



Indiquez la ou les propositions exactes

**SUJET**

**QCM1 : Concernant les caractéristiques générales des ondes**

- A) Une onde est un phénomène vibratoire qui se propage
- B) Une onde mécanique transporte de la matière et de l'énergie
- C) Une onde électromagnétique peut se propager dans un milieu matériel
- D) La structure temporelle de la perturbation ondulatoire suit celle de la source, laquelle détermine également le type de « déformation » du milieu par le phénomène physique mis en cause
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM2 : Une onde se propage le long d'une corde de longueur  $L$  et de masse linéique  $\mu$ . La tension sera notée  $T$ . Que peut-on dire à propos de cette situation ?**

- A) Il s'agit d'une onde mécanique
- B) La vibration est parallèle au sens de propagation : c'est une onde de « cisaillement »
- C) Il s'agit d'une onde T, utilisant un mode de propagation transversal
- D) Les caractéristiques de la corde déterminent la vitesse de propagation de l'onde :  $v = \sqrt{T\mu}$
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM3 : Que vaut en  $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$  la constante de raideur d'un ressort tendu d'allongement 10 cm, de masse linéique  $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$  et dont l'onde de compression a une célérité égale à  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ?**

- A) 10
- B) 50
- C) 100
- D) 500
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM4 : Quelles sont les formules exactes concernant les célérités des différentes ondes citées ?**

- A) Onde de pression sonore :  $c_s \propto \sqrt{\frac{P_0}{\rho_0}}$  avec  $P_0$  la pression et  $\rho_0$  la masse volumique de l'air
- B) Onde de pression sonore :  $c_s \propto \sqrt{P_0\rho_0}$  avec  $P_0$  la pression et  $\rho_0$  la masse volumique de l'air
- C) Onde électromagnétique dans le vide :  $c = \frac{\sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\epsilon_0}}$  avec  $\mu_0$  la perméabilité magnétique du vide et  $\epsilon_0$  la permittivité du vide
- D) Onde électrique dans un câble coaxial :  $v = \frac{1}{\sqrt{\Lambda\Gamma}}$  avec  $\Lambda$  l'inductance linéique et  $\Gamma$  la capacité linéique
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM5 : A propos de la description mathématique des ondes**

- A) On peut décrire une onde se déplaçant dans le sens des  $x$  croissants par la fonction de deux variables  $\psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right)$
- B) Au point d'abscisse  $x_0 > 0$ , pour une onde se déplaçant dans le sens des  $x$  croissants, l'onde arrive avec un certain retard égal à  $\frac{x_0}{v}$
- C) Si on prend un cliché du milieu affecté par cette onde à un instant  $t_0$ , on observe un motif inversé de la perturbation
- D) L'équation de d'Alembert s'écrit  $\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} = \kappa \frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$  : la solution de cette équation est une superposition d'ondes, et  $\kappa = \frac{1}{v^2}$  avec  $v$  la vitesse associée à ce phénomène ondulatoire
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM6 : A propos de l'impédance

- A) Elle mesure la facilité de déformation du milieu : plus l'impédance est grande, plus la vitesse de déplacement de l'onde dans le milieu est élevée
- B) Pour une corde où la tension vaut  $T$  et de masse linéique  $\mu$ , l'impédance vaut  $Z = \frac{T}{v} = \sqrt{T\mu} = \mu v$
- C) Pour une onde électromagnétique dans le vide,  $Z = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$  avec  $\mu_0$  la perméabilité magnétique du vide et  $\epsilon_0$  la permittivité du vide
- D) Pour une onde électrique,  $Z_c = v\Gamma$  avec  $\Gamma$  la capacité linéique
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM7 : Une corde est formée de deux matériaux (1) et (2) d'impédances respectives  $Z_1$  et  $2Z_1$ . Une onde traverse successivement le matériau (1) puis le matériau (2). Quelle est la valeur de l'amplitude réfléchie  $A_r$  dans le matériau (2) par rapport à l'amplitude incidente  $A_i$  ?**

- A)  $A_r = \frac{A_i}{9}$     B)  $A_r = -\frac{A_i}{3}$     C)  $A_r = \frac{A_i}{3}$     D)  $A_r = -3A_i$     E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM8 : Deux cordes (A) et (B) d'impédances respectives  $Z_A$  et  $Z_B$  et de masses linéiques respectives  $\mu_A$  et  $\mu_B$ . Une onde affecte successivement les cordes (A) puis (B). On mesure l'amplitude de l'onde transmise à la corde (B) et on s'aperçoit qu'elle vaut un quart de celle de l'onde incidente. Quelles sont les relations exactes concernant cette situation ?**

