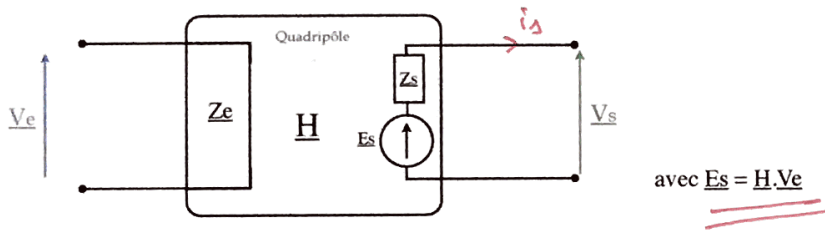


4 - Mise en cascade de filtres

Il s'agit ici d'enchaîner plusieurs filtres pour répondre aux spécifications d'un certain cahier des charges :

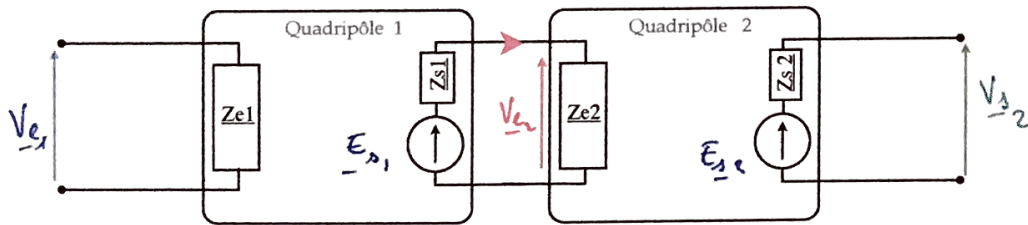
- Chaque filtre à ses propres caractéristiques. Nous les avons calculées.
- Il s'agit de ne pas altérer les caractéristiques d'un filtre lorsqu'on les relie les uns autres (ce qui n'est pas le cas en pratique).

Tout quadripôle est caractérisé par ses impédances d'entrée et sortie :



Cela pose problème lors de la connexion de deux ou plusieurs quadripôles :

Cela pose problème lors de la connexion de deux quadripôles :



Si $\underline{Z}_{e2} \sim \underline{Z}_{s1} \sim k\Omega$ ce qui est souvent le cas avec des impédances standards :

- Pb de tension en entrée du quadripôle 2 $\rightarrow \underline{V}_{e2} = \frac{\underline{Z}_{e2}}{\underline{Z}_{s1} + \underline{Z}_{e2}} \underline{E}_{s1} \neq \underline{H}_1 \underline{V}_{e1} = \underline{E}_{s1}$

$\underline{H} \neq \underline{H}_1 \underline{H}_2$

Entre chaque étage d'électronique il faut avoir $\underline{Z}_{e2} \gg \underline{Z}_{s1}$

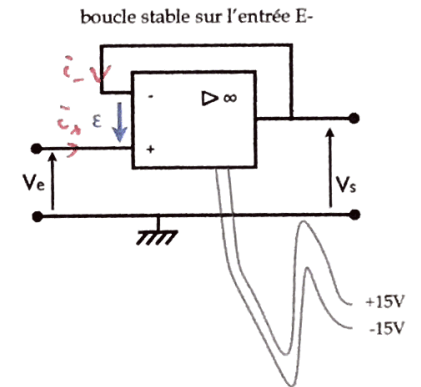
Solapement d'impédance

* Utilisation d'un composant actif : le quadripôle suiveur

[Réalisé à l'aide d'un AO : Amplificateur Opérationnel]

$\left. \begin{array}{l} \underline{Z}_e \sim 10^{12} \Omega \\ \underline{Z}_s \sim 1 \Omega \end{array} \right\}$

L'AO nous garantit $\underline{\epsilon} = 0$
 si on boucle sur l'entrée E- vers la sortie
 soit $\underline{V}_e = \underline{\epsilon} + \underline{V}_s$ $\underline{H} = 1$
 $\underline{V}_s = \underline{V}_e$



