

Accordeur avec filtres analogiques

n°16683

Transition, transformation, conversion

Session 2025

L'accordeur

Un quantificateur de justesse

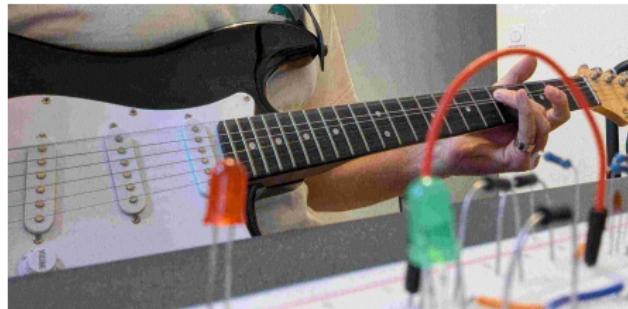


Figure: 1 : Guitariste



Figure: 2 : Snark SN 500

La justesse

La vision de la théorie musicale



Figure: 3 : Notes



Figure: 4 : Passage à une note altérée

La justesse

La vision de la théorie musicale

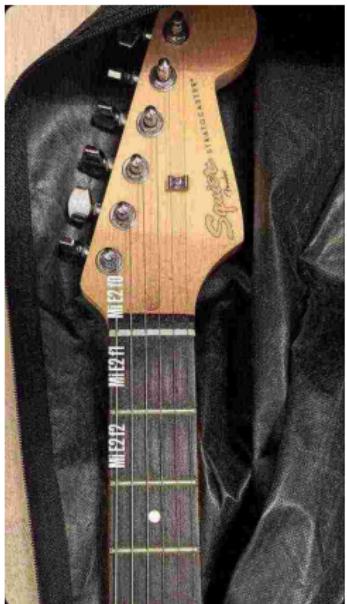


Figure: 5 : Manche guitare

n°16683

Accordeur de Guitare

6. Utilisation du cents

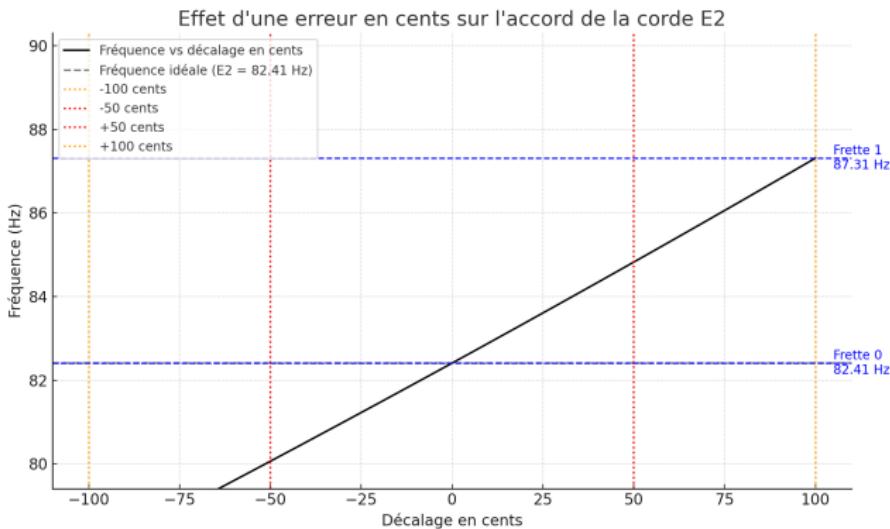
passage du solfège à la physique

Relation du Cent

Si f_1 et f_2 sont deux fréquences, alors l'écart en cents est donné par :

