

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

**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

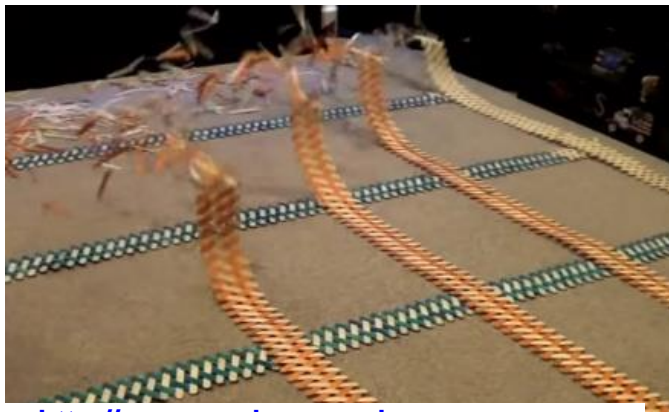
### PARTIE A

#### Une onde un peu particulière, « l'onde cobra » (10 points)

Le cobra est un serpent qui a la capacité de se redresser. C'est en référence à cette position que le jeu étudié ici a été nommé « onde cobra ». Il ressemble à ce jeu dans lequel on aligne des milliers de dominos pour ensuite les faire tomber en cascade.

Il s'agit ici d'entremêler en une succession de losanges des bâtonnets de bois, par exemple des bâtonnets de glace, pour constituer un long croisillon horizontal puis d'en lâcher une extrémité.

L'assemblage se soulève alors, se redresse telle une tête de cobra, en éjectant un à un les bâtonnets et en détruisant donc le croisillon (figure 1 ci-dessous).



<http://www.random-good-stuff.com/2016/12/17/stick-bombs-not-stink-bombs/>

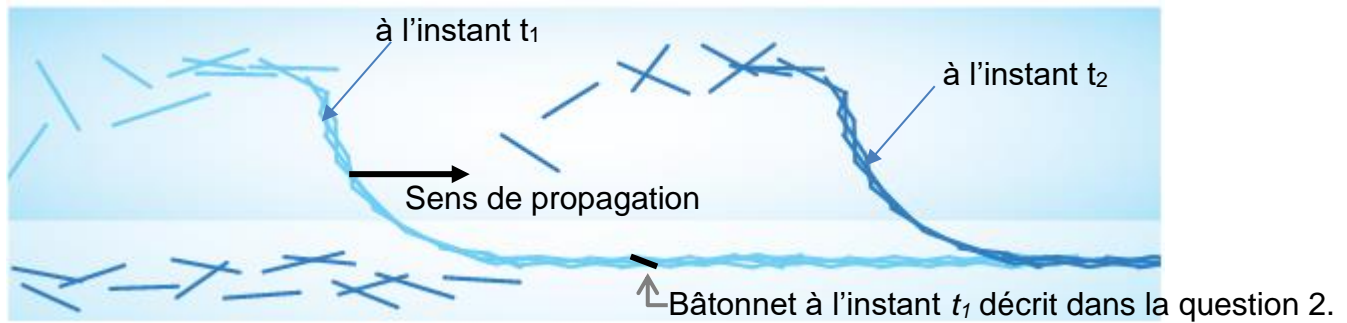


Figure 1 : Forme du croisillon de bâtonnets à deux instants différents  $t_1$  et  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ )

Pour constituer le croisillon (figure 2 ci-dessous), les bâtonnets se déforment avec des fléchissements qui sont de l'ordre de leur épaisseur (figure 3 ci-dessous), mais qui retrouvent leur forme initiale une fois libérés. Initialement, ils stockent ainsi non pas de l'énergie potentielle de pesanteur mais de l'énergie potentielle élastique. Des chercheurs ont montré que l'onde cobra résultait d'une propulsion par réaction, dans laquelle le « carburant » est cette énergie potentielle élastique stockée dans les déformations des bâtonnets et la propagation est assurée par leur éjection.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la célérité de l'onde cobra, d'étudier l'influence de la forme du croisillon sur la célérité ainsi que de mener une analyse énergétique pour interpréter l'onde cobra et prévoir la hauteur maximale des bâtonnets lors de la propagation.

