# Spécialité : L'effet larsen

Bac S 2013 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

**1** Comment doivent être connectés un haut-parleur et un microphone pour que l'effet Larsen ait lieu ?

D'après le document 1, deux conditions sont nécessaires :

- le microphone et le haut-parleur sont branchés sur la **même chaîne d'amplification** ;
- ils sont placés **près l'un de l'autre**, de sorte que le son du haut-parleur capté par le microphone ait un niveau sonore supérieur à celui de la voix.

Microphone et haut-parleur reliés au même amplificateur et suffisamment proches : le son tourne alors en boucle.

**COMPRENDRE**
C'est une rétroaction : le microphone capte le haut-parleur, l'amplificateur renforce ce signal, le haut-parleur le réémet plus fort, et ainsi de suite.

**2** Quels sont les dangers que présente l'effet Larsen ?

Le signal s'amplifie jusqu'aux limites de fonctionnement des appareils : le **matériel** (amplificateur, haut-parleur) peut être **endommagé**.

Le sifflement aigu, de niveau sonore très élevé, est **douloureux** et présente un risque pour l'**audition** des personnes présentes.

Deux dangers : détérioration du matériel et risque auditif.

**3** Citer un cas où l'effet Larsen est recherché.

D'après le document 2, des guitaristes comme Jimi Hendrix provoquent volontairement le Larsen de leur amplificateur et le contrôlent en jouant.

À la guitare électrique, le Larsen sert à créer de nouvelles sonorités.

**4** Donner la valeur de la fréquence $f$ du son musical enregistré, avec son incertitude $U(f)$.

**Données utiles** $T = (2{,}25 \pm 0{,}05)$ ms ; $U(f) = f \times \dfrac{U(T)}{T}$

Fréquence : $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2{,}25 \times 10^{-3}} = 444$ Hz

Incertitude : $U(f) = f \times \dfrac{U(T)}{T} = 444 \times \dfrac{0{,}05}{2{,}25} = 9{,}9$ Hz, arrondie à un chiffre significatif : $U(f) = 1 \times 10^{1}$ Hz.

La fréquence n'est donc connue qu'à la dizaine de hertz près : on arrondit $f$ à la dizaine.

$f = (4{,}4 \pm 0{,}1) \times 10^{2}$ Hz

**PIÈGE**
Laisser $T$ en millisecondes donne $0{,}444$, qui n'est pas en hertz. Les deux $T$ du rapport $U(T)/T$ peuvent en revanche rester en ms.

**COMPRENDRE**
Une incertitude s'écrit avec un seul chiffre significatif et le dernier chiffre de la valeur a le même rang qu'elle : écrire $444 \pm 10$ Hz afficherait une précision que la mesure n'a pas.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1}{2.25 \times 10^{-3}}$ ≈ 444.4444

$\frac{\frac{1}{2.25 \times 10^{-3}} \times 0.05}{2.25}$ ≈ 9.876543

**5** Que pourra-t-on observer sur le spectre en fréquence si le guitariste ajoute l'effet d'une pédale Octavia ?

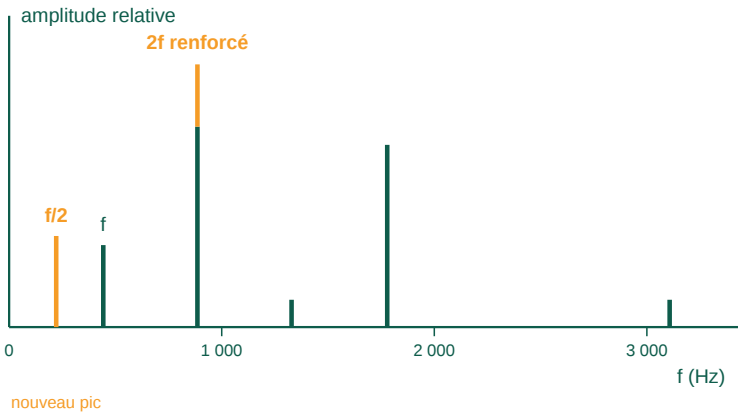
**Données utiles** $f = 4{,}4 \times 10^2$ Hz (Q4)

Sur le spectre du document 3, le premier pic est le fondamental, de fréquence $f \approx 4{,}4 \times 10^2$ Hz.

D'après le document 2, la pédale Octavia produit deux effets.

