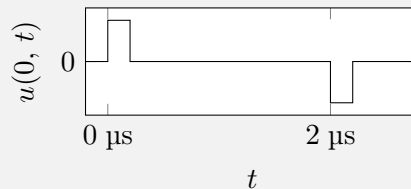


Les questions marquées « QCM » sont extraites du QCM du test de présélection. Tous les sujets du test, QCM et autres exercices, sont disponibles sur le site de *Sciences à l'École* : <https://www.sciencesalecole.org/iphon-annales-test-national/>.

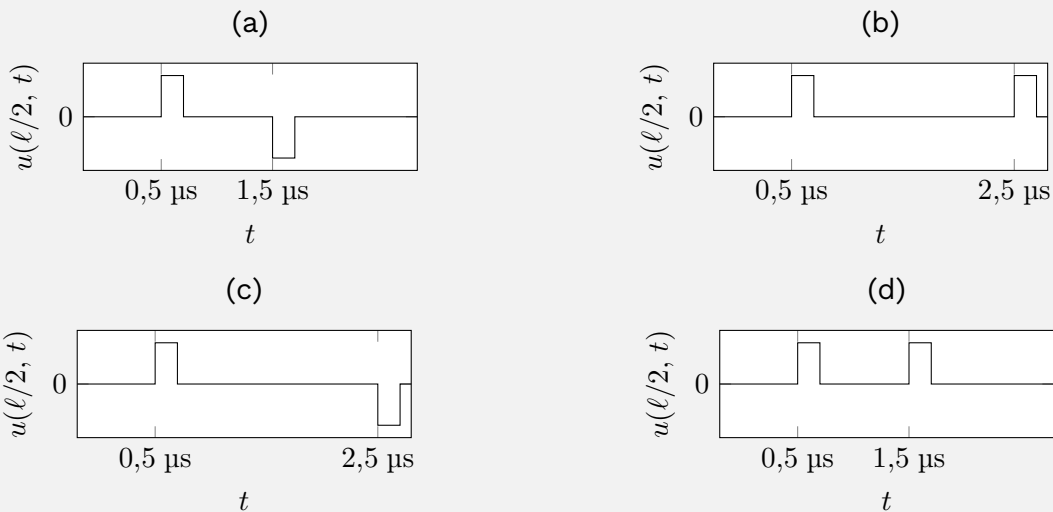
1 Propagation d'une onde

Exercice 1 : Propagation dans un câble (QCM 2016)

Un câble coaxial peut être le siège de la propagation d'un signal de tension électrique. On envoie une impulsion unique de tension très courte dans un câble de longueur ℓ . Un oscilloscope placé immédiatement en entrée du câble affiche le signal de tension $u(0, t)$ de la figure ci-dessous.



Quel signal $u(\ell/2, t)$ aurait-il affiché si'il avait été placé au milieu du câble ?



Indice : Faire un schéma : une seule impulsion est envoyée : d'où vient l'autre ?

Une variante de cet exercice est incluse dans le problème du test 2019 (partie D), qui nécessite aussi des connaissances en circuits électriques. Une autre question dans le genre se trouve en Q14 du QCM 2022.

L'exercice suivant est assez difficile.

Exercice 2 : Bang sonique (QCM 2016)

Un avion de chasse vole horizontalement à la vitesse de Mach 1,5 (510 m s^{-1}), à une altitude de 1000 m. À l'instant $t = 0$, il passe à la verticale d'un observateur. À quel instant l'observateur entend-il le bang sonique ?

- (a) $t = 2,2 \text{ s}$ (b) $t = 2,9 \text{ s}$ (c) $t = 3,1 \text{ s}$ (d) $t = 3,8 \text{ s}$

Indice : Dessiner les ondes sonores émises par l'avion au cours du temps.

D'autres exercices sur la propagation des ondes sont proposés en Q2 du QCM 2024 et en partie D du test 2018.

2 Effet Doppler

Exercice 3 : Preuve de la formule de l'effet Doppler

Dans le cours est donnée une preuve concise de la formule de l'effet Doppler, qui est adaptée pour retrouver rapidement la formule mais qui n'est pas la démonstration habituelle. C'est un bon exercice de se confronter à cette dernière.

