

Anthony JUTON, Fabienne BERNARD, Jean-Charles VANEL

Octobre 2022

## Sommaire

<b>1 Le microphone</b>	<b>1</b>
<b>2 L'Amplificateur opérationnel</b>	<b>3</b>
2.1 Caractéristiques	3
2.2 Quelques circuits à base d'AOP	4
<b>3 Amplification pour le microphone</b>	<b>5</b>
3.1 Amplificateur seul	5
3.2 Circuit complet	6

La figure 1 rappelle le contexte du module d'ingénierie :

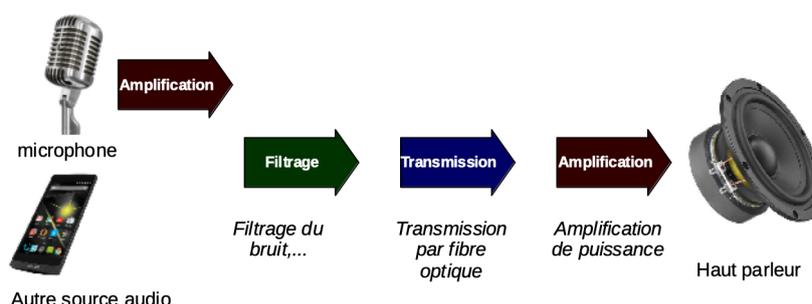


FIGURE 1 – Chaîne complète de transmission d'un signal audio

## Objectifs de la séance

On s'intéresse dans cette séance 5 à l'amplification du signal du microphone. On parle d'amplification signal quand l'objectif est d'amplifier une tension ou un courant, avec une puissance proche de 0.

A l'issue de cette séance, vous serez capable de :

- Concevoir, câbler et tester un circuit électronique à base d'amplificateur opérationnel,
- calculer puis ajuster la valeur des composants en fonction d'un cahier des charges,
- utiliser la fonction réalisée pour une application sonore,
- mettre en œuvre un microphone à électret.

## 1 Le microphone

Le microphone utilisé au cours de la séance est un microphone électret, présenté sur la figure 2.

**Technical Data:**

Frequency range	: 50Hz to 10kHz.
Sensitivity	: 5.6mV/Pa/1kHz.
Output impedance	: 2k $\Omega$ .
S/N ratio	: >34dB.
Coupling capacitor	: 0.1 to 4.7 $\mu$ F.
Power supply	: 1.5 to 10V dc, 5mA.
Dimensions (Diameter x Height)	: $\varnothing$ 9.7 x 6.7mm.

FIGURE 2 – Photo de la cellule microphone MP33125 ProSignal et extrait de sa documentation

**Q1** Par une recherche sur internet, expliquer en 3 lignes le fonctionnement d'un microphone à électret.

Pour que ce type de microphone puisse fonctionner, il est nécessaire que la tension moyenne à ses bornes soit positive. Pour cela, on inclue le microphone dans un circuit comprenant une source de tension constante (appelée source de tension continue) et une résistance selon le schéma de la figure 3.

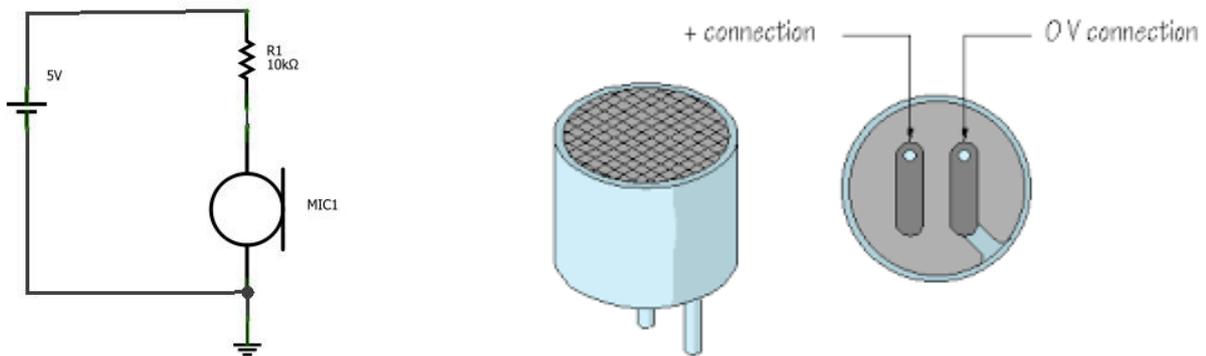


FIGURE 3 – Circuit d'utilisation du microphone et repérage des deux broches

↪ Réaliser le circuit électronique de la figure 3 pour une valeur de résistance  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  et afficher la tension  $V_m$  aux bornes du microphone à l'aide de l'oscilloscope.

