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 en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

CONCOURS COMMUN AGRO-VÉTO

VOIE LICENCE VÉTO

ÉPREUVE ÉCRITE COMPLÉMENTAIRE DE CHIMIE : CONCOURS COMMUN AGRO-VÉTO, VOIE LICENCE VÉTO

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
VOIE LICENCE VÉTO	2

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Documents DT 1 à DT 3 fournis avec le sujet. Calculatrice autorisée dans les conditions indiquées. Aucun autre document n'est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

CONSIGNES GÉNÉRALES DE L'ÉPREUVE : LABORATOIRE PÉDAGOGIQUE DE CHIMIE ANALYTIQUE, UNIVERSITÉ DE LIMOGES, LIMOGES

Le sujet comporte trois parties indépendantes, contextualisées autour de l'analyse d'un extrait de thé. Les documents techniques DT 1 à DT 3 fournissent les données nécessaires. Les documents réponses DR 1 et DR 2 sont à compléter et à rendre avec la copie.

Les réponses doivent être justifiées par un raisonnement scientifique. Les résultats numériques seront accompagnés de leur unité et exprimés avec un nombre pertinent de chiffres significatifs. Les réactions chimiques demandées seront équilibrées.

Les parties sont notées sur 20 points au total. Les points attribués à chaque question sont indiqués.

PARTIE 1 : Acidité d'un extrait de thé (7 points)

Chimie des solutions : titrage acido-basique

Un extrait aqueux de thé contient un acide faible monoprotique modélisé par l'espèce HA. Un prélèvement de volume connu est titré par une solution d'hydroxyde de sodium. Les données expérimentales et les indicateurs colorés disponibles figurent dans le document DT 1.

On prendra, à 25 °C, le produit ionique de l'eau égal à $K_e = 1,00 \times 10^{-14}$. Les activités seront assimilées aux concentrations.

Données utiles au titrage

Grandeur	Valeur
Volume de l'échantillon titré	20,0 mL
Concentration de la solution d'hydroxyde de sodium	$1,00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}
Volume à l'équivalence	12,6 mL
pKa de HA à 25 °C	4,20

Extrait du document DT 1.

1.1 (1,5 point) Écrire l'équation de la réaction de titrage entre HA et l'ion hydroxyde, puis donner l'expression de sa constante d'équilibre en fonction de K_a et K_e. Indiquer le caractère quantitatif ou non de cette réaction à 25 °C à partir de la valeur de sa constante d'équilibre.

1.2 (1,5 point) À l'équivalence, établir la relation entre la quantité initiale de HA et la quantité d'ions hydroxyde versée. En déduire la concentration molaire de HA dans l'échantillon titré.

1.3 (1,5 point) À la demi-équivalence, déterminer le pH de la solution. Justifier la relation utilisée entre le pH, le pKa et les concentrations des formes acide et basique conjuguées.

1.4 (1,5 point) À l'équivalence, la solution contient l'ion A^-, base conjuguée de HA. Calculer sa concentration après mélange, puis estimer le pH à l'équivalence en utilisant $K_b = K_e / K_a$ et l'approximation $[\mathrm{OH^-}] \simeq \sqrt{K_b C}$. Le volume total à l'équivalence est la somme du volume d'échantillon et du volume de solution titrante versé.

1.5 (1 point) À partir du pH à l'équivalence obtenu à la question 1.4 et des intervalles de virage du DT 1, choisir l'indicateur coloré le mieux adapté parmi ceux proposés. Justifier le choix.

PARTIE 2 : Évolution du signal et bilan thermique (6 points)

Cinétique chimique et thermochimie

Lors du maintien d'un extrait de thé à température élevée, le signal associé à une espèce colorée diminue. Sur l'intervalle étudié, cette diminution est modélisée par une cinétique d'ordre 1 : $S(t) = S_0 \exp(-kt)$, où t est exprimé en minutes et k en $\mathrm{min^{-1}}$. Les valeurs mesurées sont fournies dans le document DT 2.

