

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 COMMUNE

**CLASSE** : Première

**EC** :  EC1  EC2  EC3

**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** : 8

### PARTIE A

#### La fosse de plongée Nemo 33 (10 points)

Le Nemo 33 est un centre de plongée à Uccle, en Belgique. Il possédait la fosse de plongée la plus profonde du monde jusqu'en février 2014 atteignant une profondeur de près de 35 mètres.

Une fosse de plongée sert à pratiquer la plongée sous-marine ou la plongée en apnée (sans bouteille). La profondeur est le principal critère qui distingue une fosse d'une simple piscine. La qualité de l'eau est un autre élément fondamental, autant pour les maîtres-nageurs que pour les usagers.

Dans cet exercice, nous étudierons des propriétés chimiques d'une eau de fosse de plongée puis l'effet de la pression sur les poumons lors d'une plongée dans une fosse.



Apnéistes dans une fosse de plongée  
<https://communaute.ucpa.com>

#### 1. Titrage des ions hypochlorite $\text{ClO}^-$ présents dans l'eau d'une fosse de plongée



Afin de maintenir la qualité sanitaire de l'eau d'une fosse de plongée on y ajoute des ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$ , il s'agit d'un oxydant puissant qui peut réagir avec des composés organiques et des micro-organismes afin de les détruire. La réglementation impose une concentration en « chlore actif » pour les piscines en France correspondant à une concentration d'ions hypochlorite comprise entre  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$  et  $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Pour étudier les propriétés chimiques de l'eau d'une fosse de plongée et déterminer sa concentration en ions hypochlorite, on effectue un prélèvement. À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève  $V_1 = 20,0 \text{ mL}$  d'eau d'une fosse de plongée que l'on place dans un bécher de  $50 \text{ mL}$ , on ajoute  $1,0 \text{ mL}$  d'une solution contenant des ions iodure en excès et  $1,0 \text{ mL}$  une solution d'acide sulfurique puis on agite. Le mélange obtenu, qui prend alors une teinte orange-brun, est appelé solution S.

Les couples mis en jeu sont  $\text{ClO}^-(\text{aq})/\text{Cl}^-(\text{aq})$  et  $\text{I}_2(\text{aq})/\text{I}^-(\text{aq})$ . Le diiode a une coloration orange-brun en solution aqueuse, c'est la seule espèce colorée dans la solution S.

➤ Masses molaires de l'oxygène et du chlore :  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  et  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

**1.1.** Justifier à l'aide des observations expérimentales le caractère oxydant de l'eau de la fosse de plongée.

**1.2.** Écrire la demi-équation électronique associée au couple de l'hypochlorite et justifier le rôle d'oxydant de cet ion.

**1.3.** Donner l'équation de la réaction modélisant la transformation intervenant entre les ions hypochlorite et les ions iodure.

**1.4.** Établir le tableau d'avancement de la réaction. Les ions iodure,  $\text{I}^-(\text{aq})$ , et oxoniums  $\text{H}^+(\text{aq})$ , sont en excès, l'eau est le solvant.

On considère dans la suite que tout le diiode dans la solution S provient de la réaction entre les ions hypochlorite et iodure et que la transformation est totale. Afin de déterminer l'avancement final  $x_f$  de cette réaction, on effectue un dosage par étalonnage du diiode dans la solution S. On réalise une série de mesure d'absorbance de solutions de concentrations connues en diiode, les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

concentration en diiode ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	$2,0 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
absorbance $A$ (à $475 \text{ nm}$ )	0,016	0,041	0,10	0,22

On effectue une mesure d'absorbance pour la solution S, on obtient  $A_S = 0,017$ .

**1.5.** Déterminer la valeur de la concentration en diiode de la solution S. En déduire la valeur de la quantité de diiode, formée lors de la réaction entre les ions hypochlorite et iodure, et que la valeur de l'avancement final  $x_f$  est voisine de  $4,6 \times 10^{-7} \text{ mol}$ .

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 :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

1.6. En déduire la valeur de la concentration en moles en ions hypochlorites  $\text{ClO}^-$  dans l'eau de la fosse de plongée. Indiquer si cette eau est conforme la législation française.

