Université du Maine

Enceintes électroacoustiques

Outils mathématiques

Bruno GAZENGEL

Hypothèse

- Toutes les grandeurs physiques, par exemple x, dépendent du temps et s'écrivent
  - X_m est la valeur crête (ou maximale)
  - f est le fréquence
  - t est le temps
  - ϕ est la phase (par rapport à une référence)

$$x(t)=X_m\cos(2\pi f t+\phi)$$

- Cela suppose un fonctionnement en régime stationnaire (pas de transitoire) à une fréquence f pure.

Notation complexe

- Écriture
  - Supposant qu'une variable s'écrit $x(t)=X_m\cos(2\pi f t+\phi)$
  - x(t) est vue comme la partie réelle d'une variable complexe $X=X_m e^{(j\omega t+\phi)}=X_m e^{j\phi} e^{j\omega t}$
  - Pour les calculs, considérant que les phénomènes dépendent toujours du temps, on ne considère que l'amplitude complexe de x, qui s'écrit $\bar{X}=X_m e^{j\phi}$
  - En pratique, les calculs sont réalisés avec $\bar{X}$
- Exemple
  - La pression acoustique à l'oreille d'un auditeur s' écrit en général $Pe^{j\phi_p}$
  - P représente l'amplitude maximale de la pression et ϕ_p représente la phase par rapport à une grandeur de référence

Notion d'amplitude

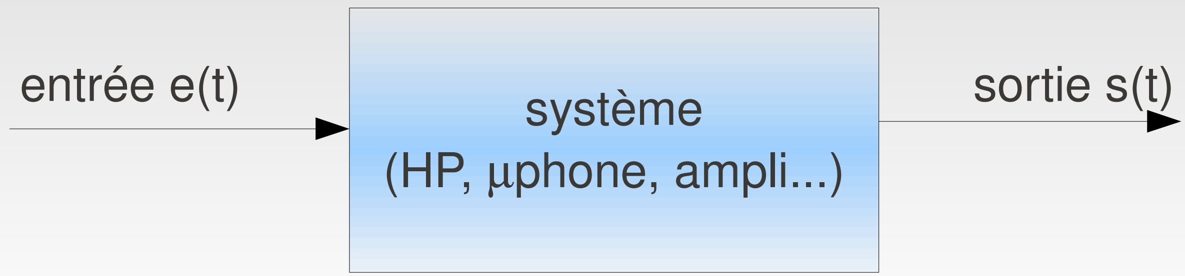
- Considérant la notation complexe $\bar{X} = X_m e^{j\phi}$, X_m est la valeur crête de X.
- La valeur crête peut dépendre de la fréquence. Par exemple la pression acoustique rayonnée par une enceinte n'est pas la même à toutes les fréquences. On écrit dans ce cas $P_m(\omega)$
- Amplitude efficace : pour un signal sinusoïdal, la valeur efficace de X est $X_{eff} = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$

Notion de phase

- Considérant la notation complexe $\bar{X} = X_m e^{j\phi}$, ϕ est la phase de X (exprimée en radians).
- A une fréquence f donnée, la phase traduit le retard du signal x(t) par rapport à UNE REFERENCE.
- Le retard est donné par $\tau = \dfrac{\phi}{2\pi f}$
- La phase dépend généralement de la fréquence, elle est notée $\phi(\omega)$
- Un signal qui est en retard pour toutes les fréquences par rapport à une référence possède une PHASE LINEAIRE.

