Correction de l'exercice 01 du TD C09

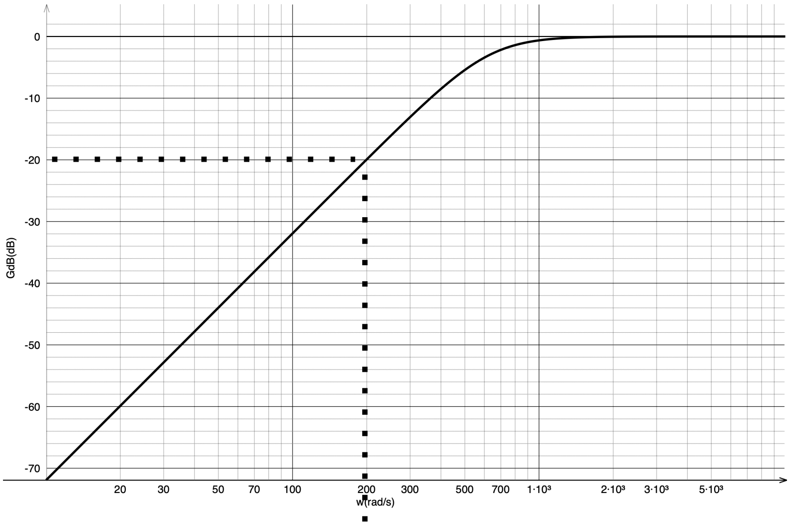
<table>
<tr><th>Réponse</th><th>Barème</th></tr>
<tr><td>

<u>Question 01 :</u>

On calcule :

$$G_{dB} = 20 \times \log \frac{U_m}{E} = 20 \times \log \frac{1,0}{10} = \mathbf{-20\ dB}$$

On cherche le point de la courbe ayant pour ordonnée $-20\ dB$ puis on détermine son abscisse :



$200\ rad/s$

La pulsation théorique du signal envoyé en entrée du système est donc $\mathbf{200\ rad/s}$

</td><td>

/ 1

/ 1

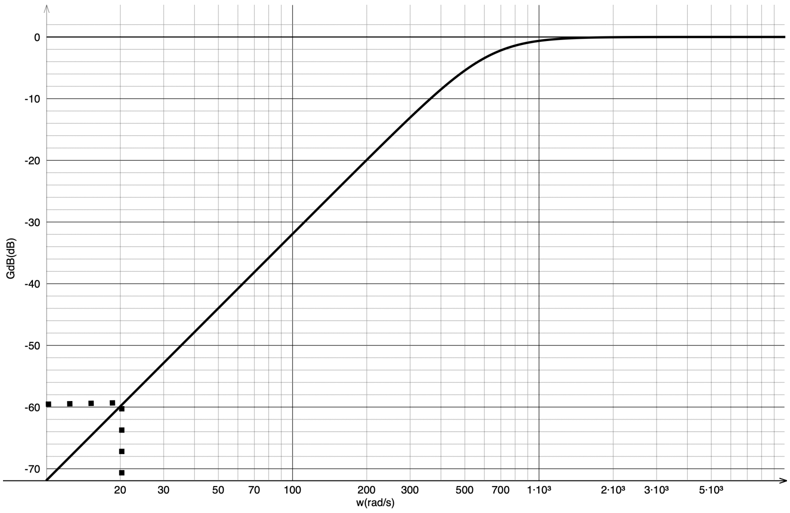
</td></tr>
<tr><td>

<u>Question 02 :</u>

On calcule :

$$G_{dB} = 20 \times \log \frac{U_m}{E} = 20 \times \log \frac{0,10}{10} = \mathbf{-40\ dB}$$

Sur le graphe théorique, pour $\omega = 20 rad/s$, le gain doit être de $\mathbf{-60\ dB}$:



Le système ne fonctionne donc pas correctement.

</td><td>

/ 1

/ 1

/ 0.5

</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>/ 4.5</td></tr>
</table>

Correction de l'exercice 02 du TD C09

❖ Étude pour une première fréquence du signal d'entrée : $\boldsymbol{f = 400\ kHz}$

1. Graphiquement, on lit :

$$G_{dB}(400\ kHz) = -38\ dB$$
$$\varphi(400\ kHz) = -0{,}49\pi$$

2. On sait que :

$$G_{dB} = 20 \times \log\left(\frac{U_m}{E}\right) \iff \frac{G_{dB}}{20} = \log\left(\frac{U_m}{E}\right) \iff \frac{U_m}{E} = 10^{\frac{G_{dB}}{20}} \iff \boldsymbol{U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}}}$$

Pour $f = 5000\ Hz$:

$$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{-38}{20}} = \mathbf{0{,}126\ V}$$

3. On en déduit l'expression numérique du signal d'entrée et du signal de sortie :

$$e(t) = 10{,}0 \times \cos(\,2 \times \pi \times 400 \times 10^3 \times t)$$
$$s(t) = 0{,}126 \times \cos(\,2 \times \pi \times 400 \times 10^3 \times t - 0{,}49\pi)$$

❖ Étude pour une deuxième fréquence du signal d'entrée : $\boldsymbol{f = 5000\ Hz}$