↪ Mesurer la valeur moyenne de la tension  $V_m$ .

↪ Modifier la valeur de  $R_1$  à  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  et mesurer à nouveau la valeur moyenne de la tension  $V_m$ .

**Q2** Quelle est l'influence de la valeur de la résistance  $R_1$  sur la tension  $V_m$  ?

**Q3** Dédurre des mesures la valeur de la résistance de sortie du microphone.

↪ Utiliser un haut-parleur pour générer un son et observer la tension  $V_m$  à l'oscilloscope réglé en couplage DC puis AC, la valeur de la résistance  $R_1$  est fixée à  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ .

**Q4** Quel est l'intérêt du mode AC de l'oscilloscope ?

↪ Estimer l'ordre de grandeur de l'amplitude crête à crête des variations de la tension  $V_m$  ?

Afin de pouvoir exploiter le signal du microphone, il est nécessaire de placer un amplificateur de tension derrière ce circuit. Et avant cet étage d'amplification, on place un circuit qui coupe la composante continue (composante constante, valeur moyenne) du signal.

**Q5** Que se passerait-il si on ne coupait pas la composante continue ?

**Q6** Quel circuit peut-on proposer pour supprimer la composante continue en entrée de l'amplificateur ?

## 2 L'Amplificateur opérationnel

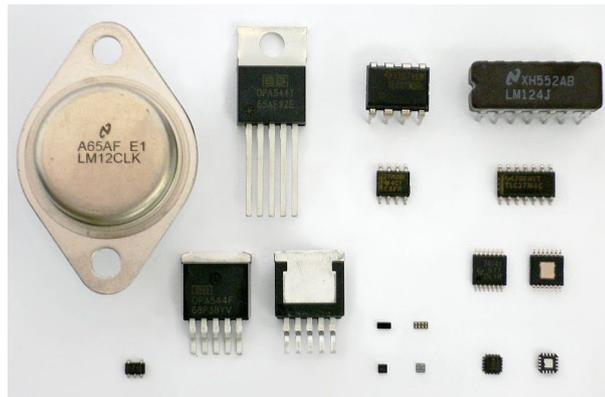


FIGURE 4 – Quelques amplificateurs opérationnels. (Photo Wikipédia)

### 2.1 Caractéristiques

Un amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel. Il amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Sa représentation schématique est donnée sur la figure 5, la photographie de la figure 4 montre différents composants de ce type.

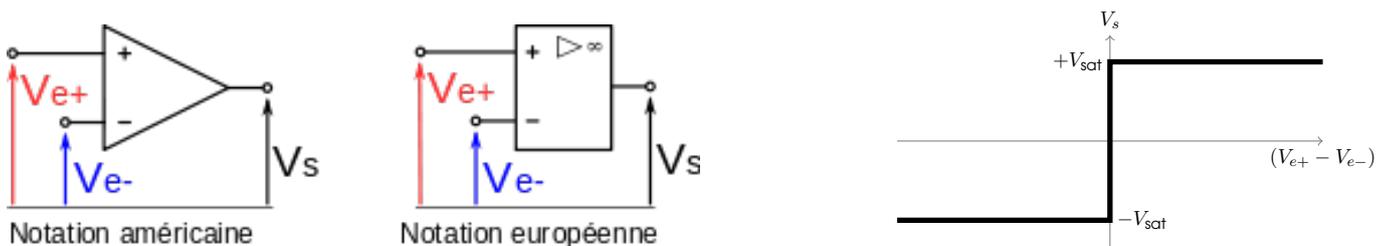


FIGURE 5 – Représentation schématique d'un amplificateur opérationnel et sa caractéristique entrée/sortie. La tension en sortie est toujours comprise entre les deux valeurs de saturation  $-V_{sat}$  et  $+V_{sat}$ .

Quand on parle d'amplificateur opérationnel parfait, on considère que son impédance d'entrée et son gain sont infinis et que son impédance de sortie est nulle.

**Q7** Si un quadripôle a une résistance d'entrée infinie, comment se comporte-t-il vis à vis du générateur placé en entrée ?

**Q8** Si un quadripôle a une résistance de sortie nulle, quel est l'effet sur la tension de sortie d'une multiplication par 2 de la résistance de charge ?

