

Exploitation du diagramme de Black-Nichols

Plan de Black : étude du système en boucle ouverte

Pour une fonction de transfert donnée calculée dans le tableau de points ci-dessous, on a la représentation de la fonction de transfert en **boucle ouverte (BO)** dans le plan de **Black**.

ω	Gain (dB)	Phase (deg)
0.01	19.9886	-3.72182
0.05	19.7232	-18.3307
0.075	19.3981	-26.9928
0.1	18.9768	-35.138
0.12	18.5869	-41.2402
0.13	18.3784	-44.1498
0.15	17.9408	-49.6898
0.2	16.7762	-62.0205
0.5	10.1642	-108.8
1	1.87087	-150.255
1.5	-4.63479	-175.585
2	-10.0432	-192.724
2.5	-14.6559	-204.965
4	-25.3256	-226.536
5	-30.7189	-234.598

On peut repérer :

- La zone des basses fréquences
- Le gain maximal en basse fréquences (20dB)
- La marge de phase (22°)
- La marge de gain (6dB)

Le système sera **stable** en boucle fermée, car la courbe passe à **droite** du point (-1). Cette stabilité est relative car les marges de gain et de phase sont faibles (on passe assez près du point -1). Le système aura donc tendance à osciller longtemps suite aux modifications de consignes.

Recherche de la bande passante (en BO) :

Gain maximal en basses fréquences = 20 dB.

La bande passante est définie pour un gain 3dB en dessous, soit 17 dB.

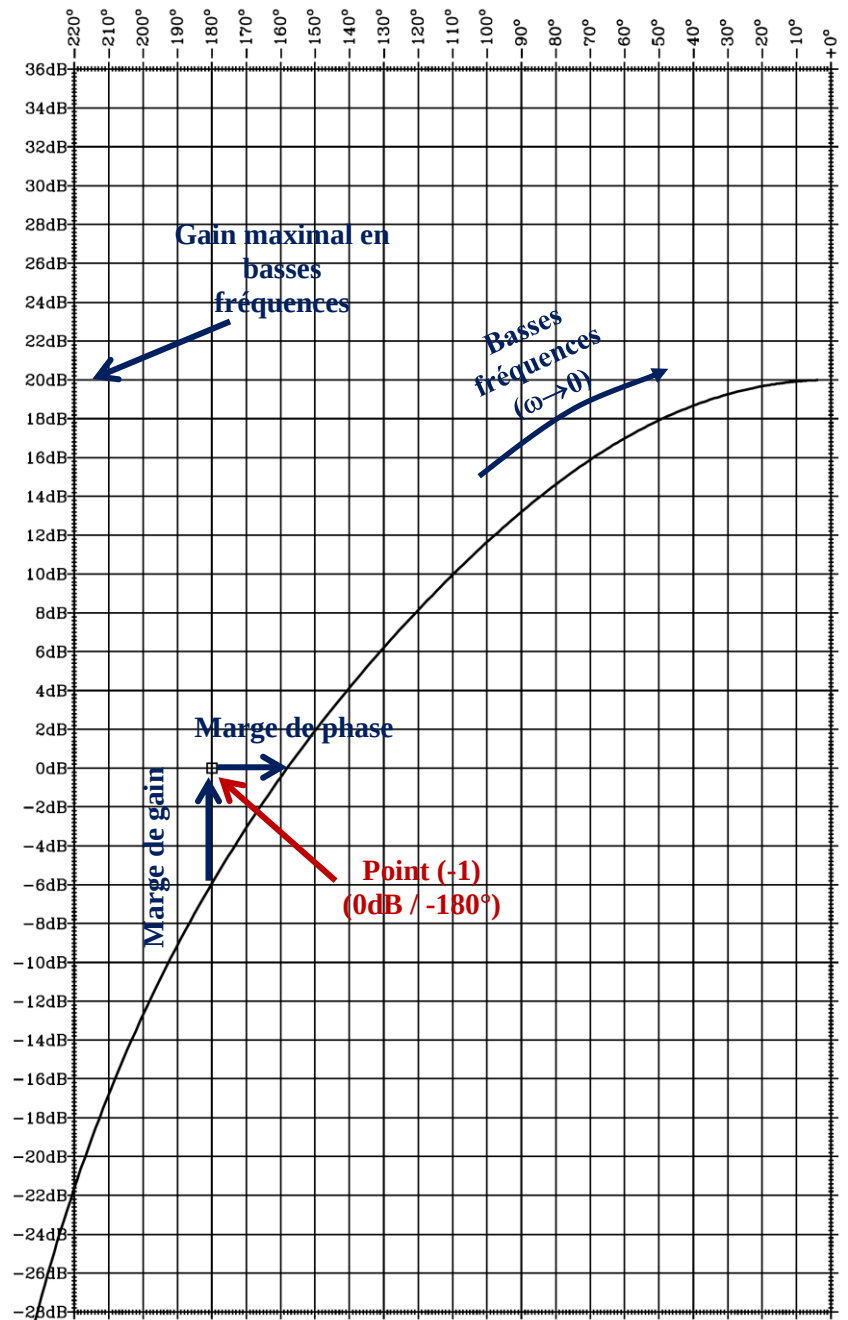
On recherche dans le tableau ce gain de 17dB :