4. Graphiquement, on lit :

$$G_{dB}(5000\ Hz) = -3\ dB$$
$$\varphi(5000\ Hz) = -0{,}25\,\pi\ ou - \frac{\pi}{4}$$

5. Pour $f = 5000\ Hz$:

$$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{-3}{20}} = \mathbf{7{,}08\ V}$$

6. On en déduit l'expression numérique du signal d'entrée et du signal de sortie :

$$e(t) = 10{,}0 \times \cos(\,2 \times \pi \times 5000 \times t)$$
$$s(t) = 7{,}08 \times \cos(\,2 \times \pi \times 5000 \times t - \frac{\pi}{4})$$

❖ Étude pour une troisième fréquence du signal d'entrée : $\boldsymbol{f = 300\ Hz}$

7. Graphiquement, on lit :

$$G_{dB}(300\ Hz) = 0\ dB$$
$$\varphi(300\ Hz) = 0$$

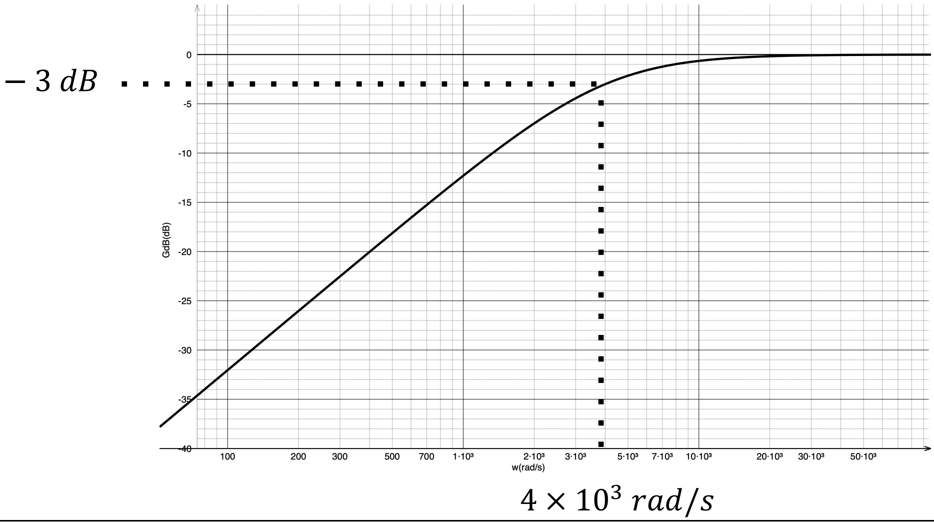
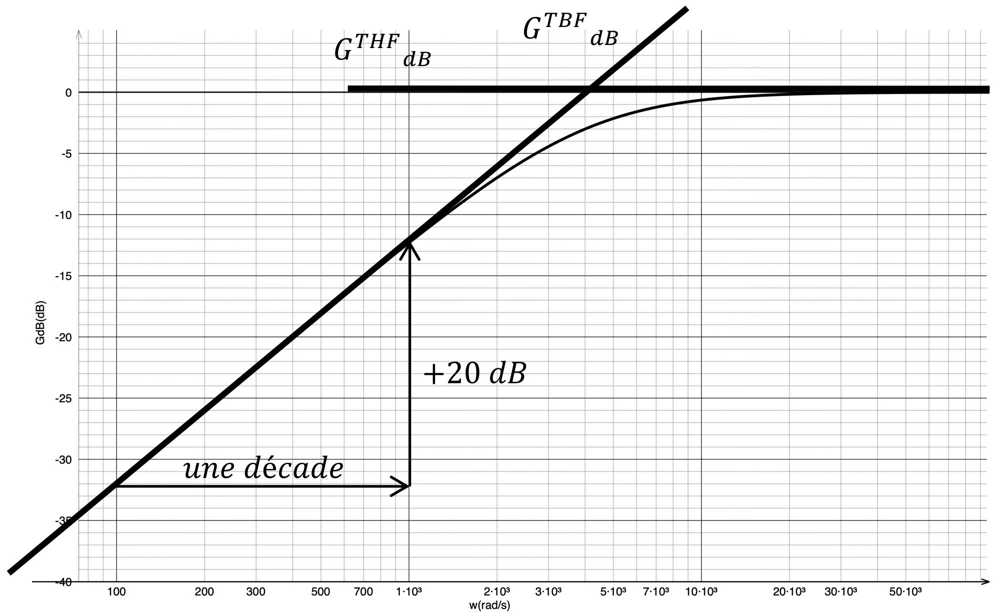
8. Pour $f = 300\ Hz$:

