

25 Capsules de caféine

| Faire preuve d'esprit critique ; effectuer des calculs.

Certains sportifs utilisent des gélules de caféine comme stimulant pour améliorer leurs performances physiques.

1. Déterminer la masse molaire de la caféine.

2. Un sportif ingère une masse de 380 mg de caféine avant une activité physique. Déterminer la quantité n de caféine correspondante.

3. Évaluer le nombre de tasses de café expresso que ce sportif aurait dû boire avant l'épreuve pour absorber la même quantité de caféine.

Données

- Formule chimique de la caféine : $C_8H_{10}N_4O_2$.
- Quantité approximative de caféine dans une tasse de café expresso : 0,40 mmol.

- Masses molaires atomiques : en ($g \cdot mol^{-1}$)
 $M_H = 1,0$; $M_C = 12,0$; $M_N = 14,0$; $M_O = 16,0$

**28 Synthèse de l'éthanoate de vanilline**

| Mobiliser ses connaissances ; effectuer des calculs.

Pour synthétiser l'éthanoate de vanilline, on mélange 25 mL d'une solution de concentration $2,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ en ions hydroxyde, 1,5 g de vanilline et un volume V d'anhydride éthanoïque.

1. Calculer la quantité n d'ions hydroxyde introduits.

2. Calculer le volume V afin que les quantités de matière d'anhydride éthanoïque et de vanilline soient égales.

Données

- Formule chimique de la vanilline : $C_8H_8O_3$.
- Formule chimique de l'anhydride éthanoïque : $C_4H_6O_3$.
- $\rho(\text{anhydride éthanoïque}) = 1,08 \text{ g} \cdot mL^{-1}$.

30 Solution commerciale d'éosine

| Rédiger un protocole.

L'éosine est utilisée comme solution asséchante. Un flacon contient une solution S de concentration en éosine $C_S = 6,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

Pour préparer cette solution S , on dispose d'une solution S_0 de concentration $C_0 = 0,24 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ en éosine qu'il faut diluer.

1. Calculer le volume V_0 de solution S_0 à prélever pour préparer $V_S = 100,0 \text{ mL}$ de solution S .

2. Rédiger le protocole de la dilution en précisant la verrerie à utiliser.

**14 À chacun son rythme****Réaction avec l'aluminium**

| Exploiter des observations ; utiliser un modèle ; rédiger une explication.

On trouve l'aluminium sous forme métallique $Al(s)$ et sous forme ionique $Al^{3+}(aq)$. Une photographie est prise au cours d'une transformation chimique qui met en jeu une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, $H^+(aq) + Cl^-(aq)$, et de l'aluminium :

> Andalousite



1. Identifier si l'aluminium est un oxydant ou un réducteur. Justifier.

2. Identifier l'espèce chimique impliquée dans la réaction avec l'aluminium.

3. Établir les demi-équations électroniques associées.

4. Établir l'équation de la réaction en combinant les deux demi-équations électroniques.

Données

- Couples oxydant / réducteur :
 $Al^{3+}(aq) / Al(s)$; $H^+(aq) / H_2(g)$; $O_2(g) / H_2O(l)$;
 $Cl_2(g) / Cl^-(aq)$.

9 Déterminer la composition d'un système à l'état final

| Utiliser un modèle.

En présence d'ions iodure $I^-(aq)$, les ions plomb (II) $Pb^{2+}(aq)$, forment un précipité jaune d'iodure de plomb (II) $PbI_2(s)$ appelé « pluie d'or ». Le tableau d'avancement de la réaction étudiée, associée à une transformation totale, est donné ci-dessous :



Équation de la réaction		$Pb^{2+}(aq) + 2 I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$		
État du système	Avancement (en mmol)	Quantités de matière (en mmol)		
		$n(Pb^{2+})$	$n(I^-)$	$n(PbI_2)$
État initial	$x = 0$	5,0	5,0	0
État intermédiaire	x
État final	$x = x_f$

1. Reproduire et compléter le tableau d'avancement.

2. Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{\max} .

