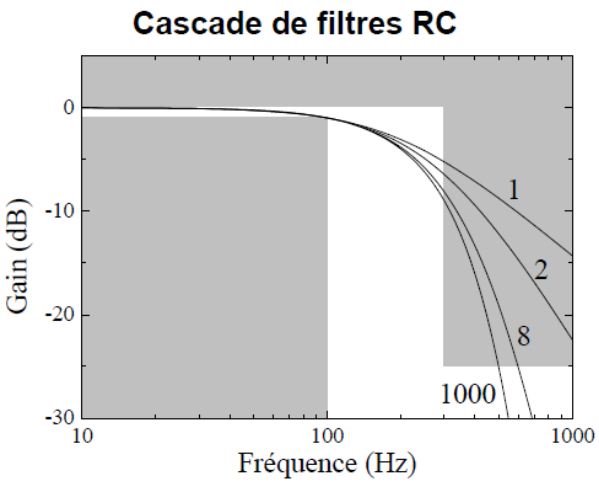
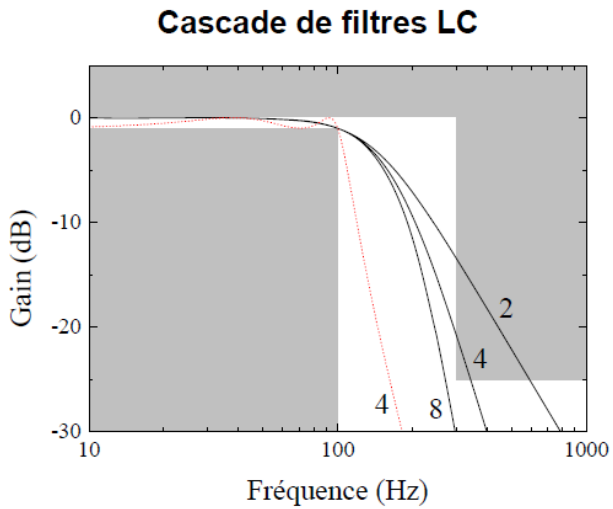
# 4ème partie : Filtrage (suite)

- Cascade de filtres et ordre des filtres
  - Comment designer un filtre ?
  - ➔ La cahier des charges pour un filtre s'appel le gabarit



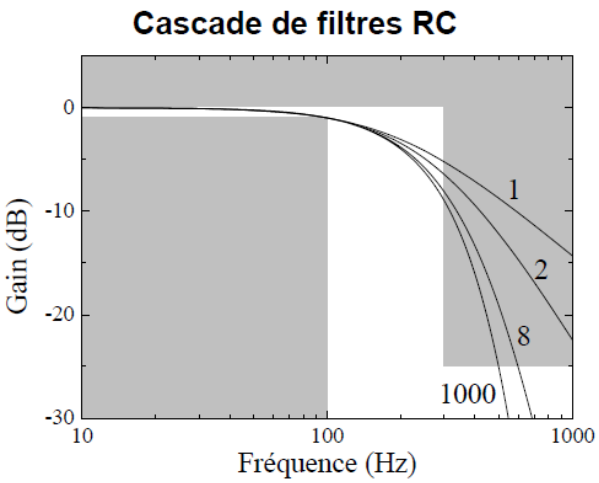



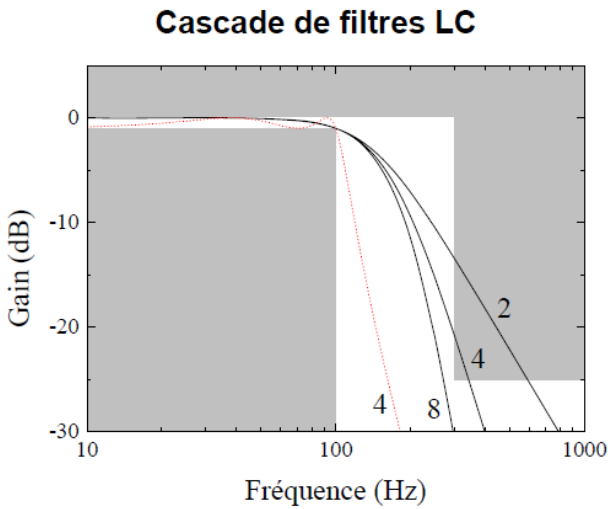

Le nombre indiqué correspond au nombre de filtres cascadés. 4 filtres LC = ordre 8 !