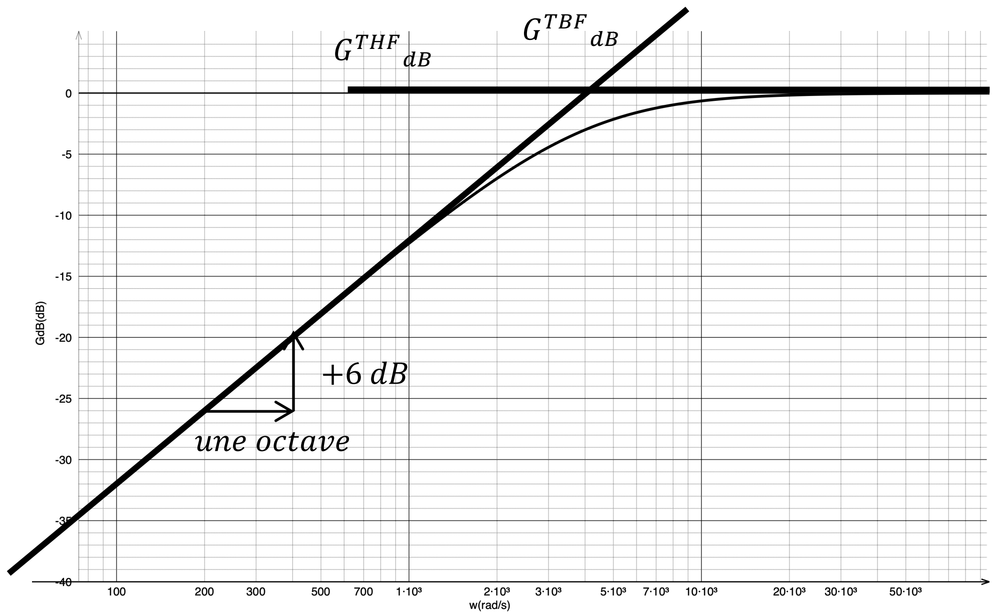
$$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{0}{20}} = \mathbf{10{,}0\ V}$$

9. On en déduit l'expression numérique du signal d'entrée et du signal de sortie :

$$e(t) = 10{,}0 \times \cos(\,2 \times \pi \times 300 \times t)$$
$$s(t) = 10{,}0 \times \cos(\,2 \times \pi \times 300 \times t)$$

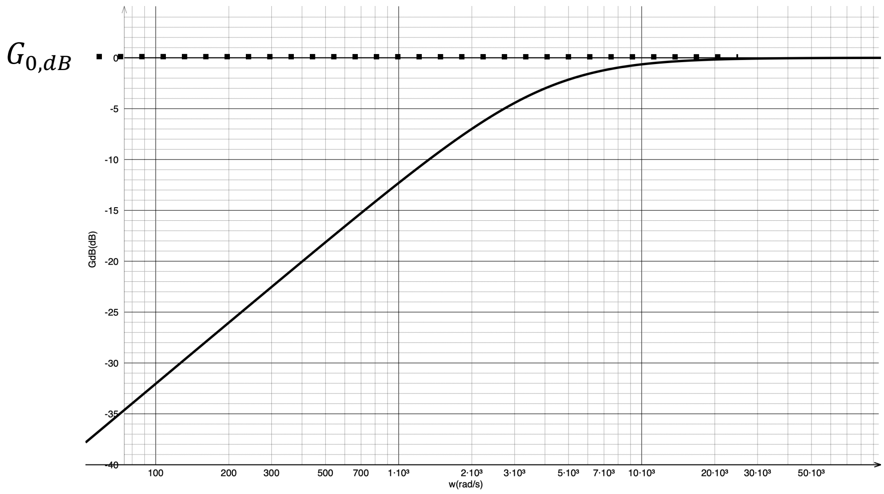
Auto-évaluation de l'exercice 04 du TD C09

Réponse	Barème
<u>Question 01 :</u> Pour les basses pulsations, le système est **atténuateur** car le gain est négatif : $\boldsymbol{G_{dB} < 0}$ Pour les hautes pulsations , le système est **passeur** car le gain est nul: $\boldsymbol{G_{dB} = 0\ dB}$ A basses fréquences, le système est atténuateur et à hautes fréquences, le système est passeur. Le système est donc **un filtre passe-haut.**	/ 1 / 1 / 1
<u>Question 02 :</u> On calcule $G_{max,dB} - 3 = -3\ dB$. Le point de la courbe ayant pour ordonnée $-3\ dB$ a pour abscisse $\boldsymbol{\omega_C = 4 \times 10^3\ rad/s}$. 	/ 1 / 1 (pour la construction graphique)
<u>Question 03 :</u> La bande passante est $[\boldsymbol{4 \times 10^3}\ , +\infty[$ **.** **La largeur de bande passante n'est donc pas définie.**	/ 1 / 1
<u>Questions 04 et 05 :</u> 	/ 2 (pour la construction graphique)

A hautes fréquences, la pente de l'asymptote nommée $G^{THF}{}_{dB}$ est de $\mathbf{0\ dB/décade.}$ A basses fréquences, on la détermine graphiquement : Lorsque la pulsation passe de $100\ rad/s$ à $1000\ rad/s$ (donc multipliée par 10, d'où le terme « décade »), le gain passe de $-34\ dB$ à $-14\ dB$. Le gain gagne donc $+20\ dB$ en une décade. La pente de cette asymptote est donc de $\mathbf{+20\ dB/décade}$	/ 1 / 1
Questions 06 :  A hautes fréquences, la pente de l'asymptote nommée $G^{THF}{}_{dB}$ est de $\mathbf{0\ dB/octave.}$ A basses fréquences, on la détermine graphiquement : Lorsque la pulsation passe de $200\ rad/s$ à $400\ rad/s$ (donc multipliée par 2, d'où le terme « octave »), le gain passe de $-26\ dB$ à $-20\ dB$. Le gain gagne donc $+6\ dB$ en une octave. La pente de cette asymptote est donc de $\mathbf{+6\ dB/}$**octave**	/ 1 / 1
Question 07 : Le système est un passe-haut et la pente de l'asymptote est de $+20\ dB/décade$: $$n = \frac{20}{20} = 1$$ Le système est donc un passe-haut **d'ordre 1.**	/ 1 / 1