$$c = 1200 \log_2 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)$$

$$\frac{1}{4} \text{ de ton} = 50c$$



7. Utilisation du cents

passage du solfège à la physique

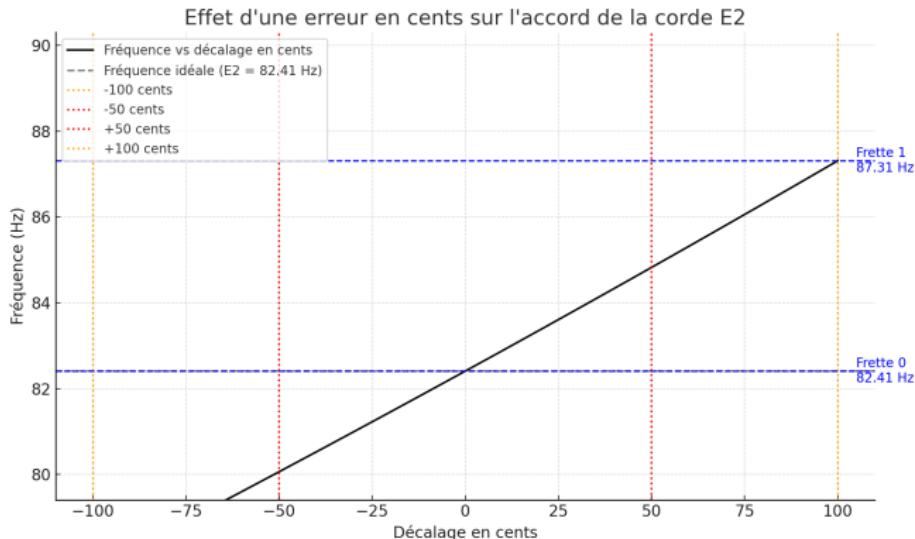


Figure: 6 : Effet d'une erreur

Exigences

- Précision : $\frac{1}{4}$ de ton
- BP : $f_2 - f_1 = 84,82 - 80,06 = 4.76\text{Hz}$
- Fonctionne au bruit
- Indications claires à l'utilisateur

