

# Cours de Systèmes Électroniques : Filtres Actifs

A. Arciniegas  
F. Boucher  
N. Wilkie-Chancellier  
A. Bouzzit  
S. Hebaz

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



CERGY PARIS  
UNIVERSITÉ



IUT  
CERGY-PONTOISE



1 Généralités

2 Filtres de 1er ordre

# Généralités

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,
- n'ont pas de gain en puissance et sont relativement difficiles à accorder, et

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,
- n'ont pas de gain en puissance et sont relativement difficiles à accorder, et
- sont incompatibles avec les nouvelles technologies d'assemblage de SE.

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,
- n'ont pas de gain en puissance et sont relativement difficiles à accorder, et
- sont incompatibles avec les nouvelles technologies d'assemblage de SE.

## Technologie actuelle

Utilisés au-dessous de 1 MHz, ils ont du gain en puissance et ils sont faciles à accorder. On distingue :

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,
- n'ont pas de gain en puissance et sont relativement difficiles à accorder, et
- sont incompatibles avec les nouvelles technologies d'assemblage de SE.

## Technologie actuelle

Utilisés au-dessous de 1 MHz, ils ont du gain en puissance et ils sont faciles à accorder. On distingue :

- filtres Actifs RC : AOP, Résistances et Condensateurs

## Filtre

- Système électronique servant à modifier la répartition fréquentielle du signal qui le traverse.
- Sert à séparer les signaux utiles des signaux parasites.
- Utilisé en systèmes de communication, instrumentation et automatisation.

## Technologie ancienne

- Réalisés avec des résistances, des bobines et des condensateurs.
- Bon fonctionnement à hautes fréquences ( $f > 1$  MHz), mais...
- pour les applications basses fréquences ( $0 < f < 100$  kHz) nécessitent des bobines de grosse taille,
- n'ont pas de gain en puissance et sont relativement difficiles à accorder, et
- sont incompatibles avec les nouvelles technologies d'assemblage de SE.

## Technologie actuelle

Utilisés au-dessous de 1 MHz, ils ont du gain en puissance et ils sont faciles à accorder. On distingue :

- filtres Actifs RC : AOP, Résistances et Condensateurs
- filtres à capacités commutées : condensateurs et AOP

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bande passante : fréquences pour laquelle le gain est 1

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bande passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bande atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

## Fonction

Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bande passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bande atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

Gabarit des filtres :

## Fonction

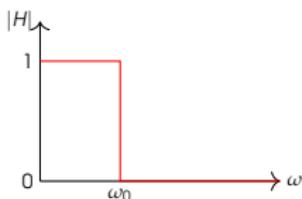
Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bandé passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bandé atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

Gabarit des filtres :



Filtre passe-bas

## Fonction

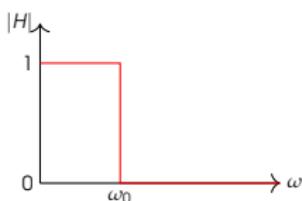
Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

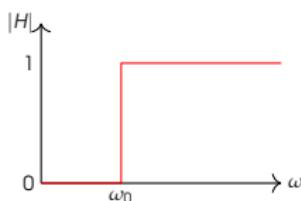
## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bandé passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bandé atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

Gabarit des filtres :



Filtre passe-bas



Filtre passe-haut

## Fonction

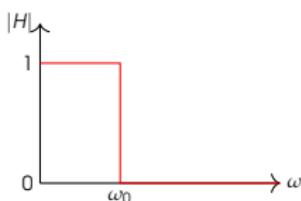
Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

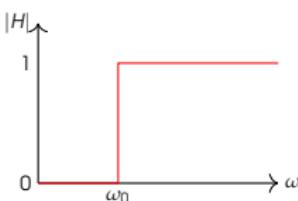
## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bandes passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bandes atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

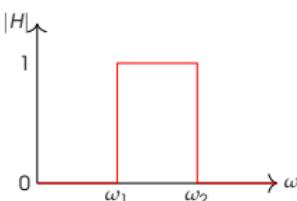
Gabarit des filtres :



Filtre passe-bas



Filtre passe-haut



Filtre passe-bande

## Fonction

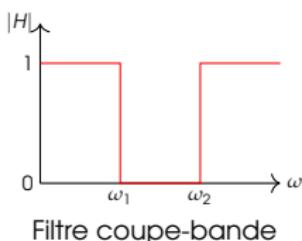
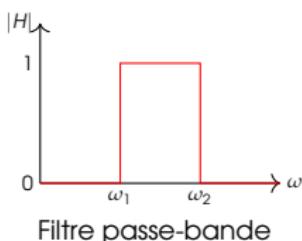
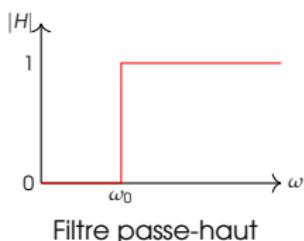
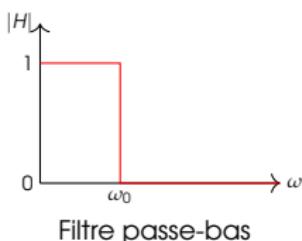
Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bandes passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bandes atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

Gabarit des filtres :



## Fonction

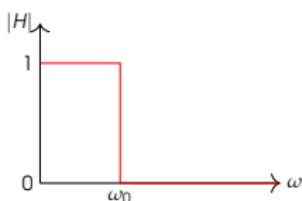
Un filtre effectue une fonction de sélection de fréquence :

- soit **fait passer** des signaux dont la fréquence se situe dans une plage spécifiée,
- soit **arrête** des signaux dont la fréquence se trouve en dehors de cette plage.

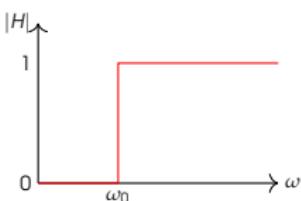
## Caractéristiques d'un filtre idéal

- Bandes passante : fréquences pour laquelle le gain est 1
- Bandes atténuée : fréquences pour laquelle le gain est 0

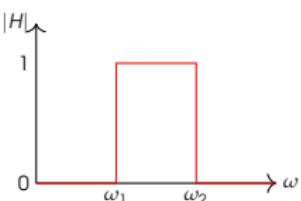
Gabarit des filtres :



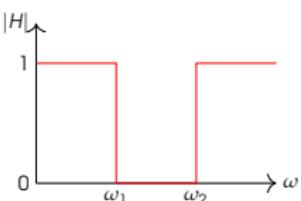
Filtre passe-bas



Filtre passe-haut



Filtre passe-bande



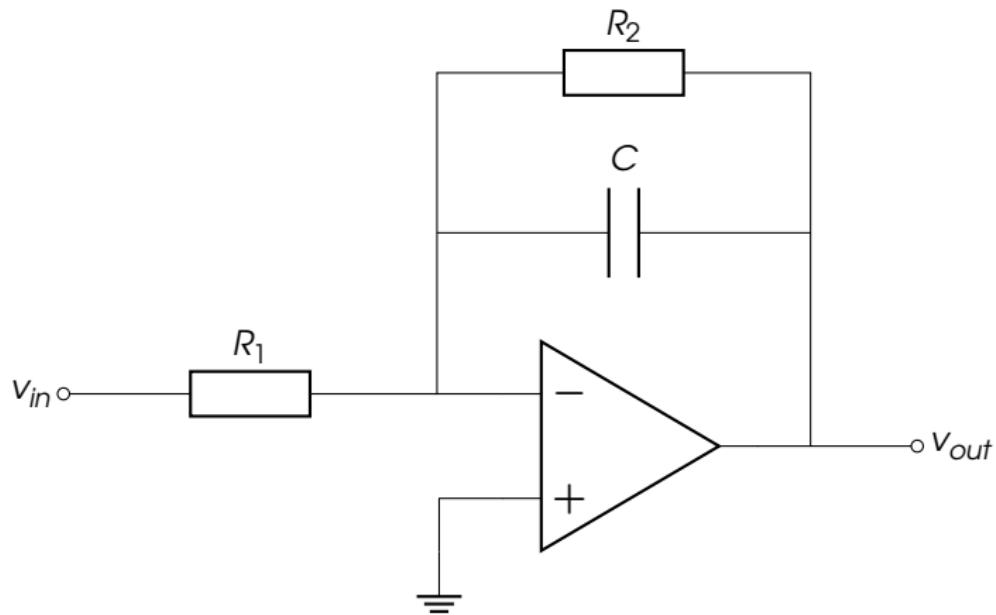
Filtre coupe-bande

N.B : L'ordre du filtre est déterminé par le nombre de capacités et/ou bobines dans le montage !

