

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :  
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

## ÉVALUATION

**CLASSE :** Première

**VOIE :** ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT :** physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE :** 2 h

**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒ Oui ☐ Non

☒ Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

**Nombre total de pages :** 9

### PARTIE A

#### Cloche de plongée (10 points)

À partir du 16<sup>e</sup> siècle, les hommes commencent à s'intéresser à la récupération d'épaves et notamment aux trésors qu'elles renferment. Ils imaginent de nouvelles techniques pour respirer sous l'eau tout en résistant à la pression. Parmi les engins inventés : la cloche de plongée. Il s'agit d'un simple tonneau ouvert vers le bas et lourdement lesté, pouvant contenir plusieurs plongeurs. Elle est descendue à la verticale et posée sur ou près du fond. En 1690, le physicien anglais Edmund HALLEY, qui a également découvert la célèbre comète de Halley, améliore le principe de la cloche de plongée. Elle est actuellement encore utilisée pour véhiculer du matériel et du personnel entre la surface et des zones de travail subaquatiques.

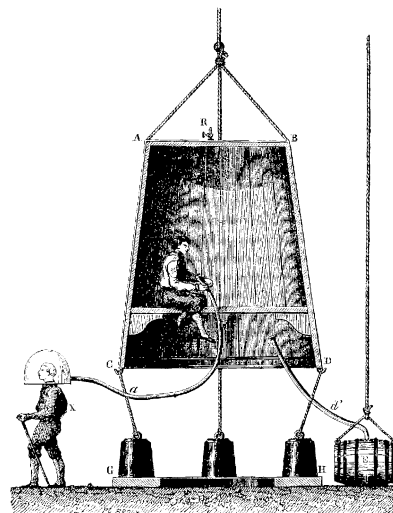


Schéma de la cloche de Halley

On modélise une cloche de plongée par un cylindre sans plancher dont la surface de la base  $S$  est égale à  $1,0 \text{ m}^2$  et la hauteur  $H$  à  $2,4 \text{ m}$ . Avant d'être immergée dans l'eau, la cloche est entièrement remplie d'air à la pression atmosphérique  $p_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ . On considère que la quantité d'air, ainsi que la température, restent constantes au cours de l'immersion de la cloche.



### Données :

- masse volumique de l'eau de mer dans laquelle la cloche est immergée :  
 $\rho = 1,02 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

### 1. Étude expérimentale de la loi de Mariotte

Pour modéliser le comportement de l'air dans la cloche, on utilise le matériel photographié ci-contre. La pression  $P$  de l'air emprisonné dans la seringue est relevée pour différentes valeurs du volume  $V$  du corps de la seringue. On suppose que la température de l'air reste constante.



Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

$P$ (hPa)	1011	1127	1261	1419	1633	1932
$V$ (cm <sup>3</sup> )	50	45	40	35	30	25

- 1.1. Quelle précaution doit-on prendre pour s'assurer que la température de l'air reste la même lors de chaque mesure ?
- 1.2. Énoncer la loi de Mariotte relative au produit de la pression  $P$  par le volume  $V$  d'un gaz pour une quantité de matière donnée et une température constante.
- 1.3. On utilise un programme écrit en langage Python pour tracer la courbe donnant la pression  $P$  en fonction de l'inverse du volume  $V$ . Un extrait de ce programme est donné ci-après.

```
pression = [1011,1127,1261,1419,1633,1932]
volume = [25,30,35,40,45,50]
invVolume = [ ]
pyplot.axis([0,0.05,0,2000])
pyplot.xlabel(" 1/V (mL-1)")
pyplot.ylabel("p (hPa) »)
pyplot.title("Etude de la loi de Mariotte »)
for i in range (0,6) :
    invVolume.append(1/volume[i])
pyplot.scatter (invVolume,pression,color='black',marker="+")
pyplot.show ( )
```

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

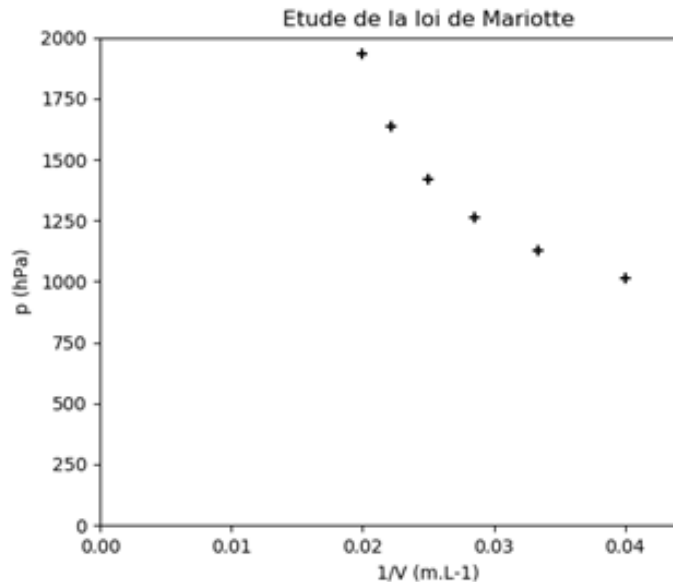
(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Le tracé obtenu suite à l'exécution du programme est reproduit ci-après :