- A)  $Z_A = 7Z_B$     B)  $Z_B = \frac{Z_A}{7}$     C)  $\mu_B = \frac{\mu_A}{7}$     D)  $\mu_B = \frac{\mu_A}{49}$     E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM9 : Concernant le comportement d'une onde affectant une corde lors d'un changement de matériau**

- A) Lorsque la masse linéique de la première corde est inférieure à celle de la seconde, on a réflexion partielle avec changement de signe
- B) Lorsque l'impédance de la première corde est supérieure à celle de la seconde, la vitesse de l'onde sur la deuxième corde est supérieure à celle de l'onde sur la première
- C) Il faut se méfier des fouets car l'extrémité libre équivaut au passage de l'onde dans une corde d'impédance nulle, ce qui entraîne une réflexion totale sans changement de signe qui va revenir vers le bras ayant créé l'onde
- D) En attachant une corde à un piquet (extrémité fixe), on a l'équivalent d'une corde d'impédance infinie, ce qui crée une réflexion totale avec changement de signe et diminution de l'amplitude
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM10 : Soit une onde progressive sinusoïdale d'amplitude 10 cm et dont l'impédance vaut  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Sachant que la puissance moyenne transportée par cette onde vaut 2 W, que vaut en  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$  la pulsation de cette onde ? On prendra  $\sqrt{2} \approx 1,4$  et  $\sqrt{8} \approx 2,8$**

- A) 14    B) 28    C) 140    D) 280    E) 400

**QCM11 : Concernant les puissances transportées par des ondes progressives sinusoïdales**

- A) La puissance moyenne transportée est proportionnelle au rapport entre l'amplitude et le carré de l'impédance
- B) Si l'impédance du premier milieu est 2 fois supérieure à celle du deuxième milieu, la puissance transmise emporte huit neuvièmes de la puissance incidente
- C) Si l'impédance du premier milieu est 2 fois supérieure à celle du deuxième milieu, la puissance réfléchie emporte un neuvième de la puissance incidente
- D) Quels que soient les milieux traversés, on a conservation de l'énergie de l'onde :  $P_i = P_r + P_t$
- E) Toutes les propositions sont fausses

**QCM12 : Sachant que deux fréquences propres successives d'une onde stationnaire sur une corde tendue de longueur 1 m sont de 100 et 101 Hz, quelle est en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  la célérité de l'onde sur la corde ?**

- A) 1    B) 2    C) 10    D) 20    E) 200

### QCM13 : Concernant les basses fréquences du spectre électromagnétique

- A) On parle de micro-ondes ou d'hyperfréquences pour des fréquences comprises entre 300 MHz et 300 GHz
- B) On parle de radiofréquences pour des fréquences comprises entre 30 kHz et 300 MHz
- C) Les ondes millimétriques font partie des micro-ondes et correspondent à des longueurs d'onde de 1 mm à 10 mm
- D) Les ondes millimétriques font partie des radiofréquences et correspondent à des longueurs d'onde de 1 mm à 1 m
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM14 : A propos du moment magnétique orbital

- A) Un proton en orbite circulaire possède un moment magnétique non nul
- B) Le moment dipolaire magnétique associé à une boucle de courant circulaire de rayon  $r$  où le courant a une intensité  $I$  vaut  $\mu = I\pi r^2$
- C) Le magnéton de Bohr  $\mu_e = \frac{e\hbar}{2m_e}$  est un quantum de moment magnétique de l'électron, car le moment cinétique de l'électron étant quantifié ( $L = n\hbar$ ), le moment magnétique l'est également :  $\mu = n\mu_e$
- D) Une boucle de courant plongée dans un champ magnétique subit un couple ayant tendance à aligner le moment magnétique avec le champ
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM15 : A propos du moment magnétique de spin

- A) Il est lié à l'existence d'un moment cinétique intrinsèque : le spin  $\vec{S}$
- B) La projection du moment magnétique de spin de l'électron est quantifiée :  $\mu_{S_z} = -g_e\mu_e m_s$  où  $m_s \pm 1/2$  (spin) et  $g_e \approx 2$ , ce qui fait qu'on a  $\mu_{S_z} \cong \pm\mu_e$
- C) Pour l'électron, le spin et le moment magnétique de spin sont de sens contraires
- D) Pour le proton, le spin et le moment magnétique de spin sont de sens contraires
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM16 : Un étudiant curieux (encore lui !) décide de faire une pause dans sa biostat (on le comprend) et décide pour s'amuser de placer un noyau d'hélium (particule alpha) à côté d'un aimant créant un champ magnétique $\vec{B}_0$ . Que va-t-il se passer ?