- Le gabarit ici est donné par les zones blanches dans lesquelles le gain en tension doit passer.
- Un point important est donc l'atténuation du filtre (ou rejection) MAIS AUSSI LA VITESSE A LAQUELLE ON ATTEINT L'ASYMPTOTE !
- Ici, le gabarit n'est pas complet car il faut aussi préciser la tolérance sur le phase

# 4ème partie : Filtrage (suite)

- Cascade de filtres et ordre des filtres
  - Comment designer un filtre ?
  - ➔ La cahier des charges pour un filtre s'appel le gabarit




Le nombre indiqué correspond au nombre de filtres cascadés. 4 filtres LC = ordre 8 !

- Note : La courbe en pointillés représente la fonction de transfert d'un filtre dit de Tchébychev d'ordre 4 contitué seulement de 2 condensateurs et 2 inductances

# Filtrage actif

- On parle de filtrage actif lorsque le circuit qui réalise le filtrage contient un élément actif comme l'amplificateur opérationnel
- Les filtres actifs permettent de réaliser des filtres dont les caractéristiques sont insensibles à la charge placée en sortie

➔ Comme en sortie de filtre, la charge peut ne pas être linéaire (diode, haut-parleur…), l'utilisation de filtres actifs est recommandé

➔ On parle d'adaptation d'impédance dans ce cas

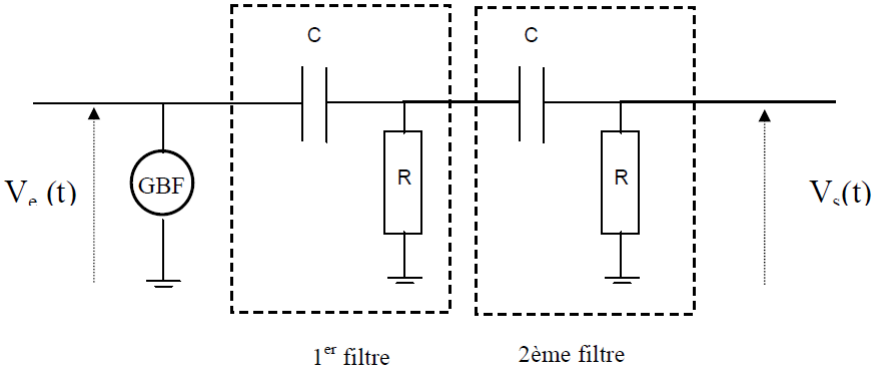
- Le filtrage permet d'obtenir des designs parfois plus compactes

➔NE REGLE PAS TOUS LES PROBLEMES !

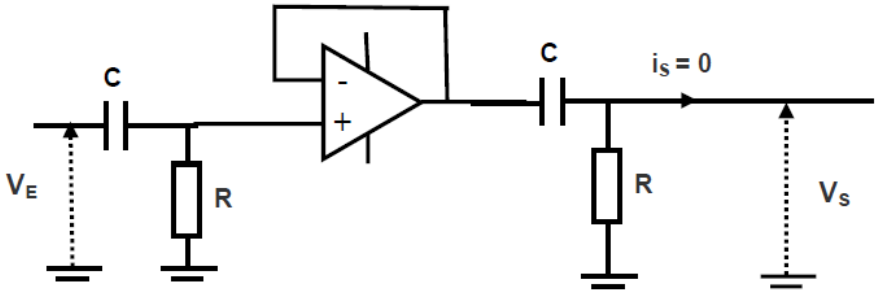
# Augmentation de l'atténuation

- Pour augmenter l'atténuation d'un filtre, une solution est d'en cascader plusieurs.