Sources : journal *Le Monde* (21 août 2017), journal *Pour la Science* (n°490, août 2018).



Figure 2 : Croisillon vu de dessus : le croisillon est caractérisé par le pas noté  $p$ , distance entre deux sommets consécutifs sur un des bords du croisillon



Figure 3 : Schéma de profil d'un bâtonnet déformé dans le croisillon et photo correspondante

- Analyse ondulatoire**
1. Indiquer la nature périodique ou non périodique de « l'onde cobra ».
  2. On souhaite décrire l'évolution de la hauteur du centre de masse d'un bâtonnet au cours du temps (la hauteur est nulle lorsque le bâtonnet est au sol). Le bâtonnet décrit est figuré

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

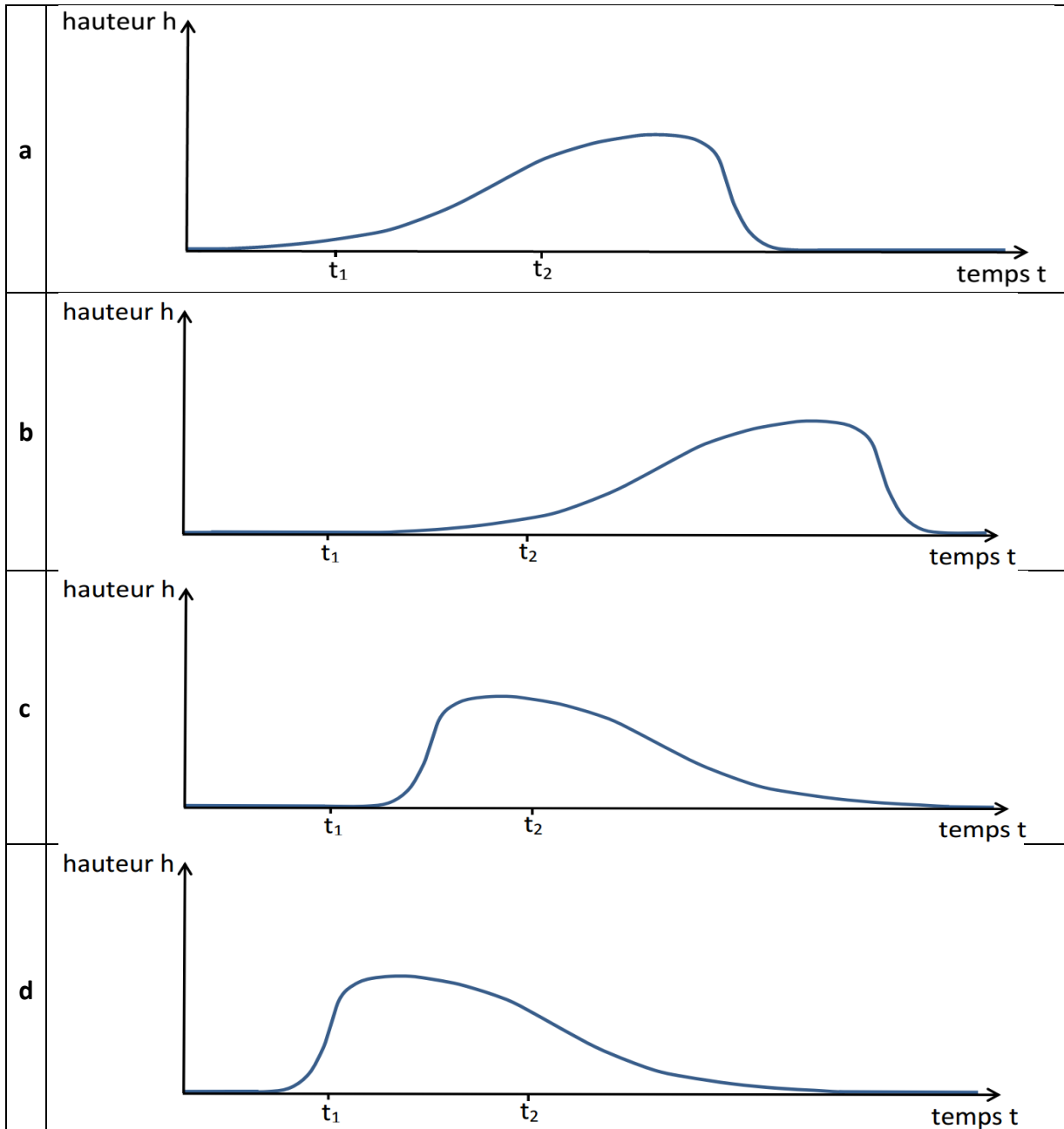


Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

en noir à l'instant  $t_1$  sur la figure 1, lorsqu'il est encore au sol, et on peut considérer que son mouvement ultérieur est approximativement vertical. Quatre représentations graphiques sont proposées ci-dessous.

- 2.1. Parmi les représentations graphiques proposées, éliminer la (ou les) représentation(s) qui ne rend(ent) pas compte de la position du bâtonnet à l'instant  $t_1$ .
- 2.2. Parmi les représentations restantes, choisir la représentation graphique qui paraît la plus adaptée. On justifiera clairement le choix.





Des chercheurs ont réalisé des photographies successives de la structure se soulevant au cours du temps. Quatre photographies successives sont fournies sur la figure 4 ci-dessous. Le croisillon a été réalisé avec des bâtonnets de longueur 11,4 cm et un pas voisin de 5 cm (ce qui correspond à des bâtonnets disposés perpendiculairement les uns par rapport aux autres comme sur la figure 2). L'échelle verticale et l'échelle horizontale ne sont pas les mêmes.