0.15	17.9408	-49.6898
0.2	16.7762	-62.0205

17 dB se situe entre 16.776dB et 17.941dB, cela signifie que la pulsation correspondant à la bande passante est comprise entre 0.15 et 0.2 rad/s.

On peut réaliser une interpolation linéaire entre ces 2 points : $\omega_{BP} = \frac{0.2-0.15}{16.776-17.941} * (17 - 17.941) + 0.15 \approx 0.19 \text{ rad/s}$

On a donc une bande passante en boucle ouverte de 0.19 rad/s (le système passe correctement les pulsations comprises entre 0 et 0.19 rad/s).



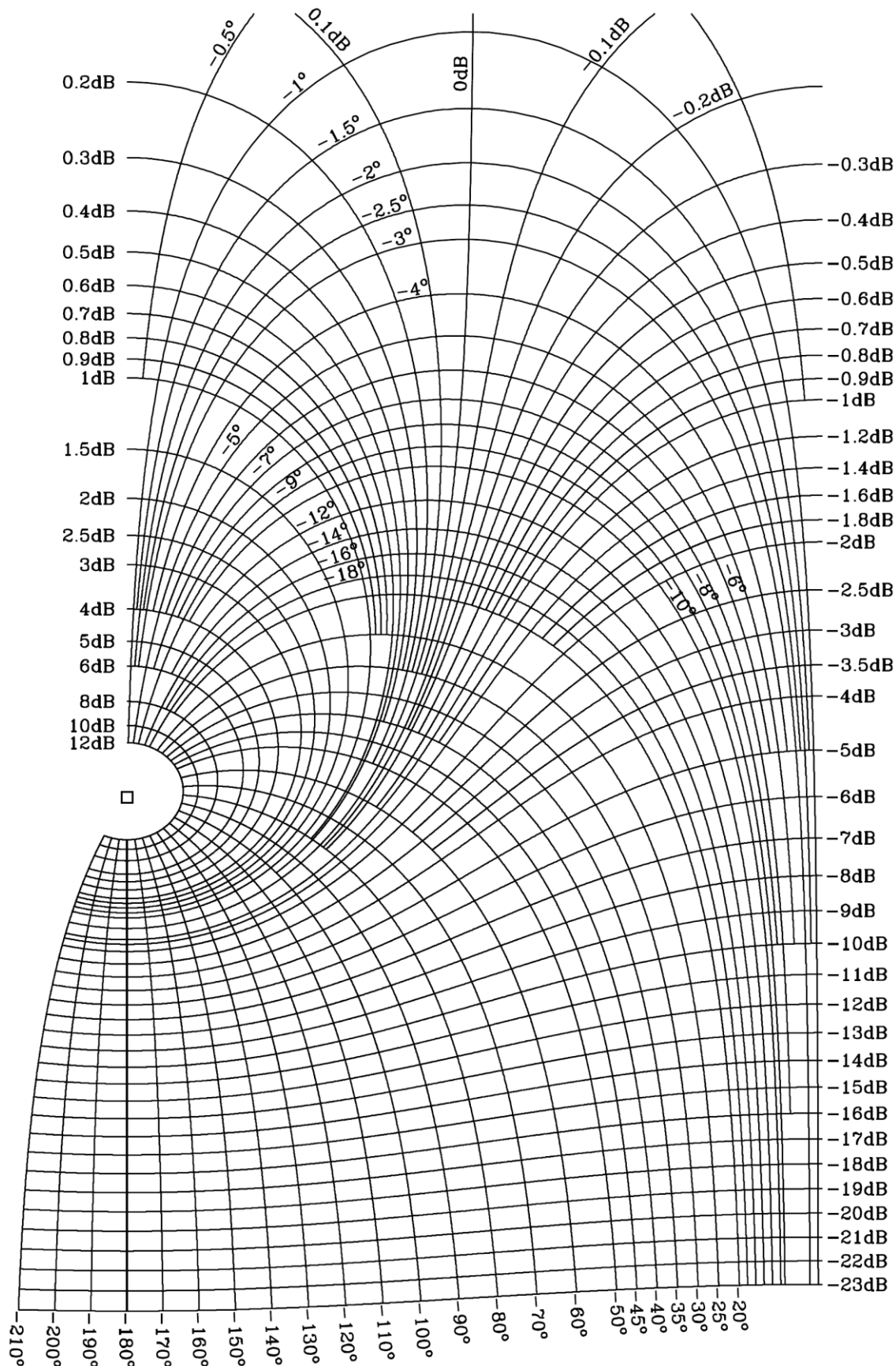
Abaque de Nichols : étude du système en boucle fermée

