

# Du Système à la Fonction

Pierre PROT

Ecrit par Mathieu COCHET

EFREI 2016

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Système de réseaux linéaires</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Représentation d'un quadripôle</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Puissance de transmission</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Amplification</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Combiné téléphonique</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Groupe de réseau</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Amplification</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Les transistors</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Mosfet N</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Filtrage</b>	<b>13</b>
10.1	Le Passe Bas RC . . . . .	15
10.2	Autres filtres simples . . . . .	16
10.3	Filtres complexes . . . . .	17
10.4	Gabarit des filtres . . . . .	18
10.5	Filtres complexes analogique . . . . .	18
10.6	Filtrage actif . . . . .	19

<b>11 Téléphonie numérique</b>	<b>20</b>
11.1 Définition . . . . .	20
11.2 Principe . . . . .	20
11.3 Filtrage numérique . . . . .	21
11.4 Application des filtres . . . . .	23

## 1 Système de réseaux linéaires

Un composant est linéaire si on a  $V = f(I)$

Exemples de composants linéaires :

- Résistances
- Bobines
- Condensateurs

Exemples de composants non linéaires :

- Transistors
- Diode

Tout réseau linéaire peut être remplacé par un *générateur de Thévenin* :

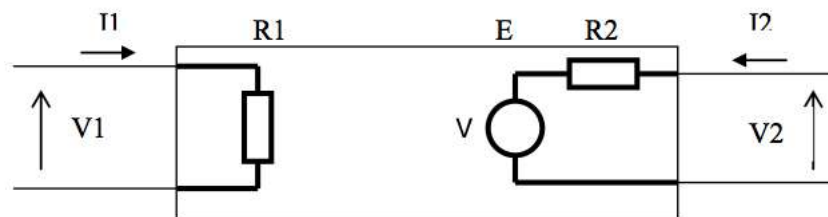
- $E_{th}$  est calculé en mesurant la tension de sortie à vide.
- $R_{th}$  est calculé en mesurant l'impédance du réseau.

Impédance caractéristique :

- Générateur de courant :  $+\infty$
- Générateur de tension : 0

## 2 Représentation d'un quadripôle

Un quadripôle, ou quadripôle, est un composant ou un circuit (ensemble de composants) à deux entrées et deux sorties, permettant le transfert d'énergie entre deux dipôles.



Tout quadripôle linéaire (contenant un réseau linéaire) est modélisable par la représentation précédente.

⇒ On en déduit que  $V = KV_1$

### 3 Puissance de transmission

La transmission a pour but de maximiser le transfert d'énergie et la puissance entre l'émetteur et le récepteur.

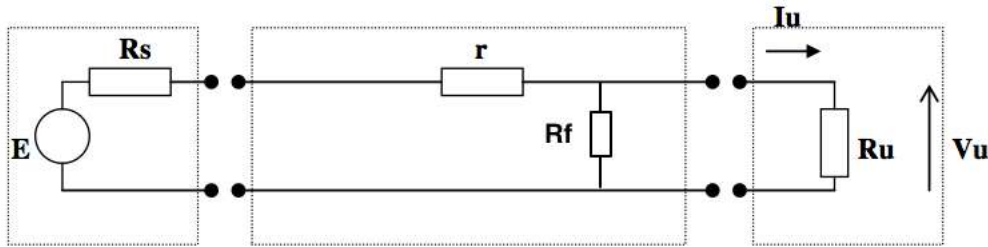


Schéma de base d'un système de transmission

Caractéristiques :

- Un courant de fuite passe dans  $R_f$ .
- Facteur de puissance :

$$F_p = \frac{P_u}{P_s}$$

Exemples de puissance :

- $1 \mu W$  → Signal reçu sur une antenne de GSM.
- $1 mW$  → Ecouteurs
- $10 mW$  → LED
- $1 W$  → Signal émis sur une antenne de GSM
- $10 W$  → Ampoule de basse consommation
- $100 W$  → PC fixe, émetteur FM
- $1 kW$  → Chauffage

⇒ On ne peut pas représenter ces signaux avec une échelle linéaire. On leur associe donc des valeurs homogènes à leur puissance de 10, et plus précisément au logarithme de leur puissance en Watt.

Exemples :

1.  $\log_{10}(100W) = 2$
2.  $\log_{10}(1\mu W) = -6$

$$P_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(P_w)$$

⇒  $P_{dB}$  s'exprime en *décibel*.

$$\begin{aligned}
 P' &= 10 \times P \\
 P_{dB} &= 10 \cdot \log_{10}(10 \cdot p) \\
 &= 10 \log_{10} + 10 \log_{10}(P) \\
 &= 10 \times 1 + 10 \log_{10}(P) \\
 &= 10 + P_{dB}
 \end{aligned}$$

⇒ On en conclut que son multiplie la puissance par :

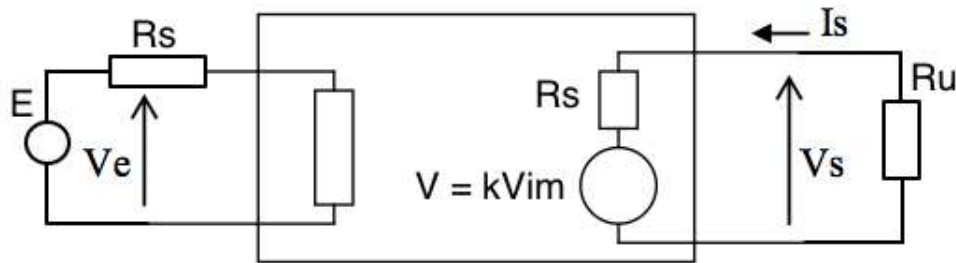
- 10 → On augmente  $P_{dB}$  de 10 dB.
- 100 → On augmente  $P_{dB}$  de 20 dB.
- 1000 → On augmente  $P_{dB}$  de 30 dB.

