

Montages sur les plaques Hirshman

Tous les circuits, quel que soit le degré de complexité, respecteront la même convention pour la couleur des câbles

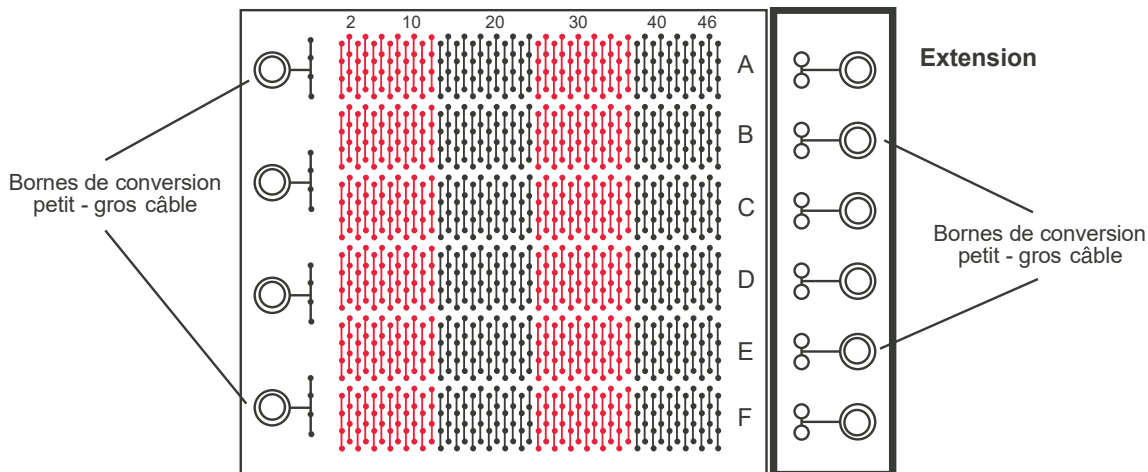
Rouge pour le potentiel le plus positif

Noire pour la masse ($V = 0V$)

Bleu pour le potentiel le plus négatif

Laquelle facilite grandement le contrôle en localisant d'emblée le potentiel de masse, jaune. Ces couleurs ne doivent pas être utilisées pour d'autres signaux.

Les montages proposés ici, comme tous les autres circuits, seront réalisés sur une plaque d'expérimentation appelée plaque Hirshman, du nom du fabricant, et schématisée ci-dessous.



Les éléments sont insérés dans la zone délimitée par les 6 bandes A, B, C, D, E et F, chacune d'elles étant constituée de 47 points de contact indépendants, eux-mêmes démultipliés par 4 le long d'un segment vertical rouge ou noir. Cette démultiplication permet la mise en série ou en parallèle de 2 éléments sans lien câblé.

Le circuit sera construit au plus près des bornes de conversion de l'extension, plus nombreuses et de meilleure qualité que celles attachées à la plaque. Les fils de contact prolongeant les composants utilisés (résistances, condensateurs) seront introduits aussi profondément que possible dans les logements de la plaque afin de garantir ce même contact. Par ailleurs les liaisons seront aussi courtes que possible et le nombre de câbles sera réduit à son minimum – les câbles de liaison ne sont pas blindés et les parasites nombreux.

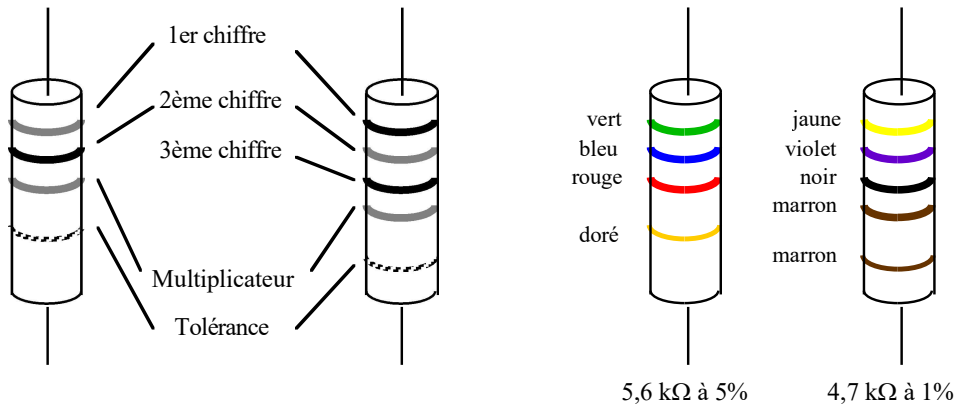
La résistance :

