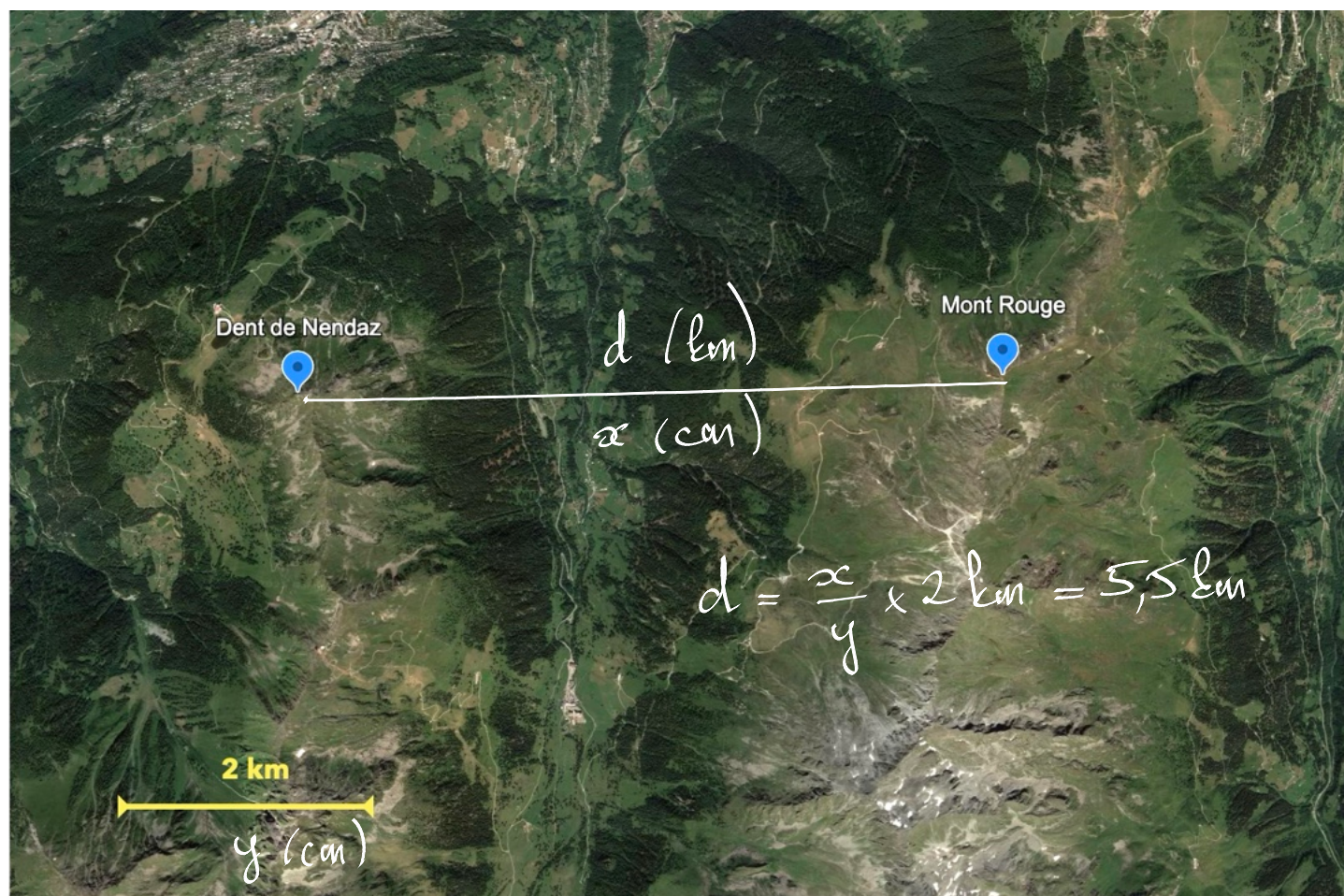


Chaque année, au mois de juillet, se déroule le festival international du cor des Alpes à Haute Nendaz, en Suisse. Cet instrument folklorique était jadis utilisé par les bergers pour communiquer entre eux.



