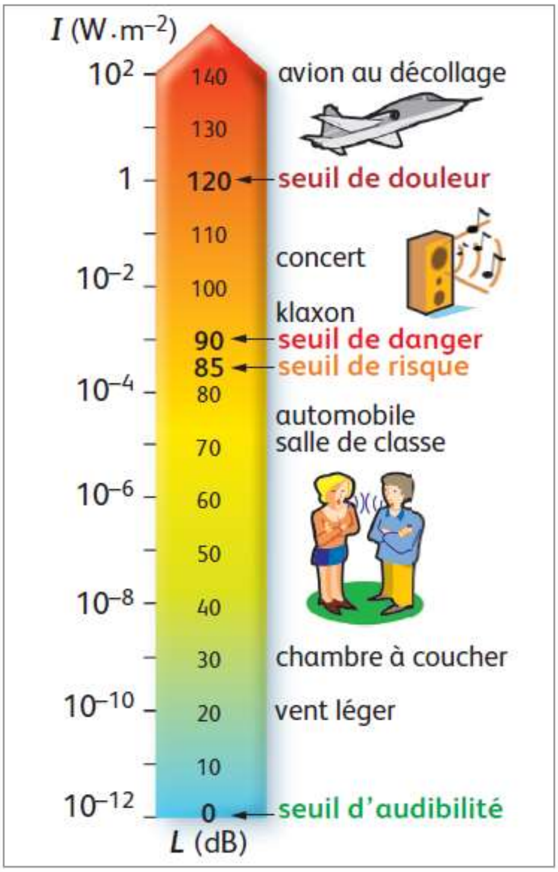
Niveau d'intensité sonore

- L'intensité sonore I est liée à l'amplitude de la vibration sonore perçue.
  Elle dépend de l'énergie transmise par l'onde sonore au récepteur et se mesure en $J.s^{-1}.m^{-2}$
  Elle correspond à l'énergie sonore (en Joules) que reçoit chaque seconde, 1 mètre carré de surface.

  Pour l'oreille humaine (pour un son $f = 1000\ Hz$)
  Le seuil d'audibilité est : $I_0 = 10^{-12}$ J.s^{-1}.m^{-2}
  Le seuil de douleur est : $I_{douleur} = 1$ J.s^{-1}.m^{-2}



- Le niveau d'intensité sonore L caractérise la sensation d'audibilité. Il se mesure en décibel (dB).

  On le calcule en utilisant la formule :
  $$L = 10 \times Log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$
  où Log désigne la fonction « logarithme décimal » de la calculette.

- Quelques propriétés mathématiques de la fonction logarithme décimal :
  $Log(10^x) = x$
  $Log\ (a \times b) = Log\ (a) + Log\ (b)$

Questions :

1. Seuil de douleur
   Calculer l'énergie sonore reçue chaque seconde par une surface $S = 1{,}0\ m^2$ pour un son correspondant au seuil de douleur.
   $P = I \times S$ A.N. $P = 1 \times 1 = 1\ J.s^{-1}$
   Chaque seconde, la surface reçoit une énergie de $6{,}0 \times 10^{-5}\ J$

2. Montrer que :

a. Lorsque $I_0 = 10^{-12} J.s^{-1}.m^{-2}$, $L = 0\ dB$
$$L = 10 \times Log\left(\frac{I_0}{I_0}\right) = 10 \times Log(1) = 10 \times Log\ (10^0) = 0\ dB$$

b. Calculer le niveau d'intensité sonore du seuil de douleur et comparer à la valeur donnée sur le document.
$$L_{douleur} = 10 \times Log\left(\frac{I_{douleur}}{I_0}\right) = 10 \times Log\left(\frac{1}{10^{-12}}\right) = 10 \times Log(10^{12}) = 10 \times 10 = 120\ dB$$
On retrouve bien le seuil de douleur annoncé.