Comme il ne sera pas jamais oublié que les composants passifs mis à disposition peuvent ne pas avoir la valeur annoncée par l'étiquette de la boîte qui les contient – l'irrespect des choses et surtout d'autrui

conduit toujours au désordre –, il sera gardé en mémoire que 2 sortes de résistances sont utilisées pour les travaux pratiques : les résistances à 5% codées avec 4 couleurs et les résistances à 1% codées avec 5 couleurs.

Code de couleurs des résistances

Couleur	Nombre	Multiplicateur	Tolérance
Noir	0	1	
Brun	1	10^1	1%
Rouge	2	10^2	
Orange	3	10^3	
Jaune	4	10^4	
Vert	5	10^5	
Bleu	6	10^6	
Violet	7	10^7	
Gris	8	10^8	
Blanc	9	10^9	
Argenté		10^{-2}	
Doré		10^{-1}	5%



Valeurs normalisées des résistances en Ω

1 , 1.2 , 1.5 , 1.8 , 2.2 , 2.7 , 3.,3 , 3.9 , 4.7 , 5.6 , 6.8 , 8.2 , 10 , 12 , 15 et ainsi de suite ...

Le condensateur :

Constitué par définition de deux conducteurs en état d'influence totale et destiné à emmagasiner des charges électriques, le condensateur, dans sa forme la plus simple peut être réalisé avec deux plaques parallèles situées à une distance d l'une de l'autre et séparées par un isolant (du papier ou du plastique) appelé diélectrique.

En entraînant l'apparition de charges induites par polarisation, le diélectrique permet d'augmenter d'un côté la **capacité** du condensateur (il la multiplie par ϵ_r , la **permittivité relative** encore appelée **constante diélectrique**), de l'autre la différence de potentiel entre les deux **armatures**, c'est-à-dire la **tension de service**, plus couramment et plus justement nommée, la **tension de claquage**.

La présence ou non d'un diélectrique ne modifie pas l'expression générale de la capacité d'un condensateur définie par

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

où ΔV est la différence de potentiel entre les deux armatures (les deux conducteurs) en état d'influence totale.

Comme pour le conducteur, la capacité d'un condensateur ne dépend que de sa géométrie et de la substance qui sépare les deux conducteurs (air ou diélectrique).

On notera ici, malgré l'abus de langage qui les confond très fréquemment, que la **capacité** est la propriété physique et le **condensateur** l'élément matériel.

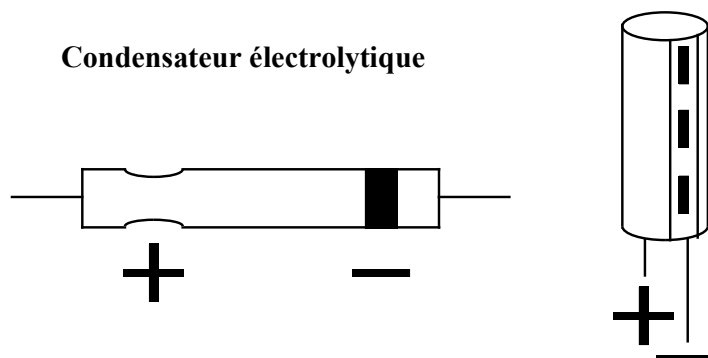
Le composant électronique

En électronique pratique où le condensateur est relativement miniaturisé, on utilise essentiellement

- des condensateurs enroulés à film plastique utilisables du continu à 1000 Hz et disponibles entre quelques pF et une dizaine de μF ;
- des condensateurs au mica (1 pF à 0,1 μF) stables et montrant peu de pertes;
- des condensateurs céramiques (0,5 pF à 100 nF) garantissant une grande stabilité en fonction de la température;
- des condensateurs électrolytiques qui permettent d'atteindre de fortes capacités (1 μF à 8000 μF);
- et des condensateurs variables et ajustables.

