

Test TS1 – mardi 3 janvier 2012 – 1h45

Exercice n° 1 (7 points)

Données :

$$1\text{u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

célérité de la lumière dans le vide :

$$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}.$$

$$N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

	deutérium	tritium	hélium	neutron
Symbole	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^1_0\text{n}$
Masse du noyau en u	2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

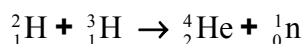
C'est seulement en 1920 que le voile est levé, par les Britanniques Francis William ASTON et Arthur EDDINGTON : les noyaux d'atomes d'hydrogène, le principal constituant solaire, se transforment en hélium en fusionnant. Une réaction qui libère une énergie faramineuse.

L'objectif du projet ITER est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion des atomes.

La fusion contrôlée représente un défi scientifique et technologique majeur qui pourrait répondre au problème crucial de disposer, à plus ou moins long terme, de nouvelles ressources énergétiques. À côté de l'énergie de fission, l'énergie de fusion représente l'espoir d'avoir une source d'énergie propre et abondante au cours du XXI^e siècle. A l'heure où la raréfaction des énergies fossiles est prévue d'ici 50 ans, il est d'une importance vitale d'explorer le potentiel de toutes les autres sources d'énergie.

Le concept solaire de production d'énergie est basé sur une réaction dont la probabilité de se réaliser est extrêmement faible sur notre planète. Mais l'idée reste bonne ! Il "suffit" de remplacer l'hydrogène par des noyaux qui ont un maximum de chance de fusionner sur Terre, en l'occurrence, ceux de deutérium et de tritium, deux isotopes de l'hydrogène [...] en les chauffant à des températures très élevées, de l'ordre de 100 millions de degrés. »

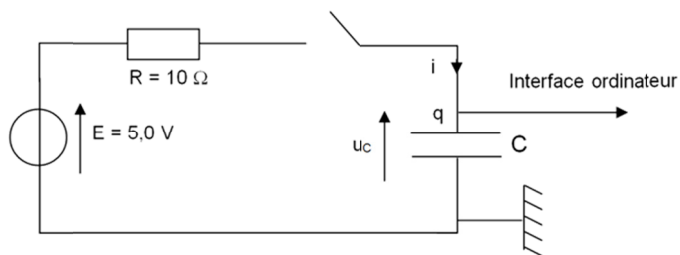
C'est donc sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée.



- 1.1. Calculer la variation de masse au cours de la réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium. Donner sa valeur en kilogramme et commenter son signe. **(1,5 pt)**
- 1.2. Déterminer l'énergie produite par cette réaction de fusion, donner le résultat en MeV. **(1,5 pt)**
- 1.3. Vérifier que le nombre de noyaux présents dans 1,0 g de noyaux de deutérium est $3,0 \times 10^{23}$ noyaux. **(1 pt)**
- 1.4. Vérifier qu'il en est de même dans 1,5 g de noyaux de tritium. **(1 pt)**
- 1.5. En déduire l'énergie, en MeV puis en Joule, que l'on pourrait espérer obtenir si on réalisait la réaction de fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium dans le réacteur ITER. **(0,5 pt)**
- 1.6. La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité d'énergie utilisée dans l'industrie et en économie. Elle sert à comparer les énergies obtenues à partir de sources différentes.
1,0 tep représente $4,2 \times 10^{10}$ J, c'est-à-dire l'énergie libérée en moyenne par la combustion d'une tonne de pétrole.
 - 1.6.1 Calculer, en tep, l'énergie libérée par la fusion de 1,0 g de deutérium et de 1,5 g de tritium. **(0,5 pt)**
 - 1.6.2 Sachant que dans une centrale nucléaire classique, la fission d' 1,0 g d'uranium libère une énergie de 1,8 tep, expliquer en quoi ITER est un progrès et un espoir pour la production d'énergie. **(1 pt)**

Exercice n° 2 (6 points)

On dispose d'un condensateur sur lequel le fabricant a indiqué « 1 F ». Pour vérifier la valeur de la capacité, on réalise le circuit suivant :



L'ensemble RC est attaqué par un générateur de tension $E = 5,0 \text{ V}$. Le sens positif du courant et les tensions sont indiqués sur le schéma. On relie le condensateur à une interface de saisie de données.

À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur et on relève la tension aux bornes du condensateur. On obtient la courbe reproduite en annexe.