Premier schéma bloc

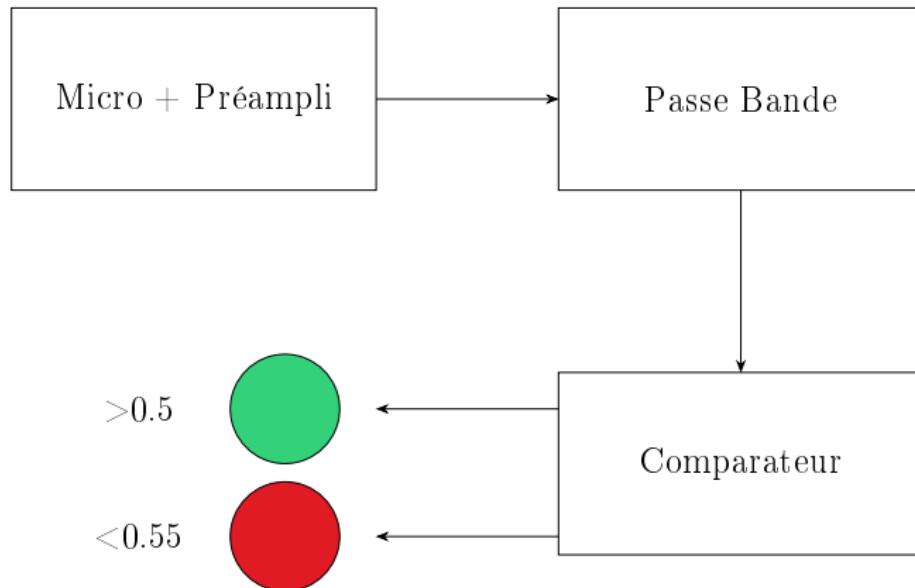


Figure: 7 :Schéma bloc du dispositif

Premières tentatives numérisées

Ajustements de la valeur de comparaison

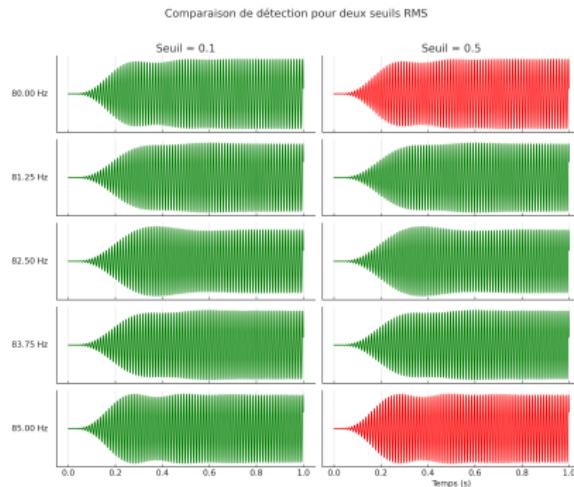


Figure: 8 :Premières tentatives numérisées

Première tentative expérimentale

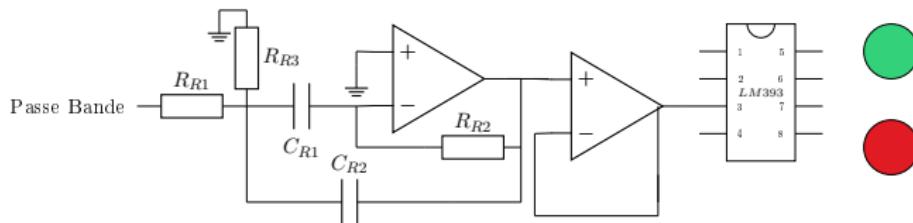


Figure: 9.1 :Schéma expérimental du filtre

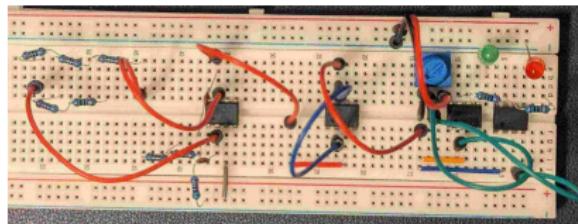


Figure: 9.2 :Montage expérimental du filtre

Détails du filtre réalisé

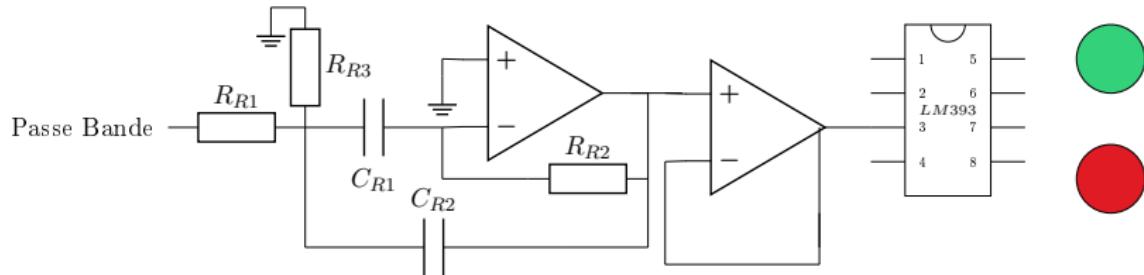


Figure: 10 :Détail du filtre réalisé

Valeurs des composants

- $R_{R1} = 144.8 \text{ k}\Omega$
- $R_{R2} = 579.4 \text{ k}\Omega$
- $R_{R3} = 6.4 \Omega$
- $C_{R1} = C_{R2} = 10^{-6} \text{ F}$

$$\text{BP} = \frac{2}{R_{R2} \times C} = 3.45 \text{ Hz}$$

Passe bande à structure de Rauch

Hors programme MPI

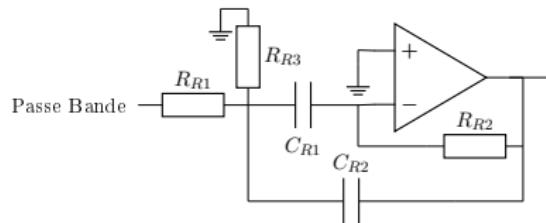


Figure: 11 : Passe bande à structure de Rauch

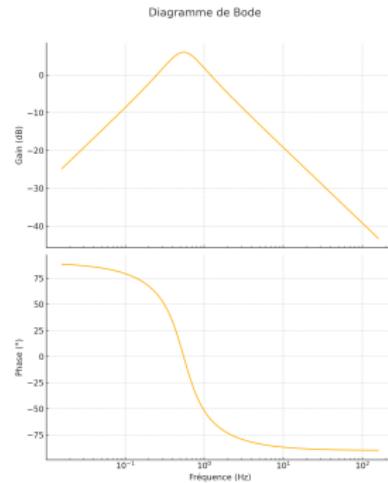


Figure: 12 : Réponse en fréquence (Bode)

