

## CHAP 06-COURS Traitement du son

**1. COMMENT TRANSFORMER UN SON****1.1. Définition**

Le traitement du son est utilisé dans les domaines de la télécommunication et de la musique.

Il assure le fonctionnement des serveurs vocaux, des commandes vocales et des filtrages d'antennes pour la téléphonie mobile. Il englobe l'enregistrement, la compression, le stockage, la diffusion de la musique, mais aussi la correction d'enregistrements dégradés ainsi que la synthèse de nouveaux sons. Toutes ces fonctions sont réalisées par des filtres électriques ou par des traitements numériques

**Remarques**

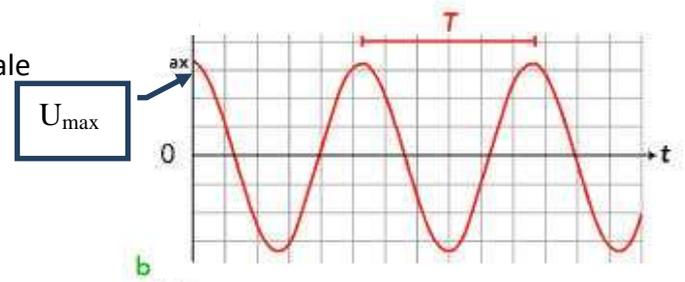
- Le bruit est un signal parasite indésirable qui vient s'ajouter au signal d'origine.
- Un filtre est, en électricité, un dispositif permettant d'éliminer certaines fréquences d'un signal

**1.2. Mesurer la valeur efficace d'une tension**

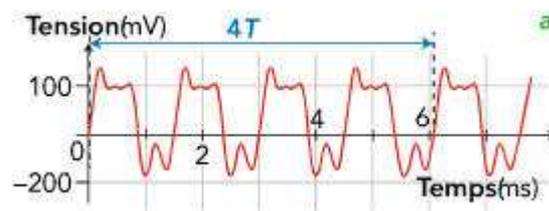
Pour mesurer la valeur efficace  $U_{\text{eff}}$  d'une tension sinusoïdale centrée sur zéro, il faut :

- Soit utiliser un voltmètre en mode AC,
- Soit utiliser un oscilloscope ou un ordinateur muni d'une interface et d'un logiciel d'acquisition pour mesurer la valeur maximale  $U_{\text{max}}$  atteinte par la tension sinusoïdale et utiliser la relation

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

**2.LE SPECTRE D'UN SON**

- Le son produit par un instrument de musique comme une guitare est périodique, mais pas sinusoïdal.



- En 1822, le mathématicien français Joseph FOURIER a montré que tout signal périodique de fréquence  $f$ , peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de **fréquences  $f_n$  multiples de  $f_1$**
- Ces signaux sinusoïdaux sont appelés **harmoniques**.

**2.1. Définition**

Le spectre en fréquences d'un son est la représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.

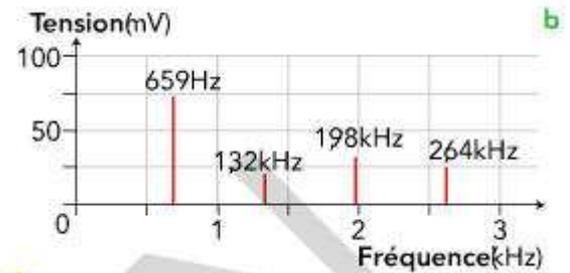
### a) Exemple : fondamental et harmonique

- Le spectre en fréquences du son d'une guitare montre plusieurs pics de fréquences : 659 Hz, 1,32 kHz, 198 kHz et 2,64 kHz.

- Ces fréquences sont celles des **harmoniques**.

- La fréquence la plus faible ( $f = 659 \text{ Hz}$ ) est celle du **fondamental**; c'est aussi la fréquence du son.

- Toutes les fréquences du spectre  $f_n$  sont des **multiples de la fréquence du fondamental**



### b) Hauteur d'un son

- La **hauteur** d'un son est égale à sa **fréquence**, qui est aussi celle de son fondamental.

