BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Partie 1

Cette partie comporte 5 pages

SCIENCES PHYSIQUES

Partie 2

Cette partie comporte 8 pages

Partie 1 : Sciences de l'ingénieur

Transporteur « NINO »

CORRIGÉ

Sous-partie 1	**Q1.1**	**Q1.2**	**Q1.3**	**Q1.4**	**Q1.5**	**Q1.6**	**Q1.7**	**Total**
Sous-partie 2	**Q1.8**	**Q1.9**	**Q1.10**	**Q1.11**	**Q1.12**	**Q1.13**		**Total**
Sous-partie 3	**Q1.14**	**Q1.15**	**Q1.16**	**Q1.17**	**Q1.18**	**Q1.19**		**Total**

Sous-partie 1
Stabilité et sécurité dans les différents cas d'utilisation
Obligatoire :

Question 1.1	Le produit est représentatif des modes de déplacement urbains actuels : gyrowheel, hoverboard, ... Le système est communicant grâce à une application smartphone. Le choix du mode de propulsion et le design (couleurs, matériaux, formes) donnent une image dynamique par rapport aux fauteuils existants. Tout autre argument cohérent…
Question 1.2	L'angle β doit être ramené à 0 degré pour assurer la stabilité.
Question 1.3	Le réglage 1 permet une stabilisation rapide (<0,05 s) mais le dépassement de 5° est supérieur à l'exigence de dépassement (10% de 30°=3°). Le réglage 2 a un dépassement compatible mais il subsiste un écart statique de 1° entre la réponse et la consigne après 0,1s Le réglage 3 a une dépassement inférieur à 3° et permet de ramener β à 0 en moins de 0,1 s avec un écart statique nul. En conclusion, seul le réglage 3 permet de satisfaire l'exigence de stabilisation.
Question 1.4	Mouvement rectiligne uniformément accéléré (avec a<0) $\mathbf{A} = \dot{\mathbf{V}} = -\mathbf{2,1} \times \frac{\pi \times 30}{180} = -\mathbf{1,1\ m.s^{-2}}$
Question 1.5	$V_0 = 10\ km.h^{-1} = 2,8\ m.s^{-1}$ $\Delta t = \frac{V_0}{A} = 2,53\ s$ $x = \frac{V_0\ t}{2} = 3,54\ m < 4\ m$ donc exigence validée
Question 1.6	La perturbation est bien rejetée car l'angle β est très faible et ramené à 0. Par contre, le Nino s'est déplacé de 5 cm pendant la phase de stabilisation et continue ensuite de se déplacer.
Question 1.7	Ce n'est pas compatible avec le transfert de la personne (exigence Id.2.3). L'emploi de béquilles est donc obligatoire pendant la phase de transfert.

Sous-Partie 2
Validation de la solution de béquille
Choix A :

Question 1.8

$y_A = R_{roue} = 390 / 2 = 195$ mm. On obtient une course de 54,3 mm.

La vitesse du vérin mini vaut 10,86 mm.s^{-1}

Question 1.9

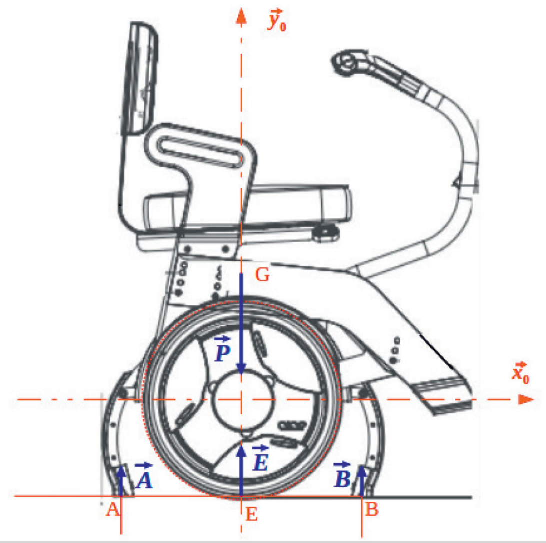
Il faut le raccorder en sortie du bloc vis/ écrou (point 5).