Dispositif

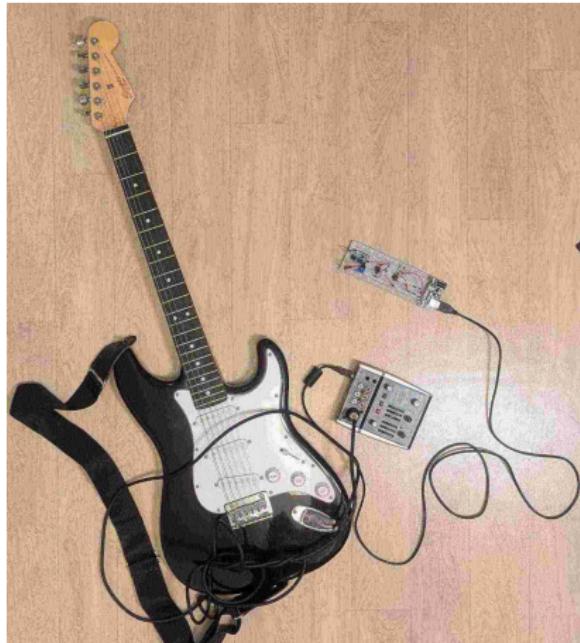


Figure: 13 : Guitare → Micro → Filtre

Premier échec

Sous estimation du bruit et des harmoniques

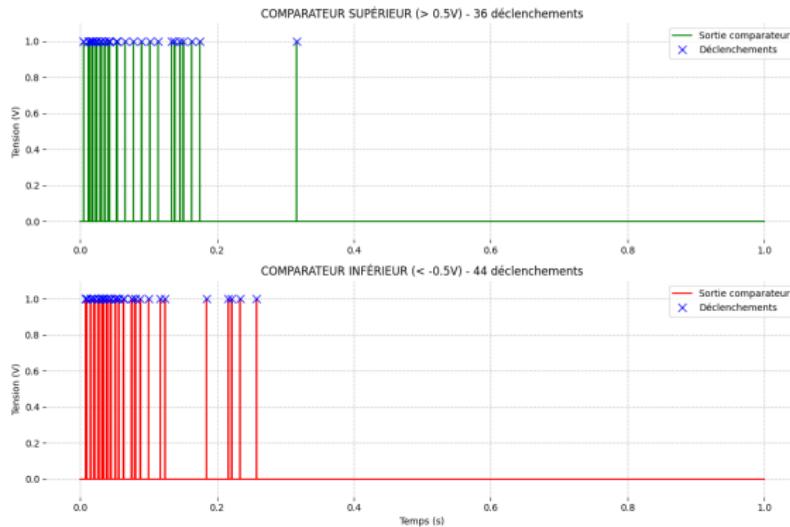


Figure: 14 : Sortie des comparateurs

Conclusions de la première tentative

à corriger

- Le signal est symétrique
- Les comparateurs se déclenchent trop
- le signal de sortie n'est pas continu

Solutions envisagées

- Ajout filtre passe bas pour filtrer les harmoniques
- Redresser le signal
- Utiliser des triggers de schmidt

Conclusions de la première tentative

à corriger

- Le signal est symétrique
- Les comparateurs se déclenchent trop
- le signal de sortie n'est pas continu

Solutions envisagées

- Ajout filtre passe bas pour filtrer les harmoniques
- Redresser le signal
- Utiliser des triggers de schmidt

