

Les ondes

Les ondes

I. Introduction

II. Mode de propagation

III. Vitesse de propagation

IV. Description en 1 dimension

V. Effet du milieu sur les ondes

VI. Ondes stationnaires

I. Introduction

A. Quelques notions :

- Une onde est un **phénomène vibratoire** qui se propage en **transportant de l'énergie sans transporter de matière**
- **Ondes mécaniques** : nécessitent un **milieu matériel ou élastique** pour se propager
- **Ondes électromagnétiques** : peuvent se propager dans le **vide**

II. Mode de propagation

	Mode longitudinal	Mode transversal
Type d'onde	Onde L	Onde T
Type de vibration	Parallèle au sens de propagation de l'onde	Perpendiculaire au sens de propagation de l'onde
Onde	De compression	De cisaillement
Exemples	Ressort, le son dans l'air	Déformation d'une corde, OEM

III. Vitesse de propagation

	Ondes longitudinales	Ondes transversales
Vitesse	Ressort tendu : $v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$	Corde : $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$
Caractéristiques	K : constante de raideur L : allongement du ressort μ : masse linéique	T : la tension μ : masse linéique

QCM

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM : Marie votre tutrice de biostat aime faire des expériences avec des corde de différentes matières. Elle prend une première corde qui a une tension 4 fois plus petite que celle appliquée sur la 2^{ème} corde. La masse linéique de la seconde corde est 16 fois plus grande que la première. On excite la première corde entrainant une onde transverse de vitesse v . Quelle est la vitesse v' de propagation de l'onde sur la 2^{ème} corde ?

- A) $2v$
- B) $4v$
- C) $v/4$
- D) $v/2$
- E) Toutes les réponses sont fausses

QCM

QCM : Marie votre tutrice de biostat aime faire des expériences avec des corde de différentes matières. Elle prend une première corde qui a une tension 4 fois plus petite que celle appliquée sur la 2^{ème} corde. La masse linéique de la seconde corde est 16 fois plus grande que la première. On excite la première corde entrainant une onde transverse de vitesse v . Quelle est la vitesse v' de propagation de l'onde sur la 2^{ème} corde ?

- A) $2v$
- B) $4v$
- C) $v/4$
- D) $v/2$
- E) Toutes les réponses sont fausses

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$
$$v' = \sqrt{\frac{4T}{16\mu}} = \sqrt{\frac{T}{4\mu}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{2} v$$

Réponse : D

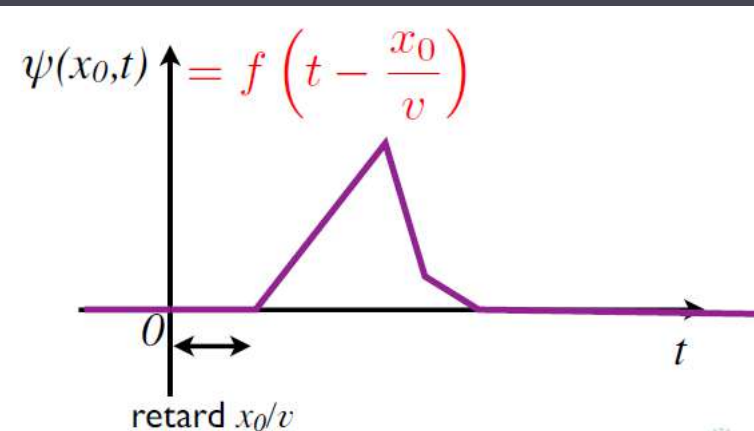
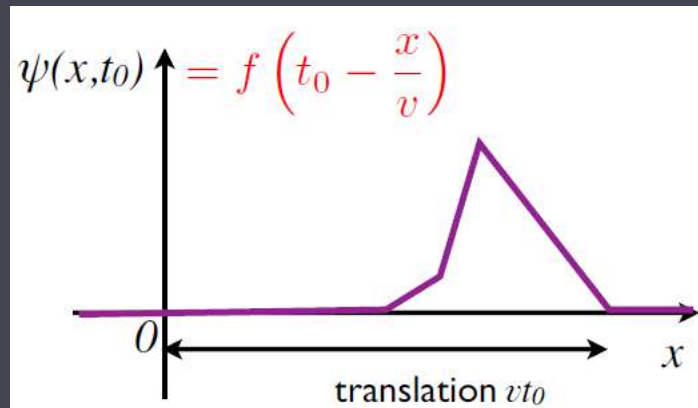
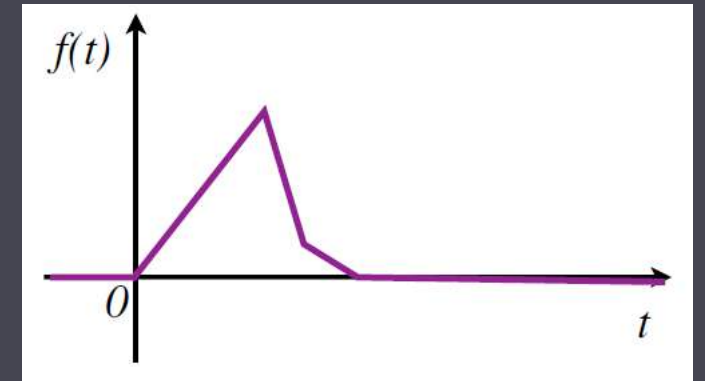
IV. Description d'une onde en 1 dimension

