Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Baccalauréat général

Session 2022 – Polynésie

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité — Proposition de corrigé
Sujet 2

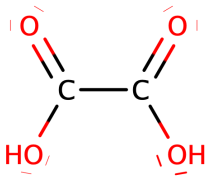
Ce corrigé est composé de 10 pages.

Exercice 1 — Le sel d'oseille

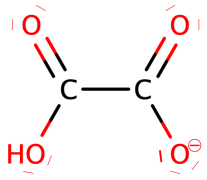
1. Première hypothèse : l'acide oxalique est un diacide fort

1.1. Selon Brönsted, un acide est une espèce chimique susceptible de céder un ou plusieurs protons H^+. En particulier, les espèces susceptibles de céder deux protons sont appelées diacides, ce qui est le cas de l'acide oxalique grâce à ses deux fonctions acide carboxylique placées de part et d'autre de sa liaison centrale.

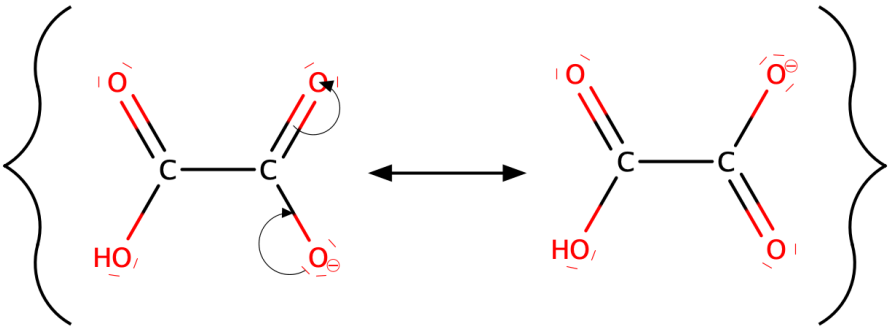
1.2. On a la représentation de Lewis de l'acide oxalique :



Mais aussi celle de l'une de ses bases conjuguées :



En particulier, le caractère acide des atomes d'hydrogène de l'acide oxalique est lié à la stabilité de la base conjuguée (par résonance), que l'on peut illustrer par l'écriture de formes mésomères :



1.3. Les couples acide-base de l'acide oxalique $C_2H_2O_4$ sont donc $C_2H_2O_4/C_2HO_4^-$ et $C_2HO_4^-/C_2O_4^{2-}$. On remarque alors que $C_2HO_4^-$ est à la fois la base d'un couple et l'acide d'un autres, c'est donc un ampholyte [1].

1.4. La réaction entre l'acide oxalique et l'eau, en considérant le premier comme un diacide fort, est la suivante :

$$AH_2(aq) + 2\,H_2O(\ell) \longrightarrow A^{2-}(aq) + 2\,H_3O^+(aq)$$

1.5. On cherche la concentration en ions oxonium à l'équilibre. Pour cela, on va dresser un tableau d'avancement en concentration.

	AH_2	+	$2\,H_2O$	$\longrightarrow$	A^{2-}	+	$2\,H_3O^+$
EI	$5,00 \times 10^{-2}$		excès		0		0
eq.	0		excès		$5,00 \times 10^{-2}$		$2x_{éq} = 1,00 \times 10^{-1}$

1. l'adjectif associé est « amphotère »

On a donc bien, dans le cas de l'hypothèse du diacide fort, une concentration $[H_3O^+] = 1,00 \times 10^{-1}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions oxonium à l'équilibre.

1.6. Dans ce cas, en prenant $c^\circ = 1\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on a le pH :

$$\text{pH} = -\log\left([H_3O^+]\right) = -\log\left(1,00 \times 10^{-1}\right) = \mathbf{1,00}$$

Ce qui est une valeur éloignée de la valeur qui est réellement mesurée, et invalide donc l'hypothèse du diacide fort pour l'acide oxalique.