La mesure de la vitesse de translation doit se faire sur la partie mécanique en translation du système multi-physique

Question 1.10

Pour V = 11 mm.s^{-1} U = 26,8 V

Le rapport cyclique est égal à 48,3 %



Question 1.11

Représentation des actions mécaniques

Moment résultant en G (ou E) nul :

$$\|\overrightarrow{B_{(0\to S)}}\|.\|\overrightarrow{BE}\| - \|\overrightarrow{A_{(0\to S)}}\|.\|\overrightarrow{AE}\| = 0$$

Comme $\|\overrightarrow{BE}\| = \|\overrightarrow{AE}\|$« symétrie des béquilles parrapport à (G,$\overrightarrow{y_0}$) » l'équation des moments du PFS permet d'aboutir à$\|\overrightarrow{B_{(0\to S)}}\| = \|\overrightarrow{A_{(0\to S)}}\|$avec même sens et même direction

Question 1.12

Répartition du poids	Transporteur seul	Transporteur et passager de 40 kg	Transporteur et passager de 90 kg
Poids total P(N) : $P = mg$	471	863	1354
Effort en C ou D (N)ligne	55	252	497

PFS : $2\|\overrightarrow{C_{(0\to S)}}\| + 2\|\overrightarrow{A_{(0\to S)}}\| - \|\overrightarrow{P}\| = 0$ **d'où** $\|\overrightarrow{C_{(0\to S)}}\| = \frac{\|\overrightarrow{P}\|}{2} - \|\overrightarrow{A_{(0\to S)}}\|$

Question 1.13

Répartition du poids	Transporteur seul	Transporteur et passager de 40 kg	Transporteur et passager de 90 kg
Pourcentage du poids en A ou B	38,2	20,9	13,3
Pourcentage du poids en C ou D	11,8	29,1	36,7

Les efforts en C ou D représentent 11,8 % du poids du fauteuil seul.Les efforts en A ou B représentent 13,3% du poids fauteuil + avec un passager de 90 kg

Dans tous les cas la valeur de 10% de l'exigence Id.221 est vérifiée.

Sous-partie 2
Prédiction d'autonomie sur un parcours donné
choix B :

Question 1.14

L'élévation a une précision au mètre.

La latitude et la longitude ont une précision à 6 chiffres après la virgule (µdeg)

Compte tenu des dimensions de la terre, notamment au niveau de l'équateur, 1 deg représente une distance très importante. Il est donc nécessaire d'avoir une précision importante.

Question 1.15

Denivele[i] = elevation[i+1] – elevation [i]

pente[i] = 100*(elevation[i+1] – elevation[i])/distance_projetee[i]

distance_reelle[i] = $\sqrt{distance\_projetee[i]^2 + denivelé[i]^2}$

pente[i] = 100×(89 – 87)/17.47 = 11,4%

distance_reelle[i] = $\sqrt{17.47^2 + 2^2}$ = 17,58 m

point	latitude	longitude	elevation	tronçon	distance_projetee	pente	distance_reelle
1	48,884334	2,33861	87	1→2	17,47	**11,45**	**17,58**

Question 1.16

```
Def calc_P_absorbee(pente[i]):
            If pente[i]> 0 :
                  P_absorbee[i] =
            0.5*pente[i]**2+27.7*pente[i]+53
            Else :
                  P_ absorbee[i] = 53
            Return P_absorbee[i]
```

$P\_absorbee\ [174] = 0{,}5 \times 12{,}24^2 + 27{,}7 \times 12{,}24 + 51{,}3 = 467\ W$

Report dans DR2

tronçon [i]	P_absorbee[i]
[174,175]	**467,0**

Question 1.17

t[174] = distance_reelle / vitesse(ici $V = 6\ km.h^{-1} = 1{,}68\ m.s^{-1}$)