On conclut aussi que :

$$\begin{aligned}
 U_{dB} &= 20 \log_{10}(U) \\
 I_{dB} &= 20 \log_{10}(I)
 \end{aligned}$$

## 4 Amplification

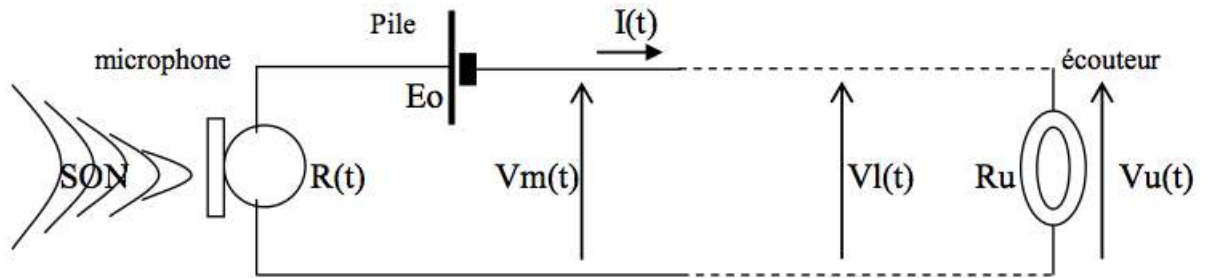
L'amplification d'un signal consiste à multiplier ce signal par une grandeur réelle.



$$\begin{aligned}
 V_{out} &= V \frac{R_u}{R_u + R_s} = kV_{in} \frac{R_u}{R_u + R_s} \\
 \frac{V_{out}}{V_{in}} &= k \frac{R_u}{R_u + R_s}
 \end{aligned}$$

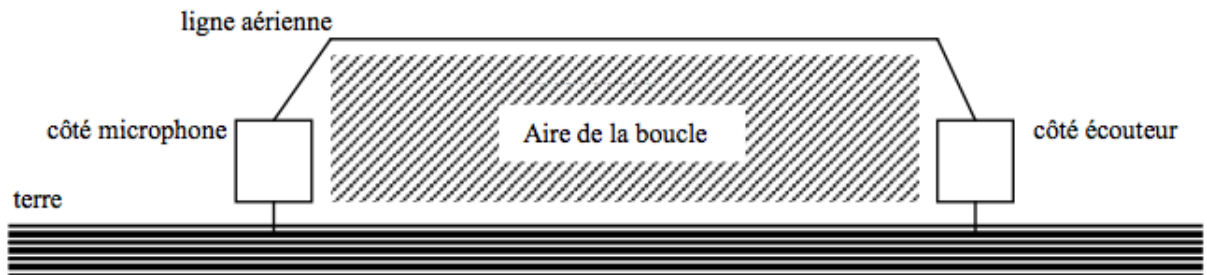
L'amplification ne dépend pas que l'amplificateur, mais aussi de ce qu'il y a avant et de ce qu'il y a après.

## 5 Combiné téléphonique



Exemple d'un combiné téléphonique

⇒ La pile mise ici en série peut aussi être mise en parallèle dans certains cas.



Principe du télégraphe, une boucle est formé entre la ligne aérienne et la terre.

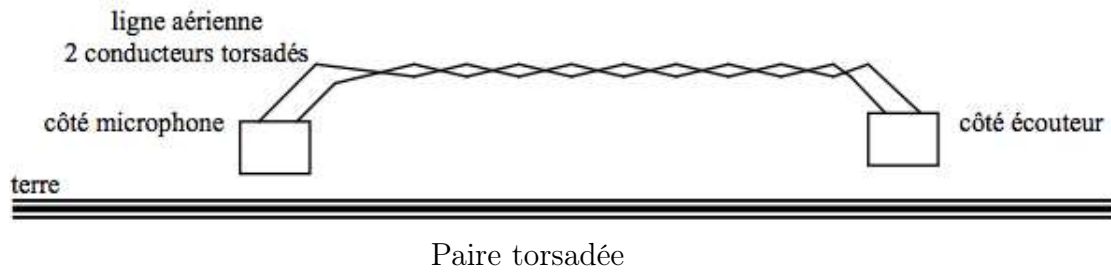
**Théorème de Gauss** : Si un champ électrique passe dans une surface délimitée par un conducteur, alors il génère dans le conducteur un courant proportionnel à la surface.

il existe deux types de signaux :

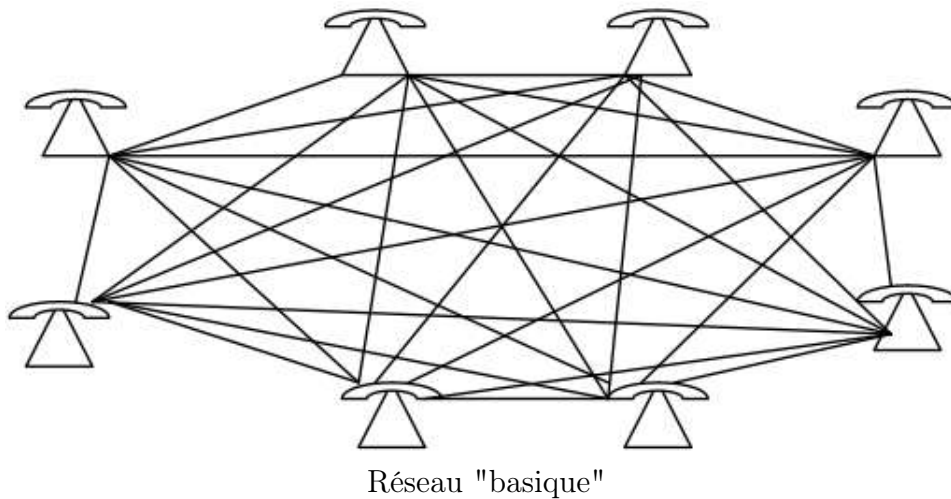
- Morse : Le signal morse est un signal binaire, il est peu sensible au bruit. Il est facile le distinguer.
- Audio : Le signal audio est très sensible au bruit, le signal étant modélisante par une courbe ce dernier influence beaucoup la transmission. On "joue" donc sur la surface de la boucle pour y remédier.