2. Deuxième hypothèse : l'acide oxalique se comporte comme un monoacide faible en solution

2.1. La réaction de deuxième acidité est la suivante :

$$AH^-(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons A^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

2.2. Le pKa de deuxième acidité, lu à l'intersection des courbes de distribution de AH^- et A^{2-}, vaut graphiquement $\underline{\text{pKa}_2 = 4,6}$

2.3. Dans les conditions de l'expérience, à $\text{pH} = 1,47$, on lit graphiquement une proportion de 42 % d'acide oxalique pour 58 % d'ions AH^-.

On remarque alors, à voir ces proportions à pH faible, un comportement de monoacide faible pour l'acide oxalique (équilibre acide-base entre AH_2 et AH^-).

2.4. L'équilibre de la première acidité est présenté comme étant :

$$AH_2 + H_2O \rightleftharpoons AH^- + H_3O^+$$

On peut alors définir la constante de première acidité grâce aux concentrations des expèces à l'équilibre :

$$\boxed{\text{Ka}_1 = \frac{[H_3O^+][AH^-]}{[AH_2]}}$$

2.5. On souhaite obtenir une équation du second degré en $h = [H_3O^+]$. Pour cela, on commence par un rapide calcul de l'avancement entre l'état initial (concentrations nulles en H_3O^+ et AH^-, concentration C_0 en acide oxalique) et l'équilibre, permettant de mettre en avant que $x_{éq} = h$, et alors $[AH_2] = C_0 - h$ et $[AH^-] = h$.

Alors en injectant ces valeurs dans l'expression de Ka_1, il vient :

$$\text{Ka}_1 = \frac{h^2}{C_0 - h} \implies \text{Ka}_1(C_0 - h) = h^2 \implies \text{Ka}_1 C_0 - \text{Ka}_1 h = h^2$$

Finalement, la concentration $h = [H_3O^+]$ est bien solution de l'équation de degré 2 :

$$\boxed{h^2 + \text{Ka}_1 h - \text{Ka}_1 C_0 = 0}$$

2.6. On souhaite calculer la constante Ka_1 à partir de la valeur de pKa_1. Sachant que $\text{pKa}_1 = -\log(\text{Ka}_1)$, il vient $\text{Ka}_1 = 10^{-\text{pKa}_1}$.

La ligne 4 du code Python permettant de calculer la constante d'acidité doit donc être : `Ka1 = pow(10,-pKa1)` (on peut également écrire `Ka1 = 10**(-pKa1)`).

2.7. La valeur calculée par Python, en partant de l'hypothèse d'un monoacide faible pour l'acide oxalique, est cohérente en regard de la valeur mesurée expérimentalement. Aussi, ce résultat permet de valider l'hypothèse ayant été formulée.

3. Formulation de l'acide oxalique

3.1. La concentration massique est donnée par :

$$\boxed{C_m = \frac{m}{V}} = \frac{0,27}{100,0 \times 10^{-3}} = 2,7\,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cette grandeur étant le quotient de deux grandeurs physiques, son incertitude-type est donnée par :

$$\boxed{u(C_m) = C_m \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(V)}{V}\right)^2}}$$

D'où,

$$u(C_m) = 2,7 \times \sqrt{\left(\frac{0,01}{0,27}\right)^2 + \left(\frac{0,1 \times 10^{-3}}{100,0 \times 10^{-3}}\right)^2} = 0,1\,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

L'incertitude-type sur la concentration massique est donc $\underline{u(C_m) = 0,1\,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}}$.

3.2. Le coefficient stœchiométrique 2 pour les ions hydroxyde s'explique par le fait que l'acide oxalique va cède ses deux protons au cours de la réaction.

3.3. Une réaction support de titrage doit obligatoirement être instantanée.

3.4. L'équivalence est définie comme étant le point pour lequel les quantités de matière d'espèces titrante et titrée sont égales. À l'équivalence, on a alors :

$$n_{\text{titrée}} = n_{\text{titrante}}$$

3.5. On cherche un indicateur coloré adapté à un titrage colorimétrique.

Graphiquement, on lit à l'équivalence pH = 7,5. On va donc vouloir choisir l'indicateur coloré dont la zone de virage est autour de cette valeur, passant au voisinage de l'équivalence de jaune à rouge.