Nouveau schéma bloc

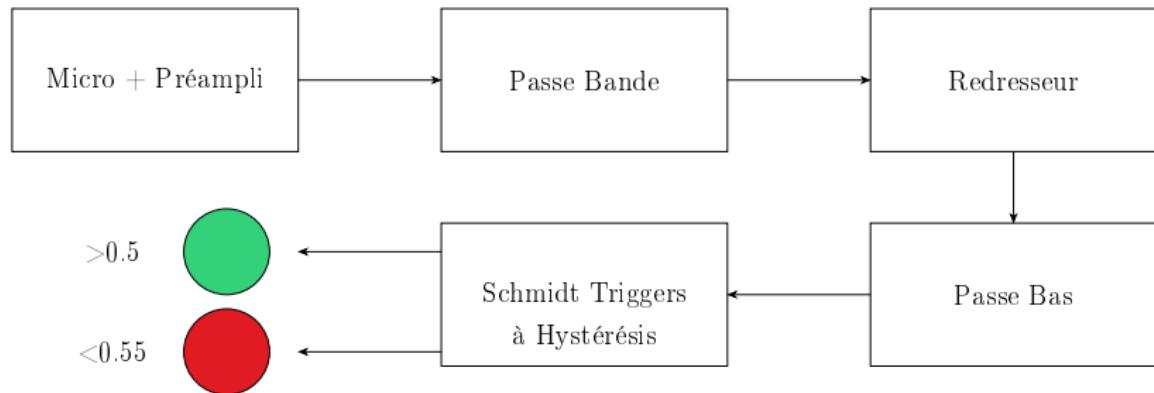


Figure: 15 : Schéma bloc 2

Détail du filtre amélioré

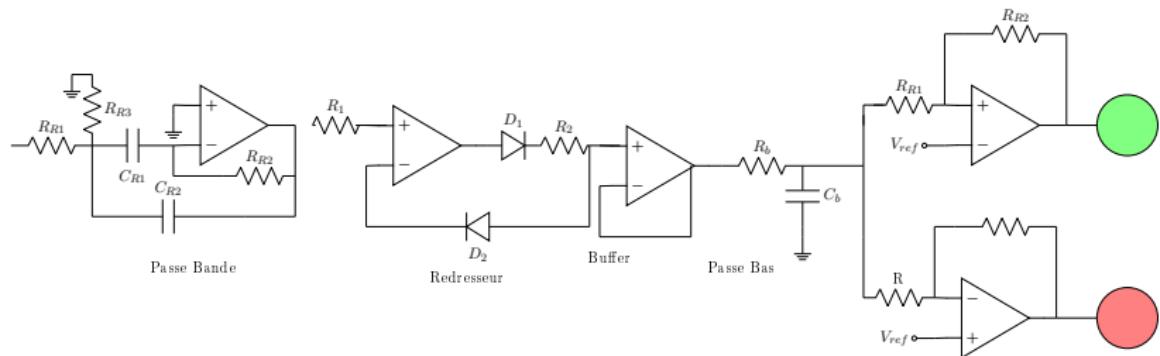


Figure: 16 : Schéma 2.1

Détail du filtre amélioré

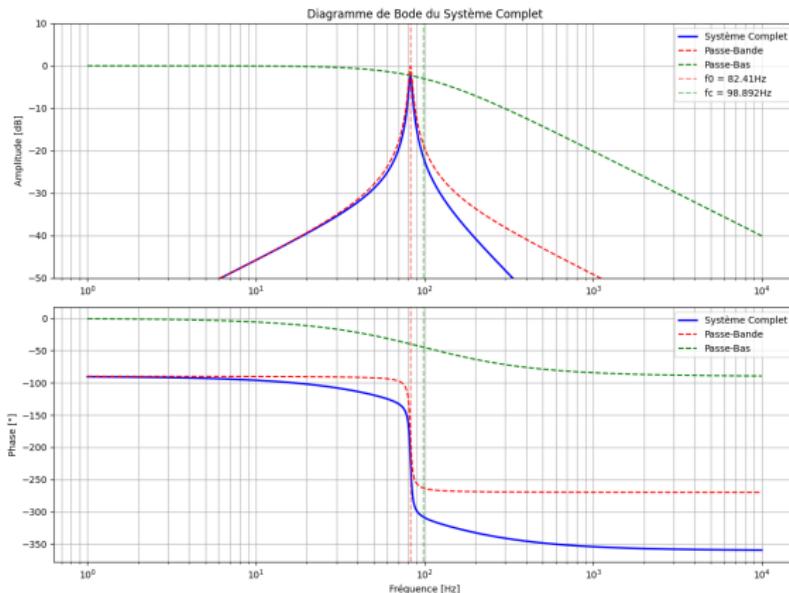


Figure: 17 : Bode 2

Amélioration théorique

Rôle du filtre passe bas

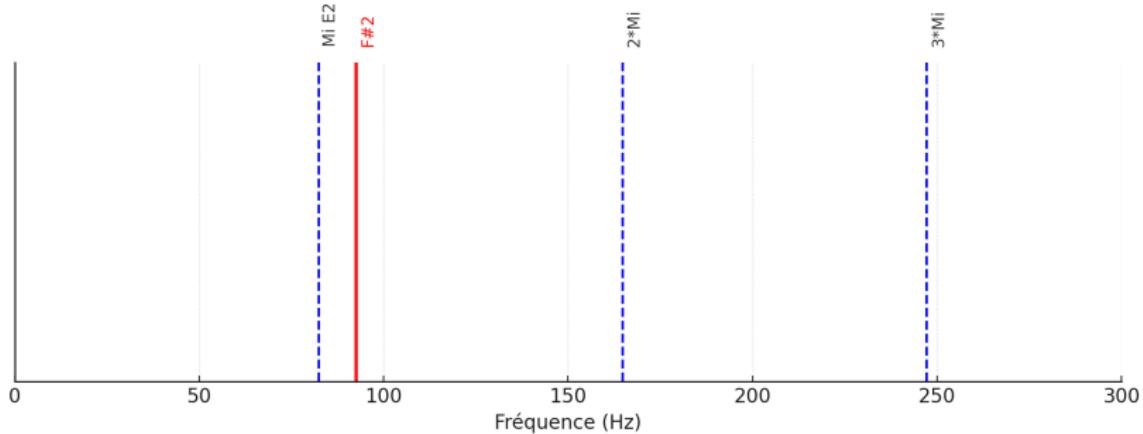


Figure: 18: Proximité des autres fréquences

Rôle théorique du redresseur et du passe bas

Asymétriser le signal pour conserver toutes les informations et passe bas pour étudier l'enveloppe

