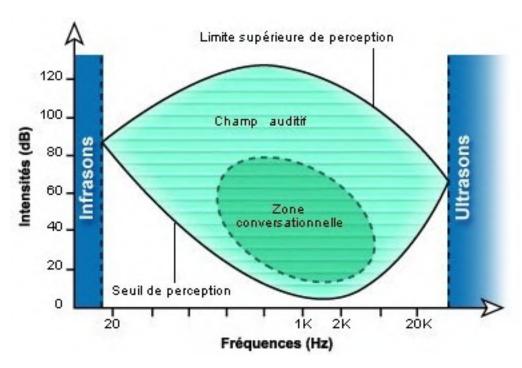
SUPPRESSION DU BRUIT DU VENT DANS LE CASQUE LORS D'UNE DESCENTE À SKI ALPIN

Thème: Jeux, Sport

Saulnier Martin / N°25020 2023-2024

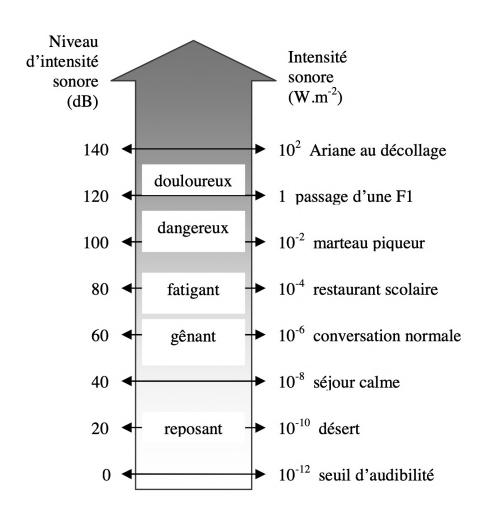
INTRODUCTION



Spectre auditif pour l'oreille humaine : 20Hz-20kHz

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right) avec \begin{cases} L \ le \ niveau \ sonore \ en \ dB \\ I \ l'intensit\'e \ sonore \ de \ la \ source \ en \ W.m^{-2} \\ I_0 \ le \ seuil \ d'audibilit\'e \ en \ W.m^{-2} \end{cases}$$

INTRODUCTION



- Un skieur skiant à 30 km/h subit un bruit de vent de 85 dB. A 50 km/h, il subit un bruit de vent de 95 dB.
- Vitesse moyenne d'un skieur : 45km/h.

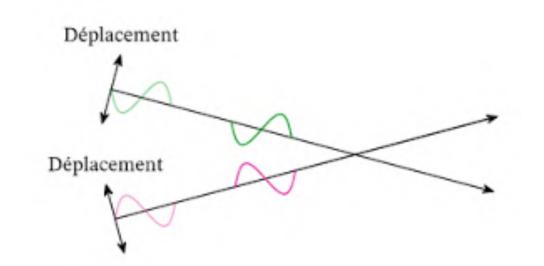


ETAT DE L'ART

- Première apparition : 1936 par Paul Lueg
- Premiers casques à réduction de bruit : 1957 avec une bande passante de 50-500Hz, atténuation de 20dB
- Début années 80 : réduction de bruit active pour des pilotes d'avion

ETAT DE L'ART

- Peu de casques et écouteurs actuels possèdent une réduction active du bruit du vent
- Utilisent le phénomène d'interférences, supprimant tous les sons environnants



INTÉRÊT ET PROBLÉMATIQUE

• Comment mettre en place une détection synchrone dans le but de réduire le bruit du vent dans un casque tout en conservant les bruits extérieurs ?



