)$ du noyau d'uranium 235 : $\Delta m({}^{235}U) = 92\ m_P + (235-92)\ m_N - m({}^{235}U)$
1.3 $\Delta m({}^{235}U) = 1{,}9222$ u
1.4. L'énergie de liaison E_L d'un noyau est l'énergie correspondant à son défaut de masse.
1.5 $E_L({}^{235}U) = \Delta m({}^{235}U)\ .\ c^2 = 1{,}9222 \times 1{,}660\ 54 \times 10^{-27} \times 2{,}9979^2 = 2{,}8687$ J
1.6 $E_L/A = E_L({}^{235}U) / 235 = 1{,}2207\times 10^{-12}$ J $= 7{,}6199$ MeV.nucléon^{-1}.

2. Bilan énergétique.

2.1 $\Delta E = [m({}^{235}U) - m({}^{4}He) - m({}^{231}Th)] \times c^2$
2.2 $\Delta E = [234{,}9935 - 230{,}9869 - 4{,}0015] \times 931{,}5 = 0{,}0051$ MeV = 5,1 keV

3. Fission de l'uranium 235.

3.1 Fission = réaction nucléaire qui concerne les gros noyaux : sous l'impact d'un neutron, ils se scindent en 2 noyaux plus petits.
3.2 Equation de la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 qui donne les noyaux de zirconium et de tellure : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{99}_{40}Zr$ et ${}^{134}_{52}Te + 3\ {}^{1}_{0}n$.
3.3.



Le zirconium et le tellure ont des énergies de liaison par nucléon plus fortes que l'uranium, C'est la différence d'énergie de liaison dans le système qui est récupérée.

4. Fusion de noyaux

4.1. Une réaction de fusion est la formation d'un unique noyau à partir de 2 plus petits.
4.2 Le deutérium et le tritium sont représentés par le même symbole H, car ce sont des isotopes de l'hydrogène (même Z = 1)
4.3 ${}^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$.
4.4 $\Delta E = E_L({}^{4}_{2}He) - E_L(T) - E_L(D) = 28{,}3-8{,}5-2{,}2 = 17{,}6$ MeV

Dipôle RC : Principe d'une minuterie (8 points)

1. Charge du condensateur

1.2 $u_R = R.i$ et $u_C = q/C$
1.3 $i = dq/dt$ donc $i = C\ du_C/dt$
1.4 Loi des mailles : $E = u_R + u_C$
1.5 $E = Ri + u_C = RC\ du_C/dt + u_C$ (1)
1.6. Si $u_C = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation (1)

