Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences
Western Switzerland

Electronique 1: ***Filtres électroniques***

Double dipôles

- *Double dipôle: un quadripôle, où on considère séparément deux portes, souvent avec la même référence*

Composants linéaires

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences
Western Switzerland

- *Un composant est linéaire si sa fonction de transfert est linéaire.*

- *Une fonction de transfert **H()** est linéaire si:*

$$H\left[a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t)\right] = a_1 \cdot H\left[x_1(t)\right] + a_2 \cdot H\left[x_2(t)\right]$$

➢ *Résistances, capacités et inductances, sont-ils des composants linéaires?*

Circuits linéaires

- *Un circuit est linéaire si il est composé d'éléments linéaires.*

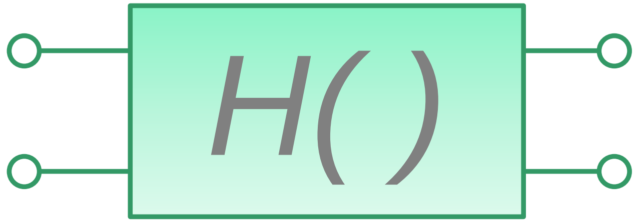
- *Si un circuit (ou un générale un système) est linéaire, on peut appliquer le principe de superposition.*

  - *Si on sait décomposer une excitation en une somme de fonctions simples, il sera éventuellement possible de calculer la réponse correspondante en additionnant des réponses individuelles calculables explicitement.*

$$H\left[a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t)\right] = a_1 \cdot H\left[x_1(t)\right] + a_2 \cdot H\left[x_2(t)\right]$$

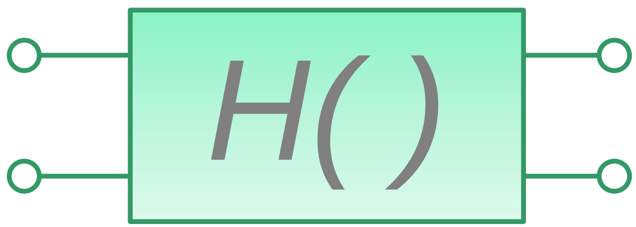
Principe de superposition

$x_1(t)$



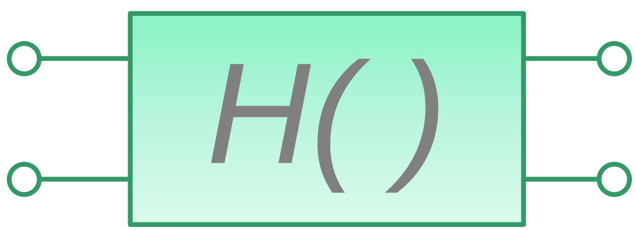
$H\left[x_1(t)\right]$

$x_2(t)$



$H\left[x_2(t)\right]$

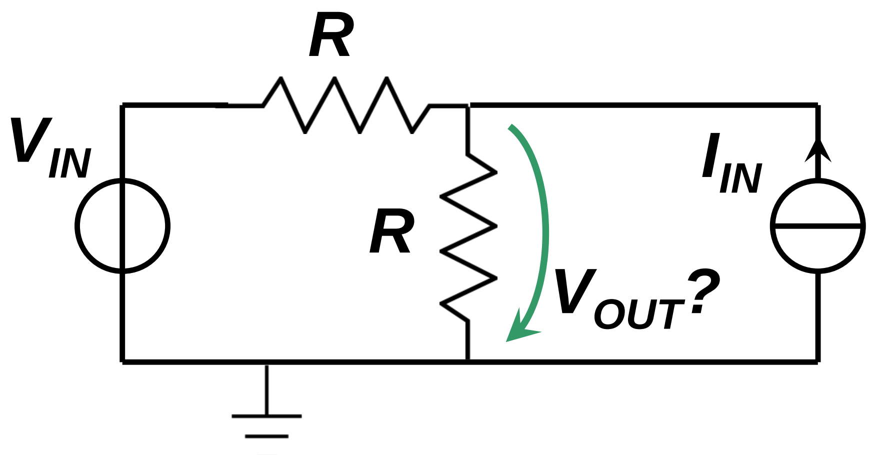
$a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t)$

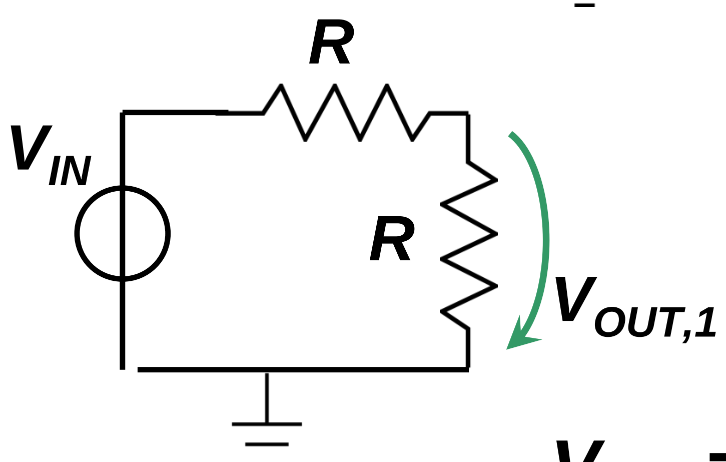


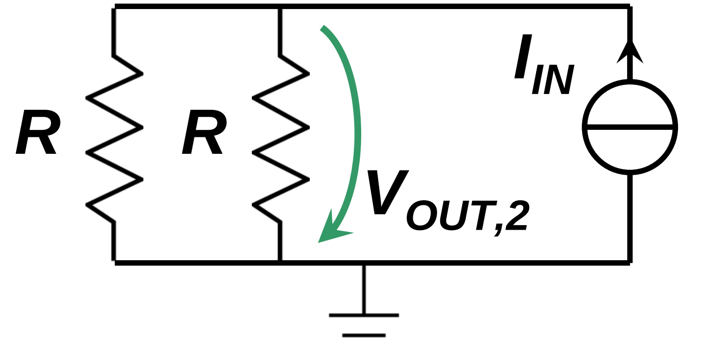
$$H\left[a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_2(t)\right]$$
$$= a_1 \cdot H\left[x_1(t)\right] + a_2 \cdot H\left[x_2(t)\right]$$

Principe de superposition: exemple

- *Déterminez l'expression de la tension V_{OUT} en utilisant le principe de superposition*