1.3.1. La courbe obtenue est-elle cohérente avec la loi de Mariotte ? Justifier.

1.3.2. Identifier l'erreur commise dans le programme.

1.4. Exploiter, par une méthode au choix, les résultats expérimentaux obtenus afin de tester la loi de Mariotte.

## 2. Fonctionnement de la cloche de plongée

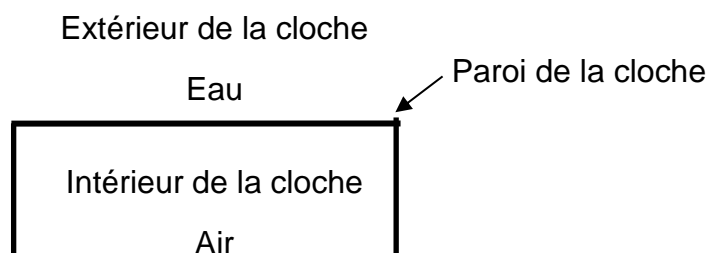
2.1. Force pressante exercée par l'eau de mer sur la surface horizontale supérieure de la cloche immergée à 18 m de profondeur.

2.1.1. La loi fondamentale de la statique des fluides reliant la différence de pression  $p_A - p_B$  entre deux points A et B d'un fluide incompressible à  $\rho$ ,  $g$ , et  $z_B - z_A$ , s'écrit  $p_A - p_B = \rho.g.(z_B - z_A)$  ;  $z_A$  et  $z_B$  étant les ordonnées des points A et B sur un axe des  $z$  orienté suivant la verticale ascendant. Décrire, en le justifiant, l'évolution de la pression en fonction de la profondeur.

2.1.2. Montrer que la pression  $p_{18}$  de l'eau de mer à 18 m de profondeur est égale à  $2,8 \times 10^5$  Pa.

2.1.3. En déduire la valeur de la force pressante  $F$  qui modélise l'action exercée par l'eau de mer sur la surface horizontale supérieure d'aire  $S$  de la cloche immergée à 18 m de profondeur.

2.1.4. Montrer que la valeur de cette force pressante est égale à celle du poids d'une masse environ égale à 29 t. Commenter.





- 2.2.** En comparant qualitativement la pression de l'air dans la cloche immergée et la pression atmosphérique, expliquer pourquoi le niveau de l'eau à l'intérieur de la cloche augmente lorsque celle-ci est immergée.  
On considère que la quantité d'air, ainsi que la température, restent constantes au cours de l'immersion de la cloche.
- 2.3.** On néglige la variation de la pression de l'eau sur la hauteur de la cloche.
- 2.3.1.** Déterminer la valeur du volume d'air  $V_0$  contenu initialement dans la cloche cylindrique de section  $S$  et de hauteur  $H$ .
- 2.3.2.** Déterminer, en utilisant la loi de Mariotte, le volume  $V_{18}$  d'air contenu dans la cloche à 18 m de profondeur.
- 2.3.3.** En déduire de quelle hauteur  $h_{18}$  est montée l'eau dans la cloche.

## PARTIE B

### Entretien de l'eau d'une piscine (10 points)

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 », se présente sous la forme d'acide hypochloreux de formule  $\text{HClO}_{(\text{aq})}$ . Grâce à ses pouvoirs oxydant et germicide, utilisé en quantité adaptée, le « chlore libre » 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  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

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  
BENEFICES 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**

Procédure d'Analyse (avec photomètre)



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- 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.

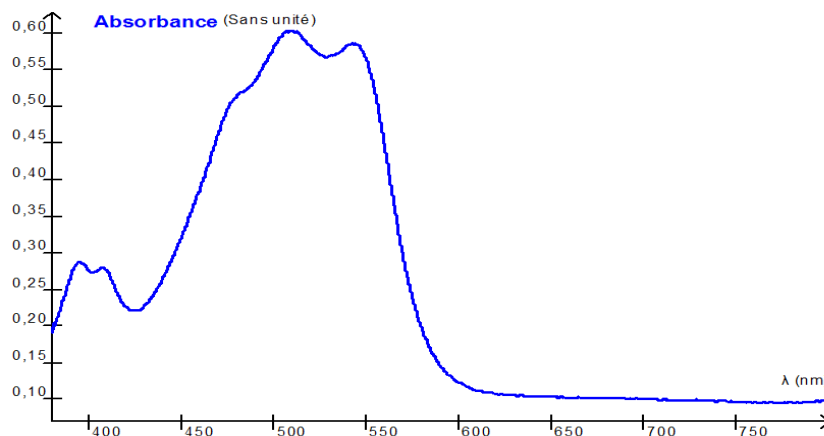
**Recommandation importante :** Pour une concentration en acide hypochloreux  $\text{HClO}$  supérieure à 7,0 mg/L l'échantillon contenant le réactif DPD est susceptible de se décolorer et de conduire à un résultat faux. Dans ce cas, l'absorbance de la solution n'est alors plus proportionnelle à la concentration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