- Elle crée un son pur à l'octave inférieure du fondamental, donc de fréquence moitié : un **nouveau pic** apparaît à $\frac{f}{2} \approx 2{,}2 \times 10^2$ Hz.
- Elle renforce l'harmonique située à l'octave supérieure, de fréquence double : le pic à $2f \approx 8{,}8 \times 10^2$ Hz devient **plus haut**.

Un pic supplémentaire à $f/2 \approx 2{,}2 \times 10^2$ Hz et un pic à $2f \approx 8{,}8 \times 10^2$ Hz d'amplitude plus grande.




**5** · Allure du spectre avec la pédale Octavia (modifications en orange)

**PIÈGE**
Ne pas décaler tout le spectre : les pics existants gardent leur fréquence. Seuls changent l'ajout d'un pic à $f/2$ et la hauteur du pic à $2f$.

**COMPRENDRE**
Fondamental, harmoniques et timbre relevaient de l'ancien programme ; ils ne figurent plus dans celui de la spécialité actuelle. Le pic ajouté est unique car un son pur ne contient qu'une seule fréquence.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{4.4 \times 10^2}{2}$ ≈ 220

$4.4 \times 10^2 \times 2$ ≈ 880

**6** Déterminer la distance minimale $d$ nécessaire entre le haut-parleur et le microphone pour que l'effet Larsen soit évité.

**Données utiles** $L_1 = 92$ dB à $d_1 = 1{,}0$ m du haut-parleur ; voix : $L_V = 73$ dB ; angle de $90^\circ$ entre l'axe du microphone et la direction du haut-parleur ; $I = I_0 \times 10^{L/10}$ ; $P = 4\pi d^2 I$

**Condition.** D'après le document 1, le Larsen est évité si le niveau sonore du haut-parleur capté par le microphone ne dépasse pas celui de la voix, soit 73 dB.

**Atténuation due au microphone.** Le son du haut-parleur arrive à $90^\circ$ de l'axe du microphone. Sur le diagramme du document 6, la courbe passe à $90^\circ$ un peu au-delà du cercle $-5$ dB : l'atténuation est d'environ 6 dB. À la limite, le niveau sonore à l'emplacement du microphone vaut donc

$$L_{\text{lim}} = 73 + 6 = 79 \text{ dB}$$

**Intensités sonores.** Avec $I = I_0 \times 10^{L/10}$ :

- à 1,0 m : $I_1 = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{9{,}2} = 1{,}6 \times 10^{-3}$ W · m$^{-2}$ ;
- à la limite : $I_{\text{lim}} = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{7{,}9} = 7{,}9 \times 10^{-5}$ W · m$^{-2}$.

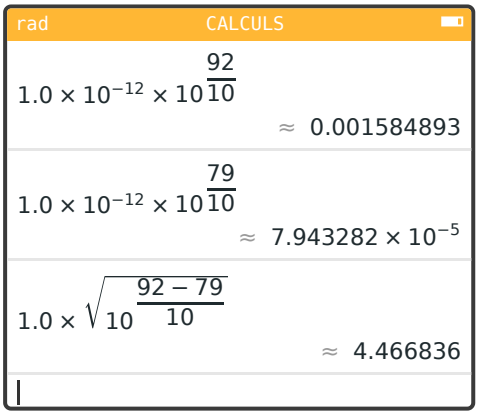
**Distance.** La puissance $P$ du haut-parleur est constante : $4\pi d_1^2 I_1 = 4\pi d^2 I$, donc $I = I_1 \dfrac{d_1^2}{d^2}$ : l'intensité diminue quand $d$ augmente.

Le Larsen est évité si $I \leqslant I_{\text{lim}}$, c'est-à-dire si

$$d \geqslant d_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_{\text{lim}}}} = 1{,}0 \times \sqrt{10^{(92-79)/10}} = 4{,}5 \text{ m}$$

$d_{\text{min}} \approx 4{,}5$ m : le microphone doit être à au moins 4,5 m du haut-parleur.

**À LA CALCULATRICE**




**PIÈGE**

Les niveaux sonores ne se divisent pas entre eux : le rapport $92/79$ n'a aucun sens. On repasse par les intensités, seules proportionnelles à $1/d^2$.

**COMPRENDRE**

La lecture du diagramme est approximative : avec 5 dB d'atténuation au lieu de 6, on trouverait 5,0 m. Deux chiffres significatifs suffisent, comme pour les données.

**MÉTHODE**

Problème à documents : 1) écrire la condition demandée ; 2) corriger les niveaux en dB (atténuation) ; 3) convertir en intensités ; 4) utiliser la conservation de $P$ pour relier intensité et distance.