On considère le cas d'un émetteur mobile se rapprochant à la vitesse v d'un récepteur fixe. La célérité des ondes est c .

L'émetteur envoie une onde à la fréquence $f_{\text{ém}}$, dont un maximum est émis à l'instant t_1 et le maximum suivant à l'instant t_2 . Le premier maximum est reçu par l'observateur à l'instant t_3 , et le second à l'instant t_4 . En $t = t_1$, la distance entre l'émetteur et l'observateur vaut D .

1. Relier t_1 , t_2 et $f_{\text{ém}}$. Relier t_3 , t_4 et $f_{\text{reç}}$.
2. Relier t_1 et t_3 , puis t_2 et t_4 .
3. En déduire une relation entre $f_{\text{reç}}$ et $f_{\text{ém}}$. Comparer à celle du cours.

Indices : Toujours faire un schéma ; 1) Définition d'une fréquence γ Quelle distance sépare émetteur et récepteur en t_1 ? En t_3 ? 3) Éliminer D des relations précédentes.

Exercice 4 : Ouragan (QCM 2017)

Une sirène, qui émet un son à la fréquence de 1100 Hz, se déclenche quand un violent ouragan fait rage. La vitesse des vents est alors de 50 m s^{-1} . Un observateur est situé à 1 km de la source sonore et le vent est orienté de la sirène vers l'observateur. Sachant que la vitesse du son dans l'air est de 330 m s^{-1} , quelle est approximativement la fréquence du son perçu par l'observateur ? On suppose que l'air est un milieu non dispersif.

- (a) 1100 Hz (b) 1270 Hz (c) 930 Hz (d) 1500 Hz

Indice : La formule $c \approx 330 \text{ m s}^{-1}$ est valable dans un référentiel où l'air est au repos.

L'exercice précédent a aussi été inclus dans le QCM 2022. On trouve un autre exercice sur l'effet Doppler en Q18 du QCM 2015. Il intervient aussi dans la partie C du test de 2019.

Exercice 5 : Tours de stade

Une source sonore émettant à fréquence constante se déplace le long d'un cercle, à vitesse constante. Un observateur éloigné entend une note qui fluctue en hauteur dans un intervalle de 20 Hz, une fois par seconde. Si la vitesse de rotation de la source est doublée, alors l'intervalle dans lequel fluctue la note :

- (a) est supérieur à 20 Hz, une fois par seconde
- (b) est de 20 Hz, deux fois par seconde
- (c) est inférieur à 20 Hz, une fois toutes les deux secondes
- (d) est supérieur à 20 Hz, deux fois par seconde

Source

Indice : Le décalage Doppler est d'autant plus important que la vitesse est grande.

3 Interférences

Exercice 6 : Modification des interférences (QCM 2019)

On considère deux haut-parleurs identiques et alimentés par un même générateur, délivrant un signal sinusoïdal. Les deux haut-parleurs sont côte à côte et proches l'un de l'autre et on observe autour des hauts parleurs des zones d'intensité sonore élevée et faible.

Quelle action ne changerait pas la position de ces zones ?

- (a) Modifier la fréquence du signal
- (b) Déplacer l'un des haut-parleurs
- (c) Modifier la tension du signal
- (d) Remplacer l'air environnant par de l'hélium

Indice : Ces zones sont des nœuds et des ventres.

Leur position est déterminée par l'ordre d'interférence $b = \lambda \gamma$, $\gamma = \sin \Delta$.

Exercice 7 : Problème de contraste (QCM 2025)

On réalise une expérience avec deux fentes d'Young éclairées uniformément par un laser. On observe la figure d'interférences. Puis, on opacifie l'une des deux fentes, de telle sorte que seule la moitié de l'intensité lumineuse incidente est transmise par cette fente. L'autre fente est inchangée. Que pouvez-vous conclure ?

- (a) On n'observe plus de figure d'interférences.
- (b) Les franges sombres le restent et les franges brillantes s'assombrissent.
- (c) Les franges sombres sont plus brillantes et les franges brillantes s'assombrissent.
- (d) La figure d'interférences est inchangée.

