

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES
FRANCO-TCHÈQUES**

EXAMEN DE MATURITA BILINGUE

Année scolaire 2017/2018

Session de mai 2018

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3h

Le sujet est constitué de cinq exercices indépendants de même importance. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en rappelant le numéro de l'exercice et des questions qui s'y rapportent.

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.

Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation.

L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

La feuille de réponse du questionnaire à choix multiples, page 10 et la feuille annexe page 11, sont à renuméroter et à rendre avec la copie.

Chaque page x de la copie sera numérotée au milieu « x/n »,
 n étant le nombre total de pages.

Plan du sujet :

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. Questions de cours..... | Ondes mécaniques |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Poussée d'Archimède |
| 3. Problème..... | Spectromètre de masse |
| 4. Étude de documents..... | Diagramme de Hertzprung-Russell |
| 5. Questionnaire à choix multiples..... | Optique |

Questions de cours : Ondes mécaniques

- 1) Définissez une onde mécanique.
- 2) Donnez trois exemples d'ondes mécaniques : une qui se propage dans une dimension, une autre se propageant en deux dimensions et la dernière en trois dimensions.
- 3) Expliquez les notions d'onde transversale et d'onde longitudinale. Donnez un exemple de chaque type.
- 4) Remplissez le tableau fourni en **annexe (questions de cours)**, à rendre avec la copie, concernant certaines caractéristiques des ondes mécaniques.
- 5) Expliquez une méthode de mesure de la vitesse du son dans l'air.
- 6) Sachant que la vitesse v du son dans l'air dépend de la température θ en degrés Celsius suivant la relation $v(\theta) = 20,05\sqrt{\theta + 273,15}$, calculez la valeur de v pour $\theta = 20,0$ °C.
- 7) Quelle est la vitesse du son dans le vide quand $\theta = 20,0$ °C ?
- 8) En supposant que la vitesse de propagation du son dans l'air v_{son} est égale à $330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et sachant que les fréquences du son audible (notées f_{son}) sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz, déterminez dans quel intervalle sont comprises les longueurs d'ondes du son audible (notées λ_{son}).
- 9) A l'aide de deux schémas clairs, expliquez la différence entre une onde diaphragmée et une onde diffractée.

Exercice à caractère expérimental : Poussée d'Archimède

Matériel :

- Trois billes sphériques identiques de rayon $r = 2,5$ cm: une en fer, une en aluminium et une en cuivre.
- Trois éprouvettes graduées: une remplie d'eau de masse volumique $\rho_e = 1\,000$ kg·m⁻³, la seconde remplie d'huile de masse volumique $\rho_h = 915$ kg·m⁻³ et la dernière remplie de glycérol de masse volumique : $\rho_g = 1\,260$ kg·m⁻³.
- Un dynamomètre.

On rappelle l'intensité de la pesanteur: $g = 9,8$ m·s⁻² et le volume d'une bille: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Expérience 1

On mesure la valeur du poids P d'une bille à l'aide d'un dynamomètre. Puis on plonge entièrement la bille dans de l'eau et on relève la valeur F_D mesurée par le dynamomètre.

En répétant les mesures avec les trois billes à disposition, on obtient le tableau suivant :

	Bille de fer	Bille d'aluminium	Bille de cuivre
P (N)	4,96	0,78	5,64
F_D (N)	4,32	0,14	5,00
Poussée d'Archimède (N)			

- 1) Faites un schéma de l'expérience et le bilan des forces appliquées à la bille plongée dans l'eau.
- 2) Ecrivez, en la justifiant, la relation entre les forces.
- 3) Recopiez et remplissez la dernière ligne du tableau en expliquant comment vous avez obtenu ces valeurs.

Expérience 2

On mesure la valeur du poids P d'une bille de fer à l'aide d'un dynamomètre. Puis on plonge entièrement la bille dans les trois liquides différents à disposition (bille lavée et séchée avant chaque nouvelle plongée) et on relève la valeur F_D mesurée par le dynamomètre.

On obtient le tableau suivant :

	Eau	Glycérol	Huile
P (N)	4,96	4,96	4,96
F_D (N)	4,32	4,16	4,37
Poussée d'Archimède (N)			

- 4) Recopiez et remplissez la dernière ligne du tableau.