Notion de fonction de transfert

- Principe du système



Le signal qui « sort » du système n'est généralement pas exactement le même que celui qui rentre, car le système a une certaine « réponse en fréquence »

=> certaines fréquences du signal d'entrée sont « mal reproduites » par le système en sortie

=> la réponse en fréquence du système caractérise cette propriété

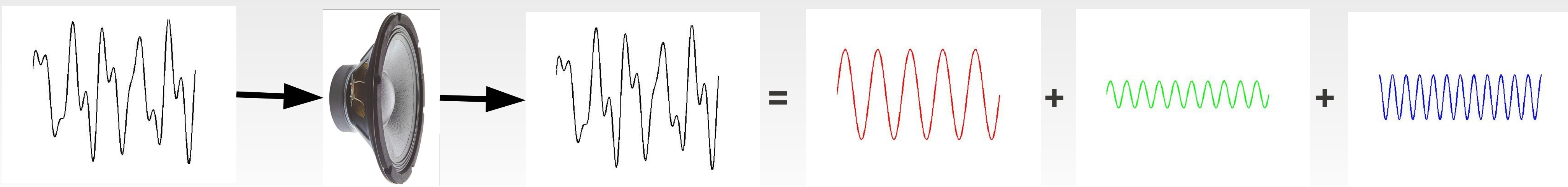
• <u>exemple 1</u>

écouter de la musique large bande (musique classique par exemple) dans un caisson de grave => seule les graves subsistent dans le signal perçu.

