Spécialité : Un microphone sur la planète Mars

Bac S 2019 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Question préalable. Justifier par un calcul l'appellation « laser de puissance » donnée au laser de SuperCam.

Données utiles énergie d'une impulsion $E = 15$ mJ ; durée d'une impulsion $\Delta t = 5$ ns

Pendant une impulsion, le laser délivre l'énergie E en une durée Δt. Sa puissance est donc :

$$P_{\text{laser}} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{15 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{6} \text{ W}$$

Un pointeur laser de salle de classe a une puissance de l'ordre du milliwatt : celle-ci est environ un milliard de fois plus grande.

$P_{\text{laser}} = 3 \times 10^{6}$ W $= 3$ MW pendant l'impulsion : l'appellation « laser de puissance » est justifiée.

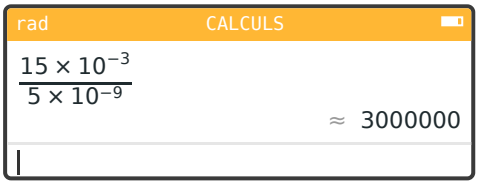
PIÈGE

Oublier les conversions : $1 \text{ mJ} = 10^{-3}$ J et $1 \text{ ns} = 10^{-9}$ s. La valeur 1067 nm est une longueur d'onde, inutile ici.

COMPRENDRE

Un seul chiffre significatif, comme la durée 5 ns. L'énergie est modeste (15 mJ) ; c'est la brièveté de l'impulsion qui rend la puissance énorme, et seulement pendant 5 ns.

À LA CALCULATRICE



2 Problème. Les sons des impacts laser ont une fréquence de 1 kHz. Déterminer dans quelle condition de vent, parmi celles proposées, le microphone de SuperCam détecte ces sons.

Données utiles $P = 1{,}3 \times 10^{-2}$ W ; portée $R = 4$ m ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2} ; vent moyen : 53 dB ; vent fort : 74 dB ; marge de détection : 10 dB

Critère. Le son est détecté si son niveau au microphone dépasse d'au moins 10 dB celui du vent : il faut $L_{\text{reçu}} > 63$ dB par vent moyen ($3{,}5$ m · s^{-1}) et $L_{\text{reçu}} > 84$ dB par vent fort (10 m · s^{-1}).

On se place dans le cas le plus défavorable, la cible la plus lointaine : $R = 4$ m.

Niveau sans absorption. La source émet dans toutes les directions :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{1{,}3 \times 10^{-2}}{4\pi \times 4^2} = 6{,}5 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{6{,}5 \times 10^{-5}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 78 \text{ dB}$$

Absorption par l'atmosphère. Sur le graphique, à $f = 1$ kHz $= 1000$ Hz, on lit $\alpha \approx 0{,}05$ dB · m^{-1}.

$$A = \frac{-20\,\alpha\,R}{\ln(10)} - 12 = \frac{-20 \times 0{,}05 \times 4}{\ln(10)} - 12 = -14 \text{ dB}$$

Niveau reçu. $L_{\text{reçu}} = L + A = 78 - 14 = 64$ dB.

Comparaison. 64 dB > 63 dB : détection possible par vent moyen.
64 dB < 84 dB : détection impossible par vent fort.

Regard critique. Par vent moyen, la marge n'est que de 1 dB à 4 m, alors que α est lu sur une échelle logarithmique, que 53 dB est un ordre de grandeur et que P a été mesurée en conditions terrestres : à 4 m, la détection est à la limite et cesse dès que le vent forcit. Pour une cible plus proche, le niveau reçu augmente, donc la détection est plus sûre. Par vent fort, il faudrait $R \approx 0{,}5$ m pour atteindre 84 dB ($L = 96$ dB, $A = -12$ dB) : c'est irréaliste pour un tir à distance.

$L_{\text{reçu}} \approx 64$ dB à 4 m : le microphone détecte les impacts par vent moyen ($3{,}5$ m · s^{-1}, seuil 63 dB), mais pas par vent fort (10 m · s^{-1}, seuil 84 dB).

PIÈGE
Les niveaux en décibels s'ajoutent ou se retranchent, pas les intensités. Additionner A à I, ou oublier le terme constant -12 dB, fausse toute la conclusion.

COMPRENDRE
Le niveau baisse pour deux raisons : la puissance se répartit sur une sphère de plus en plus grande (atténuation géométrique), et le milieu absorbe une partie de l'énergie (atténuation par absorption, ici A).

MÉTHODE
Sur une échelle logarithmique, les graduations entre 0,01 et 0,1 valent 0,02 ; 0,03 ; … ; 0,09 et se resserrent vers le haut. À 1000 Hz, la courbe passe un peu au-dessus du milieu de la décade : environ 0,05.

À LA CALCULATRICE

