Un son peut en masquer un autre

Bac S 2016 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Déterminer la hauteur du son joué par le piano à partir de son spectre, dont le fondamental a été supprimé. Expliquer le raisonnement.

Données utiles spectre du sujet : pics à $0{,}50$; $0{,}75$; $1{,}00$; $1{,}25$; $1{,}50$ et $1{,}75$ kHz

La hauteur d'un son musical est la fréquence f_1 de son fondamental. Les harmoniques ont des fréquences multiples entières de celle-ci : $f_n = n\,f_1$.

Sur le spectre, deux pics voisins sont toujours séparés de $0{,}25$ kHz, et chaque fréquence présente est un multiple entier de $0{,}25$ kHz :

$0{,}50 = 2 \times 0{,}25$; $0{,}75 = 3 \times 0{,}25$; … ; $1{,}75 = 7 \times 0{,}25$ (en kHz).

Les pics visibles sont donc les harmoniques de rangs 2 à 7 d'un fondamental absent, de fréquence $0{,}25$ kHz.

Hauteur du son : $f_1 = 0{,}25\ \text{kHz} = 250\ \text{Hz}$

PIÈGE
Répondre $0{,}50$ kHz parce que c'est le premier pic visible. Avec un fondamental de $0{,}50$ kHz, les pics à $0{,}75$, $1{,}25$ et $1{,}75$ kHz ne seraient pas des multiples entiers : ils n'existeraient pas.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme de spécialité de Terminale : ces notions sont aujourd'hui traitées en Seconde et en enseignement scientifique de Première.

MÉTHODE
Fondamental absent ou douteux : mesurer l'écart entre deux harmoniques consécutifs. Cet écart est toujours égal à f_1.

2.1 Déterminer le niveau d'intensité sonore minimal pour qu'un son de fréquence 800 Hz soit audible en présence du son masquant (1 kHz, 55 dB).

On lit la figure 2, qui donne le seuil d'audibilité en présence du son masquant. À l'abscisse 800 Hz (deuxième graduation à gauche de 1000 Hz), la courbe a pour ordonnée environ 40 dB.

Le son de 800 Hz doit avoir un niveau d'au moins $L \approx 40$ dB pour être audible.

PIÈGE
L'axe des fréquences est logarithmique : entre 500 et 1000 Hz, les traits verticaux sont 600, 700, 800 et 900 Hz, de plus en plus serrés. 800 Hz n'est pas au milieu de l'intervalle.

COMPRENDRE
En environnement silencieux (figure 1), le seuil à 800 Hz est voisin de 0 à 5 dB : le son masquant le relève d'environ 35 dB.

2.2 En étudiant chaque pic du spectre de la figure 3, indiquer celui ou ceux qui seront éliminés par le codage MP3. Justifier.

Données utiles figure 3 : fréquence et niveau de chaque pic ; figure 2 : seuil d'audibilité en présence du son masquant

Un pic est inaudible, donc éliminé par le codage, si son niveau est inférieur au seuil d'audibilité lu sur la figure 2 à la même fréquence.

Le La3 a pour fondamental 440 Hz ; les pics sont à $0{,}44$; $0{,}88$; $1{,}32$ et $1{,}76$ kHz.

Pic (1), $0{,}44$ kHz : niveau ≈ 28 dB ; seuil ≈ 7 dB. $28 > 7$: audible, conservé.

Pic (2), $0{,}88$ kHz : niveau ≈ 35 dB ; seuil ≈ 50 dB. $35 < 50$: inaudible, masqué.

Pic (3), $1{,}32$ kHz : niveau ≈ 50 dB ; seuil ≈ 30 dB. $50 > 30$: audible, conservé.

Pic (4), $1{,}76$ kHz : niveau ≈ 35 dB ; seuil ≈ 13 dB. $35 > 13$: audible, conservé.

Seul le pic (2), proche de 1 kHz et de niveau inférieur au seuil, est éliminé par le codage MP3.

PIÈGE
Comparer les pics au son masquant (55 dB) : tous seraient alors éliminés. La comparaison se fait avec la courbe de seuil, fréquence par fréquence.

COMPRENDRE
Les lectures de seuil sont approximatives (échelle logarithmique, pente forte autour de 1 kHz), mais les écarts valent 15 dB ou plus : la conclusion ne dépend pas de la précision de lecture.

MÉTHODE
Présenter les quatre pics de la même façon : fréquence, niveau du pic, seuil, comparaison, conclusion. Un pic non traité fait perdre des points même s'il est conservé.