⇒ Le bruit est formé à cause des champs magnétiques qui passe dans la boucle entre la ligne aérienne et la terre.

Une des solutions pour limiter cet effet est de diminuer l'aire de la boucle en isolant les conducteurs la terre et en torsadant ces derniers.

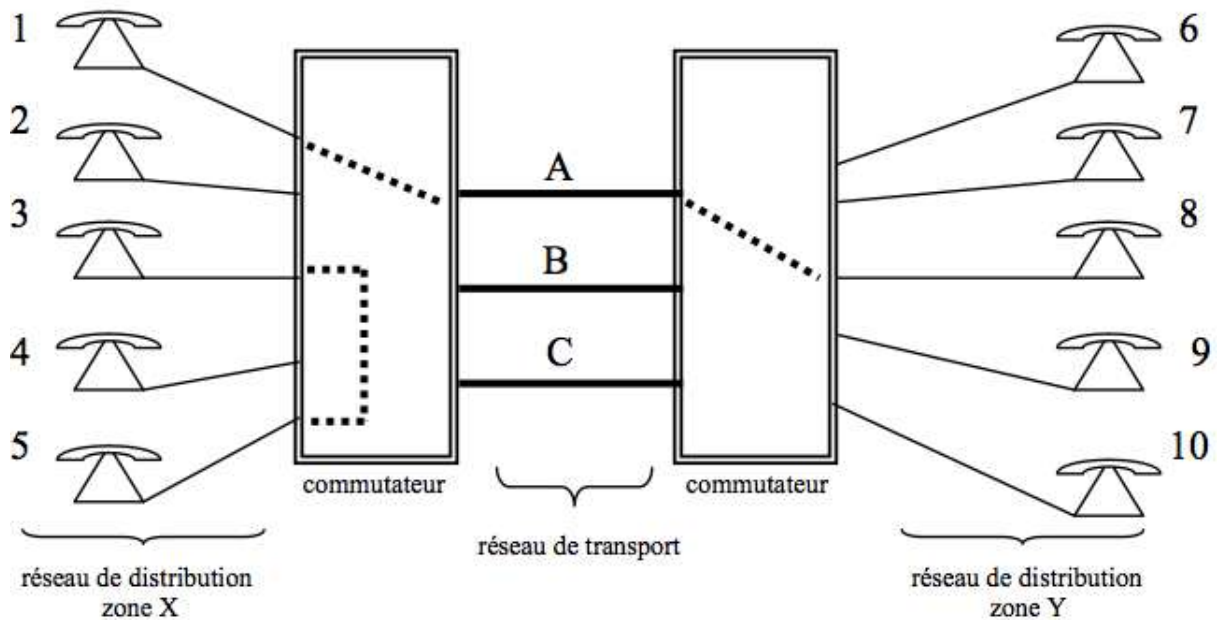


## 6 Groupe de réseau



⇒ Ce type de réseau présente un problème, il y a énormément de fils.

De plus ce réseau serait totalement inutile, beaucoup de liaisons ne seraient jamais utilisées. Il faudrait que pour un nombre  $N$  de postes, chaque poste soit relié avec les  $N-1$  autres postes, ce câblage serait bien entendu inconcevable à grande échelle.



Réseau centralisé

⇒ Ce type de réseau sert à relier plusieurs réseaux entre eux.

Principaux problèmes :

- Il y a un nombre maximal d'abonnés.
- Peu de lignes donc il arrive que le réseau soit saturé en fonction de la dimension des liens interlieux.
- Il faut faire un adressage des abonnés.

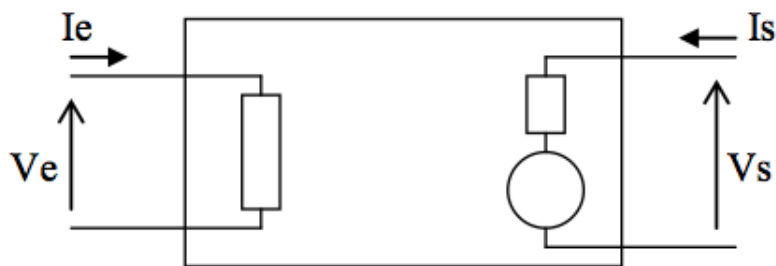


## 7 Amplification

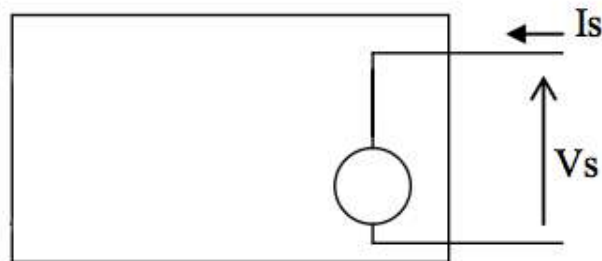
Ce sont donc des quadripôles qui vont une puissance faible, et qui doivent fournir une puissance plus élevée. Un amplificateur est, par définition tel que  $P_s$  est supérieur à  $P_e$ .