## 2. La pratique de l'apnée au NEMO 33

Lors de la pratique de l'apnée, le plongeur inspire au maximum de sa capacité pulmonaire lorsqu'il se trouve à la surface puis bloque sa respiration. Au cours de la descente, la pression augmente et le volume pulmonaire diminue jusqu'à ce que la rigidité du thorax ne permette plus de réduire son volume : le volume pulmonaire est alors égal au volume résiduel. Au-delà de cette profondeur, du sang est aspiré puis retenu dans la circulation pulmonaire, remplissant ainsi les poumons. Ce phénomène, appelé « *blood shift* », permet aux poumons de résister à la compression, mais il peut aussi entraîner des troubles du rythme cardiaque.

La capacité maximale des poumons est d'environ 6 L. Le volume résiduel, c'est-à-dire le volume d'air contenu dans les poumons à la fin d'une expiration forcée, est d'environ 1,5 L.

### Données :

- pression atmosphérique :  $P_a = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- valeur du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$  ;
- profondeur de NEMO 33 :  $h = 35 \text{ m}$  ;
- 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  $\rho_e$ ,  $g$ , et  $z_A - z_B$  ;  $z_A$  et  $z_B$  étant les ordonnées des points A et B sur un axe des  $z$  orienté suivant la verticale ascendante s'écrit :  $p_A - p_B = \rho_e g (z_B - z_A)$ .

2.1. Décrire qualitativement comment évolue la pression lorsque le plongeur descend dans la fosse de plongée. Expliquer en quoi la loi fondamentale de la statique des fluides rend compte de cette évolution.

2.2. 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.

2.3. À l'aide des données, déterminer si le phénomène de « *blood shift* » risque d'apparaître lorsqu'un apnéiste, qui n'a pas expiré d'air au cours de sa plongée, atteint le fond de NEMO 33.

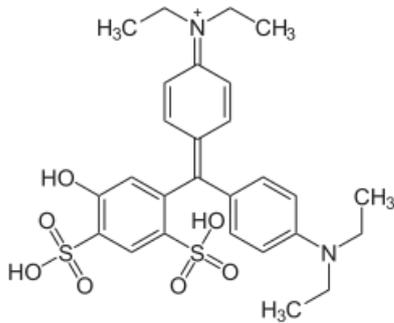
Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution.

## PARTIE B

### Dosage spectrophotométrique d'un additif alimentaire : le bleu patenté V (10 points)

#### Partie1. Se désaltérer sans altérer sa santé

Pour se désaltérer, il est coutume de consommer du sirop de menthe ; ce dernier contient plusieurs colorants dont le bleu patenté V (E131) de couleur bleue.



Bleu patenté V



Étiquette de sirop de menthe

### DJA du bleu patenté V

Les colorants alimentaires font l'objet de contrôles sanitaires par l'Union Européenne (UE). Un de ces contrôles, réalisé par l'EFSA (autorité européenne de sécurité des aliments), consiste à déterminer la dose journalière admissible (DJA) qui est la quantité d'une substance qu'une personne peut ingérer quotidiennement tout au long de sa vie sans risque appréciable pour sa santé.

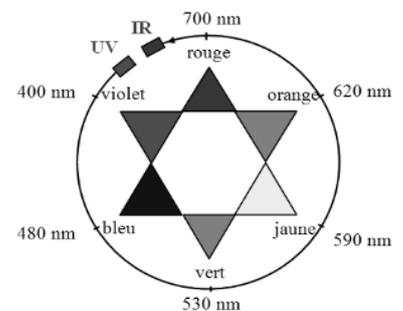
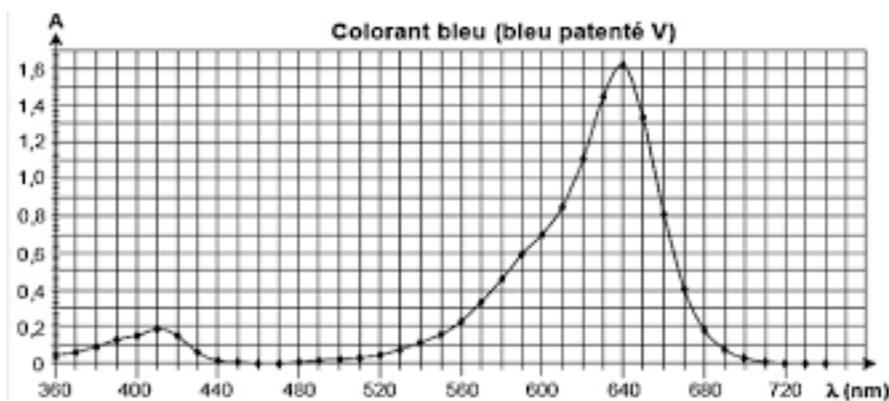
La DJA du bleu patenté est de 2,5 mg de produit absorbable par kg de masse corporelle et par jour.