3. En déduire la composition du système chimique dans l'état final.

Exercice 3 : Entretien de l'eau d'une piscine (10pt)

Des espèces chimiques à base de chlore sont largement utilisées dans le traitement des eaux de piscine car ce sont des produits bon marché, aisément disponibles et faciles à manipuler. L'espèce chimique chlorée active, appelée « chlore libre », présente des propriétés germicides, utilisé en quantité adaptée, il détruit les microorganismes et assure ainsi une stérilisation efficace de l'eau des piscines. Une brochure éditée par l'Agence Régionale de Santé pour l'entretien des piscines (<http://www.paca.ars.sante.fr/>) indique que pour un traitement et une désinfection efficace par chloration d'une eau de piscine, la concentration en masse du « chlore libre » doit être comprise entre 2 et 4 mg·L⁻¹.

L'objectif de cet exercice est d'étudier une méthode de détermination de la concentration en « chlore libre » d'une eau de piscine et de vérifier son domaine de validité en référence aux indications fournies par un fabricant de produits pour eau de piscine.

D'après une fiche produit de la marque hth® :

PASTILLES DPD POUR PHOTOMETRE

► BÉNÉFICES PRODUIT

Réactif pour mesure du Chlore libre (s'utilise avec un photomètre)

► CARACTERISTIQUES

Boîte de 100 pastilles d'analyse

Réactifs en pastilles pré-dosés de 5,0 mg

► MODE D'EMPLOI

- Initialiser le photomètre et s'assurer que le paramètre est réglé sur Chlore.
- Rincer 2 fois le tube TEST avec l'eau à analyser, le vider et y laisser 2 ou 3 gouttes d'eau.
- Ajouter un comprimé DPD, l'écraser avec le pilon/agitateur et remplir le tube jusqu'au trait 10 mL. Mélanger jusqu'à dissolution complète du réactif.
- Insérer immédiatement le tube dans la chambre de mesure car le résultat peut varier en cas d'attente.
- Appuyer sur LIRE TEST pour lire le résultat.

! Recommandation importante :

Pour une concentration en acide hypochloreux HClO supérieure à 7,0 mg/L l'échantillon contenant le réactif DPD est susceptible de se décolorer et de conduire à un résultat faux. Dans ce cas, l'absorbance de la solution n'est alors plus proportionnelle à la concentration en masse en « chlore libre ».

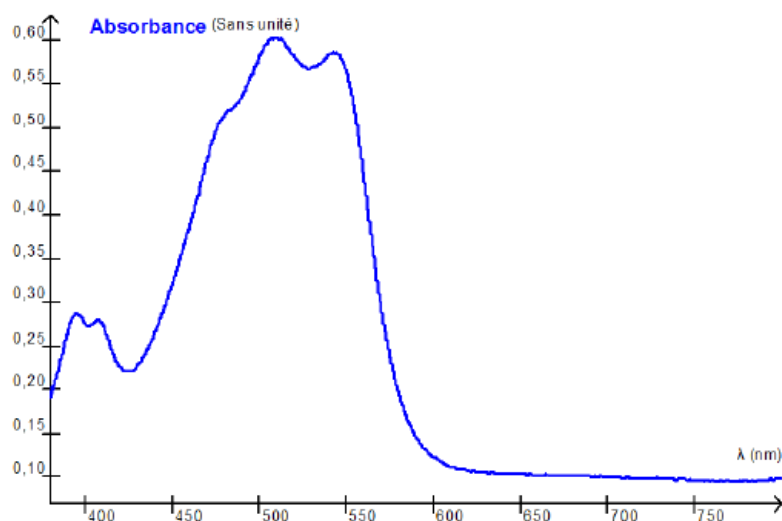


Fig. 1 Spectre d'absorption de l'espèce chimique colorée E obtenue par réaction entre le chlore libre et la DPD

