A. Questions

1. Le son ne peut pas se propager dans le vide car le vide n'est pas déformable. Il s'agit en effet d'une onde mécanique, c'est-à-dire de la propagation d'une déformation d'un milieu matériel.

2. La célérité du son dans l'air est d'environ 340 m/s.

3. Le son est une onde longitudinale car la déformation du milieu a lieu parallèlement à la propagation de l'onde.
Il existe des ondes mécaniques transversales, c'est-à-dire, pour lesquelles la déformation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. Une oscillation le long d'une corde en est un exemple.

4. La pression atmosphérique est de l'ordre de 1'000 mbar, c'est à dire 10^5 Pa. La pression acoustique au seuil d'audition (notée P_0) est $20 \cdot 10^{-6}$ Pa ; d'où le rapport suivant :

$$P_0/P_{\text{atm}} = 20 \cdot 10^{-6}/1 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{-10} \Rightarrow P_0 \ll P_{\text{atm}}$$

Au seuil dolosif (P_{dol}), le rapport est de :

$$P_{\text{dol}}/P_{\text{atm}} = 20/1 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow P_{\text{dol}} \ll P_{\text{atm}}$$

5. On arrive au résultat en utilisant les définitions de [N], [J] et [W] et en décomposant l'un des termes p :

$$[\mathrm{N}] = \left[\frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s}^2}\right] [\mathrm{J}] = [\mathrm{N \cdot m}] [\mathrm{W}] = \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}\right]$$

$$\left[\frac{p^2}{\rho \cdot c}\right] = \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} \cdot \frac{\mathrm{N/m^2}}{\mathrm{kg/m^3 \cdot m/s}}\right] = \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} \cdot \frac{\mathrm{kg \cdot m \cdot m^3 \cdot s}}{\mathrm{s^2 \cdot m^2 \cdot kg \cdot m}}\right] = \left[\frac{\mathrm{N \cdot m}}{\mathrm{s \cdot m^2}}\right] = \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s \cdot m^2}}\right] = \left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\right]$$

B. Problèmes

<u>Problème 1 :</u>

La vitesse du son dans un gaz est donnée par : $c = (\gamma \cdot p/\rho)^{1/2}$
On calcule ρ à l'aide de la loi des gaz parfaits (cf. cours chapitre 2) :

$$\rho = (p \cdot M)/(R \cdot T)$$

En remplaçant ρ dans la première expression, on obtient : $c = (\gamma \cdot R \cdot T/M)^{1/2}$

Pour l'hélium, on a : γ = 1,67 (gaz monoatomique) et $M_{He} = 4{,}0026 \cdot 10^{-3}$ kg/mole.
Connaissant la constante des gaz parfaits R = 8,317 J/mole · K (cf. cours chapitre 2) et T = 273,15 + 24 °C (donnée de l'énoncé), on trouve : c = 1'015,45 m/s.

Problème 2 :

D'après l'annexe du cours (A 0.4), on sait que 1 μbar = 0,1 Pa.
Donc $p = 4 \cdot 10^{-3}$ μbar $= 4 \cdot 10^{-4}$ Pa. On calcule l'intensité à partir de la formule :

$$I = p^2/(\rho \cdot c)$$

où ρ = masse volumique de l'air = 1,22 kg/m^3 et c = vitesse du son dans l'air = 340 m/s. L'application numérique donne :

$$I = 3.9 \cdot 10^{-10} \mathrm{W/m^2}$$

Contrôle des unités :

$$p^2/(\rho \cdot c) \equiv [\mathrm{N/m^2}] \cdot [\mathrm{N/m^2}] \cdot [\mathrm{m^3/kg}] \cdot [\mathrm{s/m}] = [\mathrm{N \cdot m}]/[\mathrm{m^2 \cdot s}] = [\mathrm{W/m^2}]$$

Afin de trouver la pression acoustique associée à une intensité sonore connue, il suffit d'isoler p dans l'équation ci-dessus, et on obtient : $p = \sqrt{I \cdot \rho \cdot c}$.

Les calculs donnent :

- avec $1 \cdot 10^{-6}$ W/m^2 : $p = 2.037 \cdot 10^{-2}$ [Pa]
- avec $2 \cdot 10^{-6}$ W/m^2 : $p = 2.880 \cdot 10^{-2}$ [Pa]
- avec $4 \cdot 10^{-6}$ W/m^2 : $p = 4.073 \cdot 10^{-2}$ [Pa]
- avec $1 \cdot 10^{-5}$ W/m^2 : $p = 6.440 \cdot 10^{-2}$ [Pa]

On constate qu'un doublement de la pression acoustique occasionne un quadruplement de l'intensité associée.