Le rouge de crésol, de zone de virage entre 7,2 et 8,8 est un bon candidat.

3.6. On cherche à savoir si l'acide oxalique est dihydraté. Pour cela, on va commencer par exploiter le titrage pH-métrique réalisé afin de déterminer la concentration molaire C_a d'acide oxalique dans la solution fabriquée.

À l'équivalence, on a :

$$n_a = \frac{n_{\text{HO}^-}}{2} \implies C_a V = \frac{[\text{HO}^-]V_E}{2}$$

Donc il vient :

$$\boxed{C_a = \frac{[\text{HO}^-]V_E}{V}} = \frac{0,10 \times 8,5}{20}$$

D'où, $C_a = 0,04\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Ce résultat pourra être comparé à la valeur de la concentration molaire calculée pour la solution préparée.

Pour cette dernière, de concentration massique C_m, on a :

$$C = \frac{C_m}{M}$$

Qui vaut $C_p = 0,03\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ pour l'acide pur, et $C_h = 0,04\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ pour l'acide dihydraté.

On remarque donc que la concentration de la solution titrée est égale à la concentration calculée pour une solution d'acide oxalique dihydraté, le récipient ne contient donc pas d'acide oxalique pur.

Exercice A — Un capteur capacitif

1. Dans le circuit qui nous est donné, une fois l'interrupteur fermé, on a la loi des mailles :

$$E - u_R - u_C = 0$$

2. Pour le résistor de résistance R, on a la loi d'Ohm :

$$u_R = Ri$$

3. Pour le condensateur de capacité C, on a la relation :

$$\mathrm{i} = \mathrm{C}\mathrm{d}\, u_{C\,\overline{\mathrm{d}\, t}}$$

4. En injectant la loi d'Ohm dans la loi des mailles :

$$Ri + u_C = E$$

Alors en exploitant la relation trouvée pour i aux bornes du condensateur :

$$RC\frac{\mathrm{d}\, u_C}{\mathrm{d}\, t} + u_C = E$$

Et finalement, en divisant par RC, on trouve l'équation différentielle :

$$\boxed{\frac{\mathrm{d}\, u_C}{\mathrm{d}\, t} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}} \qquad (\mathcal{E})$$

5. On cherche à valider la forme de la solution.
Supposons alors que $u_C = E\left(1 - e^{-t/RC}\right)$. Dans ce cas, on a :

$$\frac{\mathrm{d}\, u_c}{\mathrm{d}\, t} = \frac{E}{RC}e^{-t/RC} \implies \frac{\mathrm{d}\, u_C}{\mathrm{d}\, t} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}e^{-t/RC} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-t/RC} = E$$

La fonction proposée est donc bien une solution de l'équation différentielle $(\mathcal{E})$
De plus, comme l'équation différentielle $(\mathcal{E})$, couplée aux conditions initiales du circuit, constitue un problème de Cauchy, alors la solution trouvée est la seule.

6. La valeur du temps caractéristique τ peut se lire graphiquement de plusieurs manières différentes :
— Par la détermination du coefficient directeur de la tangente à u_C en $t = 0$;
— En sachant que u_C atteint 95 % de sa valeur finale en environ 3τ ;
— En sachant que u_C atteint 99 % de sa valeur finale en environ 5τ.
Ici, nous utiliserons la deuxième méthode.
On lit donc graphiquement $E = 5\,\mathrm{V}$ (avec la précision qui nous est permise). Et comme $0,95 \times 5 = 4,75$, on lit graphiquement que u_C atteint une valeur de $4,75\,\mathrm{V}$ en $t = 27\,\mathrm{ns} = 3\tau$.
Alors finalement, $\underline{\tau = 9\,\mathrm{ns}}$.