- A) Le moment magnétique du noyau d'hélium  $\vec{\mu} = \gamma\vec{J}$  ( $\gamma$  est le rapport gyromagnétique et  $\vec{J}$  le moment cinétique global) subit un couple perpendiculaire à la fois à  $\vec{\mu}$  et au champ magnétique  $\vec{B}_0$
- B) Le moment cinétique  $\vec{J}$  se met à tourner autour de  $\vec{B}_0$  avec une vitesse angulaire qui dépend de l'angle entre  $\vec{J}$  et  $\vec{B}_0$
- C) Le mouvement effectué par le moment cinétique est un mouvement de précession semblable à celui d'une toupie soumise au poids
- D) La fréquence associée à cette rotation est la fréquence de Larmor  $\nu_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi}$
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM17 : A propos du principe de la RMN

- A) Si on se place dans un référentiel tournant autour de  $\vec{B}_0$  avec une vitesse angulaire de  $\omega_0 = 2\pi\nu_0$  avec  $\nu_0$  la fréquence de Larmor, le moment macroscopique  $\vec{M}$  est immobile
- B) Si on applique un champ magnétique  $\vec{B}_1$  tournant dans un plan perpendiculaire à  $\vec{B}_0$  avec une vitesse angulaire  $\omega_1 = \gamma B_1$ , il y a précession de  $\vec{M}$  autour de  $\vec{B}_1$  : on dit que le champ tournant est en résonance avec l'aimantation
- C) Lorsque le champ variable est supprimé, la composante de l'aimantation parallèle à  $\vec{B}_0$  appelée  $M_{\parallel}$  diminue de façon constante en décrivant une spirale
- D) La description quantique avance que le champ radiofréquence  $\vec{B}_1$  fait basculer les noyaux d'un état d'énergie à un autre, et donc qu'au cours de la résonance la population de noyaux d'état d'énergie plus élevée va diminuer en raison d'une émission stimulée par effet laser
- E) Toutes les propositions sont fausses

### QCM18 : A propos de la relaxation en RMN

- A) Le retour des noyaux à l'équilibre correspond au ré-alignement de  $\vec{M}$  le long de  $\vec{B}_1$
- B) Au bout du temps  $T_1$ , la composante parallèle à  $\vec{B}_0$  a regagné 63% environ de sa valeur initiale
- C) Au bout du temps  $T_2$ , la composante perpendiculaire à  $\vec{B}_0$  a regagné 37% environ de sa valeur initiale
- D) Je trouve plus d'items et c'est bientôt la fin des haricots (compter vrai bien sûr ☺)
- E) Toutes les propositions sont fausses

## CORRECTION

### QCM1 : Réponses A, C, D

- A) Vrai : cf. cours  
B) Faux : Une onde ne transporte pas de matière quelle que soit sa nature  
C) Vrai : Non marqué dans le cours mais relativement logique  
D) Vrai : cf. cours  
E) Faux

### QCM2 : Réponses A, C

- A) Vrai : En effet, elle nécessite un milieu élastique (la corde) pour se propager  
B) Faux : C'est bien une onde de cisaillement, mais cela signifie que la vibration est perpendiculaire au sens de propagation  
C) Vrai : En effet, la vibration est perpendiculaire au sens de propagation  
D) Faux : Le début de l'item est juste, mais cette relation donne l'impédance de la corde et non la célérité de l'onde, laquelle vaut  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$   
E) Faux

### QCM3 : Réponse B

La célérité de l'onde de compression vaut  $v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$  d'où  $\frac{KL}{\mu} = v^2$  et  $K = \frac{v^2\mu}{L} = \frac{5^2 * 2 * 10^{-1}}{1.10^{-1}} = 25 * 2 = 50 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$

(L'unité de la constante de raideur est bien le  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$  : en effet, l'analyse dimensionnelle montre que

$$[K] = \frac{[v]^2[\mu]}{[L]} = \frac{L^2 T^{-2} * M L^{-1}}{L} = M T^{-2})$$

- A) Faux B) Vrai C) Faux D) Faux E) Faux

### QCM4 : Réponses A, D

- A) Vrai : cf. cours  
B) Faux : On a  $c_s \propto \sqrt{P_0 \rho_0}$   
C) Faux : En effet,  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  (Attention, une petite coquille dans la ronéo)  
D) Vrai : Là encore attention, petite coquille dans la ronéo  
E) Faux