- Plus elle est élevée, plus le son est aigu; plus elle est basse, plus le son est grave.

- La hauteur (fréquence) d'un son est mesurée par la fréquence du fondamental

### REMARQUE

- Un son est qualifié de pur s'il est sinusoïdal.

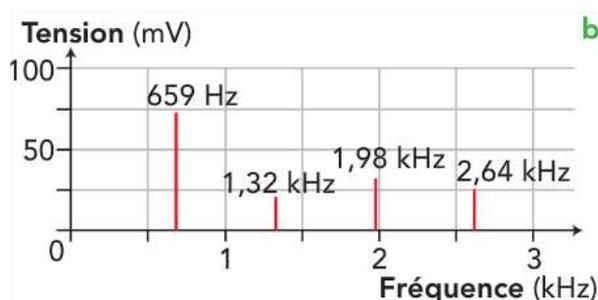
- Lorsqu'une note a une fréquence double d'une autre, on dit qu'elle est à l'octave

### c) Timbre

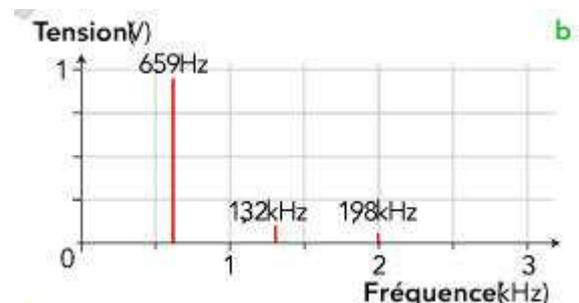
- La même note jouée par deux instruments différents, par exemple flûte et clarinette, procure deux sensations sonores différentes. C'est ce qu'on appelle le **timbre**

- Le timbre est la qualité du son qui permet de distinguer deux notes de même hauteur (fréquence) jouée par deux instruments différents.

- **Le timbre du son, lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques.**



Mi<sub>4</sub> joué à la guitare



Mi<sub>4</sub> joué à la flûte

## 2.2. Obtenir un spectre en fréquences

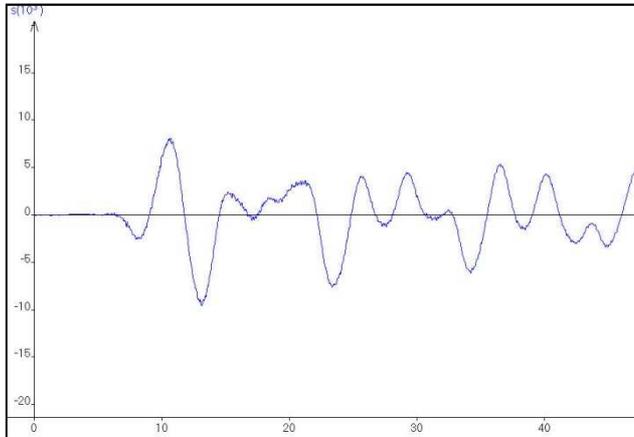
Pour observer un spectre de qualité avec une bonne résolution, il est conseillé d'effectuer une acquisition avec **1 000 mesures** pendant une durée représentant environ **100 périodes du signal analysé**.

### 3. NIVEAU D'INTENSITE SONORE

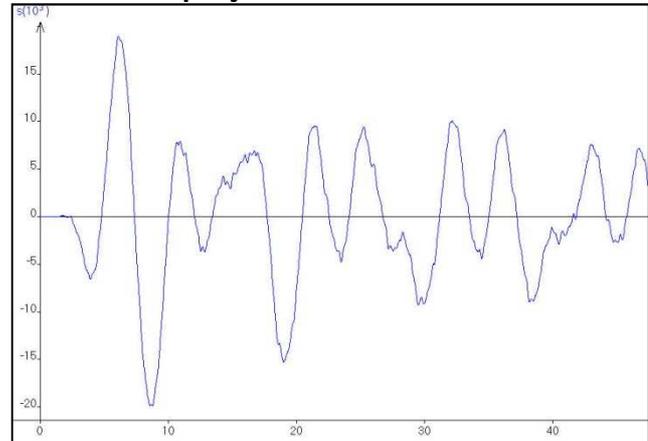
#### 3.1. Intensité sonore :

Pourquoi un son est-il plus ou moins fort ?