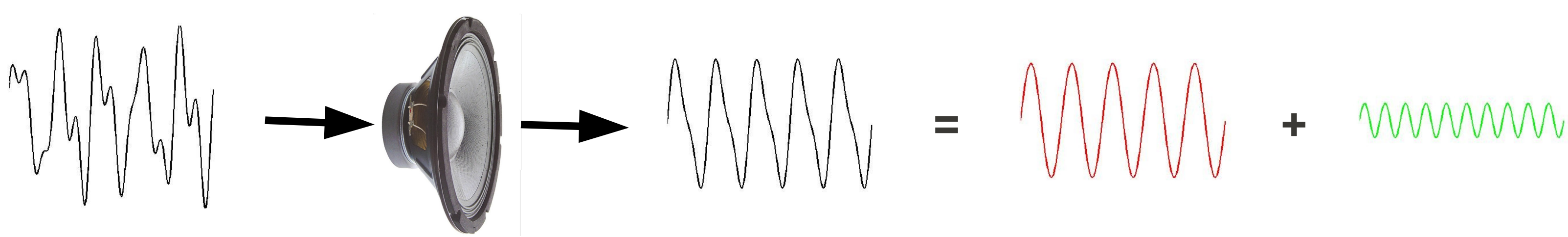
Notion de fonction de transfert

•<u>exemple 2</u>

Si haut-parleur parfait, alors



Si haut-parleur imparfait (par exemple coupe la composante f_3), alors



Notion de fonction de transfert

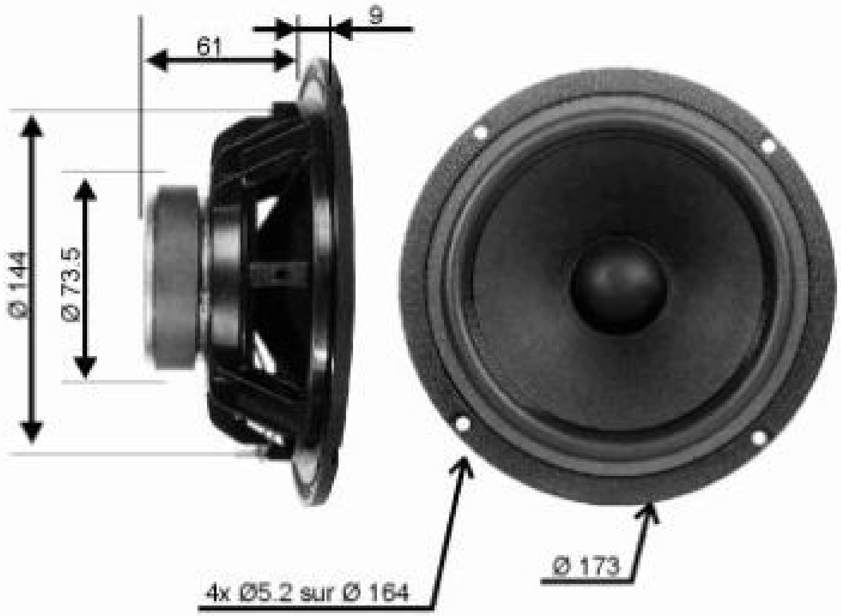
Fichier : hp170m0.jpg
Vu sur e44.com

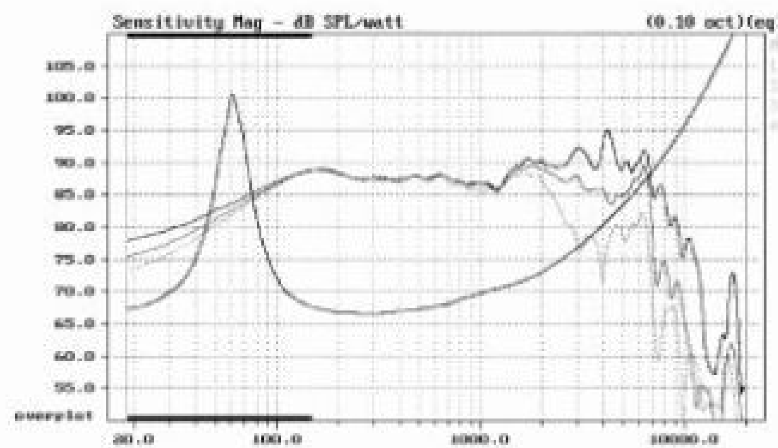
AUDAX INDUSTRIES

Boomer 17 cm papier 8 ohms

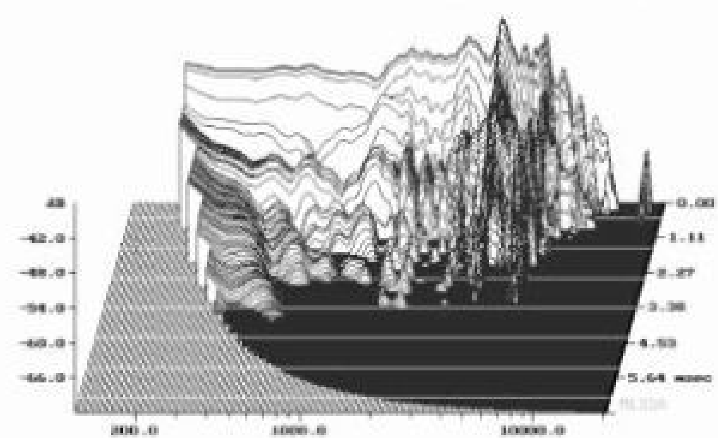
HP170M0

La technologie papier associée au chassis anti-resonnant en polymère injecté permettent d'obtenir une reproduction des graves d'une grande douceur.





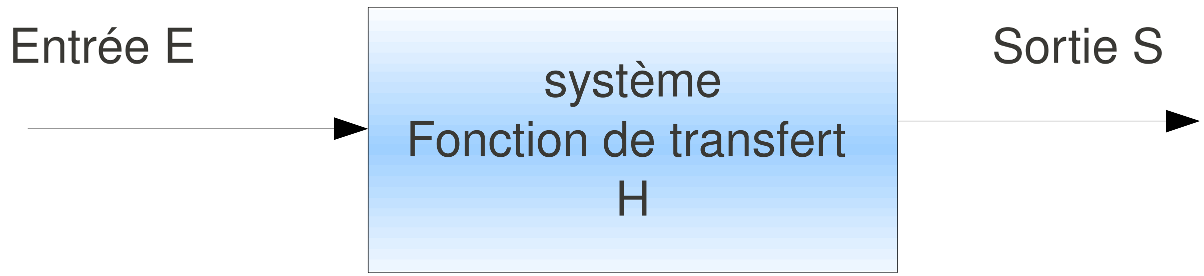
Impédance	8 ohms	Diamètre bobine	25 mm
Résonance	62.3 Hz	Hauteur bobine	12 mm
Puissance nominale (IEC)	45 W	Support	aluminum
Sensibilité (2.83v/1m)	88.3 dB	Nb. couches	2
		Type de fil	rond
Résistance (DC)	6.2 ohms	Champ	5.27 NA
Inductance	0.57 mH	Masse mobile	9.89 gr
Xmax	± 4.0 mm		
Qms	3.12	Membrane	papier
Qes	0.90	Suspension	mousse
Qts	0.70	Saladier	polymère
Vas	16.34 l	Poids	0.67 kg