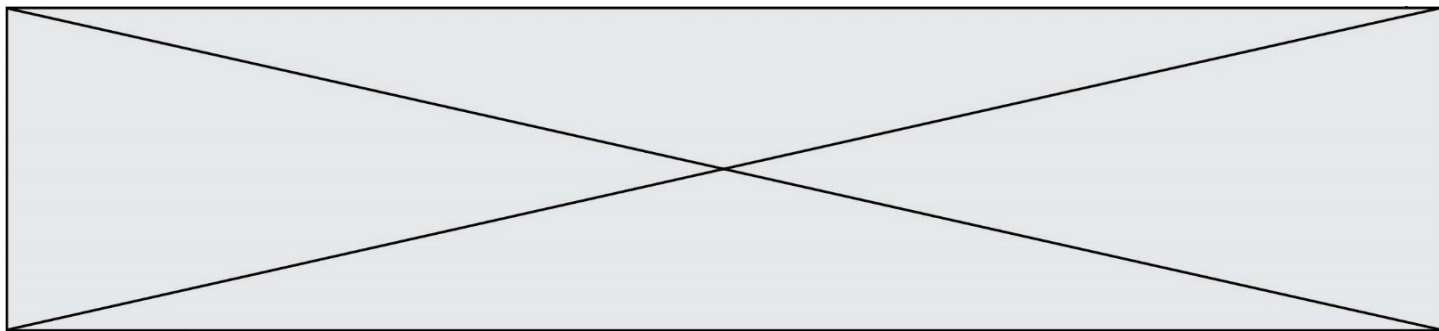
### Données :

Masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  :

H	C	N	O	Cl
1,0	12,0	14,0	16,0	35,5

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





Intervalle de longueur d'onde de la radiation absorbée, couleur perçue et couleur absorbée

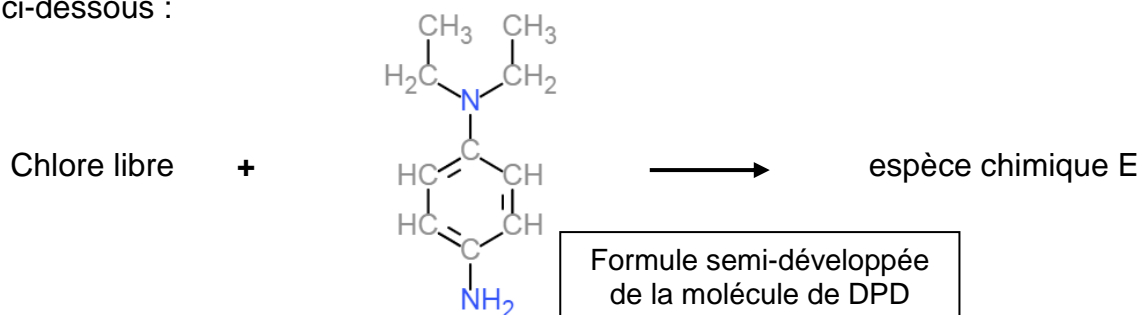
Longueur d'onde de la radiation absorbée (nm)	Couleur perçue	Couleur de la radiation absorbée
400-435	jaune-vert	violet
435-480	jaune	bleu
480-490	orangé	vert-bleu
490-500	rouge	bleu-vert
500-560	pourpre	vert
560-580	violet	jaune-vert
580-595	bleu	jaune
595-625	vert-bleu	orangé
625-800	bleu-vert	rouge

## 1. 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 mg/L.

On peut modéliser la formation de l'espèce chimique colorée E par la réaction 1 d'équation ci-dessous :



- 1.1. Déterminer la couleur perçue de l'espèce chimique E produite lors de la réaction 1. Justifier.
- 1.2. 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.
- 1.3. 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  $1,3 \times 10^{-6}$  mol.
- 1.4. Compléter le tableau d'avancement, en annexe 1 à rendre avec la copie, par des valeurs numériques, pour un tube test contenant  $1,3 \cdot 10^{-6}$  mol de chlore libre et une pastille de DPD.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

1.5. 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.

## 2. 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  $7 \text{ mg.L}^{-1}$  les résultats du test peuvent s'avérer faux ».