1) En utilisant la loi d'additivité des tensions, et en rédigeant correctement, établir la relation qui existe entre $u_c(t)$ et sa dérivée par rapport au temps (équation différentielle vérifiée par u_c). (2 pts)

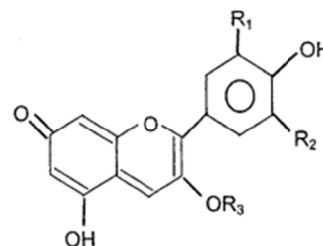
2) Vérifier que $u_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle précédente et vérifie la condition initiale : $u_c = 0$ à $t = 0$.

Déterminer l'expression de τ en fonction des caractéristiques du circuit. (2 pts)

3) À partir de l'enregistrement et par une méthode de votre choix (à détailler), déterminer la valeur de la capacité C du condensateur étudié (enregistrement : utiliser la page en annexe qui est à rendre avec la copie). Comparer avec la valeur donnée par le fabricant. (2 pts)

Exercice n° 3 (7 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 $\text{H}_2\text{A}^+ / \text{HA}$ de $\text{pK}_{a1} = 4,3$ et HA / A^- de $\text{pK}_{a2} = 7,0$

L'espèce H_2A^+ est rouge, l'espèce HA est violette et l'espèce A^- est bleue.

On rappelle que $\text{pK}_E = 14$ (couple $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$)

1.1. Donner la définition d'un acide selon Brønsted. (0,5 pt)

1.2. Préciser, dans chacun des deux couples, la forme acide et la forme basique. (0,25 pt)

2. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QU'ACIDE

2.1. Écrire l'équation de la réaction de HA avec l'eau. (0,25 pt)

2.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre de cette réaction. Comment appelle-t-on cette constante ? Donner sa valeur. (1 pt)

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

2.3. À partir de l'expression de K , évaluer littéralement, puis calculer, le rapport $\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}}$ (1 pt)

2.4. En déduire l'espèce prédominante. Conclure sur la couleur de la solution. (1 pt)

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. (0,5 pt)

3.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre K' de cette réaction. Quelle est la relation entre K_{a1} et K' ? (1 pt)

