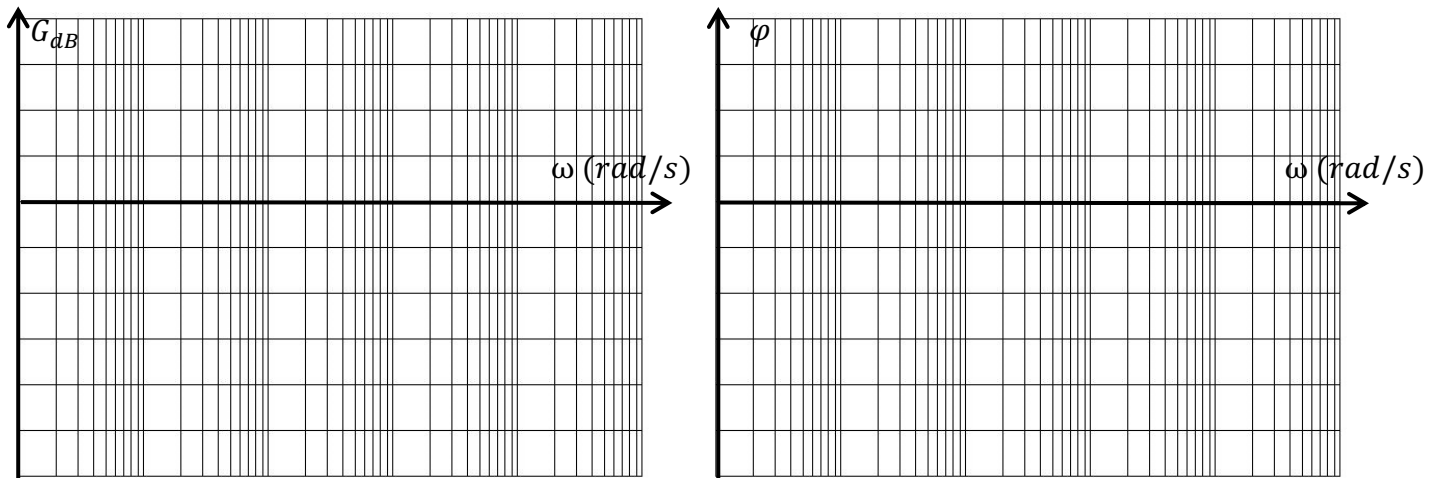


Fiche méthode 27 :
Comment exploiter un diagramme de Bode ?

❖ Un diagramme de Bode est l'association de ces deux graphes :



Le déphasage sera toujours choisi tel que : $-\pi \leq \varphi \leq \pi$.

	Signal d'entrée	Signal de sortie
Expression réelle	$e(t) = E \cos(\omega t)$	$s(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

$$G_{dB} = 20 \times \log\left(\frac{U_m}{E}\right)$$



Toutes les méthodes d'exploitation graphique explicitées dans la suite de cette fiche méthode fonctionnent pour un diagramme de Bode ayant pour abscisse ω ou f : **vous pouvez donc « remplacer » dans chaque méthode, la lettre ω par la lettre f** (si l'axe des abscisses est en Hz).

❖ Nature du filtrage du système :

Sur le diagramme de Bode en gain, on détermine le signe du gain G_{dB} à basses fréquences : on en déduit si le système est amplificateur, atténuateur ou passeur à basses fréquences.

Sur le diagramme de Bode en gain, on détermine le signe du gain G_{dB} à hautes fréquences : on en déduit si le système est amplificateur, atténuateur ou passeur à hautes fréquences.

Puis on conclut en indiquant la nature du filtrage réalisé par le système, avec l'un des termes suivants : passe-haut, passe-bas ou passe-bande.