- 1 Étude du schéma
- 2 Étude de la fonction de transfert
- 3 Tracé du diagramme de Bode

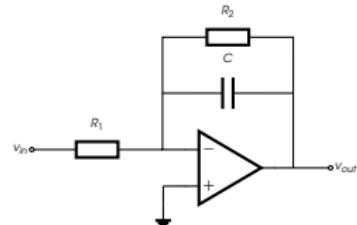
# Filtres de 1er ordre

On étudie le montage suivant :



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

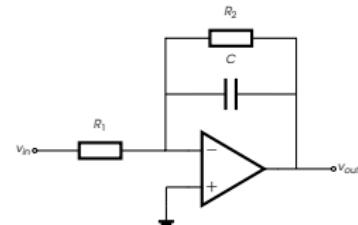
- Y a-t'il une contre-réaction ?



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$V_+ = V_-$$

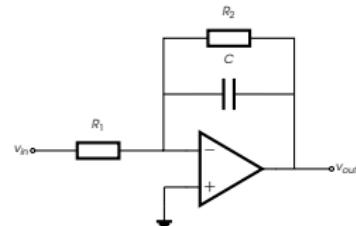


## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$V_+ = V_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?



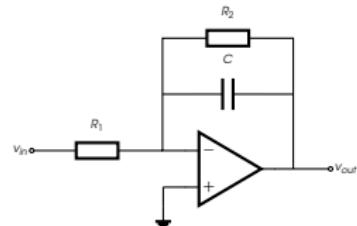
## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$V_+ = V_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

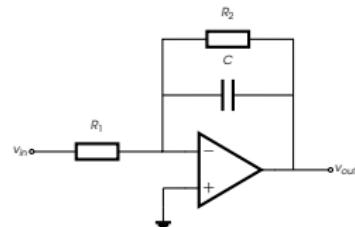
- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

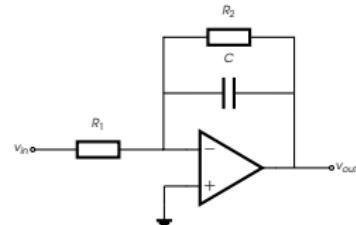
$$V_+ = V_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

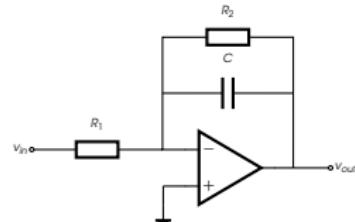
- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$

- Que vaut  $v_+$  ?



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

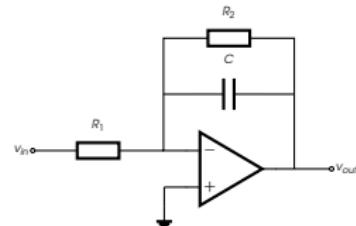
- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$

- Que vaut  $v_+$  ?  $v_+ = 0$ , que vaut  $v_-$  ?



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

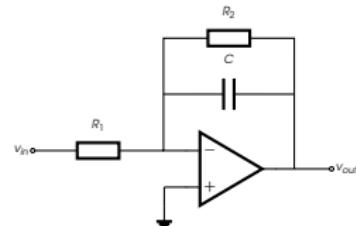
- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$

- Que vaut  $v_+$  ?  $v_+ = 0$ , que vaut  $v_-$  ?  $v_- = 0$ , donc



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

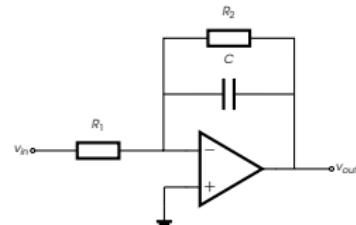
$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$

- Que vaut  $v_+$  ?  $v_+ = 0$ , que vaut  $v_-$  ?  $v_- = 0$ , donc

$$v_- = \frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}} = 0$$



## Filtre passe-bas (2/4) : Étude du schéma

- Y a-t'il une contre-réaction ? oui ( $R_2$  et  $C$ ), donc l'AOP est en régime linéaire et :

$$v_+ = v_-$$

- Que vaut  $Z_{eq}$ , c-à-d l'impédance équivalente à la mise en parallèle de  $R_2$  et  $C$  ?

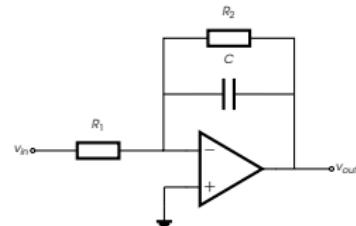
$$Z_{eq} = R_2 // Z_C = \frac{R_2 Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{R_2 \left( \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + \left( \frac{1}{j\omega C} \right)} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C}$$

- Que vaut  $v_-$  en fonction de  $v_{in}$ ,  $v_{out}$ ,  $R_1$  et  $Z_{eq}$  ?

$$v_- = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{eq}}}$$

- Que vaut  $v_+$  ?  $v_+ = 0$ , que vaut  $v_-$  ?  $v_- = 0$ , donc

$$v_- = \frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{Z_{eq}} = 0$$



## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{Z_{eq}}{R_1} = -\frac{R_2/R_1}{1 + j\omega R_2 C}$$

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = -\frac{R_2/R_1}{1 + j\omega R_2 C}$$

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = -\frac{R_2/R_1}{1 + j\omega R_2 C}$$

La fonction de transfert est de la forme :

$$H(j\omega) = -\frac{K}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

avec  $K = R_2/R_1$  et  $\omega_0 = \frac{1}{R_2 C}$ .

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = -\frac{R_2/R_1}{1+j\omega R_2 C}$$

La fonction de transfert est de la forme :

$$H(j\omega) = -\frac{K}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

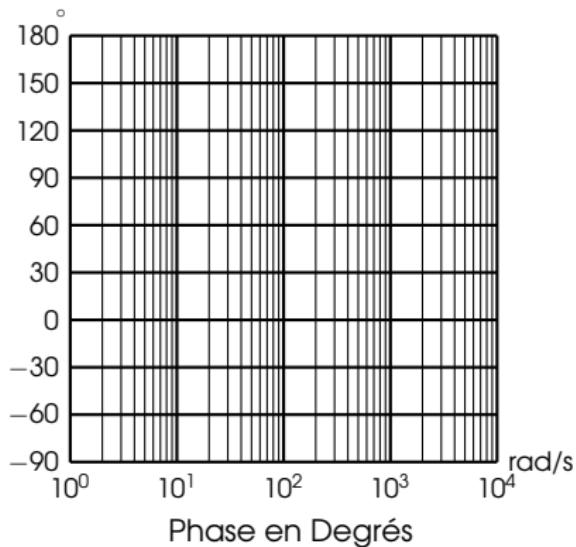
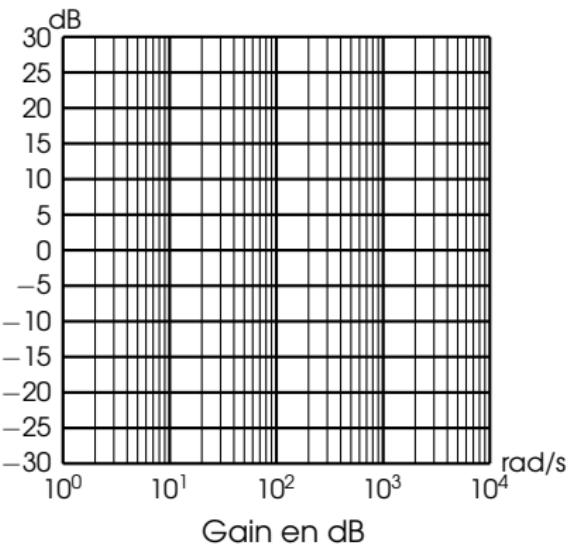
avec  $K = R_2/R_1$  et  $\omega_0 = \frac{1}{R_2 C}$ . Or, nous pouvons définir :

$$H(j\omega) = -K \cdot \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}} = H_1 \cdot H_2$$

## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ ,

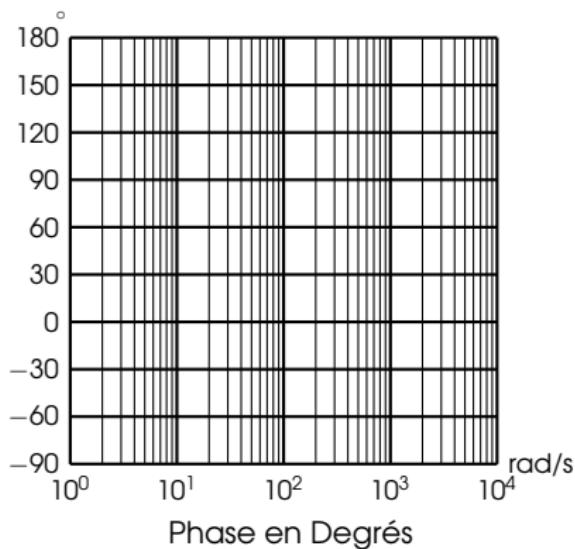
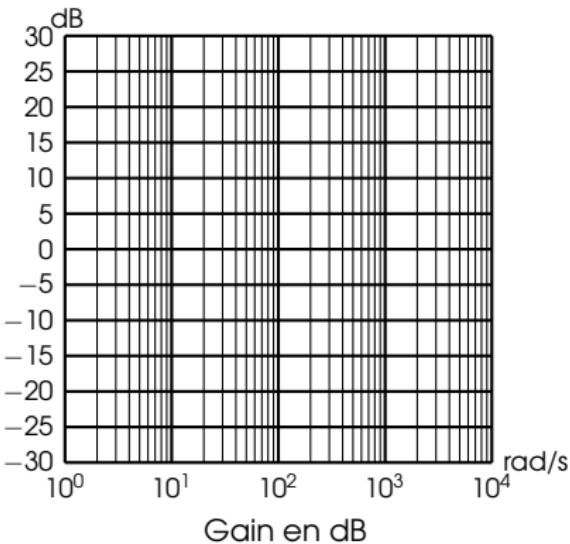


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx$

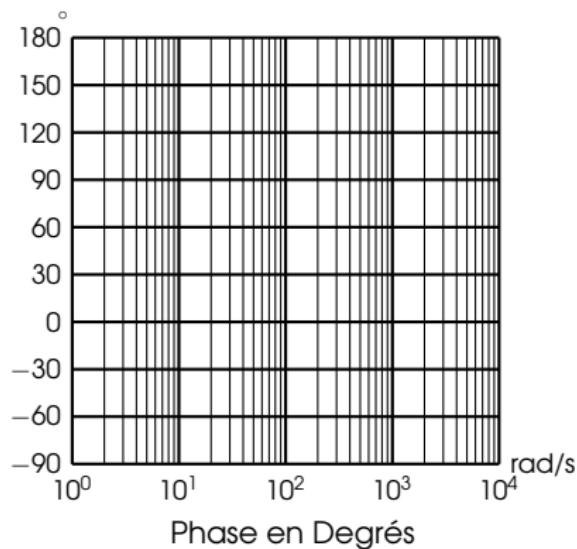
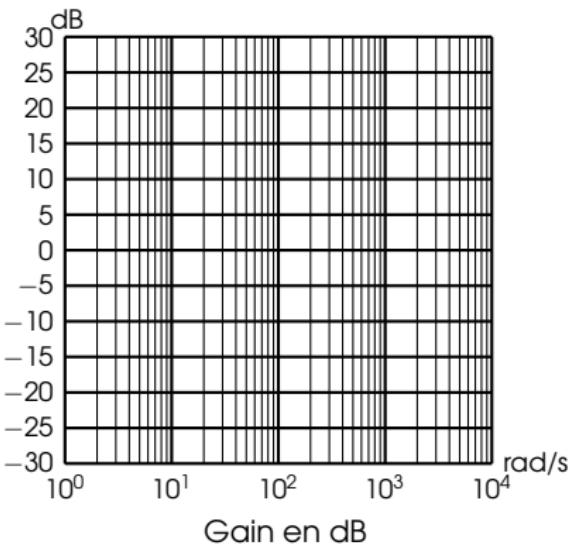


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$

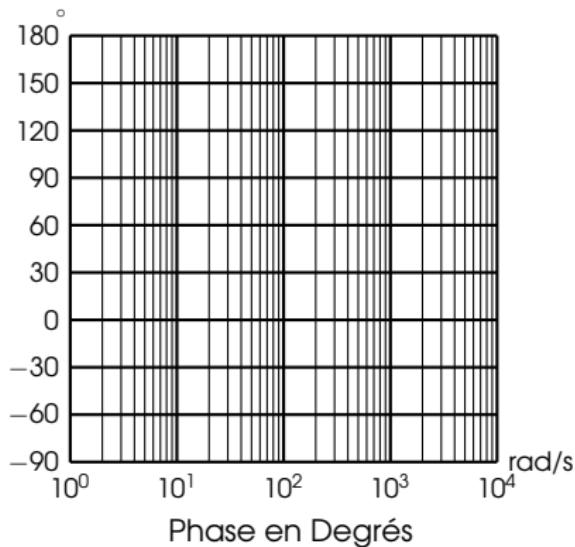
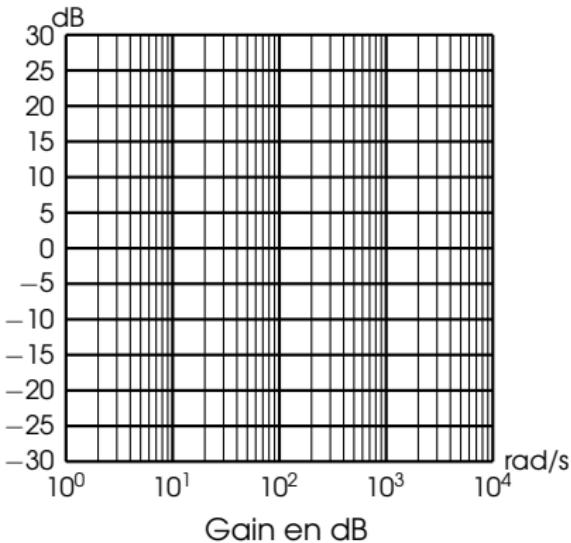


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx$

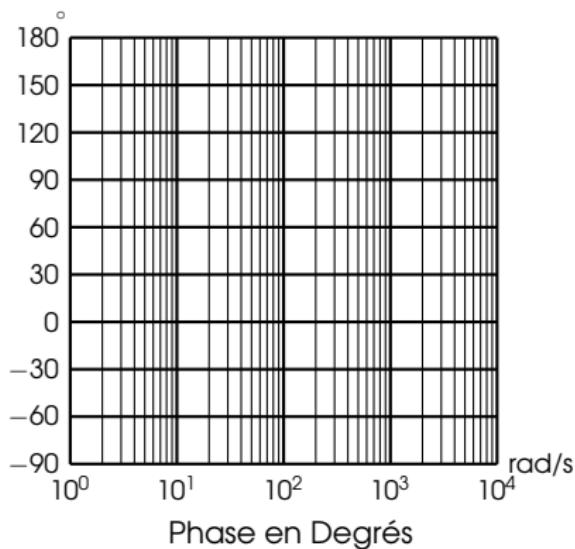
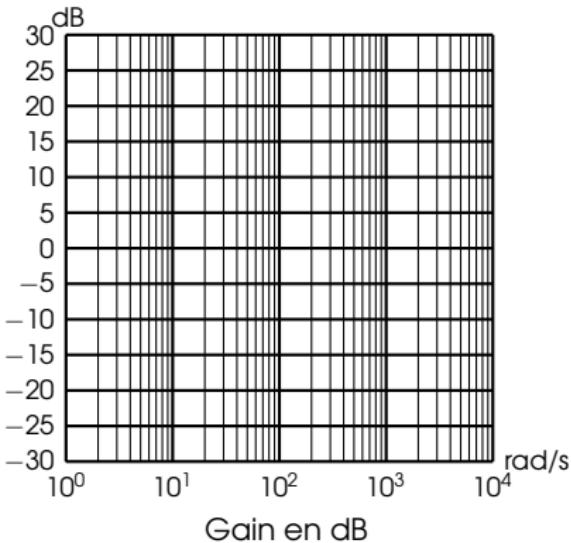