Calculs et exploitation des résultats expérimentaux

- 5) Donnez et nommez les grandeurs de la formule théorique de la poussée d'Archimède.
- 6) En utilisant cette formule, déterminez les valeurs de la poussée d'Archimède pour la bille de fer, d'aluminium et de cuivre immergée dans l'eau.
- 7) En utilisant cette formule, déterminez les différentes valeurs de la poussée d'Archimède pour la bille de fer immergée dans l'eau, dans l'huile et dans le glycérol.
- 8) Vos calculs sont-ils en accord avec les expériences 1 et 2 ?

Conclusion

- 9) D'après les expériences 1 et 2, de quel(s) facteur(s) dépend la poussée d'Archimède ? Expliquez dans quel sens elle varie en fonction de ce(s) facteur(s).

Problème : Spectromètre de masse de type MALDI-TOF

Dans cette étude, on va négliger le poids des fragments.

L'annexe à rendre avec la copie comporte en figure 1 le schéma simplifié du spectromètre et en figure 2 le schéma simplifié d'une partie du spectromètre.

La spectrométrie de masse est une technique d'analyse permettant de détecter et d'identifier des molécules. Elle est utilisée dans de nombreux domaines scientifiques. Le but de l'exercice est de comprendre la détection des fragments dans un spectromètre de masse de type MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation - Time Of Flight). Dans ce type de spectromètre de masse, les molécules analysées sont coupées en deux ou en plusieurs fragments qui vont être ionisés. Après détection, ces fragments ionisés apparaissent dans une figure appelée « spectre de masse ». Les molécules à analyser, placées sur la cible, sont pulvérisées par le laser en de nombreux fragments ionisés de masses différentes. Les fragments ionisés ainsi créés, notés F_i^+ , sont alors accélérés entre la cible et la grille. Après la grille, les fragments ionisés arrivent jusqu'au détecteur en traversant une zone où ne règne aucun champ électrique.

- 1) Représentez, sur la figure 2 de l'annexe, sans souci d'échelle, la force électrique \vec{F} qui s'exerce sur un fragment ionisé F_i^+ situé au point A pour qu'il soit accéléré de la cible jusqu'à la grille située au point B. Déduisez-en la direction et le sens du champ électrique \vec{E} , supposé uniforme, qui règne entre la cible et la grille et représentez-le.
- 2) Un fragment ionisé F_i^+ de masse m quitte le point A de la cible avec une vitesse nulle. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimez la valeur v de la vitesse du fragment ionisé F_i^+ au point B de la grille en fonction de e (charge élémentaire), de m et de U (tension appliquée entre la cible et la grille distantes de D).
- 3) Calculez la valeur de la vitesse v pour une valeur de tension appliquée U égale à 30 kV, sachant que la masse du fragment ionisé vaut $m = 8,7 \cdot 10^{-26}$ kg et que la charge élémentaire vaut $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- 4) Montrez, en appliquant une des lois de Newton, que le mouvement du fragment ionisé F_i^+ dans la zone entre la grille et le détecteur est rectiligne uniforme.

On appelle « temps de vol » (Time Of Flight, soit TOF), la durée du parcours du fragment ionisé F_i^+ entre la cible et le détecteur.

- 5) Montrez que ce « temps de vol » qui correspond au temps nécessaire pour faire le trajet cible-grille et grille-détecteur s'écrit : $TOF = D \cdot \sqrt{\frac{2m}{eU}} + L \sqrt{\frac{m}{2eU}}$
- 6) Déduisez-en pourquoi les fragments de la molécule sont détectés les uns après les autres. Quels sont ceux qui arrivent en premier ?
- 7) Comment faut-il choisir/modifier la valeur de L pour avoir un appareil plus sensible et capable de mieux identifier les molécules ? Justifiez la réponse.

Etude de document : Diagramme de Hertzsprung-Russell

Le diagramme de Hertzsprung-Russell (noté HR) est un graphe montrant la luminosité d'un ensemble d'étoiles en fonction de leur température. Ce type de diagramme a permis d'établir la théorie de l'évolution stellaire, c'est-à-dire qu'il montre le stade d'évolution d'une étoile.

L'ordonnée de ce diagramme représente la luminosité de l'étoile, exprimée en termes de magnitudes (la magnitude absolue M et la luminosité L d'une étoile étant liées par la relation : $M = -2,5 \log L + C$ où C est une constante).

Remarque : l'axe est linéaire si les magnitudes absolues sont représentées, et logarithmique si c'est la luminosité.