SOMMAIRE

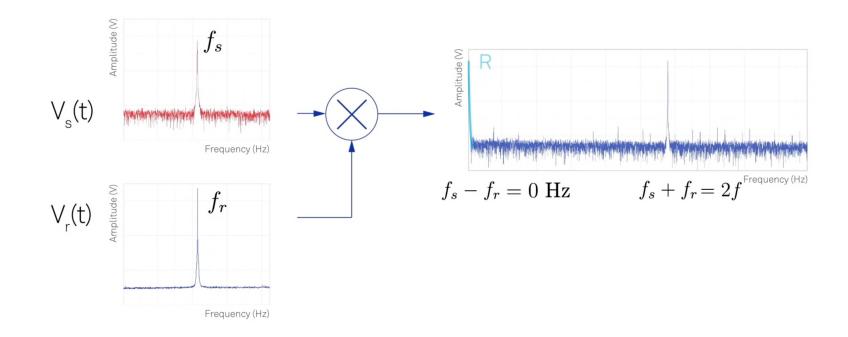
- I) Principe de la détection synchrone
 - 1.1) Analyse du fonctionnement
 - 1.2) Influence du filtrage
- II) Expériences
 - 2.1) Fréquence simulée par un diapason
 - 2.2) Cas réel
- III) Conclusion

OBJECTIFS

- Reproduire et détailler l'usage d'une détection synchrone à l'aide de matériel électronique basique (Filtres, multiplieur, GBF)
- Utiliser la détection synchrone dans le but de faire disparaître le bruit du signal d'entrée pour pouvoir fournir un signal « pur » en sortie
- Possibilité d'utiliser le système dans un cas réel

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- Isoler des signaux noyés dans du bruit
- Multiplier le signal à mesurer par un sinusoïdal de même fréquence
- Domaines d'applications : mesures d'impédances d'un matériau



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

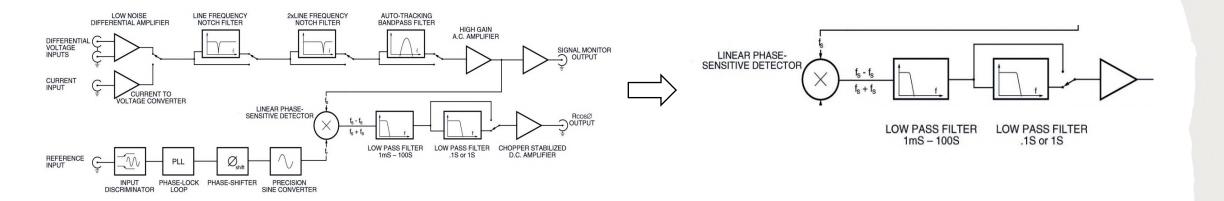


Schéma complet d'un détecteur synchrone

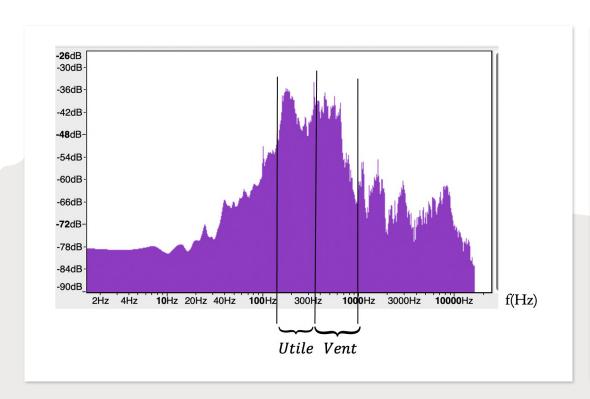
Schéma simplifié

PROTOCOLE

Matériel utilisé:

- -Boîte à décades (résistance de 200Ω et condensateurs de 100nF)
- -GBF avec une fréquence de 250Hz
- -Oscilloscope
- -Multiplieur relié à un micro
- -Enceinte pour écouter le signal de sortie
- -Ventilateur

ANALYSE SPECTRALE



-36dB-39dB-42dB-45dB-48dB-51dB-54dB-57dB-60dB-63dB-66dB-69dB-72dB-75dB-78dB-78dB-81dB-81dB-81dB-87dB-81dB-81dB-87dB-81dB-8