Indice : Une fente sombre est due à la parfaite annulation entre deux ondes opposées.

Exercice 8 : Fentes d'Young avec deux couleurs

On éclaire un montage d'interférences d'Young avec de la lumière contenant deux longueurs d'onde distinctes. La frange brillante de dixième ordre pour la lumière de longueur d'onde 560 nm chevauche la frange sombre de neuvième ordre de l'autre longueur d'onde. Trouvez l'autre longueur d'onde.

Source

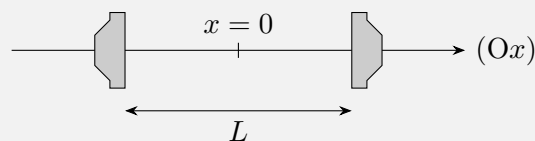
Indice : Chaque γ interfère indépendamment. L'ordre d'interférence vaut $\nu \approx \theta \lambda / \gamma$.

La question 2 du QCM 2016 porte sur les interférences aussi. Quelques problèmes plus longs sur les interférences : la partie C du test 2018, la partie D du test 2021, la partie D du test 2022.

4 Ondes stationnaires

Exercice 9 : Stereo (QCM 2023)

On considère deux haut-parleurs alimentés par un même générateur, qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence $f = 40 \text{ Hz}$. Ces deux haut-parleurs sont placés face à face, le long d'un axe (Ox) , à une distance L l'un de l'autre. L'origine du repère est située à égale distance des deux haut-parleurs. On déplace un microphone le long de l'axe (Ox) .



On observe des minima d'amplitude. Déterminer leurs abscisses x_m en fonction de la longueur d'onde λ du signal, en notant m un entier tel que $-L/2 \leq x_m \leq L/2$.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| (a) $x_m = (2m + 1)\lambda/4$ | (c) $x_m = (2m + 1)\lambda$ |
| (b) $x_m = (2m + 1)\lambda/2$ | (d) $x_m = m\lambda/2$ |

Indice : Faire un dessin à λ représenter la forme de l'onde stationnaire.

Exercice 10 : Flute

On considère une flute à bec idéalisée constituée d'un tube donc une extrémité est fermée (c'est un nœud) et l'autre ouverte (c'est un ventre). Le long de la flute est présent un trou, que le musicien peut boucher avec son doigt.

- Quelles sont les longueurs d'ondes des modes propres lorsque le trou est bouché ? Lorsqu'il est débouché ?
- Le son émis sera-t-il plus grave ou plus aigu une fois le trou bouché ?

Indice : 1) Un trou débouché \approx extrémité ouverte = un ventre. Faire un schéma de l'onde.

5) C'est la fréquence fondamentale, la plus basse, qui est émise principalement.

5 Battements

Exercice 11 : Fréquence des battements

On se propose de montrer la formule de la fréquence des battements. Les deux signaux qui se superposent sont respectivement $u_1(t) = A \sin(2\pi f_1 t)$ et $u_2(t) = A \sin(2\pi f_2 t)$. On rappelle les formules trigonométriques d'addition :

$$\sin(x + y) = \sin(x) \cos(y) + \cos(x) \sin(y), \quad \cos(x + y) = \cos(x) \cos(y) - \sin(x) \sin(y).$$

1. À partir des formules d'addition, montrer que $u_1(t) + u_2(t) = 2A \cos(\pi(f_1 - f_2)t) \sin(\pi(f_1 + f_2)t)$. Tracer cette fonction quand $|f_1 - f_2| \ll f_1$.
2. Cette fonction ressemble à un sinus rapide, $\sin(\pi(f_1 + f_2)t)$, dont l'amplitude est modulée lentement selon $A(t) = 2A|\cos(\pi(f_1 - f_2)t)|$. Expliquer que la fréquence perçue des battements est $|f_1 - f_2|$.

Indices : 1) Trouver x et y tels que $x + y = 2\pi f_1 t$ et $x - y = 2\pi f_2 t$.

