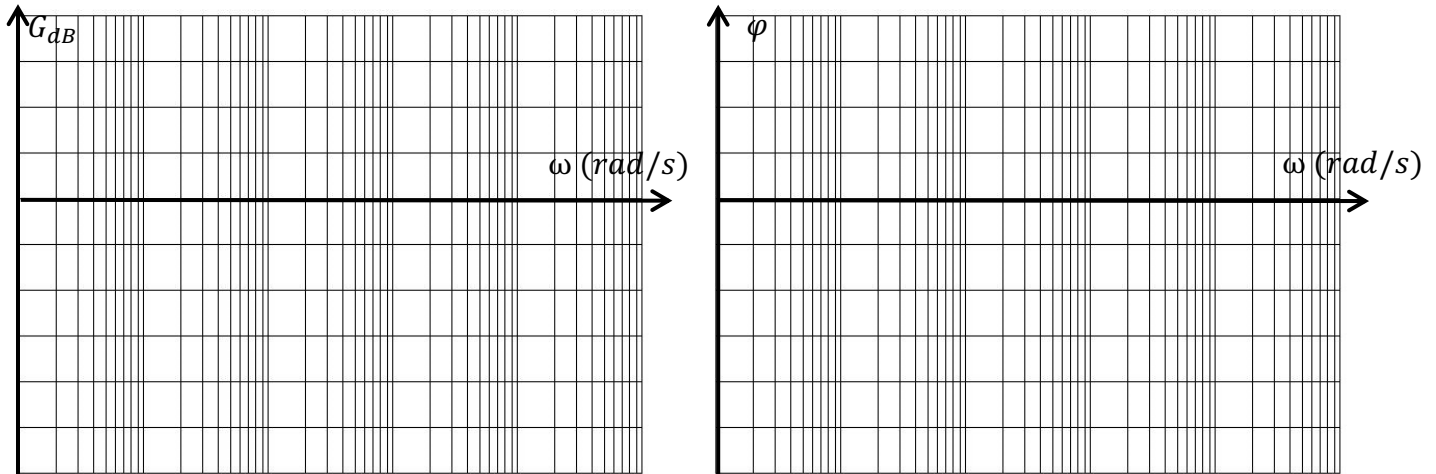


Fiche méthode 18 :
Comment exploiter un diagramme de Bode ?

❖ 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	$e(t) = E \cos(\omega t)$	$s(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

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

❖ Nature du filtrage du système :

On étudie le signe du gain à basses fréquences puis à hautes fréquences.

Si $G_{dB} > 0$ alors le système est **amplificateur pour cette gamme de fréquence**

Si $G_{dB} < 0$ alors le système est **atténuateur pour cette gamme de fréquence**

Si $G_{dB} = 0 \text{ dB}$ alors le système est **passer pour cette gamme de fréquence**

Puis on conclut 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 $G_{dB,max} - 3\text{dB}$

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

❖ 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.	$\Delta\omega = \omega_{c,max} - \omega_{c,min}$

❖ Pentas des asymptotes de la courbe $G_{dB}(\omega)$:

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 est parallèle à l'axe des abscisses, sa pente est nulle et vaut donc 0 dB/décade .

Si l'asymptote est parallèle à l'axe des ordonnées, sa pente est infinie et n'est donc pas définie.

3^{ème} étape :

Si l'asymptote n'est pas parallèle à l'un des axes, repérer sur l'axe des abscisses deux valeurs de fréquences ou pulsations multiples de 10 (par exemple, à hautes pulsations, $10 \times 10^3 \text{ rad/s}$ et $10 \times 10^4 \text{ rad/s}$). Cet intervalle est appelé une **décade**.

4^{ème} étape :

Sur cette décade et **sur l'asymptote**, déterminer la valeur de la variation du gain G_{dB} . Attention au signe de la variation !

5^{ème} étape :

En déduire la pente de l'asymptote en dB/décade .

❖ Intersection des asymptotes : pulsation propre du système ω_0 pour l'ordre 2

Pour les systèmes d'ordre 1, l'intersection des asymptotes G^{THF}_{dB} et G^{TBF}_{dB} a pour abscisse, la pulsation de coupure du système ω_c .

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 ($\omega_c = \omega_0$ si $Q = 0,707$)

❖ Amplification H_0 :

1^{ème} étape : avoir déterminer la nature du filtrage réalisé par le système. H_0 a un sens différent selon le filtre :

- Pour un filtre passe-bas, H_0 est nommé amplification statique.
- Pour un filtre passe-haut, H_0 est nommé amplification à hautes fréquences.
- Pour un filtre passe-bande, H_0 est nommé amplification à la pulsation propre (ou de résonance)

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 centrale (ou à la pulsation propre nommée aussi pulsation de résonance)

3^{ème} étape : On en déduit $|H_0|$, par un calcul, en utilisant la formule suivante :

$$|H_0| = 10^{\frac{G_{0,dB}}{20}}$$

❖ Comment déterminer l'ordre d'un système à l'aide d'un diagramme de Bode ?

On appelle domaine de variation du déphasage, noté $\Delta\varphi$, la grandeur 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

Première méthode : comment déterminer l'ordre d'un système à l'aide d'un diagramme de Bode ? (à retenir)

Il faut déterminer graphiquement le domaine de variation du déphasage $\Delta\varphi = |\varphi_{HF} - \varphi_{BF}|$ puis utiliser la règle suivante :

$$\text{Si } \Delta\varphi = n \times \frac{\pi}{2} \text{ alors le système étudié est d'ordre } n.$$

Deuxième méthode : comment déterminer l'ordre d'un système à l'aide d'un diagramme de Bode ? (à retenir)

Un système passe-bas d'ordre n possède une asymptote à hautes fréquences de pente $-20 \times n \text{ dB/décade}$
Un système passe-haut d'ordre n possède une asymptote à basses fréquences de pente $20 \times n \text{ dB/décade}$
Un système passe-bande d'ordre n possède une asymptote à basses fréquences de pente $10 \times n \text{ dB/décade}$
et une asymptote à hautes fréquences de pente $-10 \times n \text{ dB/décade}$

Il faut préciser **la nature du filtrage et la pente des asymptotes** puis on conclut sur l'ordre du système.

❖ Particularités des systèmes d'ordre 2 :

Pour les systèmes **passe-bas et passe-haut du second ordre**, si $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$, il y a apparition d'un phénomène nommé résonance.

Pour $\omega = \omega_r$, le gain est maximal : il y a donc une amplification maximale du signal d'entrée.

Plus le facteur de qualité Q augmente, plus la résonance est aigüe et plus la pulsation de résonance est proche de ω_0 . Une étude théorique du gain nous donne l'expression suivante :

$$\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$$

Pour les systèmes passe-bas et passe-haut, la pulsation propre ω_0 du système est identique à la pulsation de coupure ω_c du système si $Q = 0,707$.

Pour les systèmes **passe-bande d'ordre 2** :

Plus le facteur de qualité Q est élevé, plus le système passe-bande est sélectif : la largeur de la bande passante est de plus en plus faible.

La pulsation centrale ne dépend pas de Q : c'est toujours ω_0 .

La bande passante peut se déterminer ainsi :

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

Plus le facteur de qualité augmente, plus la bande passante est faible.