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

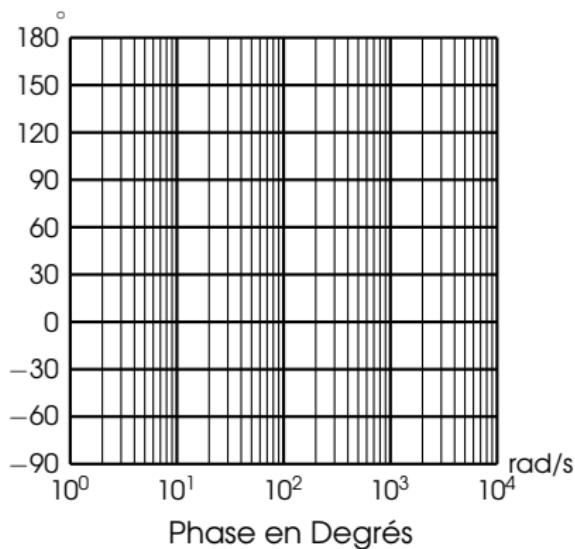
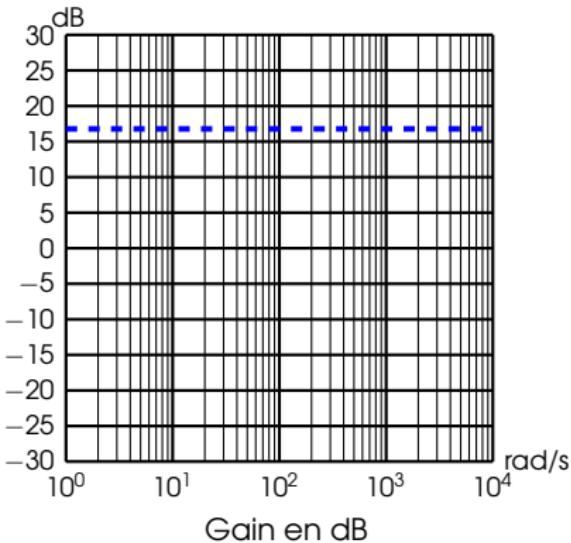


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

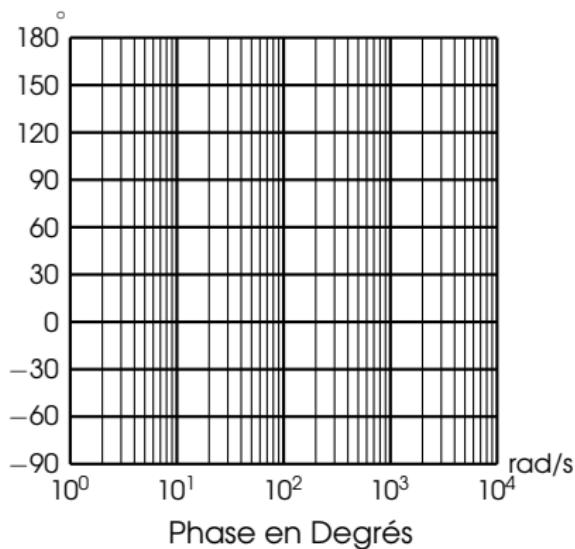
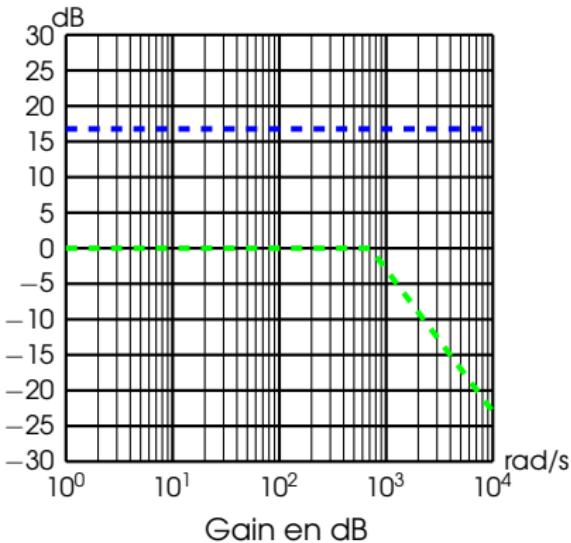


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

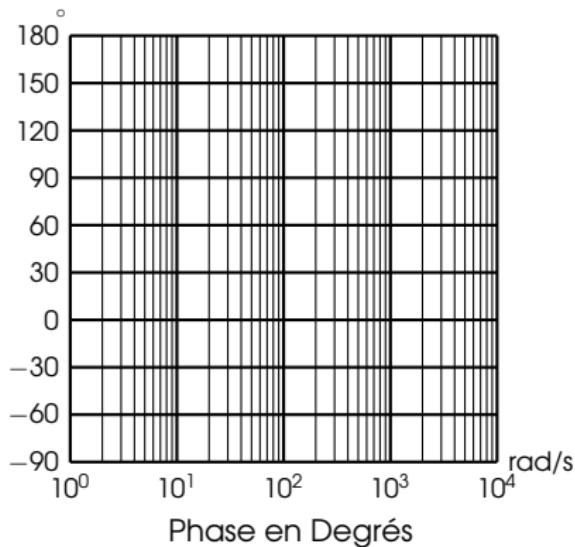
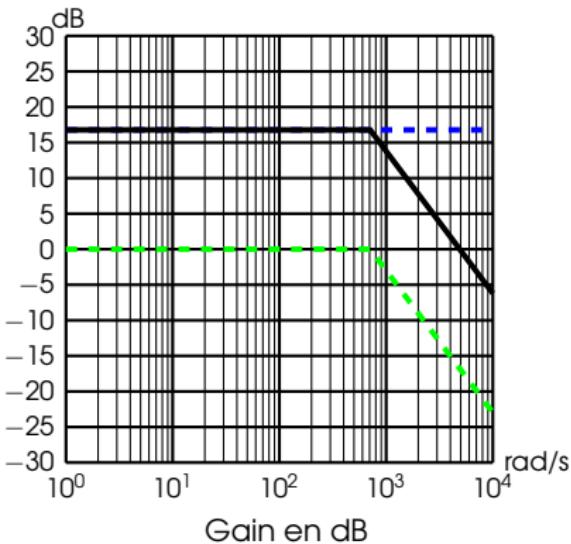


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

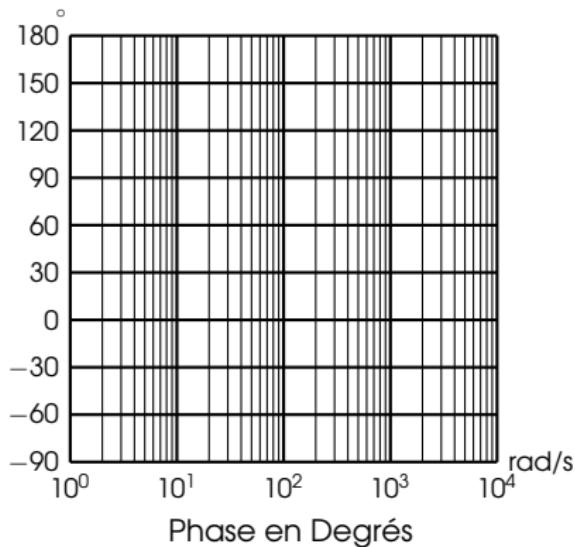
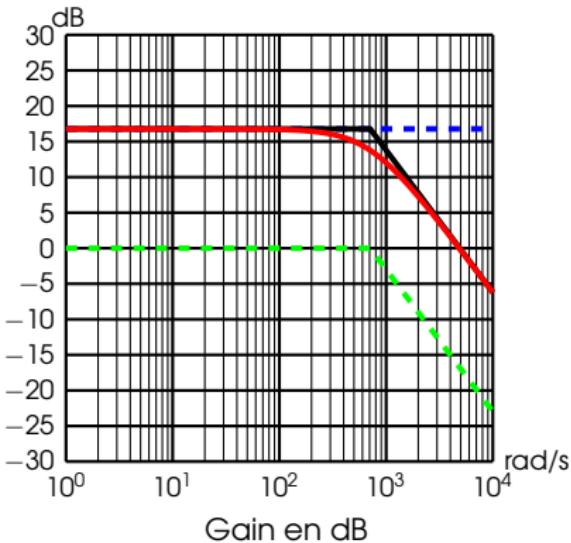