<table>
<tr>
<td>

<u>Question 08 :</u>



On lit $G_{0,dB} = 0\ dB$. On en déduit que :

$$\boldsymbol{|T_0| = 10^{\frac{0}{20}} = 1}$$

T_0: Amplification à hautes fréquences

</td>
<td>

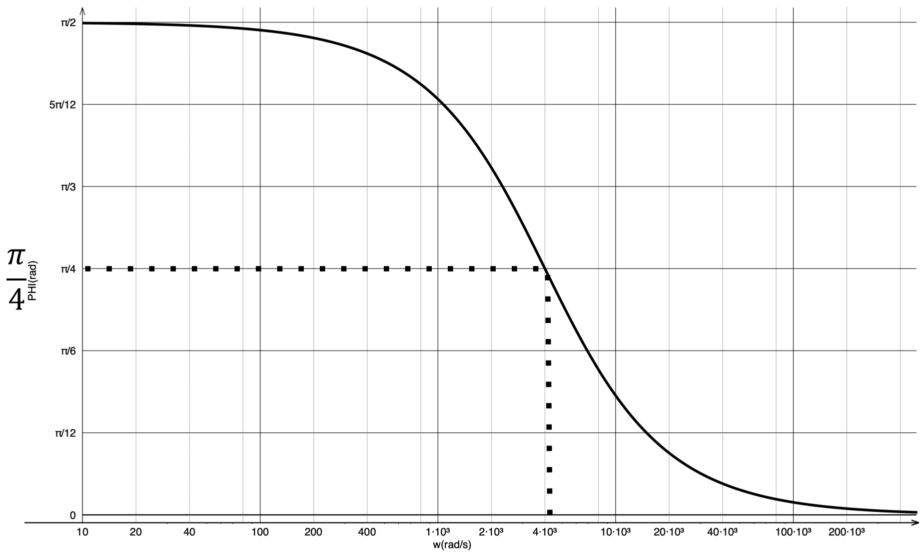
/ 1
(pour la construction graphique)

/ 1
/ 1

</td>
</tr>
<tr>
<td>

<u>Question 09 :</u>

Pour $\omega = \omega_C$, on détermine graphiquement φ :



Pour $\omega = \omega_C$, on lit $\boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\frac{\pi}{4}}$.

</td>
<td>

/ 1
(pour la construction graphique)

/ 0,5

</td>
</tr>
<tr>
<td>

<u>Question 10 :</u>

Le signal de sortie est en **avance** par rapport au signal d'entrée car φ est **positif**

</td>
<td>

/ 1

</td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL</td>
<td>/ 20,5</td>
</tr>
</table>

Auto-évaluation de l’exercice 5 du TD C09

<table>
<tr><th>Réponse</th><th>Barème</th></tr>
<tr><td>

<u>Question 01 :</u>

Pour des fréquences $f \ll f_C$, le système est-il **passeur** car le gain est nul : $\boldsymbol{G_{dB} = 0\ dB}$

Pour des fréquences $f \gg f_C$, le système est-il **atténuateur** car le gain est négatif: $\boldsymbol{G_{dB} < 0}$

A basses fréquences, le système est passeur et à hautes fréquences, le système est atténuateur. Le système est donc **un filtre passe-bas.**

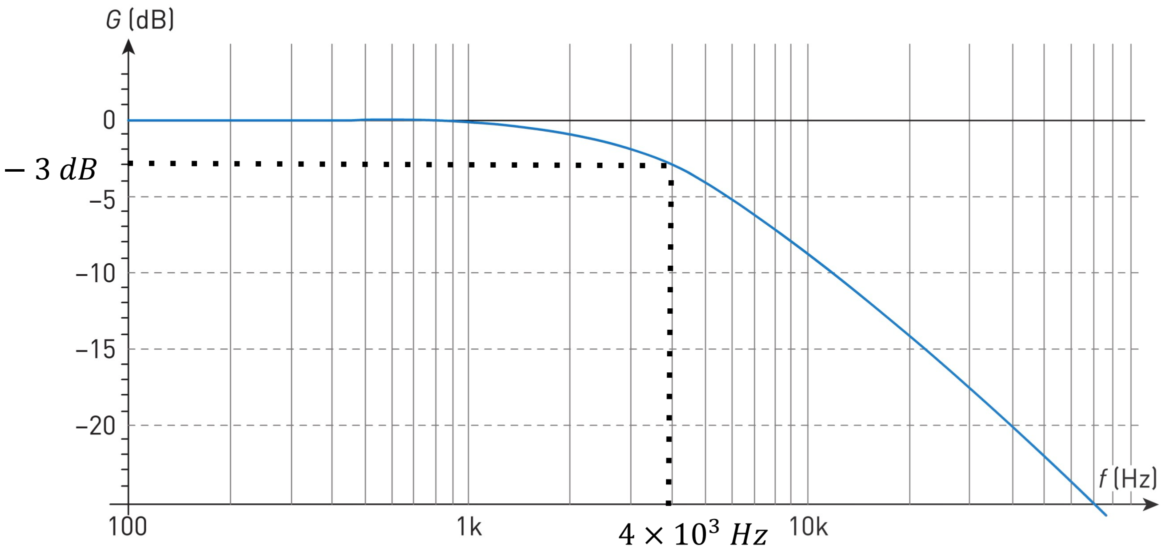
On retrouve bien la nature de notre réponse à la question 4.