- L'intensité d'un son est la qualité qui donne la sensation qu'un son est plus ou moins fort.
- L'intensité d'un son est liée à l'amplitude de la vibration sonore perçue.



son faible



son fort

La sensation d'intensité sonore perçue par l'oreille dépend de la fréquence du son : la sensibilité de l'oreille humaine est maximale aux environs de **3 000 Hz**.

#### 3.2. Le niveau sonore et le décibel

Le **niveau sonore**  $L$ , exprimé en décibels acoustiques (dB) est défini par la relation suivante :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

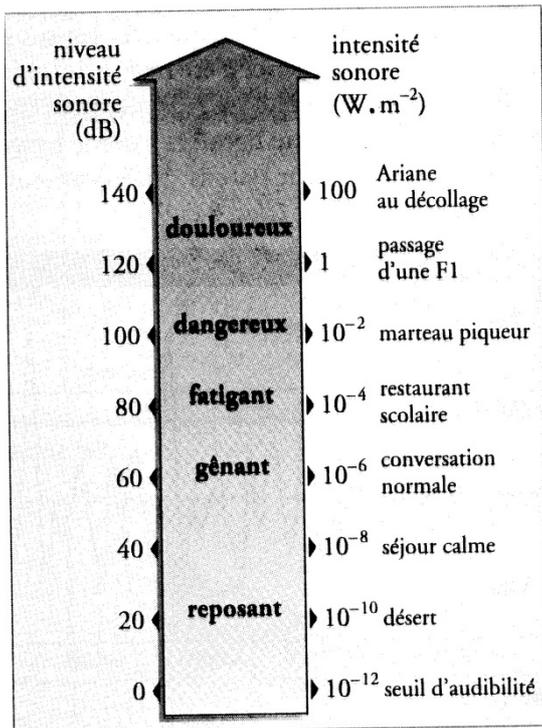
$I_0$  : seuil d'audibilité de l'oreille humaine ( $10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ )

$I$  : est l'intensité sonore de la vibration acoustique ( $\text{W.m}^{-2}$ )

La notation « log » fait référence à la fonction logarithme décimal.

- La mesure des niveaux sonores s'effectue avec un sonomètre.

- La figure ci-dessous vous présente la correspondance entre intensité sonore et niveau sonore.



■ Doc. 5 Échelle des intensités sonores et des niveaux d'intensité sonore.

Lieux	Niveaux dB
théâtre, salle de concert	35
local scolaire	35 à 40
appartement	40
cinémas, bureaux	40 à 45
restaurant	45 à 50
usines	85

## 4. LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES UTILISES POUR LE TRAITEMENT DU SON

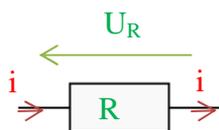
### 4.1. Conducteur ohmique

#### a) Définition

C'est un composant électronique appelé également résistance qui permet d'augmenter volontairement la résistance (propriété physique) d'un circuit. Il est caractérisé par la proportionnalité entre l'intensité du courant qui le traverse et la tension entre ses bornes



#### b). Symbole



#### c) Loi d'ohm

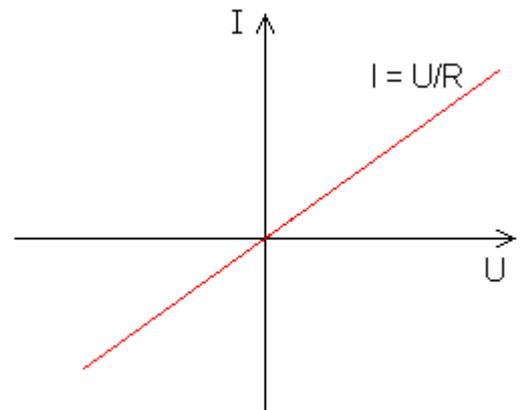
$$U_R = R.I$$

*I* : Intensité du courant, en ampères (A)

*R* : Résistance du conducteur ohmique, en ohm ( $\Omega$ )

*U* : La tension, en volts, entre ses bornes

La courbe représentative de la caractéristique d'une résistance est une droite passant par l'origine du repère.



