

Modèle CCYC : ©DNE	
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>	
Prénom(s) :	
N° candidat :	N° d'inscription :
(Les numéros figurent sur la convocation.)	
 Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE	
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

Un modèle pour la balle de tennis pendant le service (10 points)

L'objet de l'exercice est de proposer un modèle pour l'étude du mouvement d'une balle de tennis.

Données :

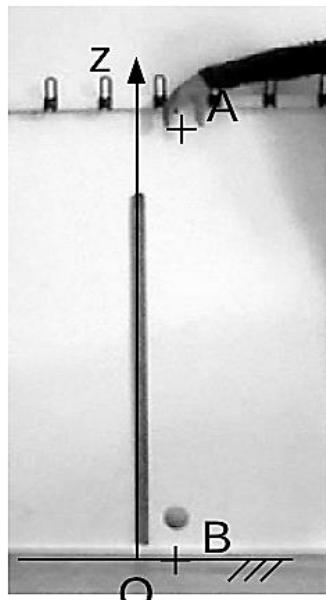
- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N/kg}$;
- masse volumique de l'air à 20°C : $\rho = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg/cm}^3$;
- le diamètre des balles de tennis est en moyenne de 6,5 cm.

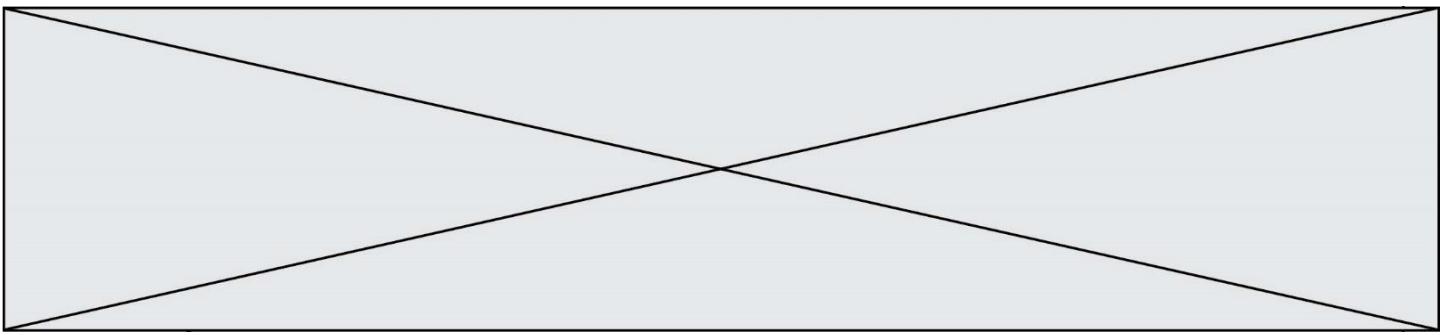
1. Modélisation de la chute verticale de la balle

Une balle, de masse $m = 55 \text{ g}$, est lâchée sans vitesse initiale. On filme ce mouvement de chute verticale et, à l'aide d'un logiciel adapté, on relève les positions successives de la balle. Un programme informatique permet de calculer les énergies cinétiques, potentielles de pesanteur et mécaniques de la balle à partir des relevés.

L'origine du repère est prise au sol, et l'axe des altitudes est dirigé vers le haut. On note A la position initiale de la balle lorsqu'elle quitte la main de l'opérateur, et B son point d'impact, sur le sol.

Figure 1. Capture d'écran de la vidéo de la chute de la balle étudiée, et son repère de position.





1.1. On identifie trois forces qui peuvent s'exercer sur la balle lors de son mouvement :

- le poids \vec{P} de la balle ;
- la force de frottement \vec{f} exercée par l'air sur la balle et qui dépend de la vitesse de la balle ;
- la poussée d'Archimède \vec{F}_A , indépendante de la vitesse de la balle, qui est exercée par l'air sur la balle, dirigée vers le haut et de valeur $F_A = \rho \cdot g \cdot V$, avec V le volume de la balle et ρ la masse volumique de l'air.

Représenter sur votre copie un schéma de la balle modélisée par un point en M, à un instant quelconque de son mouvement ainsi que les forces s'exerçant sur elle, sans souci d'échelle.