Le réseau de courbes de **Nichols** « calcule » le module et le gain de la fonction de transfert en **boucle fermée (BF)**.

Les courbes de gains sont concentriques autour du point (-1) .

Les courbes de phases sont orthogonales aux courbes de gains.

On constate que le gain en boucle fermée augmente rapidement et tend vers ∞ quand on s'approche vers le point (-1) .

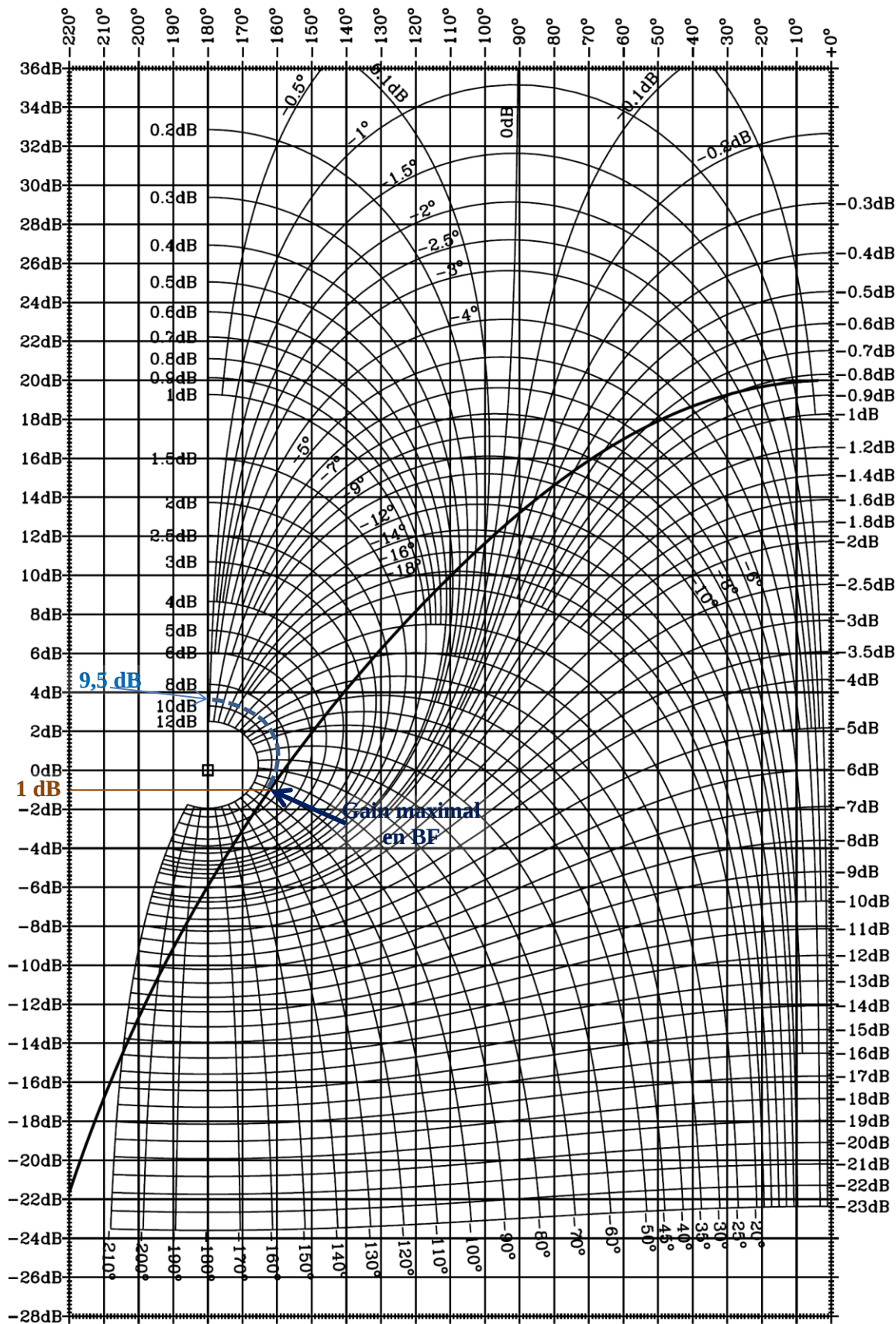


Sur le diagramme de Black-Nichols, on repère l'endroit où le gain est maximal en boucle fermée :
 Au voisinage du point (-1) on voit que le gain en BF dépasse le gain de 8dB et s'approche de 10dB. La valeur maximale atteinte doit avoisiner environ 9,5dB.

S'agissant d'un gain maximal, on assiste à une résonance obtenue pour une pulsation particulière ω_R . Cette pulsation peut être déterminée à partir du plan de Black (et du tableau correspondant). Le point du maximum en BF correspond à un gain en BO d'environ -1dB et une phase de -164°. Ces valeurs peuvent être recherchées dans le tableau comme précédemment, et une interpolation linéaire peut permettre d'obtenir une valeur approchée de ω_R :

ω	dB	deg
1	1.87	-150.2
1.1	0.46	-156.2
1.2	-0.89	-161.7
1.3	-2.19	-166.7

On voit dans le tableau que ω_R est compris entre 1.2 et 1.3 rad/s et plutôt voisin de 1.2 rad/s (car -1dB est plus proche de -0.89dB que de -2.19dB). L'interpolation linéaire donne $\omega_R=1.21$ rad/s.