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

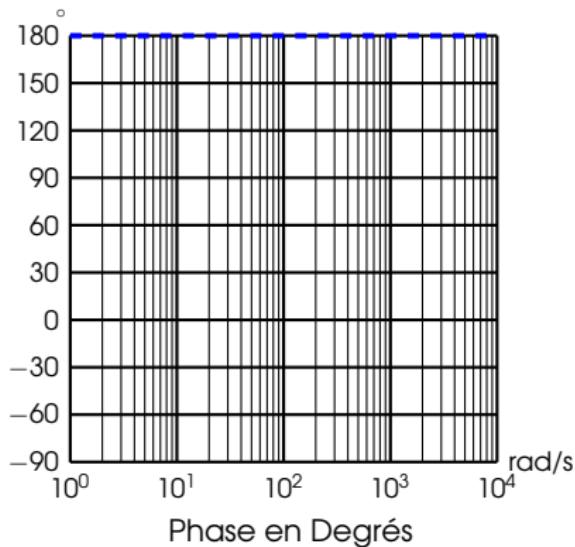
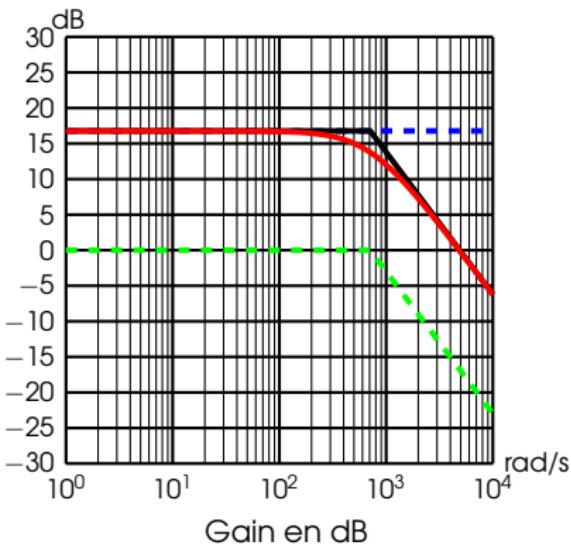


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

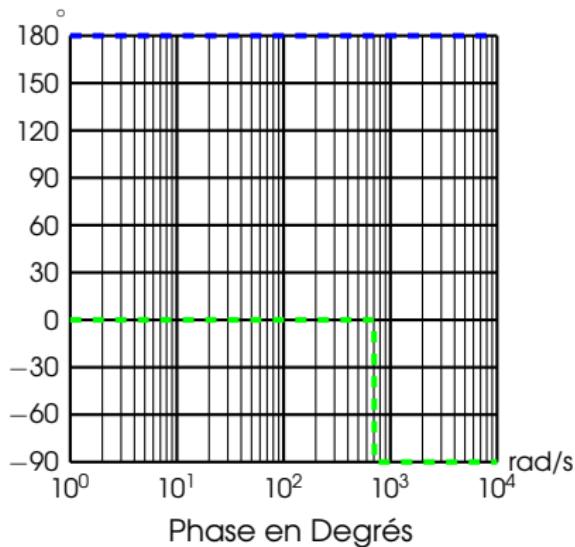
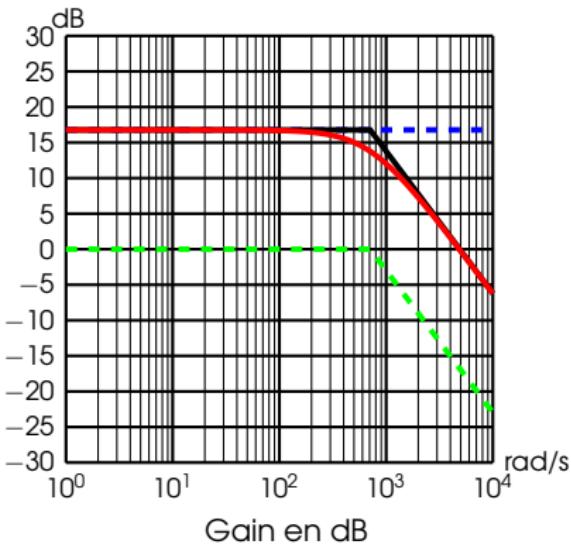


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

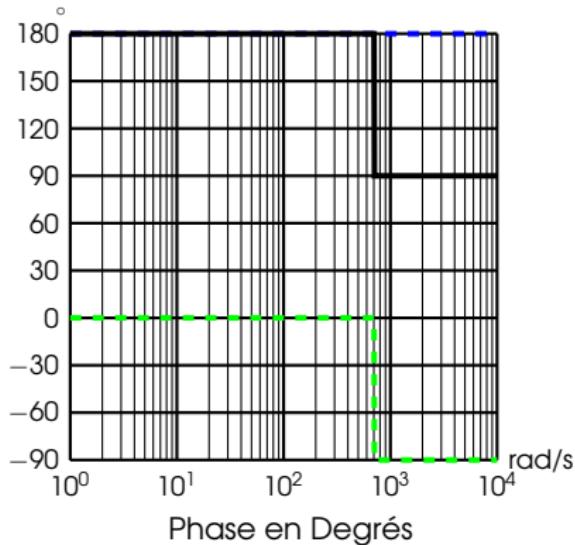
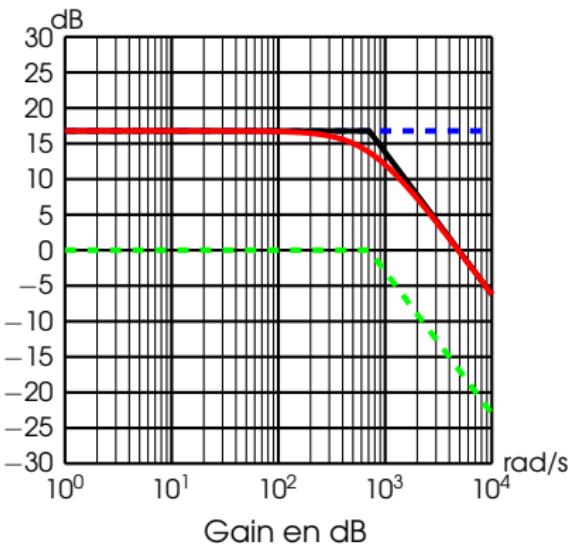


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

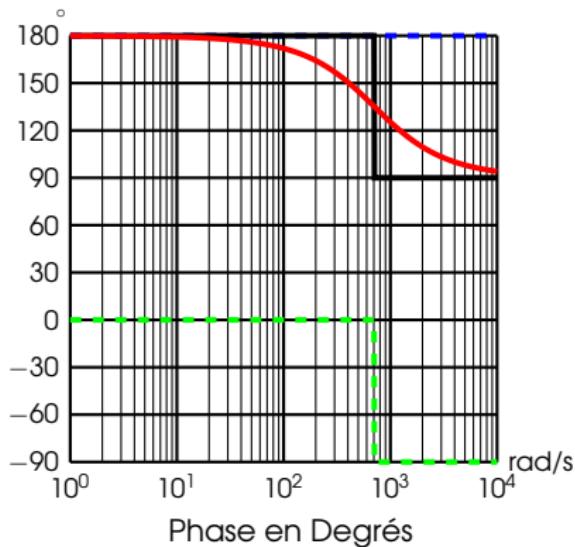
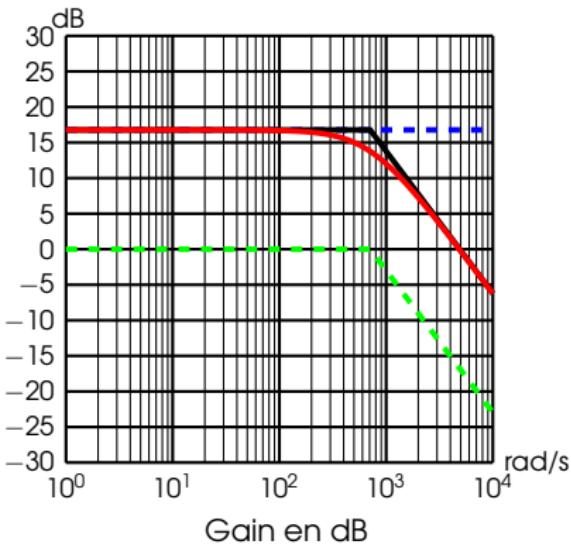