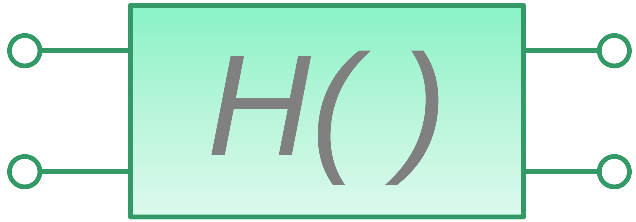




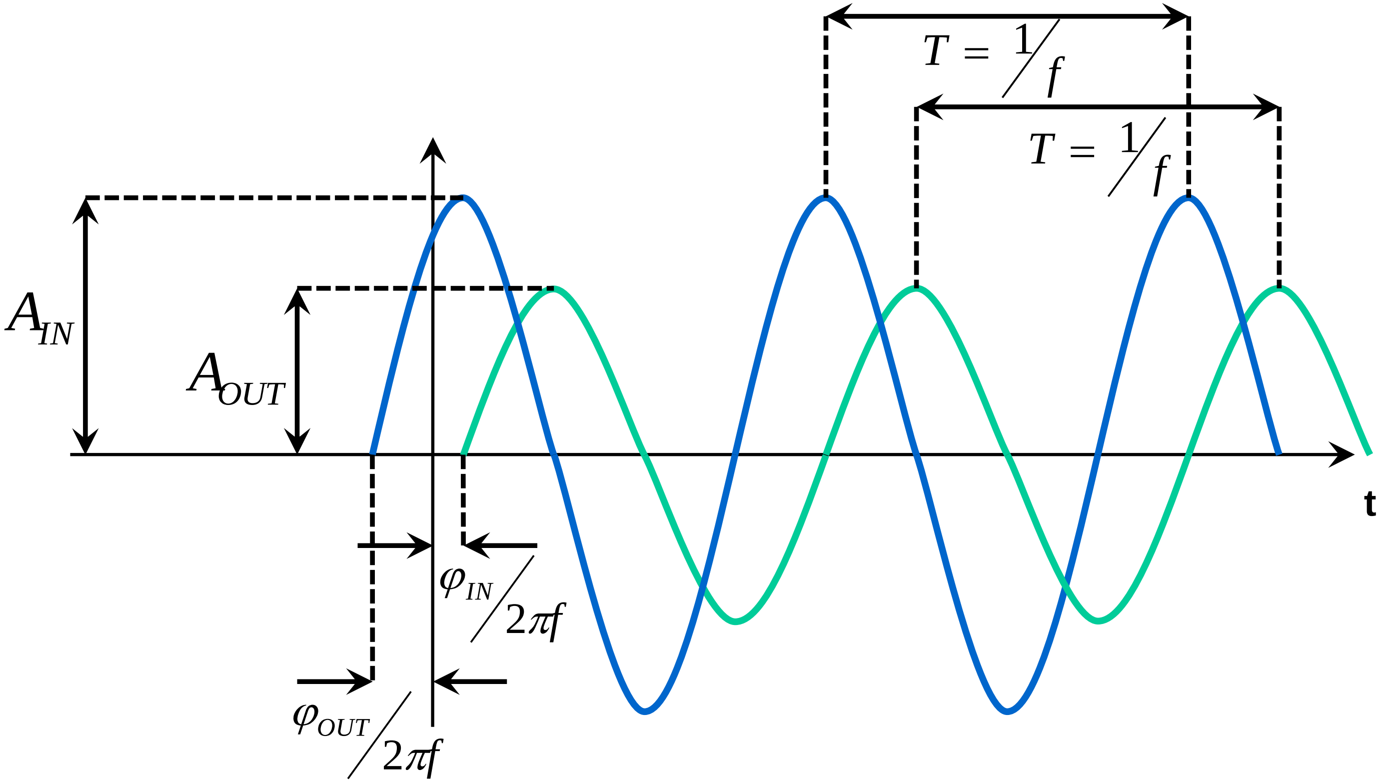
$$V_{OUT} = V_{OUT,1} + V_{OUT,2}$$

Filtres linéaires; entrée sinusoïdale

$$A_{IN} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_{IN})$$

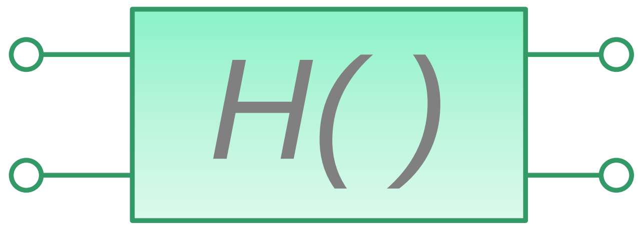


$$A_{OUT} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_{OUT})$$



Filtres linéaires; entrée sinusoïdale

- *Un filtre linéaire peut être représenté par deux fonctions réels, le gain et la phase en fonction de la fréquence*

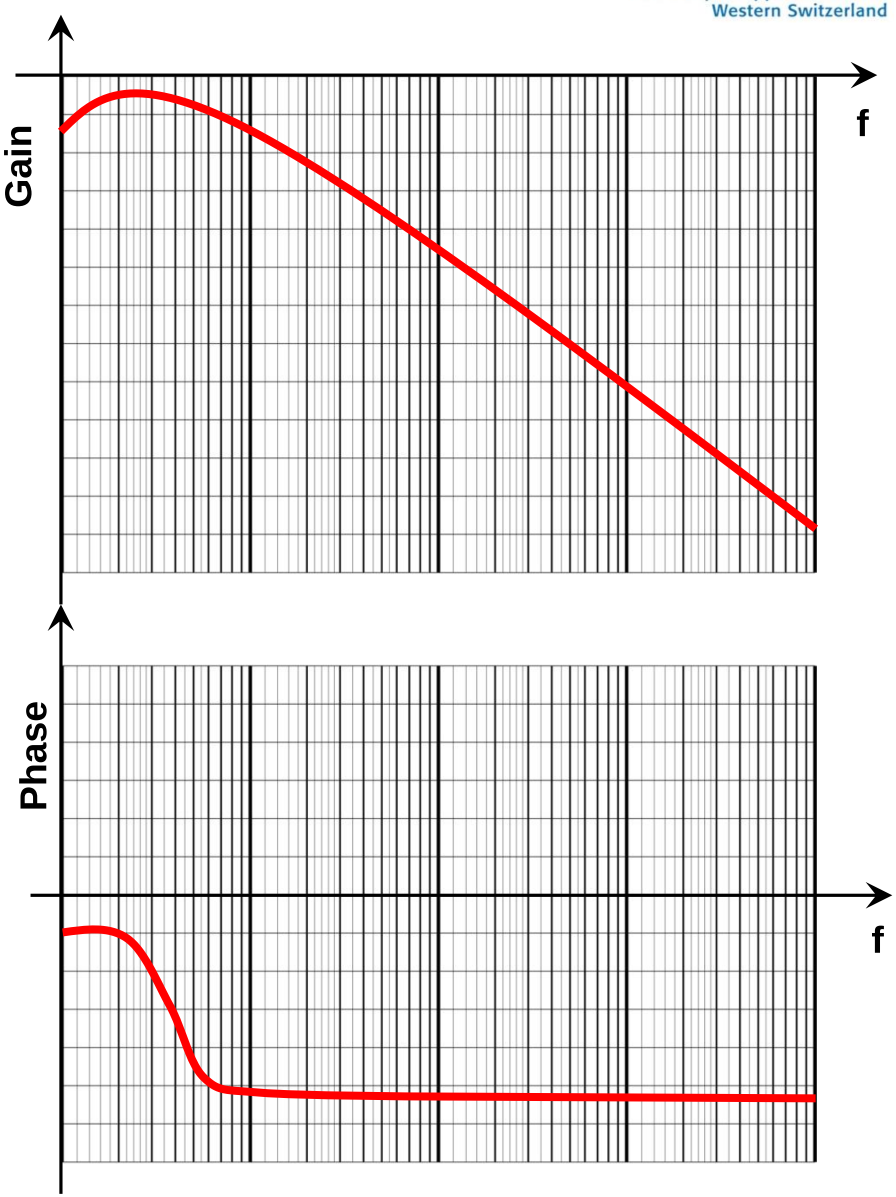


$$G(f) = A_{OUT} / A_{IN} \qquad \Delta\varphi(f) = \varphi_{OUT} - \varphi_{IN}$$

Diagramme de Bode

- *Le diagramme de Bode présent le <u>gain</u> et la <u>phase</u> en fonction de la fréquence;*

- *L'axe des fréquence est normalement logarithmique*



Unités de gain logarithmique

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences
Western Switzerland

- *Le décibel*

$$G[dB] = 10 \cdot \log_{10}\left(P_{OUT} / P_{IN} \right) = 20 \cdot \log_{10}\left(V_{OUT} / V_{IN} \right)$$

- *Le Neper (moins utilisé)*

$$G[Np] = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(P_{OUT} / P_{IN} \right) = \ln\left(V_{OUT} / V_{IN} \right)$$