Source : d'après le site : <http://www.efsa.europa.eu/>

Le but de cette première partie est de déterminer le nombre de verres de sirop de menthe que l'on peut boire sans dépasser la dose journalière admissible en bleu patenté V.

### Données :

- masse molaire du bleu patenté :  $560,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;
- spectre d'absorption d'une solution aqueuse de bleu patenté V et cercle chromatique :



Source : d'après le site : <http://sciences-physiques-et-chimiques-de-laboratoire.org/>

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

1.1. Nommer le groupe caractéristique – OH présent dans le bleu patenté.

1.2. Décrire et commenter le spectre d'absorption du bleu patenté.

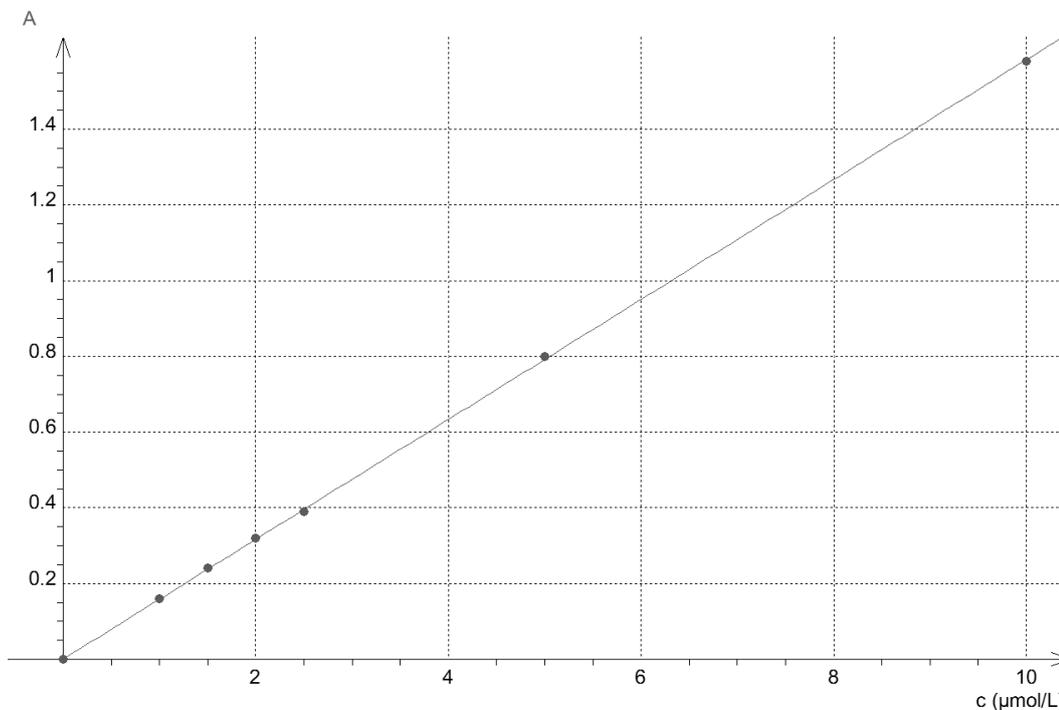
1.3. On se propose de déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de bleu patenté dans un sirop de menthe à partir d'un dosage par étalonnage utilisant des mesures d'absorbance de solutions de concentrations connues.

On réalise à partir d'une solution aqueuse mère de bleu patenté V (notée  $S_0$ ) une échelle de teintes constituée de cinq solutions diluées  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  et  $S_5$  versées dans des cuves identiques.

Par ailleurs, on dilue dix fois le sirop de menthe et on note S la solution aqueuse obtenue à l'issue de cette dilution. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Solution $S_i$	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	S
Concentration en quantité de matière C (en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	10	5,0	2,5	2,0	1,5	1,0	.....
Absorbance A	1,6	0,80	0,39	0,32	0,24	0,16	0,75

Les mesures sont reportées sur le graphe ci-dessous représentant l'évolution de l'absorbance A de la solution aqueuse de bleu patenté en fonction de la concentration C en quantité de matière de bleu patenté.