Le condensateur électrolytique

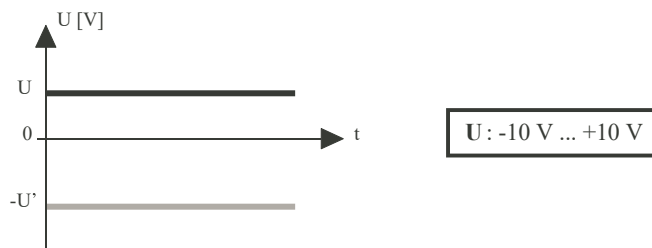
Composé d'une couche d'oxyde métallique et d'un électrolyte, le diélectrique doit être polarisé pour fonctionner comme tel. Le branchement d'un condensateur électrolytique suivra donc toujours les polarités indiquées sur son support physique, au risque non seulement de le détruire par explosion, malodorante de surcroît, mais surtout d'endommager la plaque Hirshman par dispersion du liquide électrolytique.



Le générateur de fonctions

- Le générateur HMF2525 délivre des signaux sinusoïdaux, carrés et triangulaires ainsi que des impulsions et des signaux arbitraires de fréquence réglable de 0.01 mHz ou 0.1 mHz à 25 MHz et d'amplitude crête à crête réglable de 0.01V à 20V.
- A tout signal peut être ajoutée une tension **continue (DC)** réglable appelée tension d'**OFFSET**. La **valeur de la tension maximale, offset inclus, ne peut dépasser 10 V**.
- La sélection de la forme d'onde se fait par l'intermédiaire des touches qui les représentent.
- La fréquence et l'amplitude (**programmée incorrectement dans l'appareil comme la valeur crête-à-crête**), sont réglées à partir des touches à droite de l'écran du générateur. Lorsque celles-ci s'éclairent en bleu, elles sont actives et les valeurs suivies de leur unité, indispensable à la validation, sont introduites par l'intermédiaire du clavier alphanumérique.
- Les paramètres des signaux peuvent aussi être ajustés grâce à la molette et aux boutons fléchés l'encadrant; les flèches horizontales sélectionnent le chiffre souligné à modifier. Le résultat est validé par pression de la molette.
- Toute valeur erronée est refusée avec émission d'un signal sonore.
- Le signal n'est délivré que lorsque le bouton OUTPUT est éclairé, de même le signal DC n'est délivré que lorsque le bouton OFFSET est éclairé.**
- Selon le contexte, on préférera la période à la fréquence ou les amplitudes maximales et minimales à l'amplitude crête-à-crête.

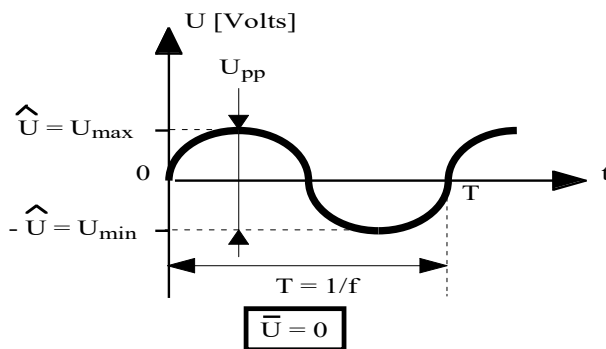
FONCTION : DC



FONCTION : Sin

DC OFFSET : INACTIF

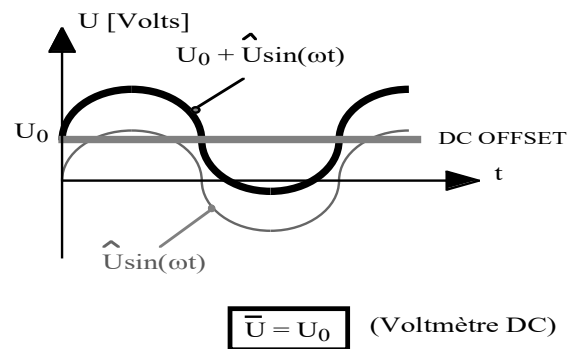
Ou affichage en couplage AC



$$U_{\max} - U_{\min} = U_{pp} = U_{cc} = U_{\text{crête à crête}}$$
$$f = \text{fréquence [Hz]}$$
$$\omega = 2\pi f \text{ [rad/s]}$$