Grandeurs absolues en dB

$$P[dBW] = 10 \cdot \log_{10}\left(P_{OUT} / 1W \right)$$

$$P[dBm] = 10 \cdot \log_{10}\left(P_{OUT} / 1mW \right)$$

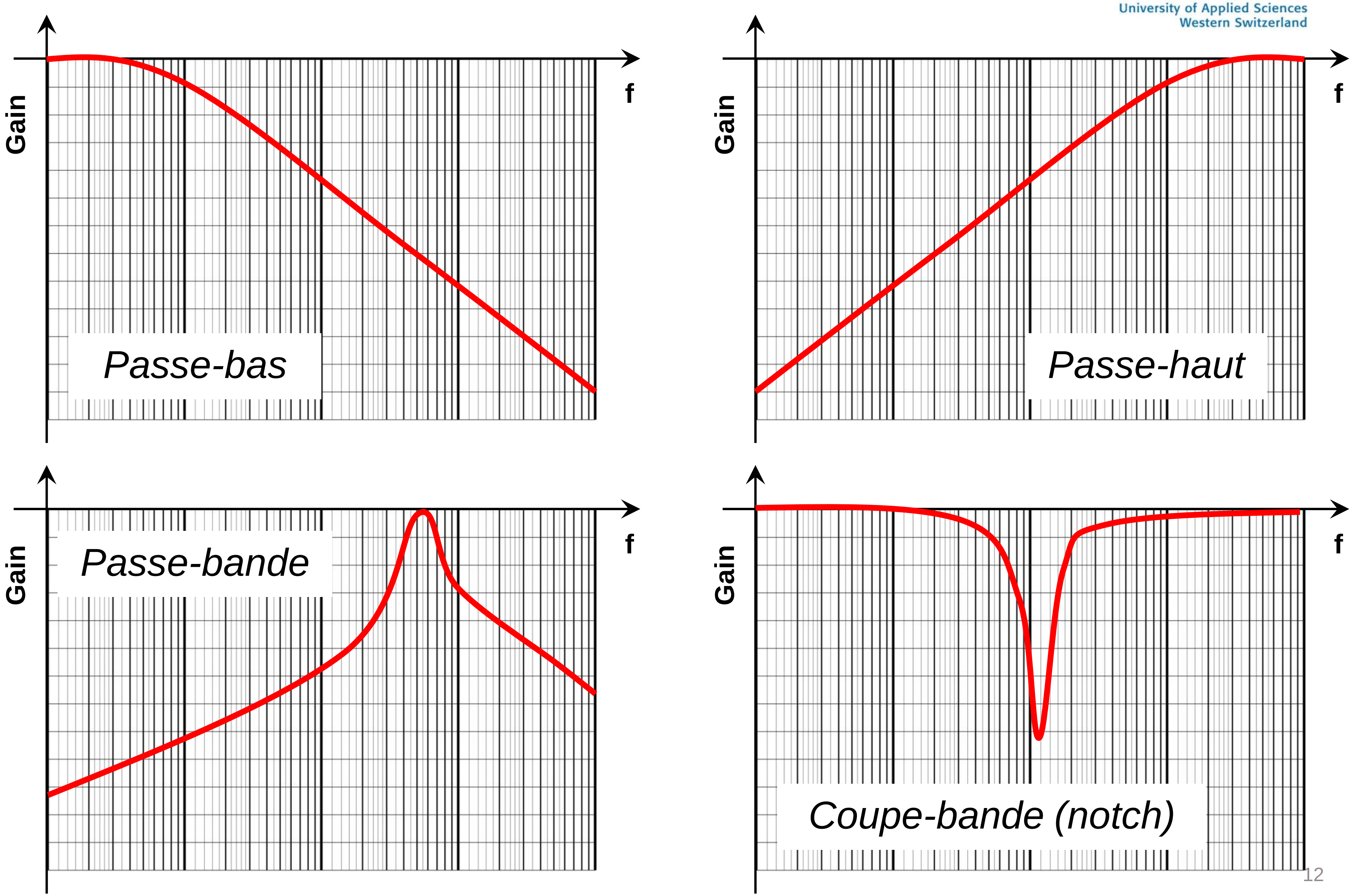
$$V[dBV] = 20 \cdot \log_{10}\left(V_{OUT} / 1V \right)$$

$$V[dB\mu V] = 20 \cdot \log_{10}\left(V_{OUT} / 1\mu V \right)$$

$$p[dBSPL] = 20 \cdot \log_{10}\left(p[\mu Pa] / 20\mu Pa \right)$$

p = 0dB SPL (sound pressure level) correspond à une pression acoustique de 20 µPa, seuil minimal d'audition humaine (@1kHz)

Filtres: fonctions



Filtres: types

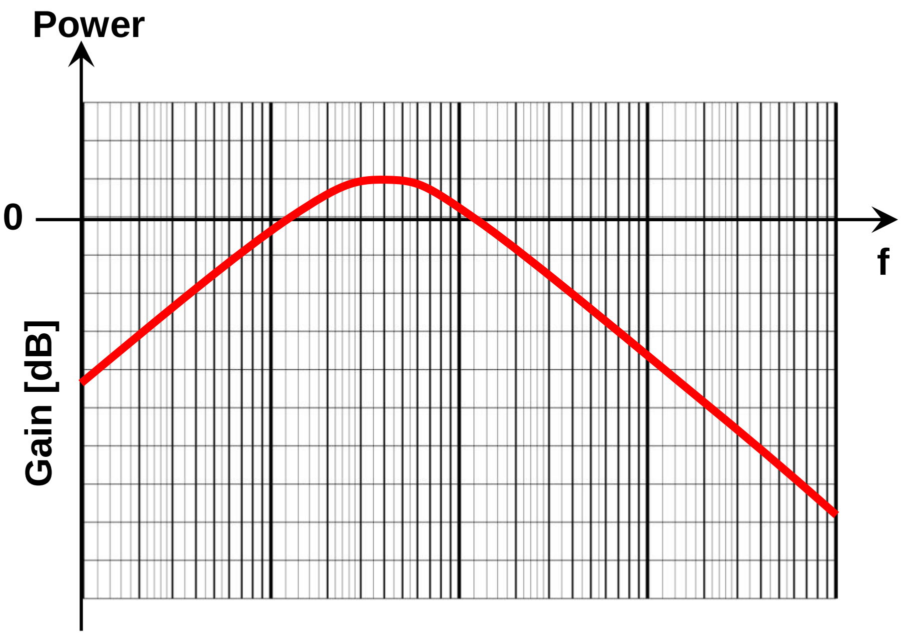
- ***Passifs***: *composé que par des éléments passifs (R, L et C)*

- ***Actifs***: *composé par des éléments passifs (R, L et C) mais aussi par des éléments actifs (AO, transisteurs, etc.)*

- ***Numériques***: *conversion A/D > traitement numérique > conversion D/A*

Filtres: types

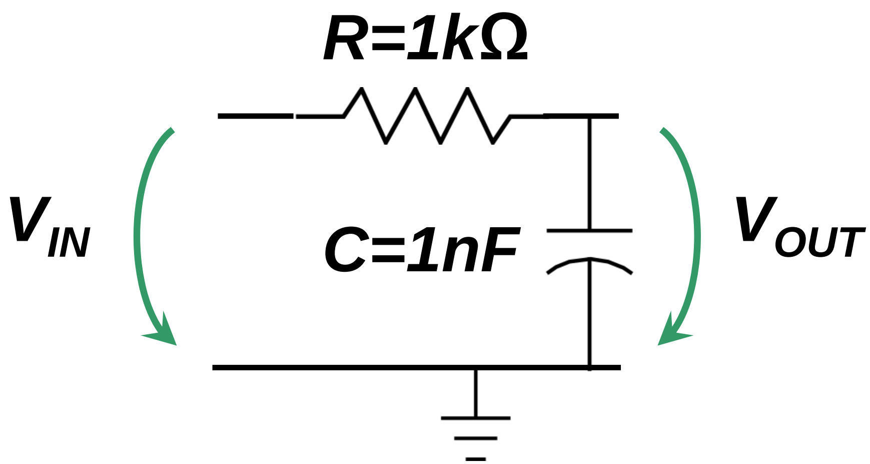
- *Pour chaque diagramme de Bode, identifier le type du filtre (passif ou actif):*



Filtres: modèles

- *Filtres **Butterworth***
- *Filtres **Chebyshev I***
- *Filtres **Chebyshev II***
- *Filtres **Legendre***
- *Filtres **Bessel***
- *…*

Exemple: filtre RC passe-bas (1^{er} ordre)



➢ *Vérifier le comportement « passe-bas » en analysant le circuit à fréquence nulle et puis à fréquence infinie*

$$H(\omega) = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

➢ *Vérifier le comportement « passe-bas » en analysant la fonction de transfert à fréquence nulle et puis à fréquence infinie*

Exemple: filtre RC passe-bas (1er ordre)

$$|a + jb| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

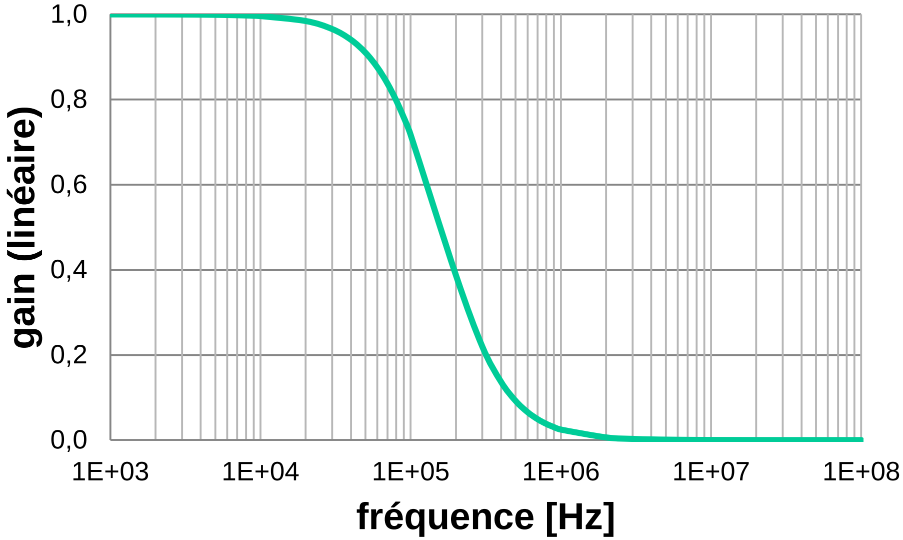
$$\langle a + jb = \arctan {}^{b}\!/_{a}$$