t[174]= 49,4 / 1,68 = 29,4s

E_conso[174] = 467 × 29,4 / 3600 = 3,8 Wh

tronçon	temps	E_conso	E_conso_totale
[174,175]	**29,4**	**3,8**	**153,8**

E_conso_totale = 150 + 3,8 = 153,8 Wh

Question 1.18

Ubat = 3,6×15 = 54V

Capacité = 2,9 × 4 = 11,6 Ah

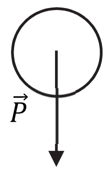
$E\_bat_{100\%}$= 54 × 11,6 = 626,4 Wh

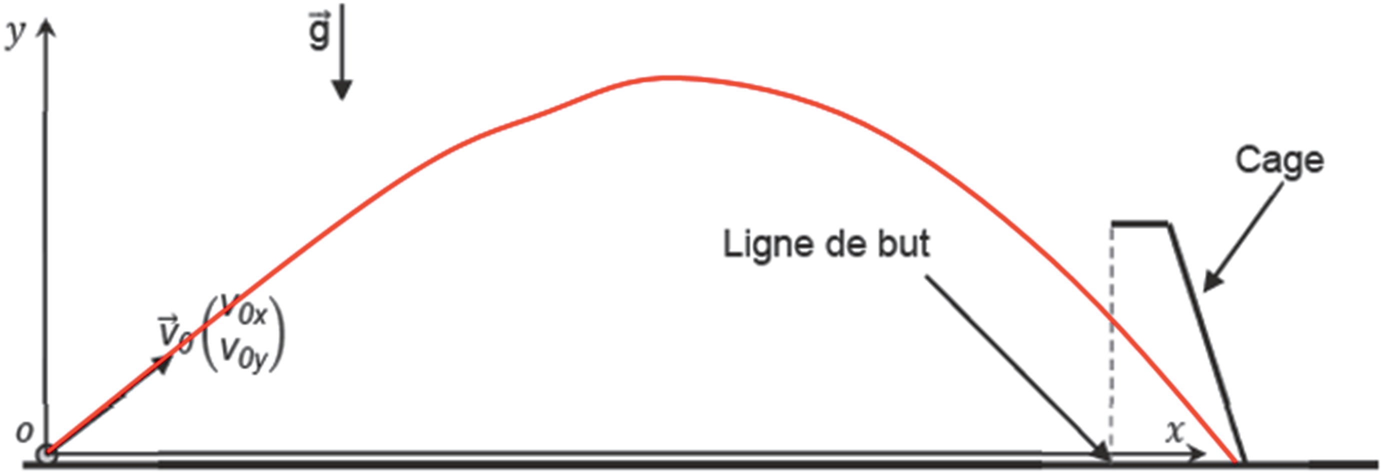
Question 1.19

$$SOC = \frac{620-155}{620} \times 100 = 75\%$$

Parcours validé car > 30%

Exercice A – La panenka (10 points)

Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1	Utiliser un modèle		
2	Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ;	Seul le poids s’exerce sur le système. Ses coordonnées sont les suivantes : $\vec{P} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix}$ On utilise la 2ème loi de Newton : $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m \times \vec{a}$ La seule force qui s’exerce est le poids, on a donc : $\vec{P} = m \times \vec{a}$ On obtient donc sur l’axe Ox : $0 = m \times a_x$ $a_x = 0$ On obtient sur l’axe Oy : $-mg = m \times a_y$ $a_y = -g$	
3	Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.	Par définition $\vec{a}(t) = \frac{d\overrightarrow{v(t)}}{dt}$, on obtient donc les coordonnées de $\vec{v}(t)$ en primitivant celles de $\vec{a}(t)$: $\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = C_1 = v_{0x} \\ v_y(t) = -gt + C_2 = -gt + v_{0y} \end{cases}$	