Il existe deux types d'amplificateur :

- Amplificateur réel :

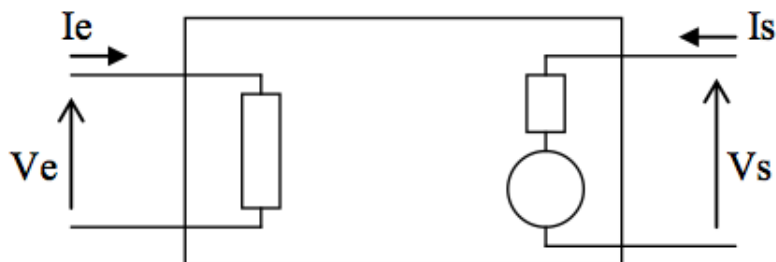


- Amplificateur idéal :

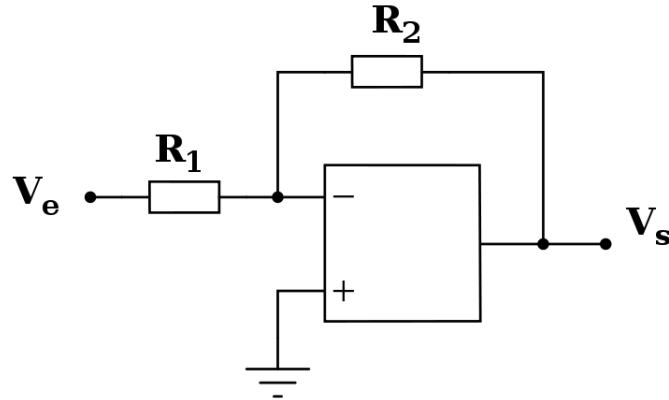


Différents amplificateurs réels :

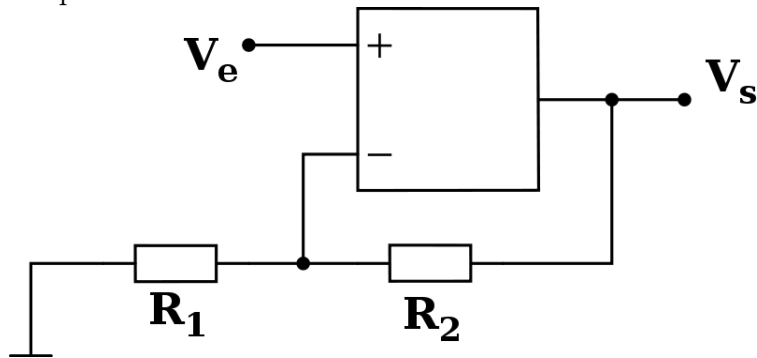
- Boucle ouverte :



- Amplificateur non-inverseur :



- Amplificateur inverseur :

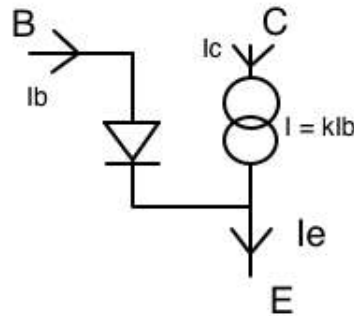
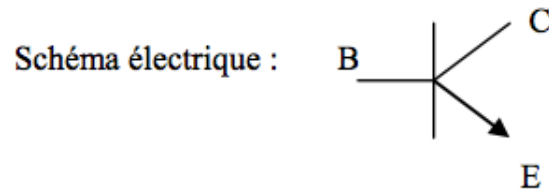
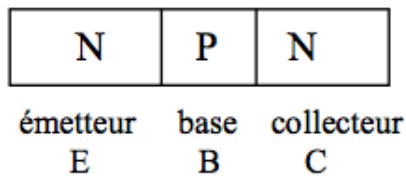


On peut distinguer deux types d'entrée :

- $P_e$  très faible car  $I_e$  est très faible, ce qui conduit à  $R_e$  grande, l'information utile étant donc contenue dans  $V_e$ .
- $P_e$  très faible car  $I_e$  est très faible, ce qui conduit à  $R_e$  grande, l'information utile étant donc contenue dans  $I_e$ .

## 8 Les transistors

Le transistor est un composant électronique actif utilisé pour beaucoup de choses, comme amplificateur de signal pour le cas du transistor NPN, c'est celui-ci qui va nous intéresser.



Transistor NPN

Le générateur présent dans le transistor n'en est pas vraiment un, il doit être vu comme un limiteur de courant, il ne fonctionne que si une source externe cherche à faire passer du courant dans celui-ci.

Diode :

- Passante  $\Rightarrow I_D \neq 0$  et  $V_D \simeq 0.6V$
- Bloquée  $\Rightarrow V_D < 0.6V$

Mode linéaire (diode passante) :

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_E \simeq \beta I_B \simeq I_C$$

Mode bloqué :

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = \beta I_B = 0$$

Mode saturé :

$$I_B \nearrow$$

$$I_C \nearrow$$

$$V_R I_R \cdot R \nearrow$$

$$V_{CE} = E \cdot V_R \searrow$$

$\Rightarrow$  Quand  $V_{CE}$  atteint 0, le courant  $I_C$  ne peut plus augmenter. Dans ce cas, on atteint un point où  $V_{CE} = V_{CE_{sat}} \approx 0$  et  $I_C \leq \beta I_B$