DC OFFSET : ACTIF

avec affichage en couplage DC



$$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{U_0^2 + \frac{\hat{U}^2}{2}} = \sqrt{U_{\text{DC}}^2 + U_{\text{AC}}^2}$$

L'oscilloscope

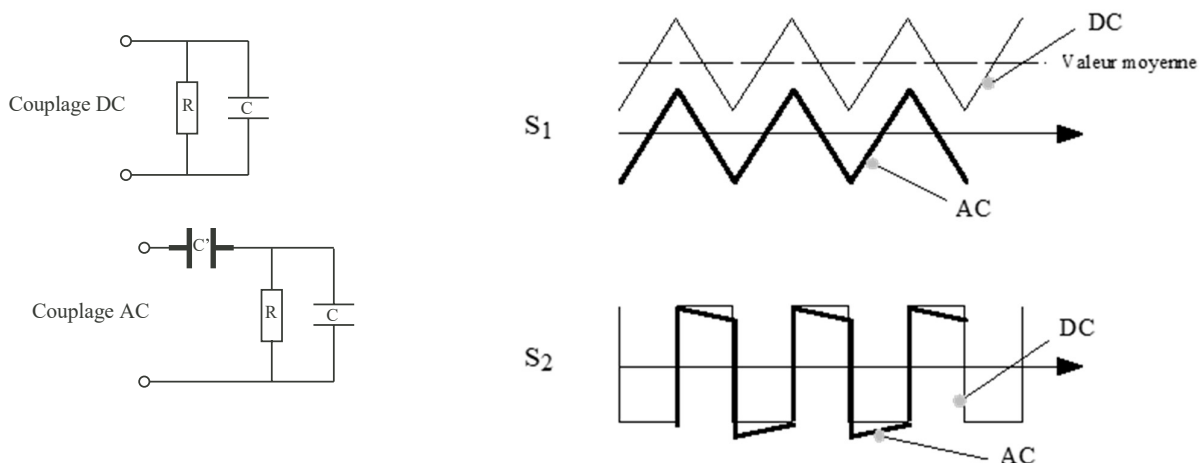
L'oscilloscope mis à disposition est un oscilloscope à mémoire numérique HM0724 ou HM2024. Son rôle est d'afficher la variation de signal avec le temps.

Le déclenchement (The trigger)

- Le rôle du déclenchement est donné un affichage stable du signal. Il donne un niveau de tension **Level** sur **front montant ou descendant** (↗↘) à partir duquel l'oscilloscope commence à acquérir des données et à afficher le signal.
- Lorsque le circuit de déclenchement "reconnaît" le niveau de tension et la pente choisie, l'oscilloscope enclenche l'acquisition des données, convertit les signaux au format numérique et les affiche à l'écran.
- Cela permet d'afficher par balayage horizontal la même portion d'un signal répétitif et donne une impression statique et donc **stable à l'affichage**.
- Le déclenchement requiert un signal de **source de déclenchement** qui peut être l'un des signaux étudiés ou un signal externe. De la qualité de ce signal dépend la stabilité de l'affichage.
- **Un problème de stabilité d'affichage se résout souvent par un changement du signal de source et/ou de la tension Level du déclenchement.**

Couplage AC / DC

- La fonction "**couplage DC**" permet d'afficher toutes les composantes d'un signal (y compris son offset). **Ça serait donc le choix par défaut lors des mesures.**
- Dans ce mode l'oscilloscope est assimilé à une résistance contre terre ($\approx 1\text{ M}\Omega$) en parallèle sur une capacité ($\approx 20\text{ pF}$).
- La fonction "**couplage AC**" permet de n'afficher que la composante alternative du signal. La composante DC (offset) est filtrée par l'engagement d'une capacité (C') à l'entrée de l'oscilloscope. Cette opération n'est valable que pour les signaux alternatifs et dont la fréquence n'est pas trop basse. Le couplage AC ne doit donc jamais être utilisé pour les autres types signaux : carré, pulsée, redresser ...).



Par exemple, en très basses fréquences, un signal alternatif (sans composante continue) qui, en première analyse, devrait apparaître sous des mêmes configurations avec les couplages AC et DC, peut montrer une déformation qui, en seconde analyse, ne signale rien d'autre que la duplicité de la capacité C' . Cette dernière

aura en effet le temps de se charger et d'absorber une partie du signal d'entrée d'où la dégradation observée avec S_2 qui, initialement carré, devient trapézoïdal.