</td><td>/ 1

/ 1

/ 1</td></tr>
<tr><td>

<u>Question 02 :</u>



On retrouve graphiquement que $f_C = 4000\ Hz$.

</td><td>/ 1</td></tr>
<tr><td>

<u>Question 03 :</u>

Calcul de la capacité :

$$C = \frac{1}{2\pi R f_C} = \frac{1}{2\pi \times 12{,}0 \times 10^3 \times 4000} = 3{,}32 \times 10^{-9}\ F = \boldsymbol{3{,}32\ nF}$$

</td><td>/ 1,5</td></tr>
<tr><td>

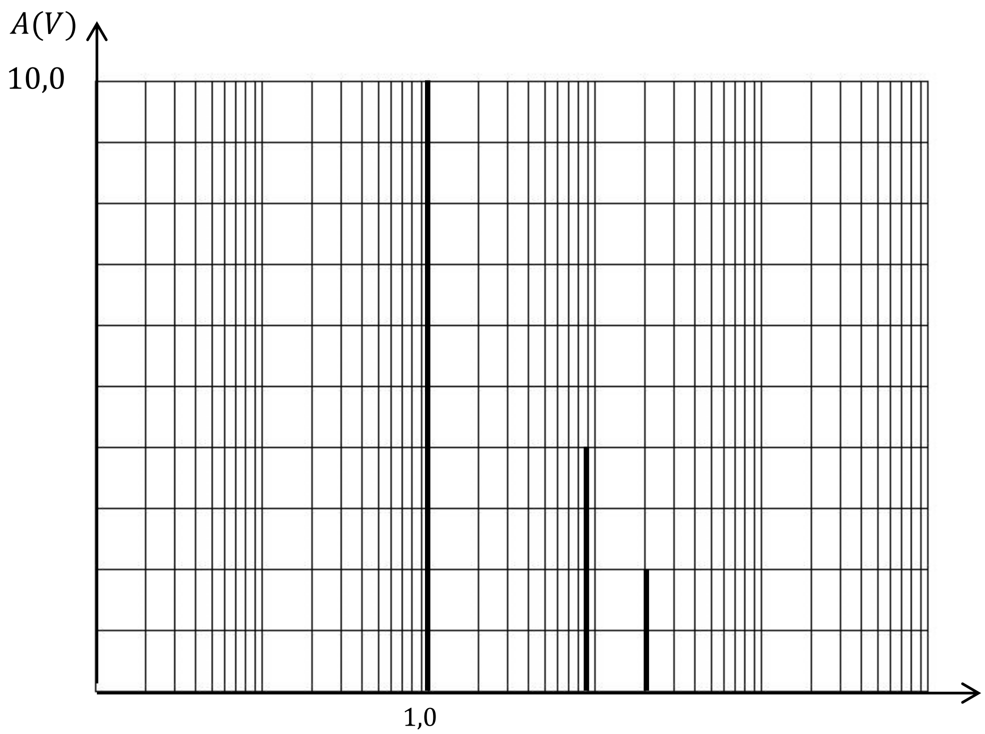
<u>Question 04 :</u>

Pour $f_1 = 1\ kHz$, on lit $G_{dB} = 0\ dB$.

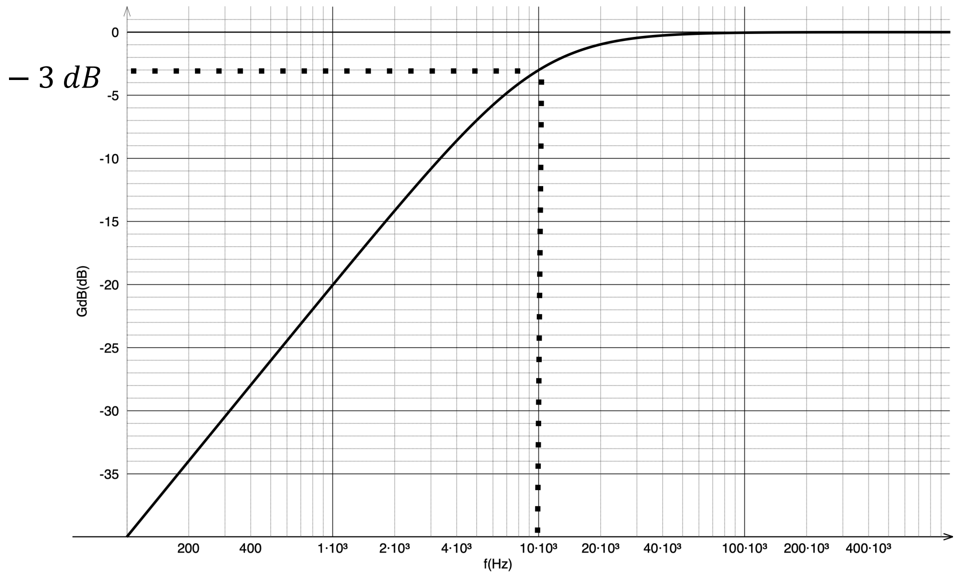
Pour $f_2 = 9\ kHz$, on lit $G_{dB} = -\ 8\ dB$.