## 9 Mosfet N

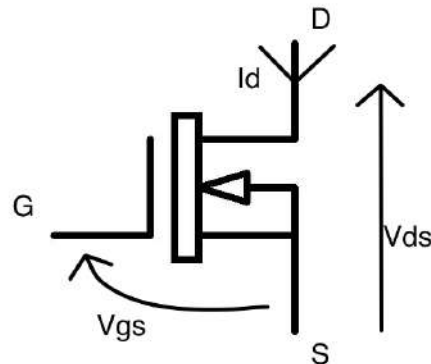


Schéma basique d'un MOSFET N

$V_{GS}$  petit ( $< V_{GS_{TH}}/2$ ) :

$$\Rightarrow R_{DS} \approx \infty (1 - 100 M\Omega)$$

$V_{GS}$  grand ( $> 2V_{GS_{TH}}$ ) :

$$\Rightarrow R_{DS} \rightarrow R_{DS_{ON}} (1 n\Omega - 10\Omega)$$

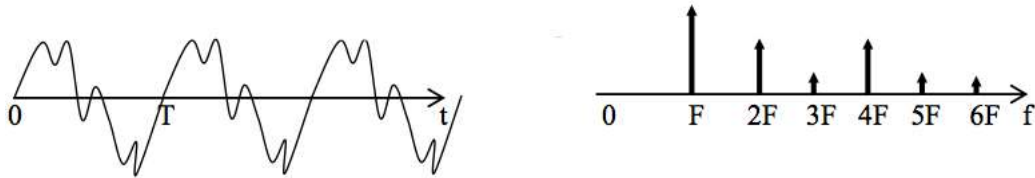
- Mode bloqué "off" :  $V_{GS}$  petit  $\Rightarrow R_{DS}$  grand  $\Rightarrow I_D = I_S \approx 0$
- Mode passant "on" :  $V_{GS}$  grand  $\Rightarrow R_{DS}$  petit  $\Rightarrow I_D = \frac{V_{DS}}{R_{DS_{ON}}} =$  grand

## 10 Filtrage

**Théorème de Fourier** : Tout signal est décomposable en une somme de sinusoides de fréquences et d'amplitudes données.

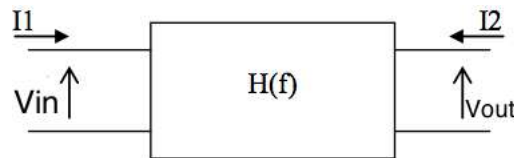
$$s(t) = \sum_{i=1}^n \sin(2\pi f_i t + \varphi) \times A_i$$

Tout signal, peut être représenté en fréquentielle ou bien en temporel :



Représentation temporelle puis fréquentielle

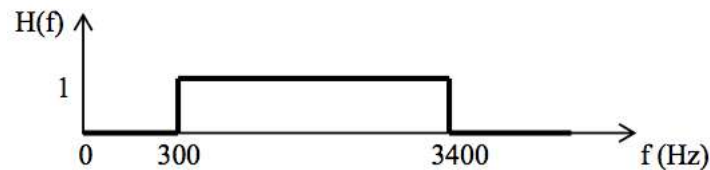
**Filtre** : Un filtre a pour but de modifier l'amplitude de certaines fréquences d'un signal. Il agit aussi sur la phase.



Représentation d'un filtre

Fonction de transfert du filtre :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = h(f)$$



Représentation graphique d'un filtre

$$V_{out} = h(f) \cdot V_{in}$$

- f petit, h grand  $\Rightarrow V_{out} > V_{in}$
- f moyen, h petit  $\Rightarrow V_{out} < V_{in}$
- f grand,  $h = 1 \Rightarrow V_{out} = V_{in}$

Gain en décibel :

$$|h(f)|_{dB} = 20 \cdot \log_{10}(|h(f)|)$$

On représente ce gain en dB grâce au *diagramme de Bode* :

- f sur un axe logarithmique
- $|h(f)|$  en dB

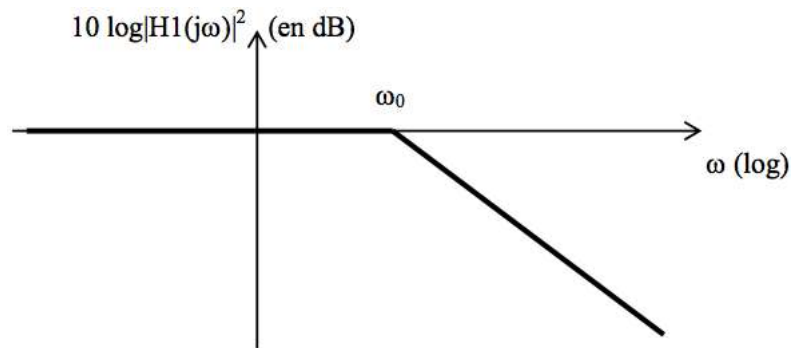


Diagramme de Bode

Il existe plusieurs fonctions de transfert de base :

1.

$$h(\omega) = j \frac{\omega}{\omega_0}$$

2.

$$h(\omega) = \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

3.

$$h(\omega) = 1 + j \frac{\omega}{\omega_0}$$

4.

$$h(\omega) = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

- $\omega = \omega_0 \Rightarrow |h(\omega)| = \left| \frac{1}{j1} \right| = 1 = 0dB$
- $\omega < \omega_0 \Rightarrow h(\omega) \approx 1 = 0dB$
- $\omega \gg \omega_0 \Rightarrow 1 \ll \frac{\omega}{\omega_0} \Rightarrow h(\omega) \approx \frac{\omega}{\omega_0}$
- $f$  : fréquence
- $\omega$  : pulsation  $\rightarrow \omega = 2\pi f$
- $\omega_0$  : pulsation de coupure

Quand on augmente d'une décade le module de H, on augmente le gain en dB :

$$|H'(j\omega)| = 10|H(j\omega)|$$

$$|H'(j\omega)|_{dB} = 20 + |H(j\omega)|_{dB}$$

## 10.1 Le Passe Bas RC

Un filtre passe-bas ne laisse passer que les fréquences au-dessous de sa fréquence de coupure. C'est un atténuateur d'aiguës pour un signal audio. On pourrait l'appeler coupe-haut.