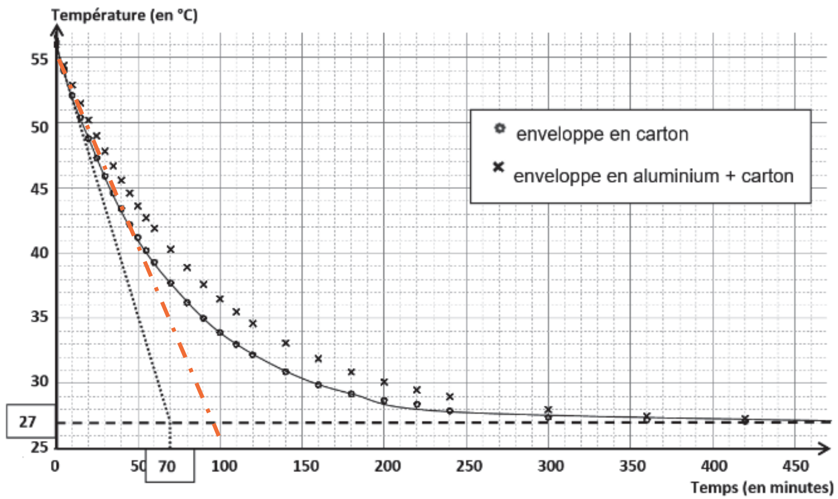
<table>
<tr><td></td><td></td><td>Par définition, $\vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OM(t)}}{dt}$ donc on obtient les coordonnées du vecteur position de la balle $\overrightarrow{OM}(t)$ en primitivant celles de $\vec{v}(t)$:
$$\overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_{0x}t + C_3 = v_{0x}t + x_0 = v_{0x}t \quad (x_0 = 0) \\ y(t) = -g\frac{t^2}{2} + v_{0y}t + C_4 = -g\frac{t^2}{2} + v_{0y}t + y_0 = -g\frac{t^2}{2} + v_{0y}t \quad (y_0 = 0) \end{cases}$$</td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</td><td>

Attention portée à l'allure et à l'entrée dans la cage, le ballon finit sa course dans le but. (cohérence avec l'énoncé)</td><td></td></tr>
</table>

5	Exploiter les équations horaires du mouvement	A l'instant t_b, le ballon traverse la ligne de but en plein milieu, on a donc : $x(t_b) = D$ $y(t_b) = \frac{h}{2} - \frac{d}{2}$ (Faire apparaître d/2, étant donnée la précision de la mesure de y, paraît excessif : on continue sans. Cette discussion n'est pas évaluée.) Sur l'axe des abscisses : $v_{0x} \times t_b = D$ $v_{0x} = \frac{D}{t_b}$ $v_{0x} = \frac{11\ \mathrm{m}}{0{,}96\ \mathrm{s}} = 11\ \mathrm{m.s^{-1}}$ Sur l'axe des ordonnées : $-\frac{1}{2}gt_b^2 + v_{0y}t_b = \frac{h}{2}$ $v_{0y}t_b = \frac{h}{2} + \frac{1}{2}gt_b^2$ $v_{0y} = \frac{h}{2t_b} + \frac{1}{2}gt_b$ $v_{0y} = \frac{2{,}44\ \mathrm{m}}{2 \times 0{,}96\ \mathrm{s}} + \frac{1}{2} \times 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}} \times 0{,}96\ \mathrm{s}$ $v_{0y} = 6{,}0\ \mathrm{m.s^{-1}}$	
6	Effectuer des procédures courantes	La vitesse initiale du tir de Panenka est : $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$ $v_0 = \sqrt{(11\ \mathrm{m.s^{-1}})^2 + (6{,}0\ \mathrm{m.s^{-1}})^2}$ $v_0 = 13\ \mathrm{m.s^{-1}}$ La vitesse moyenne des tirs est de $120\ \mathrm{km.h^{-1}}$, ce qui donne :	

		$$v_{moy} = \frac{120\text{ km}}{1\text{ h}} = \frac{120 \times 10^3\text{ m}}{3600\text{ s}} = 33\text{ m.s}^{-1}$$ On constate que Panenka tire presque 3 fois moins vite que le tir moyen, c'est donc effectivement un tir mou qui lui permet de marquer et de gagner l'Euro 76.	