1.2. Comparer la valeur de la poussée d'Archimède au poids et en déduire que la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids.

1.3. Parmi les trois séries de points reproduites sur la figure ci-après, identifier en justifiant la réponse :

- la série de points qui correspond aux mesures de l'énergie cinétique ;
- la série de points qui correspond aux mesures de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- la série de points qui correspond aux mesures de l'énergie mécanique.

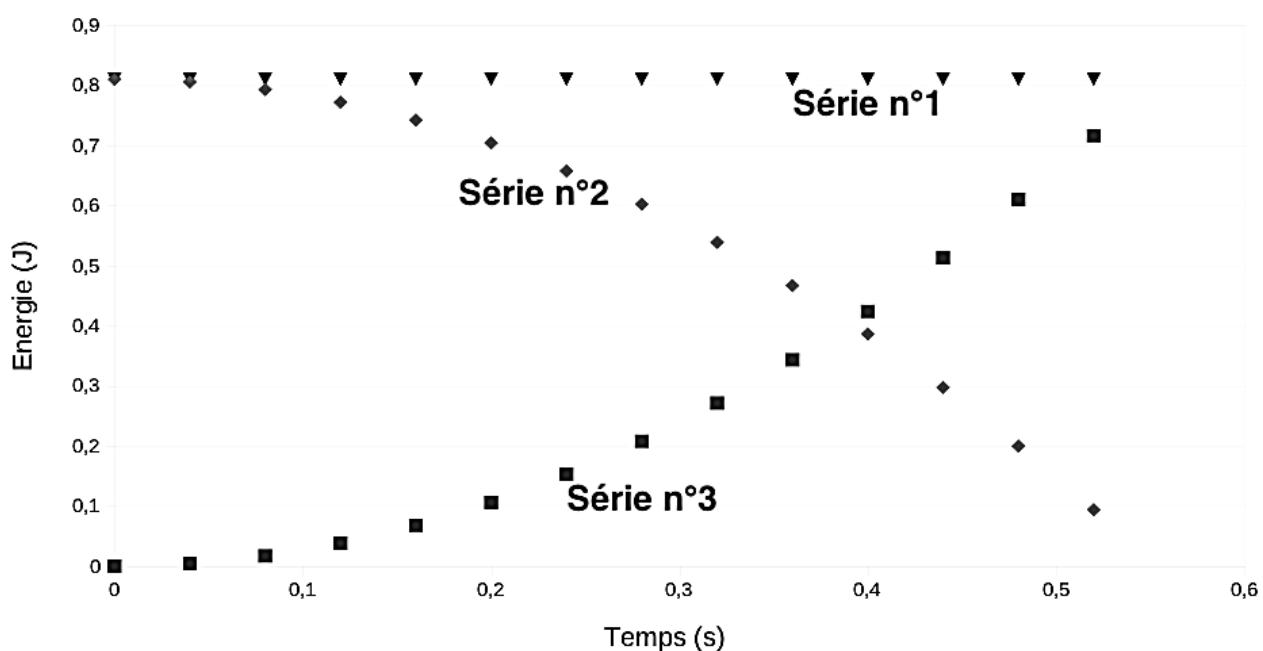


Figure 2. Évolution au cours du temps des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique de la balle

Modèle CCYC : ©DNE	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>															
Nom de famille (naissance) : <i>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</i>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>															
Prénom(s) :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>															
N° candidat :	<input type="text"/>	N° d'inscription :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>														
<i>(Les numéros figurent sur la convocation.)</i>																			
Né(e) le :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	/	<input type="text"/>	<input type="text"/>	/	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>									

1.4. À l'aide de ces courbes, justifier que l'on peut, dans cette étude, faire le choix de négliger les forces de frottement.

1.5. À quelle force est due la variation d'énergie cinétique observée ? Donner la valeur de son travail sur le trajet AB.

2. Modélisation du service au tennis

L'objectif de cette seconde partie est de vérifier si le modèle proposé dans la première partie convient aussi pour le mouvement de la balle lors du service, c'est-à-dire une fois qu'elle a quitté la raquette, venant d'être frappée par le joueur qui engage. Pour la suite de l'exercice, toutes les forces sont négligées, sauf le poids.



