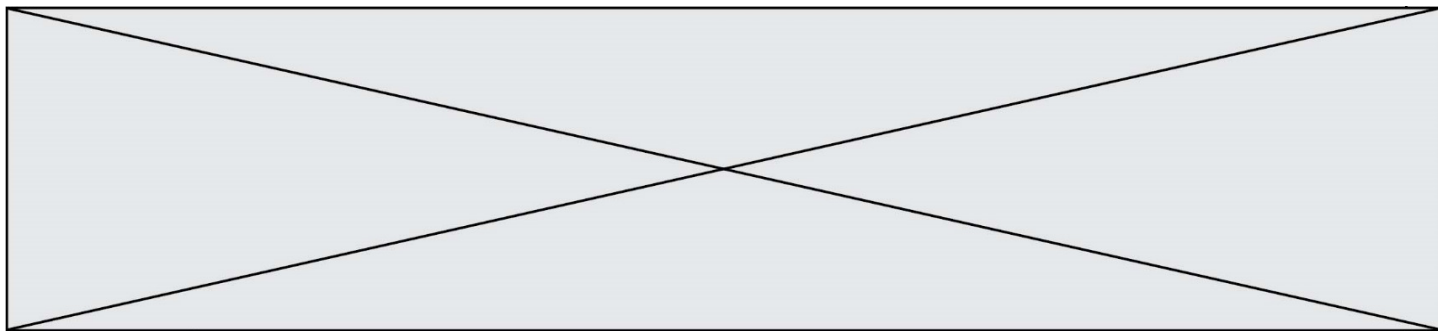




L'objectif de cet exercice est de s'intéresser aux espèces chimiques et solutions mises en jeu dans le protocole expérimental de synthèse d'hydrogels Haraguchi rédigé ci-après :

- dans un ballon de 50 mL, introduire un volume de 5 mL d'eau distillée ;
- introduire un volume de 1,0 mL d'une solution aqueuse de persulfate de potassium de concentration molaire apportée en persulfate de potassium $C = 1,85 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$;
- introduire 24 μL de TEMED (N,N,N',N'- tétraméthyléthylènediamine), et 3,0 mL d'une solution aqueuse de DMAA (N,N - diméthylacrylamide) ;
- agiter la solution pendant une durée de 15 minutes sous atmosphère de diazote ;
- ajouter une solution de laponite (petites billes d'argile) et garder 2 minutes sous agitation ;
- verser le mélange dans un moule et laisser sécher au moins douze heures.

D'après ESPCI : <https://blog.espci.fr/pse1/files/2018/06/materiel-et-methodes-Haraguchi.pdf>

Données

- Extrait des trois premières lignes du tableau périodique :

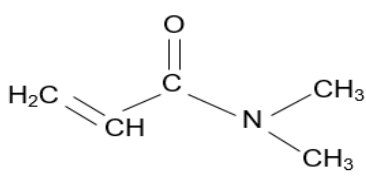
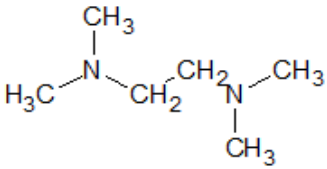
1 1,0 H Hydrogène								2 4,0 He Hélium
3 6,9 Li Lithium	4 9,0 Be Béryllium		5 10,8 B Bore	6 12,0 C Carbone	7 14,0 N Azote	8 16,0 O Oxygène	9 19,0 F Fluor	10 20,2 Ne Néon
11 23,0 Na Sodium	12 24,3 Mg Magnésium		13 27,0 Al Aluminium	14 28,1 Si Silicium	15 31,0 P Phosphore	16 32,1 S Soufre	17 35,5 Cl Chlore	18 40,0 Ar Argon

Z	M
X	

Z : numéro atomique
M : masse molaire atomique en g.mol^{-1}

- Les atomes d'oxygène O et d'azote N sont bien plus électronégatifs que les atomes de carbone C et d'hydrogène H.
- On considère, pour simplifier, que les électronégativités du carbone et de l'hydrogène sont semblables.
- Caractéristiques des réactifs utilisés dans la synthèse