c. Lorsque I double, L augmente de 3 dB.
soit $L_1 = 10 \times Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_1.
soit $L_2 = 10 \times Log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_2.
Si $I_2 = 2I_1$, on peut écrire :

$$L_2 = 10 \times Log\left(\frac{2I_1}{I_0}\right) = 10 \times \left(Log(2) + Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\right) = 10 \times Log(2) + L_1 = L_1 + 10 \times 0{,}3$$

$$L_2 = L_1 + 3$$

L'intensité sonore augmente bien de 3 dB.

d. Lorsque I est multipliée par 10, L augmente de 10 dB
soit $L_1 = 10 \times Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_1.
soit $L_{10} = 10 \times Log\left(\frac{I_{10}}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_{10}.
Si $I_{10} = 10I_1$, on peut écrire :

$$L_2 = 10 \times Log\left(\frac{10I_1}{I_0}\right) = 10 \times \left(Log(10) + Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\right) = 10 \times Log(10) + L_1 = L_1 + 10 \times$$

$$L_2 = L_1 + 10$$

L'intensité sonore augmente bien de 10 dB

e. Lorsque I est multiplié par 10^n, L augmente de $n \times 10$ dB
soit $L_1 = 10 \times Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_1.
soit $L_n = 10 \times Log\left(\frac{I_n}{I_0}\right)$ le niveau d'intensité sonore d'un son d'intensité sonore I_n.
Si $I_n = 10^n \times I_1$, on peut écrire :

$$L_2 = 10 \times Log\left(\frac{10^n \times I_1}{I_0}\right) = 10 \times \left(Log(10^n) + Log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\right) = 10 \times n + L_1$$

$$L_2 = L_1 + 10n$$

L'intensité sonore augmente bien de 10n dB

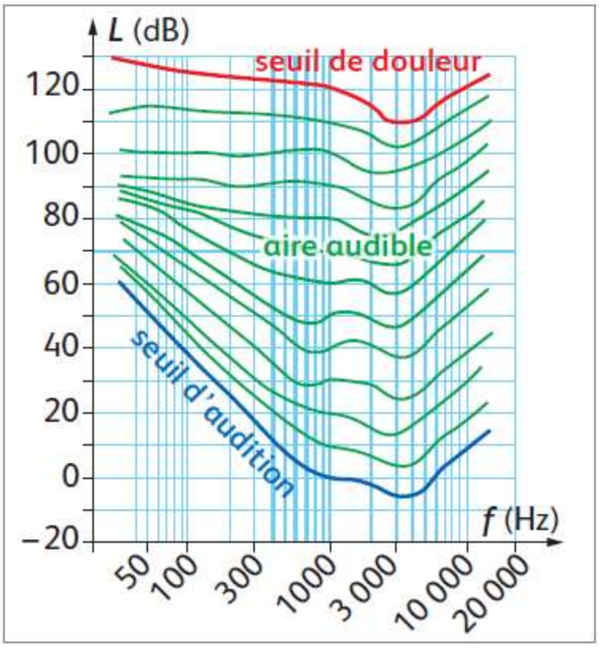
3. Le niveau d'intensité sonore correspondant à une sonnerie de téléphone est $L = 70\ dB$.
Est-il dangereux d'entendre 2 téléphones sonnés en même temps ? Justifier par un calcul.

D'après les calculs réalisés plus haut, le niveau d'intensité sonore correspondant aux 2 téléphones est : $L = 73\ dB$ ce qui est en-dessous du seuil de danger.

4. Le niveau d'intensité sonore correspondant à un choriste est $L = 50\ dB$. Est-il dangereux d'écouter une chorale composée de 100 choristes ?

D'après (e), le niveau sonore doit augmenter de 20 dB. On aura donc $L_{100choristes} = 70\ dB$
On est en-dessous du seuil de danger.

5. Diagramme de Fletcher



La sensibilité de l'oreille humaine varie avec la hauteur des sons. Le diagramme de Fletcher en rend compte : les courbes sont celles d'égale sensation auditive.

a. Expliquer l'expression « d'égale sensation auditive ».

La sensation sonore dont il est question est la « puissance perçue ». Cette sensation dépend de la sensibilité de nos oreilles.

b. Déterminer le domaine de fréquences pour lequel l'oreille humaine est la plus sensible.

