

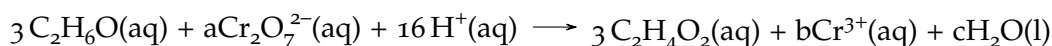
**Physique-Chimie – Classes de Première**  
*Composition du premier trimestre ( durée : 2h )*

La bonne chimie commence par le respect mutuel.

*A. Garcia*

**Exercice 1 : L'alcootest**

Lors d'un contrôle d'alcoolémie, pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on réalise un prélèvement puis, par un procédé non indiqué ici, on décolore le sang. On dose alors la quantité d'alcool présente dans le sang à partir de la réaction d'oxydoréduction entre  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq})$  et  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$  réalisée en milieu acide :



On dispose de 3,0 mol d'ions  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , de 100,0 mL d'éthanol liquide de masse volumique  $0,800 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  et d'un excès d'ions  $\text{H}^+$ .

1. Trouver la valeur des coefficients  $a$ ,  $b$  et  $c$  et ajuster l'équation chimique.
2. De quelle quantité initiale d'éthanol dispose-t-on ?
3. Construire un tableau de quantité de matière des espèces chimiques et faisant apparaître l'avancement  $x$ .
4. Quel est le réactif limitant ? Justifier la réponse.
5. Quelle masse maximale d'acide éthanoïque  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  peut-on obtenir ?

**Exercice 2 : Formation d'ammoniac**

On fait réagir 2,70 g d'aluminium sur 50,0 mL de solution d'acide nitrique à  $0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Il se forme des ions aluminium et il se dégage de l'ammoniac.

1. L'aluminium est-il un oxydant ou un réducteur ? Quelle est la transformation qu'il subit ? Justifier.
2. Écrire l'équation de la réaction.
3. A l'aide d'un tableau d'avancement, calculer en fin de réaction la masse des solides restants.

**Données :**

— Couples mis en jeu :  $\text{Al}_3^+(\text{aq})/\text{Al}(\text{s})$        $\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{g})$

### Exercice 3 : Entretien de l'eau d'une piscine

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<sup>-1</sup>.

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

Boite 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 ».

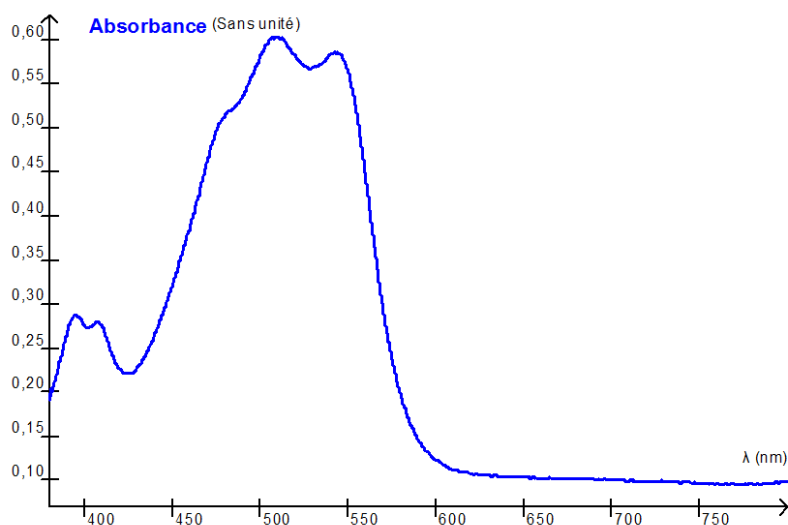


Fig. 1 Spectre d'absorption de l'espèce chimique colorée E obtenue par réaction entre le chlore libre et la DPD

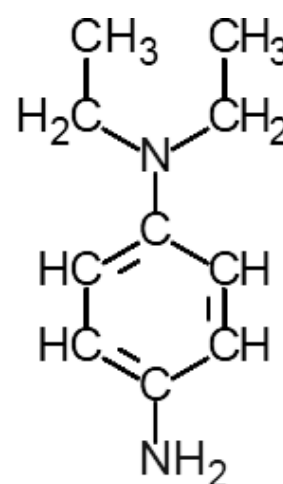
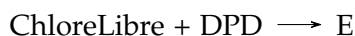


Fig. 2 Formule de la molécule de DPD

### 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  $5,0 \text{ mg}$  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  $10 \text{ mL}$  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     |

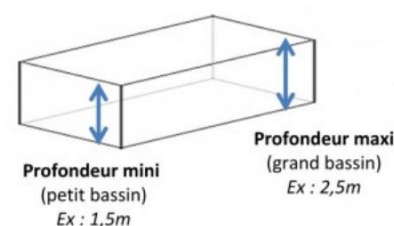
À l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, on obtient la représentation de l'absorbance A en fonction de la concentration en masse en « chlore libre » donnée en annexe B.