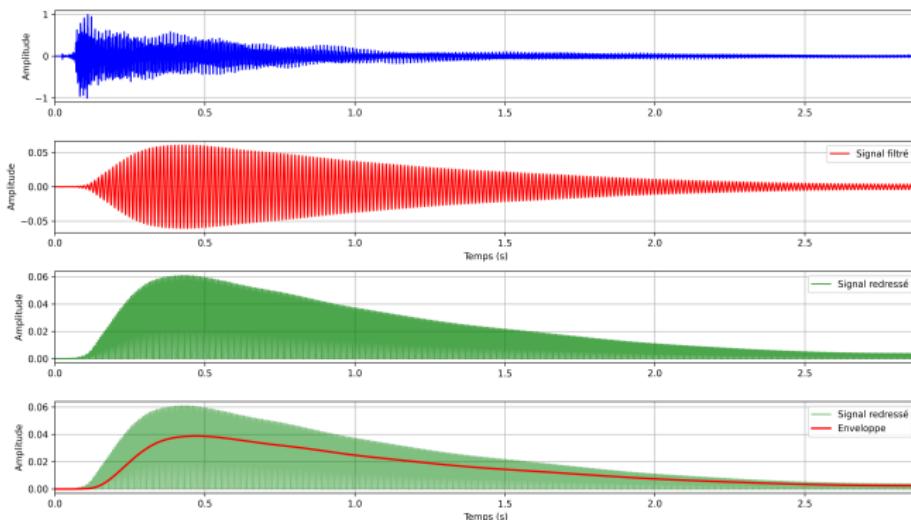


Figure: 19 : Utilité théorique

Deuxième tentative expérimentale

2.1

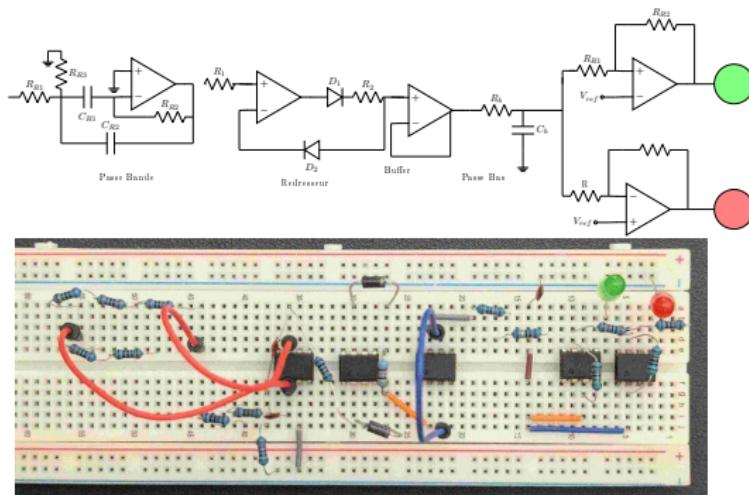


Figure: 20 : filtre réalisé

Deuxième tentative expérimentale

2.2

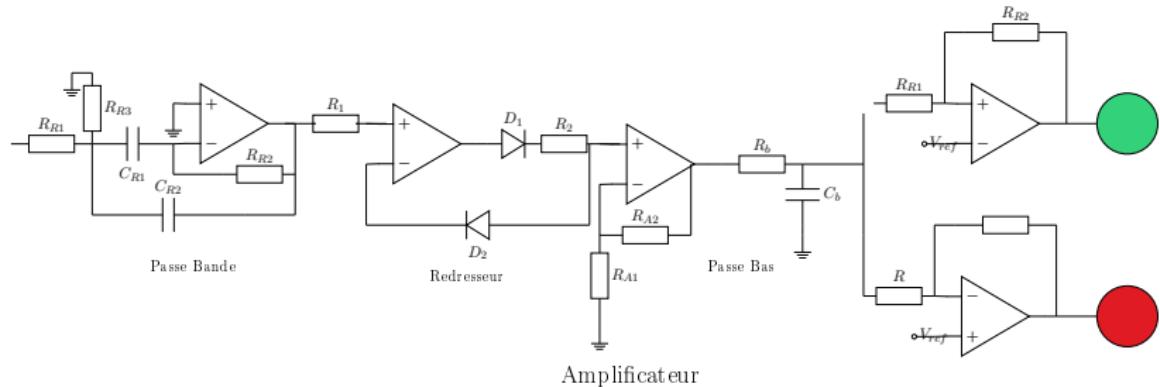


Figure: 21 : Schéma 2.2

Résultats

Fonctionne mais pas utilisable

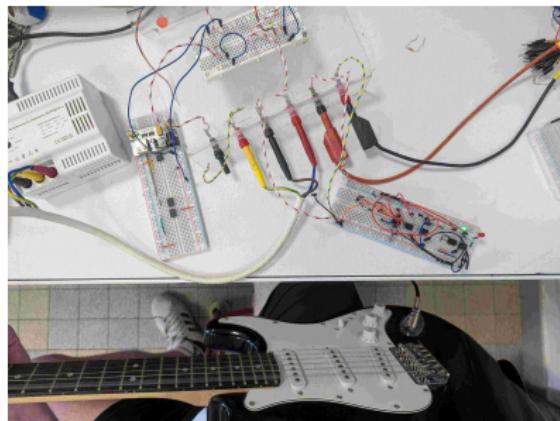


Figure: 22 : Juste

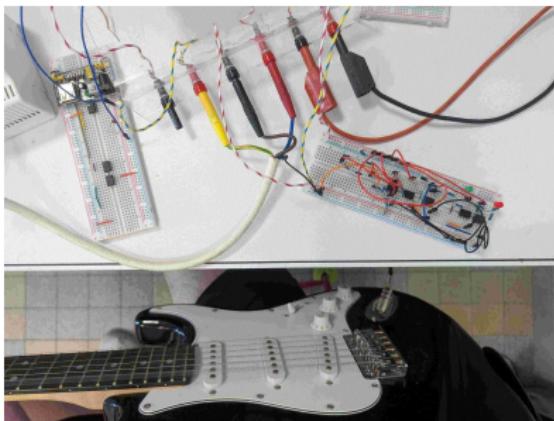


Figure: 23 : Faux

Analyse résultats

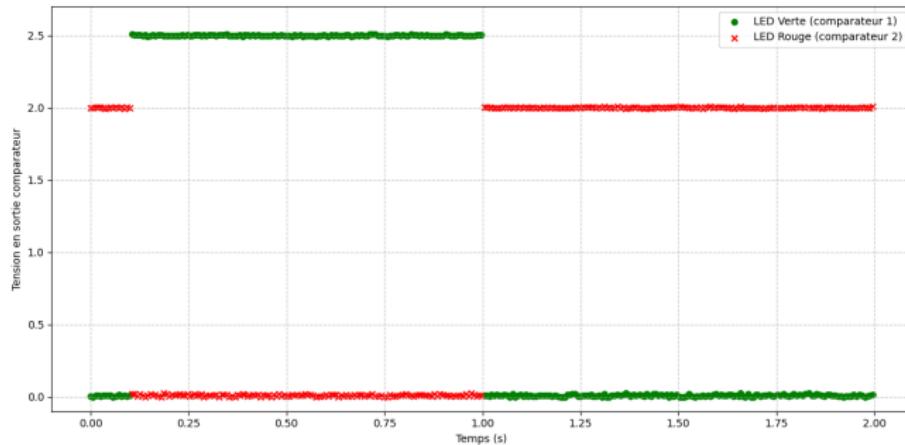


Figure: 24 : Graphique des résultats expérimentaux

Conclusion deuxième réalisation

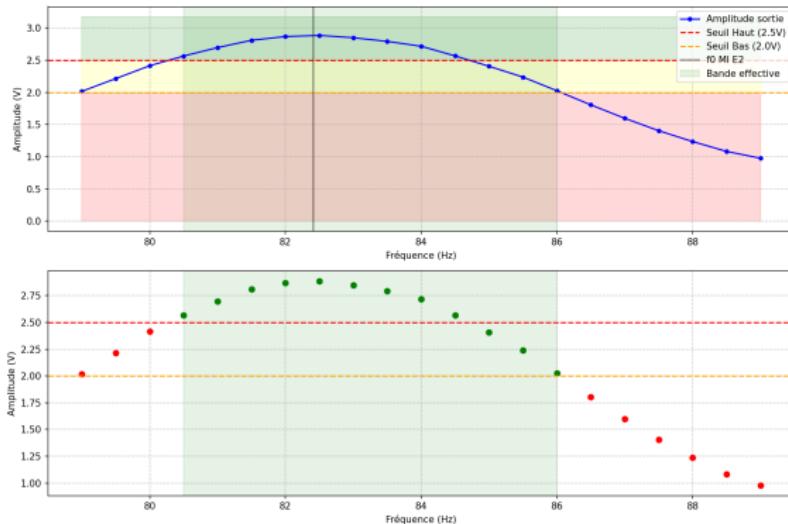


Figure: 25 : Bande passante mesurée : 5.5hz

Retour sur le cahier des charges

Exigences initiales

- Précision : $\frac{1}{4}$ de ton \rightarrow non respecté : 57 Cents
- BP : $f_2 - f_1 = 4.76$ Hz \rightarrow **5.5 Hz mesurée**