## 4.2. Le condensateur

### a) Structure d'un condensateur

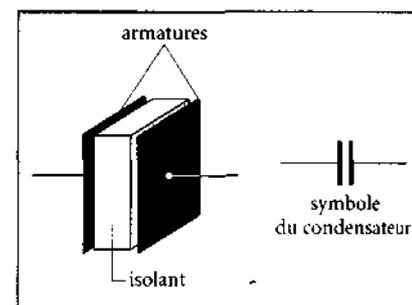
Deux feuilles métalliques séparées par un film isolant forment un condensateur. Les feuilles métalliques constituent les armatures du condensateur et sont reliées à ses bornes. La surface des armatures peut être importante, ce qui nécessite de les enrouler pour que les dimensions du composant restent raisonnables. L'isolant (ou diélectrique) peut être de l'air comme dans les condensateurs variables ou un liquide (huile). Le plus souvent, l'isolant est un solide : papier paraffiné, mica, matières plastiques, céramiques, oxydes métalliques.

Le condensateur est utilisé principalement pour :

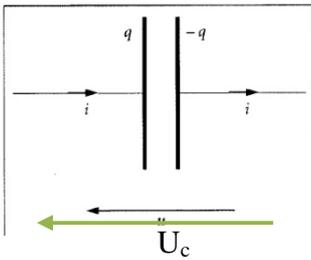
- stabiliser une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension) ;
- traiter des signaux périodiques (filtrage...) ;
- séparer le courant alternatif du courant continu, ce dernier étant bloqué par le condensateur ;
- stocker de l'énergie, auquel cas on parle de [supercondensateur](#).
- 



u22811226 fotosearch.com



### b) Schéma d'un condensateur et conventions

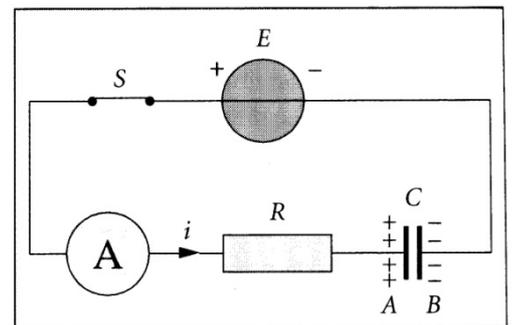


$U_C$  : tension aux bornes du condensateur

**Rem :**  $U_C$  et  $i$  sont dans le sens opposés car le condensateur est un récepteur

### c) Principe de fonctionnement d'un condensateur

À la fermeture du circuit représenté ci-contre, on constate qu'un courant circule dans le sens de la flèche puis s'annule rapidement. La présence d'un courant est paradoxale du fait de l'isolant entre les armatures du condensateur. Un mouvement de charges électriques a tout de même lieu dans le reste du circuit pendant quelques instants, puisqu'on observe un courant ! Or ces charges ne peuvent pas traverser l'isolant. Les  $N$  électrons qui ont quitté le pôle négatif du générateur se sont accumulés sur l'armature B du condensateur. Pendant ce temps, un même nombre  $N$  d'électrons ont quitté l'armature A pour rejoindre le pôle positif du générateur. Les armatures A et B du condensateur portent donc à chaque instant des charges électriques opposées  $+q$  et  $-q$  qui sont la cause de la tension aux bornes du condensateur.