➔ Le danger en cascadant des filtres passifs est que l'on modifie la fonction de transfert de chacun des filtres : ce n'est pas seulement le produit des fonctions de transfert:



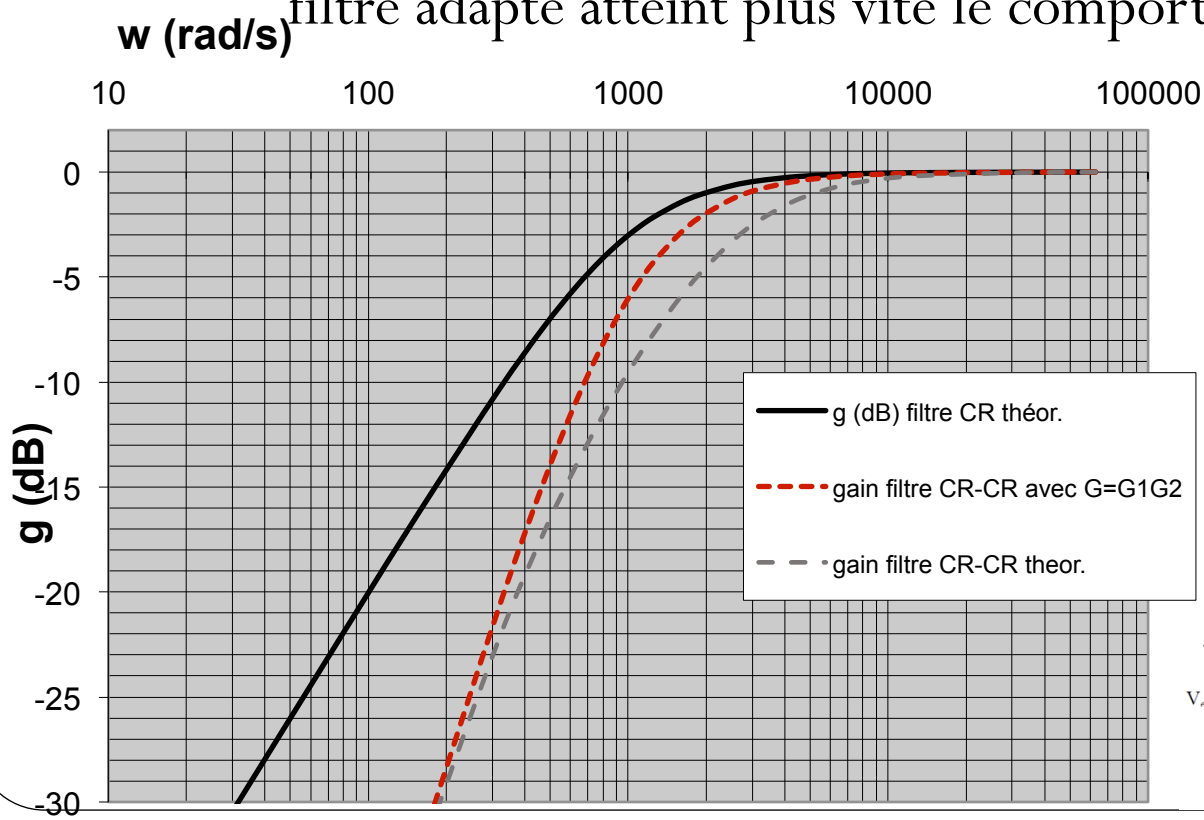

**Et**

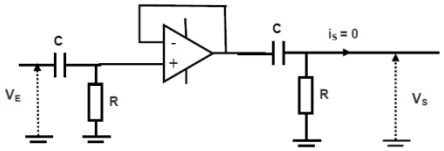


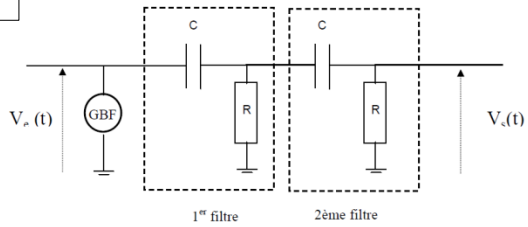

➔ Comparer les fonctions de transfert de ces 2 cascades de filtre. Dans le 2ème l'adaptation d'impédance est réalisée