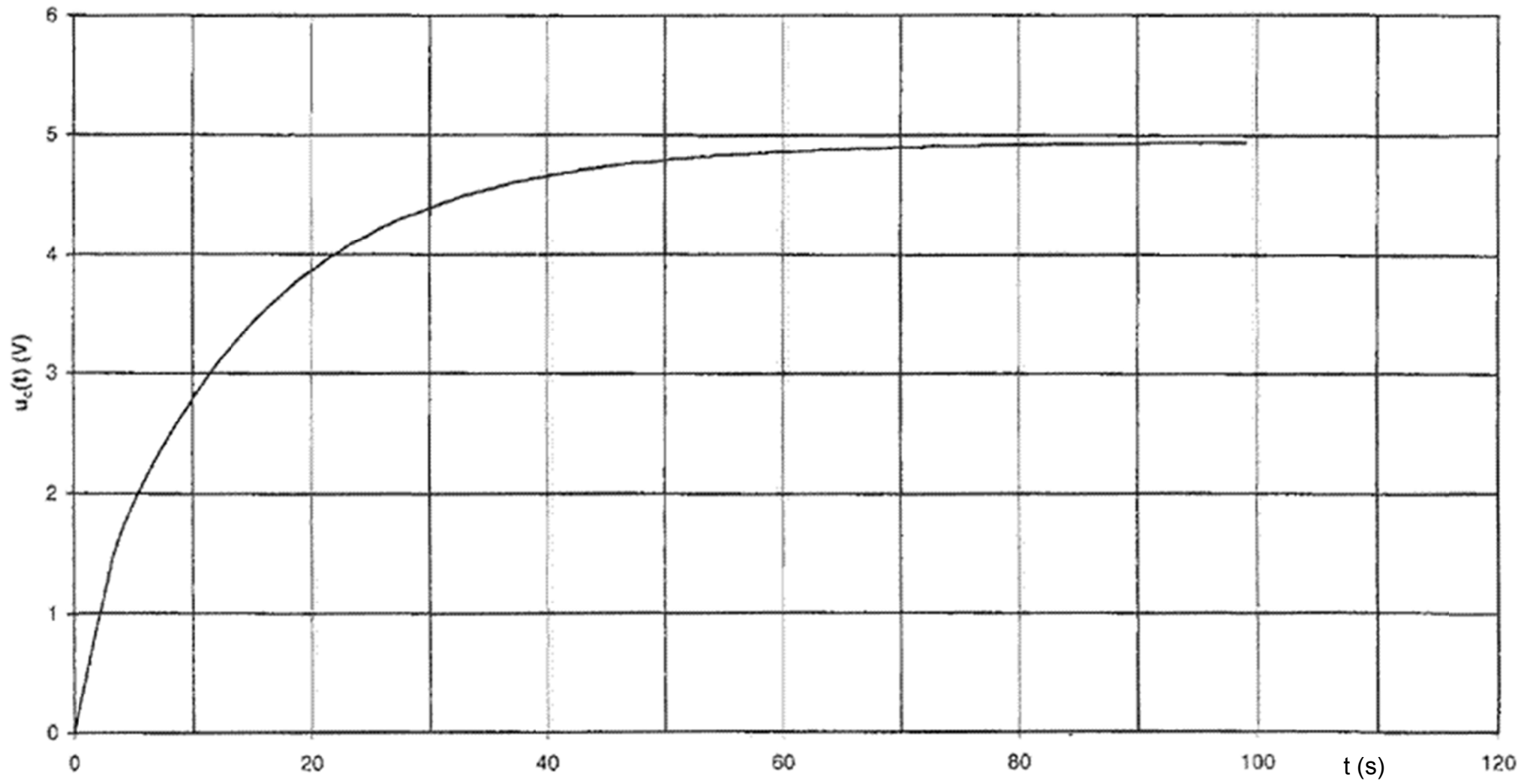
4. CONCLUSION : COULEUR DES HORTENSIAS

4.1. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces H_2A^+ , HA et A^- suivant les valeurs du pH. (1 pt)

4.2. Pourquoi les fleurs d'hortensias peuvent-elles changer de couleur suivant la nature du sol ? (0,5 pt)

NOM : _____

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE



EXERCICE 1 : correction empruntée à <http://labolycee.org>

1. Étude de la réaction de fusion ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

1.1. La variation de masse est égale à

$$m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^2_1\text{H}) - m({}^3_1\text{H}) \\ = (4,00150 + 1,00866 - 2,01355 - 3,01550) \times 1,66054 \times 10^{-27}$$

$$\text{variation de masse} = -3,13676 \times 10^{-29} \text{ kg} \quad \text{valeur stockée en mémoire}$$

Le signe – évoque une perte de masse. Cette perte de masse va s'accompagner d'une libération d'énergie (équivalence masse-énergie)

1.2. E, l'énergie produite, est égale à l'énergie cédée par les réactifs

$$E = - [m(\text{produits}) - m(\text{réactifs})] \cdot c^2$$

$$E = - \frac{3,13676 \times 10^{-29} \times (2,998 \times 10^8)^2}{1,602 \times 10^{-13}}$$

$$E = 17,60 \text{ MeV} \quad \text{calcul effectué avec la valeur non arrondie de } \Delta m$$

1.3. nombre de noyaux présents dans $m = 1,0$ g de noyaux de deutérium noté N

$$\text{masse d'un noyau de deutérium, notée } m_D : m_D = 2,01355 \text{ u} \quad \text{soit} \quad m_D = 2,01355 \times 1,66054 \times 10^{-27} \\ m_D = 3,34358 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ m_D = 3,34358 \times 10^{-27} \times 10^3 \text{ g} \\ m_D = 3,34358 \times 10^{-24} \text{ g}$$

$$N = \frac{m}{m_D}$$

$$N = \frac{1,0}{3,34358 \times 10^{-24}}$$

$$N = 3,0 \times 10^{23} \text{ noyaux} \quad \text{calcul effectué avec la valeur non arrondie de } m_D$$

1.4. nombre de noyaux présents dans $m' = 1,5$ g de noyaux de tritium noté N'

$$N' = \frac{m'}{m_T}$$

$$N' = \frac{1,5}{3,01550 \times 1,66054 \times 10^{-24}}$$

$$N' = 3,0 \times 10^{23} \text{ noyaux}$$

1.5. La réaction précédente aurait lieu $3,0 \times 10^{23}$ fois libérant une énergie de $17,60 \times 3,0 \times 10^{23} = 5,3 \times 10^{24}$ MeV.