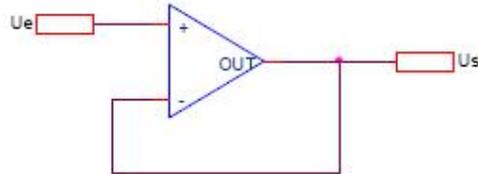
**Q9** Quel serait le signal de sortie si l'on appliquait un signal sinusoïdal de valeur moyenne nulle entre  $V_+$  et  $V_-$ , en entrée de l'amplificateur opérationnel ?

Pour réaliser une amplification en tension qui soit de valeur raisonnable, on n'utilise pas l'amplificateur opérationnel seul. De plus, ce composant ne permet pas seulement de réaliser des amplifications en tension, il peut être utilisé pour réaliser des fonctions de sommateur, de filtre, etc.

Quelques exemples de tels circuits sont donnés au paragraphe suivant.

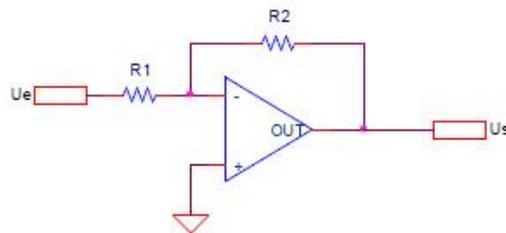
## 2.2 Quelques circuits à base d'AOP

Suiveur



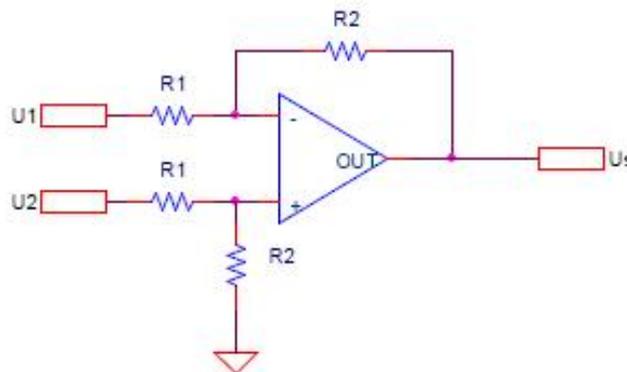
$$U_s = U_E$$

Amplificateur inverseur (de tension)



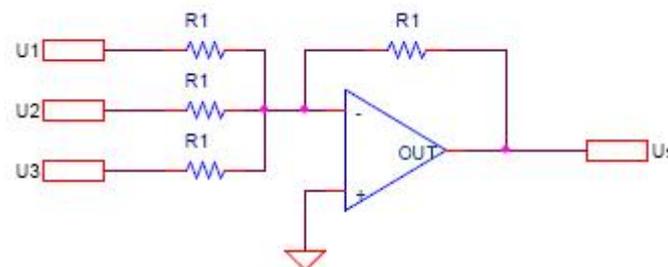
$$U_s = -\frac{R_2}{R_1} U_E$$

Soustracteur



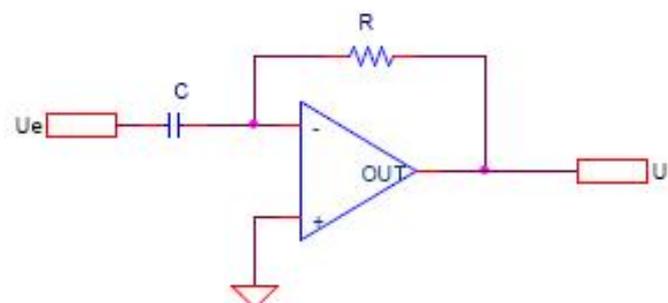
$$U_s = -\frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1)$$

Sommateur inverseur



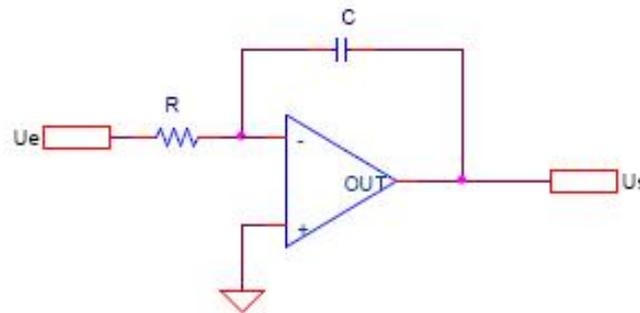
$$U_s = -(U_1 + U_2 + U_3)$$

Dérivateur



$$U_s(t) = RC \cdot \frac{dU_e(t)}{dt}$$

Intégrateur



$$U_s(t) = \frac{1}{T} \int U_e(t') dt'$$

### 3 Réalisation d'un amplificateur de tension pour le circuit du microphone

L'objectif de cette partie est d'étudier un circuit simple d'amplification afin de l'utiliser pour amplifier la tension fournie par un microphone. Le composant que l'on va utiliser est un TL071 dont vous pouvez trouver la documentation sur internet. La figure suivante en fournit le brochage.

