

CORRIGE

Les joueurs de guitare électrique utilisent souvent une pédale wah-wah, qui leur permet de modifier le son produit par leur instrument. En quoi consiste l'effet wah-wah ?



1. ETUDE D'UN FILTRE ELECTRONIQUE

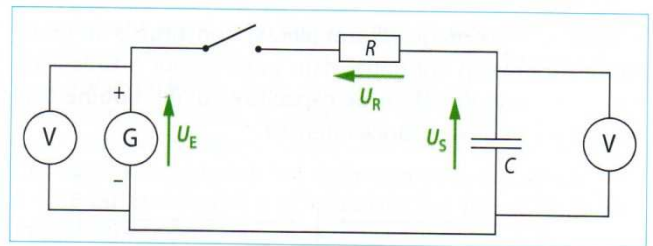
1.1 Principe

Certains filtres électroniques sont conçus à l'aide de condensateurs et de conducteurs ohmiques pour modifier l'amplitude d'un signal. Un **filtre passe-bas** réduit l'amplitude des signaux dont la fréquence est supérieure à une fréquence caractéristique du filtre, appelée **fréquence de coupure**. Sa valeur dépend des condensateurs et des résistances choisis. Un **filtre passe-haut** réduit l'amplitude des signaux dont la fréquence est inférieure à la fréquence de coupure.

1.2 Montage

- Réaliser le montage suivant comportant : un conducteur ohmique de résistance R (exprimée en ohms, de symbole Ω) et un condensateur de capacité C (exprimée en Farad, de symbole F)

$$R = 100 \Omega \text{ et } C = 1,0 \mu F$$



- Brancher un GBF délivrant une tension sinusoïdale à l'entrée du filtre.
- Brancher un voltmètre à l'entrée du filtre pour mesurer la valeur efficace U_E de la tension d'entrée aux bornes du GBF et un second à la sortie du filtre pour mesurer la valeur efficace U_S de la tension de sortie aux bornes du condensateur.

1.3 Mesures

- Faire varier la fréquence f du GBF tous les 200 Hz (de 200 Hz à 4 000 Hz) et pour chaque valeur de la fréquence, mesurer U_E et U_S .
- Entrer les valeurs dans un tableur et faire calculer $\log(f)$ et le gain G en décibels (dB)

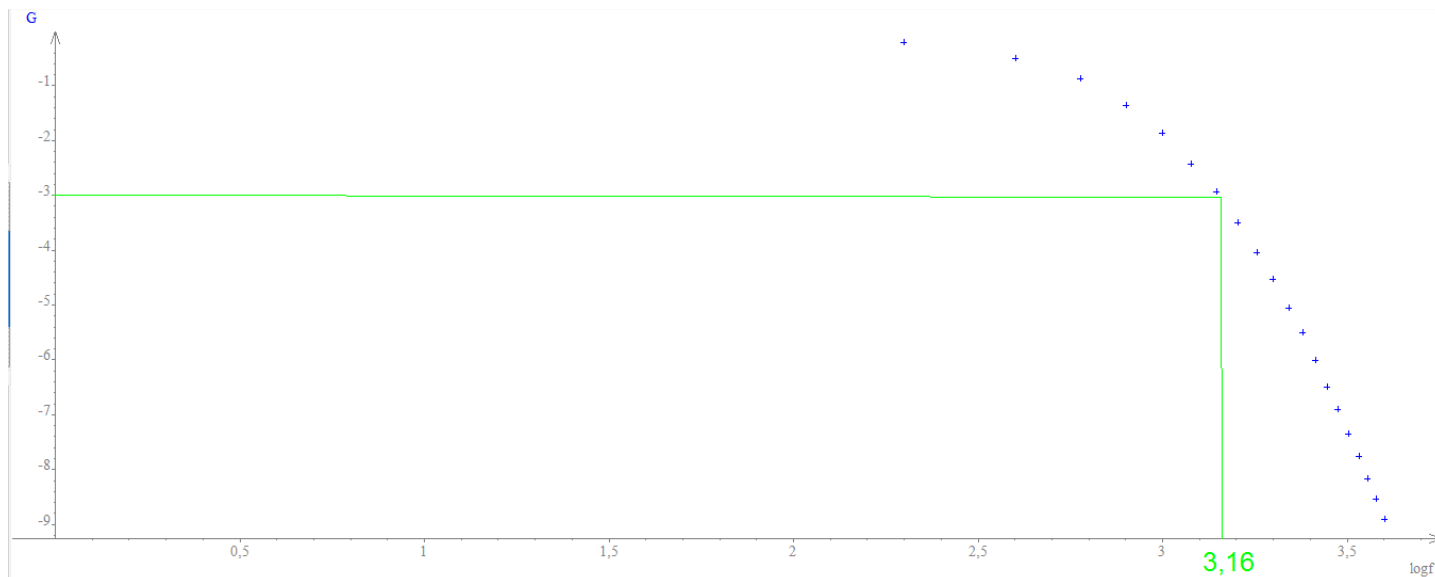
Le gain correspond au rapport de la tension de sortie U_S d'un circuit sur la tension d'entrée U_E .