Equation d'Alembert :

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

La solution à cette équation :

$$\psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) + g\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

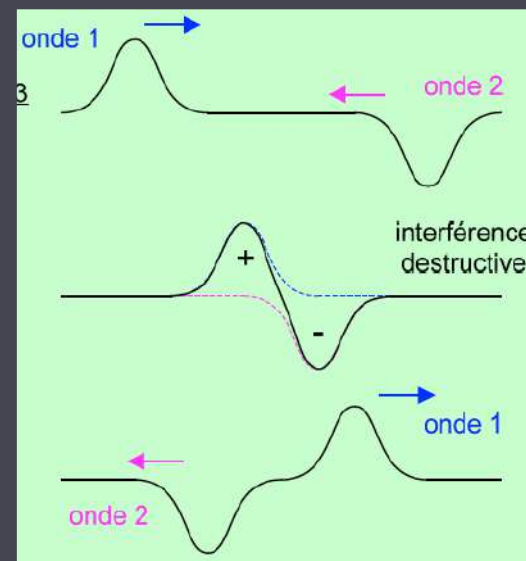
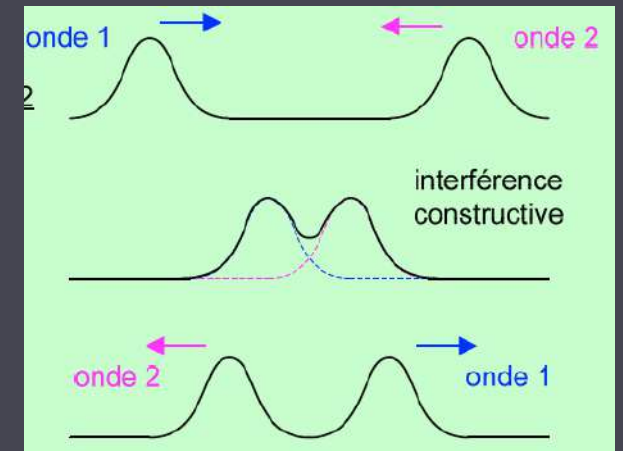


IV. Description d'une onde en 1 dimension

Interférences de 2 ondes progressives :

Grâce au principe de superposition :

- Les interférences constructives : (amplitudes de même signe)
- Les interférences destructives : (amplitudes de signe opposé)



V. Effet du milieu sur les ondes

A. Notion d'impédance

Définition : mesure de la **résistance opposée au mouvement** par un milieu soumis à une force donnée

Est en $kg.s^{-1}$

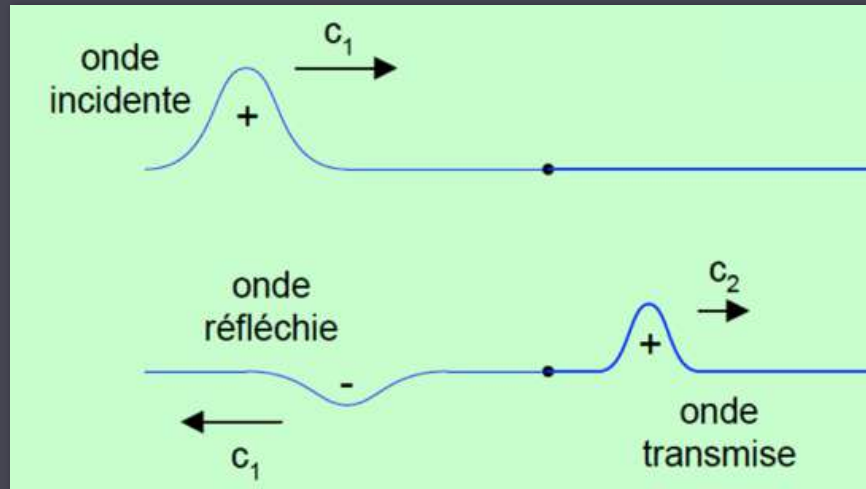
$$Z = \frac{T}{v} = \sqrt{T\mu} = \mu v$$

V. Effet du milieu sur les ondes

B. Réflexion et transmission d'une onde

$$Z_2 > Z_1 \Rightarrow \mu_2 > \mu_1 \Rightarrow c_2 < c_1$$

L'onde transmise est de **même signe** et **d'amplitude inférieure** à l'onde incidente