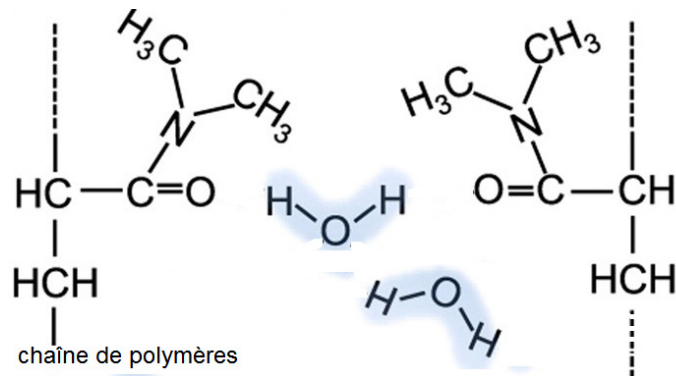
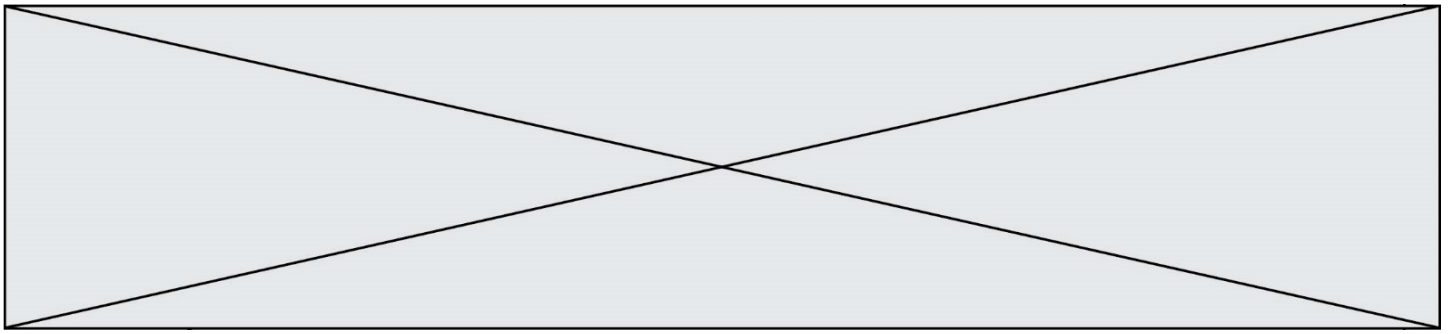
Nom	Formule	Masse molaire	Pictogrammes
Persulfate de potassium	$K_2S_2O_8(s)$	270 g.mol^{-1}	  
DMAA		$99,1 \text{ g.mol}^{-1}$	  
TEMED		116 g.mol^{-1}	 

- Donner les précautions à prendre pour réaliser la synthèse d'hydrogels Haraguchi au laboratoire.
- La configuration électronique du potassium K est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$. Écrire la formule de l'ion potassium. Justifier. En déduire la charge de l'ion persulfate associé à l'ion potassium dans persulfate de potassium $K_2S_2O_8$.
- Citer l'interaction à l'origine de la cohésion du persulfate de potassium solide.
- Écrire l'équation de la réaction de dissolution du persulfate de potassium solide dans l'eau.

À partir de persulfate de potassium solide, on souhaite préparer un volume $V = 100 \text{ mL}$ de solution aqueuse de persulfate de potassium de concentration molaire apportée en persulfate de potassium $C = 1,85 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

- Rédiger le protocole expérimental permettant de réaliser cette solution en précisant la verrerie, les volumes et masses prélevés.
- Établir la représentation de Lewis de la molécule de DMAA et préciser la géométrie de cette molécule autour de l'atome d'azote. Justifier.
- La molécule de DMAA est une molécule polaire. Parmi les liaisons chimiques de cette molécule de DMAA, préciser celles qui sont polarisées.
- En détaillant le raisonnement, expliquer pourquoi la molécule d'eau est polaire. Un schéma est attendu. Justifier alors l'emploi de l'eau comme solvant dans cette synthèse.