7. Le temps caractéristique d'un circuit RC série est défini par la relation [2] :

$$\boxed{\tau = RC}$$

2. on laisse comme exercice au lecteur la vérification de l'homogénéité de cette relation

8. On a :

$$\tau = RC \implies \boxed{C = \frac{\tau}{R}} = \frac{9 \times 10^{-9}}{330}$$

D'où, $\underline{C = 2,73 \times 10^{-11}\,\text{F} = 273\,\text{nF}}$.

9. On a la relation qui nous est donnée :

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

Et on cherche l'unité S.I. de la permittivité ε. Faisons donc une analyse dimensionnelle :

$$C = \frac{\varepsilon S}{d} \implies \varepsilon = \frac{Cd}{S} \implies [\varepsilon] = \frac{[F]L}{L^2} \implies \boxed{[\varepsilon] = [F]L^{-1}}$$

La permittivité ε s'exprime donc en Farad par mètre.

10. La capacité évoluant selon l'inverse de la distance entre les armatures, le fait de rapprocher ces dernières va avoir comme incidence une augmentation de la capacité C.

11. Le montage réalisé a pour objectif le contrôle de l'épaisseur de colle.

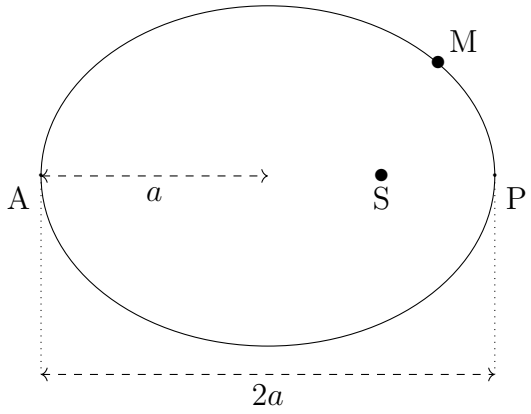
Fort heureusement, il va bien permettre ce contrôle ! En effet, en régime transitoire, l'évolution de la tension mesurée aux bornes des plaques aura une évolution dépendant de la valeur de R (qui est constante) mais surtout de C (ce qui nous intéresse).

Et comme la capacité C du condensateur ainsi formé, à milieu identique et surface constance pour les plaques, évolue en fonction de l'épaisseur de colle séparant les plaques, une mesure du temps caractéristique du régime variable permettra de remonter à l'épaisseur de colle.

Exercice B — La planète Mercure

1. La première loi de Kepler, ou « loi des orbites » énonce que les planètes du système solaire décrivent des orbites elliptiques, dont le soleil occupe l'un des foyers.

Aussi, l'orbite de mercure autour du soleil peut se schématiser de cette manière :

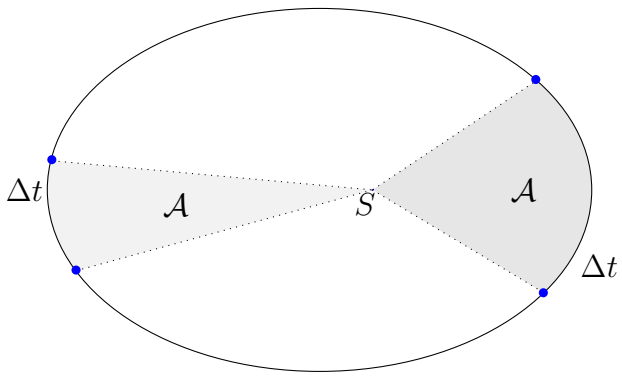


2. Le texte introductif précise que la distance de mercure au soleil varie entre $0,31$ et $0,47$ ua. Ces valeurs correspondant respectivement aux points P (périhélie) et A (aphélie).

Ce qui donne donc comme longueur, pour le demi-grand axe de l'ellipse : $a = \frac{1}{2}(0,31 + 0,47) = 0,39$ ua, qui est bien la valeur donnée.