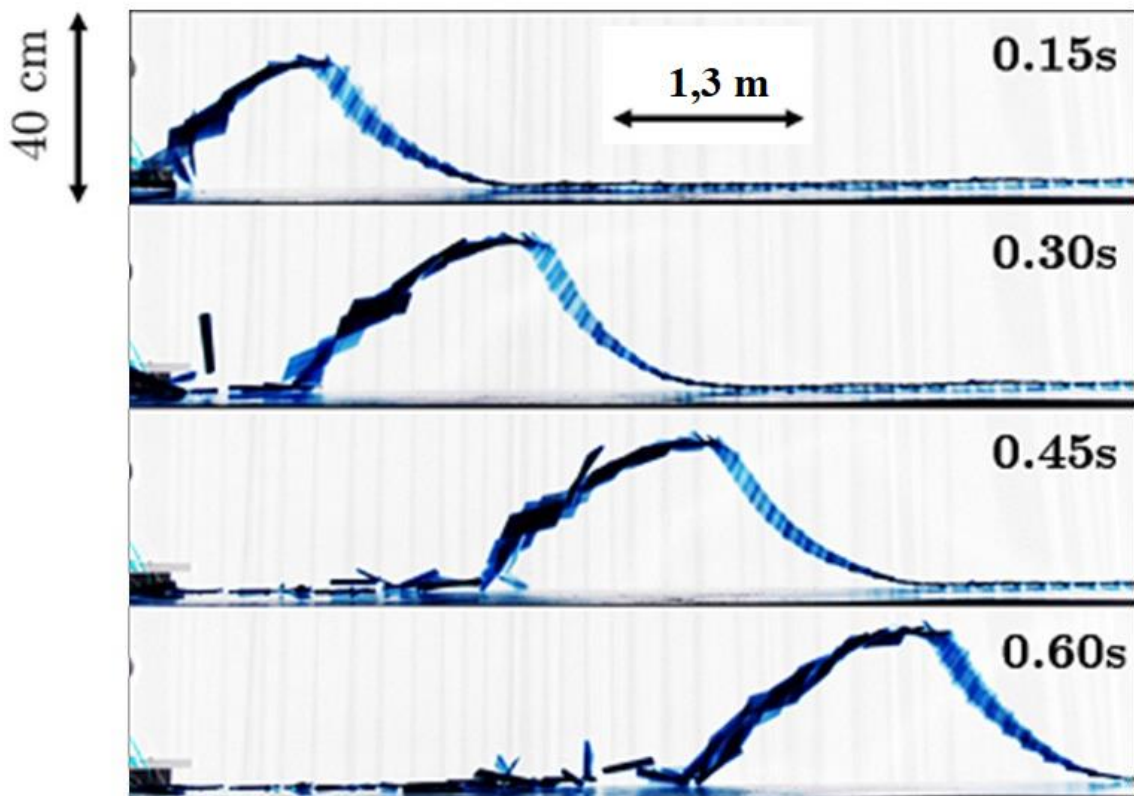


Figure 4 : Photographies successives de la structure.

D'après : Jérémey Sautel, Andréane Bourges, Aude Caussarieu, Nicolas Plihon, and Nicolas Taberlet *The physics of a popsicle stick bomb American Journal of Physics* 85, 783 (2017)

3. À l'aide de la figure 4, justifier sans calcul que la célérité de l'onde cobra semble approximativement constante.
4. Déterminer la valeur de la célérité de l'onde cobra. On explicitera clairement la méthode. L'évolution de la célérité de l'onde et de la hauteur maximale atteinte par chaque bâtonnet en fonction du pas sont reproduites ci-dessous (pour des bâtonnets de longueur 11,4 cm). Les barres indiquent l'incertitude-type pour chaque mesure.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