Les mesures sur le signal

L'oscilloscope permet de réaliser un certain nombre de mesures simples. Par lecture directe sur l'écran, à l'aide des curseurs ou à l'aide des fonctions mathématiques incorporées. Pour cela on utilise de préférence une **représentation du signal qui couvre tout l'écran afin de rechercher la résolution optimale.**

Les mesures automatiques possibles grâce au menu **AUTO MEASURE** (fréquence, période, moyenne, valeur crête à crête, valeur efficace, phase, retard, temps de montée, temps de descente ...) doivent être faites lorsque le signal est intégralement représenté sur la zone d'affichage et ce, sur une période au moins. Toute donnée d'un signal hors de cette zone n'est pas prise en compte dans le calcul de la valeur recherchée.

Remarque : Un recontrôle des résultats de l'oscilloscope avec un multimètre n'est jamais superflu surtout si le signal est pollué par du bruit.

Déphasage

L'oscilloscope permet de visualiser deux signaux en même temps et donc de mesurer le déphasage qui les sépare. Par définition, si : $u_1 = U_1 \sin(\omega t + \alpha)$ et $u_2 = U_2 \sin(\omega t + \beta)$

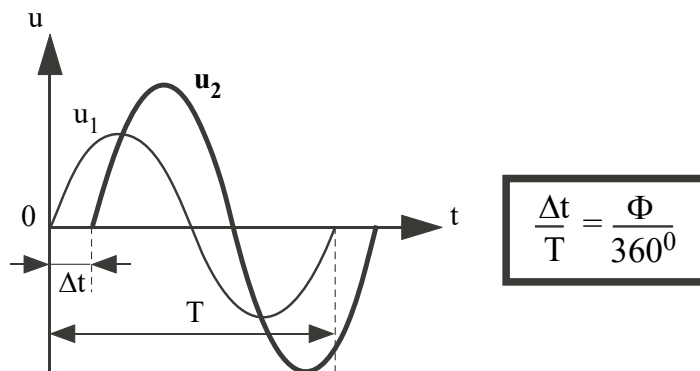
le déphasage Φ exprime la différence entre α et β selon la relation $\Phi = \alpha - \beta$.

Dès lors $\Phi > 0 \rightarrow u_1$ est en avance sur u_2

$\Phi < 0 \rightarrow u_1$ est en retard sur u_2

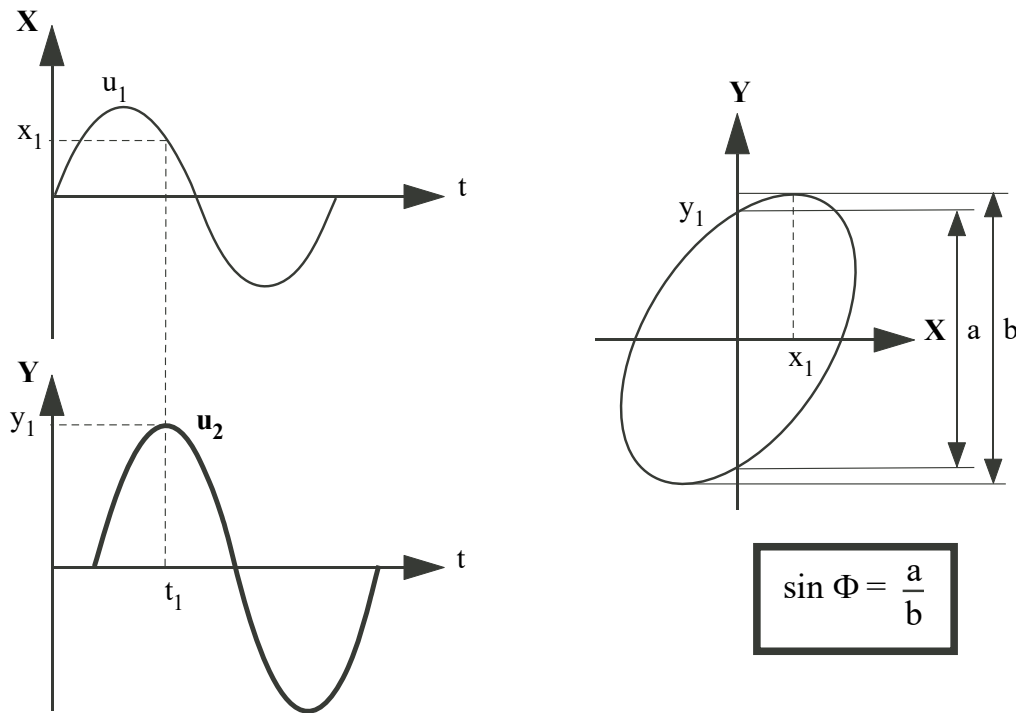
A l'oscilloscope, on le mesure :