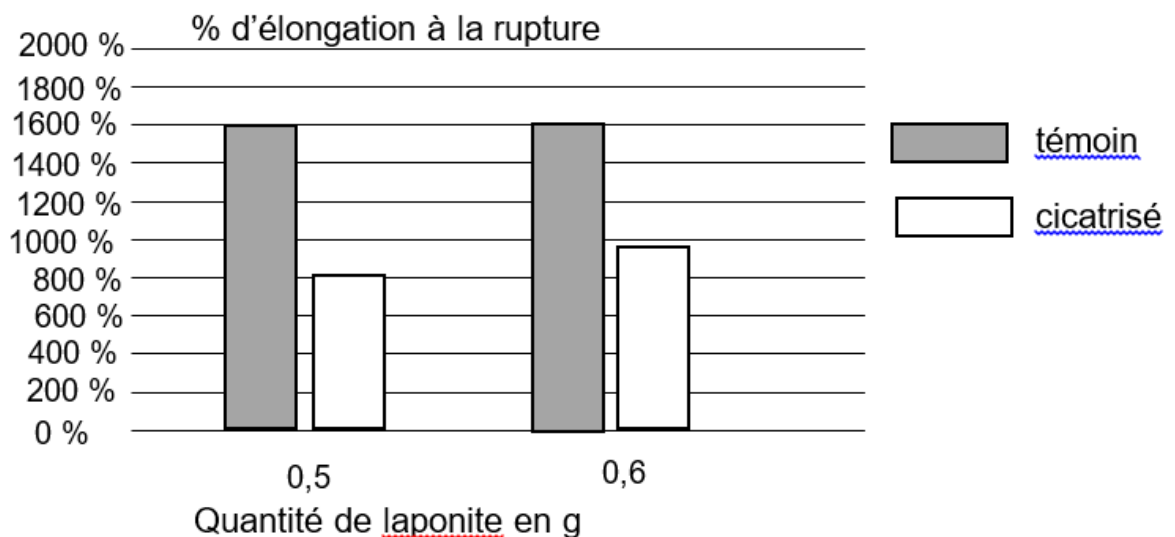
Ci-dessous sont représentées de manière simplifiée des macromolécules d'hydrogels synthétisées avec notamment les substituants aux chaînes de polymères provenant du DMAA :



9. Nommer la (les) interaction(s) qui existe(nt) entre l'hydrogel et l'eau et expliquer succinctement pourquoi l'on parle d'hydrogels « superabsorbants ».

Des histogrammes représentant le pourcentage d'élongation à la rupture* en fonction de la quantité de matière de laponite sont représentés ci-dessous pour des échantillons témoins (échantillons neufs) et des échantillons cicatrisés, c'est-à-dire coupés en deux puis apposés côte à côte pour permettre l'autocicatrisation du gel.

* L'élongation à la rupture est l'élongation maximale supportée par l'échantillon d'hydrogels Haraguchi avant qu'il ne se fracture.



D'après <https://blog.espci.fr/pse1/les-hydrogels-haraguchi-les-secrets-de-lauto-cicatrisation/>