Figure 3. Joueuse de tennis au service, avant de frapper la balle (*d'après* <https://pixabay.com>).

La position initiale de la balle est notée C, lieu où le contact est rompu avec la raquette. La vitesse de la balle en C, supposée horizontale, est notée \vec{v}_C . Son altitude est notée z_C . Le schéma de la situation est représenté ci-dessous sans souci d'échelle. La balle atteint le sol au point D, à la vitesse de norme v_D et à la même altitude que l'origine du repère choisi.

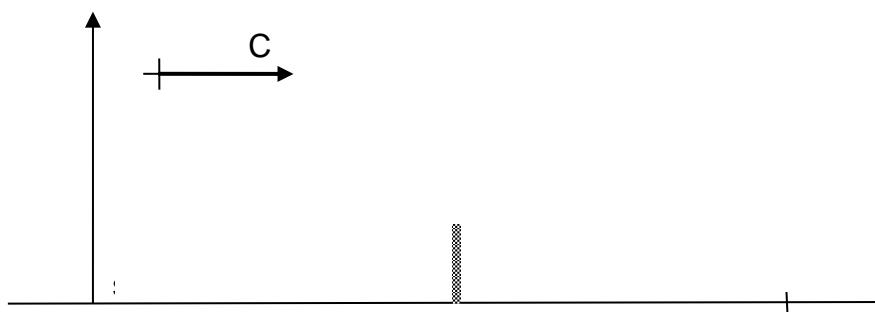


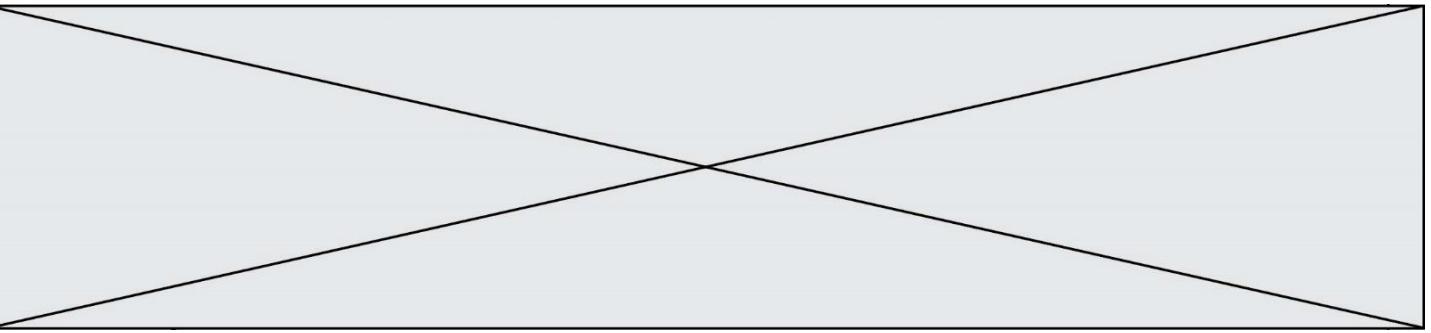
Figure 4. Schéma de la situation sans souci d'échelle

2.1. Reproduire la figure 4 et le compléter en représentant l'allure de la trajectoire de la balle lors du service.

2.2. Montrer à l'aide d'un théorème énergétique que, dans les conditions du modèle

proposé dans la première partie, la vitesse au point d'impact s'écrit : $v_D = \sqrt{v_C^2 + 2 \cdot g \cdot z_C}$

2.3. Déterminer la valeur de v_D pour $z_C = 2,20 \text{ m}$ et $v_C = 200 \text{ km.h}^{-1}$ pour ce modèle.
Commenter



2.4. Avec les valeurs initiales précédentes, la valeur de la vitesse v_{Dexp} effectivement mesurée au point D est de l'ordre de 100 km.h^{-1} . Proposer une hypothèse qui pourrait expliquer l'écart entre les valeurs de la vitesse mesurée et de celle déterminée avec le modèle précédent.