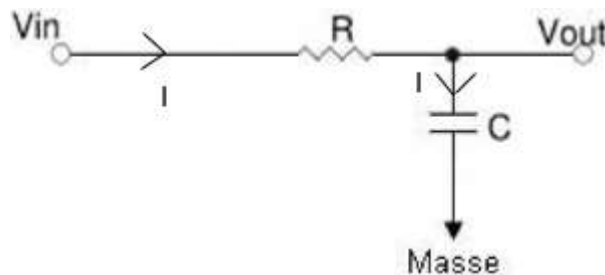


Schéma électrique d'un passe-bas

$$I = \frac{V_R}{R}$$

$$V_R = V_{in} - V_{out}$$

$$I = \frac{V_{in} - V_{out}}{R}$$

$$I = C \frac{dU}{dt} \Leftrightarrow U = \int \frac{I}{C} dt$$

$$V_{out}(t) = V_{in} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

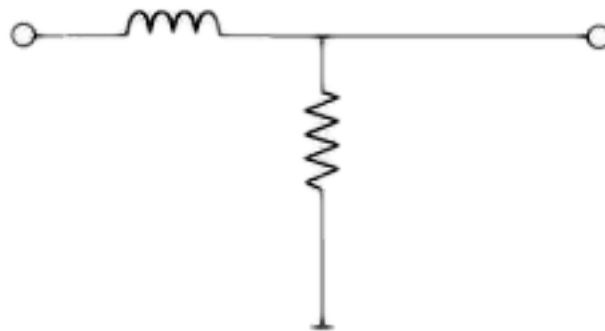
$$\tau = RC$$

Rappel :

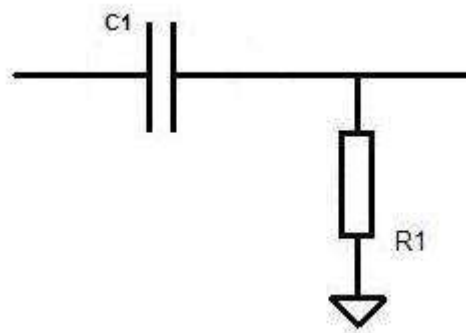
	C	L
Basse fréquence	Interrupteur ouvert	Interrupteur fermé
Haute fréquence	interrupteur fermé	Interrupteur ouvert

## 10.2 Autres filtres simples

1. Passe-haut RL :



2. Passe-bas RC :



⇒ Ce sont des filtres du premier ordre car il n'y a qu'un seul élément filtrant (élément dont le comportement est différent entre basses fréquences et en hautes fréquences).



### 10.3 Filtres complexes

Passe-bas LC :

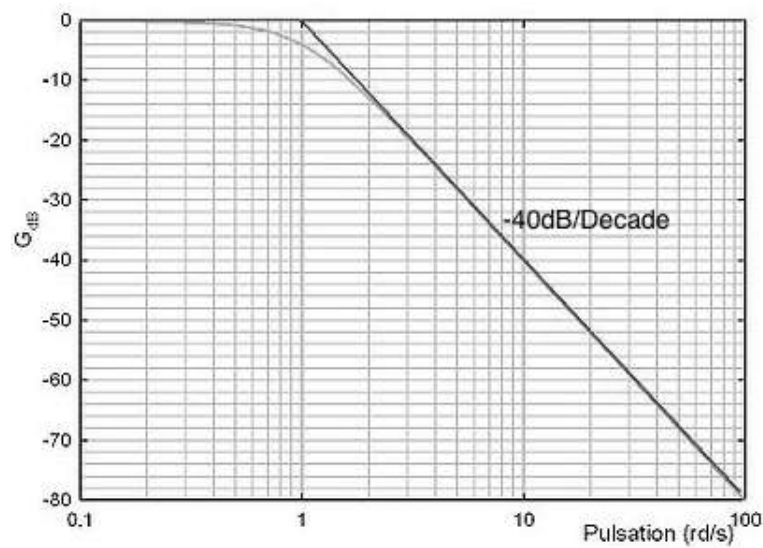
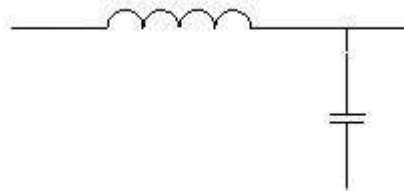
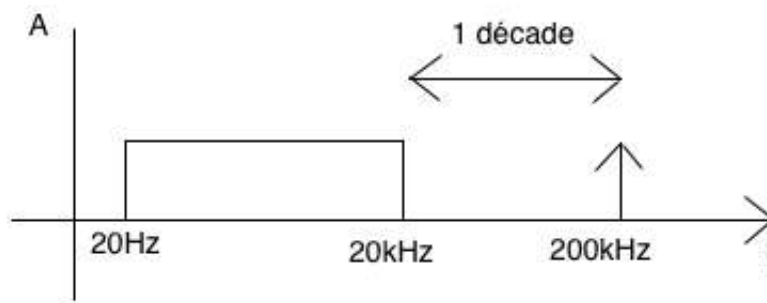