### QCM5 : Réponses A, B, C, D

- A) Vrai : cf. cours  
B) Faux : cf. cours  
C) Faux : cf. cours  
D) Vrai : cf. cours (cette partie est horrible mais on n'est jamais trop prudents ☺)  
E) Faux

### QCM6 : Réponses B, C

- A) Faux : Plus l'impédance est grande, plus la vitesse de propagation de l'onde est faible  
B) Vrai : En effet,  $Z = \frac{T}{v} = T * \sqrt{\frac{\mu}{T}} = \sqrt{\frac{T^2 \mu}{T}} = \sqrt{T \mu}$  et comme  $T = v^2 \mu$ ,  $Z = \sqrt{v^2 \mu^2} = \mu v$   
C) Vrai : cf. cours  
D) Faux : En effet, on a  $Z_c = \sqrt{\frac{\Lambda}{\Gamma}}$ . Or  $v = \frac{1}{\sqrt{\Lambda \Gamma}}$ , donc  $\sqrt{\Lambda \Gamma} = \frac{1}{v}$ , càd  $\Lambda \Gamma = \frac{1}{v^2}$  et  $\Lambda = \frac{1}{\Gamma v^2}$ . Ainsi,  $Z_c = \sqrt{\frac{\Lambda}{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{\Gamma^2 v^2}} = \frac{1}{\Gamma v}$   
E) Faux

### QCM7 : Réponse B

Le rapport entre amplitude réfléchie et amplitude incidente vaut  $r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - 2Z_1}{Z_1 + 2Z_1} = \frac{-Z_1}{3Z_1} = -\frac{1}{3}$  d'où  $A_r = \frac{A_i}{3}$

- A) Faux B) Vrai C) Faux D) Faux E) Faux

### QCM8 : Réponse E

Le rapport entre amplitude transmise et amplitude incidente vaut  $t = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_A}{Z_A + Z_B} = \frac{1}{4}$  d'où  $Z_A + Z_B = 4 * 2Z_A$

Et ainsi  $Z_B = 7Z_A$  ou encore  $Z_A = \frac{Z_B}{7}$ . De plus, comme  $Z = \sqrt{T\mu}$ , on a  $\sqrt{T\mu_B} = 7\sqrt{T\mu_A}$  soit  $T\mu_B = 49T\mu_A$

D'où  $\mu_B = 49\mu_A$  et  $\mu_A = \frac{\mu_B}{49}$ .

A) Faux B) Faux C) Faux D) Faux E) Vrai

### QCM9 : Réponses A, C, D

A) Vrai : Si  $\mu_1 < \mu_2$ , comme  $Z = \sqrt{T\mu}$  on va avoir  $Z_1 < Z_2$ . Le rapport entre amplitude de l'onde réfléchie et amplitude de l'onde incidente vaut  $r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} < 0$ . On va donc avoir une réflexion partielle avec changement de signe

B) Faux : Si  $Z_1 > Z_2$ , comme  $Z = \frac{T}{v}$ ,  $v_1 < v_2$

C) Vrai : L'impédance est considérée comme nulle, donc  $r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{Z_1}{Z_1} = 1$  : ceci correspond à une réflexion totale sans changement de signe

D) Vrai : L'impédance est considérée comme infinie. La limite du rapport  $r$  quand  $Z_2$  tend vers l'infini est  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1-x}{1+x} = -1$ . On a donc réflexion totale avec changement de signe

(Démonstration pour le fun : la limite considérée est également celle de  $\frac{x(-1+\frac{1}{x})}{x(1+\frac{1}{x})}$  soit  $\frac{-1+\frac{1}{x}}{1+\frac{1}{x}}$  càd -1)

E) Faux

### QCM10 : Réponse E

La puissance moyenne transportée vaut  $P = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2$  d'où  $\omega^2 = \frac{2P}{Z A^2} = \frac{2 * 4}{0,5 * (2.10^{-2})^2} = \frac{8}{2.10^{-4}} = 4.10^4 \text{ rad}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

Enfin,  $\omega = \sqrt{4.10^4} = 200 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

A) Faux B) Faux C) Faux D) Faux E) Vrai

### QCM11 : Réponses B, C, D

A) Faux : La puissance moyenne transportée est proportionnelle au produit de l'impédance par le carré de l'amplitude