Audax Industries - Château du Loir (72) - France
Pho +33 2 43 38 42 00 - Fax + 33 2 43 44 12 02
European web site : http://www.audax.fr

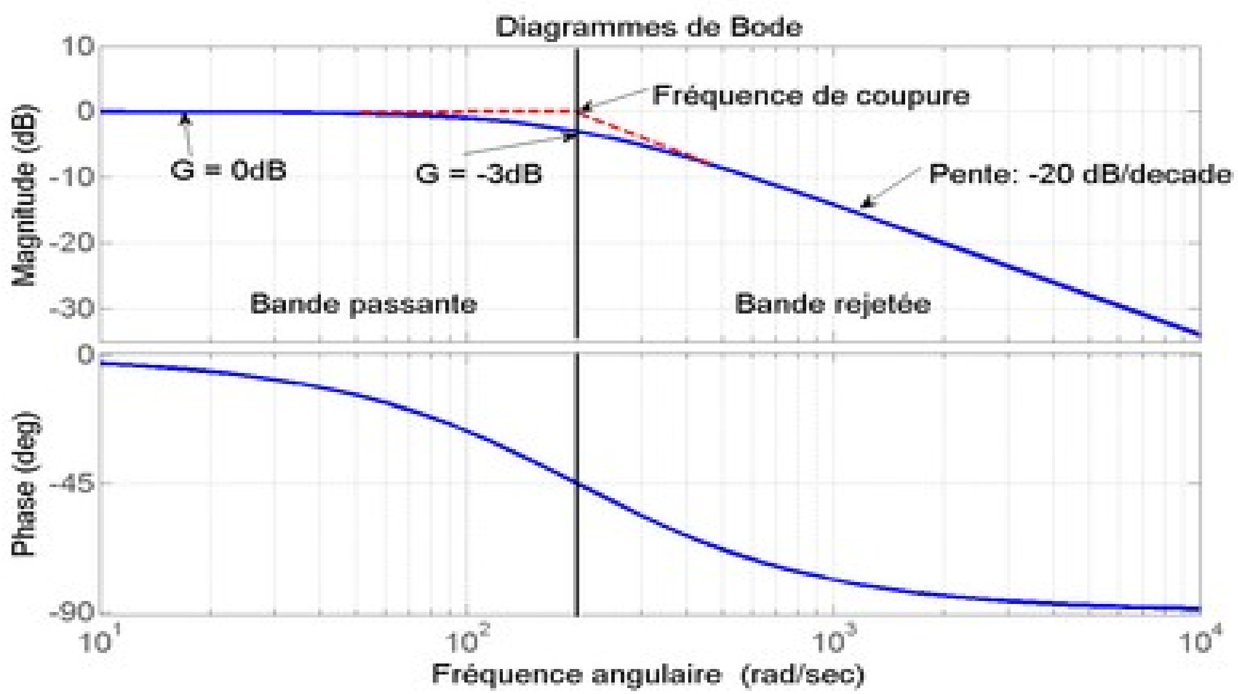
Notion de fonction de transfert

- Notation complexe
  - On considère les amplitudes complexes de e(t) et s(t) :
    - $E\, e^{j\phi_e}$
    - $S\, e^{j\phi_s}$
  - Le comportement du système s'exprime, en fonction de la fréquence, par sa fonction de transfert
    - $H(\omega)\, e^{j\phi_H}$
    - $H(\omega)=\dfrac{S(\omega)}{E(\omega)}$ $\qquad \phi_H(\omega)=\phi_S(\omega)-\phi_E(\omega)$