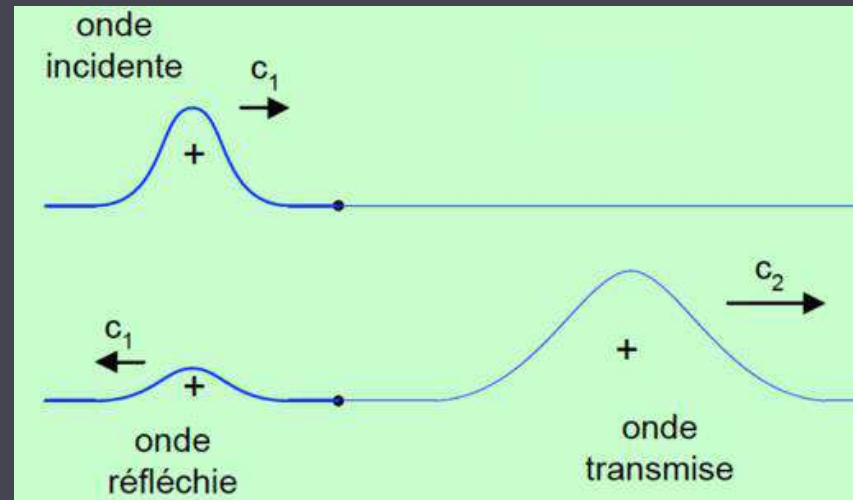


V. Effet du milieu sur les ondes

B. Réflexion et transmission d'une onde

$$Z_1 > Z_2 \Rightarrow \mu_1 > \mu_2 \Rightarrow c_1 < c_2$$

L'onde transmise est de **même signe** et **d'amplitude supérieure** à l'onde incidente

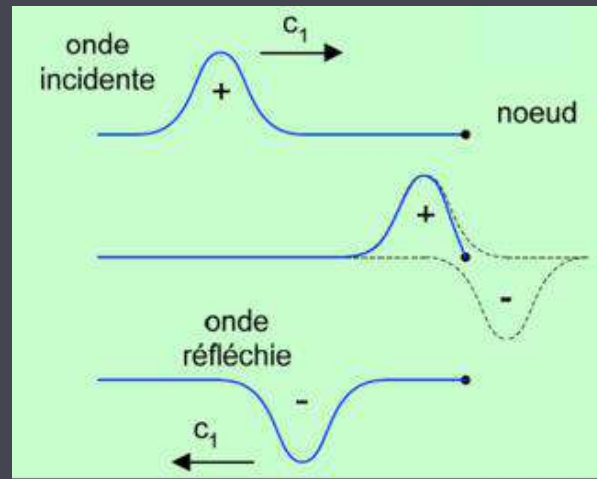


V. Effet du milieu sur les ondes

B. Réflexion et transmission d'une onde

$$Z_2 = \infty$$

Réflexion totale avec
changement de signe

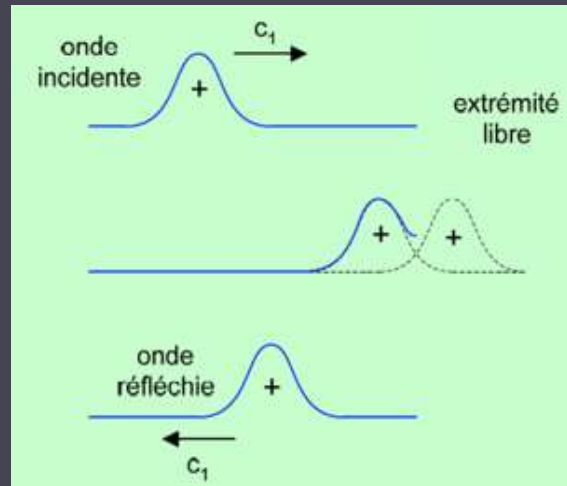


V. Effet du milieu sur les ondes

B. Réflexion et transmission d'une onde

$$Z_2 = 0$$

Réflexion totale **sans**
changement de signe



V. Effet du milieu sur les ondes

B. Réflexion et transmission d'une onde

○ Coefficient de réflexion :

$$r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

A_r : amplitude
de l'onde
réfléchie

○ Coefficient de transmission :

$$t = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

A_i : amplitude
de l'onde
incidente
 A_t : amplitude
de l'onde
transmise

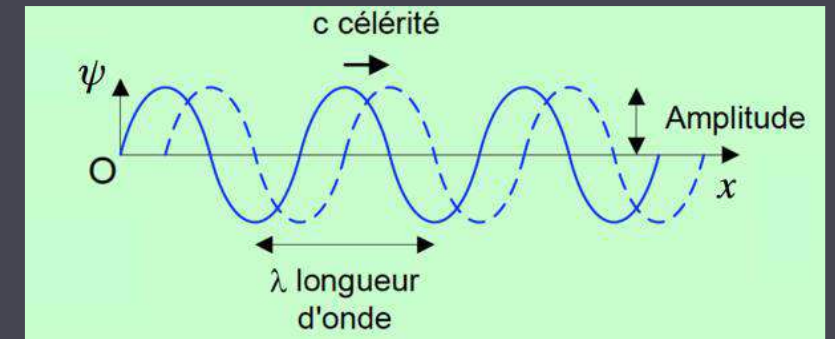
V. Effet du milieu sur les ondes

C. Onde progressive sinusoïdale

○ Pulsation : $\omega = \frac{2\pi}{T}$

○ Puissance moyenne transportée par l'onde :

$$P = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2$$



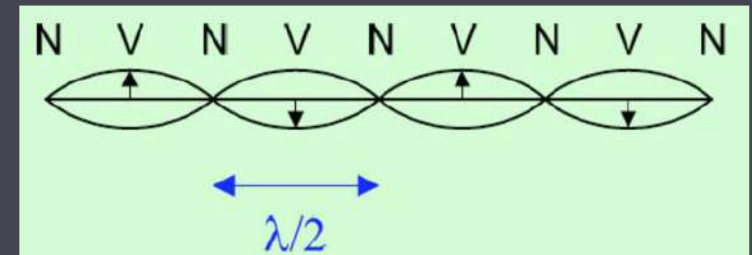
$$\frac{P_r}{P_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$
$$\frac{P_t}{P_i} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

$$P_i = P_r + P_t \Rightarrow \frac{P_r}{P_i} + \frac{P_t}{P_i} = 1$$

VI. Ondes stationnaires

A. Corde à une extrémité fixe

Extrémité fixe : à x_0 l'impédance est infinie, il y a **superposition** de **l'onde réfléchie** et **l'onde incidente**.



