

Anthony JUTON, Fabienne BERNARD, Jean-Charles VANEL

Septembre 2022

Sommaire

1 Les harmoniques d'un signal périodique	2
1.1 Le générateur de signaux	2
1.2 Analyse temps-fréquence	2
2 Filtrage RC, filtrage CR	2
3 Résistance d'entrée d'un casque	4

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

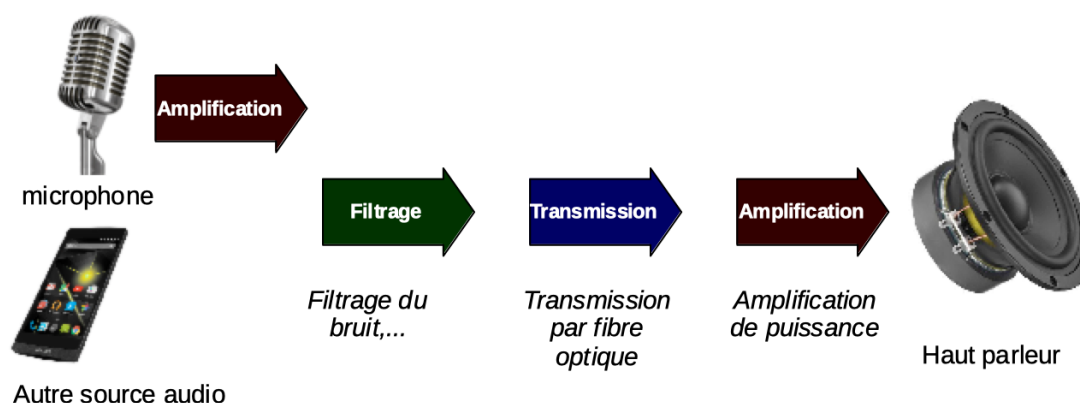


FIGURE 1 – Chaîne complète de transmission d'un signal audio

Objectifs de la séance

Au cours de cette séance, vous découvrirez :

- qu'un signal périodique est une somme de sinusoïdes,
- quels sont les effets d'un filtre RC et d'un filtre CR sur un tel signal,
- qu'un capteur ou instrument peut influencer le comportement du montage qu'il contribue à observer.

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

- Définir et observer les harmoniques d'un signal périodique.
- Générer un signal de fréquence et de forme (sinus, triangle, carré) données.
- Prendre en compte l'effet des instruments de mesure ou des capteurs dans l'analyse du comportement d'un montage.

1 Les harmoniques d'un signal périodique

1.1 Le générateur de signaux

La semaine passée, Phyphox a été utilisé pour générer un signal sinusoïdal à l'aide d'un smartphone. Le générateur de signaux est l'instrument utilisé en électronique pour cela.

↪ Brancher le générateur sur une plaquette d'essai et sur l'oscilloscope. Générer et écouter un signal sinusoïdal à 440 Hz (le 3ème La d'un Piano), de même amplitude que celui généré par Phyphox la semaine passée.

↪ Générer et écouter un signal sinusoïdal de fréquence 1320 Hz (3×440 Hz).

↪ Générer et écouter un signal carré de fréquence 440 Hz.

Q1 Que remarque-t-on ? Analyser les similitudes et les différences des différents rendus sonores.

1.2 Analyse temps-fréquence

↪ Lire et analyser le document suivant : <https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/ingenierie.villeborchardpak/wp-content/Ressources/DocsPedago/S5/HarmoniquesEtSF.pdf>

Q2 Expliquer le lien entre les observations faites à la question **Q1** et ce modèle harmonique des signaux périodiques.

Pause bilan

Q3 Qu'est-ce que le spectre d'un signal périodique ? Qu'est-ce que le fondamental ? Qu'est-ce qu'une harmonique ?

Pour la semaine prochaine, il est possible et même souhaitable d'apporter des instruments de musique pour en observer les spectres.

Q4 En quoi l'étude des signaux sinusoïdaux est-elle plus intéressante que celle des autres signaux ?

2 Filtrage RC, filtrage CR

On regarde désormais les effets des 2 filtres les plus simples sur un signal audio.

Chaque binôme travaillera sur un des deux types de filtre (voir figure 2) et partage ses résultats avec les autres binômes, au tableau.

Au sujet des valeurs des composants Les valeurs des résistances R_1 et R_2 peuvent être prises entre 100Ω et $100 \text{ k}\Omega$ et les valeurs de C_1 et C_2 entre 1 nF et $1 \mu\text{F}$. En effet :

- En dessous de 100Ω , le courant (typiquement de l'ordre de $5 \text{ V} / 100 \Omega = 50 \text{ mA}$) est trop important pour les composants d'électronique.
- Au dessus de $100 \text{ k}\Omega$, le bruit électronique, proportionnel à la résistance, est trop important.
- En dessous de 1 nF , les capacités parasites de la plaquette d'essais ne sont plus négligeables.
- Au dessus de $1 \mu\text{F}$, les condensateurs plastique fonctionnant à haute fréquence commencent à être gros.