Pour $f_3 = 20\ kHz$, on lit $G_{dB} = -\ 14\ dB$.

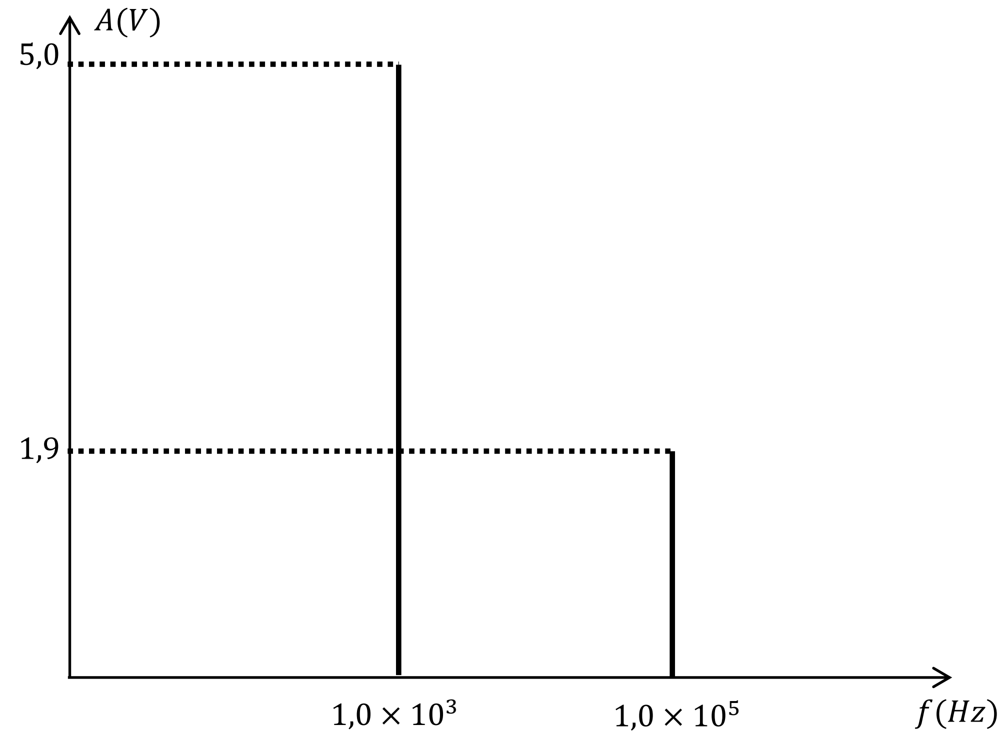
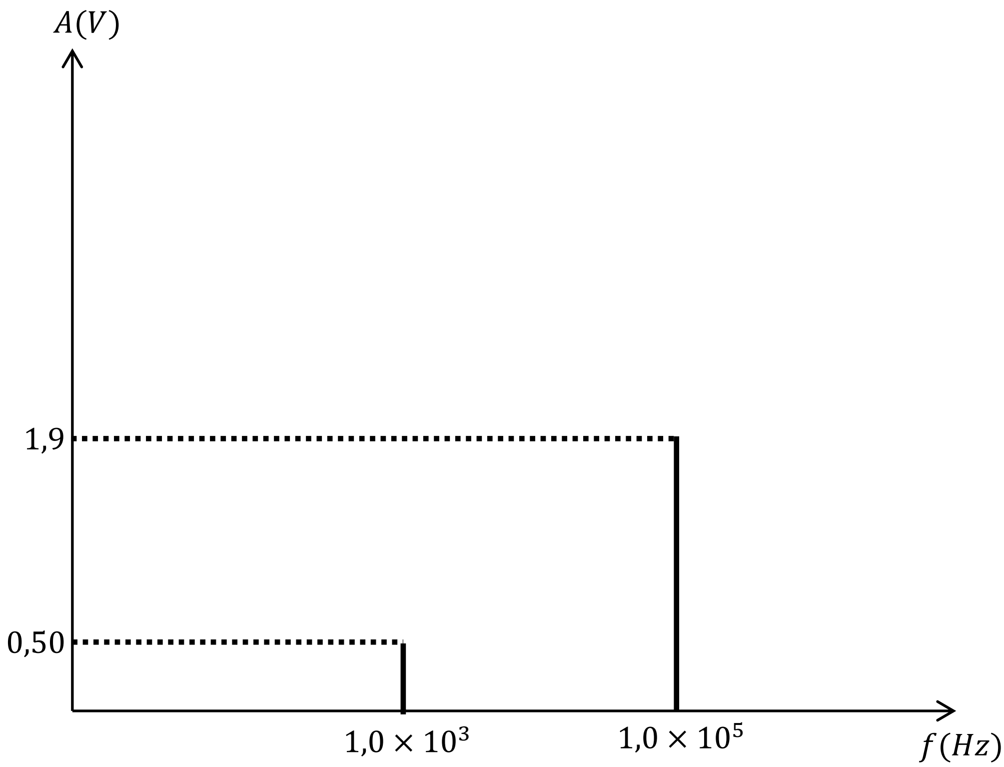
</td><td>/ 1,5</td></tr>
</table>