# Augmentation de l'atténuation

- Comparaison des gains en dB
  - Même pente asymptotique
  - MAIS pas même comportement au niveau de la coupure ➔ Le filtre adapté atteint plus vite le comportement asymptotique



# Augmentation de l'atténuation

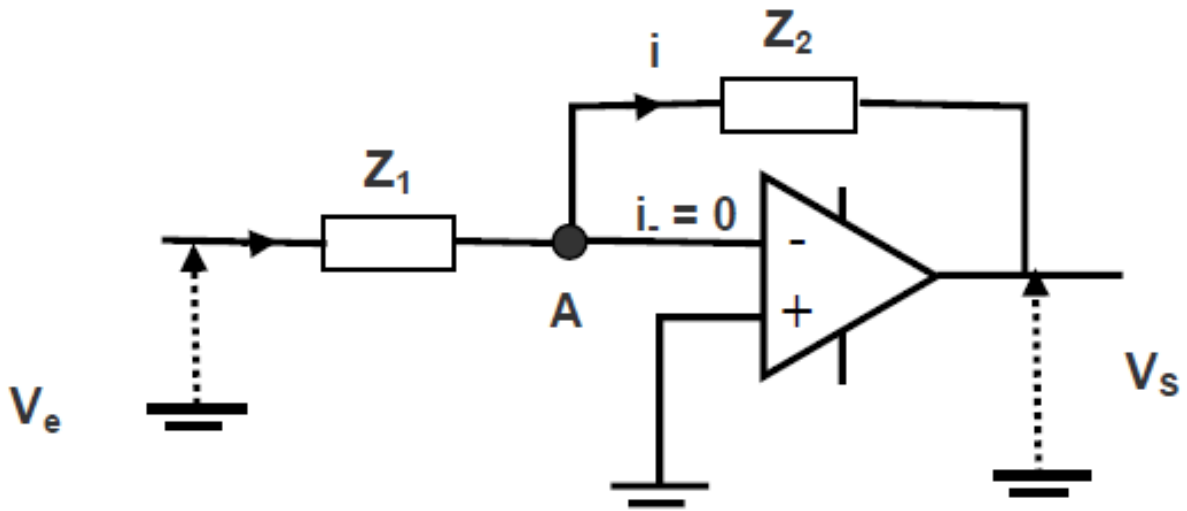
- En cascadant des filtres on augmente l'ordre du filtre.
- En revanche on peut aussi augmenter l'ordre du filtre en envisageant des structures plus ou moins compliquées.

➔ L'ordre d'un filtre est donné par le nombre de capacités et d'inductance dans le circuit et qui réalisent la même fonction.

  - Par exemple, mettre 2 filtres RC à la suite fait un filtre passe bas d'ordre 2
  - Mais mettre un filtre CR à la suite d'un filtre RC revient à faire un filtre passe bande d'ordre 1 ! En effet 1 capacité par fréquence de coupure et il y a deux fréquences de coupures ! (une haute et une basse autour d'une fréquence centrale)

# Filtres actifs du 1er ordre

- Schéma (encore!) en pont diviseur de tension

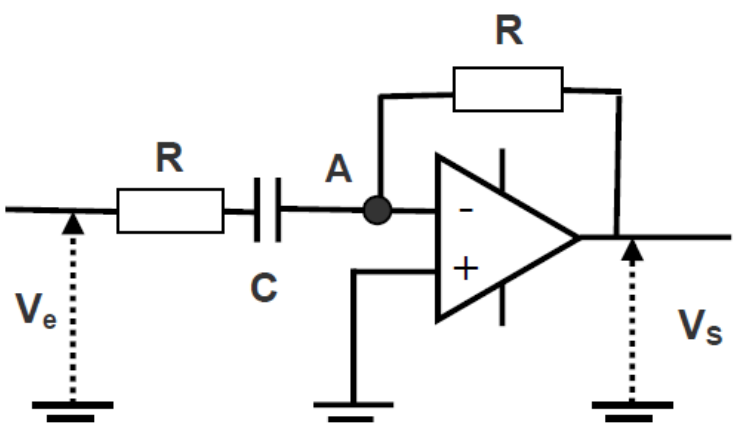



➔ On rappelle que dans ce cas la fonction complexe de transfert en tension a pour expression :