Pour la mise en température, l'échantillon est assimilé à de l'eau. On néglige les pertes thermiques dans le calcul de l'énergie utile.

Mesures du signal et données thermiques

Temps t (min)	0	10	20	30	40
Signal S (unité arbitraire)	0,800	0,593	0,440	0,327	0,243
Données thermiques	Masse : 250 g	Température initiale : 20,0 °C	Température finale : 90,0 °C	Capacité thermique massique : 4,18 J·g⁻¹·K⁻¹	Rendement du chauffage : 0,800

Valeurs issues du document DT 2.

2.1 (1,5 point) À partir des signaux mesurés à $t = 0$ min et $t = 30$ min, calculer la constante de vitesse k en utilisant la loi intégrée d'ordre 1. Donner le résultat en $\mathrm{min^{-1}}$.

2.2 (1 point) Calculer le temps de demi-réaction associé à cette évolution. On rappelle que, pour une cinétique d'ordre 1, $t_{1/2} = \ln(2)/k$.

2.3 (1 point) À l'aide de la valeur de k déterminée à la question 2.1, prévoir le signal après 50 min si le modèle reste valable. Donner le résultat avec trois chiffres significatifs.

2.4 (1,5 point) Calculer l'énergie thermique utile nécessaire pour porter l'échantillon de 20,0 °C à 90,0 °C. En déduire l'énergie électrique à fournir en tenant compte du rendement du chauffage. Utiliser $Q = mc\Delta T$ et $\eta = Q / E_{\text{élec}}$.

2.5 (1 point) Le dispositif fournit une puissance électrique constante de 500 W. Calculer le temps théorique nécessaire pour fournir l'énergie électrique trouvée à la question 2.4. Exprimer le résultat en secondes, puis en minutes et secondes.

PARTIE 3 : Dosage spectrophotométrique de la caféine (7 points)

Spectroscopie, atomistique et chimie organique

La caféine d'un extrait aqueux est dosée par spectrophotométrie à une longueur d'onde où son absorbance suit la loi de Beer-Lambert. Une solution diluée de l'extrait est mesurée dans une cuve de longueur optique 10,0 mm. La gamme d'étalonnage et les données complémentaires figurent dans le document DT 3.

La formule brute de la caféine est $\mathrm{C_8H_{10}N_4O_2}$. Les masses molaires atomiques à utiliser sont $M(\mathrm{C}) = 12,01$, $M(\mathrm{H}) = 1,008$, $M(\mathrm{N}) = 14,01$ et $M(\mathrm{O}) = 16,00$, en $\mathrm{g\,mol^{-1}}$.

Gamme d'étalonnage et mesure de l'échantillon

Concentration massique en caféine (mg·L⁻¹)	**0,00**	**2,00**	**4,00**	**6,00**	**8,00**	**10,0**
Absorbance	0,000	0,100	0,201	0,300	0,399	0,501
Mesure de l'échantillon dilué	Absorbance mesurée : 0,320	Facteur de dilution : 10,0	Volume de l'extrait initial : 250 mL	Longueur optique : 10,0 mm	Relation du modèle : A = aC	C en mg·L⁻¹

Données expérimentales du document DT 3.

3.1 (1,5 point) À partir des points d'étalonnage correspondant à 0,00 et 10,0 $\mathrm{mg\,L^{-1}}$, calculer le coefficient directeur a de la droite d'étalonnage. Préciser son unité et vérifier la cohérence du modèle $A = aC$.

3.2 (2 points) Déterminer la concentration massique en caféine dans la solution diluée à partir de son absorbance. En déduire la concentration massique dans l'extrait initial en tenant compte du facteur de dilution 10,0.

3.3 (1 point) Calculer la masse de caféine contenue dans les 250 mL d'extrait initial. Convertir le volume en litres dans le calcul.