On peut observer des :

- **Ventres (V)** : qui correspondent aux **maximas** d'amplitude
- **Nœuds (N)** : qui correspondent aux **minimas** d'amplitude

VI. Ondes stationnaires

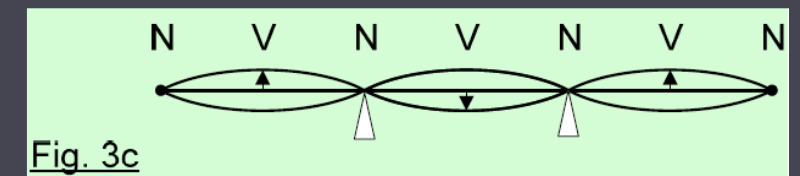
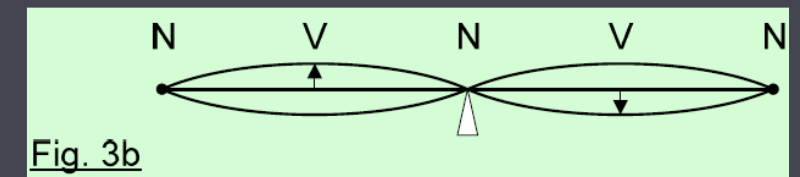
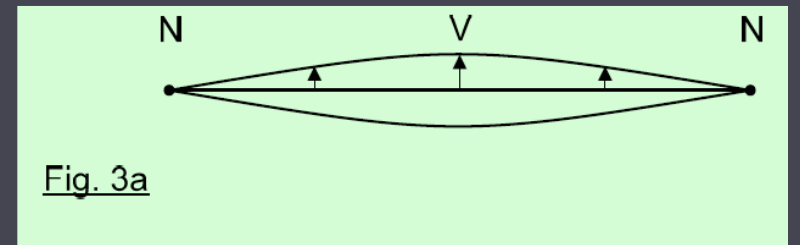
B. Corde à deux extrémités fixes

La longueur de la corde doit être un multiple de la demi-longueur d'onde :

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$

Les ondes possibles sont celles avec une fréquence propre :

$$f = \frac{nc}{2L}$$



QCM

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM : Nous possédons une corde de longueur $L = 2 \text{ m}$ et de masse linéique $0,01 \text{ kg.m}^{-1}$ tendue par l'action d'une masse $m = 100 \text{ g}$ à l'une de ses extrémités. Quelle est la fréquence de son mode fondamental ?

Aide au calcul : $T = mg$

A) 5

B) 10

C) 2,5

D) 25

E) 50

QCM

QCM : Nous possédons une corde de longueur $L = 2 \text{ m}$ et de masse linéique $0,01 \text{ kg.m}^{-1}$ tendue par l'action d'une masse $m = 100 \text{ g}$ à l'une de ses extrémités. Quelle est la fréquence de son mode fondamental ?