3. La deuxième loi de Kepler, ou « loi des aires », énonce que le rayon-vecteur balaie des aires égales en des temps égaux. Autrement dit, plus le corps céleste est proche, plus il sa vitesse sera élevée.

Cette loi peut s'illustrer schématiquement :



On en déduit donc très logiquement que plus mercure est loin plus la distance à parcourir un un temps donné pour balayer une aire donnée est faible, ce qui implique que la vitesse minimale est atteinte au point le plus éloigné du soleil, à savoir l'aphélie A.

4. La loi des pédiodes est donnée par :

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

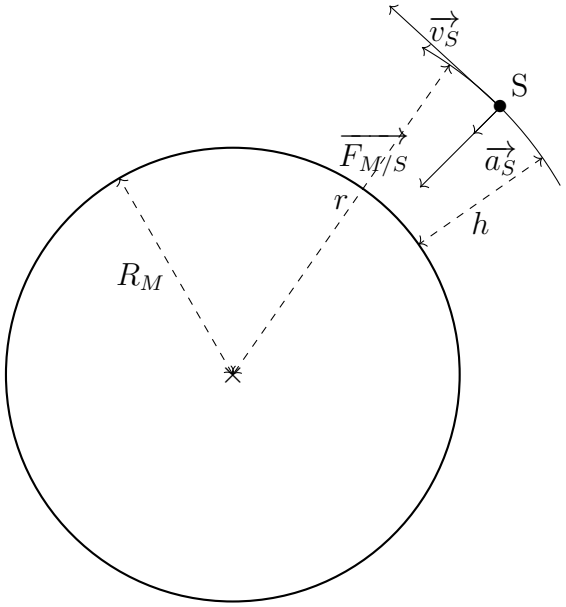
Avec T la période de rotation de mercure autour du soleil, et a le demi-grand axe de son orbite.

Ce qui permet d'obtenir :

$$\boxed{T = \sqrt{a^3 k}} = (0,39 \times 1,5 \times 10^{11})^3 \times 2,9 \times 10^{-19}$$

D'où, $\underline{T = 7,61 \times 10^6\,\text{s} = 88\,\text{jours} = 2,86\,\text{mois}}$. Mercure parcourt donc bien son orbite autour du soleil en un peu moins de trois mois.

5. On fait apparaître les différentes informations sur le schéma qui nous est donné :



6. La deuxième loi de Newton énonce que pour un corps en mouvement dans un référentiel galiléen :

$$\frac{\mathrm{d}\,\vec{p}}{\mathrm{d}\,t} = \sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}}$$

En particulier, si la masse de ce corps est constante, vu que $\vec{p} = m\vec{v}$, il vient la forme que l'on connaît mieux :

$$m\vec{a} = \sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}}$$

Appliquée au satellite Messenger dans le référentiel mercuro-centrique supposé galiléen, sachant que ce satellite est uniquement soumis à l'attraction gravitationnelle de Mercure, cette loi devient :

$$m_S\overrightarrow{a_S} = G\frac{m_S M}{r^2}\vec{u} \implies \boxed{\overrightarrow{a_S} = G\frac{M}{r^2}\vec{u}}$$

7. En projetant, au périastre, l'accélération du satellite selon , il vient :

$$a_S = G\frac{M}{(R_M+h)^2} \implies \boxed{M = \frac{a_S(R_M+h)^2}{G}} = \frac{3,15 \times (2440 \times 10^3 + 200 \times 10^3)^2}{6,67 \times 10^{-11}}$$

D'où, $\underline{M = 3,29 \times 10^{23}\,\text{kg}}$, ce qui correspond bien à la valeur qui est donnée.