- 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  $25 \text{ mL}$
  - Fioles jaugées :  $50,0 \text{ mL}$  et  $100,0 \text{ mL}$
  - Bécher de  $50 \text{ mL}$
  - Pipette graduée de  $10,0 \text{ mL}$
  - Pipettes jaugées de  $5,0 \text{ mL}$  et  $10,0 \text{ mL}$
  - 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 détermine l'absorbance en suivant la procédure d'analyse décrite ci-dessus et obtient une valeur  $A = 0,30$ .

- C.1. Calculer le volume de la piscine sachant qu'elle mesure  $8,0 \text{ m}$  de longueur sur  $4,0 \text{ m}$  de largeur et que sa profondeur varie en pente régulière de  $1,5 \text{ m}$  à  $2,5 \text{ m}$ , .
- C.2 Déterminer alors le nombre de galets de  $20 \text{ g}$  de chlore libre qu'il conviendrait de rajouter à cette piscine.



## 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 ( $\text{OCl}^-$ ), dit chlore potentiel. Le chlore actif est utilisé dans les piscines pour son pouvoir germicide, associé à ses propriétés oxydo-réductrices.

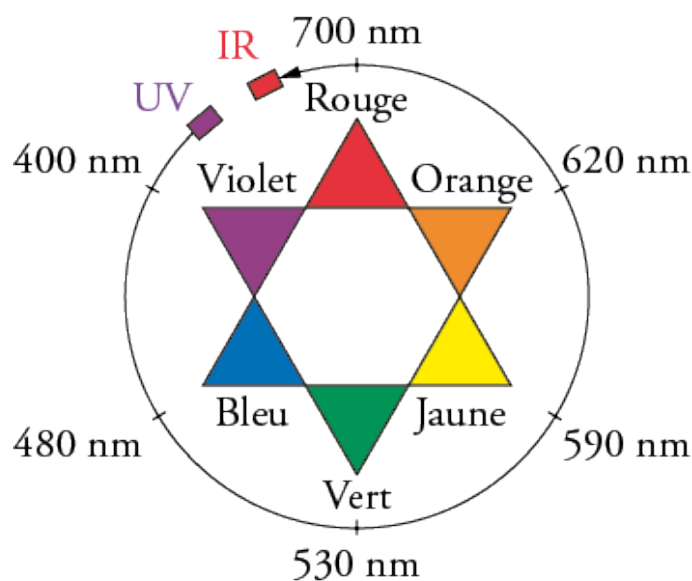
- D.1. Donner le schéma de Lewis de chacune de ces espèces chimiques.  
 D.2. Étudier la polarité de la molécule d'acide hypochloreux.  
 D.3. Écrire la demi-équation d'oxydo-réduction de l'ion hypochlorite, sachant qu'il forme un couple avec l'ion chlorure. L'ion hypochlorite est-il un oxydant ou un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

## Données complémentaires

## Tableau périodique

| 1   | 2   | 13   | 14  | 15  | 16   | 17  | 18  |
|---|---|--|---|---|--|---|---|
| Hydrogène<br><b>1</b><br><b>H</b><br>2,20<br>1,01 | ← Nom de l'élément<br>← Numéro atomique<br>← Symbole chimique<br>← Electronégativité<br>← Masse molaire |  |   |   |  |   | Hélium<br><b>2</b><br><b>He</b><br>/<br>4,00  |
| Lithium<br><b>3</b><br><b>Li</b><br>0,98<br>6,94  | Béryllium<br><b>4</b><br><b>Be</b><br>1,57<br>9,01  | Bore<br><b>5</b><br><b>B</b><br>2,04<br>10,81        | Carbone<br><b>6</b><br><b>C</b><br>2,55<br>12,01    | Azote<br><b>7</b><br><b>N</b><br>3,04<br>14,01      | Oxygène<br><b>8</b><br><b>O</b><br>3,44<br>16,00 | Fluor<br><b>9</b><br><b>F</b><br>3,98<br>19,00    | Néon<br><b>10</b><br><b>Ne</b><br>/<br>20,18  |
| Sodium<br><b>11</b><br><b>Na</b><br>0,93<br>22,99 | Magnésium<br><b>12</b><br><b>Mg</b><br>1,31<br>24,31  | Aluminium<br><b>13</b><br><b>Al</b><br>1,61<br>26,98 | Silicium<br><b>14</b><br><b>Si</b><br>1,90<br>28,08 | Phosphore<br><b>15</b><br><b>P</b><br>2,19<br>30,97 | Soufre<br><b>16</b><br><b>S</b><br>2,58<br>32,07 | Chlore<br><b>17</b><br><b>Cl</b><br>3,16<br>35,45 | Argon<br><b>18</b><br><b>Ar</b><br>/<br>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 $\longrightarrow$ espèce chimique E |                 |                      |
|-------------------------|-------------------|--|-----------------|----------------------|
| État :                  | Avancement en mol | $n(\text{Chlore libre})$                               | $n(\text{DPD})$ | $n(\text{Espèce E})$ |
| initial                 | 0                 |  |                 |                      |
| intermédiaire           | x                 |  |                 |                      |
| final                   | $X_{\text{max}}$  |  |                 |                      |

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