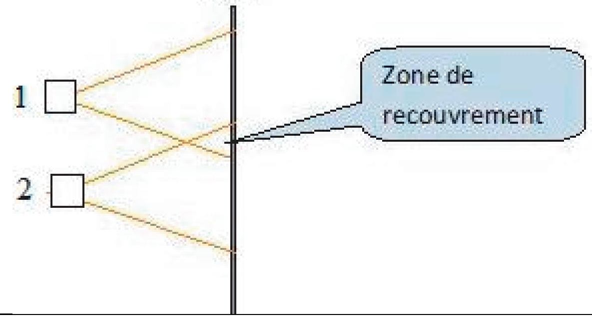
Exercice B – La fermentation lactique du yaourt (10 points)			
Question	**Capacité exigible du programme**	**Éléments de réponse**	**Barème**
1	Prévoir le sens d'un transfert thermique.	Un transfert thermique se fait du système de température la plus élevée vers le système de température la plus basse, donc du système {récipient + lait} vers l'extérieur.	
2	Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible.	L'expression de la variation d'énergie interne est $\Delta U = C \times (T(t+\Delta t) - T(t))$. Sachant que la température diminue lors du refroidissement : $T(t+\Delta t) < T(t)$ alors ΔU est négative. Cela confirme l'idée d'un transfert thermique du système {récipient + lait} vers l'extérieur.	
3	Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie.	D'après le premier principe pour un système incompressible fermé au repos : $\Delta U = W + Q$ soit $C \times \left(T(t+\Delta t) - T(t)\right) = Q$ car $W = 0$, le système étant rigide, les forces pressantes ne travaillent pas. On a alors l'égalité $C \times \left(T(t+\Delta t) - T(t)\right) = h \times S \times \left(T_{ext} - T(t)\right) \times \Delta t$. On divise par Δt: $\frac{C\left(T(t+\Delta t)-T(t)\right)}{\Delta t} = h \times S \times \left(T_{ext} - T(t)\right)$ On fait tendre Δt *vers* 0 et on divise par C : $\frac{dT}{dt}(t) = \frac{h\times S}{C}\left(T_{ext} - T(t)\right)$ $\frac{dT}{dt}(t) + \frac{h\times S}{C} \times T(t) = \frac{h\times S}{C} \times T_{ext}$ et donc $\frac{dT}{dt} + \frac{T(t)}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$ avec $\tau = \frac{C}{h\times S}$.	
4	Utiliser un modèle.	Par identification de y avec T, on a : $T_{ext} = 27°\text{C},\ \tau = 38\ min\ et\ T_0 - T_{ext} = 29°\text{C}$ soit $T_0 = T_{ext} + 29 = 56°\text{C}$.	
5		On cherche les instants correspondant aux températures $T(t_1) = 42°\text{C}$ et $T(t_2) = 45°\text{C}$ températures limite acceptables.	

	Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.	On sait que $T(t) = 29 \times e^{-\frac{t}{38}} + 27$ avec T en °C et t en min. $T(t) - 27 = 29 \times e^{-\frac{t}{38}}$ soit $\frac{T(t)-27}{29} = e^{-\frac{t}{38}}$ $ln\left(\frac{T(t)-27}{29}\right) = -\frac{t}{38}$ donc $t(en\ \mathrm{min}) = -38\ min \times ln\left(\frac{T(t)°C-27°C}{29°C}\right)$ $t_1 = -38\ min \times ln\left(\frac{42°C-27°C}{29°C}\right) = 25\ \mathrm{min}$ et $t_2 = -38\ min \times ln\left(\frac{45°C-27°C}{29°C}\right) = 18\ \mathrm{min}$ La durée correspondante à la période de fermentation est : $\Delta t = t_1 - t_2 = 25\ \mathrm{min} - 18\ \mathrm{min} = 7\ \mathrm{min}$ On est bien inférieure à la durée nécessaire qui est de 3 à 4h. La fermentation ne peut donc pas avoir lieu correctement.	
6	Effectuer des procédures courantes Utiliser un modèle	La durée caractéristique de l'évolution de la température du système correspond à l'intersection de la tangente à l'origine et de l'asymptote horizontale d'équation $T(t) = 27°C$.  On constate que la durée caractéristique associée à la deuxième expérience (enveloppe en carton) est inférieure à la durée caractéristique associée à la troisième expérience (enveloppe en aluminium + carton).	