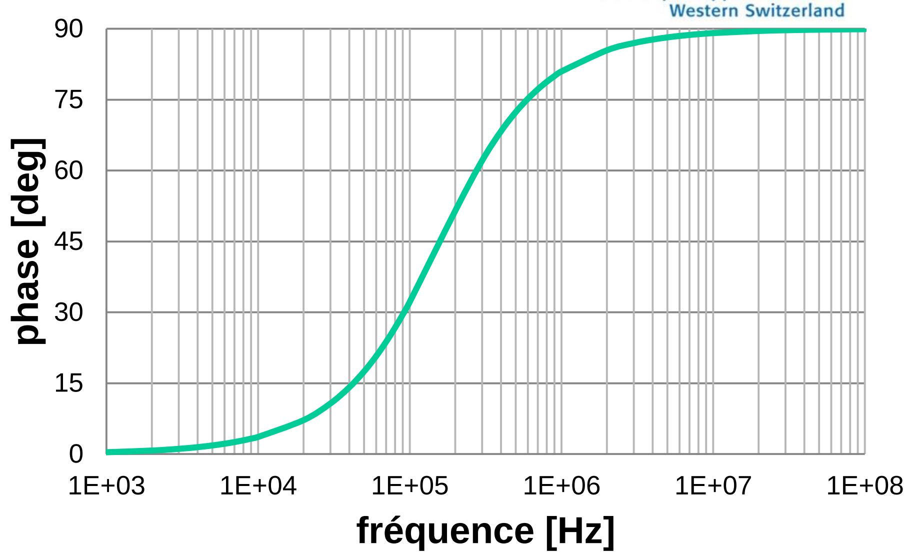
$$H(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + (\omega RC)^2} - j\frac{\omega RC}{1 + (\omega RC)^2}$$

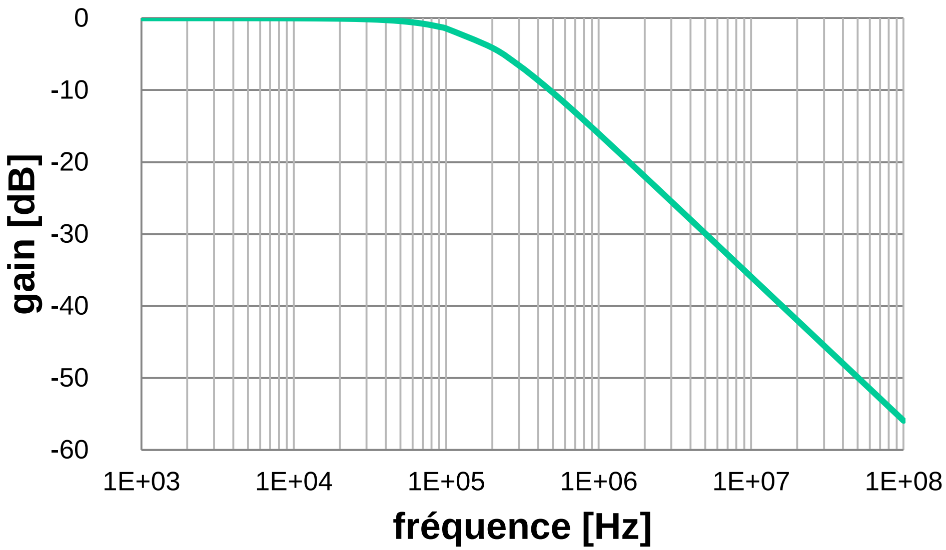
$$|H(\omega)| = \left|\frac{1}{1 + j\omega RC}\right| = \frac{1}{1 + (\omega RC)^2}$$

$$\langle H(\omega) = \left\langle \frac{1}{1 + j\omega RC} = \arctan(\omega RC)\right.$$

Exemple: filtre RC passe-bas (1er ordre)







$$\lim_{\omega\to 0}\left|H(\omega)\right| = 1$$

$$\lim_{\omega\to \infty}\left|H(\omega)\right| = 0$$

$$\lim_{\omega\to 0}\langle H(\omega) = 0$$

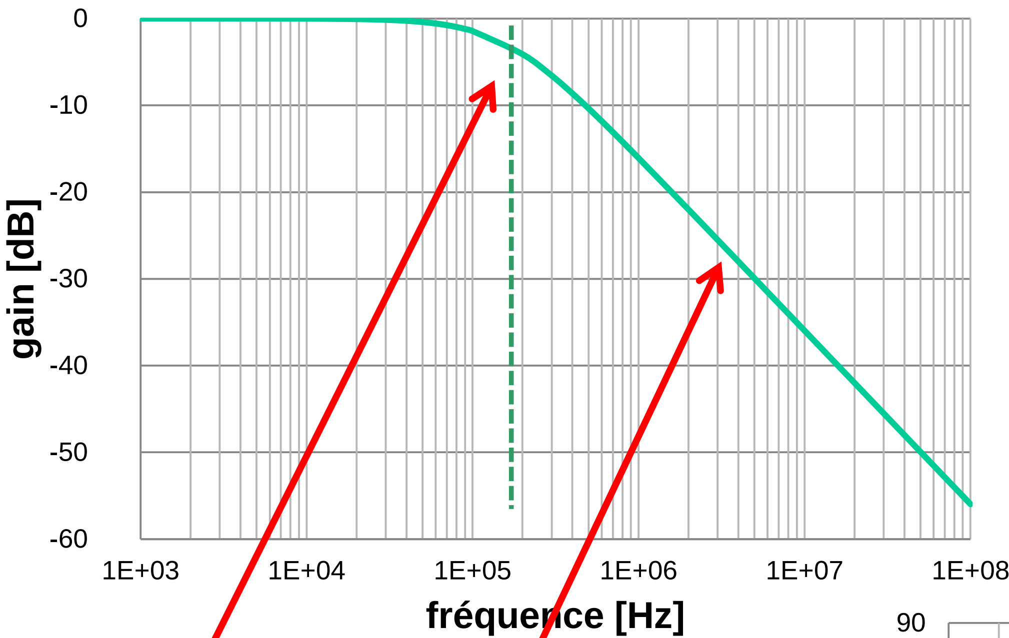
$$\lim_{\omega\to \infty}\langle H(\omega) = {}^{\pi}\!/_{2}$$

Exemple: filtre RC passe-bas (1^er^ ordre)