1.3.1. Rédiger le protocole de dilution mis en œuvre pour préparer 100,0 mL de solution  $S_2$  à partir de la solution  $S_0$ .



**1.3.2.** Déterminer le nombre de verres de sirop de menthe que peut boire au maximum une personne adulte sans dépasser la dose journalière admissible (DJA) en bleu patenté V. Commenter.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives, à estimer notamment la valeur du volume d'un verre de sirop de menthe et de celle de la masse d'une personne adulte, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.*

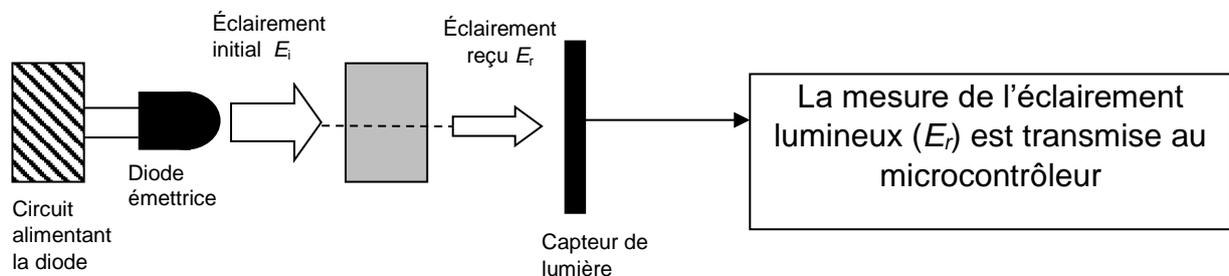
## Partie 2. Utilisation d'un microcontrôleur pour réaliser un spectrophotomètre

Le but de cette deuxième partie est de réaliser un spectrophotomètre à l'aide d'un microcontrôleur en l'associant à une diode électroluminescente (DEL) et à un détecteur de lumière afin de calculer l'absorbance de la solution de sirop de menthe diluée (solution S) étudiée dans la partie 1.

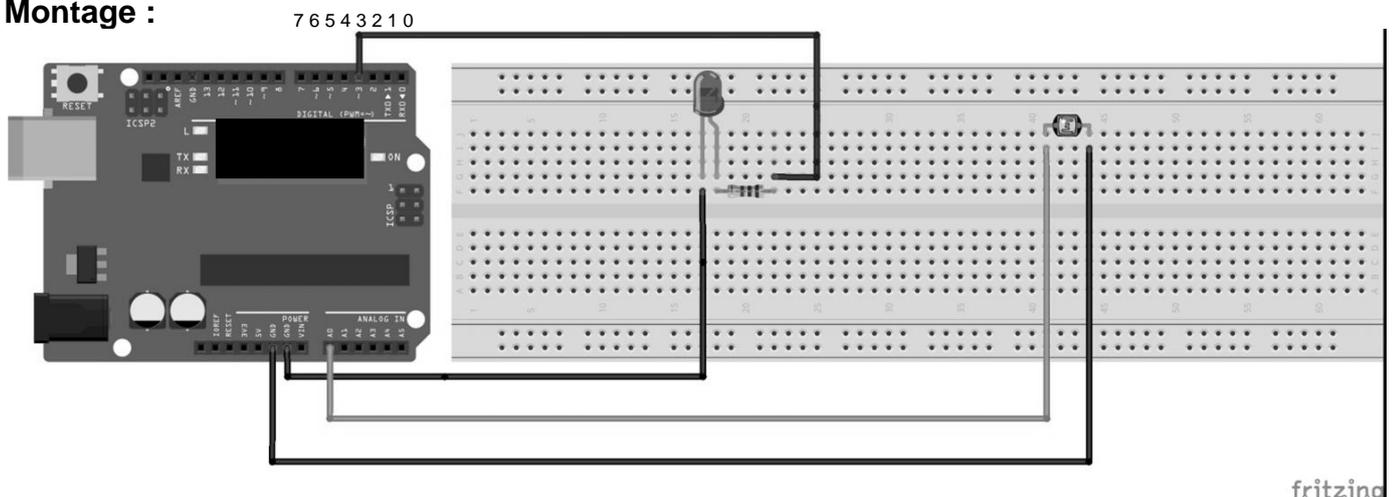
Le dispositif constituant le spectrophotomètre est composé d'une diode émettrice considérée comme monochromatique (DEL), d'un capteur de lumière et d'un microcontrôleur. Ce dernier mesure l'éclairement lumineux  $E_r$  en lux (lx) après passage du faisceau lumineux à travers la cuve et la solution.