## Filtre passe-bas (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

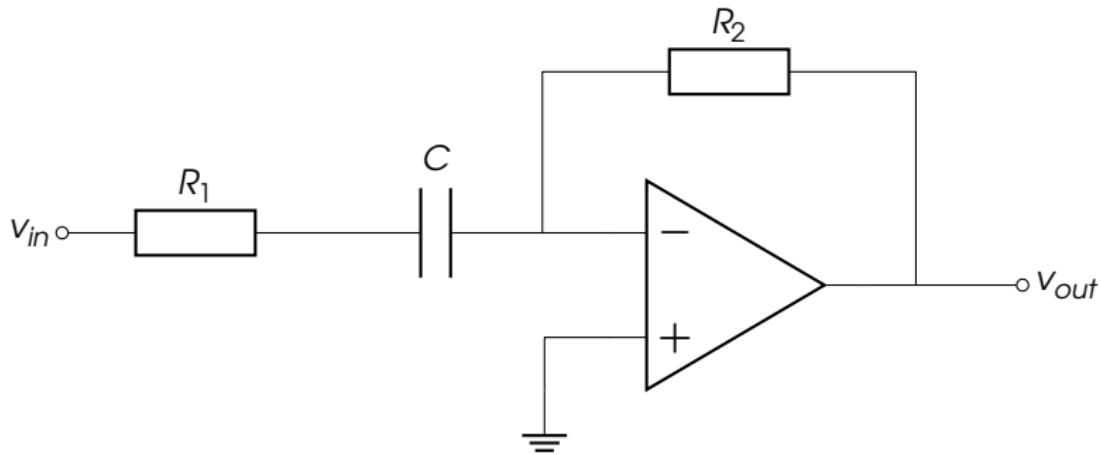
### Application numérique :

Si on prend :  $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 30 \text{ nF}$ , alors :

- $\omega_0 \approx 709 \text{ rad/s}$
- $K \approx 6.9$

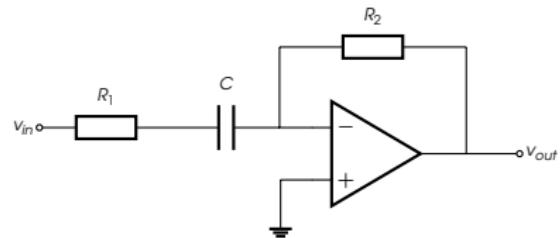


On étudie le montage suivant :



## Filtre passe-haut (2/4) : Étude du schéma

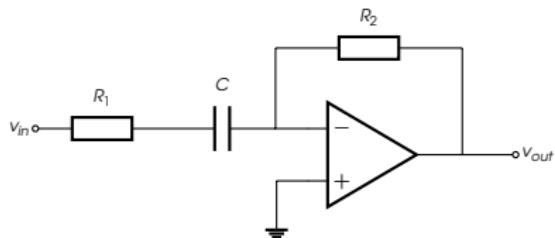
Cette configuration concerne également un amplificateur inverseur dont la fonction de transfert est :



## Filtre passe-haut (2/4) : Étude du schéma

Cette configuration concerne également un amplificateur inverseur dont la fonction de transfert est :

$$\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}}$$

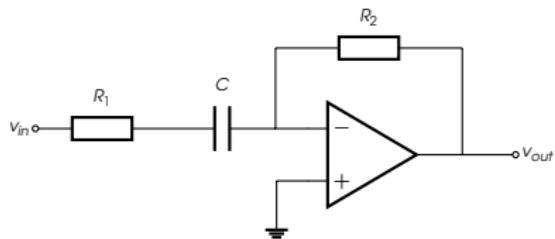


## Filtre passe-haut (2/4) : Étude du schéma

Cette configuration concerne également un amplificateur inverseur dont la fonction de transfert est :

$$\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}}$$

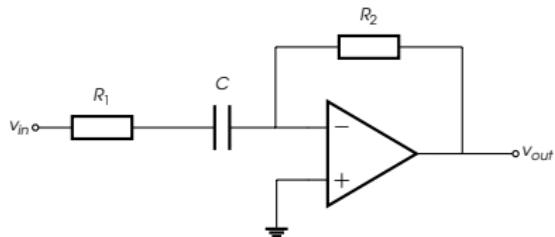
$$\text{Ici } Z_{eq} = R_1 + Z_C = R_1 + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1+j\omega R_1 C}{j\omega C}$$



Cette configuration concerne également un amplificateur inverseur dont la fonction de transfert est :

$$\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}}$$

Ici  $Z_{eq} = R_1 + Z_C = R_1 + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1+j\omega R_1 C}{j\omega C}$



### Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}} = -\frac{j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_1 C}$$

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}} = -\frac{j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_1 C}$$

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}} = -\frac{j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_1 C}$$

On s'intéresse au cas pour lequel  $R_1 = R_2 = R$ . La fonction de transfert est de la forme :

## Fonction de Transfert

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_{eq}} = -\frac{j\omega R_2 C}{1 + j\omega R_1 C}$$

On s'intéresse au cas pour lequel  $R_1 = R_2 = R$ . La fonction de transfert est de la forme :

$$H(j\omega) = -\frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

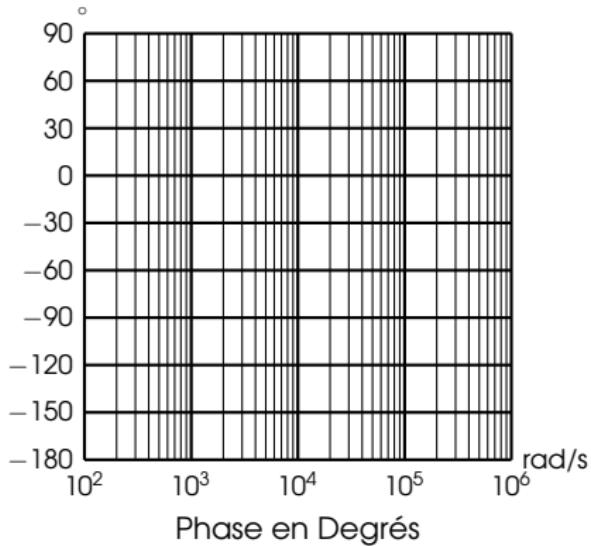
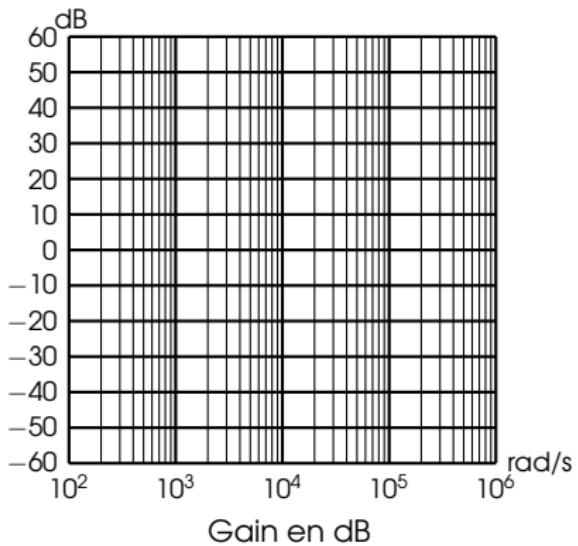
avec  $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ . Or, nous pouvons définir :

$$H(j\omega) = -j\frac{\omega}{\omega_0} \cdot \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}} = H_1 \cdot H_2$$

## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

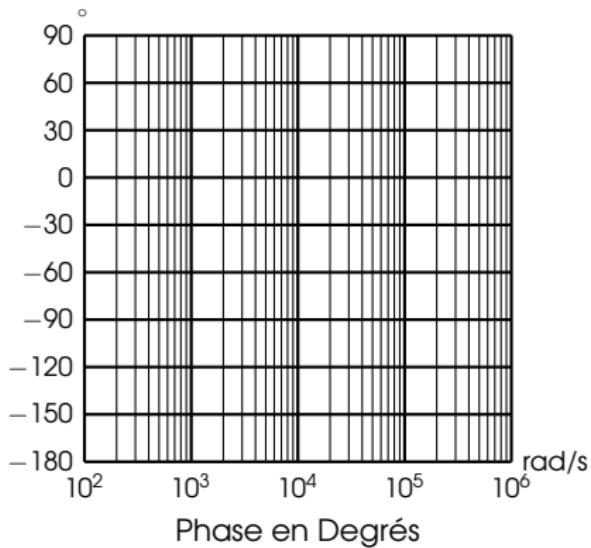
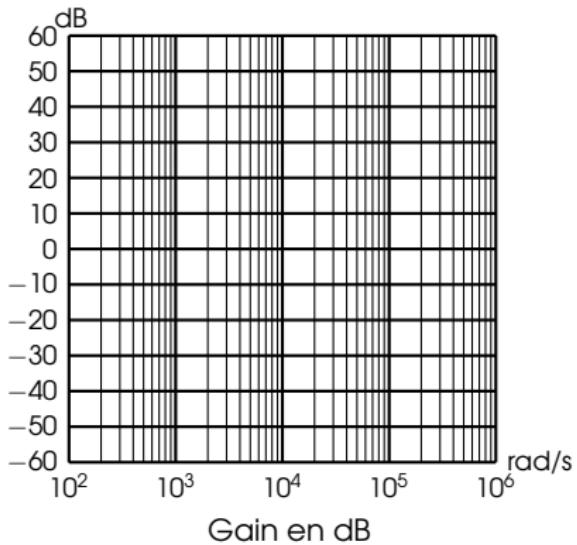
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

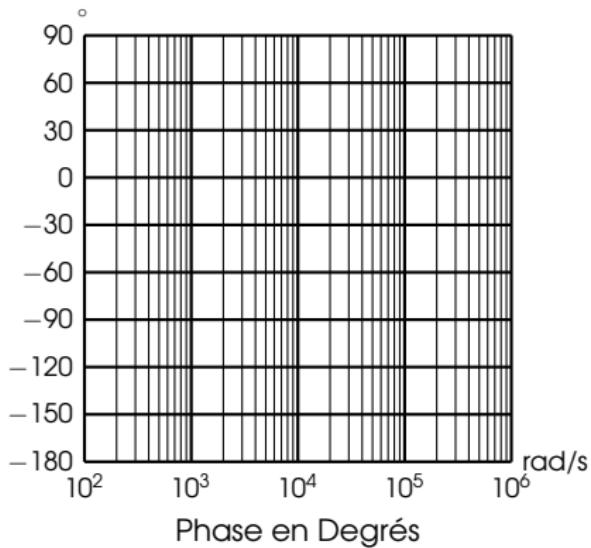
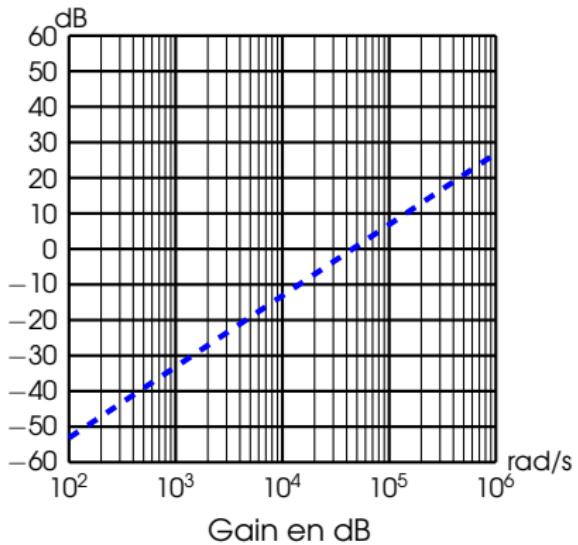
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

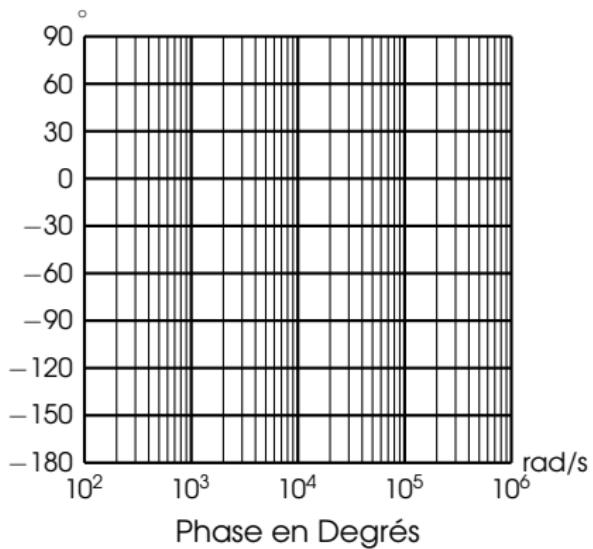
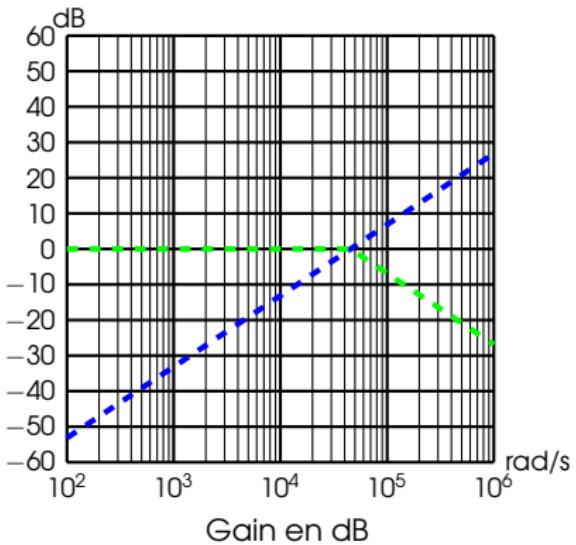
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

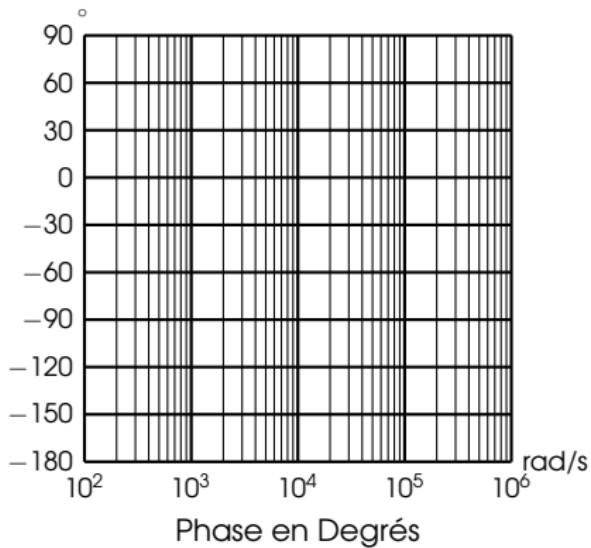
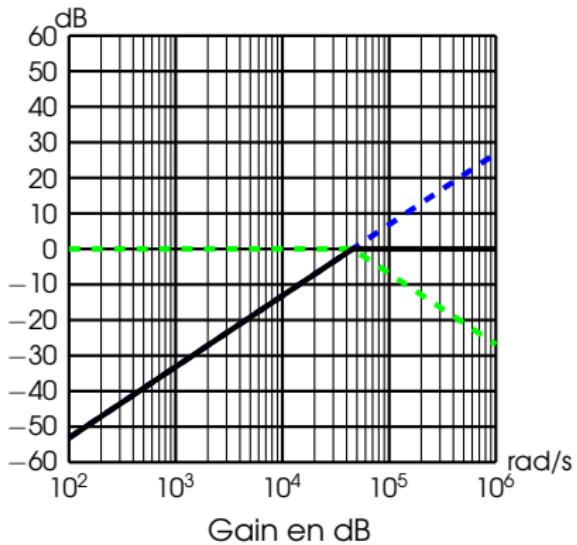
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