10. Commenter ces histogrammes.

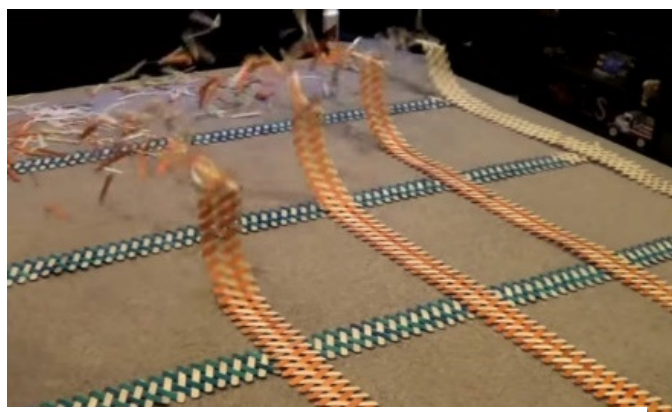
PARTIE B

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/>

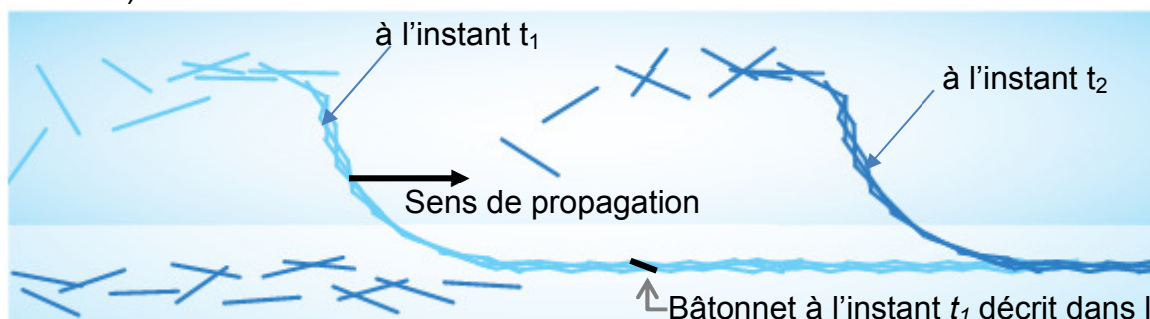


Figure 1 : Forme du croisillon de bâtonnets à deux instants différents t_1 et t_2 ($t_2 > t_1$)

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).