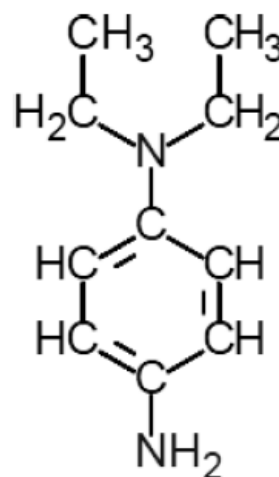
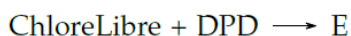


Fig. 2 Formule de la molécule de DPD

Partie A : Détermination de la concentration en chlore libre d'une piscine

En solution aqueuse le « chlore libre » est incolore, rendant ainsi impossible la détermination de sa concentration à l'œil nu par les particuliers. La méthode colorimétrique proposée ici est dite " méthode au réactif DPD " (N,N-diéthylphénylène-1,4-diamine). La DPD réagit avec le « chlore libre » pour former une espèce chimique colorée E dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en chlore libre pour des valeurs inférieures à $7,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. On peut modéliser la formation de l'espèce chimique colorée E par la réaction d'équation ci-dessous :



- A.1 Déterminer la couleur perçue de l'espèce chimique E produite lors de cette réaction. Justifier.
- A.2 Déterminer la masse molaire de la DPD et la quantité de matière de la DPD contenue dans une pastille de 5,0 mg de DPD.
- A.3 Montrer que la recommandation importante du fabricant du photomètre, permet d'affirmer que la quantité de matière de chlore libre présente dans un tube test de 10 mL ne doit pas dépasser $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$.
- A.4 Compléter le tableau d'avancement, en annexe 1 à rendre avec la copie, par des valeurs numériques, pour un tube test contenant $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$ de chlore libre et une pastille de DPD.
- A.5 Sachant que la DPD doit toujours être introduite en excès par rapport au chlore libre pour effectuer le test, justifier que l'utilisation d'une seule pastille est suffisante.

Partie B : Domaine de validité indiqué par le fabricant de produits pour traitement de l'eau de piscine.

Au laboratoire, on se propose de vérifier l'indication du fabricant : « Au-delà de $7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ les résultats du test peuvent s'avérer faux ». A partir d'une solution de « chlore libre » de concentration en masse $C_1 = 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, et de pastilles de DPD on prépare diverses solutions S_i dont on mesure l'absorbance A avec un spectrophotomètre.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
$C_m(\text{HClO})$ en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	20	15	10	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance	1,68	1,70	1,66	1,58	1,41	1,19	0,87	0,62	0,43	0,25

À l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, on obtient la représentation de l'absorbance A en fonction de la concentration en masse en « chlore libre » donnée en annexe B.

- B.1 À partir de la liste ci-dessous, choisir la verrerie nécessaire à la préparation de la solution S_7 à partir de la solution S_1 . Justifier.
 - Burette graduée de 25 mL
 - Fioles jaugées : 50,0 mL et 100,0 mL
 - Bécher de 50 mL
 - Pipette graduée de 10,0 mL
 - Pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL
 - Éprouvette graduée
- B.2 Cette représentation est-elle en accord avec la recommandation du fabricant ? Justifier votre réponse par un tracé sur l'annexe B à rendre avec la copie.
- B.3 Donner le nom de la loi mise en évidence en précisant son domaine de validité.

Partie C : Détermination de la concentration en chlore libre d'une eau de piscine

Une eau de piscine est testée par un particulier à l'aide du photomètre hth®. Il obtient une valeur de $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de « chlore libre ». Au laboratoire, pour la même eau, la mesure de l'absorbance effectuée en suivant la procédure d'analyse décrite ci-dessus donne une valeur $A = 0,30$.