Diagramme de bode d'un filtre passe-bas LC du second ordre avec une pente de -2

## 10.4 Gabarit des filtres

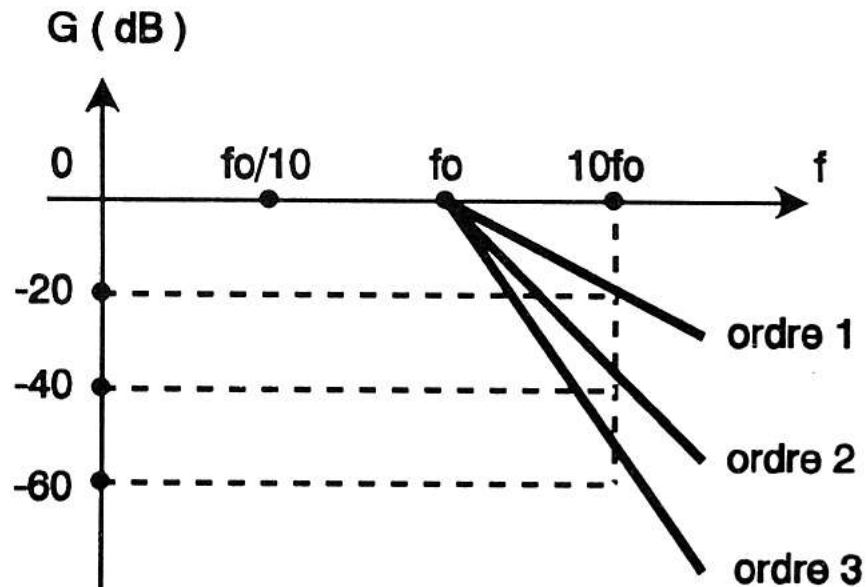
On cherche à réduire les parasites présents après le signal audio.



⇒ On applique un filtre passe bas d'une pente de -1 entre 20 kHz et 200 kHz, cela aura pour effet de réduire le signal entre ses deux bornes de -20 dB.

## 10.5 Filtrages complexes analogiques

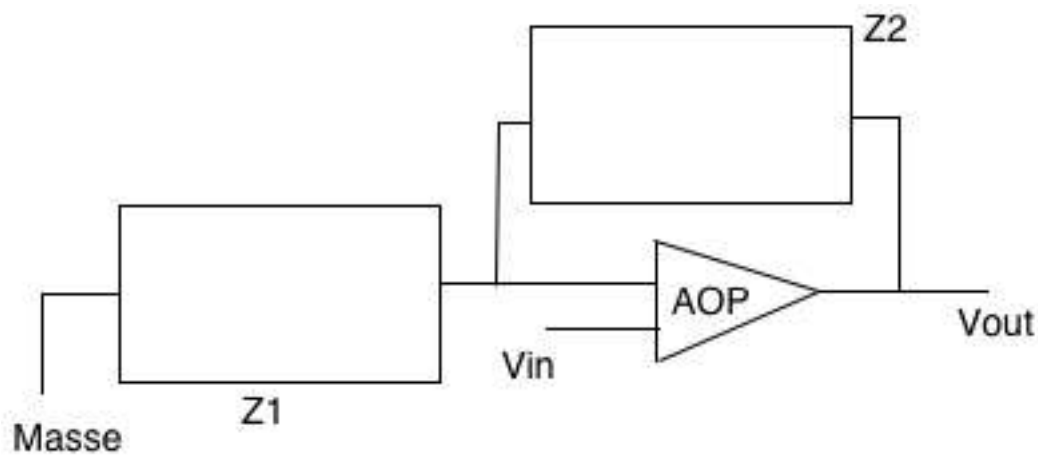
Afin d'augmenter les pentes des filtres, on met plusieurs filtres en séries.



Paramètres de conception d'un filtre :

- Ordre du filtre
- Ondulation maximum
- Niveau maximum du ripple ( )
- Type de réponse (Bessel, Butterworth, Chely)
- Fréquence de coupure  $\omega_0$
- Impédance de sortie et d'entrée

## 10.6 Filtrage actif



Filtre à base d'amplificateur opérationnel

⇒  $Z_1$  et  $Z_2$  sont des éléments filtrants.

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{Z_2 + Z_1}{Z_1}$$

Avantages d'un filtre AOP :

- L'impédance de sortie est nul.
- Il est possible d'avoir une résistance d'entrée très grande.

Inconvénients :

- La puissance de sortie est limitée par la sortie de l'AOP ( $< 1W$ ). Pour palier ce problème, on utilise un ampli de puissance en série avec l'amplificateur opérationnel.

- Limité en fréquence

## 11 Téléphonie numérique

### 11.1 Définition

Avantages du numérique :

- Peu sensible à l'atténuation
- Peu sensible aux perturbations
- Une ligne = Une information

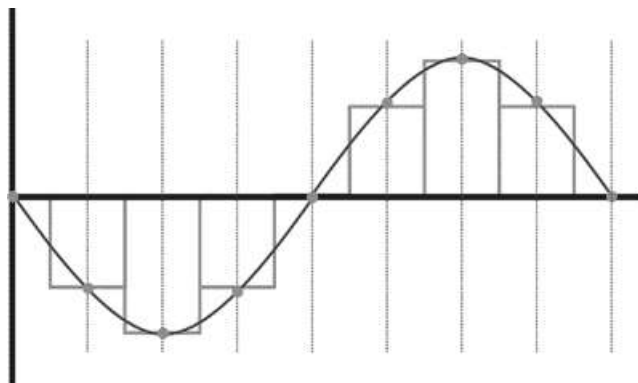
### 11.2 Principe



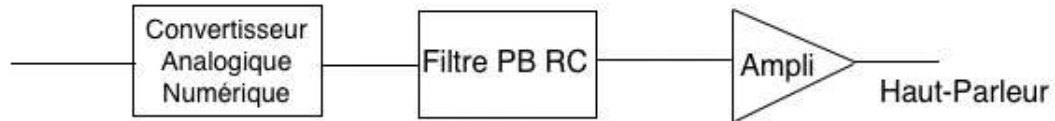
Principe de la téléphonie numérique

Etape de la numérisation d'un signal :

- On prend les points à intervalle régulier
- On stock les valeurs de courbes après les avoir arrondies (quantisation)
- On convertie ensuite ses valeurs en binaire pour les transmettre



Numérisation d'un signal analogique



Sortie de transmission d'un signal numérique

⇒ Le filtre lise la tension de sortie du CNA.