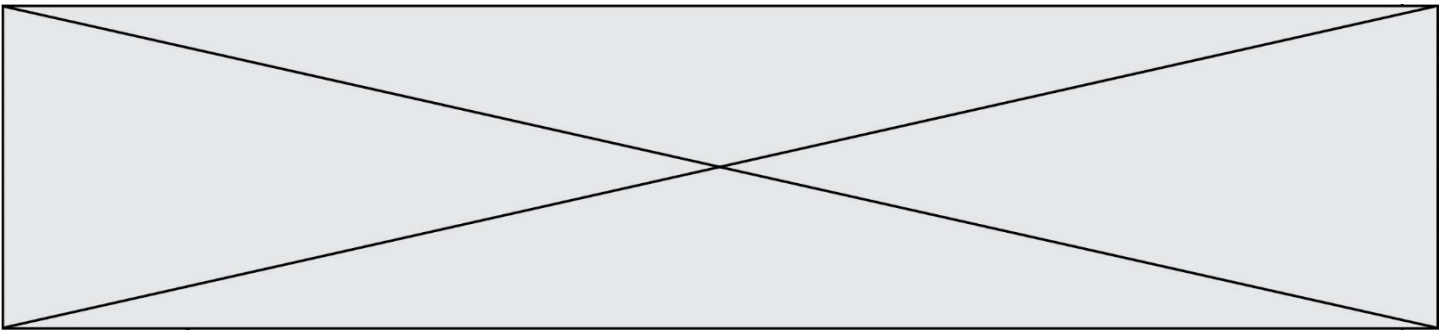


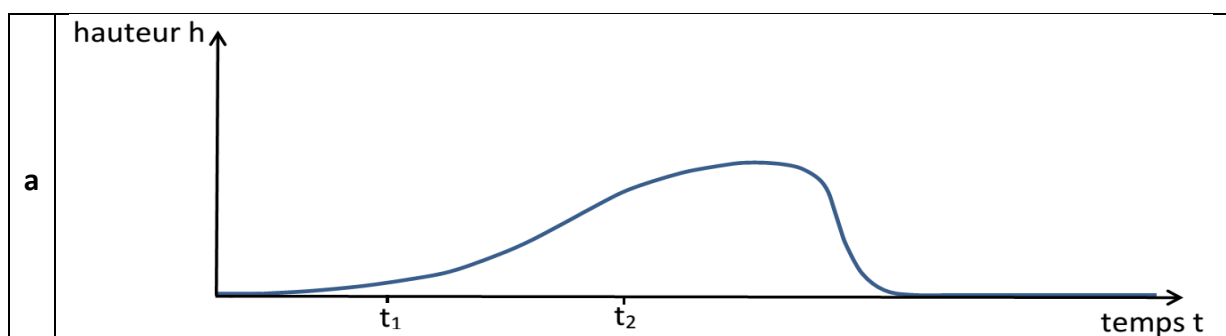
Figure 2 : Croisillon vu de dessus : le croisillon est caractérisé par le pas noté p , distance entre deux sommets consécutifs sur un des bords du croisillon



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 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.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