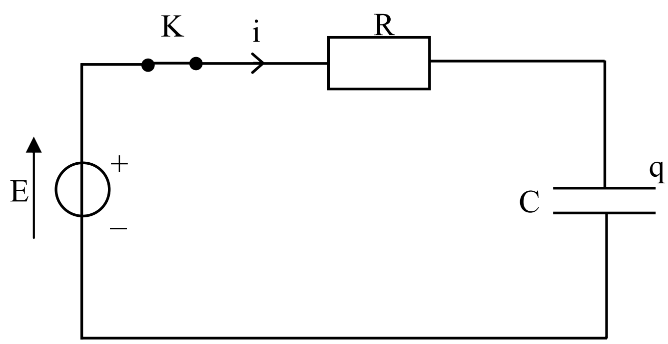


Figure 1

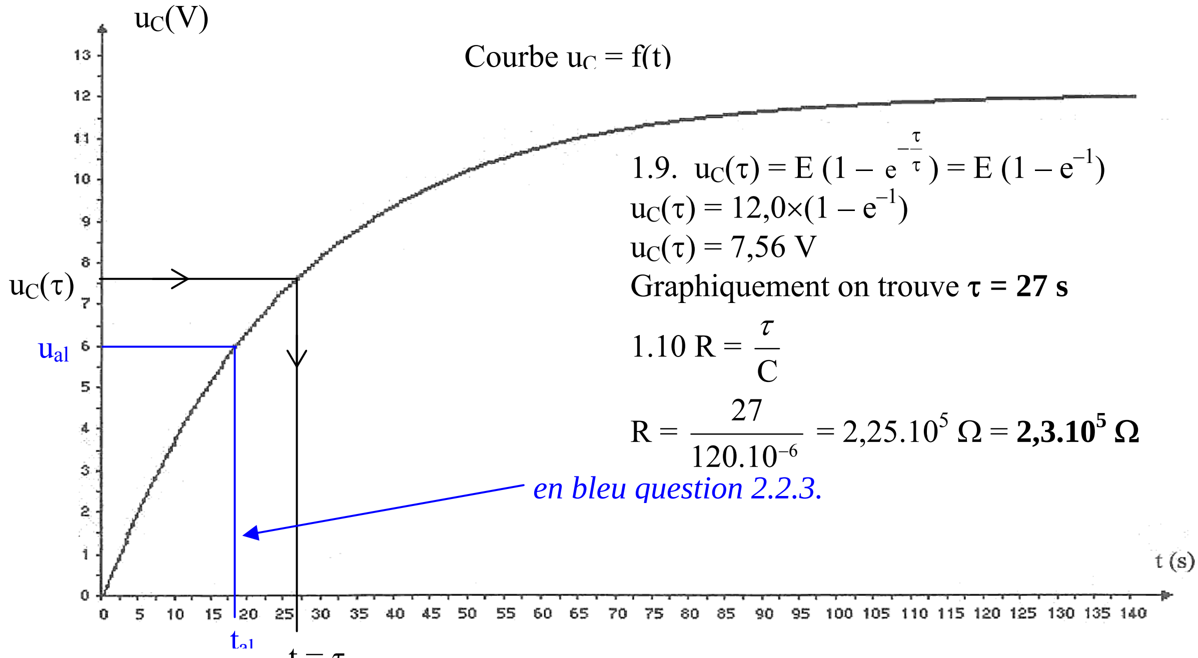
$du_C/dt = (E/\tau)\ e^{-\frac{t}{\tau}}$

On vérifie que $RC\ du_C/dt + u_C = RC(E/\tau)\ e^{-\frac{t}{\tau}} + E\ (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = E$ Avec $\tau = RC$. Donc l'équation (1) est vérifiée

1.7. Condition initiale : $u_C(0) = 0$; la condition limite $u_C(+\infty) = E$; ce qui est conforme aux observations.

1.8. Analyse dimensionnelle : $R \equiv [\Omega] = [V]/[A]$, $C \equiv [F] = [C]/[V]$; or comme $i = dq/dt$ on a $[A] = [C]/[t]$ donc $RC \equiv [\Omega]\times[F] = [V]/[A] \times[C]/[V] = [C]/ [A] = [t]$

1.9



1.9. $u_C(\tau) = E\ (1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}}) = E\ (1 - e^{-1})$

$u_C(\tau) = 12{,}0\times(1 - e^{-1})$

$u_C(\tau) = 7{,}56$ V

Graphiquement on trouve **τ = 27 s**

1.10 $R = \dfrac{\tau}{C}$

$R = \dfrac{27}{120.10^{-6}} = 2{,}25.10^5\ \Omega = \mathbf{2{,}3.10^5\ \Omega}$

2. Application

2.1. Pendant la phase de contact, la tension aux bornes du condensateur devient instantanément nulle. La tension u_C devient inférieure à u_{al} alors la lampe s'allume.

2.2.1. Lorsqu'on relâche le bouton poussoir, le condensateur se charge : u_C augmente exponentiellement de 0 V à 12 V (E). La charge du condensateur n'étant pas instantanée, la lampe reste allumée pendant une certaine durée puis s'éteint dès que la tension u_C atteint la valeur u_{al}.