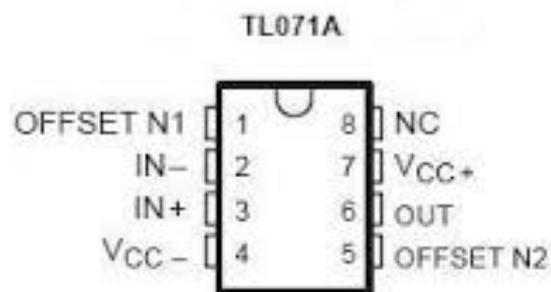


FIGURE 6 – Amplificateur opérationnel TL071. Les broches 1 5 et 8 ne sont pas utilisées ici.

**Q10** Quelles sont les broches consacrées à l'alimentation du composant ? Au fait, pourquoi a-t-on besoin de l'alimenter ?

#### 3.1 Amplificateur seul

Le circuit que l'on va réaliser est un amplificateur non-inverseur dont le schéma de principe est donnée sur la figure 7

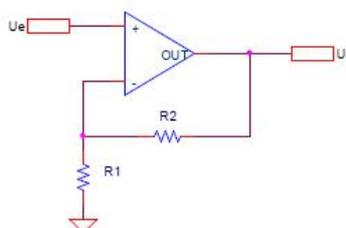
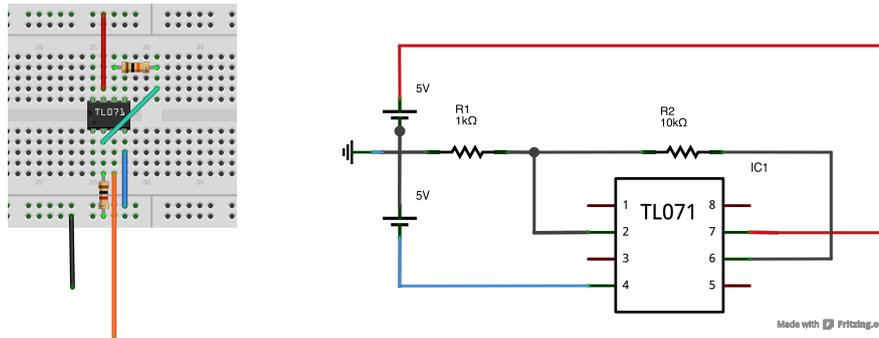


FIGURE 7 – Circuit amplificateur non-inverseur.

↪ Réaliser le circuit de la figure 7. à l'aide d'un composant TL071 alimenté avec une alimentation symétrique  $-5\text{ V}$ ,  $+5\text{ V}$ . Les valeurs des résistances sont fixées dans un premier temps à  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ . Pour réaliser le circuit on pourra s'aider du schéma *fritzing* de la figure 8.

FIGURE 8 – Schéma *fritzing* de l'amplificateur non-inverseur.

↪ Appliquer une tension sinusoïdale en entrée du circuit, d'amplitude 1 V crête à crête environ et de fréquence 1 kHz. Modifier l'amplitude du signal d'entrée et observer l'incidence de ce changement sur le signal de sortie.

**Q11** Est-ce bien un circuit amplificateur ? Quelles en sont les limites en amplitude ?

↪ Mesurer précisément le gain d'amplification à cette fréquence de 1 kHz.

**Q12** La valeur du gain est-elle suffisante pour l'application visée ? Proposer une modification du circuit pour obtenir un gain différent ?

↪ Mettre en œuvre ce circuit et vérifier son gain.

**Q13** Ce circuit convient-il pour le microphone ?

### 3.2 Circuit complet

**Q14** Pourquoi est-il nécessaire de placer un filtre entre le circuit du microphone et l'amplificateur ? Quel type de filtre ?

↪ Concevoir et réaliser un tel circuit. Tester son fonctionnement. Afficher en particulier sur l'oscilloscope la tension du microphone et le signal de sortie.

↪ Brancher le haut-parleur en sortie. Que se passe-t-il ?

↪ Laisser câblé le circuit afin de le réutiliser lors de la séance prochaine.