Essais faits lors d'une descente de ski alpin, avec un micro de telephone

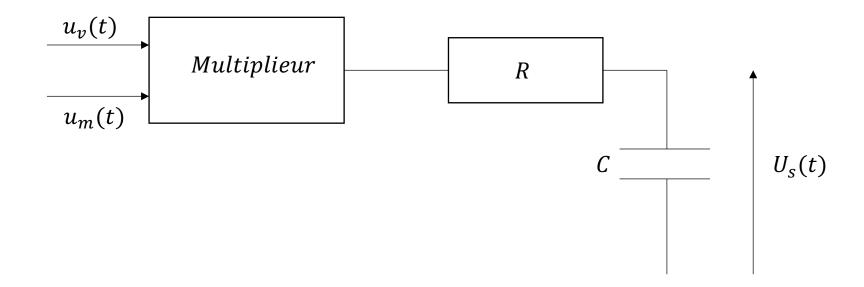
Essais faits à l'aide d'un ventilateur simulant le vent à l'aide du micro de telephone

On simplifie le problème à
$$\begin{cases} f_{vent} = 400Hz \\ f_{utile} = 250Hz \end{cases}$$



13

SCHÉMA DE PRINCIPE



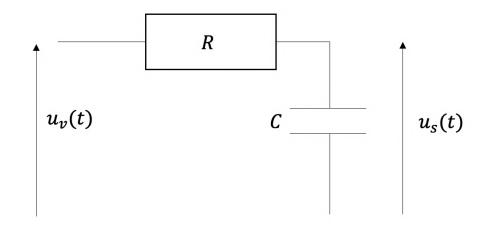
 $u_v(t)$ le signal qui provient du micro $u_m(t)$ le signal moduleur sinuso \ddot{u} dal

 $R = 400\Omega$

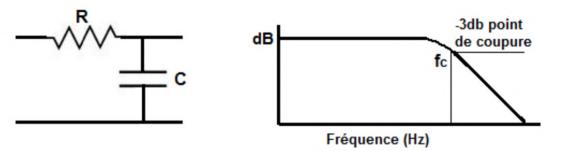
C = 1nF

14

FILTRAGE



Filtre RC Passe-Bas

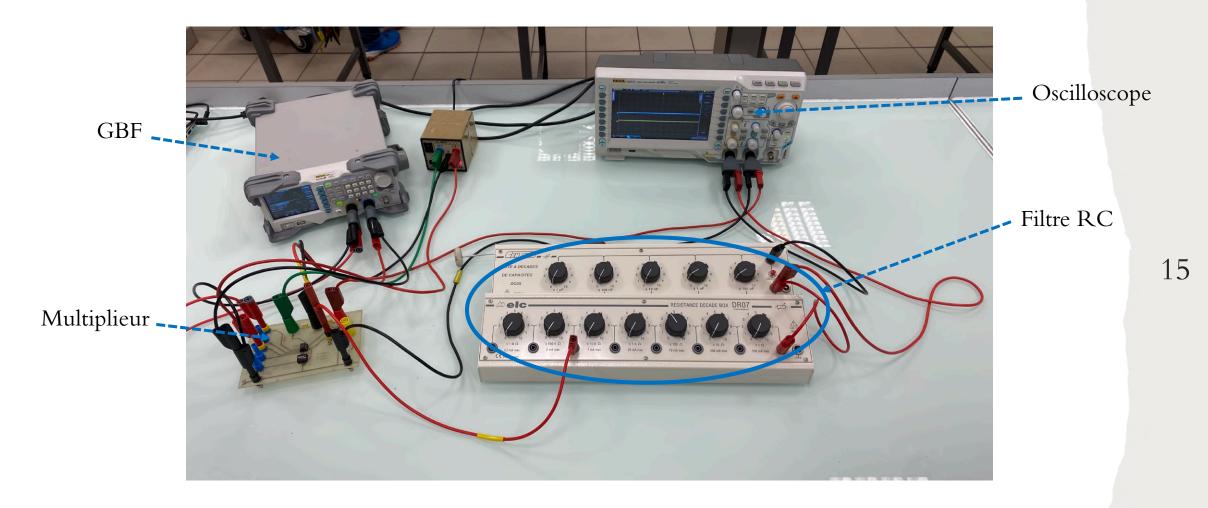


D'après le pont diviseur de tension :

$$\frac{\underline{u}_{s}}{\underline{u}_{v}} = \frac{1}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_{0}}} \quad avec \begin{cases} \omega_{0} = \frac{1}{RC} \\ f_{c} = \frac{1}{2\pi \cdot RC} \end{cases}$$