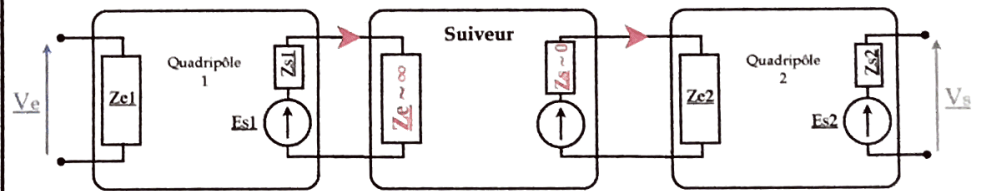
Nous avons réalisé ! : un fil ?

$\underline{V}_+ = \underline{V}_-$ fil
 $\underline{i}_+ = \underline{i}_- = 0$ interruption ouvert coupe à court

* Intérêt du montage suiveur :

Propriété :

Le montage suiveur a :
 - une impédance d'entrée ∞
 - une impédance de sortie nulle



D'après le montage suiveur $\underline{H} = 1$, donc on a exactement la même tension en entrée et en sortie du suiveur

De plus $\underline{Z}_e \sim \infty$ $\underline{i}_{s1} = 0$: Hyp Validée.

et $\underline{Z}_s \sim 0$ soit $\underline{V}_{e2} = \underline{E}_{s1} = 1 \cdot \underline{V}_{s1} = \underline{V}_{s1}$

$\underline{H} = \frac{\underline{V}_{s2}}{\underline{V}_{e1}} = \frac{\underline{V}_{s2}}{\underline{V}_{e2}} \cdot \left(\frac{\underline{V}_{e2}}{\underline{V}_{s1}} \right) \frac{\underline{V}_{s1}}{\underline{V}_{e1}} = \underline{H}_1 \underline{H}_2$

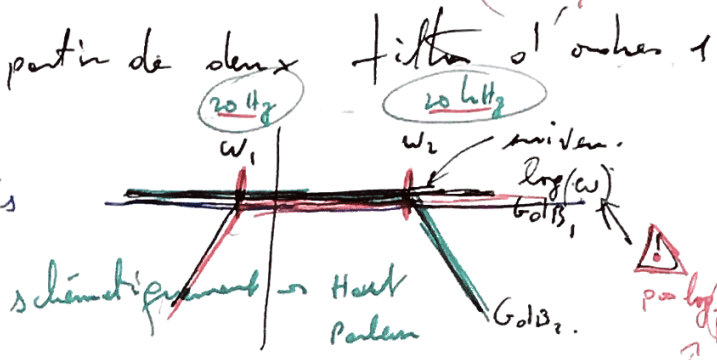
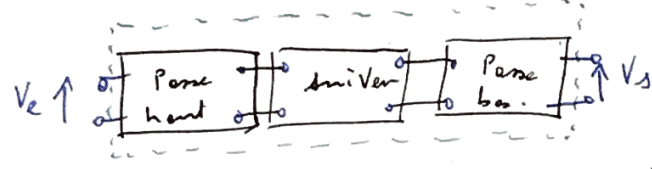
$\underline{H} = \underline{H}_1 \underline{H}_2$

on a réalisé l'adaptat° d'impédance !!!

(exercices type)

Appliquet° du théorème: Produit de 2 fct de transfert:

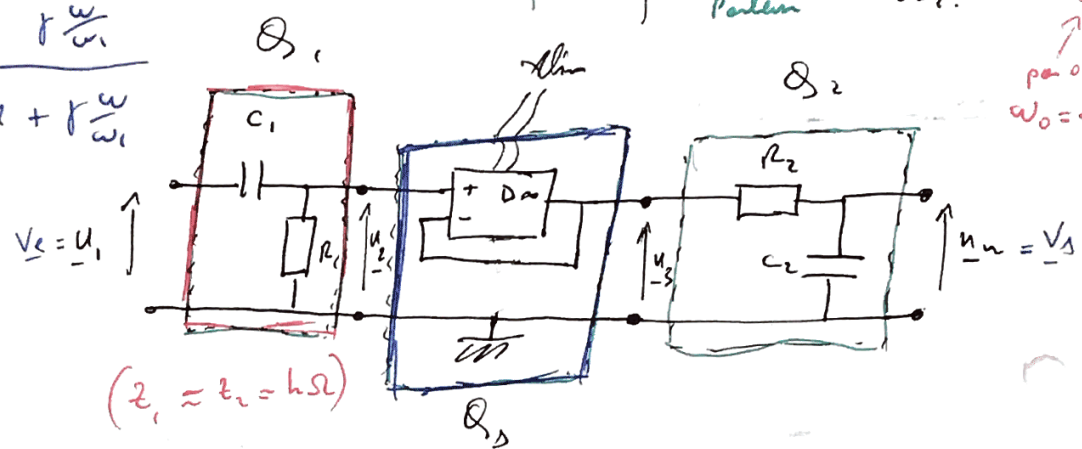
* On peut construire un passe bande à partir de deux filtres d'ordre 1.



$$H_1(j\omega) = \frac{1}{1 - j\frac{\omega}{\omega_1}} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_1}}$$

$$H_D = 1$$

$$H_2(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$$



$$H = \frac{U_u}{U_1} = \frac{U_u}{U_3} \cdot \frac{U_3}{U_2} \cdot \frac{U_2}{U_1} = H_2 \cdot H_D \cdot H_1 = H_1 \cdot H_2$$

$$H = H_1 \cdot H_2$$

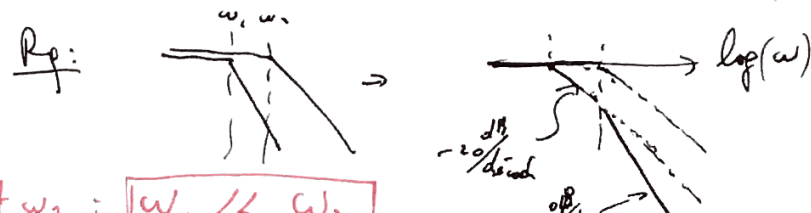
Propriétés: Dans la limite où les conditions de fct de chaque filtre est respectée la fct de Transfert de filtres successifs est égale au produit de leur fct de transfert. (cf adaptet° d'impédance)

Diagramme de Bode: Méthode de constantes:

On écrit $|H| = |H_1| \cdot |H_2|$ Soit $G_{dB} = 20 \log(|H|) = 20 \log(|H_1|) + 20 \log(|H_2|)$
 $G_{dB} = G_{dB1} + G_{dB2}$

Le gain Total est la somme des gains individuels.

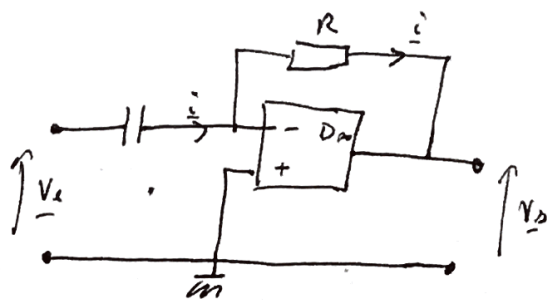
Méthode: Graphiquement on trace donc toutes les asymptotes.