$$H(\omega)=\frac{1}{1+j\omega RC}$$

$$\left|Z_R\right|_{@\,f_p}=\left|Z_C\right|_{@\,f_p}$$

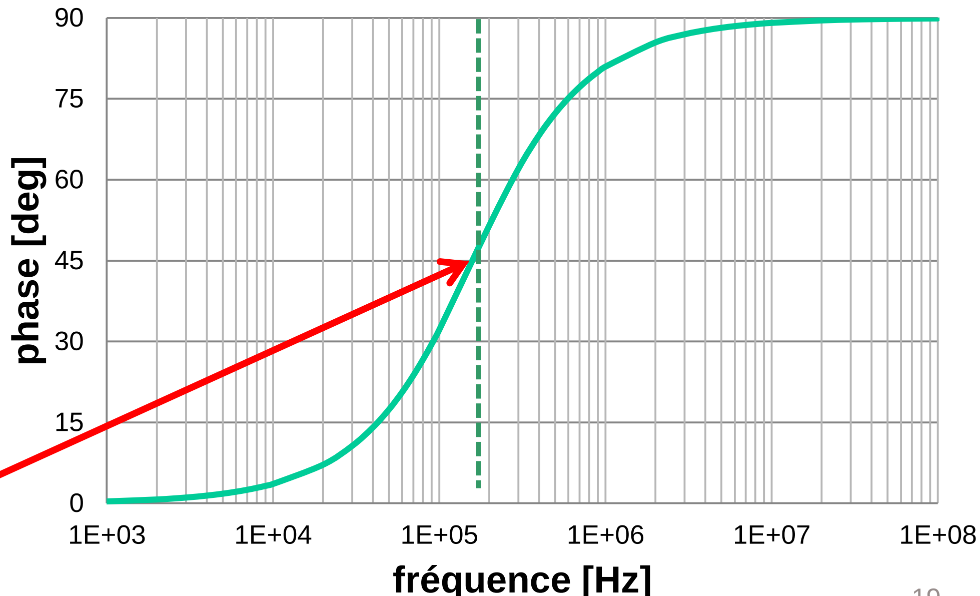
$$f_p=\frac{1}{2\pi RC}\approx 159kHz$$



$$\left|H(2\pi f_p)\right|=-3dB$$

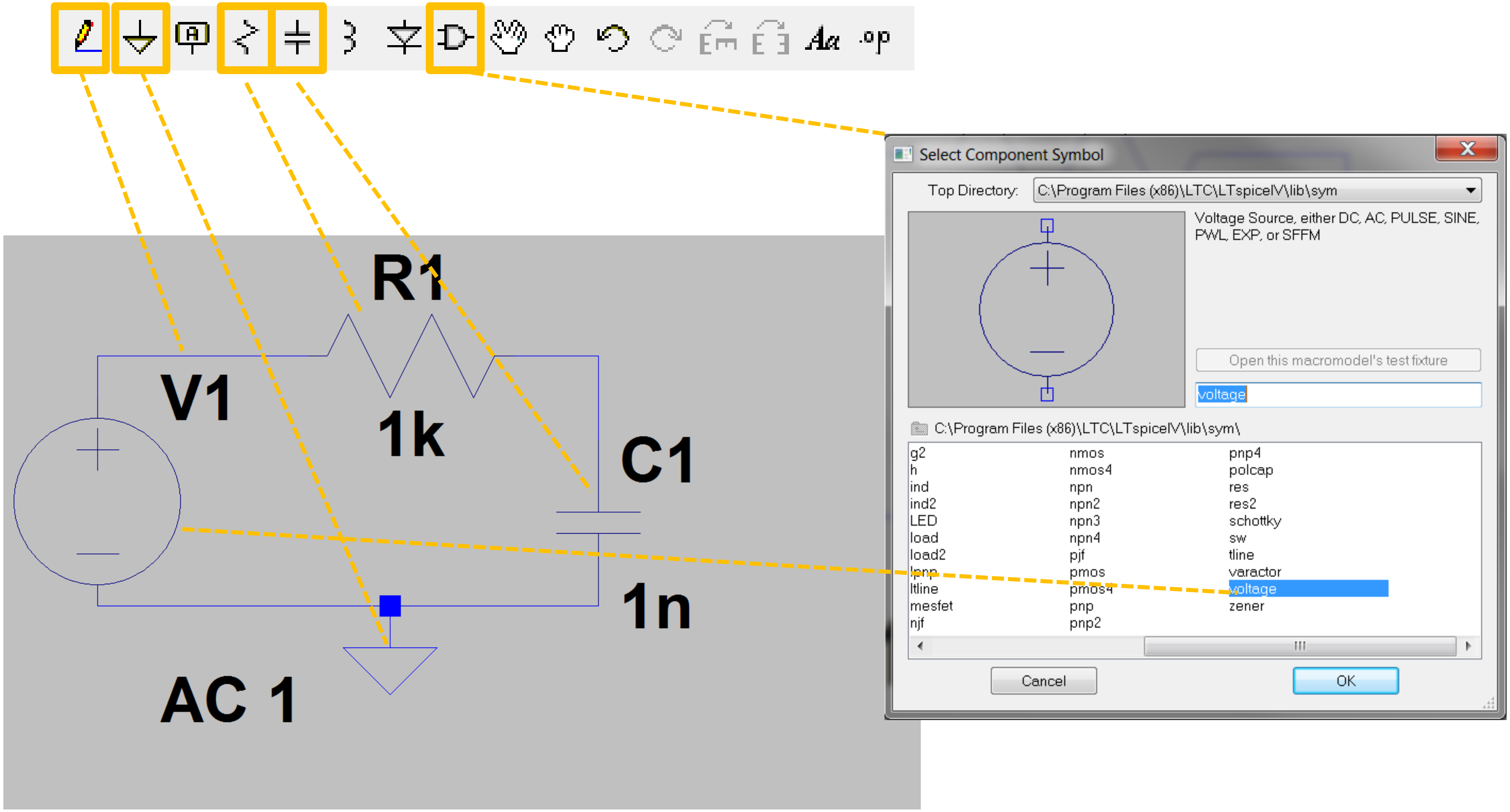
$$-20dB/dec$$

$$\langle H(2\pi f_p)=\pi/4$$



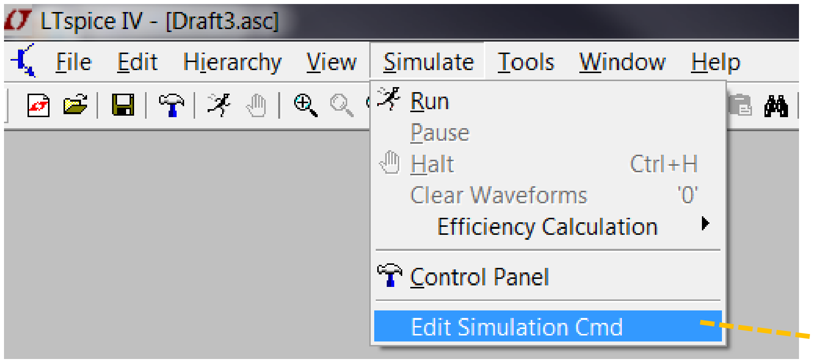
Exemple: filtre RC passe-bas (1er ordre)

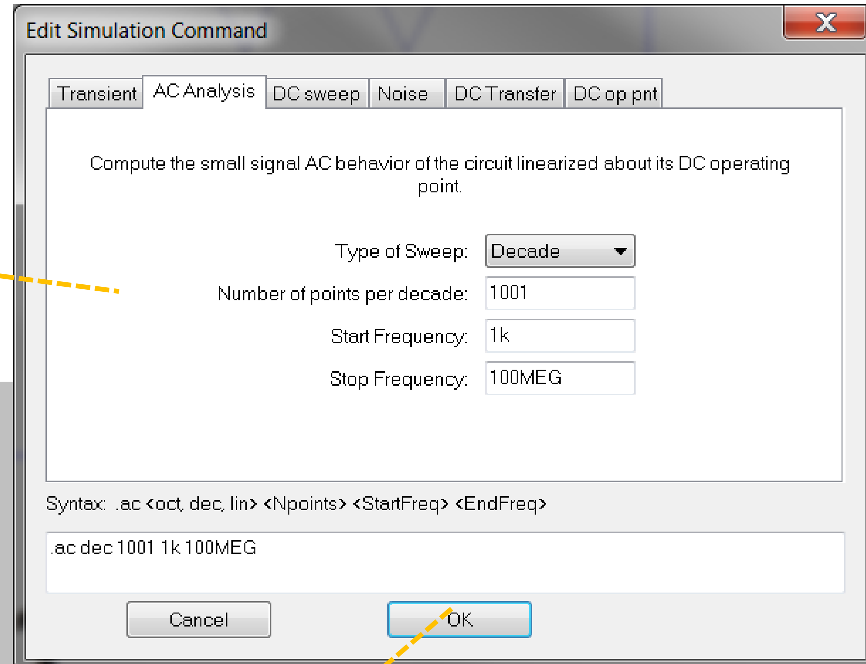
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland

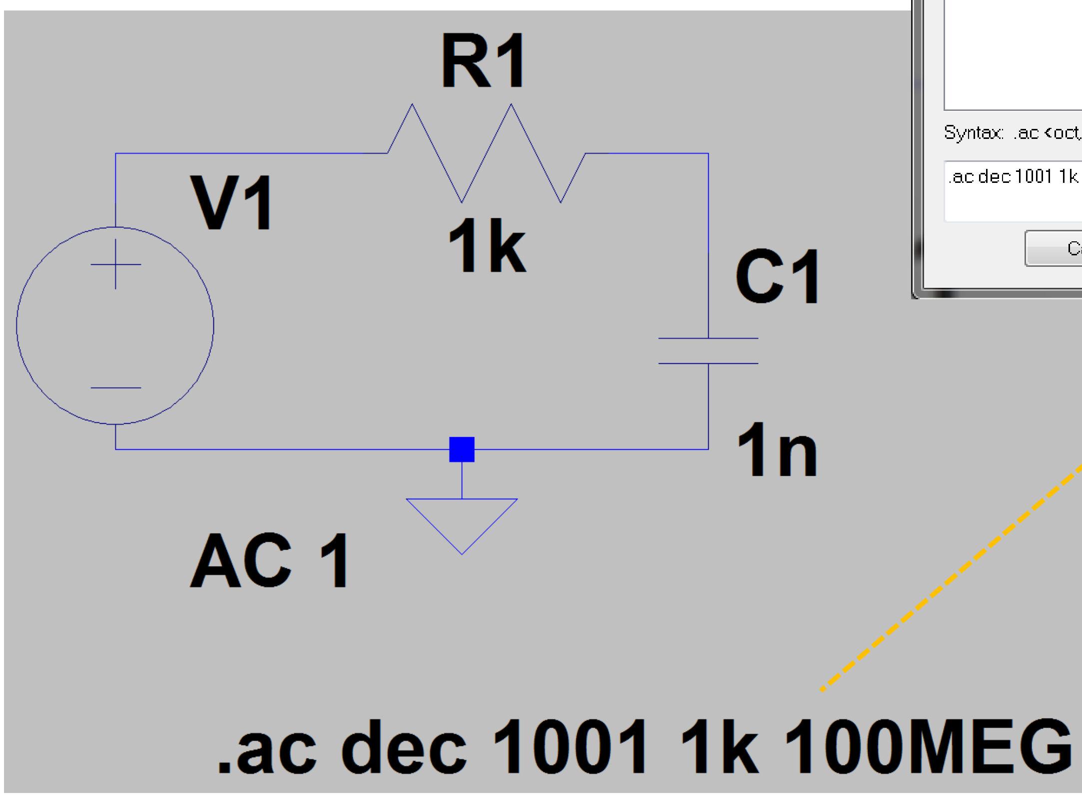


Exemple: filtre RC passe-bas (*1er ordre*)

Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland

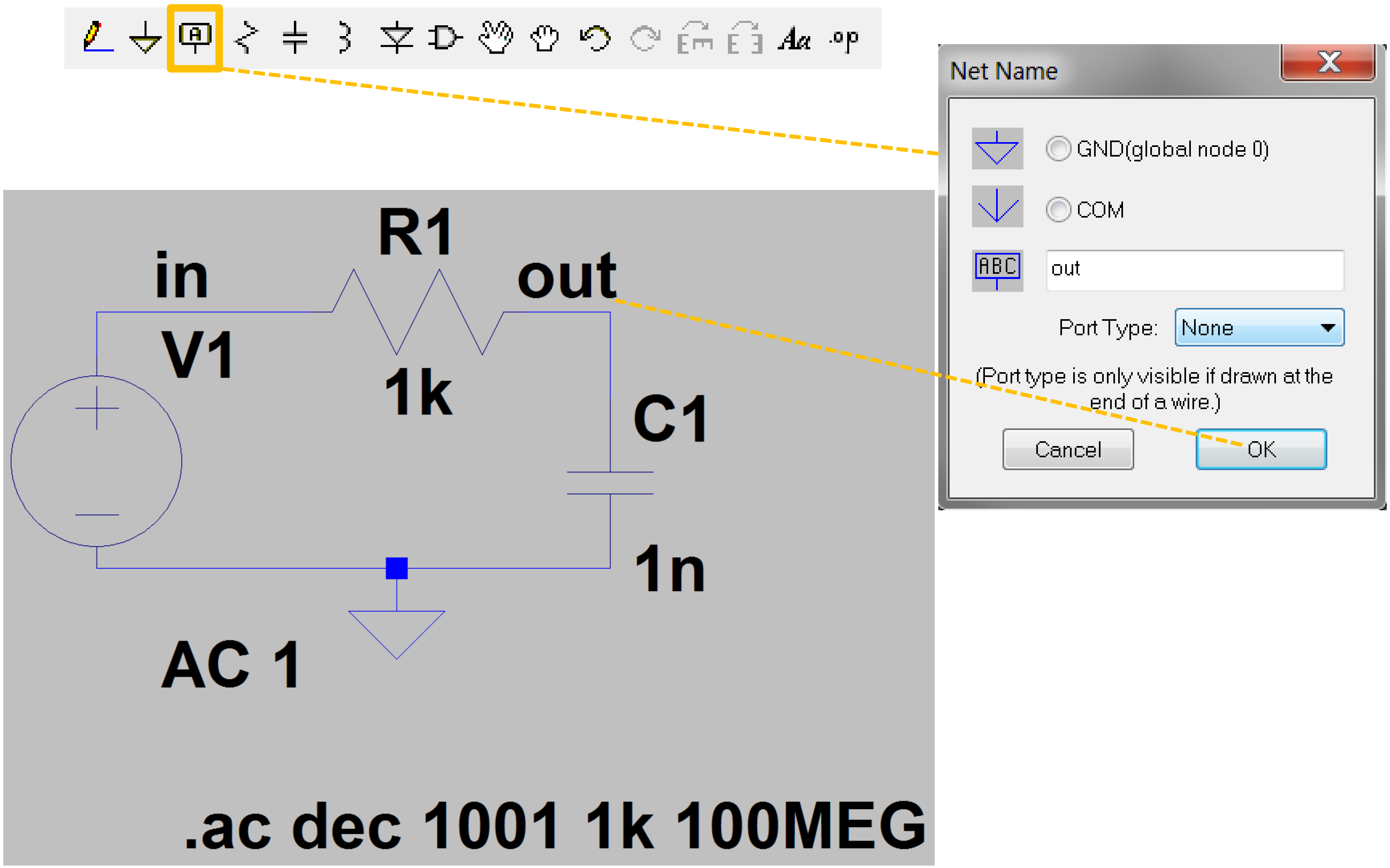






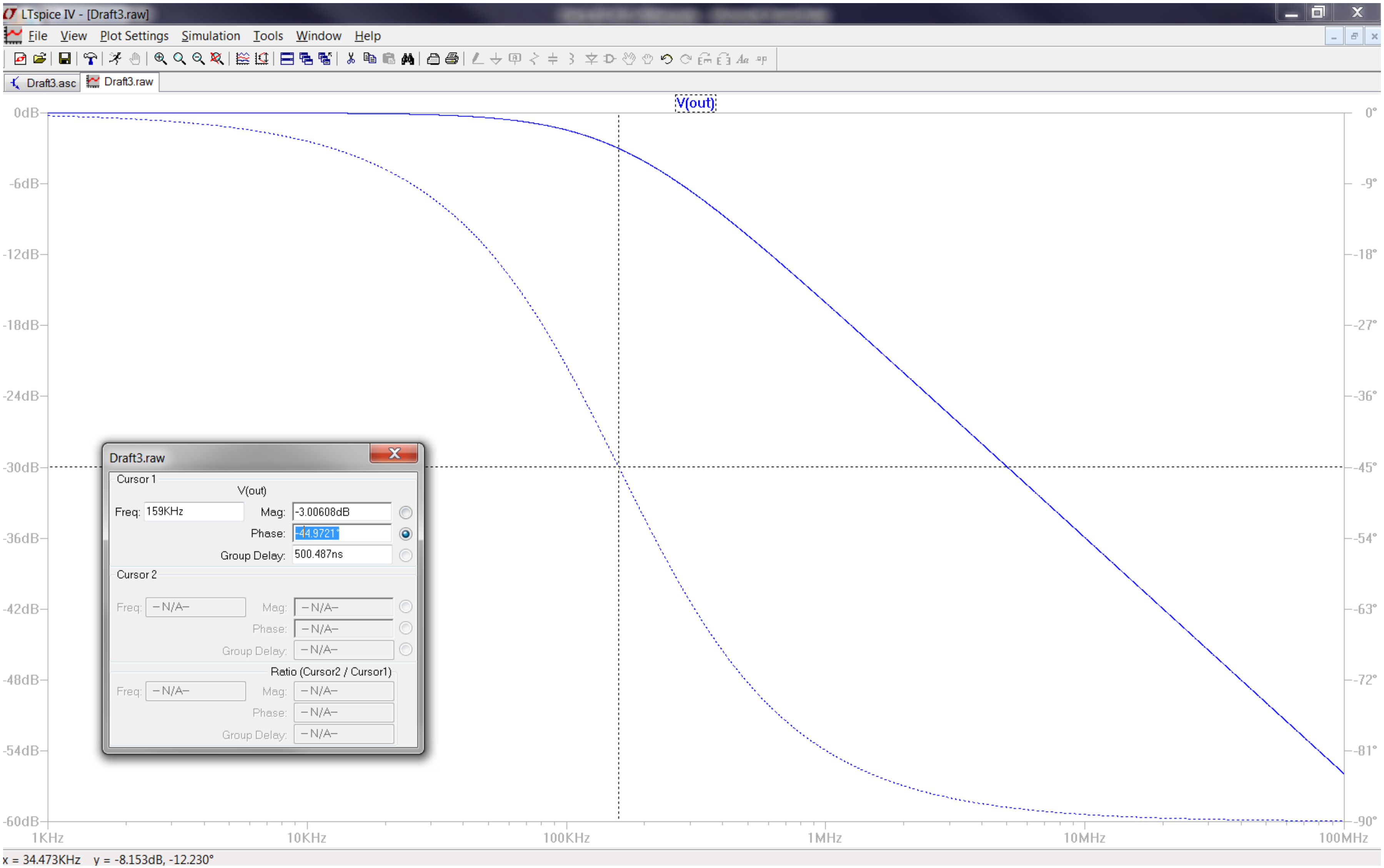
Exemple: filtre RC passe-bas (1er ordre)

Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland

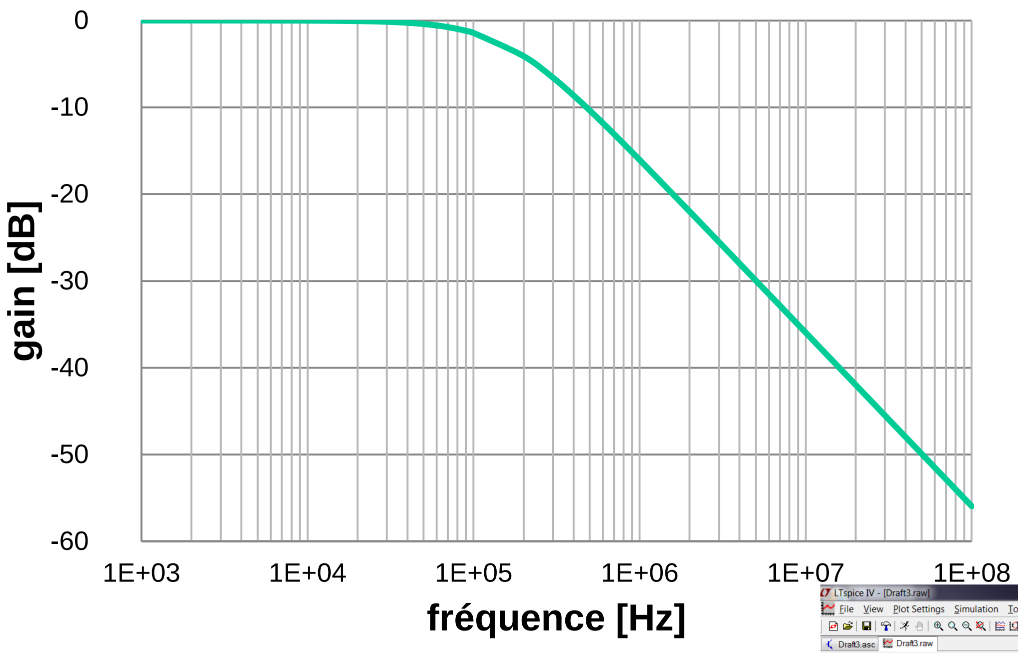


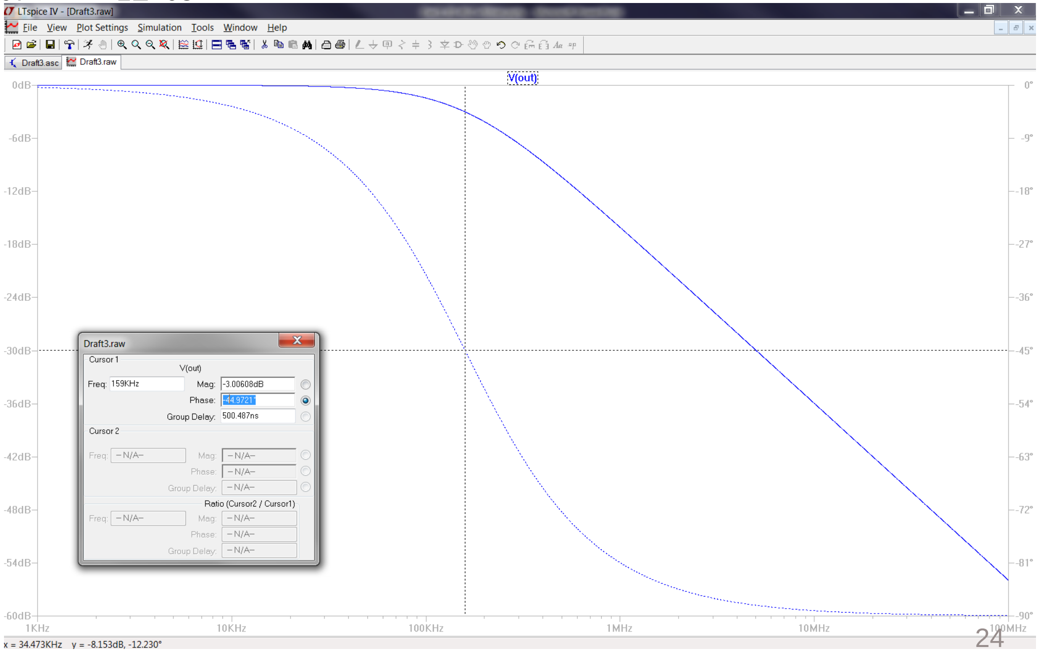
Exemple: filtre RC passe-bas (1er ordre)

Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland



Exemple: filtre RC passe-bas (1^{er} ordre)