$$\mathcal{H}(\omega) = V_s / V_e = -Z_2 / Z_1$$

# Passe haut actif du 1er ordre

- Schéma et fonction de transfert




On a ici $Z_1 = R + \frac{1}{jC\omega}$ et $Z_2 = R$

d'où $$H(j\omega) = \frac{-R}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{-1}{1 - \frac{j}{RC\omega}}$$

d'où $$G_V = \frac{-1}{\sqrt{1 + (\frac{1}{RC\omega})^2}} = \frac{-1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega_0}{\omega})^2}}$$

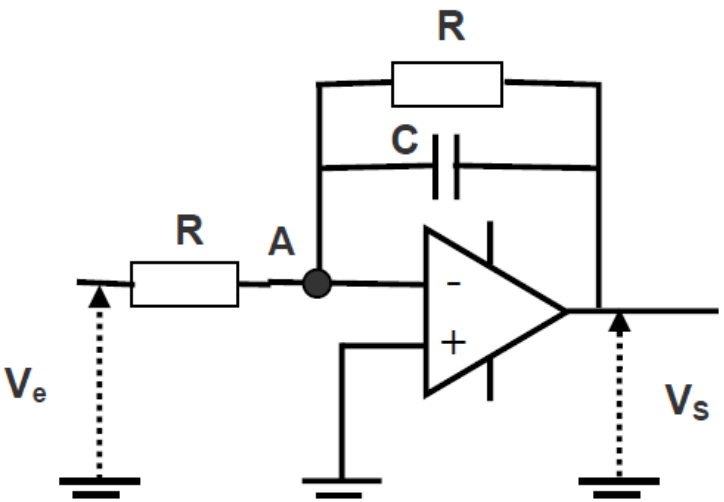
- Déterminer l'évolution de la phase. Est-ce que le fait que la phase ne parte pas de zéro mais 180° pose un problème

# Passe bas actif du 1er ordre

- Exercice : proposer un schéma

# Passe bas actif du 1er ordre

- Schéma et fonction de transfert




On a ici $\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{Z_C} = \frac{1 + jRC\omega}{R}$

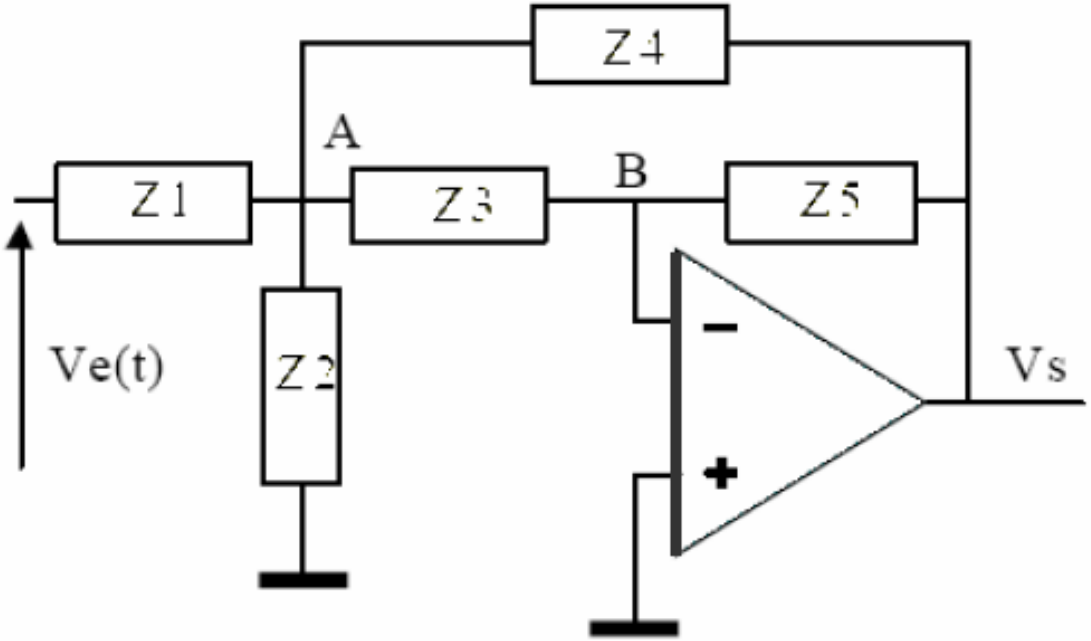
D'où $Z_2 = \frac{R}{1 + jRC\omega}$ et par suite