Sur l'axe des abscisses sont indiqués les types spectraux et les températures correspondantes. En effet la couleur d'une étoile déterminée par analyse spectrale est un indice de sa température de surface. Ainsi une étoile de type O est très chaude, et ne comportera que des raies d'éléments fortement ionisés. La partie visible du spectre continu ne montrera que très peu de rouge. Au contraire, une étoile de type M est relativement froide, et aura un spectre comportant des raies d'éléments non ionisés. La partie visible du spectre continu ne montrera que très peu de bleu.

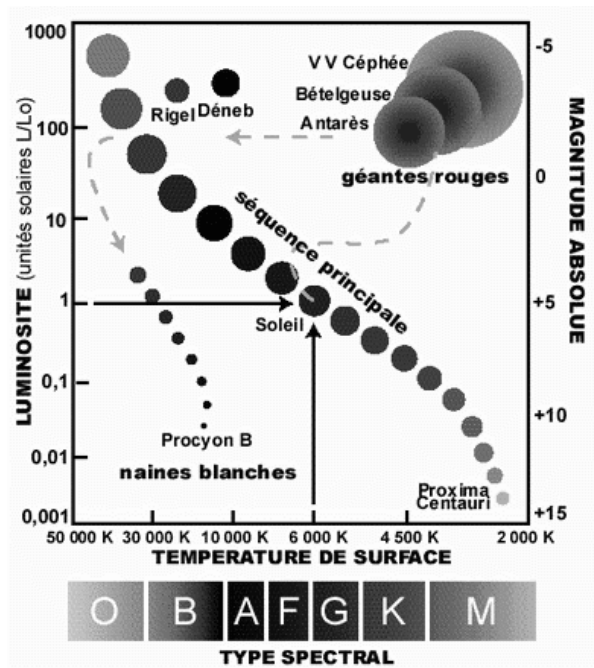
Les étoiles classées selon le diagramme HR se répartissent en 3 branches principales :

La séquence principale

La plupart des étoiles se situent grossièrement dans le diagramme sur la diagonale partant d'en bas à droite jusqu'en haut à gauche. Cette ligne est appelée la séquence principale. La luminosité y est à peu près proportionnelle à la température. Autrement dit, plus l'étoile est chaude, plus elle brille. Les étoiles situées dans cette bande tirent leur énergie des réactions nucléaires transformant l'hydrogène en hélium. C'est, par exemple, le cas du Soleil.

Les étoiles situées en haut à gauche sont donc les plus chaudes (100 000 K ou plus), les plus bleues, les plus lumineuses, brûleront leur combustible plus rapidement, et auront une durée de vie assez courte (plusieurs millions d'années). A contrario, les étoiles situées en bas et à droite du diagramme seront relativement froides (vers 3 000 K tout de même) et émettront dans le rouge. Les réactions nucléaires seront plus lentes, et l'étoile vivra plus longtemps, plusieurs dizaines de milliards d'années. Elles seront peu lumineuses.

Mais il existe des étoiles rouges très lumineuses (Antarès, Bételgeuse...), et des étoiles bleues peu brillantes. Cela signifie qu'elles sont à un autre stade de leur évolution, et ne sont plus ou pas encore sur la séquence principale.



La branche des géantes rouges

Lorsqu'une étoile a fini de consommer son hydrogène dans son noyau, la force de gravité prend le dessus sur la force de répulsion due à ces réactions, et le noyau se contracte. Ce faisant, la température de ce noyau augmente, et la pression de radiation se fait plus importante. Les couches périphériques de l'étoile sont comme soufflées, et l'étoile grossit. C'est une géante rouge. Toutes les géantes rouges issues d'étoiles de masse inférieure à 8 masses solaires sont situées sur cette branche des géantes rouges.

La branche des naines blanches

Quand une étoile peu massive, comme le Soleil, arrive en fin de vie, elle quitte la séquence principale et se retrouve dans la branche des géantes rouges, puis les couches externes de l'étoile sont éjectées dans l'espace, et il ne reste qu'un cœur très chaud et très petit (de la taille de la Terre) en rotation rapide.

Le « très chaud » la place à gauche dans le diagramme HR. Le « très petit » signifie peu lumineux (peu de surface d'émission), et la place en bas du diagramme.