Aide au calcul : $T = mg$

A) 5

B) 10

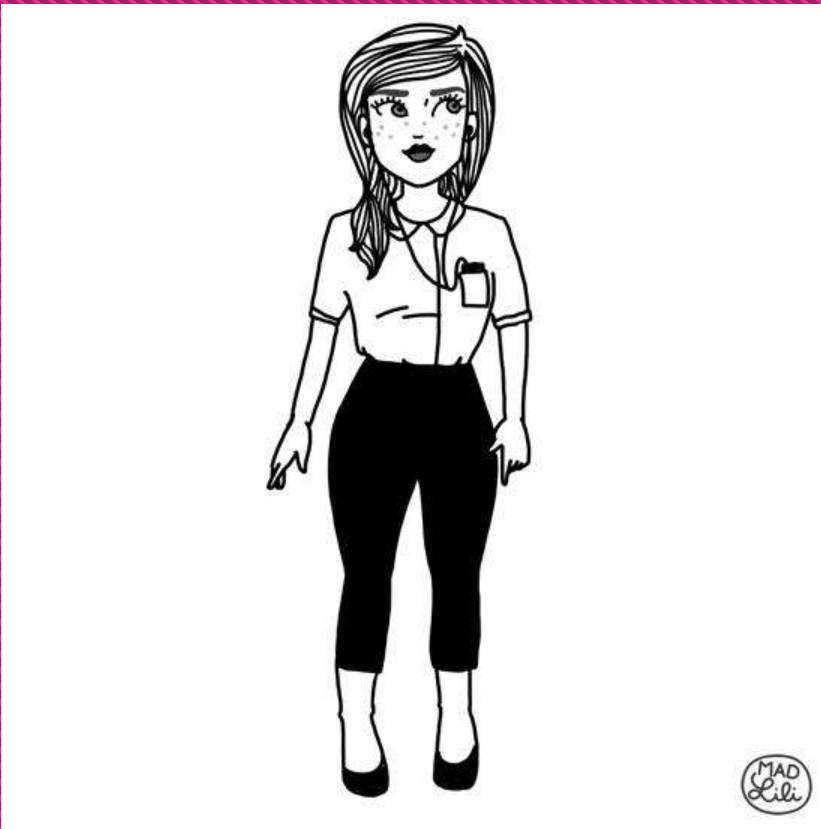
C) 2,5

D) 25

E) 50

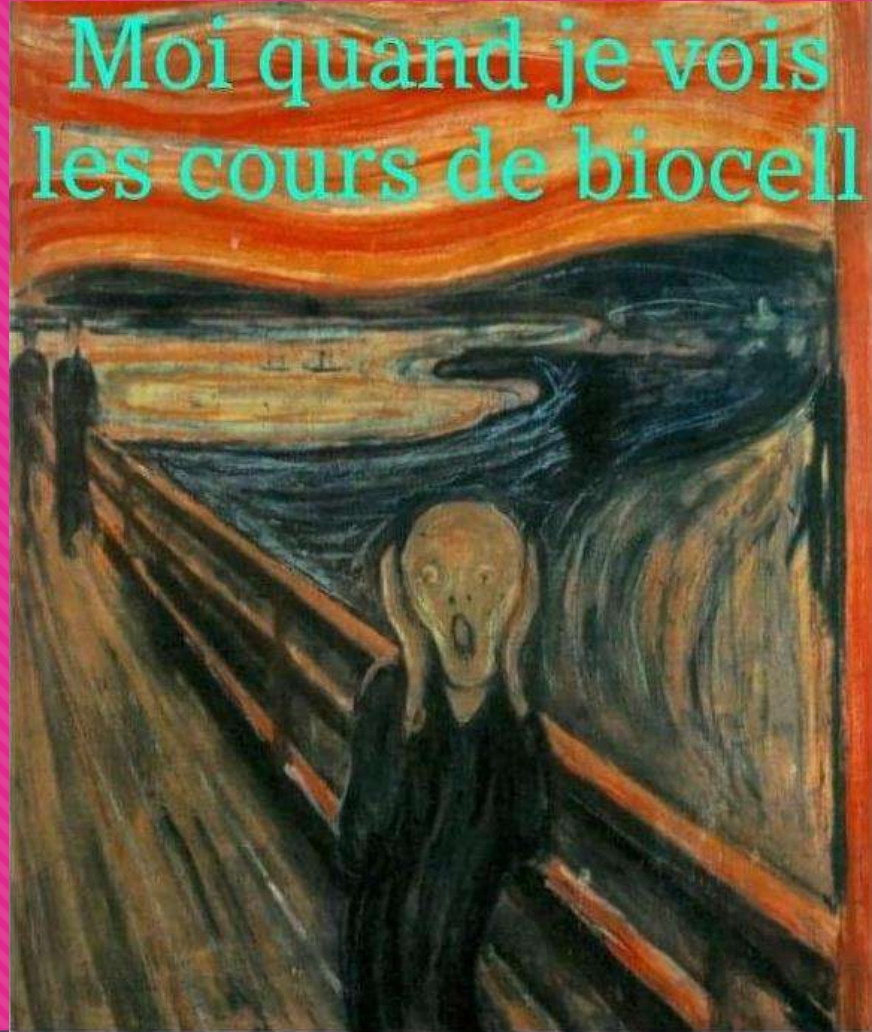
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}}$$
$$v = \sqrt{\frac{0,1 \times 10}{0,01}} = \sqrt{\frac{1}{0,01}} = \frac{1}{0,1} = 10$$
$$f_1 = 1 \times \frac{v}{2L} = \frac{10}{2 \times 2} = \frac{10}{4} = 2,5$$

Réponse : C



THE END ...





Correction du DM

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCMs :

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 1 : Votre tutrice de biostat BloodyMary en a marre de descendre les escaliers de sa maison elle décide donc d'installer une rampe verticale et de se laisser glisser dessus ! Sachant qu'elle saute d'abord et a une vitesse initiale $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ et que sa masse est de 55 kg. (on prendra $g=10$). On oriente notre axe vers le bas.

- A) La force de frottement présente ici est la force de trainée en effet c'est une force pour les basses vitesses
- B) Si on considère qu'au bout de 10 secondes de descente elle a une vitesse de 4 m.s^{-1} son coefficient de frottement est : $\mu_d = 0,8$
- C) Absolument pas ! au bout de 10 secondes si elle a une vitesse de 4 m.s^{-1} alors son coefficient de frottement est : $\mu_d = 0,98$
- D) Vu la configuration du système on peut dire que la 1^{ère} loi de Newton s'y applique
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCMs :

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 1 : Votre tutrice de biostat BloodyMary en a marre de descendre les escaliers de sa maison elle décide donc d'installer une rampe verticale et de se laisser glisser dessus ! Sachant qu'elle saute d'abord et a une vitesse initiale $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ et que sa masse est de 55 kg. (on prendra $g=10$). On oriente notre axe vers le bas.