➤ par le décalage des courbes



Δt étant l'intervalle qui sépare les croisements des 2 courbes avec l'axe des temps. Les 2 courbes doivent donc être convenablement centrées sur cet axe. **Ci-dessus, u_1 est en avance sur u_2 .**

➤ par la figure de Lissajous (oscilloscope en mode XY – touche XY/CT de la zone "VERTICAL")



Elégante en-soi, cette méthode n'offre pas la précision de la précédente. Elle ne fournit pas non plus le signe du déphasage.

Fonction de transfert et diagrammes de Bode

Le décibel "dB"

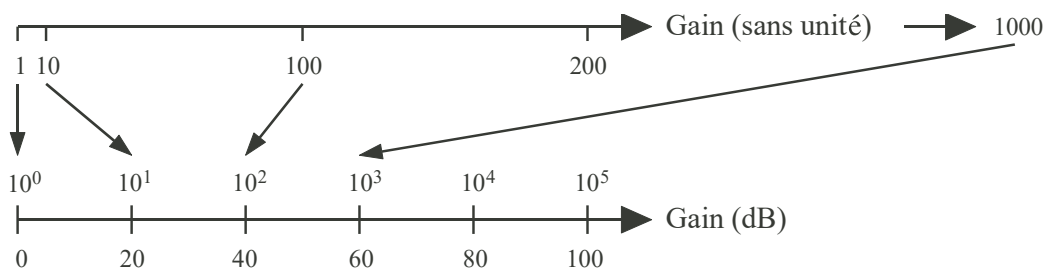
En tension $\left[\frac{U'}{U} \right]_{\text{dB}} = 20 \text{ Log}_{10} \frac{U'}{U}$ et en puissance $\left[\frac{P'}{P} \right]_{\text{dB}} = 10 \text{ Log}_{10} \frac{P'}{P}$

Cette unité a l'avantage d'exprimer un rapport entre 2 grandeurs (de même unité) comme une différence en dB, soit comme un écart > 0 ou < 0 par rapport à la référence si $U = U_{\text{réf}}$.

On retiendra ces quelques valeurs données fréquemment en exemples:

$$\frac{U'}{U} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \left[\frac{U'}{U} \right]_{\text{dB}} = -3; \quad \frac{U'}{U} = \sqrt{2} \rightarrow \left[\frac{U'}{U} \right]_{\text{dB}} = 3; \quad \frac{U'}{U} = 2 \rightarrow \left[\frac{U'}{U} \right]_{\text{dB}} = 6; \quad \frac{U'}{U} = 10 \rightarrow \left[\frac{U'}{U} \right]_{\text{dB}} = 20$$

Son autre avantage est de compresser une échelle tout en maintenant sa lisibilité.



Si la fréquence varie d'un facteur 10, la multiplication ou la division simultanées du gain par un facteur 10, qui s'exprime par une variation de ± 20 dB, se traduit dans le langage courant de l'électronicien par

une variation de ± 20 dB par décade

la **décade** faisant référence à f et étant l'espace qui sépare deux nombres reliés par un facteur 10.

6. Circuit RC passe-haut

6.2.3 Après le calcul de la fonction de transfert mise sous **forme canonique**:

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{u_2(j\omega)}{u_1(j\omega)} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{où} \quad \omega_c = \frac{R_1 + R_2}{CR_1R_2}$$