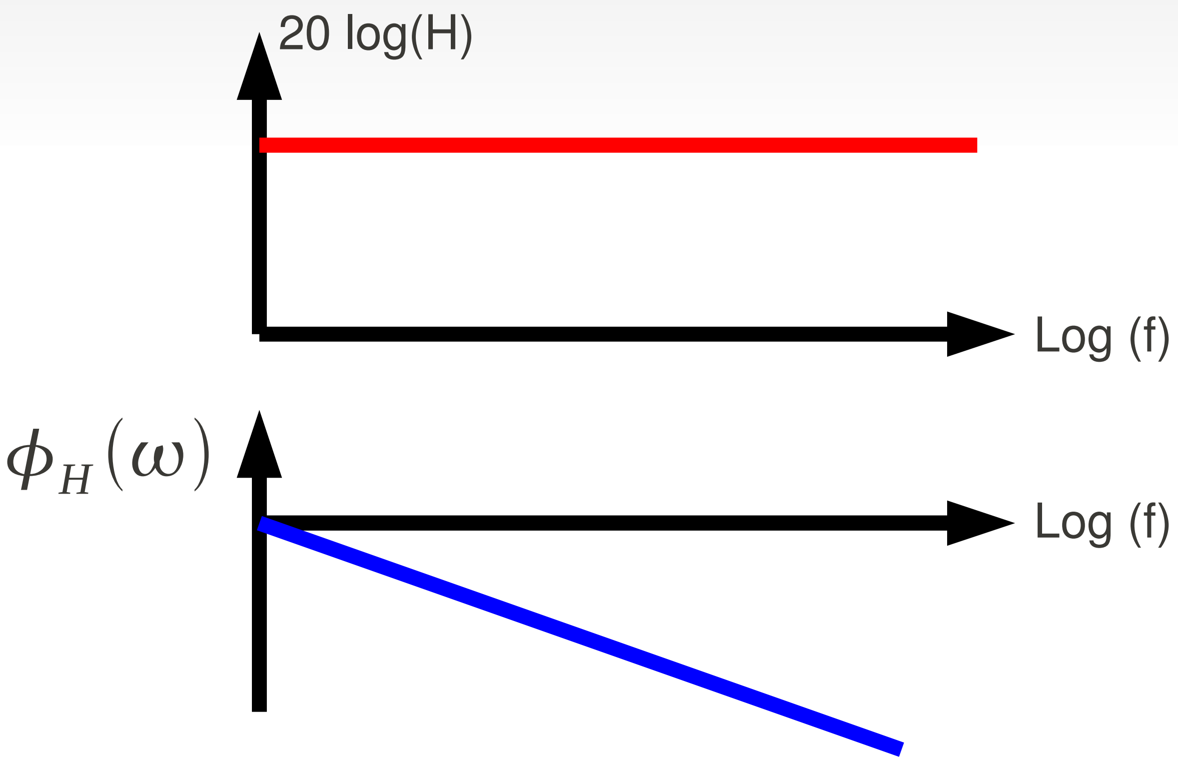
Notion de fonction de transfert

- Diagramme de Bode
  - Il représente la variation de la fonction de transfert en fonction de la fréquence
    - En amplitude : représentation de $20\log_{10} H(\omega)$
    - En phase : représentation de $\phi_H(\omega)$
    - En fonction de la fréquence (en échelle logarithmique)