- A) La force de frottement présente ici est la force de trainée en effet c'est une force pour les basses vitesses
- B) Si on considère qu'au bout de 10 secondes de descente elle a une vitesse de 4 m.s^{-1} son coefficient de frottement est : $\mu_d = 0,8$
- C) Absolument pas ! au bout de 10 secondes si elle a une vitesse de 4 m.s^{-1} alors son coefficient de frottement est : $\mu_d = 0,98$
- D) Vu la configuration du système on peut dire que la 1^{ère} loi de Newton s'y applique
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

Réponse : C

QCMs :

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 1 : Votre tutrice de biostat BloodyMary en a marre de descendre les escaliers de sa maison elle décide donc d'installer une rampe verticale et de se laisser glisser dessus ! Sachant qu'elle saute d'abord et a une vitesse initiale $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ et que sa masse est de 55 kg. (on prendra $g=10$). On oriente notre axe vers le bas.

$$\sum F_{ext} = ma = mg - \mu mg$$

$$a = g - \mu g$$

$$v = gt - \mu gt + v_0$$

$$\mu = \frac{gt + v_0 - v}{gt} = \frac{10 \times 10 + 2 - 4}{10 \times 10} = \frac{98}{100} = 0,98$$

On intègre :

QCM 2 : A propos de ce dipôle

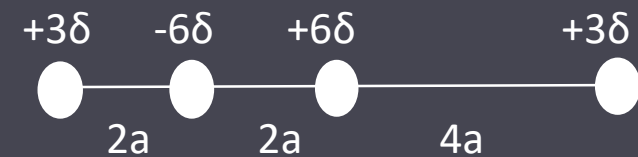
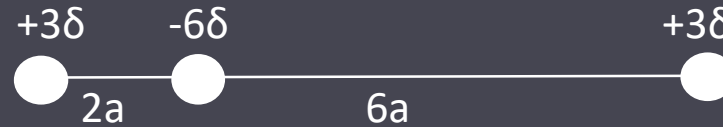


- A) La molécule est apolaire
- B) Le moment dipolaire est orienté vers la droite
- C) Le vecteur du moment dipolaire a pour norme : $p = 6\delta a$
- D) Le vecteur du moment dipolaire a pour norme : $p = 12\delta a$
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 2 : A propos de ce dipôle



- A) La molécule est apolaire
- B) Le moment dipolaire est orienté vers la droite
- C) Le vecteur du moment dipolaire a pour norme : $p = 6\delta a$
- D) Le vecteur du moment dipolaire a pour norme : $p = 12\delta a$
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

$$p = 2a \times 6\delta = 12\delta a$$

Réponses : BD

QCM 3 : Soit un oscillateur qui n'est pas soumis à des forces de frottements

- A) Son équation peut s'écrire sous la forme : $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$, c'est l'équation d'un oscillateur harmonique non amorti
- B) La période de cet oscillateur est constante au cours du temps
- C) ω_0 représente la pulsation propre de l'oscillateur et elle est indépendante de la période de cet oscillateur
- D) Si des forces de frottements étaient présentes sa période n'aurait pour autant pas été modifiée
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM 3 : Soit un oscillateur qui n'est pas soumis à des forces de frottements

- A) Son équation peut s'écrire sous la forme : $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$, c'est l'équation d'un oscillateur harmonique non amorti
- B) La période de cet oscillateur est constante au cours du temps
- C) ω_0 représente la pulsation propre de l'oscillateur et elle est indépendante de la période de cet oscillateur
- D) Si des forces de frottements étaient présentes sa période n'aurait pour autant pas été modifiée
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

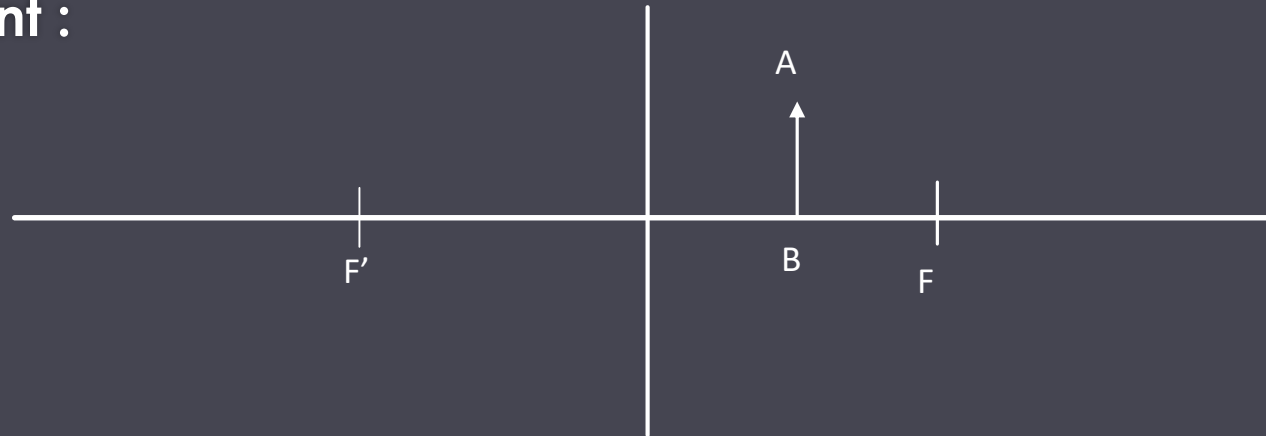
Réponses : AB

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 4 : Soit le montage suivant :

- A) L'image est virtuelle.
- B) L'image est agrandie.
- C) L'image est renversée.
- D) La lentille est divergente.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.