**Fig. 10** Fonctionnement d'un condensateur.

### d) Capacité d'un condensateur

- Elle est notée  $C$ , s'exprime en **FARAD (F)**

- **Relation fondamentale :**

$$u_c = \frac{q}{C}$$

$u_c$  : Tension aux bornes du condensateur (V)

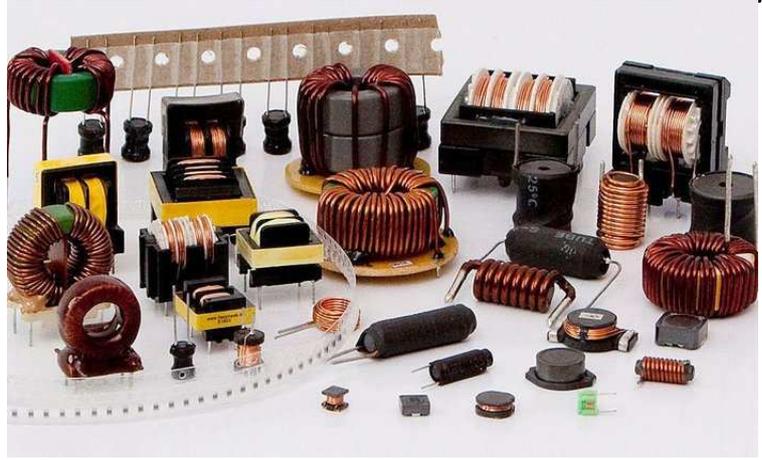
$q$  : charge du condensateur (Coulomb, C)

$C$  : Capacité du condensateur (F)

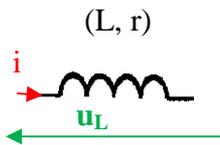
## 4.3. La bobine ou inductance

### a) Définition

- Pour former une bobine on enroule **1** fil de cuivre un très grand nombre de fois sur un support
- L'enroulement peut prendre différentes formes et différentes tailles



### b) Symbole et convention récepteur



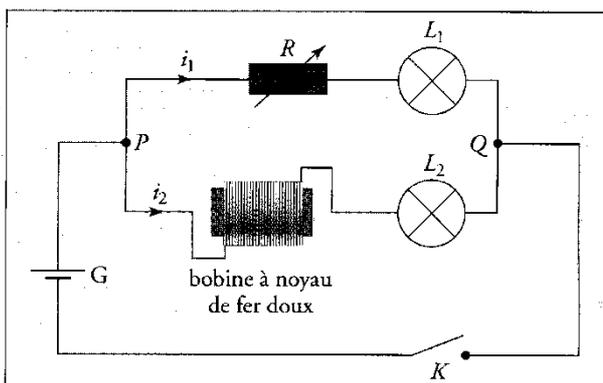
$L$  : Inductance de la bobine (Henry : H)

$r$  : Résistance interne de la bobine (Ohm :  $\Omega$ )

$u_L$  : tension aux bornes de la bobine (Volt V)

### c) Effet d'une bobine sur le courant cf vidéo

#### Expérience



- Réalisons le montage schématisé ci-contre
- Une des dérivation comporte un conducteur ohmique de résistance  $R$ , égale à  $r$ , résistance interne de la bobine et une lampe  $L_1$ , ; la deuxième dérivation comporte une lampe  $L_2$ , identique à  $L_1$  et la bobine.

#### Observations et conclusion

- $L_1$  brille instantanément et  $L_2$  s'allume avec un temps de retard
- Une fois les 2 lampes allumées, elles brillent avec le même éclat
- C'est un phénomène transitoire
- Une bobine s'oppose à l'établissement ou à la rupture du courant

## 5. GENERALITES SUR LE FILTRAGE

### 5.1. Définition

- Un filtre est un quadripôle linéaire (2 bornes d'entrées, et 2 bornes de sorties), qui ne laisse passer que les signaux compris dans un domaine de fréquence limité, appelé la bande passante du filtre.

- Un filtre modifie le spectre du signal d'entrée.

Il va donc déformer le signal. Il n'y a pas de création d'harmonique (si le filtre est linéaire), mais le filtre transmet, amplifie ou atténue certains harmoniques (ce qui met en évidence le phénomène de filtrage).

### 5.2. Fonction de transfert d'un filtre (ou transmittance)

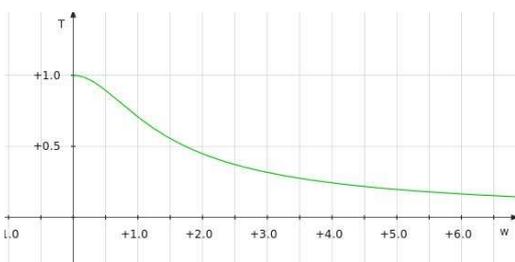
- L'étude d'un filtre se fera en régime sinusoïdal avec la notation complexe.