$$G = 20 \log(U_S/U_E)$$

Cette grandeur logarithmique s'exprime en **décibels (dB)**

1.4 Exploitation

- 1) Tracer le diagramme représentant G en fonction de $\log[f]$.



- 2) Quelle est l'action de ce filtre ? S'agit-il d'un filtre passe-bas ou passe-haut ?

Ce filtre atténue les fréquences les plus élevées. Il s'agit donc d'un filtre passe-bas.

La **fréquence de coupure** f_c , est la fréquence pour laquelle le rapport U_S/U_E est égal à $1/\sqrt{2}$, c'est à dire la fréquence pour laquelle le gain vaut **G = -3 dB**.

- 3) Déterminer graphiquement la fréquence de coupure f_c .

Le gain G = -3dB lorsque $\log(f_c) = 3,16$ (détermination graphique)

On en déduit la valeur de la fréquence de coupure $f_c = 10^{3,16} = 1,44$ kHz

L'expression théorique de la fréquence de coupure est :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

- 4) Calculer f_c .

$$f_{c\text{théorique}} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 10^{-6}} = 1,59 \text{ kHz}$$

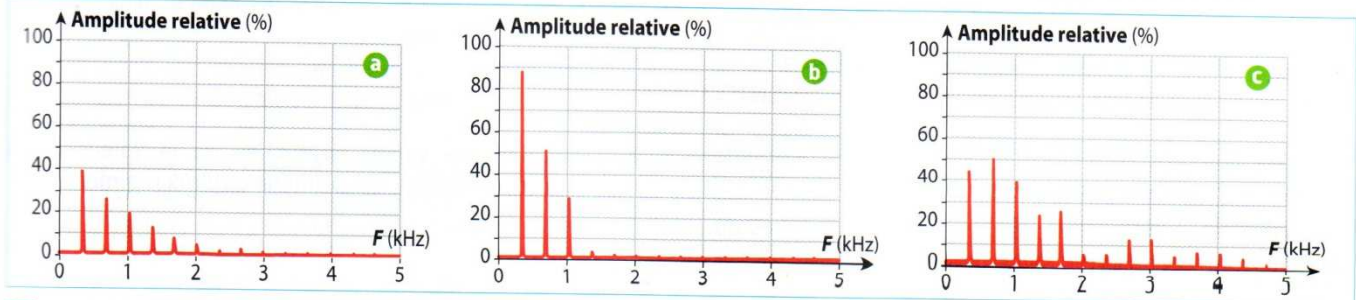
- 5) Evaluer l'écart relatif entre la valeur expérimentale et la valeur calculée de f_c .

$$\Delta f(\%) = \left| \frac{f_c - f_{c\text{théorique}}}{f_c} \right| \times 100 = 10\%$$

2. LA PEDALE WAH-WAH

2.1 Principe

Une guitare est associée à une pédale « Wah-Wah », qui possède deux positions (1 et 2). L'analyse fréquentielle du son émis par une corde de guitare est effectuée pour les différentes positions de la pédale.



4 Analyse fréquentielle du son émis par une corde de guitare associée à une pédale « Wah-Wah ». a. Pédale inactive, b. Position 1, c. Position 2.