- Fonctionne au bruit
- Indications claires à l'utilisateur \rightarrow non respecté (manque de lisibilité)

Choix des composants électroniques (1/2)

Critères : précision, sensibilité, traitement signal audio

Redresseur actif :

- **Résistance liaison (passe-bande à redresseur) :**
 $R_1 = 10\text{ k}\Omega$
- **Diodes Schottky :** $D_1, D_2 = \text{1N5819}$ (faible chute tension $\approx 0,3\text{ V}$)
- **Résistance liaison (redresseur à ampli) :** $R_2 = 10\text{ k}\Omega$

Amplificateur opérationnel : TL072

- **Résistance entrée inverseuse :** $R_{A1} = 10\text{ k}\Omega$
- **Résistance rétroaction :** $R_{A2} = 50\text{ k}\Omega$ (Gain = 6)

Choix des composants électroniques (2/2)

Filtre passe-bas :

- **Résistance filtrage** : $R_b = 10 \text{ k}\Omega$
- **Condensateur filtrage** : $C_b = 159 \text{ nF}$ ($f_c \approx 100 \text{ Hz}$)

Comparateurs (Trigger de Schmitt pour LED) :

- **LED verte (seuil 2,5 V)** : $R_{V1} = 15 \text{ k}\Omega$, $R_{V2} = 10 \text{ k}\Omega$
- **LED rouge (seuil 2 V)** : $R_{R1} = 20 \text{ k}\Omega$, $R_{R2} = 10 \text{ k}\Omega$
- **Résistance LED** : 330Ω

Formules clés des filtres utilisés

Filtre passe-bande (Structure Rauch)

- **Fréquence centrale :** $f_0 = \frac{1}{2\pi R\sqrt{C_1 C_2}}$
- **Bande passante (BP) :** $BP = \frac{1}{\pi R_3 C}$
- **Facteur de qualité (Q) :** $Q = \frac{f_0}{BP}$
- **Fonction de transfert :** $H_{BP}(j\omega) = \frac{-R_3/R_1}{1+j\omega/(\omega_0 Q) - (\omega^2/\omega_0^2)}$

Formules clés des filtres utilisés

Filtre passe-bas (RC simple)

- Fréquence de coupure :

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_b C_b}$$

- Fonction de transfert :

$$H_{PB}(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{avec} \quad \omega_c = 2\pi f_c$$