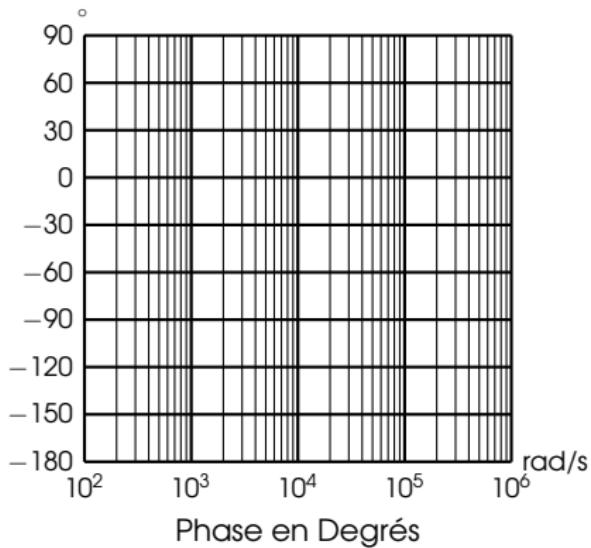
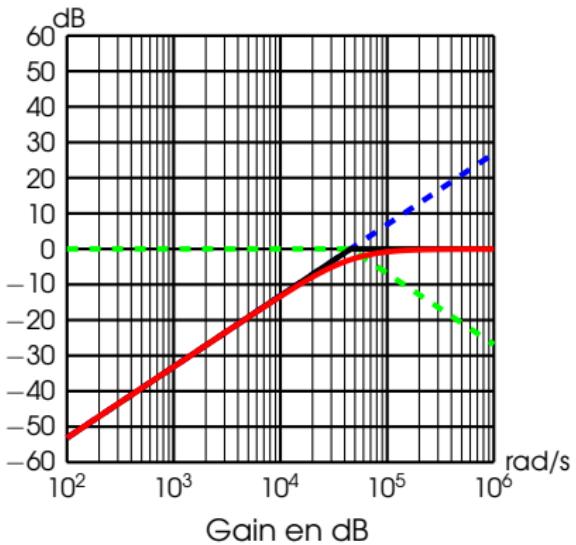
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

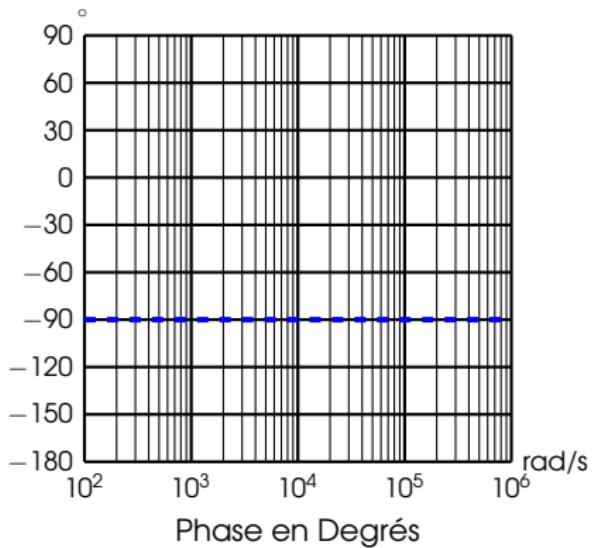
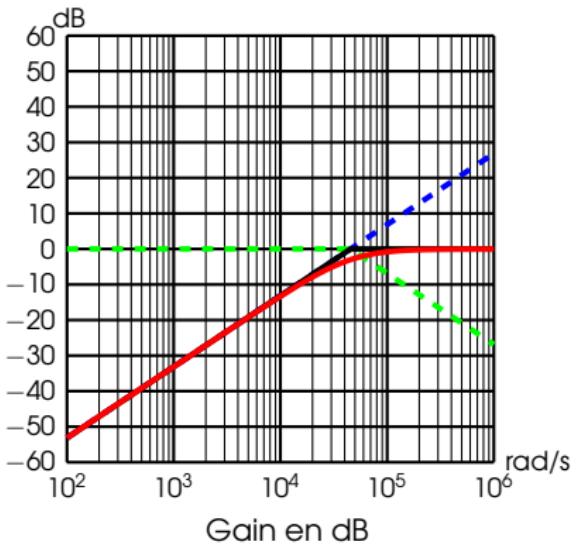
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

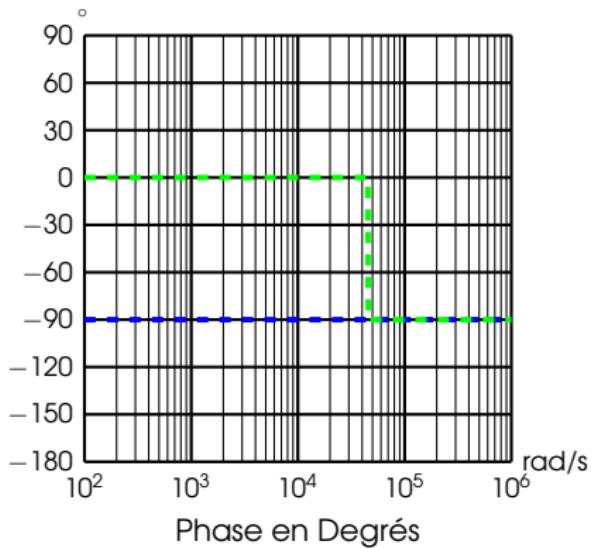
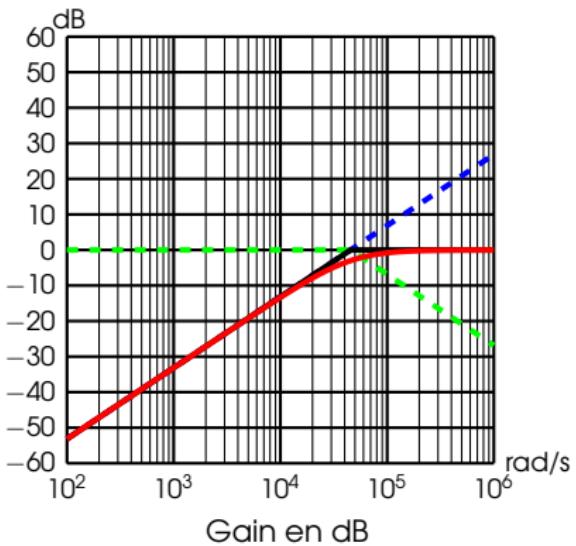
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2.2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

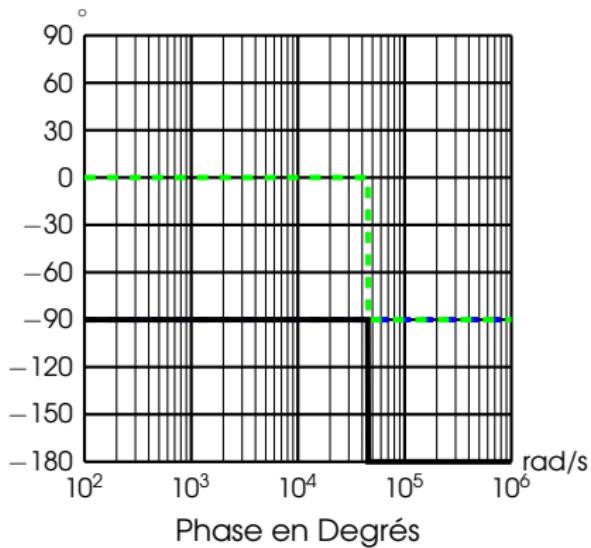
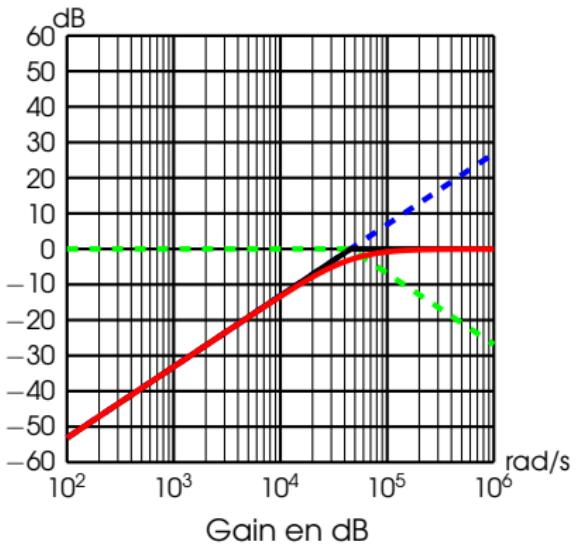
Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2.2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2.2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$



## Filtre passe-haut (4/4) : Tracé du diagramme de Bode

### Application numérique :

Si on prend :  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2.2 \text{ nF}$ , alors  $\omega_0 \approx 45455 \text{ rad/s}$