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 $\text{HClO}_{(aq)}$. 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 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

BENEFICES 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 $5,0 \text{ mg}$

MODE D'EMPLOI

Procédure d'Analyse (avec photomètre)

- a) Initialiser le photomètre et s'assurer que le paramètre est réglé sur Chlore.
- b) Rincer 2 fois le tube TEST avec l'eau à analyser, le vider et y laisser 2 ou 3 gouttes d'eau.
- c) 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.
- d) Insérer immédiatement le tube dans la chambre de mesure car le résultat peut varier en cas d'attente.
- e) Appuyer sur LIRE TEST pour lire le résultat.

1.1

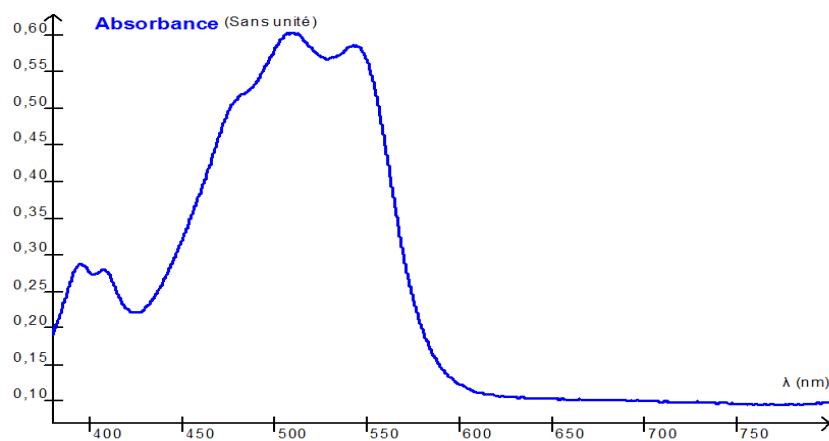
Recommandation importante : Pour une concentration en acide hypochloreux HClO supérieure à 7,0 mg/L l'échantillon contenant le réactif DPD est susceptible de se décolorer et de conduire à un résultat faux. Dans ce cas, l'absorbance de la solution n'est alors plus proportionnelle à la concentration en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

Données :

Masses molaires atomiques en 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

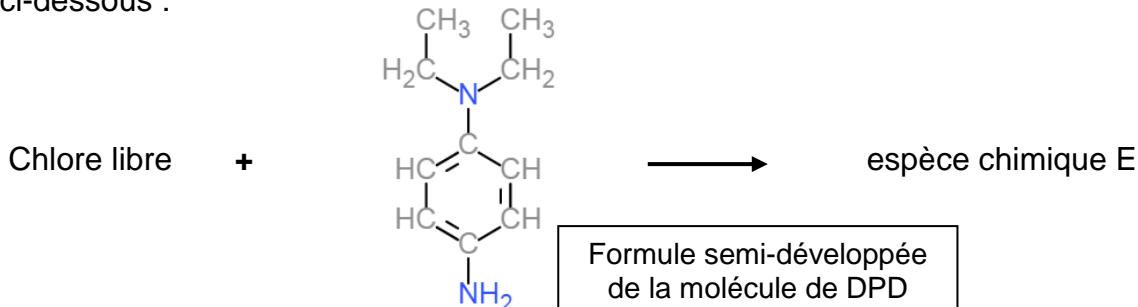
Longueur d'onde de la radiation absorbée (nm)	Couleur perçue	Couleur de la radiation absorbée
400-435	jaune-vert	violet
435-480	jaune	bleu
480-490	orangé	vert-bleu
490-500	rouge	bleu-vert
500-560	pourpre	vert
560-580	violet	jaune-vert
580-595	bleu	jaune
595-625	vert-bleu	orangé
625-800	bleu-vert	rouge

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-diéthylphénylene-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.
- 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 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.