Conversion en joules en multipliant par $1,602 \times 10^{-13}$

La fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium pourrait libérer $8,5 \times 10^{11}$ J.

1.6.1. Conversion en tep, on divise par $4,2 \times 10^{10}$

La fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium pourrait libérer **20 tep**.

1.6.2. Pour comparer l'intérêt énergétique de la fusion face à celui de la fission, calculons l'énergie libérée par la fission de 2,5 g d'uranium (pour avoir la même masse de réactifs).

$$E = 2,5 \times 1,8 = 4,5 \text{ tep.}$$

La fusion, pour une même masse de réactifs, libère entre quatre à cinq fois plus d'énergie que la fission.

EXERCICE 2 : correction empruntée à <http://labolycee.org>

1)

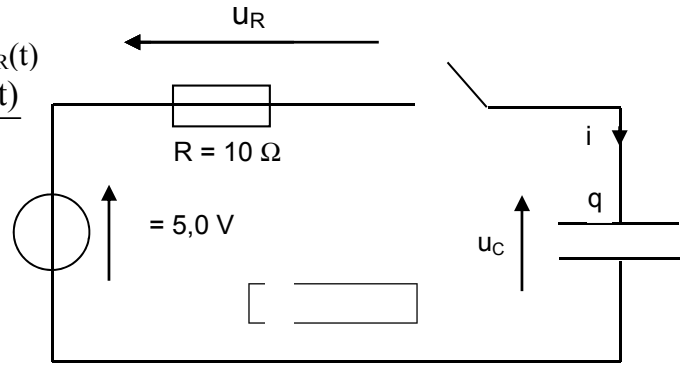
La loi d'additivité des tensions nous donne : $E = u_C(t) + u_R(t)$

D'après la loi d'Ohm $u_R(t) = R \cdot i(t)$, d'autre part $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$

donc $u_R(t) = R \cdot \frac{dq(t)}{dt}$

De plus $q(t) = C \cdot u_C(t)$ et C est une constante

donc $u_R(t) = R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$.



Il vient : $E = u_C(t) + R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$ équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$.

2) Si $u_C(t) = E \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, on a : $\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{d(E \cdot (1 - e^{-t/\tau}))}{dt} = E \cdot \frac{d(1 - e^{-t/\tau})}{dt} = \frac{E}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$

En remplaçant dans l'équation précédente, il vient :

$u_C(t) + R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt} = E \cdot (1 - e^{-t/\tau}) + R \cdot C \cdot \frac{E}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} = E - E \cdot e^{-t/\tau} + R \cdot C \cdot \frac{E}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}$

$u_C(t) + R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt} = E (1 - e^{-t/\tau} + \frac{R \cdot C}{\tau} \cdot e^{-t/\tau}) = E \cdot (1 - e^{-t/\tau} (1 - \frac{R \cdot C}{\tau}))$

Pour que $u_C(t) = E \cdot (1 - e^{-t/\tau})$ soit solution de l'équation différentielle, il faut que $(1 - \frac{R \cdot C}{\tau}) = 0$,

soit : $\tau = R \cdot C$

Condition initiale, à $t = 0$, $u_C(0) = 0$

$u_C(0) = E \cdot (1 - e^{-0/\tau}) = E \cdot (1 - 1) = 0$ cette condition est vérifiée.

3) $\tau = R \cdot C$ donc $C = \frac{\tau}{R}$.

Déterminons graphiquement la valeur de la constante de temps τ .

Pour $t = \tau$, $u_C(\tau) = E \cdot (1 - e^{-\tau/\tau}) = E \cdot (1 - e^{-1})$