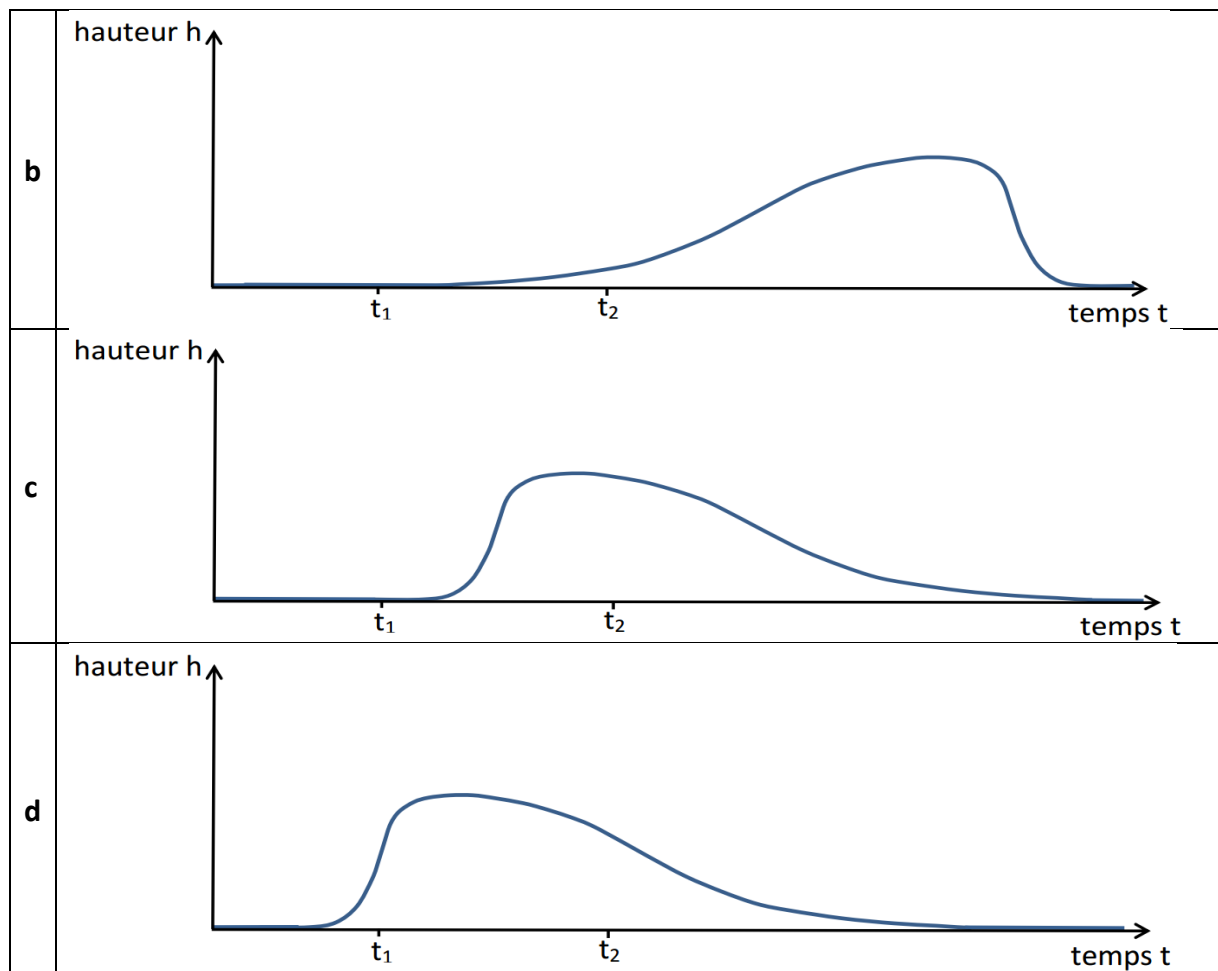


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1