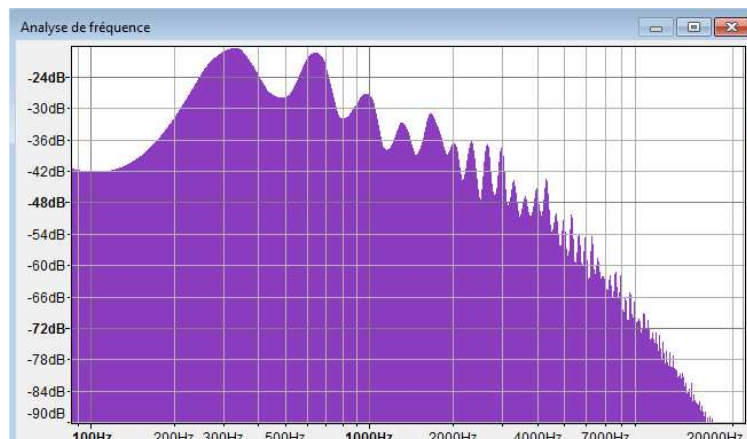
- 1) En comparant les spectres ci-dessus, décrire les modifications du son entraînées par l'effet wah-wah. La hauteur du son est-elle modifiée ?
La fréquence du mode fondamental reste toujours la même donc la hauteur du son est inchangé.
En position 1, toutes les harmoniques de fréquence > à 1000 Hz ont été supprimées.
En position 2, l'amplitude relative des fréquences situées autour de 3000 Hz a été accentuée.
- 2) Quel type de filtre permet d'obtenir l'effet de la pédale en position 1 ? **Filtre passe-bas de fréquence de coupure 2000 Hz**

2.1 Mise en œuvre expérimentale

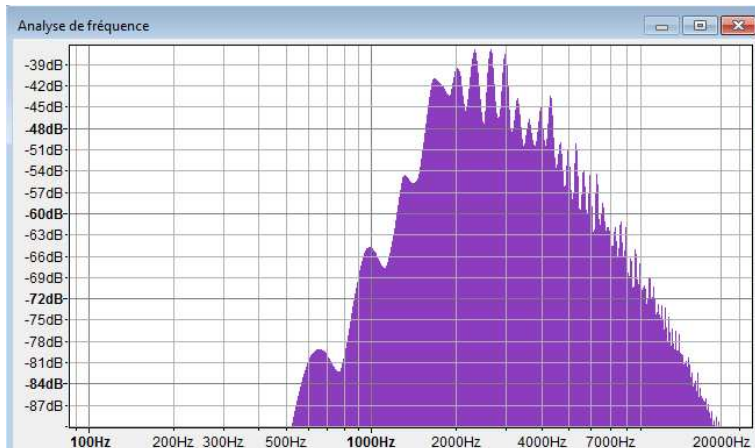
Audacity est un logiciel libre de droit que l'on peut télécharger sur <http://audacity.sourceforge.net> On peut utiliser des enregistrements réalisés à l'aide d'un microphone et d'une carte son, mais il est également possible d'utiliser des fichiers contenant des échantillons d'instruments de musique téléchargés depuis des bibliothèques en ligne.

- Dans Audacity, ouvrir le fichier « rock_guitar_riff.wav » et jouer le morceau.
- Sélectionner une portion du morceau d'une $\frac{1}{2}$ seconde (par ex. entre 1,0 et 1,5 s) et réaliser l'analyse spectrale de cet extrait (Menu « Analyse », puis « Tracer le spectre »). Réaliser éventuellement une capture d'écran.

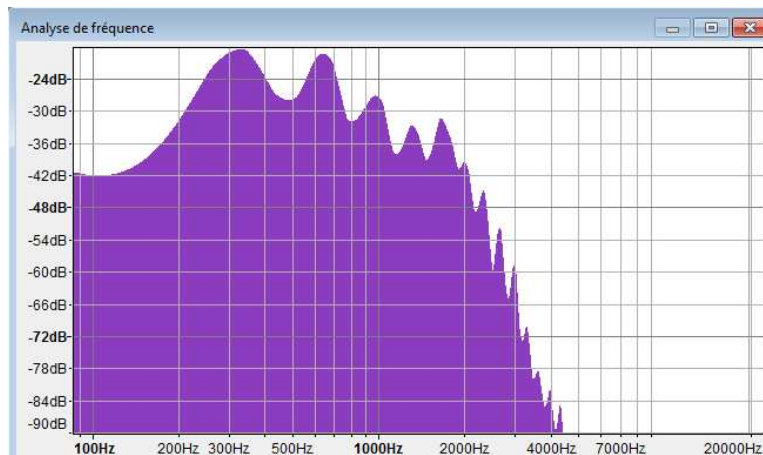
Attention : on peut choisir une échelle linéaire ou une échelle logarithmique pour la représentation du spectre