*(adapté d'après Diagramme HR, J.P. Maratrey
www.astrosurf.com/quasar95/exposes/Diagramme_HR.pdf)*

☛ **6 points seront attribués à la présentation, à la rédaction et au soin de la copie.**

Questions :

- 1) Par lecture graphique, évaluer la luminosité ainsi que la température à la surface de l'étoile Antarès. En déduire le type spectral auquel elle appartient.
- 2) Dans quelle partie du diagramme se situent les étoiles très brillantes ? Quelle est leur couleur ?
- 3) Que peut-on dire de la couleur, de la masse et de la durée de vie de Proxima Centauri ?
- 4) D'après la position du soleil dans le diagramme HR, déterminer la constante C dans la formule pour la magnitude M.
- 5) L'auteur utilise, sans les expliquer, les termes courants "spectre continu", "raies du spectre émis". Donner leur signification.
- 6) Comment va évoluer la température du Soleil dans le futur ?
- 7) Comment va évoluer la luminosité du Soleil dans le futur ?

Questionnaire à choix multiples : Optique

Les questions qui suivent n'admettent **qu'une seule réponse correcte**. Aucune justification n'est demandée. Parmi les propositions, référencées a, b, c et d, **cocher l'unique bonne réponse dans la grille fournie page 10**. Cette grille devra rester anonyme et être agrafée avec votre copie. Il n'y a pas de points négatifs pour les mauvaises réponses.

Exemple : 0- Albert Einstein était: a) un chanteur de jazz
b) un peintre
c) un physicien
d) un dentiste

Ecrivez, comme dans l'exemple suivant, sur la copie prévue à cet effet page 10 :

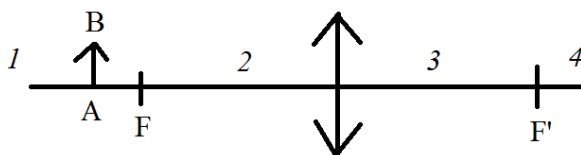
0-	a b c d
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

En cas d'erreur, barrez les 4 cases et noter à côté la bonne réponse, comme dans l'exemple suivant :

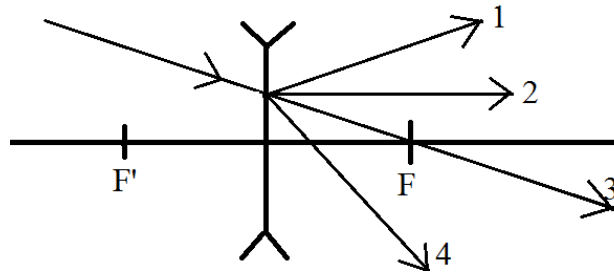
0-	a b c d	
	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0c

Données : $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- Dans un milieu transparent, la valeur de la vitesse de la lumière :
 - ne dépend pas de la nature du milieu transparent
 - est plus faible que dans le vide
 - est plus grande que dans le vide
 - dépend de l'épaisseur du milieu transparent
- Lorsque le grandissement de la lentille est égal à $-0,4$, l'image est :
 - droite et réduite
 - droite et agrandie
 - renversée et agrandie
 - renversée et réduite
- Quel phénomène ou expérience permet de mettre en évidence le caractère corpusculaire de la lumière ?
 - la dispersion de la lumière par un prisme
 - l'expérience des fentes d'Young
 - l'effet Compton
 - la réfraction de la lumière cohérente d'un laser
- L'image de l'objet AB par la lentille suivante sera:
 - réelle
 - droite
 - plus petite que l'objet
 - à l'infini



- 5- L'image créée par une lentille convergente peut être :
- a) virtuelle et renversée
 - b) réelle et de même taille que l'objet
 - c) virtuelle et de même taille que l'objet
 - d) réelle et droite
- 6- Le modèle ondulatoire de lumière **ne permet pas** d'expliquer :
- a) les interférences
 - b) la réfraction
 - c) la diffraction
 - d) l'effet photoélectrique
- 7- L'énergie transportée par un photon de longueur d'onde de 600 nm vaut:
- a) $3,31 \cdot 10^{-19}$ J
 - b) $1,32 \cdot 10^{-17}$ J
 - c) $3,31 \cdot 10^{-15}$ J
 - d) $9,93 \cdot 10^{-11}$ J
- 8- Sur le schéma ci-dessous, quel est le rayon qui correspond au rayon sortant de la lentille divergente :
- a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4



- 9- Quelle est la longueur d'onde dans l'air d'une onde électromagnétique de fréquence 7,5 THz ?
- a) $2,5 \cdot 10^{-4}$ m
 - b) $22,5 \cdot 10^{-6}$ m
 - c) $4,0 \cdot 10^{-5}$ m
 - d) $2,25 \cdot 10^{-8}$ m
- 10- Dans l'expérience des fentes de Young, l'interfrange est d'autant plus grande que :
- a) les fentes sont plus fines
 - b) la source émet davantage de radiation
 - c) la distance entre l'écran et les fentes est petite
 - d) l'écart entre les fentes est plus petit
- 11- L'angle limite pour la propagation d'un rayon lumineux passant de l'eau ($n_{\text{eau}} = 1,33$) dans l'air ($n_{\text{air}} = 1,00$) est égal à :
- a) $48,6^\circ$
 - b) $56,8^\circ$
 - c) $64,3^\circ$
 - d) n'existe pas