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.

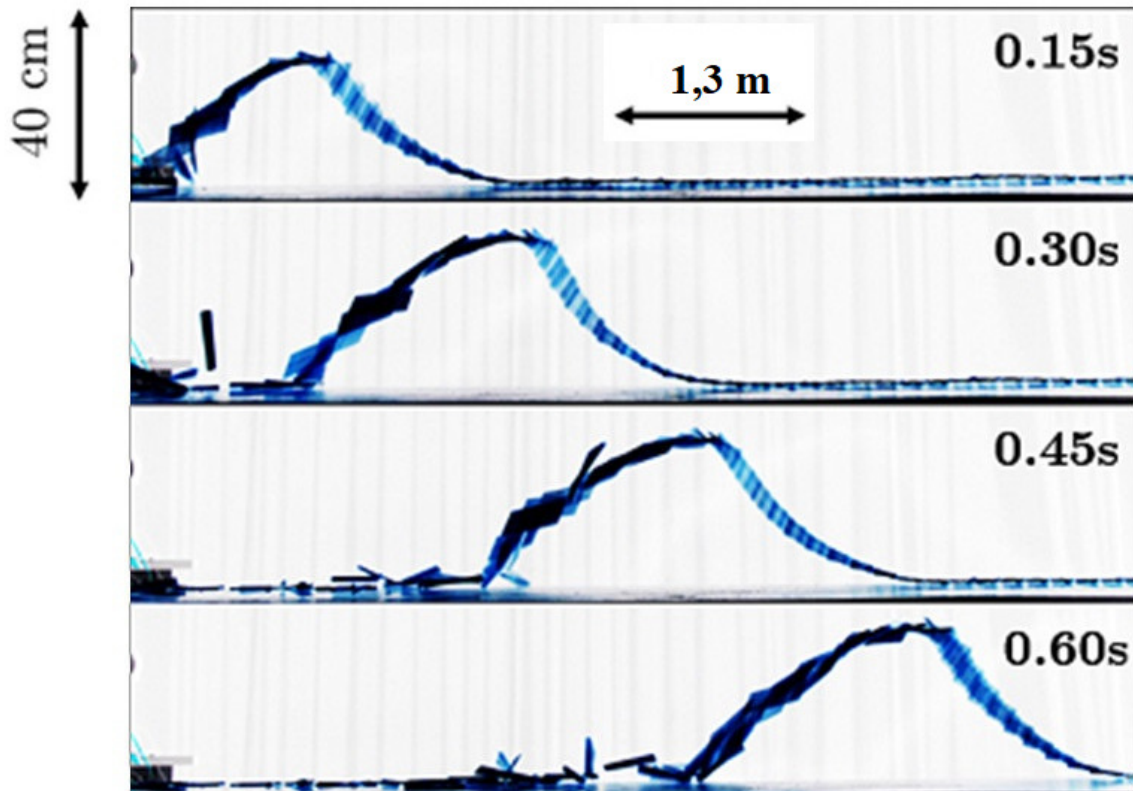
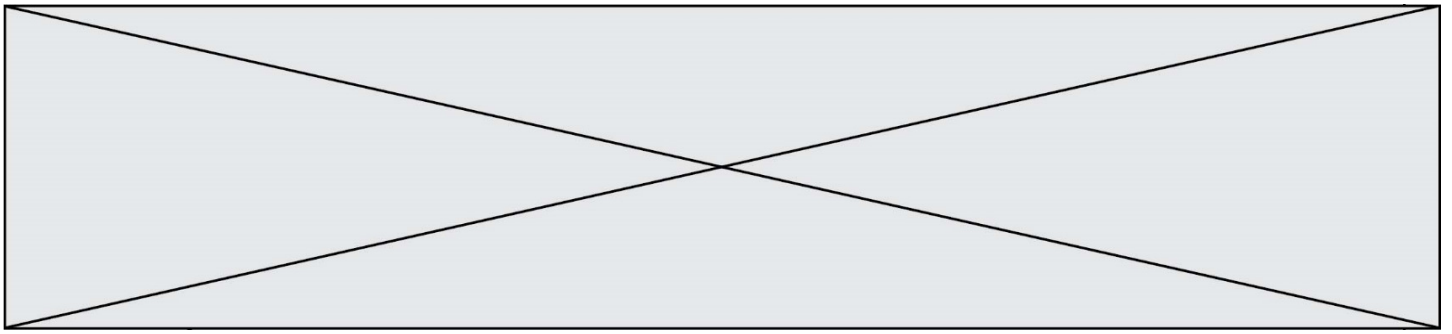