Arbitrairement, on choisit $\begin{cases} R = 400\Omega \\ C = 1nF \end{cases}$ pour avoir $f_c \approx 400Hz$

APPROPRIATION DU MONTAGE



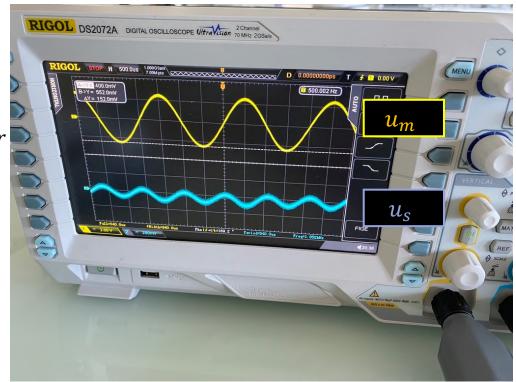
Première expérience : visualisation du fonctionnement avec deux GBF

OBSERVATIONS

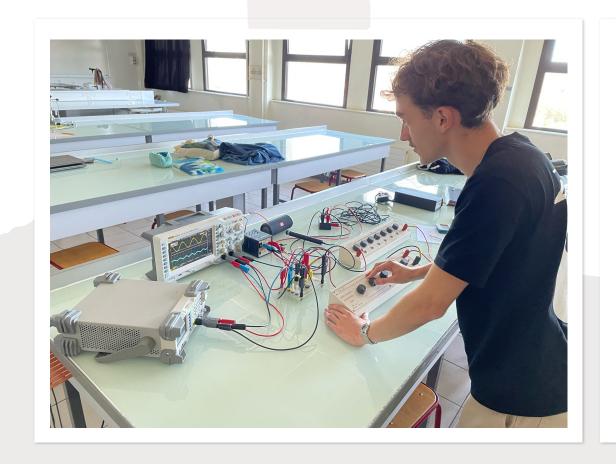
On note
$$\begin{cases} u_m(t) = U_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_m \cdot t) \\ u_v(t) = U_v \cdot \cos(2\pi \cdot f_v \cdot t) \end{cases} \text{ tels que } \begin{cases} f_v = f_m = 400 \text{Hz} \\ U_m = 4V \\ U_v = 100 \text{mV} \end{cases}$$

D'où $u_s(t) = u_m(t).u_v(t)$ avec $u_s(t)$ la tension en sortie du multiplieur

Soit
$$u_s(t) = \frac{U_m \cdot U_v}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi (f_v + f_m)t)$$
 avec $U_s = 200 \text{ mV}$