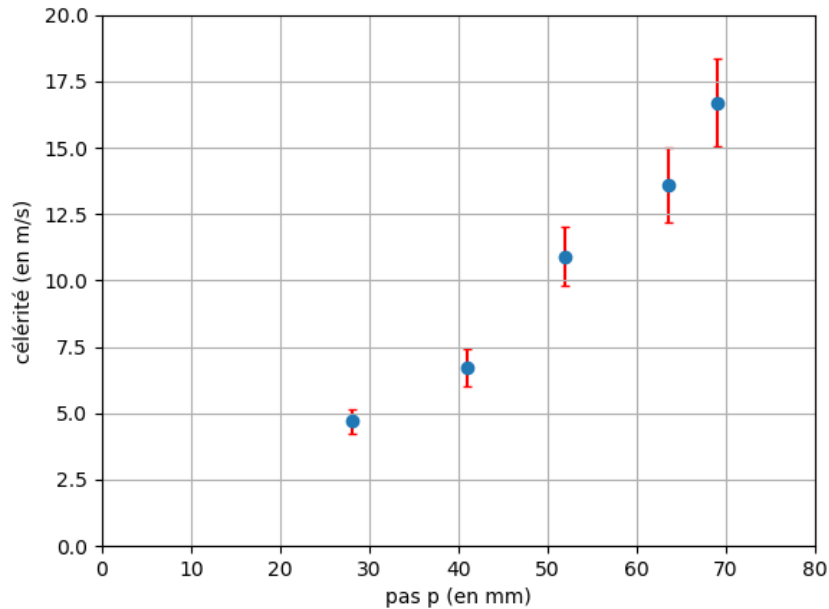


Figure 5 : célérité en fonction du pas

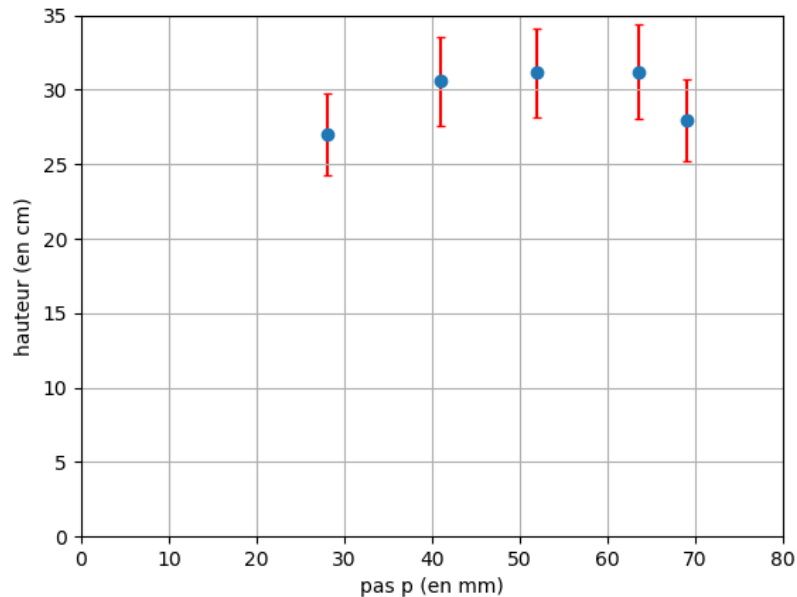


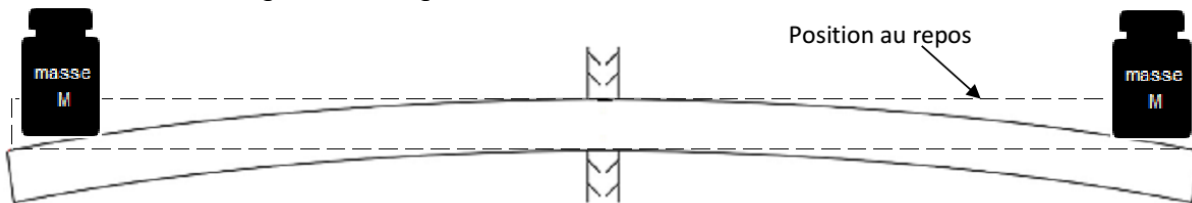
Figure 6 : hauteur maximale en fonction du pas

- Indiquer comment on a intérêt à déformer le croisillon afin d'augmenter la vitesse par rapport à la situation étudiée aux questions 3 et 4. On pourra faire un schéma.
- Indiquer en argumentant avec précision si la forme du croisillon a une influence sur la hauteur atteinte par les bâtonnets.



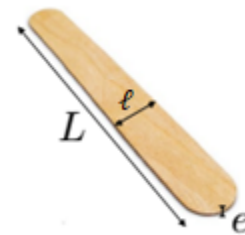
### Analyse énergétique

On souhaite estimer l'énergie nécessaire à la déformation d'un bâtonnet dont les caractéristiques figurent dans les données ci-dessous. Pour ceci, on étudie la situation suivante où on pose deux masselottes identiques à chaque extrémité d'un bâtonnet fixé en son centre. Celui-ci se courbe et stocke de l'énergie potentielle élastique. On note  $M$  la masse de chacune des masselottes pour que les extrémités du bâtonnet descendent d'une hauteur égale à son épaisseur. Pour déformer à ses deux extrémités le bâtonnet décrit dans les données, on observe expérimentalement qu'il faudrait que les masselottes aient chacune une masse  $M$  environ égale à 100 g.



