Exercice 1 : Pas de dissipation donc $I = \dfrac{P}{S}$, c.f. cours.

Pour une sphère, $S = 4\pi \cdot r^2$, donc $I = \dfrac{P}{S} = \dfrac{P}{4\pi \cdot r^2}$ => I est proportionnelle à $\dfrac{1}{r^2}$.

Exercice 2 : S = 0,050 [m²], P = 1,0 [W].

a) L'intensité sonore vaut : $I = \dfrac{P}{S} = \dfrac{1{,}0\,[W]}{0{,}05\,[m^2]} = 20\left[\dfrac{W}{m^2}\right]$.

b) S'il n'y a pas de dissipation, la puissance est conservée, donc $P_2 = P$.

$S_2 = \dfrac{P_2}{I_2} = \dfrac{P}{0{,}1\,[W/m^2]} = \dfrac{1{,}0\,[W]}{0{,}1\,[W/m^2]} = 10\,[m^2]$. La surface d'une sphère vaut : $S = 4\pi \cdot r^2$.

On a un hémisphère, soit une demi-sphère, donc $10\,[m^2] = 2\,\pi\, r_2^2$,

donc $r_2 = \sqrt{\dfrac{10}{2\pi}} = 1{,}26\,[m]$ est la distance cherchée.

Exercice 3 : I = 700 [W/m²]

a) $P = I \cdot S = 700 \cdot 4\pi \cdot (1{,}50 \cdot 10^{11})^2 = 2{,}0 \cdot 10^{26}$ [W] est l'estimation de la puissance émise sous forme de rayonnement électromagnétique du Soleil.

b) Selon la table CRM page 194 : $P_{Soleil} = 3{,}85 \cdot 10^{26}$ [W] qui est plus grand que notre estimation ! I = 700 [W/m²] est la valeur moyenne au niveau du sol. Une partie importante de l'énergie est absorbée par l'atmosphère.

c) $P_{lumineuse} = 8\% \cdot 150 = 12$ [W].

$P = I \cdot S = I \cdot 4\,\pi\, r^2$ => $r = \sqrt{\dfrac{P}{4\pi \cdot I}} = \sqrt{\dfrac{12}{4\pi \cdot 700}} = 3{,}7 \cdot 10^{-2}\,[m] = 3{,}7\,[cm]$. Ce calcul montre la très grande intensité lumiseuse du Soleil, comparée à celle d'une lampe.

Exercice 4 : β_{min} = 0 [dB] ; β_{max} = 120 [dB] ; ρ_{air} = 1,29 [kg/m³] et V = 343 [m/s].

$I = \dfrac{p_o^2}{\rho \cdot V}$, donc $p_0 = \sqrt{\rho \cdot V \cdot I}$

a) Pour β_{min} = 0 [dB], $I_{min} = 1{,}0 \times 10^{-12}$ [W/m²], donc

$p_o = \sqrt{1{,}29 \cdot 343 \cdot 1 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-12}} = 2{,}10 \times 10^{-5}$ [Pa], proche de la valeur donnée dans le tableau de la théorie.

b) Pour β_{max} = 120 [dB], I_{max} = 1,0 [W/m²], donc

$p_o = \sqrt{1{,}29 \cdot 343 \cdot 1 \cdot 1{,}0} = 21$ [Pa], proche de la valeur donnée dans le tableau de la théorie.

Comparons à la pression atmosphérique. $p_{atmosphérique} = 1{,}0\,[bar] = 1{,}0 \cdot 10^5$ [Pa].

Donc la variation de pression de 21 [Pa] correspond à $2{,}1 \times 10^{-4} \times P_{atmosphérique}$.

On sait aussi que $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$. Pour $\rho = 1{,}29\,[kg/m^3]$ et $\Delta p = 21\,[Pa]$,

cela donne : $\Delta h = 1{,}66\,[m]$. Notre oreille est très sensible aux variations de pression si elles sont à des fréquences comprises entre 20 et 20'000 herz !