- C.1. Comparer les valeurs des concentrations en masse en « chlore libre » obtenues par les deux méthodes. La concentration en masse en « chlore libre » est-elle suffisante pour assurer une stérilisation efficace de la piscine ? Justifier.
- C.2 Sachant que la piscine mesure 8,0 m de longueur sur 4,0 m de largeur et que sa profondeur varie en pente régulière de 1,5 m à 2,5 m, déterminer le nombre de galets de 20 g de chlore libre conviendrait-il de rajouter.

Partie D : Le chlore libre

Le chlore libre désigne du chlore qui se trouve dans l'eau à l'état d'acide hypochloreux (HOCl) , dit chlore actif, ou d'ions hypochlorite (OCl^-) , dit chlore potentiel. Le chlore actif est utilisé dans les piscines pour son pouvoir germicide, associé à ses propriétés oxydo-réductrices.

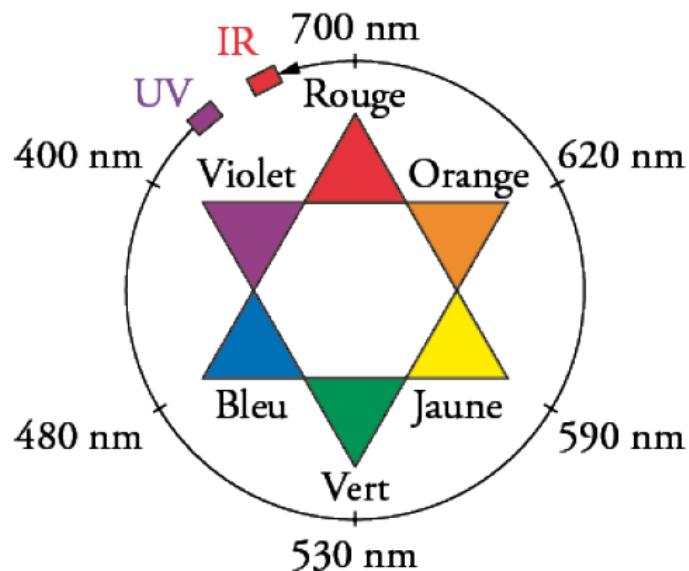
- D.1. Donner le schéma de Lewis de chacune de ces espèces chimiques.
- D.2. Étudier la polarité de la molécule d'acide hypochloreux.
- D.3. Écrire la demi-équation d'oxydo-réduction de l'ion hypochlorite, sachant qu'il forme un couple avec l'ion chlorure. L'ion hypochlorite est-il un oxydant ou un réducteur ? Justifier.

Données complémentaires

Tableau périodique

1	2	13	14	15	16	17	18
Hydrogène 1 H 2,20 1,01	<div> <div>← Nom de l'élément</div> <div>← Numéro atomique</div> <div>← Symbole chimique</div> <div>← Electronégativité</div> <div>← Masse molaire</div> </div>						Hélium 2 He / 4,00
Lithium 3 Li 0,98 6,94	Béryllium 4 Be 1,57 9,01	Bore 5 B 2,04 10,81	Carbone 6 C 2,55 12,01	Azote 7 N 3,04 14,01	Oxygène 8 O 3,44 16,00	Fluor 9 F 3,98 19,00	Néon 10 Ne / 20,18
Sodium 11 Na 0,93 22,99	Magnésium 12 Mg 1,31 24,31	Aluminium 13 Al 1,61 26,98	Silicium 14 Si 1,90 28,08	Phosphore 15 P 2,19 30,97	Soufre 16 S 2,58 32,07	Chlore 17 Cl 3,16 35,45	Argon 18 Ar / 39,95

Cercle Chromatique



Annexe (à rendre avec la copie)

Annexe A : Tableau d'avancement (Ex-3 : A.4)

Équation de la réaction		Chlore libre	+	DPD	→	espèce chimique E
État :	Avancement en mol	$n(\text{Chlore libre})$		$n(\text{DPD})$		$n(\text{Espèce E})$
initial	0					
intermédiaire	x					
final	x_{\max}					

Annexe B : Absorbance A en fonction de la concentration en masse en chlore libre C_m (Ex-3 : B.2)