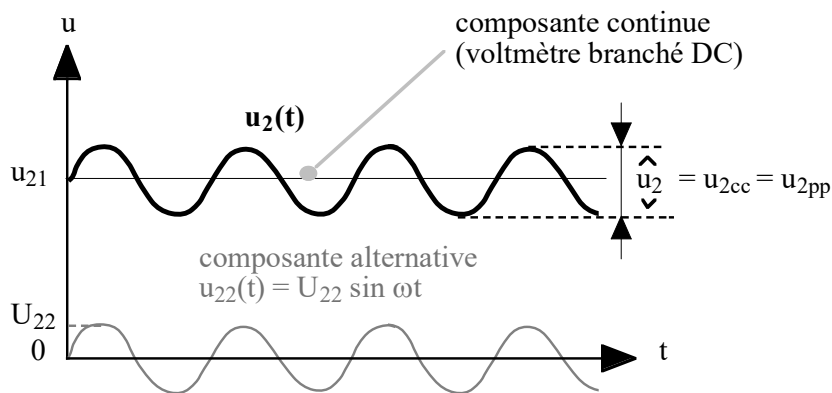
l'établissement de l'expression de $u_2(t)$ pour une valeur définie U_1 passe par le calcul du gain et du déphasage ϕ entre les signaux où:

$$|\underline{H}(j\omega)| = \frac{2\pi fRC}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2 R^2 C^2}} \quad \text{où} \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{et} \quad \phi = \text{Arg } \underline{H}(j\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{Arctan}(2\pi fRC)$$

Zéro et pôle sont confondus, il n'y a qu'une seule **fréquence de coupure** f_c , soit $f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{R_1 + R_2}{2\pi C R_1 R_2}$

La mise sous **forme canonique** de la fonction de transfert est indispensable au tracé des diagrammes de Bode asymptotiques en module et en phase. Les asymptotes des fonctions élémentaires étant parfaitement connues sont admises sans démonstration.

6.2.5 Si u_{21} est la tension continue partielle fournie par V_{cc} et u_{22} la tension sinusoïdale fournie par le générateur de fonctions, la tension résultante $u_2(t)$ est une tension sinusoïdale de **valeur moyenne** u_{21} .

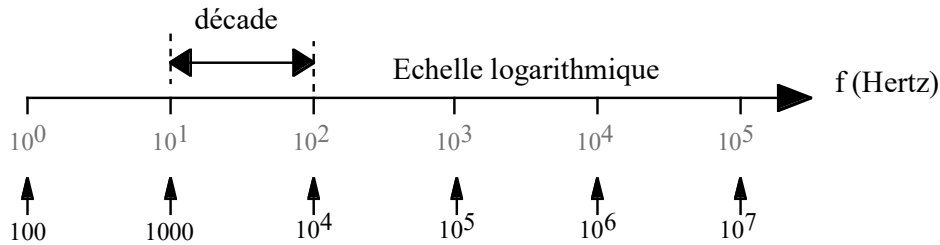


Diagrammes de Bode et échelle semi-logarithmique

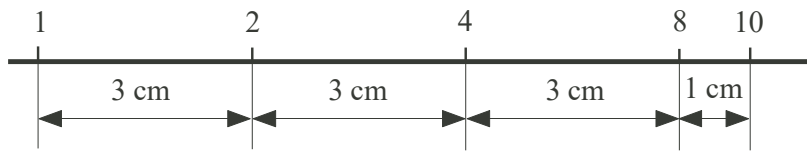
Module et phase de la fonction de transfert sont représentés graphiquement **en fonction de la fréquence et non pas de la pulsation**. La fréquence étant une donnée immédiate des signaux fournie soit par le générateur par l'appareil de mesure à disposition (oscilloscope ou multimètre).

La fréquence est reportée sur une échelle logarithmique, celle-ci présentant l'avantage, comme il le fut remarqué précédemment, de compresser sur une même distance une série de valeurs, de loin plus étendue que sur une échelle linéaire.

La décade qui est l'espace qui sépare deux nombres reliés par un facteur 10. Selon le nombre de décades à disposition (4 ou 5 en général) et la gamme à explorer, on commencera l'étalonnage à 1, 10 ou 100 Hz, comme ci-dessous, en veillant à prendre le papier dans le bon sens, les graduations les plus serrées vers les valeurs les plus grandes.



On se rappellera enfin qu'une **échelle logarithmique est facile à construire!**



Si, par commodité, on représente les diagrammes de Bode en fonction de la fréquence et non de la pulsation, par souci de cohérence, on n'oubliera jamais que $\omega = 2\pi$.