Notion de fonction de transfert

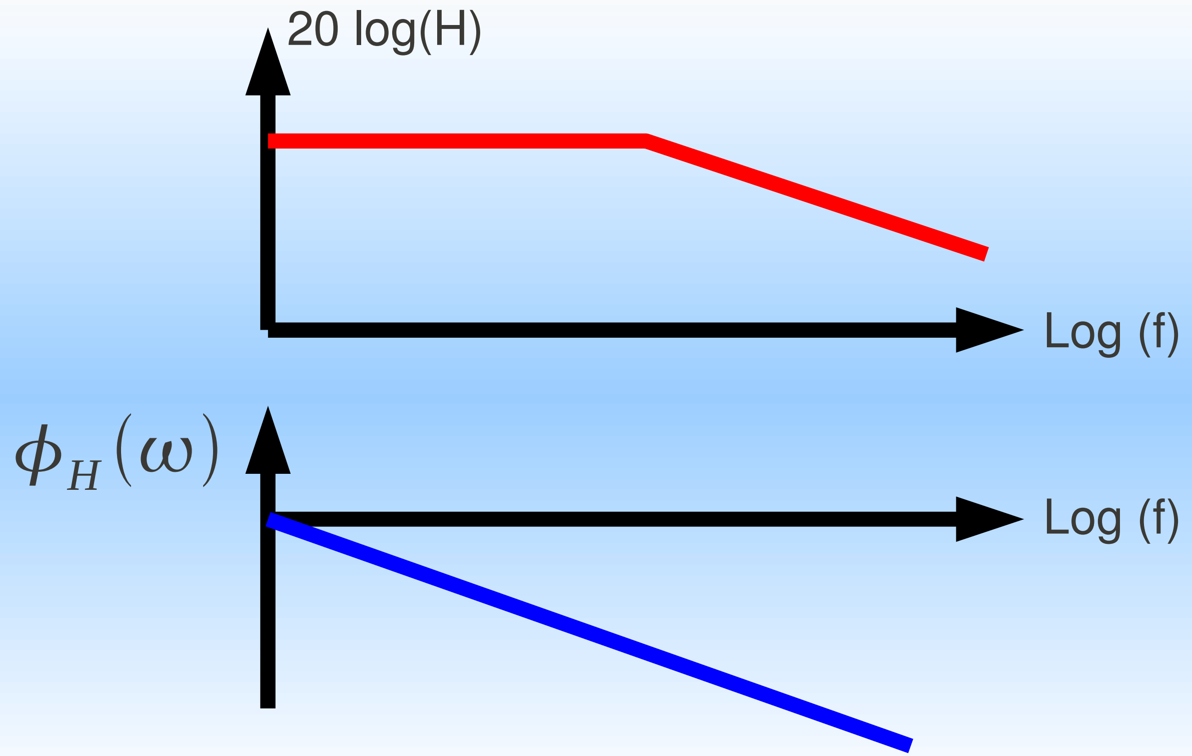
- Exemple 1 : système à retard pur
  - Le signal de sortie est l'exacte image du signal d'entrée retardée de τ
  - La fonction de transfert s'écrit $H = H_0 e^{-j\omega\tau}$