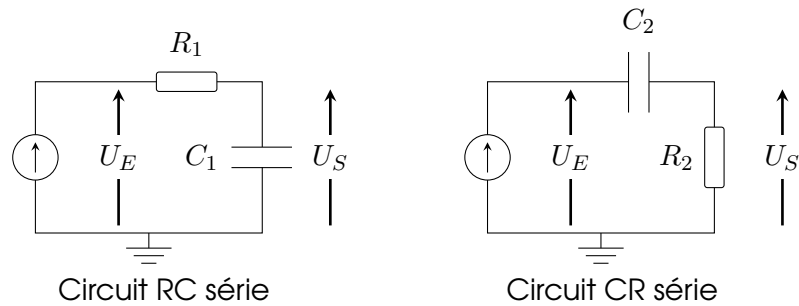


FIGURE 2 – Les deux filtres simples étudiés. La tension d'entrée est celle aux bornes du générateur, notée U_E . La tension de sortie est notée U_S .

Q5 Quelle est l'équation caractéristique d'une résistance R ? Quelle est l'équation caractéristique d'un condensateur C ? En déduire la dimension ou grandeur physique de la constante RC .

La dimension regroupe les grandeurs physiques pouvant s'exprimer avec la même unité. Par exemple la pesanteur a la même dimension qu'une accélération (ou parle d'ailleurs d'accélération de la pesanteur). La dimension d'une grandeur physique s'exprime par rapport aux dimensions des sept unités de base du Système International, présentées sur la figure 3

Les unités de base du SI

Grandeur de base		Unité de base	
Nom	Symbole caractéristique	Nom	Symbole
temps	t	seconde	s
longueur	$l, x, r, \text{etc.}$	mètre	m
masse	m	kilogramme	kg
courant électrique	I, i	ampère	A
température thermodynamique	T	kelvin	K
quantité de matière	n	mole	mol
intensité lumineuse	I_v	candela	cd



FIGURE 3 – Les unités de base du système international. Source : Bureau International des Poids et Mesures www.bipm.org

On nomme $\tau = RC$ la constante de temps du filtre.

Lors de l'étude d'un quadripôle (un circuit ayant 2 bornes à l'entrée et 2 à la sortie), on affiche habituellement sur la voie 1 de l'oscilloscope le signal d'entrée et sur la voie 2 de l'oscilloscope le signal de sortie.

On note bande passante à -3 dB (terme qui sera expliqué en S6) la plage de fréquence dans laquelle le signal est atténué de moins de 1,414 (c'est à dire $\sqrt{2}$)

↪ Faire évoluer en entrée du filtre un signal sinusoïdal de fréquence variable et observer l'entrée et la sortie.

Q6 Quelle est la bande passante du filtre étudié? En déduire le type du filtre : passe-bas, passe-bande, passe-haut.

Q7 A partir des observations des autres binômes également, établir un lien entre pulsation de coupure (c'est la pulsation limite de la bande passante) et valeur de RC . On rappelle que la pulsation est égale à $2\pi \times f$ où f est la fréquence en Hz

Q8 Quelle est la valeur du déphasage (retard du signal de sortie sur le signal d'entrée, exprimé en angle, 2π correspondant à une période) entre le signal d'entrée et le signal de sortie dans la bande passante, à la fréquence de coupure et plus loin dans la bande atténuée.

3 Résistance d'entrée d'un casque

↪ Tester le montage de la figure 4 ci-dessous, avec $R_1 = R_2 = 100 \Omega$

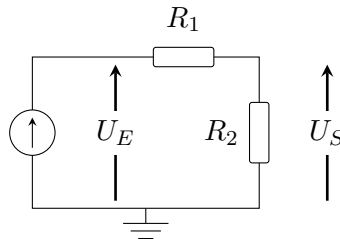


FIGURE 4 – Circuit étudié

Q9 Quel est le nom d'un tel montage ? Quel est la relation entre le signal de sortie et le signal d'entrée ?

↪ Remplacer la résistance R_2 par un casque audio.

Q10 Quel est l'effet du casque sur la sortie du signal ? Pourquoi ?

↪ Vérifier si l'effet du casque est indépendant de la fréquence.

Q11 Comment peut-on modéliser le casque dans le circuit électronique ?

Un instrument de mesure, ou un capteur (ici le casque audio) peut influencer le comportement du montage. Il est donc important de modéliser comment il se comporte électroniquement dans le montage où on l'intègre. On nomme résistance d'entrée la résistance que son entrée présente au montage électronique. Quand le comportement de l'entrée dépend de la fréquence, on parle d'impédance d'entrée (étudiée en S6).

Q12 Quelle est la résistance d'entrée d'une enceinte amplifiée (entrée dite « line ») ?

Q13 Quelle est la valeur de résistance d'entrée qui influence le moins un montage ?

↪ Observer dans les paramètres de la voie d'oscilloscope la valeur de l'impédance d'entrée d'une voie.

Q14 A l'aide d'une enceinte amplifiée, sur laquelle il est possible de brancher un casque pour ne pas déranger ses voisins, écouter l'influence d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut bien choisi sur une musique.