Exercice 5 : $\beta_{Prof} = 60$ [dB] et $\beta_{Élève} = 40$ [dB]

L'intensité sonore émise par le prof vaut : $I_{Prof} = I_o \cdot 10^{\frac{\beta_{Prof}}{10}} = 1{,}0 \cdot 10^{-12} \cdot 10^6 = 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ [W/m^2]$

L'intensité sonore émise par un élève vaut : $I_{Élève} = I_o \cdot 10^{\frac{\beta_{Prof}}{10}} = 1{,}0 \cdot 10^{-12} \cdot 10^4 = 1{,}0 \cdot 10^{-8}\ [W/m^2]$

Elle est 100 fois plus faible que celle du prof, il faut donc environ 100 élèves pour couvrir la voix du prof. Une réponse plus précise dépendrait de la position où l'on se place et de ce que signifie „couvrir la voix du prof.“.

Exercice 6 : $r_1 = 5{,}0$ [m] ; P = 1,5 [W], pas d'amortissement et un hémisphère (=une demi-sphère).

a) L'intensité diminue de moitié, donc $I_2 = 0{,}5 \cdot I_1$ $\Delta r = ?$

$$I = \frac{P}{S} \text{ et } P_2 = P_1, \text{ donc } S_2 = \frac{P_2}{I_2} = \frac{P_1}{I_2} = \frac{I_1 \cdot S_1}{I_2} = \frac{S_1}{0{,}5}.$$

En terme de rayon, cela donne : $r_2^2 = r_1^2 \cdot 2$, donc $r_2 = \sqrt{(2)} \cdot r_1 = 7{,}07\ [m]$.

Il faut s'éloigner de 7,07 – 5,0 = 2,07 mètres.
L'intensité sonore en [W/m²] a diminué de moitié.

En décibels, elle a diminué de $10 \cdot \log(2) = 3{,}01$ décibels.

Il est connu en électronique et en acoustique qu'une diminution de 3 décibels correspond à diviser par 2 l'intensité sonore.
Chaque fois que l'on multiplie la distance par 2, l'intensité sonore diminue d'environ 6 [dB].
(6 [dB] car la distance intervient au carré. Doubler la distance quadruple la surface. $10 \times \log(4) = 6$)

b) L'intensité sonore du son à 5,0 mètres de la source qui émet le son avec une puissance de 1,5 [W] vaut : $I(5{,}0\ [m]) = \frac{P}{S} = \frac{1{,}5}{2 \cdot \pi \cdot 5{,}0^2} = 0{,}00955 \left[\frac{W}{m^2}\right]$.

On a supposé que l'émission est uniforme sur un hémisphère de 5,0 mètres de rayon. $S = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2$.

En decibels, cela donne : $\beta = 10 \cdot \log\left(\frac{I(5{,}0\ [m])}{I_0}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{0{,}00955}{10^{-12}}\right) = 99{,}8\ [dB]$.

En prenant la moitié des décibles, $\beta_2 = \beta_1/2 = 49{,}9$ [dB] donc

$$I_2 = 10^{-12} \cdot 10^{4{,}99} = 9{,}88 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2}\right].$$

La surface S_2 sur laquelle se trouve cette intensité vaut : $S = \frac{P}{I} = \frac{1{,}5}{9{,}88 \cdot 10^{-8}} = 1{,}52 \cdot 10^7\ [m^2]$.

Cela correspond à un rayon de $r_2 = \sqrt{\frac{S_2}{2\pi}} = \sqrt{\frac{1{,}52 \cdot 10^7}{2\pi}} = 1'560[m] = 1{,}56[km]$.

Cela n'a pas trop de sens de diviser les décibels par 2, mais à 1,5 [km] de distance on entendrait encore nettement le son émis.
L'hypothèse qu'il n'a y pas de dissipation d'énergie n'est probablement pas réaliste.