### Données :

- dimensions d'un bâtonnet :  
longueur :  $L = 15,0$  cm ;  
largeur :  $\ell = 2,8$  cm ;  
épaisseur :  $e = 1,6$  mm ;
- masse d'un bâtonnet :  $m = 2,5$  g ;
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,8$  m·s<sup>-2</sup>.



7. Exprimer le travail du poids d'une masselotte durant sa descente. Calculer sa valeur.

On suppose que l'énergie transférée par travail mécanique est entièrement stockée par le bâtonnet sous forme d'énergie potentielle élastique.

8. En déduire la valeur de l'énergie potentielle élastique d'un bâtonnet qui serait déformé de cette façon par les deux masselottes avec un fléchissement égal à son épaisseur à chaque extrémité.

En pratique, puisque chaque bâtonnet est déformé en quatre points, l'énergie potentielle stockée par bâtonnet est bien plus grande et vaut approximativement 50 mJ.

L'énergie mécanique d'un bâtonnet est la somme de son énergie cinétique, de son énergie potentielle de pesanteur (considérée nulle lorsque le bâtonnet est au sol) et de son énergie potentielle élastique (nulle lorsque le bâtonnet n'est pas déformé). Lors de la propagation de l'onde, chaque bâtonnet est propulsé vers le haut et n'est plus déformé. Lorsqu'il atteint sa hauteur maximale, on peut considérer sa vitesse comme nulle.