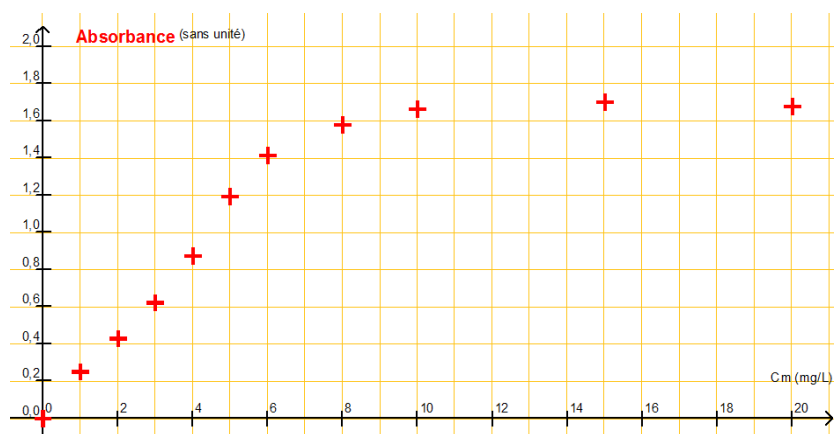
A partir d'une solution de « chlore libre » de concentration en masse  $C_1 = 20 \text{ mg.L}^{-1}$ , et de pastilles de DPD on prépare diverses solutions Si dont on mesure l'absorbance  $A$  avec un spectrophotomètre.

Solution	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>10</sub>
$C_m (\text{HClO})$ en $\text{mg.L}^{-1}$	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

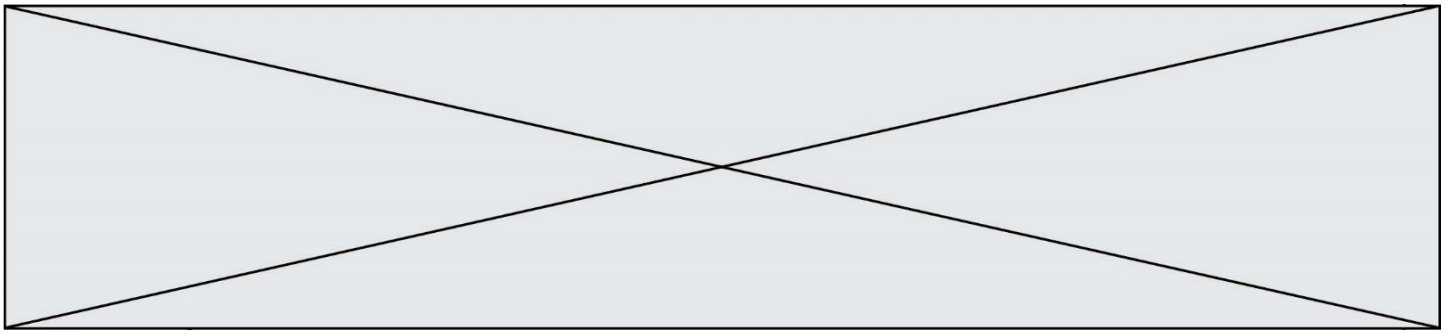
2.1. À partir de la liste ci-dessous, choisir la verrerie nécessaire à la préparation de la solution S<sub>7</sub> à partir de la solution S<sub>1</sub>. Justifier.

- 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

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 » ci-après.







**2.2.** Cette représentation est-elle en accord avec la recommandation du fabricant ?

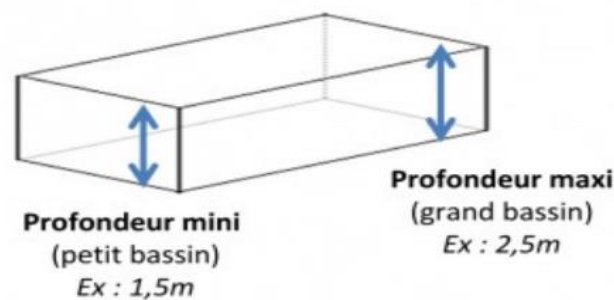
Justifier votre réponse par un tracé sur l'annexe 2 à rendre avec la copie.

**2.3.** Donner le nom de la loi mise en évidence en précisant son domaine de validité.

### 3. 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<sup>®</sup>. Il obtient une valeur de  $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$  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  $A = 0,30$ .

**3.1.** 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.



**3.2.** 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.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :  
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

## Annexe à rendre avec la copie

### ➤ Annexe 1 : question 1.4.

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	$X_{\text{max}}$					

### ➤ Annexe 2 : question 2.2.

Absorbance A en fonction de la concentration en masse  $C_m(\text{HClO})$  en  $\text{mg.L}^{-1}$