Hyp pour avoir G=1 entre omega_1 et omega_2: $\omega_1 \ll \omega_2$

3) Le filtre : dérivateur

* Réalisation du quadsipôle :
(On inverse R et C)



A nouveau : $\begin{cases} E = 0 \\ i_- = 0 \end{cases}$

$$\left. \begin{aligned} V_e &= z_c i \\ V_s &= -R i \end{aligned} \right\} \frac{V_s}{V_e} = \frac{-R}{\frac{1}{j\omega C}} = -jRC\omega$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

* Sortie du Montage :

$$\boxed{H = -j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

soit

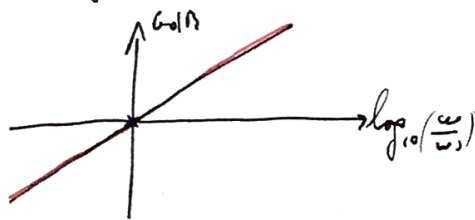
$$V_s = -RC \cdot j\omega V_e$$

$$\boxed{V_s = -RC \frac{dV_e}{dt}}$$

retour aux réels

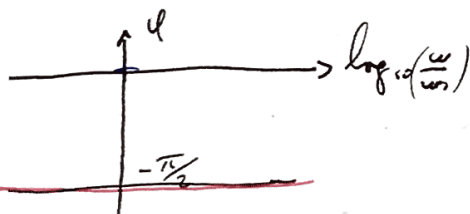
$\forall \omega (\neq \infty)$

* Diagramme de Bode :

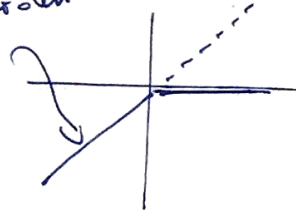


$$|H| = \frac{\omega}{\omega_0} \quad G_{dB} = 20 \log \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\varphi = \arctan(-j) = -\frac{\pi}{2}$$



Re: Contrairement au filtre passe haut le comportement dérivateur est rigoureux $\forall \omega$.
pseudo-dérivateur



Re: La phase ne vaut pas le même chez int (resp dériv) que chez pseudo... car il y a un signe " $\pm \pi$ "

Conclusion sur les filtres actifs

* Présents partout en électronique.

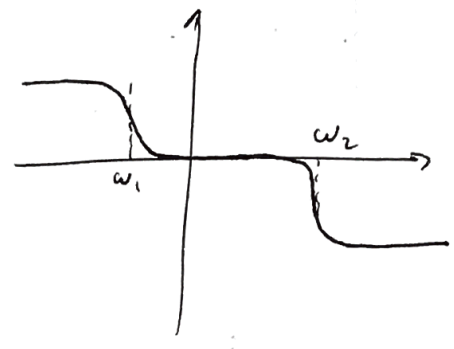
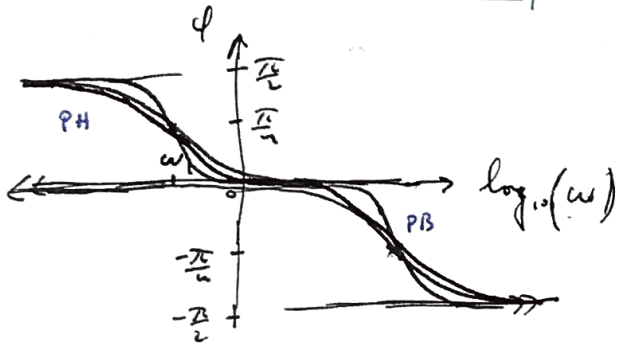
* nous devons juste connaître ces quelques cas et savoir les combiner les uns avec les autres.

* On peut concevoir des filtres d'ordre deux en combinant ces dipôles usuels avec un AO.

* $\arg(H) = \arg(H_1) + \arg(H_2)$

$\phi(\omega) = \phi_1(\omega) + \phi_2(\omega)$

La phase totale est donc la somme des phases



Conclusion:

Sur cet exemple on a construit un passe-bande

dont: -> la bande passante est large et peut être ajustée à volonté. ω_1 fct de R_1, C_1 et ω_2 fct de R_2 et C_2 .

-> pas de déphasage dans la bande passante.

Rp: inconvénient si bande passante large: filtre n'est pas "sélectif" -> sélection de une bande.

Rq: le filtre est actif car il y a un H_0 , donc une adm externe.