En traversant une solution colorée, un rayonnement monochromatique perd une partie de son intensité lumineuse. Ce phénomène est quantifié par la grandeur absorbance.

### Schéma de principe :



### Montage :



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 :  /  /



1.1

L'absorbance peut être définie par la relation :  $A = -\log\left(\frac{E_r}{E_i}\right)$

Afin de négliger l'absorption de l'eau dans le domaine spectral d'étude, on considère que l'éclairement reçu dans le cas de la cuve témoin contenant uniquement de l'eau est égal à l'éclairement initial  $E_i$  et vaut 63,8 lx.

**Données :**

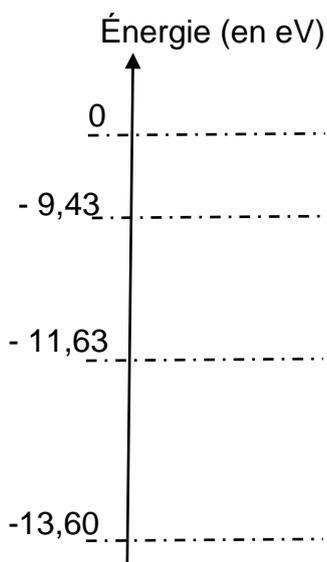
- La valeur de la célérité  $c$  de la lumière dans le vide est supposée connue ;
- constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s ;
- électron-volt :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J.

On dispose des diodes électroluminescentes monochromatiques suivantes :

- une DEL bleue émettant une radiation de longueur d'onde égale à 466 nm ;
- une DEL verte émettant une radiation de longueur d'onde égale à 525 nm ;
- une DEL jaune émettant une radiation de longueur d'onde égale à 589 nm ;
- une DEL orange émettant une radiation de longueur d'onde égale à 630 nm.

**2.1.** Indiquer la diode à choisir pour mesurer l'absorbance d'une solution aqueuse de bleu patenté V. Justifier en se référant aux données de la partie 1.

**2.2.** On donne un extrait du diagramme énergétique de l'atome d'oxygène :



**2.2.1.** Calculer, en eV, la valeur de la variation d'énergie  $\Delta E$  correspondant à l'absorption par un atome d'oxygène d'une radiation monochromatique émise par une DEL orange. Commenter.

**2.2.2.** Reproduire le diagramme énergétique de l'atome d'oxygène sur la copie et représenter la transition énergétique correspondante.

**2.3.** Le programme ci-dessous permet d'obtenir la mesure de l'éclairement reçu  $E_r$  par le capteur de lumière :



```
int ledPin = 2; //broche DEL orange branchée sur prise 2
int analogPin = 0; //capteur de lumière analogique branché sur prise A0
float eclairementi = 63.8; //définition de la constante éclairement initial

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); //initialisation de la DEL orange en sortie
  digitalWrite(ledPin, HIGH); //passage de la broche 2 au niveau haut de 5V
  Serial.begin (9600); //initialisation de la communication avec le port série
}

void loop()
{
  eclairement = analogRead(analogPin); //lit la valeur mesurée sur la broche 2
  Serial.print("Er = "); //affiche dans le port série la chaîne de caractère
  Serial.println(eclairement); //affiche à la ligne suivante dans le port série la valeur mesurée
  delay(300);
}
```

**2.3.1.** D'après le montage réalisé, dire si la LED a été déclarée sur la broche à laquelle elle est connectée. Si non, réécrire la ligne de code en la corrigeant.

**2.3.2.** Rédiger le commentaire à ajouter pour expliquer la ligne de code « delay(300) ; ».

**2.4.** L'éclairement reçu mesuré par le capteur de lumière est de 11,3 lx.

Comparer la valeur de l'absorbance mesurée à l'aide de ce dispositif à celle mesurée dans la partie 1.