9. En exploitant la conservation de l'énergie mécanique pour un bâtonnet donné, exprimer puis calculer la valeur de la hauteur maximale théorique atteinte par chaque bâtonnet. *L'élève est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

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

Lors de la propagation observée expérimentalement, la hauteur atteinte par chaque bâtonnet est comprise entre 25 et 35 cm.

10. Proposer une interprétation de la différence avec la valeur calculée précédemment.

## PARTIE B

### Le bleu de méthylène en médecine et en biologie (10 points)

Le bleu de méthylène est une espèce chimique organique de formule brute  $C_{16}H_{18}N_3SCl$ . A l'état pur, le bleu de méthylène se présente sous la forme d'une poudre soluble dans l'eau. Il peut être utilisé, à la fois comme colorant ou comme médicament. Son action repose sur ses propriétés oxydo-réductrices : sa forme oxydée est bleue et sa forme réduite est incolore. Certaines propriétés du bleu de méthylène sont utilisées pour des expériences en biochimie. Par exemple, en présence de glucose le bleu de méthylène est réduit et ce dernier se transforme en une espèce non colorée.

D'autres propriétés sont utilisées en médecine. Le bleu de méthylène peut servir à colorer des bactéries pour les visualiser au microscope. Quand il entre dans le cytoplasme d'une cellule vivante, le bleu de méthylène est réduit car c'est un environnement réducteur : les cellules vivantes paraissent incolores. En revanche, des cellules mortes sont colorées en bleu car le bleu de méthylène y reste sous sa forme oxydée.

*D'après [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)*

L'objectif de cet exercice est d'étudier une propriété du bleu de méthylène puis d'effectuer un contrôle de qualité, par dosage spectrophotométrique, d'une préparation microscopique utilisée dans le domaine de la santé.

#### Partie 1 : Propriétés oxydantes du bleu de méthylène

Un extrait de protocole est donné ci-dessous :

« Dans un erlenmeyer contenant une solution aqueuse de glucose, on ajoute une solution de bleu de méthylène  $BM^+_{(aq)}$ . Le mélange, initialement bleu, devient progressivement incolore ».

Couples oxydant-réducteur mis en jeu :

- $BM^+_{(aq)} / BMH_{(aq)}$
- $RCOOH_{(aq)} / RCHO_{(aq)}$
- le glucose est noté  $RCHO_{(aq)}$ .
- la forme oxydée du bleu de méthylène, noté  $BM^+$ , est la seule espèce colorée en solution aqueuse.

1.1. Donner la définition d'un oxydant.

1.2. Donner la définition d'une réduction.



- 1.3. Écrire les demi-équations électroniques relatives aux couples du bleu de méthylène  $BM^+(aq) / BMH(aq)$  et du glucose  $RCOOH(aq) / RCHO(aq)$
- 1.4. En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation décrite dans l'extrait du protocole.

### Partie 2 : Dosage d'une solution de bleu de méthylène

Le bleu de méthylène est un colorant pour préparation microscopique utilisé essentiellement pour colorer les noyaux des cellules afin d'apprécier le nombre de cellules mortes. Un technicien de laboratoire souhaite déterminer avec précision la concentration du colorant dans une solution S dont l'étiquette porte l'indication suivante :

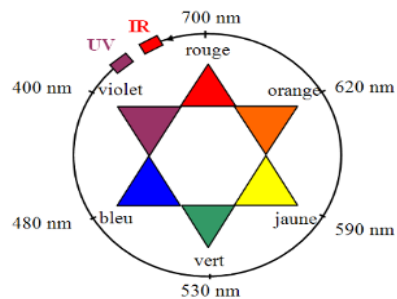
« **Bleu de méthylène 3,2mmol.L<sup>-1</sup>** »

On note  $C_S$  la concentration en bleu de méthylène de la solution S. Cette concentration est déterminée par une méthode spectrophotométrie.

On mesure l'évolution de l'absorbance A d'une solution de bleu de méthylène pour différentes longueurs d'onde  $\lambda$ .