- La transmittance ou fonction de transfert d'un filtre en régime sinusoïdal est, en notation complexe, le nombre complexe  $T$  égal au rapport :

$$T = \frac{U_{\text{sortie}}}{U_{\text{entrée}}} = \frac{\text{Tension de sortie du filtre}}{\text{Tension d'entrée du filtre}}$$

Pour étudier un filtre, nous avons recours à deux représentations graphiques (dont un seul sera étudié cette année) constituant le diagramme de Bode :

- Le module de la transmittance, en fonction de la fréquence (ou de la pulsation) :  $T(f)$



#### Rq :

Etant donné que nous étudions le comportement des filtres sur des plages de fréquences, souvent très larges, l'emploi du papier millimétré devient inadapté, c'est pourquoi nous aurons recours à du papier semi-logarithmique.

**5.3. Domaines d'applications des filtres**

**Les filtres permettent :**

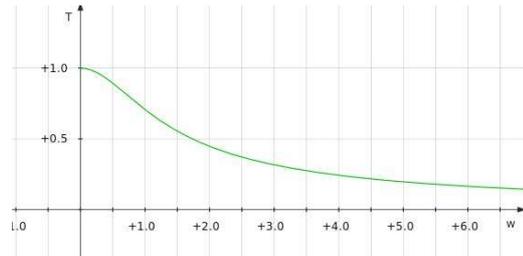
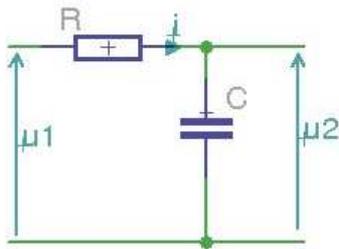
- D'éliminer des parasites, des bruits
- De sélectionner une fréquence, ou une bande de fréquence.
- Il existe des filtres de différentes natures: passe-bas ; passe-haut et passe bande.

**Applications**

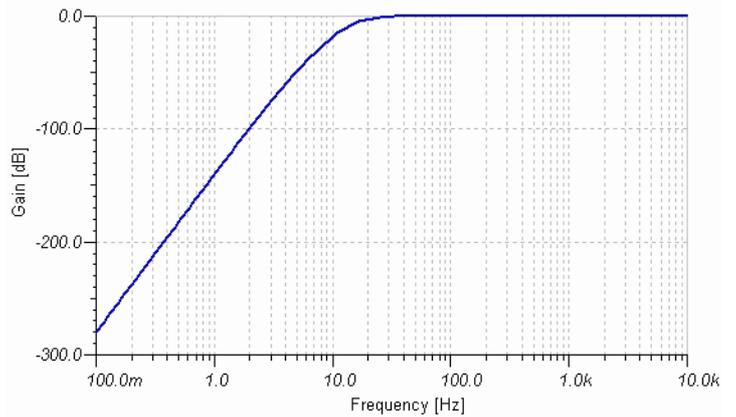
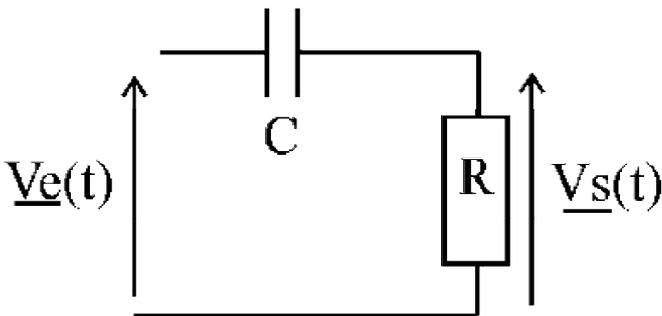
- **Passe-bas :** Elimination des bruits parasites Haute Fréquence (pour Haut-Parleur par exemple),
- **Passe-haut :** pour les tweeters d'un Haut-Parleur, table de mixage ...
- **Passe-bande :** médium d'un Haut-Parleur, récepteur radio (pour accorder la fréquence sur la station émettrice) ...