2.3 Proposer une définition du facteur de compression du format MP3, puis le déterminer pour une chanson de 3 minutes.

Données utiles débit binaire du CD : $D = 1{,}41 \times 10^6$ bit · s^{-1} ; $\Delta t = 3$ min ; taille du fichier MP3 : $N_{\text{MP3}} = 2{,}88 \times 10^6$ octets ; 1 octet = 8 bits

Définition : le facteur de compression est le rapport de la taille du fichier avant compression à sa taille après compression, les deux dans la même unité :

$$F = \frac{N_{\text{CD}}}{N_{\text{MP3}}}$$

Taille de l'enregistrement sur CD : $N_{\text{CD}} = D \times \Delta t$ avec $\Delta t = 3 \times 60 = 180$ s.

$N_{\text{CD}} = 1{,}41 \times 10^6 \times 180 = 2{,}54 \times 10^8$ bits

Taille du fichier MP3 : $N_{\text{MP3}} = 2{,}88 \times 10^6 \times 8 = 2{,}30 \times 10^7$ bits

$$F = \frac{1{,}41 \times 10^6 \times 180}{2{,}88 \times 10^6 \times 8} = 11{,}0$$

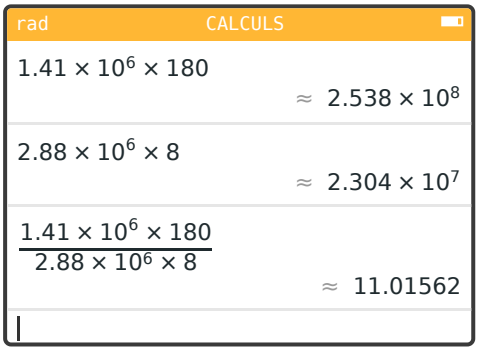
$F \approx 11$: le fichier MP3 est environ 11 fois moins volumineux que l'enregistrement du CD.

PIÈGE
Diviser des bits par des octets : on trouverait 88. Laisser la durée en minutes donnerait un facteur 60 fois trop petit.

COMPRENDRE
Le débit et la taille ont trois chiffres significatifs, mais la durée « 3 minutes » est moins précise : on annonce $F \approx 11$. Un facteur de compression est sans unité.

COMPRENDRE
Le débit binaire n'est plus au programme de spécialité de Terminale. La relation $N = D \times \Delta t$ reste une simple proportionnalité.

À LA CALCULATRICE



2.4.1 L'orateur parle plus fort sans se rapprocher : le niveau d'intensité sonore est de 70 dB là où se trouve l'auditeur. Déterminer s'il perçoit le son.

Données utiles niveau minimal audible de la parole en présence du train : $L_{\text{min}} = 60$ dB, quelle que soit la fréquence

Le niveau reçu par l'auditeur est $L = 70$ dB, supérieur au seuil d'audibilité en présence du train : $70 \text{ dB} > 60 \text{ dB}$.

L'auditeur perçoit la parole de l'orateur malgré le passage du train.

COMPRENDRE
Le bruit du train joue le rôle du son masquant de la figure 2, mais son seuil est le même à toutes les fréquences : une seule comparaison suffit.

2.4.2 L'orateur ne parle pas plus fort mais se rapproche : à quelle distance de l'auditeur doit-il se placer pour être audible ? Justifier les étapes du raisonnement.

Données utiles à $d_1 = 1$ m : $L_1 = 50$ dB ; seuil en présence du train : $L_2 = 60$ dB ; $I = \dfrac{k}{d^2}$; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2}

L'orateur est entendu si le niveau reçu atteint $L_2 = 60$ dB. On cherche la distance d_2 correspondante, la source (isotrope) émettant comme avant : k est inchangée.

Intensités sonores, avec $L = 10 \log \dfrac{I}{I_0}$, soit $I = I_0 \times 10^{L/10}$:

$I_1 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{5{,}0} = 1{,}0 \times 10^{-7}$ W · m^{-2} à $d_1 = 1$ m

$I_2 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{6{,}0} = 1{,}0 \times 10^{-6}$ W · m^{-2} à d_2

Comme $k = I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2$:

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 1 \times \sqrt{\frac{1{,}0 \times 10^{-7}}{1{,}0 \times 10^{-6}}} = 0{,}32 \text{ m}$$

Plus près, l'intensité reçue est encore plus grande.

L'orateur doit se placer à $d_2 = 0{,}32$ m de l'auditeur, ou plus près, soit environ 30 cm.

PIÈGE
Oublier la racine carrée : I varie en $1/d^2$, donc une intensité 10 fois plus grande demande une distance $\sqrt{10} \approx 3{,}2$ fois plus petite, et non 10 fois plus petite.

COMPRENDRE
Résultat cohérent : $d_2 < d_1$, il faut bien se rapprocher. Gagner 10 dB revient à multiplier l'intensité par 10 ; diviser la distance par 2 ne ferait gagner que 6 dB.

MÉTHODE
Plus rapide : $L_2 - L_1 = 10 \log \dfrac{I_2}{I_1} = 20 \log \dfrac{d_1}{d_2}$, d'où $d_2 = d_1 \times 10^{(L_1 - L_2)/20}$. La valeur de I_0 n'intervient pas.

À LA CALCULATRICE

