

CONCOURS 2026

PARCOURS CONCEPTION SON

Admissibilité 2 : Epreuve écrite de physique

Durée : 2h00 – coefficient 1

23 avril 2026 – 14h00 à 16h00

Sujet :

Le présent sujet comporte 5 pages. Assurez-vous que cet exemplaire soit complet. S'il est incomplet, demandez un nouvel exemplaire au surveillant de salle.

Le sujet est composé de sept exercices indépendants. Les candidat-e-s peuvent traiter les questions dans l'ordre de leur choix, à condition de l'indiquer clairement dans la copie.

Notation :

La note de la copie sera donnée sur 20.

La clarté et la précision de la rédaction seront prises en compte dans l'appréciation de la copie.

Consignes :

- Aucun document, à part le sujet lui-même, n'est autorisé.
- Aucun appareil électronique est permis, **à part une calculatrice en mode examen.**

Il est interdit aux candidat-e-s de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Exercice 1 : Niveau de pression sonore (2 pts)

Rappels

- Intensité acoustique

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

P : puissance acoustique (Watt, noté W)

d : distance à la source (mètre, noté m)

I : intensité acoustique (W/m^2)

- Niveau d'intensité acoustique

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

L : niveau d'intensité acoustique (dB), où $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

En champ libre, le niveau de pression sonore est équivalent au niveau d'intensité acoustique.

Q1. Une enceinte de scène rayonne une puissance acoustique $P = 8 \text{ W}$ de façon omnidirectionnelle.

Quel est le niveau de pression sonore en dB SPL à une distance $d = 12 \text{ m}$ de l'enceinte, en ne considérant que le champ direct.

Q2. Quel niveau sonore percevra un·e spectateur·ice placé·e à 24 m ? Justifier.

Exercice 2 : Longueur d'onde (4 pts)

Q1. Définir la relation entre la fréquence F , la longueur d'onde λ et la célérité C d'un son.

Q2. La célérité du son varie avec la température. Quelle est la conséquence sur la longueur d'onde si la température ambiante diminue ?

Q3. Deux haut-parleurs, éloigné d'une distance d , diffusent un même signal sinusoïdal en phase.

- a) Décrire le phénomène d'interférence et établir les conditions d'interférences constructive et destructive.
- b) Pour la fréquence $F = 100 \text{ Hz}$, à 20°C , déterminer la distance minimale $d_{\min}$ entre deux points d'annulation.

Exercice 3 : Enveloppe ADSR (2 pts)

On applique une enveloppe ADSR (Attack – Decay – Sustain – Release) à l'amplitude $A(t)$ d'une matière sonore stéréo :

Attack : $t_a = 20$ ms, montée linéaire de 0 à $A_{\max}$

Decay : $t_d = 50$ ms, descente linéaire de $A_{\max}$ à A_s

Sustain : $A_s = 0,7 \times A_{\max}$, maintenu pendant 1s

Release : $t_r = 80$ ms, descente linéaire de A_s à 0

Q1. Calculer le nombre d'échantillons correspondant à chaque phase (Attack, Decay, Sustain, Release) pour une fréquence d'échantillonnage $F_e = 48\,000$ Hz.

Q2. Déterminez l'amplitude $A(t)$ du signal, au temps $t = 1110$ ms à partir du déclenchement de cette enveloppe.

Exercice 4 : Fréquence (3 pts)

Q1. Les bandes rugueuses, placées sur la bande d'arrêt d'urgence ou sur certaines portions de route, sont des dispositifs de sécurité destinés à alerter les conducteur·ice·s. Lorsqu'un véhicule roule dessus, les rainures espacées régulièrement font subir aux pneus des vibrations périodiques qui génèrent un signal sonore.

Calculer l'espacement entre les rainures afin de produire une fréquence autour de 150 Hz lorsqu'un véhicule roule à 110 km/h.