=> On a un filtre du deuxième ordre

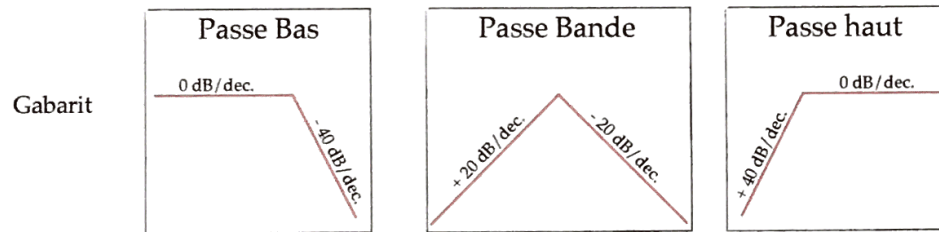
5 - Notion de Gabarit

Définition :

- Il s'agit d'une représentation simplifiée qui résume les caractéristiques d'un filtre.
- La connaissance des différents gabarits permet, en les mettant en cascade de concevoir rapidement un filtre plus complexe qui répond à des spécifications précises.

Le gabarit résume la réponse en gain du filtre :

ex :



Plus précisément, le gabarit nous indique :

- La tolérance sur le gain pour être dans la bande passante : $G_{\min} < G < G_{\max}$
 En pratique on coupe si : $G < \frac{1}{\sqrt{2}}$ soit $G_{dB} < -3 \text{ dB}$

- La bande passante qui s'en déduit :
 - ex : passe bande $\rightarrow [\omega_-, \omega_+]$
 - passe bas $\rightarrow [0, \omega_c]$
 - passe haut $\rightarrow [\omega_c, +\infty]$

- La bande atténuée où l'on garantit un gain inférieur à une limite : $G < G_a$.
 On en déduit également la bande atténuée $[\omega_-, \omega_+]$

Ex : on considérera le signal négligeable si $G_{dB} = -40 \text{ dB}$ soit $G = \frac{1}{100}$

$$-40 = 20 \log_6 G \quad -2 = \log_{10} G \quad G = 10^{-2}$$

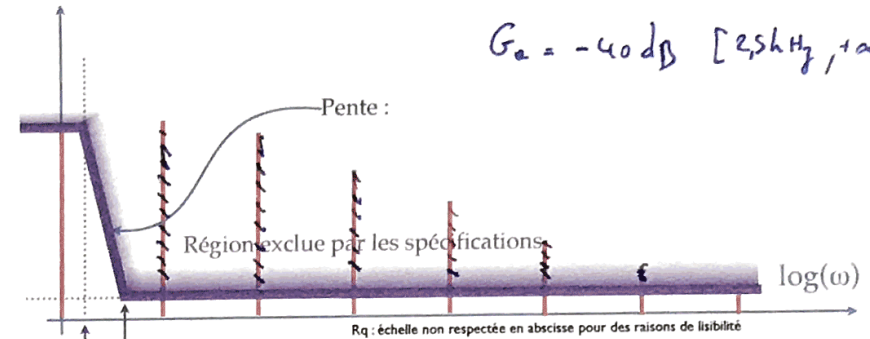
Exemples de spécifications :

Réalisation d'un moyennneur :

Soit un signal $e(t)$ dont on veut la moyenne [offset ou composante continue]

- On sait que les fréquences sont toutes des multiples de 4 kHz.
- On ne veut pas de bruit dont l'amplitude dépasse 1% de la composante continue

Gabarit : $G_c = -3 \text{ dB} [0, 250 \text{ Hz}]$
 $G_a = -40 \text{ dB} [2,5 \text{ kHz}, +\infty]$



$f_c = 2,5 \text{ kHz}$

De quel ordre doit être le passe-bas pour valider les spécifications du cahier des charges ?

il faut une pente de $-40 \text{ dB/décade} \Rightarrow$ Passe bas (II)