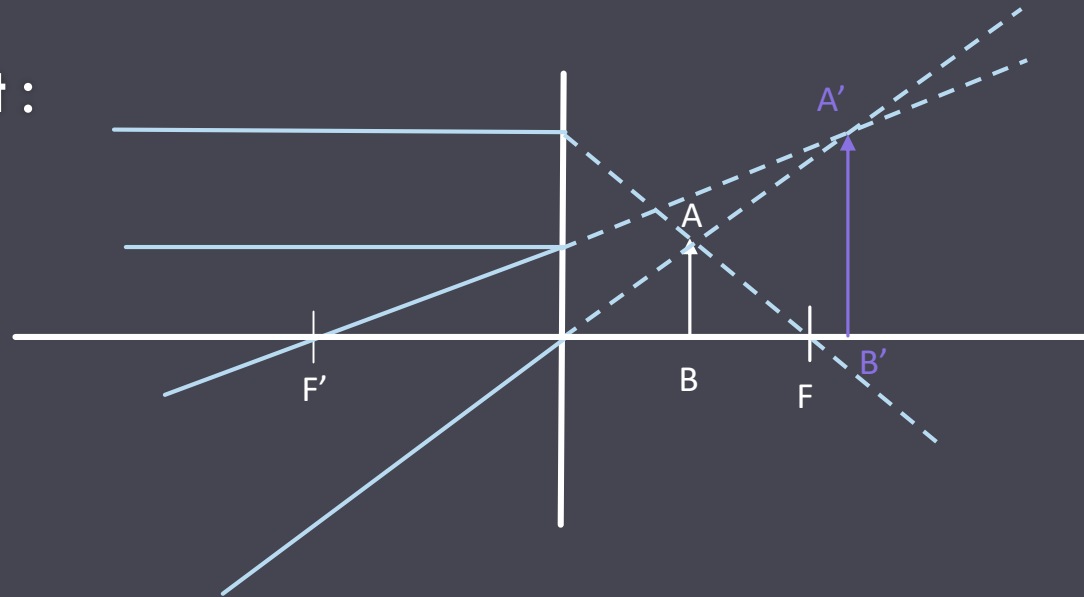


QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 4 : Soit le montage suivant :

- A) L'image est virtuelle.
- B) L'image est agrandie.
- C) L'image est renversée.
- D) La lentille est divergente.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.



Réponses : BD

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 5 : Blandine veut faire épaissir ses cheveux avec un nouveau shampoing et suit donc l'évolution chaque semaine en mesurant l'épaisseur d'un de ses cheveux grâce à un montage composé d'un laser de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ et d'un écran à 2 m de distance du cheveux. Elle observe une tâche centrale de largeur $L = 4 \text{ cm}$.

- A) Le système mis en place est dit d'interférences sur lame mince.
- B) Le système mis en place est dit de diffraction par une fente.
- C) Si Blandine réitère son expérience la semaine suivante et trouve une épaisseur de $70 \mu\text{m}$, le shampoing est efficace.
- D) Si Blandine réitère son expérience la semaine suivante et trouve une épaisseur de $40 \mu\text{m}$, le shampoing est efficace.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 5 : Blandine veut faire épaissir ses cheveux avec un nouveau shampooing et suit donc l'évolution chaque semaine en mesurant l'épaisseur d'un de ses cheveux grâce à un montage composé d'un laser de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ et d'un écran à 2 m de distance du cheveux. Elle observe une tâche centrale de largeur $L = 4 \text{ cm}$.

- A) Le système mis en place est dit d'interférences sur lame mince.
- B) Le système mis en place est dit de diffraction par une fente.
- C) Si Blandine réitère son expérience la semaine suivante et trouve une épaisseur de $70 \mu\text{m}$, le shampooing est efficace.
- D) Si Blandine réitère son expérience la semaine suivante et trouve une épaisseur de $40 \mu\text{m}$, le shampooing est efficace.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.

Réponses : BC

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 5 : Blandine veut faire épaissir ses cheveux avec un nouveau shampooing et suit donc l'évolution chaque semaine en mesurant l'épaisseur d'un de ses cheveux grâce à un montage composé d'un laser de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ et d'un écran à 2 m de distance du cheveux. Elle observe une tâche centrale de largeur $L = 4 \text{ cm}$.

$$b = \frac{2\lambda D}{L} = \frac{2 \times 500 \cdot 10^{-9} \times 2}{4 \cdot 10^{-2}} = \frac{2000 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-2}} = 500 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 50 \mu\text{m}$$

et $70 \mu\text{m} > 50 \mu\text{m}$

Réponses : BC

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 6 : Vous voulez atténuer les reflets du proche UV de votre rétroviseur de voiture, pour cela vous voulez pulvériser dessus une couche d'un matériau d'indice optique $n_{\text{matériau}} = 2$ d'épaisseur e sur le rétroviseur. Quelle(s) est (sont) la (ou les) épaisseur(s) pour laquelle (lesquelles) les reflets s'annulent ?