3.4 (1,5 point) Calculer la masse molaire de la caféine à partir de sa formule brute et des masses molaires atomiques fournies, puis déterminer la quantité de matière correspondant à la masse calculée à la question 3.3.

3.5 (0,5 point) Donner la configuration électronique fondamentale des atomes d'azote et d'oxygène, de numéros atomiques respectifs $Z = 7$ et $Z = 8$.

3.6 (0,5 point) Calculer l'indice d'insaturation de la caféine à partir de sa formule brute, en utilisant $I = (2C + 2 + N - H)/2$. Interpréter brièvement ce que représente cet indice pour une molécule neutre contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'azote.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : TITRAGE DE L'ACIDITÉ DE L'EXTRAIT DE THÉ

L'échantillon contient un acide faible monoprotique HA, modélisé par l'équilibre $\mathrm{HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+}$. À 25 °C, $pK_a = 4,20$, donc $K_a = 10^{-4,20}$. La solution titrante est une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 1,00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. Le volume prélevé d'échantillon est $V_a = 20,0\ \mathrm{mL}$ et le volume équivalent mesuré est $V_E = 12,6\ \mathrm{mL}$.

Indicateurs disponibles : bleu de bromothymol, intervalle de virage 6,0 à 7,6 ; phénolphtaléine, intervalle de virage 8,2 à 10,0. Pour une base faible A^- de concentration C, l'approximation utilisée à l'équivalence est $[\mathrm{OH^-}] \simeq \sqrt{K_b C}$, avec $K_b = K_e / K_a$.

Paramètres expérimentaux et indicateurs

Paramètre	Valeur
Constante d'acidité de l'eau à 25 °C	Ke = 1,00 × 10⁻¹⁴
Volume de l'échantillon	20,0 mL
Concentration de la solution titrante	1,00 × 10⁻² mol·L⁻¹
Volume équivalent mesuré	12,6 mL
Bleu de bromothymol	Intervalle de virage : 6,0 à 7,6
Phénolphtaléine	Intervalle de virage : 8,2 à 10,0

Données fournies pour les questions de la partie 1.

DT 2 : MESURES CINÉTIQUES ET DONNÉES DE CHAUFFAGE

La diminution du signal est modélisée par une loi d'ordre 1, $S(t) = S_0 \exp(-kt)$. Les données calorimétriques sont : masse de l'échantillon assimilé à l'eau $m = 250\ \mathrm{g}$, capacité thermique massique $c = 4,18\ \mathrm{J\,g^{-1}\,K^{-1}}$, température initiale $T_i = 20,0\ ^\circ\mathrm{C}$, température finale $T_f = 90,0\ ^\circ\mathrm{C}$, rendement du chauffage $\eta = 0,800$, puissance électrique constante $P = 500\ \mathrm{W}$.

Relations utiles : $\ln(S_0/S_t) = kt$, $t_{1/2} = \ln(2)/k$, $Q = mc(T_f - T_i)$, $\eta = Q / E_{\text{élec}}$ et $P = E_{\text{élec}}/t$. Pour les conversions, $1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J\,s^{-1}}$.

Suivi temporel du signal

t (min)	0	10	20	30	40
S (unité arbitraire)	0,800	0,593	0,440	0,327	0,243

Mesures expérimentales utilisées dans la partie 2.