**5.4. Courbes et montage des différents filtres**

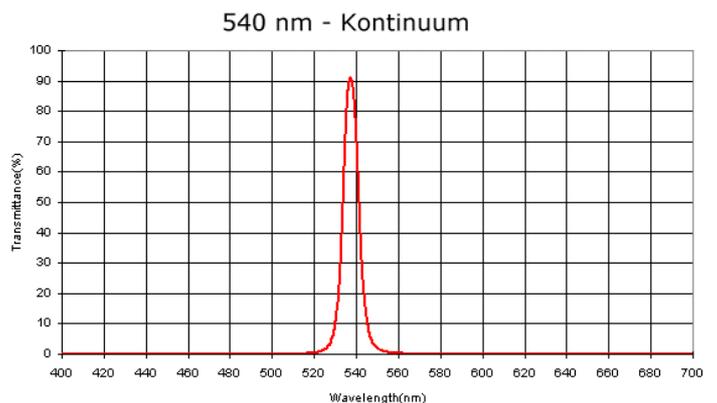
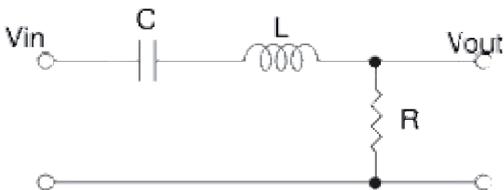
**Passe bas**



**Passe Haut**



**Passe bande**



### 5.5. Gain d'un filtre : Intérêt de l'utilisation du décibel (dB)

La transmittance d'un filtre peut varier dans de très grandes proportions, et il faut pouvoir lire sur un graphique des valeurs très différentes, comme  $T=0,1$ , ou  $T=1000$ . Nous utilisons donc une échelle logarithmique et nous définissons, une grandeur, appelé gain.

*Si  $T$ , est le module de la transmittance d'un filtre, alors on note*

**$G = 20 \log T$**  son gain.

*C'est une grandeur sans dimension, ayant pour unité le décibel (dB).*

#### Propriétés du logarithme décimal :

- La division devient différence :  $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$
- La multiplication devient addition :  $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$
- La fonction inverse de  $\log(x)$  est  $10^x$  soit ici :  $T = 10^{\frac{G}{20}}$

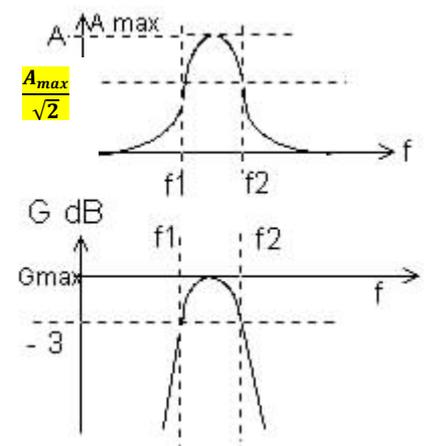
#### Attention :

Le « log » est la fonction « logarithme », il ne faut pas le confondre avec son compère, le logarithme népérien.

### 5.6. Bande passante et fréquence de coupure

La bande passante à -3dB, est l'intervalle de fréquences  $[f_1 ; f_2]$  pour lequel :

- le gain  $G$  du filtre est compris entre  **$G_{Max}$  et  $G_{Max} - 3dB$**
- ou bien, le module de la transmittance  $T$  est telle que  **$T \geq \frac{T_{max}}{\sqrt{2}}$**
- par abus de langage on parle des fréquences de coupure à - 3dB



### 5.7. Représentation de la fonction de transfert

Elle dépend de la plage de fréquence concernée :

- Si elle est étroite (Passe bande sélectif), on tracera le module de la fonction de transfert  $T$  et avec une échelle linéaire pour la fréquence  $f$ .
- Si elle est étendue (Passe Bas, Passe Haut...) on tracera alors le gain  $G$  et avec une échelle logarithmique de fréquence (Diagramme de Bode)