Visualisation des signaux d'entrée et de sortie du multiplieur

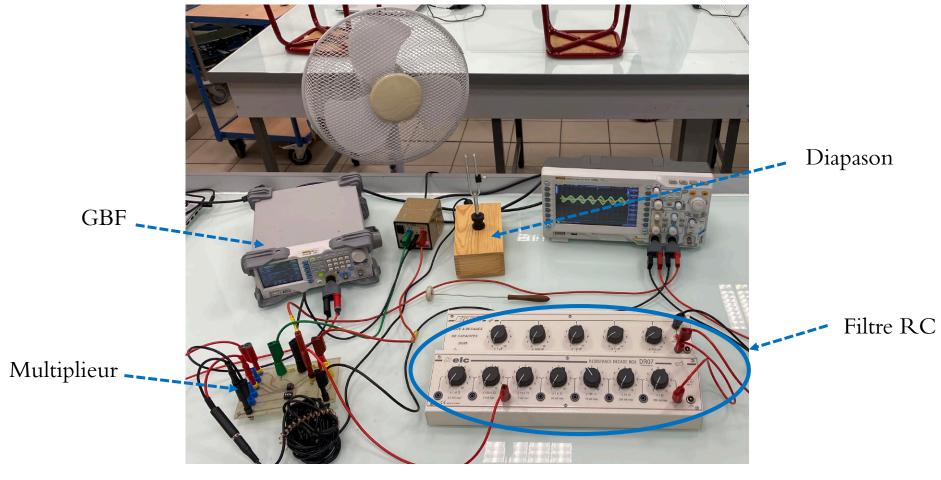


| | | | % de l'amplitude de l'onde passant par |
|-----------|----|------|---|
| Fréquence | Ue | Us | le filtre |
| 100Hz | 5 | 4,85 | 97 |
| 200Hz | 5 | 4,5 | 90 |
| 300Hz | 5 | 4,1 | 82 |
| 400Hz | 5 | 3,7 | 74 |
| 500Hz | 5 | 3,4 | 68 |
| 600Hz | 5 | 3,2 | 64 |
| 700Hz | 5 | 2,9 | 58 |

EFFET DU FILTRAGE

18

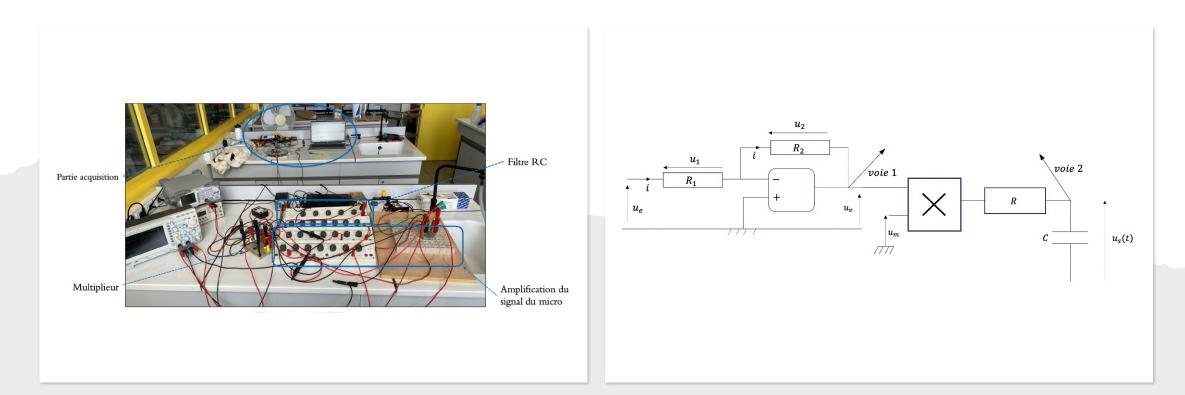
EXPÉRIENCE AVEC DIAPASON



Vérification du fonctionnement du montage avec diapason et imitation des conditions réelles

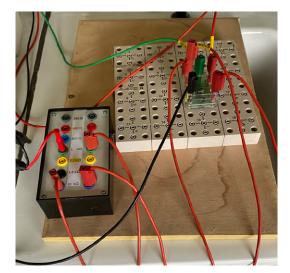
19

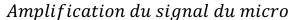
CAS REEL

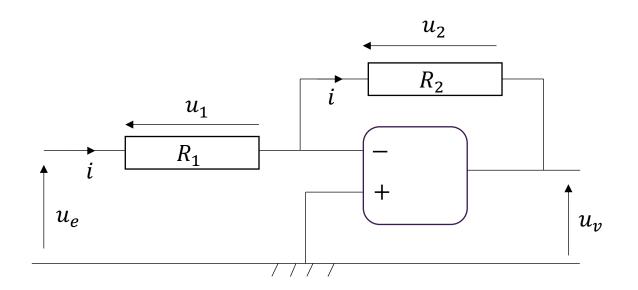


Troisième expérience : Montage représentant le système imitant les conditions réelles à l'aide d'un ventilateur