7	Utiliser un modèle Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.	D'après ce qui précède, la température diminue plus lentement pour le cas du système enveloppé de carton avec une feuille en aluminium intercalée : l'ajout de l'aluminium ralentit le refroidissement du système. D'après les données, l'aluminium a une conductivité thermique beaucoup plus élevée que celle du carton. L'ajout d'aluminium ne devrait donc pas permettre un refroidissement plus lent du système nécessaire au processus de fermentation. Il faut tenir compte du troisième mode de transfert thermique négligé ici : le rayonnement. On suppose alors que l'aluminium permet d'isoler davantage le système en réfléchissant le rayonnement émis par ce dernier.	
8	Effectuer des procédures courantes	On lit sur le graphe que la température reste dans la zone comprise entre 45°C et 42°C pendant 15-20 minutes. Malgré l'amélioration du dispositif (enveloppe de carton + aluminium), la durée de fermentation optimale reste très insuffisante.	
9	Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.	La fermentation lactique s'effectue de manière optimale à une température stable comprise entre 42°C et 45°C pendant une durée de 3-4h. Les deux enveloppes utilisées dans la deuxième et la troisième expérience ne permettent pas de maintenir le système à cette température aussi longtemps. Seule une yaourtière électrique le permet.	

Exercice C – La physique du son sur un mobile multifonction (10 points)

Question	**Capacité exigible du programme**	**Éléments de réponse**	**Barème**
1	Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore	$L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$, Application numérique : $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{2{,}0\times10^{-7}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}}{1{,}0\times10^{-12}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}}\right) = 53\ \mathrm{dB}$	
2	Utiliser un modèle	La source envoie la même quantité d'énergie dans toutes les directions à chaque instant. Plus on s'éloigne, plus la quantité d'énergie reçu par une même surface sera faible. Schéma possible : un point qui envoie des rayons et plus on s'éloigne, moins les rayons sont serrés. OU	

		À chaque instant, la source envoie une certaine quantité d'énergie dans une sphère de plus en plus grande. Donc pour une même surface de réception, plus on s'éloigne, plus l'énergie reçue est faible. Schéma possible : deux sphères concentriques. La dépendance en R^2 n'est pas attendue. L'idée de surface est importante dans les deux raisonnements	
3	Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.	D'après l'énoncé $I = \alpha \times \frac{1}{d^2}$ avec α une constante. On veut I' = $\frac{I}{2}$ donc $\alpha \times \frac{1}{d'^2} = \frac{\alpha}{2} \times \frac{1}{d^2}$ soit $d'^2 = 2 \times d^2$ et $d' = \sqrt{2} \times d$ **La réponse correcte est la c**.	
4	Faire preuve d'esprit critique	Le haut-parleur et le microphone sont directifs : leur efficacité n'est pas la même selon l'angle par lequel arrive où partent les ondes.	
5	Effectuer des procédures courantes	$\lambda = c \times T = \frac{c}{f} = \frac{3{,}4.10^2}{2{,}00.10^3} = 0.17\ m$	
6	Interférences de deux ondes, conditions d'observation.	Les mobiles 1 et 2 sont des sources synchrones de même fréquence qui interfèrent.  	
7	Effectuer des procédures courantes	On note Δt la durée entre deux maxima d'intensité sonore relevés par le mobile 3. À l'aide d'une échelle : 3 cm ↔ 5s et 2 Δt ↔ 2,1 cm on obtient Δt = $\frac{2{,}1\times5}{3\times2} = 1.75\ s$ Or le mobile est déplacé à la vitesse v = 0,10 m.s^{-1} Donc pendant la durée Δt, il parcourt une distance correspondant à l'interfrange $i = v \times \Delta$t = 0.10×1.75 = 0.18 m	

8	Faire des prévisions à l'aide d'un modèle	$\lambda = \frac{c}{f}$ donc i diminue lorsque f augmente. Donc la durée Δt = $\frac{i}{v}$ entre deux maxima consécutifs sur la figure 3 diminue également.	
9	Effectuer des procédures courantes Confronter un modèle à des résultats expérimentaux	$i = \frac{\lambda \times D}{b}\sqrt{\left(1+\frac{b^2}{4D^2}\right)} = \frac{0.17\times1}{1}\sqrt{\left(1+\frac{1}{4\times1}\right)} = 0.17 \times \sqrt{1+0.25} = 0.19\ m$ La valeur expérimentale et la valeur expérimentale concordent : le modèle des interférences est adapté pour décrire les variations d'intensité sonore observées.	