Q2. L'effet Doppler est le phénomène par lequel la fréquence d'une onde perçue par un·e observateur·ice change lorsque la source de l'onde et l'observateur·ice sont en mouvement relatif l'un·e par rapport à l'autre.

Si l'observateur·ice se rapproche de la source, alors la fréquence perçue F_p augmente.

Si l'observateur·ice s'éloigne de la source, alors la fréquence perçue F_p diminue.

Soit une source sonore émettant une onde de fréquence $F_0 = 1\,200$ Hz, à une température ambiante de 20°C. Un·e observateur·ice se déplace vers cette source à la vitesse $v = 72$ km/h.

Calculer la fréquence perçue F_p par l'observateur·ice.

Q3. Soit un circuit constitué d'une résistance R et d'un condensateur C montés en série, alimenté par une tension sinusoïdale : $u_e(t) = U_0 \cos(\omega t)$.

On s'intéresse à la tension de sortie $u_s(t)$ aux bornes du condensateur.

Calculer la fréquence de coupure F_c pour $R = 1\text{ k}\Omega$ et $C = 100\text{ nF}$.

Exercice 5 : Conversion analogique-numérique (2 pts)

Q1. Un son pur de fréquence $F = 16\,625$ Hz est-il correctement échantillonné à une fréquence $F_e = 48\,000$ Hz ? Justifier.

- a) Que se passerait-il si on échantillonnait ce signal à $F_e = 25\,000$ Hz ?
- b) Quel serait alors la valeur de la fréquence « fantôme » F_{alias} ?

Q2. On désire enregistrer un spectacle d'une durée de 1h 45 min en stéréo. L'appareil enregistreur est réglé pour enregistrer à une résolution de 24 bits et une fréquence d'échantillonnage de 48 000 Hz.

Calculer la taille du fichier AIFF produits par cet enregistrement (1 Mo = 10^6 octets).

Exercice 6 : traitement algorithmique (2 pts)

Q1. Soit le pseudo-code suivant :

```
Entrée : signal S de longueur N echantillons
Pour i de 1 à N-1 :
    S[i] = (S[i] + S[i-1]) / 2
Fin Pour
```

- a) Quel est l'effet de cet algorithme sur un signal audio numérique ?
- b) Ce traitement algorithmique peut-il être appliqué en temps réel ? Justifier.

Q2. On souhaite détecter automatiquement si l'amplitude d'un signal dépasse un seuil, en utilisant le pseudo-code suivant :

```
Entrée : signal S d'amplitude A
Si A > seuil :
    sonner alerte
Sinon :
    ne rien faire
```

Pour éviter des déclenchements intempestifs, proposer une amélioration de ce pseudo-code en introduisant une hystérésis.

Exercice 7 : auditorium (5 pts)

Le temps de réverbération d'un auditorium de dimensions 25 x 16x 6 m est de 1,8 s. Une source sonore de puissance constante y maintient un niveau de pression de 72 dB SPL.

Q1. Calculer le niveau de puissance de la source ?

Pour cela on donne :

- I_r (intensité du champ réverbéré) = E (puissance de la source en Watt) / A (absorption globale de la salle en m^2)

- $I_r = p^2 / 4\rho_0 c$ avec ρ_0 = masse volumique de l'air : 1,23 kg/m³

Et c = célérité de l'air : 340 m/s

- $RT60$ (temps de réverbération de la salle) = 0,16. V/A avec V est le volume de la salle en m^3

Et A est l'absorption globale de la salle en m^2

Q2. Quel est le coefficient moyen de la salle ?

Pour cela on donne :

$A = \alpha S$ où α est le coefficient d'absorption moyen de type Sabine et S la surface totale interne de la salle

Q3. Sachant, qu'en moyenne, chaque spectateur·ice introduit une absorption de 0,5 m^2 , évaluer l'incidence de la présence de 400 spectateur·ice·s occupant environ la moitié de la surface au sol de la salle :

- a) Sur le temps de réverbération
- b) Sur le niveau d'intensité de la salle