$H(j\omega) = \frac{-1}{1 + jRC\omega}$ et

$$G_V = \frac{-1}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} = \frac{-1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^2}}$$

# Filtres d'ordres supérieurs

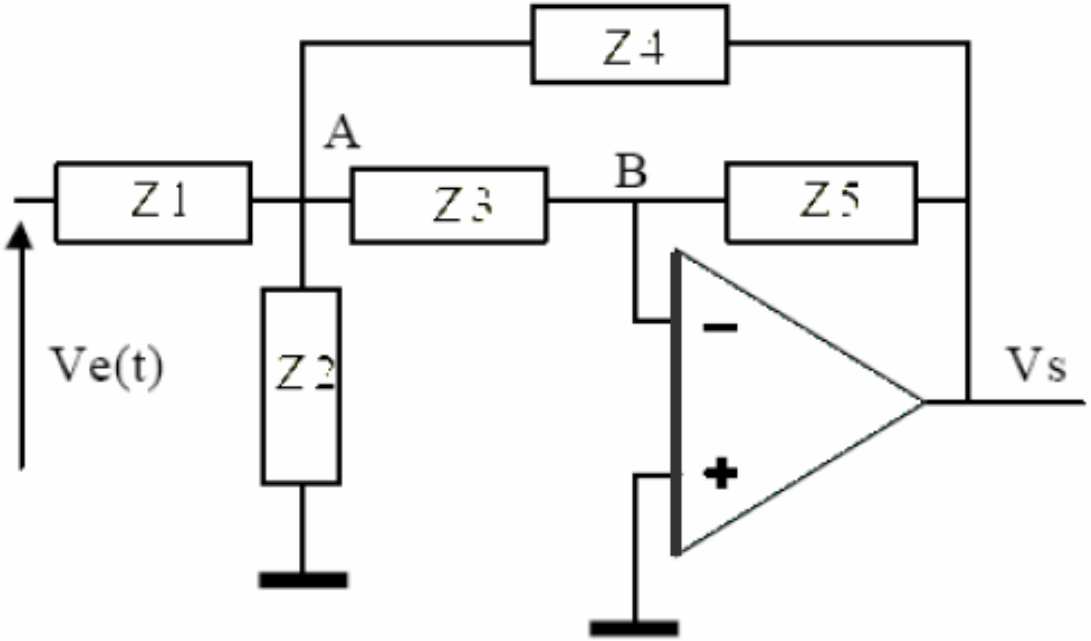
- Sctructure de Rauch générale d'un filtre actif d'ordre 2




- Déterminer la fonction de transfert

# Filtres d'ordres supérieurs

- Sctructure de Rauch générale d'un filtre actif d'ordre 2

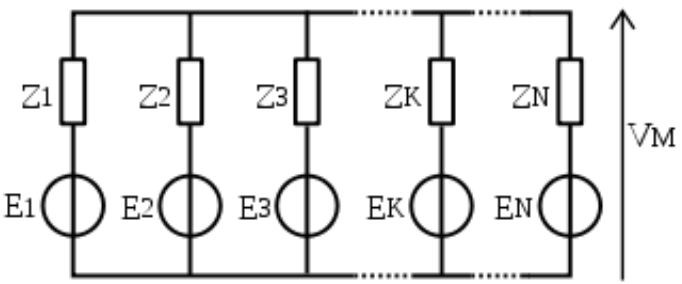



- Déterminer la fonction de transfert

# Théorème de Millman

- Énoncé : le potentiel en M est donné par les potentiels aux entrés des différentes branches divisée par leur inductance, sur la somme des conductance (impédances en parallèles)