#### Données :

- Cercle chromatique

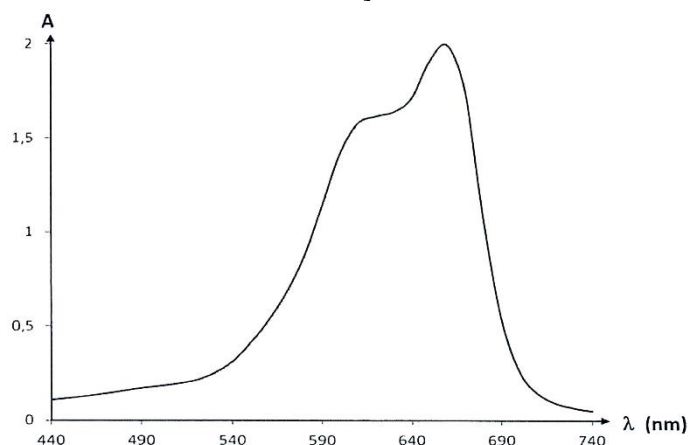


- Extrait du tableau périodique des éléments

1 1 1,0079 <b>H</b> HYDROGÈNE	2 4 9,0122 <b>Be</b> BÉRYLLIUM											18 2 4,0026 <b>He</b> HÉLIUM			
3 6,941 <b>Li</b> LITHIUM	11 22,990 <b>Na</b> SODIUM	4 9,0122 <b>Be</b> BÉRYLLIUM	12 24,305 <b>Mg</b> MAGNÉSIUM	5 10,811 <b>B</b> BORE	6 12,011 <b>C</b> CARBONE	7 14,007 <b>N</b> AZOTE	8 15,999 <b>O</b> OXYGÈNE	9 18,998 <b>F</b> FLUOR	10 20,180 <b>Ne</b> NÉON	13 26,982 <b>Al</b> ALUMINIUM	14 28,086 <b>Si</b> SILICIUM	15 30,974 <b>P</b> PHOSPHORE	16 32,065 <b>S</b> SOUFRE	17 35,453 <b>Cl</b> CHLORE	18 39,948 <b>Ar</b> ARGON

Labels for the Carbon element box:  
 Numéro atomique (Z): 6  
 Masse molaire en g.mol<sup>-1</sup>: 12,011  
 Symbole de l'atome: C  
 Nom de l'atome: CARBONE

- Spectre d'absorbance du bleu de méthylène





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

**2.1.** Commenter l'allure spectre d'absorption du bleu de méthylène et justifier la couleur de la solution de ce colorant.

Pour déterminer la concentration  $C_S$  en bleu de méthylène de la solution S, on prépare une gamme de solutions notées  $S_1$  à  $S_4$ , de volume 25,0 mL chacune, à partir d'une solution mère de concentration en masse égale à  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ .

L'absorbance des solutions a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement réglé sur la valeur  $\lambda_{\text{max}}$  du spectre d'absorption. Les résultats sont reproduits dans le tableau ci-dessous :

Solution	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
Concentration en masse $C_i$ (en $\text{mg.L}^{-1}$ )	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance A	0,610	0,480	0,374	0,243	0,126

**2.2.** Ecrire le protocole détaillé de la préparation de la solution  $S_3$  à partir de la solution mère  $S_0$ , en précisant la verrerie nécessaire.

**2.3.** La loi de Beer Lambert est-elle vérifiée ? Justifier le par le calcul, sans réaliser de graphique.

**2.4.** En déduire une relation entre A l'absorbance de la solution et C la concentration en masse du bleu de méthylène, en précisant les unités des grandeurs.

**2.5.** Une solution  $S_D$  de bleu de méthylène a été obtenue en diluant 400 fois la solution S. La mesure de l'absorbance de la solution  $S_D$  vaut  $A_D = 0,328$ .

**2.5.1.** Déterminer la concentration  $C_D$  de la solution  $S_D$ .

**2.5.2.** En considérant une incertitude-type de mesure  $u(C_S)$  égale à  $0,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ , la valeur  $C_S$  obtenue expérimentalement est-elle en accord avec l'étiquetage de la solution S ? Justifier.