Figure 4 : Photographies successives de la structure.

D'après : Jérémy 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.



(Les numéros figurent sur la convocation.)

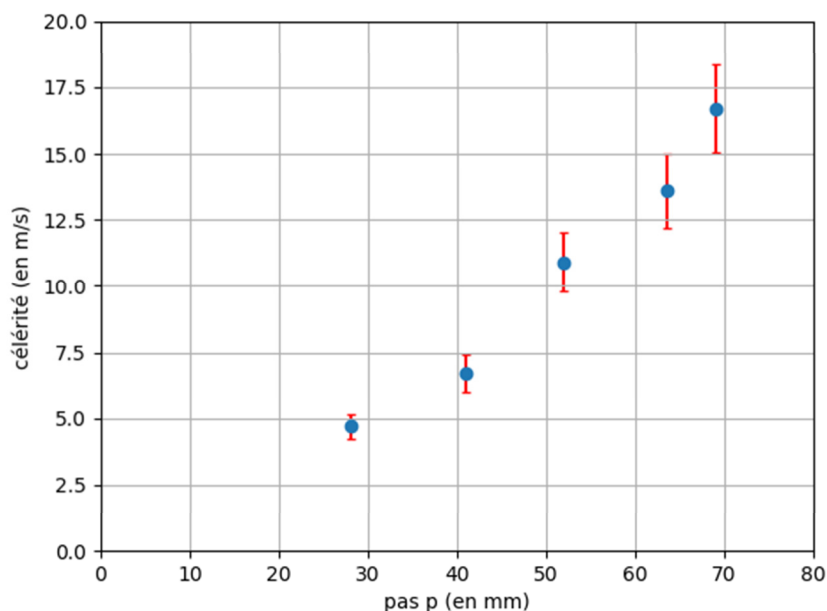


Figure 5 : célérité en fonction du pas

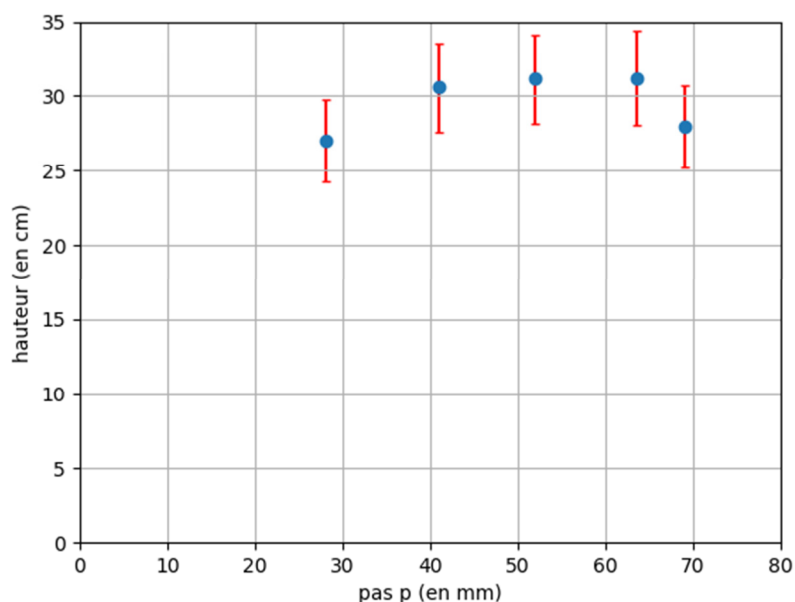
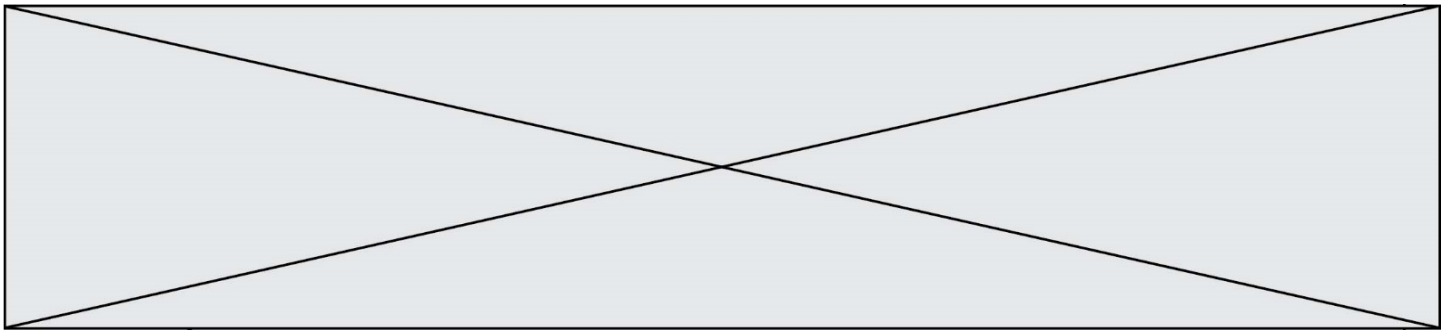


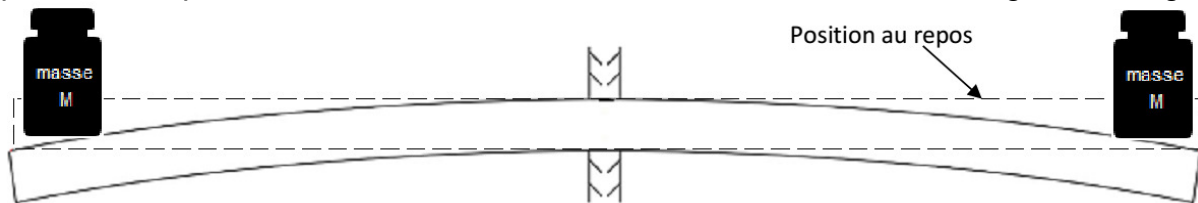
Figure 6 : hauteur maximale en fonction du pas

5. 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.
6. Indiquer en argumentant avec précision si la forme du croisillon a une influence sur la hauteur atteinte par les bâtonnets.



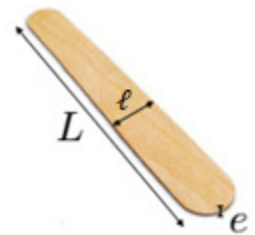
Analyse énergétique

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 : $L = 15,0 \text{ cm}$;
largeur : $\ell = 2,8 \text{ cm}$;
épaisseur : $e = 1,6 \text{ mm}$;
- masse d'un bâtonnet : $m = 2,5 \text{ g}$;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.



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.

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

- 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.

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.