❖ Pulsation de coupure ω_c à -3dB :

1^{ère} étape : On détermine graphiquement la valeur maximale du gain du système, noté $G_{dB,max}$

2^{ème} étape : On lui soustrait 3 dB : on calcule donc $G_{dB,max} - 3dB$

3^{ème} étape : Sur le graphe, on cherche le point (ou les points) de la courbe ayant pour ordonnée $G_{dB,max} - 3dB$. Son abscisse (ou leur abscisse) a pour valeur ω_c (ou $\omega_{c,min}$ et $\omega_{c,max}$)

❖ **Bande passante et largeur de la bande passante à $-3dB$ d'un système :**

	Filtrage passe-bas	Filtrage passe haut	Filtrage passe bande
Bande passante	$[0 ; \omega_c]$	$[\omega_c ; +\infty[$	$[\omega_{c,min} ; \omega_{c,max}]$
Largeur de la bande passante	$\Delta\omega = \omega_c - 0 = \omega_c$	La largeur de bande passante n'est pas définie.	$\Delta\omega = \omega_{c,max} - \omega_{c,min}$

❖ **Comment déterminer la pente des asymptotes en dB/décade ?**

On exploite le graphe du gain en décibel :

1^{ère} étape : Tracer l'asymptote (droite tangente à la courbe) à hautes fréquences/pulsations nommée G^{THF}_{dB} .
Tracer l'asymptote à basses fréquences/pulsations nommée G^{TBF}_{dB} .

2^{ème} étape :

Si l'asymptote n'est pas parallèle à l'un des axes, choisir (sur l'axe des abscisses) une première valeur de pulsation ω_1

Sur l'asymptote, déterminer ensuite la valeur du gain $G_{1,dB}$ pour cette première valeur de pulsation ω_1

3^{ème} étape :

Multiplier par 10 la première valeur de pulsation ω_1 , afin d'obtenir la deuxième valeur de pulsation ω_2

Sur l'asymptote, déterminer ensuite la valeur du gain $G_{2,dB}$ pour cette première valeur de pulsation ω_2

4^{ème} étape :

En déduire la valeur (en décibel) de la variation du gain $\Delta G_{dB} = G_{2,dB} - G_{1,dB}$. Attention au signe de cette variation !

5^{ème} étape :

La pente de l'asymptote est égale à ΔG_{dB} et son unité est le $dB/décade$.

❖ **Comment déterminer la pente des asymptotes en dB/octave ?**

La méthode est identique à celle décrite pour la pente en dB/décade, sauf pour la 3^{ème} étape : il faut **multiplier par 2** la première valeur de pulsation ω_1 , afin d'obtenir la deuxième valeur de pulsation ω_2

❖ **Comment déterminer l'ordre n d'un système à l'aide d'un diagramme de Bode en gain ?**

Il faut avoir déterminé **la nature du filtrage et la pente des asymptotes** en dB/décade.

On rédige dans sa réponse la nature du filtrage et on applique la règle lui correspondant :

Pour un passe-bas, l'ordre n est le résultat de la division de la pente de l'asymptote à hautes fréquences par -20 .

Pour un passe-haut, l'ordre n est le résultat de la division de la pente de l'asymptote à basses fréquences par 20 .

Pour un passe-bande, l'ordre n est le résultat de la division de la pente de l'asymptote à basses fréquences par 10 (ou de la division de la pente de l'asymptote à hautes fréquences par -10)

Puis on conclut sur l'ordre du système.

On peut utiliser les pentes des asymptotes en dB/octave : il faut alors remplacer dans la méthode précédente le nombre 20 par le nombre 6 (et le nombre 10 par le nombre 3).

❖ **Comment déterminer graphiquement la pulsation propre ω_0 des systèmes d'ordre 2 ?**

Pour les systèmes d'ordre 2, l'intersection des asymptotes G^{THF}_{dB} et G^{TBF}_{dB} a pour abscisse, la pulsation propre du système ω_0 .

❖ **Comment déterminer graphiquement l'amplification $|T_0|$?**

1^{ème} étape : avoir déterminer la nature du filtrage réalisé par le système.