2) La fréquence de $\cos(\pi(f_1 - f_2)t)$ est $|f_1 - f_2|$ mais il y a la valeur absolue !

L'exercice suivant est la base de la plupart des exercices sur les battements. Il est très similaire à la Q10 du QCM 2019.

Exercice 12 : Chef d'orchestre (QCM 2015)

Un chef d'orchestre est situé entre deux instruments qui doivent produire un La₃ ($f = 440$ Hz). Le premier musicien joue un La de fréquence $f_1 = 439$ Hz et le deuxième $f_2 = 443$ Hz. Quelle est la fréquence des battements que le chef d'orchestre entend ?

- (a) 441 Hz (b) 2 Hz (c) 1,5 Hz (d) 4 Hz

Indice : Formule du cours : « Fréq. des battements » = fréq. de l'enveloppe = $|f_2 - f_1|$.

Exercice 13 : Train (QCM 2016)

Un petit train électrique se dirige en ligne droite à vitesse constante v vers un émetteur/-récepteur d'ultrasons, de fréquence f et de célérité c . Que peut-on dire des battements obtenus par superposition du signal émis et du signal reçu après réflexion sur le train ?

- (a) La fréquence des battements est $2fv/c$ et la fréquence de la porteuse est légèrement supérieure à f .
- (b) La fréquence des battements est fv/c et la fréquence de la porteuse est légèrement supérieure à f .
- (c) La fréquence des battements est $2fv/c$ et la fréquence de la porteuse est légèrement inférieure à f .
- (d) La fréquence des battements est fv/c et la fréquence de la porteuse est légèrement inférieure à f .

Indice : Réflexion sur le train = réception par le train λ puis émission par le train λ .

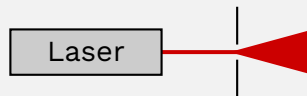
Pour une question supplémentaire sur les battements, on pourra regarder la Q10 du QCM 2021.

L'exercice 3 du test 2015 fait intervenir des ondes stationnaires, l'effet Doppler et les battements.

6 Diffraction

Exercice 14 : Diffraction subaquatique ? (QCM 2017)

Un faisceau laser est diffracté par une fente. Le dispositif diffractant peut être placé dans l'air ($n = 1$) ou dans l'eau ($n = 1,33$). Quelle affirmation suivante est correcte ?



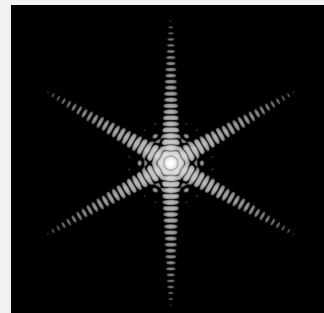
- | | |
|--|--|
| (a) La figure de diffraction est identique dans l'air et dans l'eau. | (c) La figure de diffraction est plus large dans l'eau que dans l'air. |
| (b) La figure de diffraction est plus large dans l'air que dans l'eau. | (d) On n'observe pas de phénomène de diffraction dans l'eau. |

Indice : Dans les deux cas, la fréquence est fixée et la formule $\theta^1 \approx \lambda / a$ reste vraie.

Exercice 15 : Diffraction par un objet inconnu (QCM 2021)

On considère la figure de diffraction suivante, obtenue à partir d'un objet inconnu. Quelle est la forme géométrique de cette fente ?

- | | |
|--------------|--------------|
| (a) Triangle | (c) Hexagone |
| (b) Étoile | (d) Octogone |



Indice : Réfléchir à partir des symétries de la figure de diffraction.

Exercice 16 : Distance entre fente et écran (QCM 2024)

En éclairant une fente de 1,0 mm de large par un laser rouge, on observe sur un écran la figure suivante. À quelle distance de la fente est approximativement placé l'écran ?



- (a) 1 m (b) 0,5 m (c) 8 m (d) 12 m

Indice : On connaît λ_{longe} et $\theta^I \approx \lambda/a$. Comment relier la distance sur l'écran à θ^I ?

La diffraction est aussi présente dans des problèmes du test de présélection : en 2015 dans l'exercice 1 et en 2019 dans l'exercice 1.