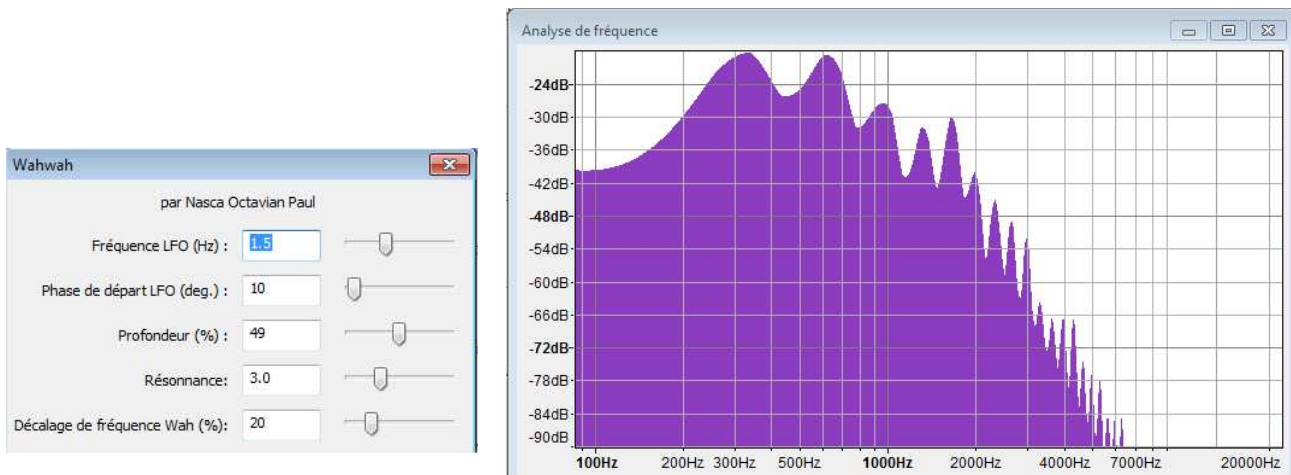
- Dans l'onglet « Effet », sélectionner « filtre passe-haut » (Atténuation = 36 dB, fréquence de coupure = 2000 Hz) Rejouer le morceau puis tracer le spectre du même extrait. Comment le son est-il modifié ?
On peut constater qu'une partie des harmoniques de basse fréquence a disparu du spectre. Le son correspondant est plus sec, plus métallique que le son avant traitement. (le niveau sonore est plus faible également)



- Dans l'onglet « Effet », sélectionner « filtre passe-bas » (Atténuation = 36 dB, fréquence de coupure = 2000 Hz) Rejouer le morceau puis tracer le spectre du même extrait. Comment le son est-il modifié ?
On peut constater qu'une partie des harmoniques de haute fréquence a disparu du spectre. Le son correspondant est moins sec, moins métallique que le son avant traitement.



- Dans l'onglet « Effet », sélectionner « wah-wah » Rejouer le morceau puis tracer le spectre du même extrait. Comment le son est-il modifié ? Pourquoi cet effet est-il appelé « wah-wah » ?



Le glissement de la fréquence de coupure ainsi que l'amplification des harmoniques dont les fréquences sont proches de cette fréquence de coupure provoquent un effet sonore proche de ce que l'on perçoit lorsque l'on prononce un « o » suivi d'un « a ».

3. FILTRAGE DES BRUITS

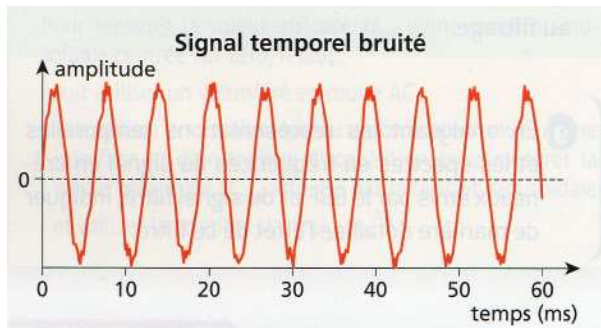
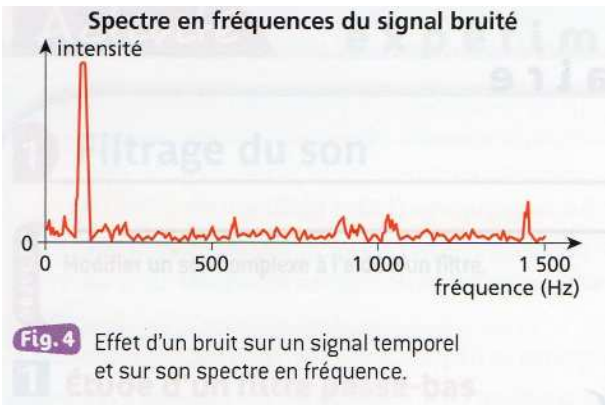
Hatier p68

Un son perçu comporte souvent des « bruits » de fréquences variées pouvant provenir de diverses sources parasites. Ils rendent le message moins audible; Comment peut-on éliminer les bruits présents dans un échantillon sonore à l'aide de filtres ?