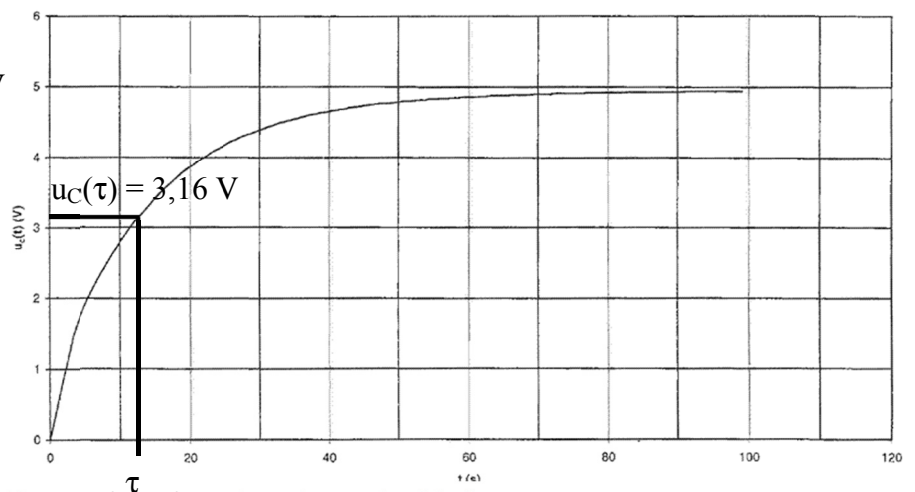
$u_C(\tau) = 0,63 \cdot E$

$u_C(\tau) = 0,63 \times 5,0 = 3,16 \text{ V} = 3,2 \text{ V}$.

On trace la droite horizontale $u_C = 3,2 \text{ V}$ qui coupe la courbe $u_C(t)$ en un point dont l'abscisse t est égale à τ .

Graphiquement $\tau = 12 \text{ s}$.

Donc $C = \frac{\tau}{R} = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ F}$.



Le constructeur indique la valeur de C avec seulement un chiffre significatif :

$C = 1 \text{ F}$.

On obtient un écart relatif d'environ **20 %** avec la valeur donnée par le fabricant.

Notre résultat est compatible avec l'indication du fabricant.

EXERCICE 3 : correction empruntée à <http://labolycee.org>

1. INTRODUCTION.

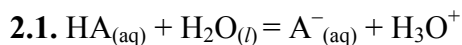
1.1. Selon, Brönsted, un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+ .

1.2. Couple acide/base

H_2A^+ acide / HA base conjuguée

HA acide / A^- base conjuguée

2. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QU'ACIDE.



2.2.
$$K = \frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}}$$

Cette constante d'équilibre est appelée **constante d'acidité** du couple $HA_{(aq)}/A^-_{(aq)}$ et est notée K_A .

$K_A = 10^{-pK_a}$ soit ici $K_{A2} = 10^{-pK_{a2}}$

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

2.3.
$$K = K_{A2} = \frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}}$$

donc
$$\frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}} = \frac{K_{A2}}{[H_3O^+]_{\text{éq}}}$$

$$\frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}} = \frac{10^{-pK_{A2}}}{10^{-pH}}$$

$$\frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}} = 10^{pH - pK_{A2}}$$

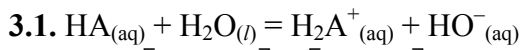
$$\frac{[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}}}{[HA_{(aq)}]_{\text{éq}}} = 10^{10 - 7} = 10^3$$

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

$[A^-_{(aq)}]_{\text{éq}} > [HA_{(aq)}]_{\text{éq}}$ donc $A^-_{(aq)}$ **prédomine** par rapport à $HA_{(aq)}$.

La solution est colorée en **bleu**.

3. COMPORTEMENT DE HA EN TANT QUE BASE.



3.2.
$$K' = \frac{[H_2A^+_{(aq)}]_{\acute{e}q} \cdot [HO^-_{(aq)}]_{\acute{e}q}}{[HA_{(aq)}]_{\acute{e}q}}$$

Afin de faire apparaître K_e , multiplions K' par $\frac{[H_3O^+]_{\acute{e}q}}{[H_3O^+]_{\acute{e}q}}$.

$$K' = \frac{[H_2A^+_{(aq)}]_{\acute{e}q} \cdot [HO^-_{(aq)}]_{\acute{e}q} \times [H_3O^+]_{\acute{e}q}}{[HA_{(aq)}]_{\acute{e}q} \cdot [H_3O^+]_{\acute{e}q}}$$

$$K' = \frac{[H_2A^+_{(aq)}]_{\acute{e}q}}{[HA_{(aq)}]_{\acute{e}q} \times [H_3O^+]_{\acute{e}q}} \times K_e$$

Pour écrire l'expression de K_{a1} , écrivons l'équation de la réaction entre l'acide H_2A^+ et la base H_2O :



On remarque alors que $K' = \frac{K_e}{K_{a1}}$

4. CONCLUSION : COULEUR DES HORTENSIAS.

4.1.



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.