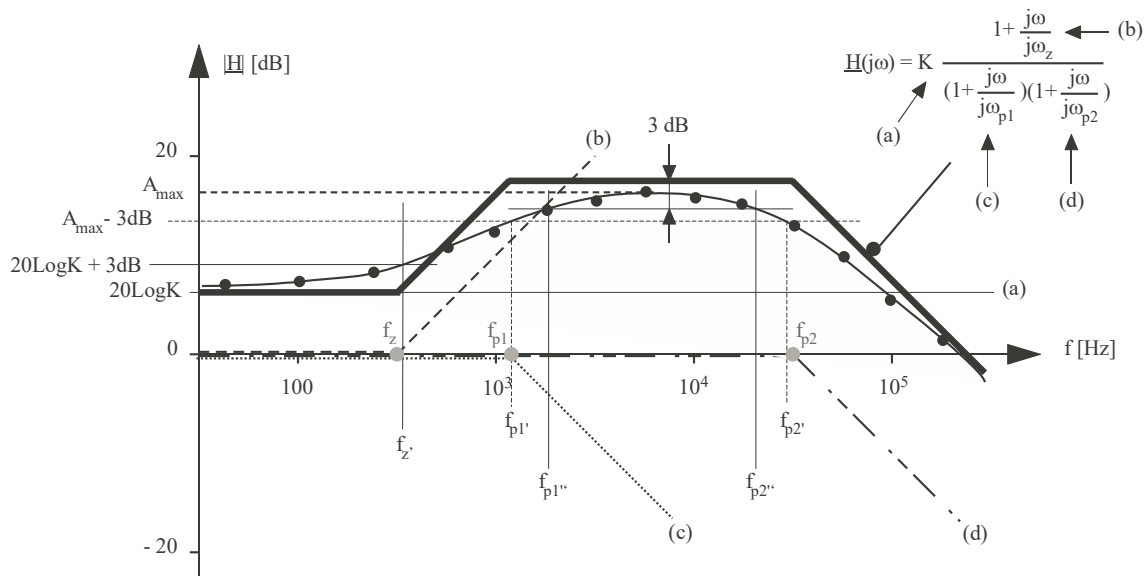
6.3.1 Le tracé du diagramme de Bode en module donne la nature du circuit. En général, cela peut aussi être vérifié directement. En effet, un **filtre passe-haut** est repéré par simple examen à basse et à haute fréquence. En effet :

$$f \rightarrow \infty \Rightarrow C \equiv \text{court-circuit} \rightarrow u_{22} = u_1 \rightarrow A = 1 \rightarrow |A|_{\text{dB}} = 0$$

$$f \rightarrow 0 \Rightarrow C \equiv \text{court-ouvert} \rightarrow u_{22} = 0 \rightarrow A = 0 \rightarrow |A|_{\text{dB}} \rightarrow -\infty$$

6.3.3 On se souviendra ici que la mesure du gain en dB avec le multimètre HMC8012 est **garantie entre ~10 Hz et ~400 kHz**. On préviendra toute erreur de mesure en **observant continuellement les signaux mesurés sur l'oscilloscope** afin de s'assurer que la variation de la fréquence de mesure n'altère pas la forme des signaux ni l'amplitude du signal d'entrée. La fréquence augmentant, le générateur de fonctions, qui est aussi caractérisé par sa propre bande passante peut commencer à délivrer des signaux d'amplitude réduite.

6.3.4 Les **fréquences de coupure** sont les fréquences pour lesquelles le **gain est distant de ± 3 dB** des asymptotes horizontales. Elles peuvent aussi être mesurées à **± 3 dB** des gains maxima ou minima expérimentaux. **Dans tous les cas, la référence choisie doit être spécifiée.**



Dans l'exemple ci-dessus, $f_{p1'}$ et $f_{p2'}$ sont définies par rapport au gain maximal $A_{\max}$ observé expérimentalement alors que $f_{p1''}$ et $f_{p2''}$ le sont par rapport à l'asymptote supérieure. $f_{p1'}$ et $f_{p2'}$ sont plus proches des valeurs théoriques.

- **Plus les fréquences de coupure sont proches plus l'erreur qui entache leurs valeurs expérimentales est grande.**

f_z est définie par rapport à l'asymptote " $20 \text{ Log}K$ ", le gain minimum se confondant avec K .

A KOUKAB