AMPLIFICATION



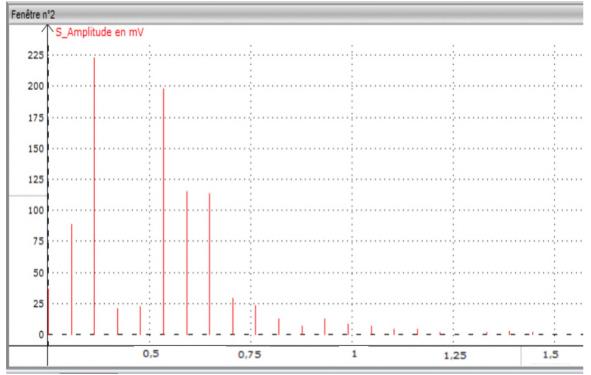




 $ALI\ id\'eal: i_{+}=i_{-}=0\ en\ fonctionnement\ lin\'eaire$

D'après la loi de comportement d'une résistance $i=\frac{u_1}{R_1}=\frac{u_2}{R_2}$ Loi des noeuds en potentiel : $\frac{u_e-V^-}{R_1}=\frac{V^--u_v}{R_2}$ d'où $u_v=\frac{-R_2}{R_1}$. u_e

RÉSULTATS

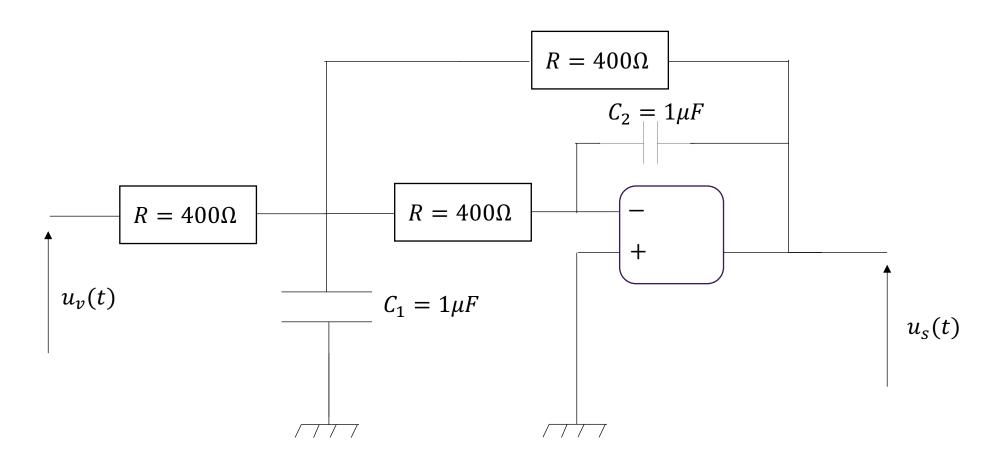


Fréquence en Hz

Signal venant du micro avec ventilateur en fond, avec passe bas passif d'ordre 1

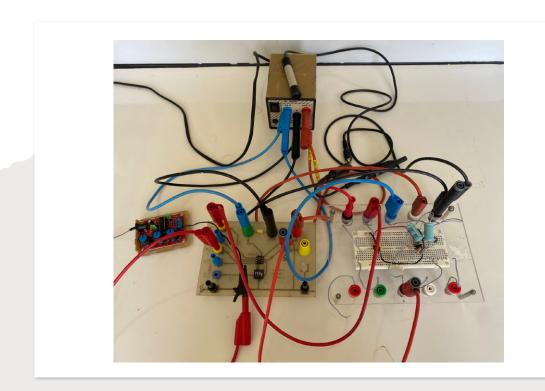


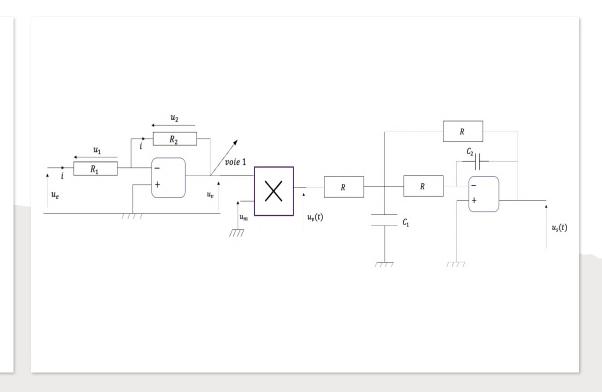
MINIATURISATION



Filtre passe — bas à structure de Rauch

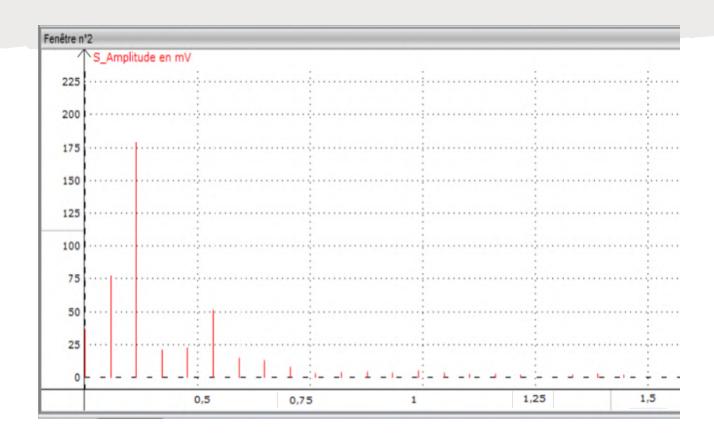
CAS REEL





Quatrième expérience : Montage représentant le système miniaturisé à l'aide d'un GBF réduit et d'une plaquette

RÉSULTATS



Signal venant du micro avec ventilateur en fond, avec passe-bas actif d'ordre 2

COMPARAISON DES DEUX FILTRES

| Fréquence | Ue(V) | Us(V) | % de l'amplitude de l'onde passant par le filtre |
|-----------|-------|-------|--|
| 100Hz | 5 | 4,85 | 97 |
| 200Hz | 5 | 4,5 | 90 |
| 300Hz | 5 | 4,1 | 82 |
| 400Hz | 5 | 3,7 | 74 |
| 500Hz | 5 | 3,4 | 68 |
| 600Hz | 5 | 3,2 | 64 |
| 700Hz | 5 | 2,9 | 58 |

| Fréquence | Ue(V) | Us(V) | % de l'amplitude de l'onde passant par le filtre |
|-----------|-------|-------|--|
| 100Hz | 5 | 4,1 | 82 |
| 200Hz | 5 | 3,1 | 62 |
| 300Hz | 5 | 2,1 | 42 |