8. La troisième loi de Kepler, couplée au résultat de Newton, précise que :

$$\frac{{T_S}^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \implies \boxed{a^3 = \frac{{T_S}^2 GM}{4\pi^2}}$$

D'où,

$$a^3 = \frac{(8,00 \times 3600)^2 \times 6,67 \times 10^{-11} \times 3,29 \times 10^{23}}{4\pi^2} = 4,61 \times 10^{20} \implies \underline{a = 7725\,\text{km}}$$

On remarque alors que le demi-grand axe de l'orbite du satellite est très supérieur à son altitude au périastre, rendant une orbite circulaire non envisageable.

Exercice C — Nos oreilles on y tient !

1. L'intensité sonore reçue par le conducteur 1, à d_1 de la source est égale à :

$$\boxed{I_1 = \frac{P}{4\pi {d_1}^2}}$$

De même, l'intensité reçue par le conducteur 2 est donnée par :

$$\boxed{I_2 = \frac{P}{4\pi {d_2}^2}}$$

2. L'atténuation géométrique du conducteur 1 au conducteur 2 est définie comme étant la différence de niveau sonore entre les deux conducteurs. On a donc :

$$A_{\text{géo}} = L_1 - L_2 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) - 10\log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 10\left(\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) - \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)\right)$$

Et comme $\log(a) - \log(b) = \log(a/b)$, il vient alors :

$$A_{\text{géo}} = 10\log\left(\frac{I_1 \times I_0}{I_0 \times I_2}\right)$$

Alors finalement, on a bien :

$$\boxed{A_{\text{géo}} = 10\log\left(\frac{I_1}{I_2}\right)}$$

3. On peut alors calculer, dans un premier temps, le rapport :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{P}{4\pi {d_1}^2}}{\frac{P}{4\pi {d_2}^2}} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

Donc on a :

$$A_{\text{géo}} = 20\log\left(\frac{d_2}{d_1}\right) = 20\log\left(\frac{3,1}{1}\right) = 9,8\,\text{dB}$$

L'atténuation géométrique a donc bien comme valeur $\underline{A_{\text{géo}} = 9,8\,\text{dB}}$

4. De manière expérimentale, on calcule :

$$A_{\text{mesure}} = L_1 - L_2 = 80 - 68 \underline{= 12\,\text{dB}}$$

Ce qui est légèrement supérieur à la valeur théorique.

5. On cherche maintenant à calculer l'incertitude sur cette valeur, afin de savoir si le modèle théorique est cohérent avec l'expérience.
On a donc :

$$u(A_{\text{mesure}}) = \sqrt{u(L_1)^2 + u(L_2)^2} = \sqrt{3^2 + 3^2} = 4\,\text{dB}$$

D'où, $\underline{u(A_{\text{mesure}}) = 4\,\text{dB}}$.

6. Ce qui permet de calculer le z-score :

$$z = \frac{|\, A_{\text{mesure}} - A_{\text{géo}} \,|}{u(A_{\text{mesure}})} = \frac{|\, 12 - 10 \,|}{4} \underline{= 0,5 < 2}$$

Le z-score étant inférieur à 2, le modèle théorique est bien cohérent avec les constatations expérimentales.

7. Finalement, les deux conducteurs remontent leurs fenêtres. L'épaisseur de ces dernières étant négligeable par rapport à l'échelle caractéristique de distance pour la situation étudiée, il est évident que l'atténuation induite par les fenêtres est une atténuation par absorption.

8. On a alors l'atténuation totale :

$$A_{\text{tot}} = A_{\text{géo}} + A_{\text{fenêtres}} = L'_1 - L'_2 \implies \boxed{L'_1 = A_{\text{géo}} + A_{\text{fenêtres}} + L'_2}$$

Et finalement,

$$L'_1 = 10 + 18 + 63 \underline{= 91\,\text{dB}}$$

Cette valeur étant **supérieure** à la limite de nocivité, on peut considérer que le conducteur 1 **est** exposé à des risques, on lui conseillera donc de baisser légèrement la musique.

* *
*

Proposé par T. Prévost (thomas.prevost@protonmail.com),
pour le site https://www.sujetdebac.fr/
Compilé le 8 mai 2022.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.