$$V_M = \frac{\sum_{k=1}^{N} E_k . Y_k}{\sum_{k=1}^{N} Y_k} = \frac{\sum_{k=1}^{N} \frac{E_k}{Z_k}}{\sum_{k=1}^{N} \frac{1}{Z_k}}$$




- Il s'agit seulement de la loi des nœuds !
- Aide pour la question précédente : appliquer le théorème de Millman en A

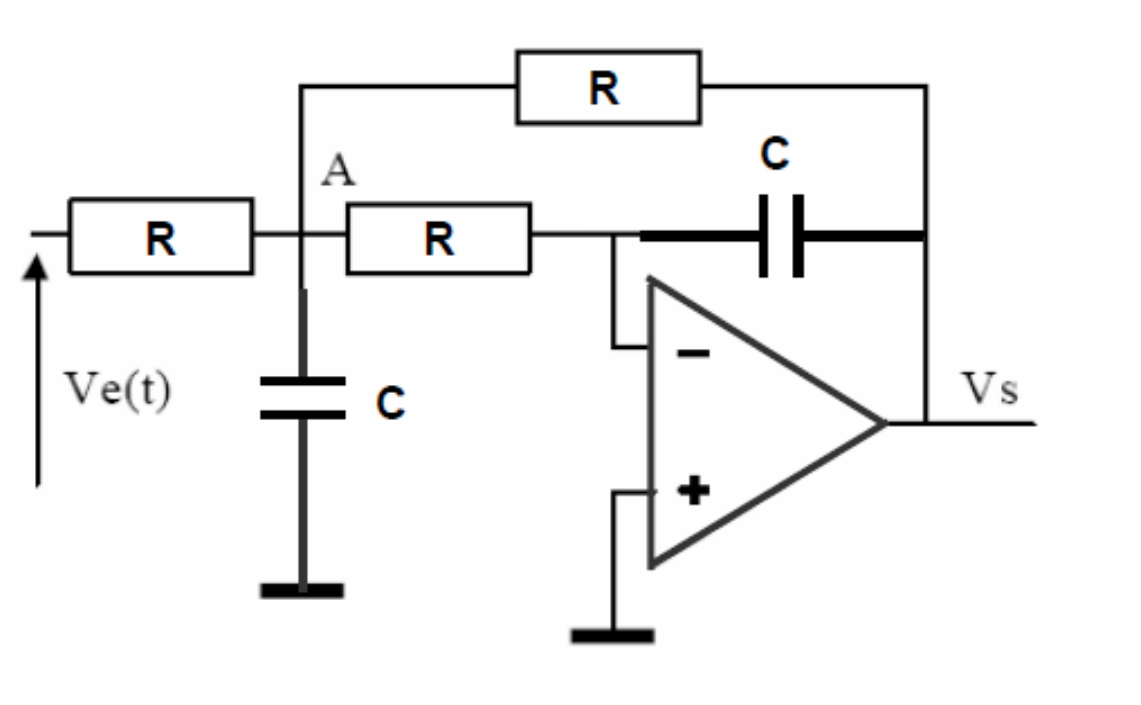
# Théorème de Millman appliqué aux filtres de Rauch

- En appliquant le théorème de Millman en A, on obtient :

$$H(j\omega) = \frac{-1}{\frac{Z_3}{Z_5} + \frac{Z_1}{Z_5} + \frac{Z_1}{Z_4} + \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_5} + \frac{Z_1.Z_3}{Z_4.Z_5}}$$

# Passe bas actif du 2nd ordre

- Déterminer la fonction de transfert du filtre suivant




Il est possible de visualiser la fonction de transfert de ce type de filtre à partir des simulations java disponibles sur le lien suivant :
http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/rauch.html