Question 05 : On sait que : $$G_{dB} = 20 \times log\frac{U_m}{E} \quad \Leftrightarrow \frac{G_{dB}}{20} = log\frac{U_m}{E} \quad \Leftrightarrow \frac{U_m}{E} = 10^{\frac{G_{dB}}{20}} \Leftrightarrow \boldsymbol{U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}}}$$	/ 1
Pour $f_1 = 1\ kHz$: $$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{0}{20}} = \mathbf{10{,}0\ V}$$	/ 1,5
Pour $f_2 = 9\ kHz$: $$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{-8}{20}} = \mathbf{3{,}98\ V}$$	/ 1,5
Pour $f_3 = 20\ kHz$: $$U_m = E \times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 10{,}0 \times 10^{\frac{-14}{20}} = \mathbf{2{,}00\ V}$$	/ 1,5
Question 06 :  Ce filtre passe-bas est un **filtre de lissage** : il permet d'atténuer les composantes du spectre issues de l'échantillonnage du signal	/ 3
TOTAL	/ 15,5

Auto-évaluation de l'exercice 06 du TD C09

Réponse	Barème
Question 1 : Pour des fréquences $f \ll f_C$, le système est **atténuateur** car le gain est négatif: $\boldsymbol{G_{dB} < 0}$ Pour des fréquences $f \gg f_C$, le système est **passeur** car le gain est nul : $\boldsymbol{G_{dB} = 0\ dB}$ A basses fréquences, le système est atténuateur et à hautes fréquences, le système est passeur. Le système est donc **un filtre passe-haut.**	/ 1 / 1 / 1
Question 2 :  On détermine graphiquement $f_C = 10 \times 10^3\ Hz$.	/ 1 / 1
Question 3 : A basses pulsations, on lit $\varphi_{BF} = \frac{\pi}{2}$ A hautes pulsations, on lit $\varphi_{HF} = 0$ On obtient alors : $$\Delta\varphi = \lvert\varphi_{HF} - \varphi_{BF}\rvert = \left\lvert 0 - \frac{\pi}{2} \right\rvert = \boldsymbol{\frac{\pi}{2}}$$ **Le système est d'ordre 1 car $\boldsymbol{\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}}$.** *Autre méthode possible :* Le système est un passe-haut et la pente de l'asymptote est de $+20\ dB/décade$: $$n = \frac{20}{20} = 1$$ Le système est donc un passe-haut **d'ordre 1.**	/ 2

<u>*Question 4 :*</u> $$e_1 = E\cos(\omega t)$$ On détermine graphiquement : $$E = 1{,}9\ V$$ $$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10\times 10^{-6}} = 1{,}0\times 10^5\ Hz\ \ donc\ \omega = 2\pi f = 2{,}0\times 10^5\pi\ rad/s$$ On en déduit : $$e_1 = 1{,}9\cos(2{,}0\times 10^5\pi t)$$	/ 0,5 / 1 / 0,5
<u>*Question 5 :*</u> Sur le diagramme de Bode, pour $f = 1{,}0\times 10^5\ Hz$, on lit : $$G_{dB} = 0\ dB\ et\ \varphi \approx 0{,}03\pi$$ On sait que : $$G_{dB} = 20\times log\frac{U_m}{E} \Leftrightarrow \frac{G_{dB}}{20} = log\frac{U_m}{E} \Leftrightarrow \frac{U_m}{E} = 10^{\frac{G_{dB}}{20}} \Leftrightarrow \boldsymbol{U_m = E\times 10^{\frac{G_{dB}}{20}}}$$ Donc, ici : $$U_m = E\times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 1{,}9\times 10^{\frac{0}{20}} = \mathbf{1{,}9\ V}$$ On en conclut que : $$s_1(t) = U_m\cos(\omega t+\varphi) = 1{,}9\cos(2{,}0\times 10^5\pi t + 0{,}03\pi)$$	/ 1 / 2 / 1
<u>*Question 6 :*</u> $$e_2 = E\cos(\omega t)$$ On détermine graphiquement : $$E = 5{,}0\ V$$ $$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}0\times 10^{-3}} = 1{,}0\times 10^3\ Hz\ \ donc\ \omega = 2\pi f = 1{,}0\times 10^3\pi\ rad/s$$ On en déduit : $$e_2 = 5{,}0\cos(1{,}0\times 10^3\pi t)$$	/ 0,5 / 1 / 0,5
<u>*Question 7 :*</u> Sur le diagramme de Bode, pour $f = 1{,}0\times 10^3\ Hz$, on lit : $$G_{dB} = -20\ dB\ et\ \varphi \approx 0{,}47\pi$$ Donc, ici : $$U_m = E\times 10^{\frac{G_{dB}}{20}} = 5{,}0\times 10^{\frac{-20}{20}} = \mathbf{0{,}50\ V}$$ On en conclut que : $$s_2(t) = U_m\cos(\omega t+\varphi) = 0{,}50\cos(1{,}0\times 10^3\pi t + 0{,}47\pi)$$	/ 1 / 2 / 1