L'oreille est la plus sensible pour les sons dont les fréquences sont : $3000\ Hz < F < 4000\ Hz$
En effet, à ces fréquences, la perception nécessite le niveau d'intensité sonore le plus faible.

c. Déterminer le domaine de fréquence pour lequel l'oreille humaine est la plus sensible à la douleur.

Le seuil de douleur est atteint pour des sons d'intensité sonore de 110 dB dont les fréquences sont comprises entre $3500\ Hz < F < 4500\ Hz$

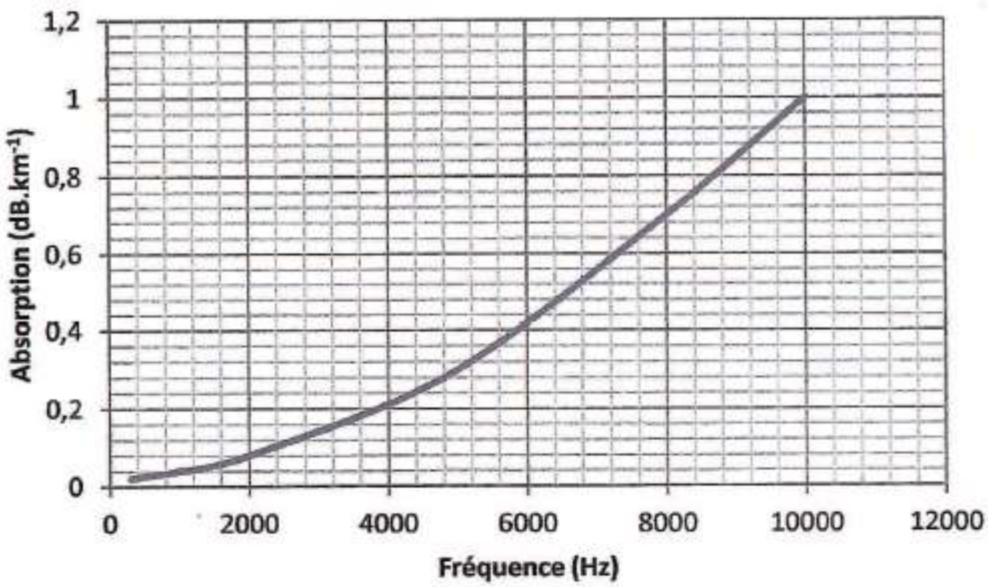
6. Communication chez les baleines :
Déterminer à partir des documents suivants la distance maximale entre deux baleines pour qu'elles puissent communiquer.

Document 1 "La voix et l'oreille" des mammifères marins
Les cétacés produisent des émissions sonores dans une très large bande de fréquence, entre 10 Hz et 150 kHz environ. Les sons produits peuvent être de type bref (clics, tics, bourdons, ...) ou continu (sifflements, chants, mugissements).
Quelques émissions sonores de cétacés :

	Fréquence moyenne d'émission	Niveau d'intensité sonore moyen à l'émission	Seuil d'audibilité*
Baleine (chant)	4000 Hz	170 dB	50 dB
Grand dauphin (clics)	120 kHz	222 dB	40 dB

*Le seuil d'audibilité correspond au niveau d'intensité sonore minimal perceptible par l'animal.
D'après un extrait de Richardson et al, 1995, Marine mammals and noise.

Document 2 : Absorption acoustique de l'eau de mer



Les baleines produisent des sons dont la fréquence est située autour de $F = 4000\ Hz$.

Selon le graphique donné, pour cette fréquence, l'absorption du son par l'eau est de $0{,}2\ dB.km^{-1}$; cela signifie que chaque fois que le son parcourt 1 km, son niveau d'intensité sonore diminue de $0{,}2\ dB$.

Par ailleurs, le tableau donné nous indique que les sons les plus « forts » émis par les baleines ont une intensité sonore de $170\ dB$ et que leur seuil d'audibilité est de $50\ dB$. La diminution d'intensité sonore peut donc être de $170 - 50 = 120\ dB$.

La distance correspondant à cette diminution est donc : $\frac{120}{0{,}2} = 600\ km$!