2^{ème} étape : Sur l'axe des ordonnées, on détermine la valeur du gain, notée $G_{0,dB}$ (en dB)

- Pour un filtre passe-bas, $G_{0,dB}$ est la valeur du gain à basses fréquences (quand ω tend vers 0 rad/s)
- Pour un filtre passe-haut, $G_{0,dB}$ est la valeur du gain à hautes fréquences (quand ω tend vers $+\infty$)
- Pour un filtre passe-bande, $G_{0,dB}$ est la valeur du gain à la pulsation propre (pulsation centrale)

3^{ème} étape : On en déduit $|T_0|$, par un calcul, en utilisant la formule suivante :

$$|T_0| = 10^{\frac{G_{0,dB}}{20}}$$

L'amplification T_0 porte un nom différent selon la nature du filtre :



- Pour un filtre passe-bas, T_0 est nommé « amplification statique ».
- Pour un filtre passe-haut, T_0 est nommé « amplification à hautes fréquences ».
- Pour un filtre passe-bande, T_0 est nommé « amplification dans la bande passante » ou encore « amplification à la pulsation propre »

Si on sait que T_0 est positif, alors la formule devient :

$$T_0 = 10^{\frac{G_{0,dB}}{20}}$$

❖ **Comment déterminer l'ordre n d'un système en utilisant le graphe $\varphi(\omega)$?**

1^{ère} étape :

Il faut déterminer graphiquement le domaine de variation du déphasage noté $\Delta\varphi$, en suivant la formule suivante :

$$\Delta\varphi = |\varphi_{HF} - \varphi_{BF}|$$

φ_{HF} : valeur du déphasage pour les hautes fréquences du signal d'entrée

φ_{BF} : valeur du déphasage pour les basses fréquences du signal d'entrée

2^{ème} étape :

On détermine enfin l'ordre n à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta\varphi = n \times \frac{\pi}{2}$$

❖ Influence du facteur de qualité pour les passe-bas et les passe-haut d'ordre 02 :

Pour un filtre passe-bas ou passe-haut du second ordre, si $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$, il y a apparition d'un phénomène nommé résonance en amplitude.

Il existe une pulsation du signal d'entrée pour laquelle l'amplitude du signal de sortie est plus importante que l'amplitude du signal d'entrée et est maximale.

Cette fréquence du signal d'entrée est appelée fréquence de résonance du système et est notée ω_r .

Plus le facteur de qualité Q augmente, plus la résonance est dite « aiguë » : la largeur de la bande passante Δf est de plus en plus faible et le gain maximum en décibel est de plus en plus grand.

Plus le facteur de qualité Q augmente, plus la pulsation de résonance ω_r est proche de ω_0 :

$$\omega_r \approx \omega_0 \text{ si } Q \gg 0,707$$

Comment déterminer/prévoir la pulsation de coupure d'un système passe-bas ou passe-haut d'ordre 02 ?

Pour les systèmes **passe-haut et passe-bas d'ordre 2**, la pulsation propre ω_0 du système est identique à la pulsation de coupure ω_c du système si le facteur de qualité est $Q = 0,707$:

$$\omega_c = \omega_0 \text{ si } Q = 0,707$$

Dans le cas général (c'est à dire $Q < 0,707$), la pulsation de coupure ω_c du système est différente de sa pulsation propre ω_0 .

❖ Influence du facteur de qualité pour les passe-bande d'ordre 02 :

Plus le facteur de qualité Q d'un système passe-bande d'ordre 02 est élevé, plus le système passe-bande est dit « sélectif » : la largeur de la bande passante Δf du système est de plus en plus faible.

La valeur de la pulsation centrale ω_0 ne dépend pas de Q .

Comment déterminer la valeur du facteur de qualité Q pour un passe-bande d'ordre 02 ?

Pour un passe-bande d'ordre 2, on a :

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \text{ ou encore } Q = \frac{\omega_0}{\Delta \omega}$$