Un berger, situé à la Dent de Nendaz joue la note la plus grave de son cor des Alpes. Son instrument a une longueur de 3,4 m.

Pourra-t-on l'entendre à Mont Rouge, de l'autre côté de la vallée, si le niveau d'intensité sonore est de 100 dB à un mètre de l'instrument ?

Hypothèses de travail :

- L'amortissement de l'onde n'est pas pris en compte : la dissipation d'énergie au cours de la propagation est négligeable.
- Le rayonnement de la source est supposé isotrope.

Donnée : intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Document 1. Valeurs de la célérité du son dans l'air en fonction de la température.

Température en °C	10	20	30	40
Célérité en m·s ⁻¹	337	343	349	355

Document 2. Un instrument à vent : le cor des Alpes

Lorsque l'on souffle dans un cor des Alpes pour la première fois, il semble impossible d'en sortir un seul son harmonieux. Mais avec un peu de pratique, on peut apprendre à produire jusqu'à vingt-deux notes, ceci sans utiliser ni valve ni bouton. La gamme de notes réalisable sur cet instrument dépend d'abord de sa géométrie, puis du talent de celui qui en joue. Les premiers cors des Alpes datent du 14^{ème} siècle, ils étaient traditionnellement utilisés par les gardiens de

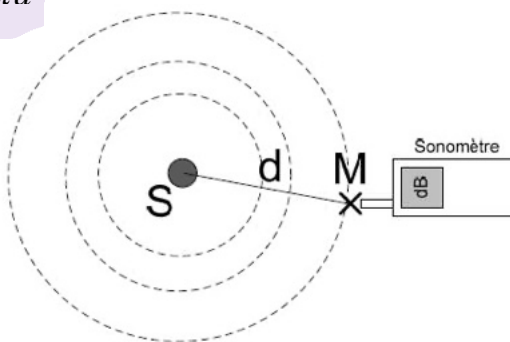


troupeaux pour communiquer entre eux sur des distances d'une dizaine de kilomètres. Cet instrument de la famille des cuivres est fait d'une seule pièce de bois, un tube recourbé à son extrémité et mesurant en général de deux à quatre mètres de long. Pour en jouer, le musicien souffle dans une embouchure. La note la plus grave est atteinte lorsque la longueur d'onde de l'onde sonore associée à la note est égale à deux fois la longueur du cor.

Document 3. L'intensité sonore d'une source isotrope

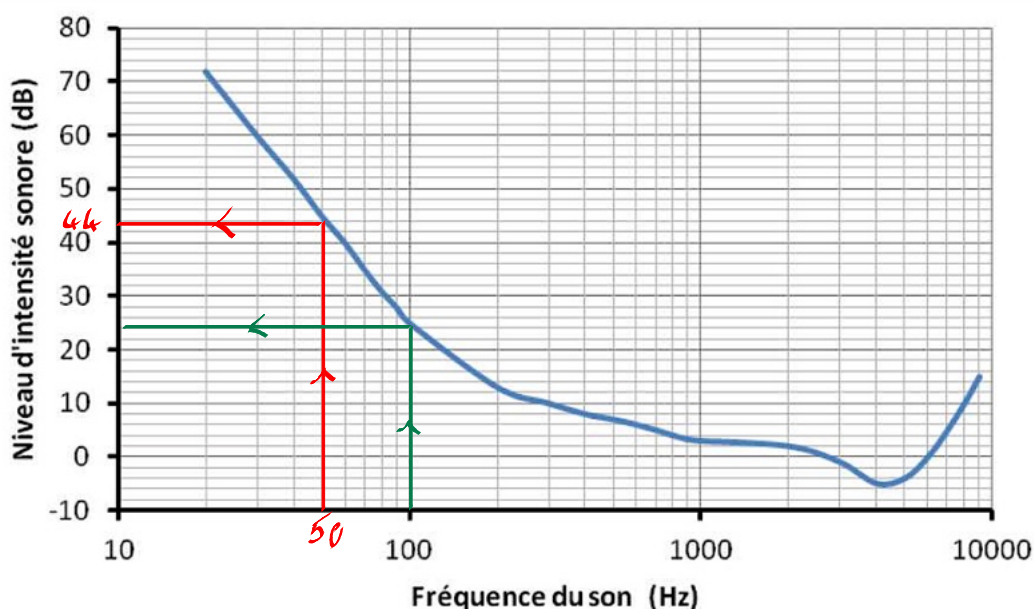
Pour une source isotrope (c'est-à-dire émettant la même énergie dans toutes les directions) de puissance P , l'intensité sonore I au point M dépend de la distance d à la source et s'exprime de la façon suivante :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \quad \text{avec } I \text{ en } \text{W}\cdot\text{m}^{-2} ; P \text{ en } \text{W} ; d \text{ en } \text{m}$$