Notion de fonction de transfert

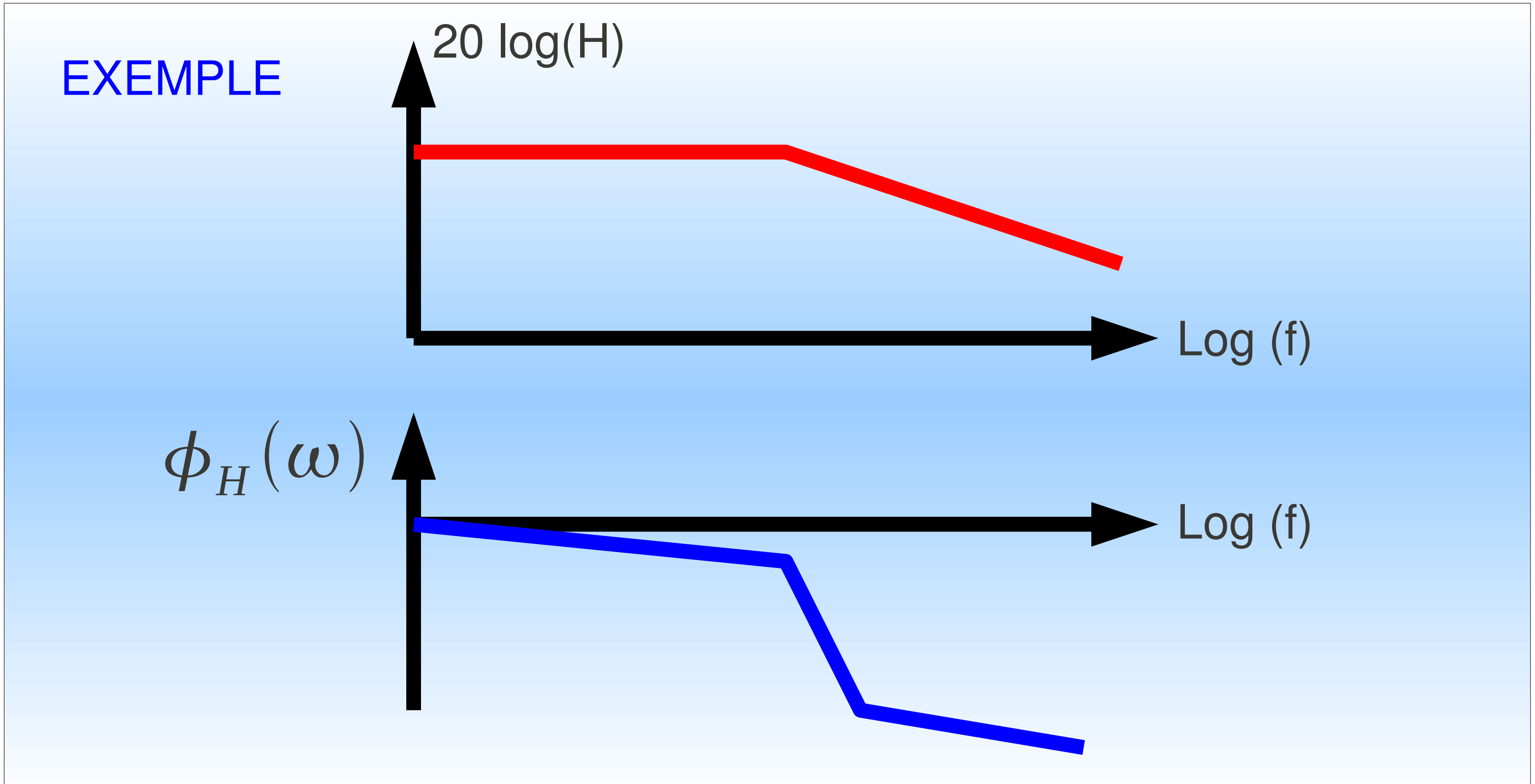
- Exemple 2 : Filtre à phase linéaire
  - Le signal de sortie n'est l'exacte image du signal d'entrée (suppression de certaines composantes fréquentielles) et est retardé de τ
  - La fonction de transfert s'écrit $H_f = H(\omega) e^{-j\omega\tau}$

EXEMPLE



Notion de fonction de transfert

- Exemple 2 : système quelconque
  - Le signal de sortie n'est l'exacte image du signal d'entrée (suppression de certaines composantes fréquentielles). Le retard n'est pas le même pour toutes les fréquences
  - La fonction de transfert s'écrit $H_s = H(\omega) e^{j\phi(\omega)}$



Notion d'impédance

- Définition
  - L'impédance est une notion généralisée de la notion de résistance (utilisée pour les grandeurs ne dépendant pas du temps)
  - L'impédance caractérise l'opposition d'un système soumis à une grandeur physique et dépend de la fréquence.
  - Grandeurs physiques
    - En électricité : tension U et courant I
    - En mécanique : Force F et vitesse v
    - En acoustique : pression acoustique p et débit D_n (normal à une surface vibrante)

Impédance électrique	Impédance mécanique	Impédance acoustique
$Z_e=\frac{U}{I}$	$Z_m=\frac{F}{v_n}$	$Z_a=\frac{P}{D_n}$

Notion d'impédance

- Exemples
  - Impédance acoustique