La qualité du signal dépend de :

- Plus  $T_e$  (intervalle entre deux points d'échantillon) est petit, plus l'on obtient une meilleure qualité. Mais il y a plus d'échantillon à transmettre, il veut augmenter le débit.
- Plus le pas de quantification (Différence minimale entre 2 arrondis) est petit, moindre est l'erreur d'arrondie. Plus le pas de quantification est petit, plus il faut de bits pour stocker les informations.

L'indicateur de qualité principal s'appelle le SNR (Signal Noise Ratio).

$$SNR = \frac{A_{signal}}{A_{bruit}}$$

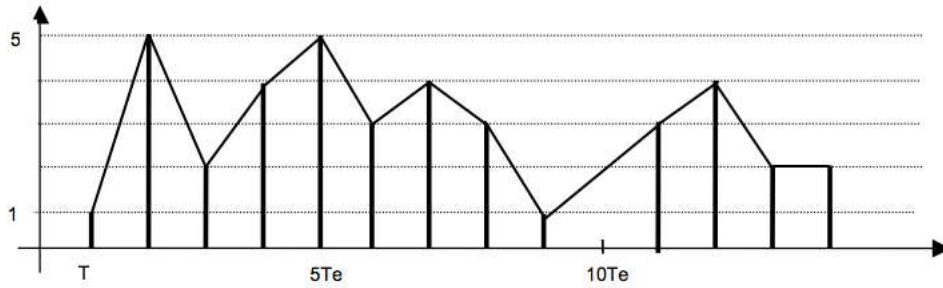
⇒ Pour avoir une qualité correct on cherche à avoir un  $SNR > 100$  soit un  $SNR > 40$  dB.

Informations supplémentaire :

- En téléphonie standard l'échantillonnage se fait sur 8 bits.
- La fréquence d'échantillonnage pour la téléphonie est de 8 KHZ.

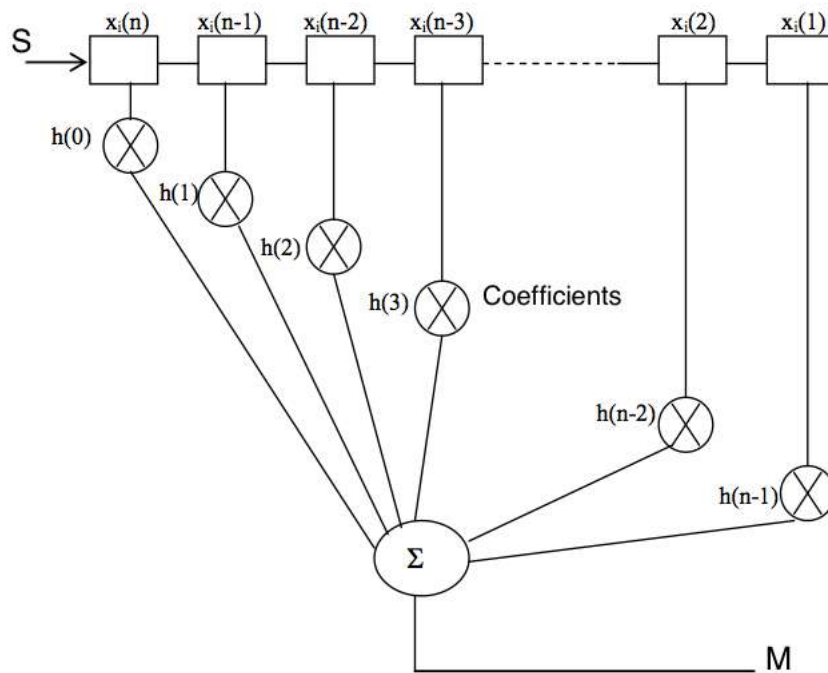
### 11.3 Filtrage numérique

Soit un signal numérique, on va chercher à lisser ce signal afin de réduire le bruit, pour cela on va utiliser la moyenne mobile.



$$M_n = \frac{\left( \sum_{K=n}^{n-N} S_K \right)}{N}$$

- n : numéro de l'échantillon
- N : nombre de points pris pour la moyenne mobile



Architecture d'un filtre FIR (Finite Impulse Response)

⇒ Avec ce type d'architecture, en modifiant les coefficients et leur nombre, on peut réaliser pleins de filtres.

Méthode :

- On récupère la série de nombres en entrée
- On multiplie toutes ses valeurs par  $\frac{1}{3}$
- Puis on les additionne pour obtenir la moyenne mobile

## 11.4 Application des filtres

- Filtrage de bruits hors bande
- Correction grave/aigu en audio, pour corriger des anomalies dû aux microphones ou haut-parleurs
- Moyennage de signaux issus de capteurs (lissage passe-bas)
- Intégration ou dérivation (un passe-bas est un intégrateur et un passe-haut est un déviateur)
- Equalization en fin de ligne de transmission