Document 4. Seuil d'audibilité humaine en fonction de la fréquence

Le graphique suivant indique les valeurs minimales de niveau d'intensité sonore audible en fonction de la fréquence.



La réponse au pb se trouve ds le graphique du doc. 4: si on connaît le niveau sonore au niveau de Montrouge et la fréquence de la note jouée, c'est gagné.

Distance d_2 entre Dent de Neuday et Montrouge

Avec l'échelle $\rightarrow d_2 = 5,5 \text{ km}$

Niveau sonore L_2 à la distance d_2 :

On sait que pour une source isotrope:

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

Intensité sonore
à la distance d_2

$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{P}{4\pi d_2^2}}{\frac{P}{4\pi d_1^2}} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

Intensité sonore
à $d_1 = 1 \text{ m}$

(P est la puissance
de la source,
c'est bien la même
à 1 m et à 5,5 km)

2^e énoncé nous donne accès à I_1 puisqu'on sait que le niveau d'intensité sonore à 1 m vaut $L_1 = 100 \text{ dB}$.

$$\begin{aligned} \Rightarrow I_1 &= I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}} \\ &= 1,0 \cdot 10^{-12} \times 10^{\frac{100}{10}} \\ &= 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\text{Et } I_2 = I_1 \times \frac{d_1^2}{d_2^2} = 1,0 \cdot 10^{-2} \times \frac{1,0^2}{(5,5 \times 10^3)^2} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$\uparrow$
km en m

Déterminons le niveau d'intensité sonore L_d correspondant :

$$L_d = 10 \log \frac{I_d}{I_0} = 25 \text{ dB} \quad \text{C'est plutôt faible!}$$

• Fréquence de la note jouée

D'après le doc. 2, la longueur d'onde de la note la plus grave vaut 2 fois la longueur de l'instrument

$$\begin{aligned} \lambda &= 2 \times L \\ &= 2 \times 3,4 \\ &= 6,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{On } f &= \frac{c}{\lambda} \quad \leftarrow \text{célérité de l'onde sonore dans l'air} \\ &\quad \text{(ici choisi à } 20^\circ\text{C)} \\ &= \frac{343}{6,8} \\ &= 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$

• Conclusion :

On vérifie sur le graphique du doc 4 que le son n'est pas audible puisqu'à 50 Hz, il faudrait que le niveau d'intensité sonore soit supérieur à 44 dB pour être entendu.

Discussion du résultat.

Bien que le niveau sonore soit faible et malgré qu'on ait négligé les atténuations autres que géométrique (absorption par l'atmosphère), il y a des chances que l'on entende le cor à Montcuge !

En effet, on a vu en 1ES que le son d'un instrument se composait généralement de plusieurs harmoniques, c'est-à-dire des fréquences et des multiples entiers de la fréquence du fondamental (fréquence de la note).

Or on voit sur le doc 4 que dès 100 Hz (fréquence de l'harmonique de rang 2), le son est audible. Et les harmoniques de rang supérieur sont encore plus facilement audibles.

Il y a donc des chances, s'il n'y a pas de bruits parasites pour le couvrir, qu'on entende le cor mais déformé (on risque d'entendre une note un octave plus haut (voir +) que la note réellement jouée).