2.2.2. à la date $t = t_{al}$, on a $u_C = u_{al}$

$E\ (1 - e^{-\frac{t_{al}}{\tau}}) = u_{al}$ $\qquad 1 - e^{-\frac{t_{al}}{\tau}} = \dfrac{u_{al}}{E}$ $\qquad 1 - \dfrac{u_{al}}{E} = e^{-\frac{t_{al}}{\tau}}$ $\qquad \ln\left(1 - \dfrac{u_{al}}{E}\right) = -\dfrac{t_{al}}{\tau}$

$\ln\left(\dfrac{E - u_{al}}{E}\right) = -\dfrac{t_{al}}{\tau}$ $\qquad \dfrac{t_{al}}{\tau} = -\ln\left(\dfrac{E-u_{al}}{E}\right)$ $\qquad -\ln\dfrac{a}{b} = \ln\dfrac{b}{a}$ $\qquad \dfrac{t_{al}}{\tau} = \ln\left(\dfrac{E}{E-u_{al}}\right)$

$t_{al} = \tau.\ \ln\left(\dfrac{E}{E-u_{al}}\right)$

2.2.3. $t_{al} = 25\ln\dfrac{12}{12-6{,}0} = 17$ s

2.2.5. Voir graphique ci-dessus. Le point d'ordonnée $u_{al} = 6{,}0$ V a pour abscisse $t = 18$ s. Ce résultat est en cohérence avec le calcul précédent.

2.3. Pour augmenter la durée d'allumage, il faut augmenter la valeur de la constante de temps.

Or : $\tau = R.C$. Il faut donc augmenter R ou/et C.

Chimie 1 : La couleur des hortensias (8 points)

1. INTRODUCTION.

1.1. Selon, Brönsted, un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+.

1.2. Couple acide/base

H_2A^+ acide / HA base conjuguée

HA acide / A^- base conjuguée

2. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QU'ACIDE.

2.1. $HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A^-_{(aq)} + H_3O^+$

2.2. $K = \dfrac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}.\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}}$

$K_A = 10^{-pKa}$ soit ici $K_{A2} = 10^{-pKa2}$

$\mathbf{K_{A2} = 10^{-7}}$

2.3. $K = K_{A2} = \dfrac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}.\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}}$ donc $\dfrac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}} = \dfrac{K_{A2}}{\left[H_3O^+\right]_{éq}}$

$$\frac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}} = \frac{10^{-pK_{A2}}}{10^{-pH}} \qquad \frac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}} = 10^{pH - pKa2} \qquad \frac{\left[A^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}} = 10^{10-7} = \mathbf{10^3}$$

2.4. $[A^-_{(aq)}]_{éq} = 10^3.[HA_{(aq)}]_{éq}$

$[A^-_{(aq)}]_{éq} > [HA_{(aq)}]_{éq}$ donc $\mathbf{A^-_{(aq)}}$ **prédomine** par rapport à $HA_{(aq)}$. La solution est colorée en **bleu**.

3. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QUE BASE.

3.1. $HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_2A^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$

3.2. $K' = \dfrac{\left[H_2A^+_{(aq)}\right]_{éq}.\left[HO^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}}$

Afin de faire apparaître Ke, multiplions K' par $\dfrac{\left[H_3O^+\right]_{éq}}{\left[H_3O^+\right]_{éq}}$.

$$K' = \frac{\left[H_2A^+_{(aq)}\right]_{éq}.\left[HO^-_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}} \times \frac{\left[H_3O^+\right]_{éq}}{\left[H_3O^+\right]_{éq}} \qquad K' = \frac{\left[H_2A^+_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq} \times \left[H_3O^+\right]_{éq}} \times Ke$$

Pour écrire l'expression de Ka_1, écrivons l'équation de la réaction entre l'acide H_2A^+ et la base H_2O:

$H_2A^+_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HA_{(aq)} + H_3O^+$

$Ka_1 = \dfrac{\left[HA_{(aq)}\right]_{éq}.\left[H_3O^+_{(aq)}\right]_{éq}}{\left[H_2A^+_{(aq)}\right]_{éq}}$

On remarque alors que $\boxed{K' = \dfrac{Ke}{Ka_1}}$

4. CONCLUSION : COULEUR DES HORTENSIAS.

4.1. **0,25**

4.2. La nature du sol impose le pH de la solution aqueuse absorbée par les plantes, elle impose donc le pH dans les pétales.
La couleur des fleurs est liée à l'espèce prédominante qui dépend du pH.