Données : $\lambda_{UV} = 400 \text{ nm}$ et $n_{\text{rétroviseur}} = 2,5$

- A) 50 nm
- B) 100 nm
- C) $100 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$
- D) 250 nm
- E) $350 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$

QCMs

Réponses : ADE

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 6 : Vous voulez atténuer les reflets du proche UV de votre rétroviseur de voiture, pour cela vous voulez pulvériser dessus une couche d'un matériau d'indice optique $n_{\text{matériau}} = 2$ d'épaisseur e sur le rétroviseur. Quelle(s) est (sont) la (ou les) épaisseur(s) pour laquelle (lesquelles) les reflets s'annulent ?

Données : $\lambda_{UV} = 400 \text{ nm}$ et $n_{\text{rétroviseur}} = 2,5$

- A) 50 nm
- B) 100 nm
- C) $100 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$
- D) 250 nm
- E) $350 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$

$$\begin{aligned} \text{Avec } k=0 &\rightarrow \left(0 + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{400}{2 \times 2}\right) = 0,5 \times 100 = 50 \text{ nm} \\ \text{Avec } k=1 &\rightarrow \left(1 + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{400}{2 \times 2}\right) = 1,5 \times 100 = 150 \text{ nm} \\ \text{Avec } k=2 &\rightarrow \left(2 + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{400}{2 \times 2}\right) = 2,5 \times 100 = 250 \text{ nm} \\ \text{Avec } k=3 &\rightarrow \left(3 + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{400}{2 \times 2}\right) = 3,5 \times 100 = 350 \text{ nm} \end{aligned}$$

Nous sommes ici dans le cas d'interférences sur lames minces avec $n_2 > n_1$. Donc on a des interférences destructives quand $e = \left(k + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{\lambda}{2n}\right)$, k étant un entier positif. Donc il peut y avoir plusieurs épaisseurs pour lesquelles il y aura des interférences destructives selon la valeur de k .

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 7 : Soit un electron sous une difference de potentiel de 900 V.

Données : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ et $m_{\text{electron}} = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Aide au calcul : $\frac{6,6}{36,4} = 0.18$

- A) La longueur d'onde de cet électron est de $0,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- B) La longueur d'onde de cet électron est de $3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.
- C) La vitesse de cet électron est de $1,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.
- D) La vitesse de cet électron est de $3,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 7 : Soit un electron sous une difference de potential de 900 V.

Données : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ et $m_{\text{electron}} = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Aide au calcul : $\frac{6,6}{36,4} = 0,18$

- A) La longueur d'onde de cet électron est de $0,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- B) La longueur d'onde de cet électron est de $3,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.
- C) La vitesse de cet électron est de $1,8 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.
- D) La vitesse de cet électron est de $3,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.
- E) Les réponses A, B, C, et D sont fausses.

Réponses : AC

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{V}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{\sqrt{900}} \\ &= \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{30} = \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^1} \\ &= 0,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{h}{mv} \Leftrightarrow v = \frac{h}{\lambda m} \\ &= \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 10^{-11} \times 9,1 \cdot 10^{-31}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{36,4 \cdot 10^{-42}} \\ &= 0,18 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}\end{aligned}$$

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 8 : Soit une première corde de tension $T = 400 \text{ N}$ et de masse linéique $\mu = 0,01$. Elle est succédée par une seconde corde de tension $T = 200 \text{ N}$ et a une vitesse $v = 50 \text{ m.s}^{-1}$.

- A) Le coefficient de réflexion r vaut : $r = -\frac{1}{3}$
- B) On aura une réflexion partielle avec changement de signe
- C) Le coefficient de transmission vaut : $t = \frac{2}{6}$
- D) On aura une transmission partielle sans changement de signe
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCMs

SOCRATIVE :
PHYSIQUETHEBEST

QCM 8 : Soit une première corde de tension $T = 400 \text{ N}$ et de masse linéique $\mu = 0,01$. Elle est succédée par une seconde corde de tension $T = 200 \text{ N}$ et a une vitesse $v = 50 \text{ m.s}^{-1}$.

- A) Le coefficient de réflexion r vaut : $r = -\frac{1}{3}$
- B) On aura une réflexion partielle avec changement de signe
- C) Le coefficient de transmission vaut : $t = \frac{2}{6}$
- D) On aura une transmission partielle sans changement de signe
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

$$\begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{T\mu} = \sqrt{400 \times 0,01} = \sqrt{4} = 2 \\ Z_2 &= \frac{T}{c} = \frac{200}{50} = 4 \text{ donc } Z_2 > Z_1 \\ r &= \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{2 - 4}{2 + 4} = \frac{-2}{6} = -\frac{1}{3} \end{aligned}$$

$$t = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{2 \times 2}{2 + 4} = \frac{4}{6}$$

Réponses : ABD