| 400Hz | 5 | 1,6 | 32 |
| 500Hz | 5 | 1,3 | 26 |
| 600Hz | 5 | 1 | 20 |
| 700Hz | 5 | 0,8 | 16 |

Passe bas passif d'ordre 1

Passe bas actif d'ordre 2

 $f_c = 400 Hz$

Entre 100Hz et 400Hz, on a 23% de différence pour le filtre RC contre 60% pour le filtre d'ordre 2

CONCLUSION

• Montage nécessitant beaucoup de matériel électronique donc encombrant mais possible à l'aide de matériel plus compact

• Efficacité plus faible pour des signaux complexes

• Possibilité d'installer plusieurs multiplieurs ainsi qu'un détecteur de fréquence pour reproduire le montage pour la bande de fréquence à supprimer

ANNEXE

On trouve
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{-Y_1.Y_3}{Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 + Y_4}$$
. $avec \begin{cases} Y_1 = Y_3 = Y_4 = \frac{1}{R} \\ Y_2 = j. C_2. \omega \\ Y_5 = j. C_1. \omega \end{cases}$

Soit ici,
$$\begin{cases} A = 1 \\ z = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \\ \omega_0 = \frac{1}{R \cdot \sqrt{C_1 \cdot C_2}} \qquad donc \ f_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C_1 \cdot C_2}} \end{cases}$$

$$\frac{\underline{H}(j\omega) = \frac{A}{1 + \frac{2.z}{\omega_0}j + \left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}.$$
 pour un filtre passe bas du second ordre

On choisit donc $\begin{cases} R = 500\Omega \\ C_1 = C_2 = 1\mu F \end{cases}$