Calcul du module et de la phase en BF et bande passante.

Pour une pulsation donnée, le gain et la phase du système sont obtenus à partir du tableau de points. Par exemple, pour $\omega=0.5\text{rad/s}$, on lit :

ω	dB	deg
0.5	10.1	-108.8

Sur le graphe ci-contre, ce point est noté A.

On peut vérifier que ce point se trouve aux coordonnées 10dB/109° dans le plan de Black. Sur les courbes de Nichols, on peut lire directement le gain de 0.5dB et la phase de -18° en BF.

Pour la bande passante en BF, on doit tout d'abord trouver le gain du système en BF quand $\omega \rightarrow 0$.

Ce point est situé sur la partie droite et en haut de la courbe. On constate que le gain en BF est compris entre -0.8 et -0.9 dB sur le réseau de courbes de Nichols. On peut estimer ce gain à environ -0.83dB. La bande passante est définie pour un gain 3dB en dessous, soit -3.83dB.

En suivant la courbe de Nichols correspondant à ce gain, on arrive au point B sur la courbe. Pour trouver la pulsation correspondant à ce point, on utilise le tableau défini en BO. Le gain de B en BO est d'environ -8.2 dB.

Le tableau nous donne :

ω	dB	deg
1.5	-4.63479	-175.585
1.8	-7.98858	-186.592
2	-10.0432	-192.724

Le gain de -8.2dB est compris entre -7.99dB et -10.04dB, et très proche de -7.99dB.

La pulsation correspondante sera donc très voisine de 1.8 rad/s (légèrement au-dessus).

La bande passante du système en BF sera donc d'environ 1.8 rad/s.