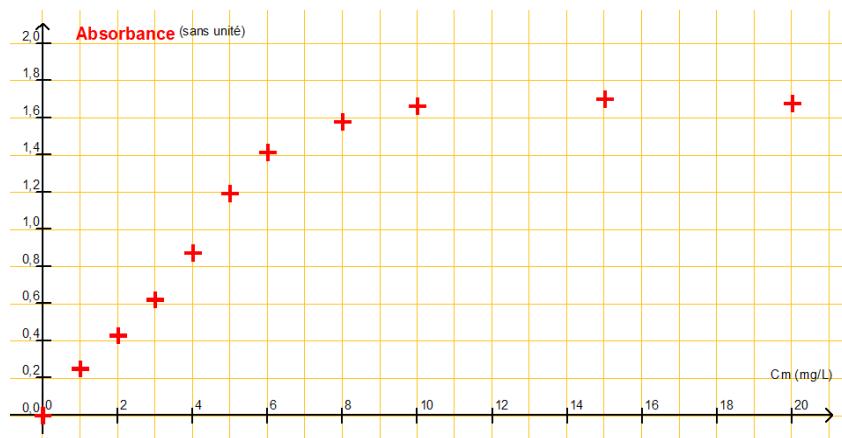
Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀
$C_m(\text{HClO}) \text{ en mg.L}^{-1}$	20	15	10	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance	1,68	1,70	1,66	1,58	1,41	1,19	0,87	0,62	0,43	0,25

Modèle CCYC : ©DNE	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
Nom de famille (naissance) :	<input type="text"/>														
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)															
Prénom(s) :	<input type="text"/>														
N° candidat :	<input type="text"/>							N° d'inscription : <input type="text"/>							
(Les numéros figurent sur la convocation.)															
Né(e) le :	<input type="text"/>		/		<input type="text"/>		/		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		

2.1. À partir de la liste ci-dessous, choisir la verrerie nécessaire à la préparation de la solution S₇ à partir de la solution S₁. 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 ?

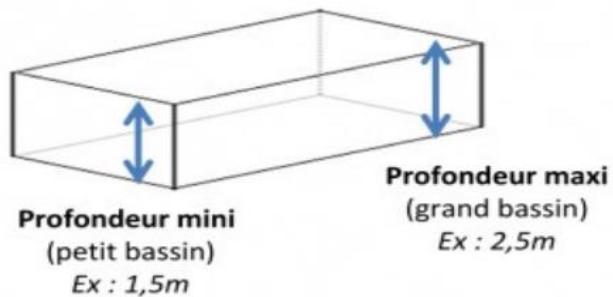
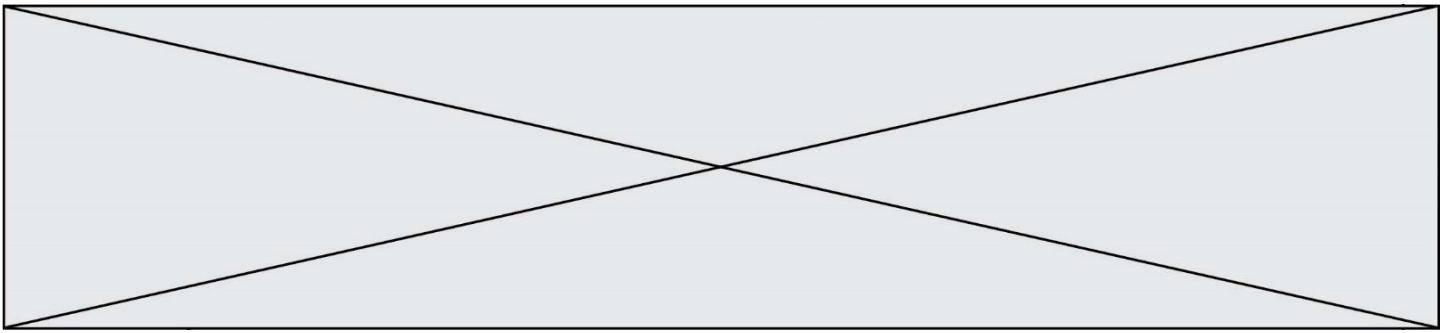
Justifier votre réponse par un tracé sur l'annexe 2 à rendre avec la copie.

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®. 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.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



(Les numéros figurent sur la convocation.)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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(Chlore libre)	n(DPD)	n(Espèce E)
initial	0			
intermédiaire	x			
final	Xmax			

➤ **Annexe 2 : question 2.2.**Absorbance A en fonction de la concentration en masse $C_m(HClO)$ en mg.L⁻¹