B) Vrai : On a  $\frac{P_t}{P_i} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} = \frac{4Z_1 * 2Z_1}{(Z_1 + 2Z_1)^2} = \frac{8Z_1^2}{9Z_1^2} = \frac{8}{9}$  donc la puissance transmise emporte huit neuvièmes de la puissance incidente

C) Vrai : D'après la formule de conservation de la puissance  $P_i = P_t + P_r$  d'où  $P_r = P_i - \frac{8}{9} P_t = \frac{1}{9} P_i$  donc la puissance réfléchie emporte un neuvième de la puissance incidente

D) Vrai : cf. cours

E) Faux

### QCM12 : Réponse B

La fréquence fondamentale vaut  $\nu_1 = 101 - 100 = 1 \text{ Hz}$ . Comme  $\nu_1 = \frac{c}{2L}$ , on trouve  $c = 2L\nu_1 = 2 * 1 * 1 = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

A) Faux B) Vrai C) Faux D) Faux E) Faux

### QCM13 : Réponses A, B, C

A) Vrai : cf. cours

B) Vrai : cf. cours

C) Vrai : cf. cours

D) Faux : Ce sont des micro-ondes et correspondent à des longueurs d'onde de 1 mm à 10 mm

E) Faux

### QCM14 : Réponses A, B, C, D

- A) Vrai : Un proton est chargé positivement, donc son moment magnétique sera non nul en orbite circulaire  
B) Vrai : On a  $\mu = IA = I\pi r^2$  puisque  $A$  est la surface de la boucle  
C) Vrai : En effet, le moment magnétique de l'électron vaut  $\mu = \frac{e}{2m_e}L$ . Comme  $L = n\hbar$  selon l'hypothèse de Bohr (quantique ☺), on a  $\mu = \frac{en\hbar}{2m_e} = n\mu_e$   
D) Vrai : En effet, on a un couple  $\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \wedge \vec{B}$  de valeur  $\Gamma = \mu B \sin \theta$ . Pour diminuer le couple, il faut réduire l'angle  $\theta$ , donc le couple tend à aligner le moment magnétique et le champ magnétique  
E) Faux

### QCM15 : Réponses A, B, C

- A) Vrai : cf. cours  
B) Vrai : cf. cours  
C) Vrai : En effet,  $\vec{\mu}_S = -\frac{g_e e}{2m_e} \vec{S}$  donc le spin et le moment magnétique de spin sont de sens opposés  
D) Faux : En effet,  $\vec{\mu}_S = \frac{g_p e}{2m_p} \vec{S}$  donc le spin et le moment magnétique de spin sont de même sens  
E) Faux

### QCM16 : Réponses A, B, C

- A) Vrai : cf. cours  
B) Faux : La vitesse angulaire du mouvement de précession vaut  $\omega_0 = \gamma B_0$ , aucune histoire d'angle ici  
C) Vrai : cf. cours  
D) Faux : cf. cours  
E) Faux

### QCM17 : Réponses A, B, C

- A) Vrai : En effet,  $\omega_0 = \gamma B_0 = 2\pi\nu_0$   
B) Faux : La fréquence de rotation doit être égale à la fréquence de Larmor, donc la vitesse angulaire doit être de  $\omega_0 = \gamma B_0$   
C) Faux : C'est la composante perpendiculaire à  $\vec{B}_0$  appelée  $M_{\perp}$  qui diminue en décrivant une spirale, la composante  $M_{\parallel}$  augmente jusqu'à la valeur de l'aimantation initiale  $M$   
D) Faux : Cette histoire d'émission laser est un pur délire, la population de noyaux d'état d'énergie élevée va augmenter en raison de l'absorption d'énergie correspondant exactement à la différence entre deux états d'énergie  $\Delta E = h\nu_0$   
E) Faux

### QCM18 : Réponses A, B, C

- A) Faux : Cela correspond au ré-alignement de  $\vec{M}$  le long de  $\vec{B}_0$   
B) Vrai : Au bout de  $T_1$ ,  $M_{\parallel} = e^{-1}M_{\parallel}^{(0)} \approx 0,63M_{\parallel}^{(0)}$   
C) Faux : Au cours de la relaxation la composante perpendiculaire à  $\vec{B}_0$  diminue  
D) Vrai : Maintenant c'est à vous de jouer et de tout défoncer au concours ! ☺  
E) Faux