DT 3 : DOSAGE SPECTROPHOTOMÉTRIQUE ET REPRÉSENTATION DE LA CUVE

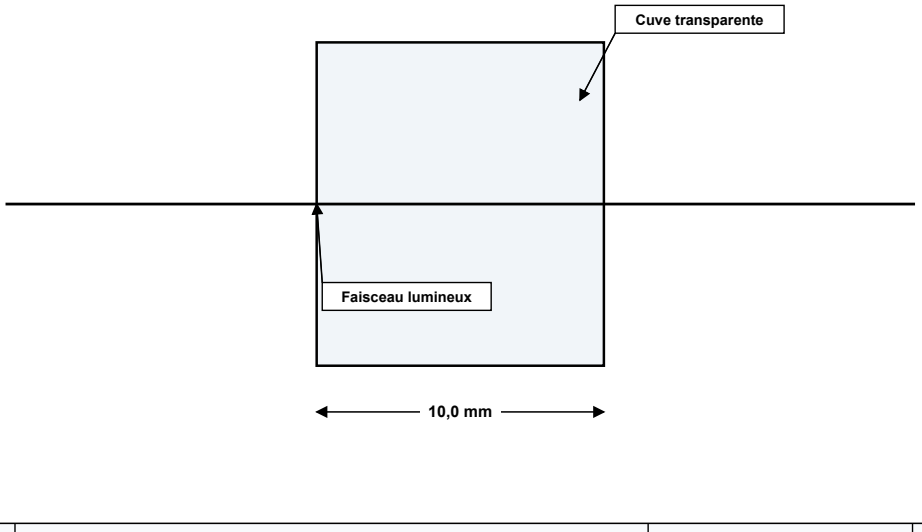
À la longueur d'onde de mesure, l'absorbance est reliée à la concentration massique par $A = aC$, avec C en $\mathrm{mg\,L^{-1}}$. La gamme d'étalonnage est constituée de solutions de concentrations 0,00 ; 2,00 ; 4,00 ; 6,00 ; 8,00 et 10,0 $\mathrm{mg\,L^{-1}}$, dont les absorbances respectives sont 0,000 ; 0,100 ; 0,201 ; 0,300 ; 0,399 et 0,501. L'absorbance de l'échantillon dilué est 0,320. La dilution a été réalisée en prélevant 10,0 mL d'extrait et en complétant à 100,0 mL. Le volume de l'extrait initial est 250 mL.

La cuve est en matériau transparent dans le domaine spectral retenu. La longueur optique traversée par le faisceau est de 10,0 mm. Le schéma est représentatif de la cuve et du trajet optique ; il ne constitue pas un plan de fabrication.

Valeurs de la gamme d'étalonnage

C ($\mathrm{mg \cdot L^{-1}}$)	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,0
A	0,000	0,100	0,201	0,300	0,399	0,501

Les mesures sont réalisées à longueur d'onde constante.



DT 3	Schéma de principe de la mesure dans une cuve spectrophotométrique	Éch. : Schéma non à l'échelle	Unité : mm

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.2, 1.4, 2.1 et 2.2 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases laissées vides. Indiquer les calculs et les unités sur la copie. Ce document réponse est à rendre avec la copie.

Tableau de résultats : titrage et cinétique

Question	Grandeur demandée	Résultat
1.2	Concentration initiale de HA ($mol \cdot L^{-1}$)	.....
1.4	Concentration de A^- à l'équivalence ($mol \cdot L^{-1}$)	.....
1.4	pH à l'équivalence	.....
2.1	Constante de vitesse k (min^{-1})	.....
2.2	Temps de demi-réaction (min)	.....

Compléter les cases repérées par des points de suspension.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 3.1 à 3.4 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau de calculs avec les valeurs numériques, les unités et les résultats demandés. Les calculs détaillés doivent également apparaître sur la copie.

Feuille de résultats du dosage de la caféine

Question	Grandeur	Résultat
3.1	Coefficient directeur a et unité	.....
3.2	Concentration de la solution diluée ($mg \cdot L^{-1}$)	.....
3.2	Concentration de l'extrait initial ($mg \cdot L^{-1}$)	.....
3.3	Masse de caféine dans 250 mL (mg)	.....
3.4	Masse molaire de la caféine ($g \cdot mol^{-1}$)	.....
3.4	Quantité de matière de caféine (mol)	.....

Compléter toutes les cellules laissées vides.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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.