Documents :

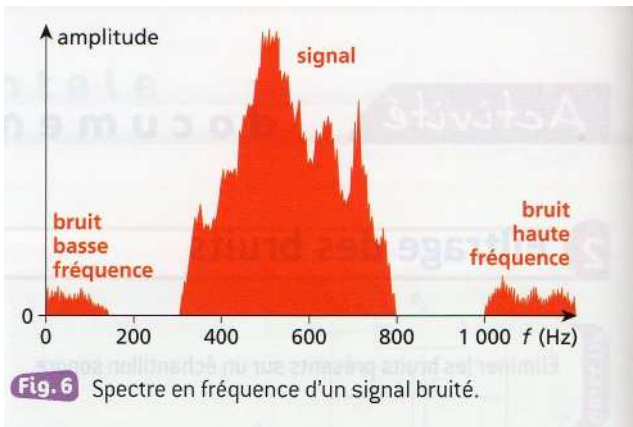
| _filtre | Filtre 1 | Filtre 2 | Filtre 3 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Montage | | | |
| Effet | | | |
| Fréquence caractéristique | $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ | $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ | $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ |

Fig. 3 Tableau de différents filtres.



| Résistances R | Capacités C | Inductances L |
|---------------|-------------|---------------|
| 100 Ω | 590 nF | 1,0 mH |
| 200 Ω | 8,0 μF | 20 mH |
| 300 Ω | 1,0 mF | 0,50 H |

Fig. 5 Tableau de composants.



Questions :

1) Attribuer à chaque filtre de la figure 3 un qualificatif parmi passe-bas, passe-haut, passe- bande. Justifier.

Filtre 1 : filtre passe-bas (laisse passer les fréquences inférieures à la fréquence de coupure f_c /atténue les fréquences supérieures à la fréquence de coupure f_c)

Filtre 3 : filtre passe-haut (atténue les fréquences inférieures à la fréquence de coupure f_c -laisse passer les fréquences supérieures à la fréquence de coupure f_c)

Filtre 2 : filtre passe bande (ne laisse passer que les fréquences au voisinage de f_0)

2) À l'aide de la figure 4, caractériser un bruit en fréquence et en amplitude

Le bruit est caractérisé par un signal d'amplitude faible par rapport au son proprement dit.

Un bruit n'est pas caractérisé par une fréquence particulière, contrairement au son, mais par un ensemble continu de fréquences (sans relation d'harmoniques entre elles).

3) Quel filtre du tableau de la figure 3 faut-il utiliser pour éliminer ce bruit et conserver uniquement le signal sinusoïdal à 159 Hz ? Déterminer les paramètres de ce filtre et les composants à utiliser parmi ceux du tableau de la Figure 5.

Pour ne conserver que le signal sonore sinusoïdale de fréquence $f_0 = 159$ Hz, il faut éliminer les bruits de fréquence inférieure et à f_0 à l'aide d'un filtre passe bande (Filtre 2) dont la bande passante sera centrée

sur la fréquence caractéristique $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 159$ Hz.

Avec $C = 1,0$ mF ; $L = 1,0$ mH et R indifférent : $f_0 = 159$ Hz

| R | C | L |
|--------------|-------------|--------|
| 100 Ω | 590 nF | 1,0 mH |
| 200 Ω | 8,0 μ F | 20 mH |
| 300 Ω | 1,0 mF | 0,50 H |

4) La figure 6 présente le spectre d'un échantillon sonore comportant des bruits. Déterminer quels filtres il faut utiliser pour les éliminer, en choisissant les composants parmi ceux de la figure 5.

-Il faut éliminer les bruits de basses fréquences inférieures à 175 Hz à l'aide d'un filtre passe haut de

fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ comprise entre 175 et 300Hz

Avec $R = 100 \Omega$; $C = 8,0 \mu$ F et L indifférent : $f_c = 200$ Hz

-Il faut éliminer les bruits de hautes fréquences supérieures à 1000 Hz à l'aide d'un filtre passe bas de

fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ comprise entre 800 et 1000 Hz.

Avec $R = 300 \Omega$; $C = 590$ nF et L indifférent : $f_c = 900$ Hz