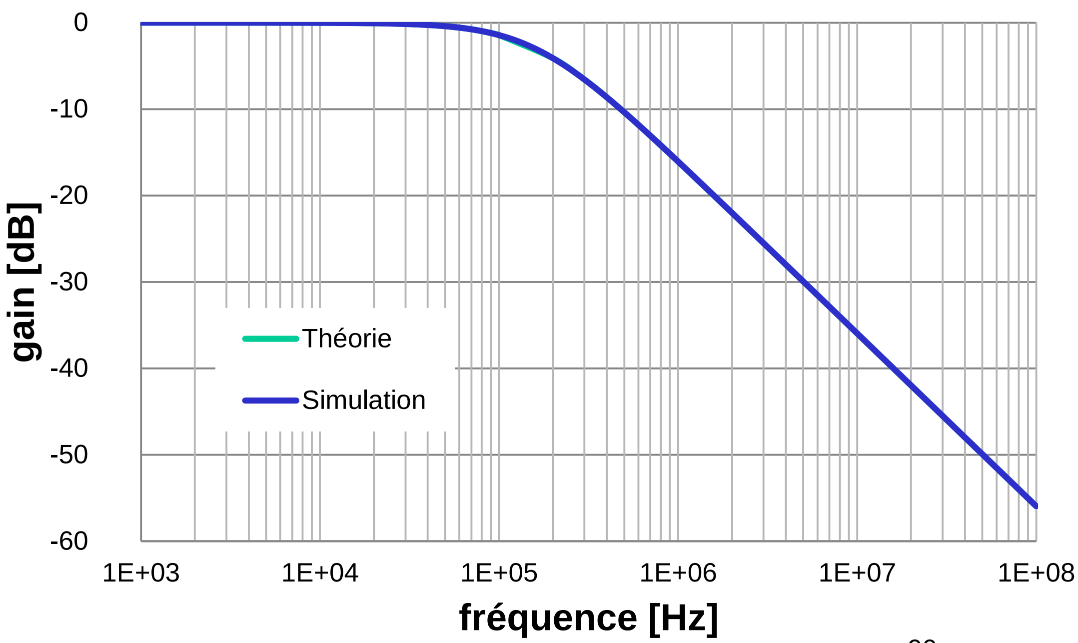


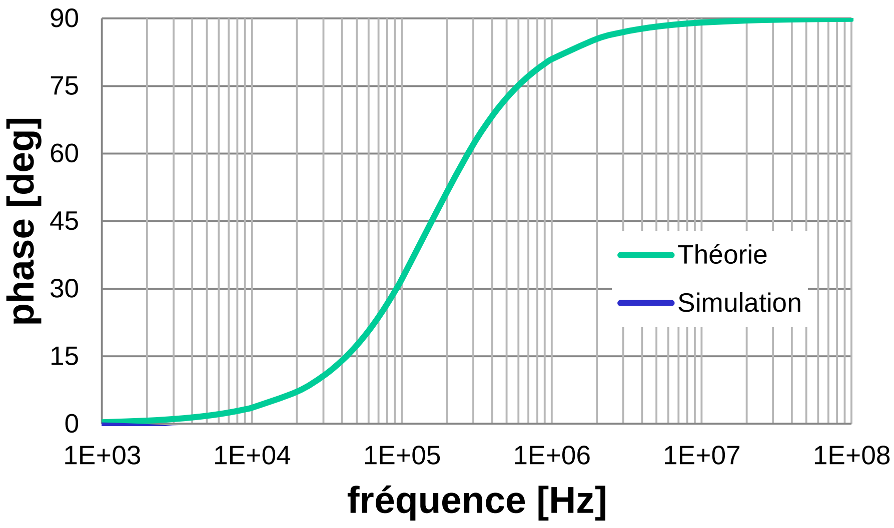


➢ *Comparer les résultats théoriques avec les résultats de la simulation*

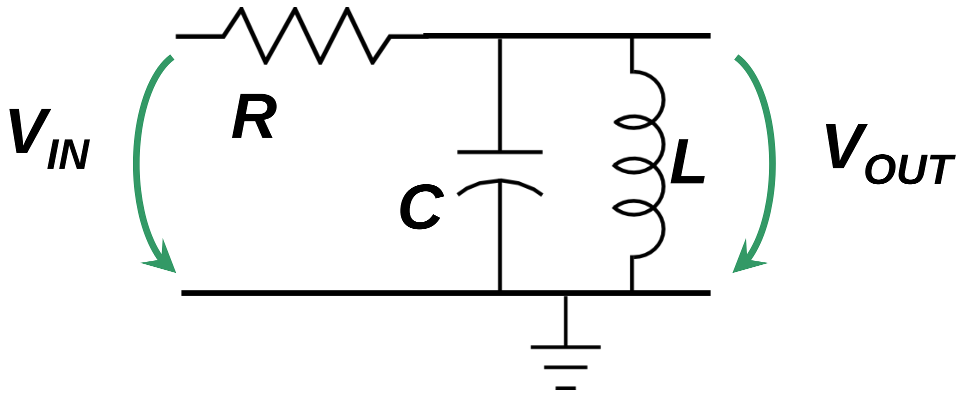
Exemple: filtre RC passe-bas (1^{er} ordre)

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences
Western Switzerland





Exemple: filtre passe-bande (ordre 2)



- *Déduire le comportement du filtre*

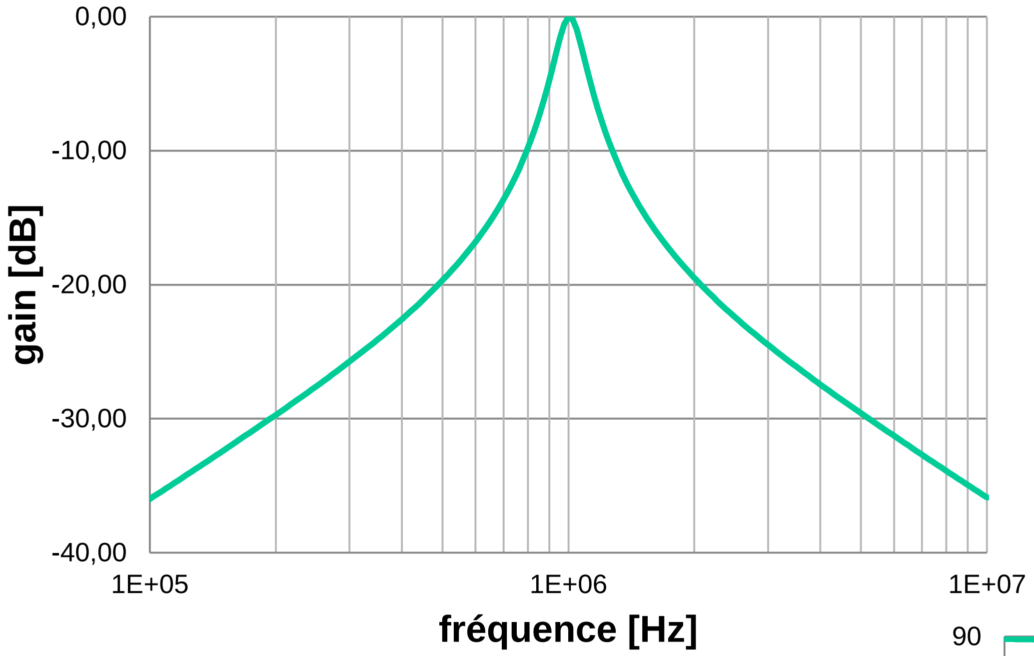
$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$H(\omega) = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{Z_C // Z_L}{R + Z_C // Z_L} = \frac{j\omega L}{R\left(1-\omega^2 LC\right) + j\omega L}$$

- *Analyser la fonction de transfert du filtre pour f->0, f->f_{res} et f->infinie*

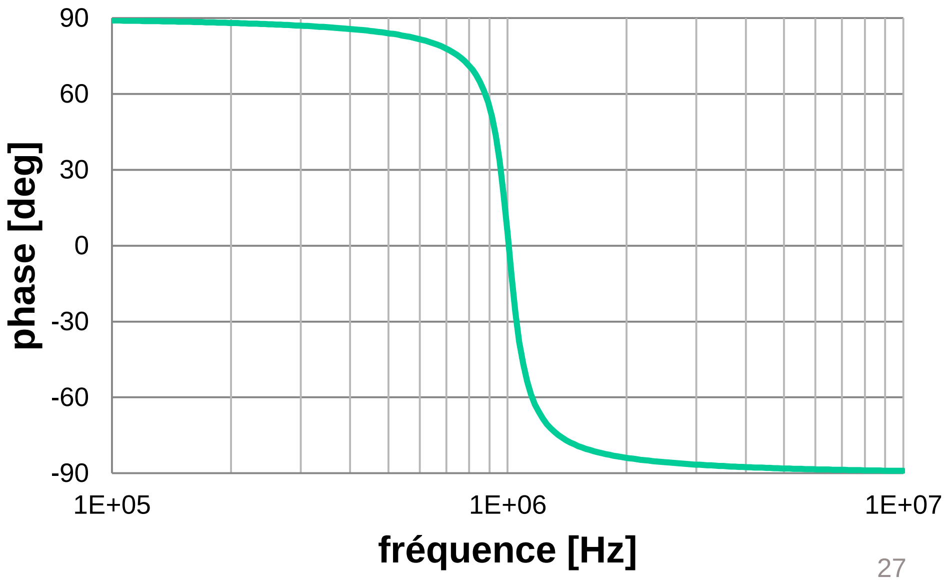
Exemple: filtre passe-bande (ordre 2)

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland



R = 1kΩ
C = 1nF
L = 25µH

➢ *Analyser le comportement inductif, résistif et inductif dans les différents gammes de fréquences*



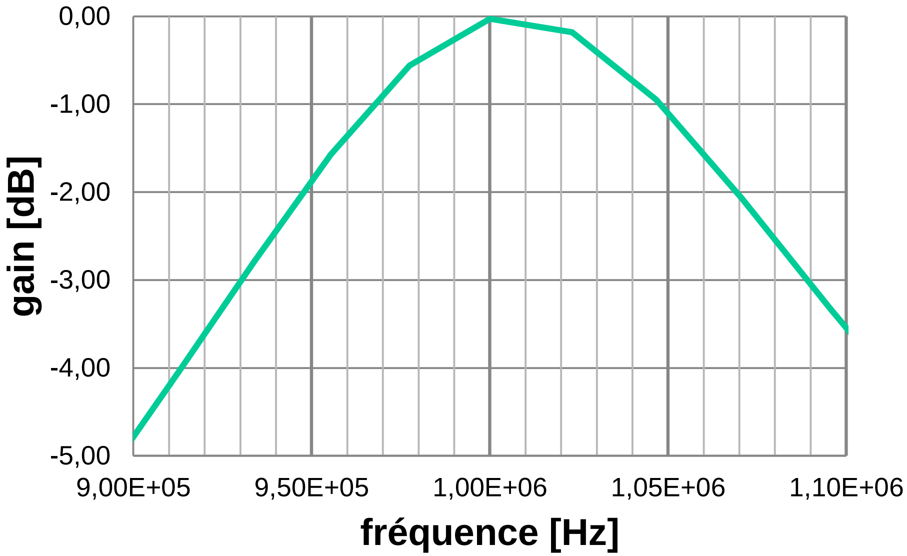
Exemple: filtre « notch » (ordre 2)

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland

- *Facteur de qualité (Q) d'un filtre passe-bande*

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f_{-3dB}}$$

➢ *Calculer le facteur de qualité du filtre précédent*



Exemple: filtre « notch » (ordre 2)

- *La résistance est responsable du facteur de qualité:*