12- Quelle est la vitesse de propagation de la lumière rouge de longueur d'onde 630 nm dans une fibre optique d'indice $n = 1,48$?
a) $2,03 \cdot 10^8$ m/s b) $0,93 \cdot 10^8$ m/s c) $4,44 \cdot 10^8$ m/s d) $3,00 \cdot 10^8$ m/s

13- La distance focale d'une lentille mince de vergence 20 dioptries est égale à :
a) 0,50 m b) 20 cm c) 5,00 cm d) 1/20 cm

14- On réalise l'expérience des fentes de Young. On note a la distance entre les deux fentes, D la distance entre les fentes et l'écran et i la distance entre deux franges brillantes sur l'écran. La longueur d'onde est égale à :

a) $\frac{i}{Da}$ b) $\frac{ai}{D}$ c) $\frac{D}{ia}$ d) $\frac{a}{iD}$

15- Pour déterminer le diamètre d'un cheveu, on utilise :

- a) la diffusion
- b) la dispersion
- c) la déviation
- d) la diffraction

Questionnaire à choix multiples Optique

1-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15-	a b c d <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Škola: _____

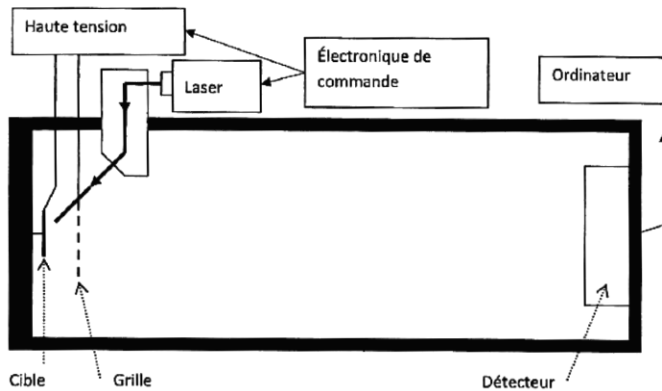
Jméno žáka: _____

Třída: _____

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Problème :

Figure 1 : Schéma d'un spectromètre de masse de type MALDI-TOF:

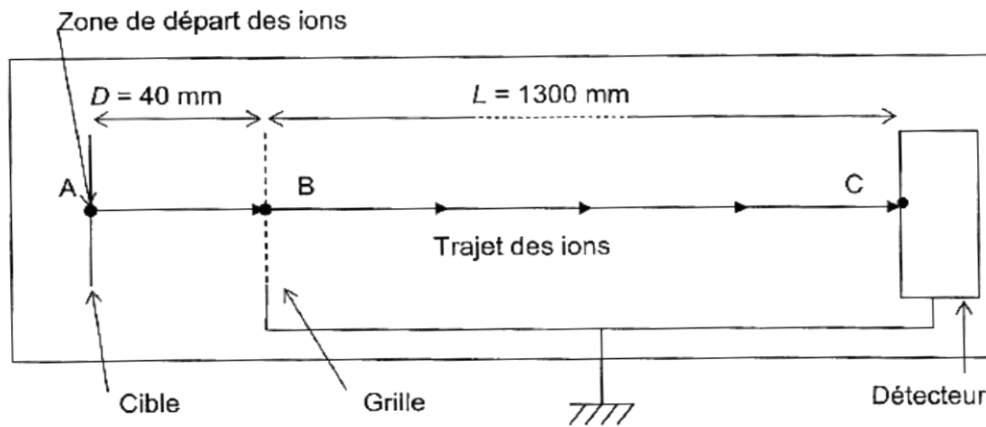


Škola: _____

Jméno žáka _____

Třída _____

Figure 2 : Schéma simplifié d'une partie du spectromètre (échelle non respectée)



Questions de cours:

Nom de la grandeur	Symbole	Unité légale (S.I)	Définition
	T	s	
Fréquence			La fréquence correspond au nombre de répétitions par unité de temps.
Longueur d'onde			1 ^{ère} définition :
			2 ^{ème} définition : La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde en une période.
Amplitude	y _m	m	