Question 8 : Allure du spectre de $e(t)$:  	/ 2
Question 9 : Allure du spectre de $s(t)$:  	/ 2
TOTAL	/ 23

Correction de l'exercice 08 du TD C09

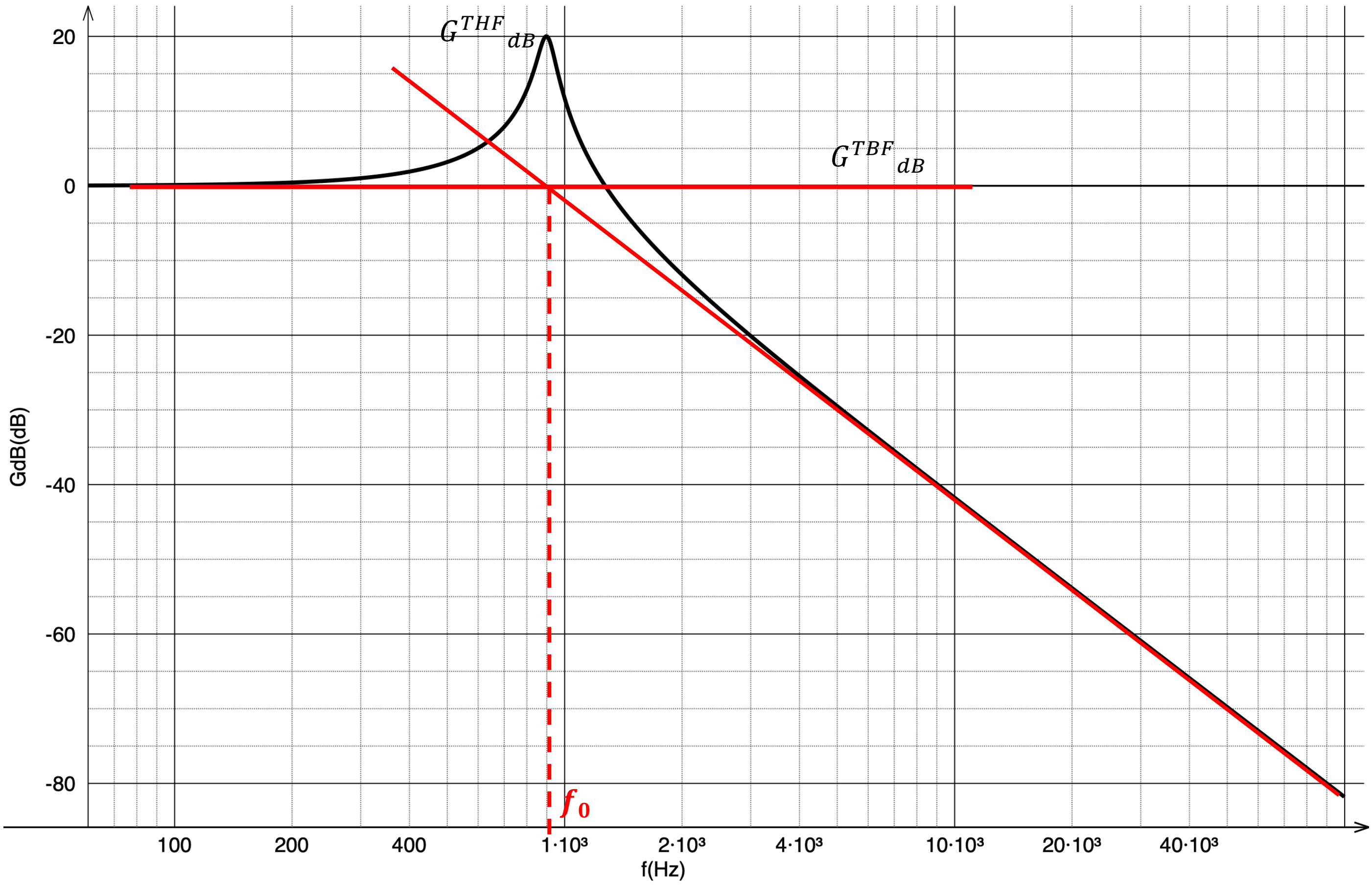
1. On observe un phénomène de **résonance** en amplitude donc $Q > 0{,}707$: la seule proposition correspondant à cette condition est $\boldsymbol{Q = 10{,}0}$.

2. On détermine graphiquement $\boldsymbol{G_{0,dB} = 0\ dB}$. On en déduit :

$$T_0 = 10^{\frac{G_{0,dB}}{20}} = 10^{\frac{0}{20}} = \mathbf{1}$$

T_0 est l'amplification statique.

3. La fréquence propre correspond à l'abscisse du point intersection des deux asymptotes :

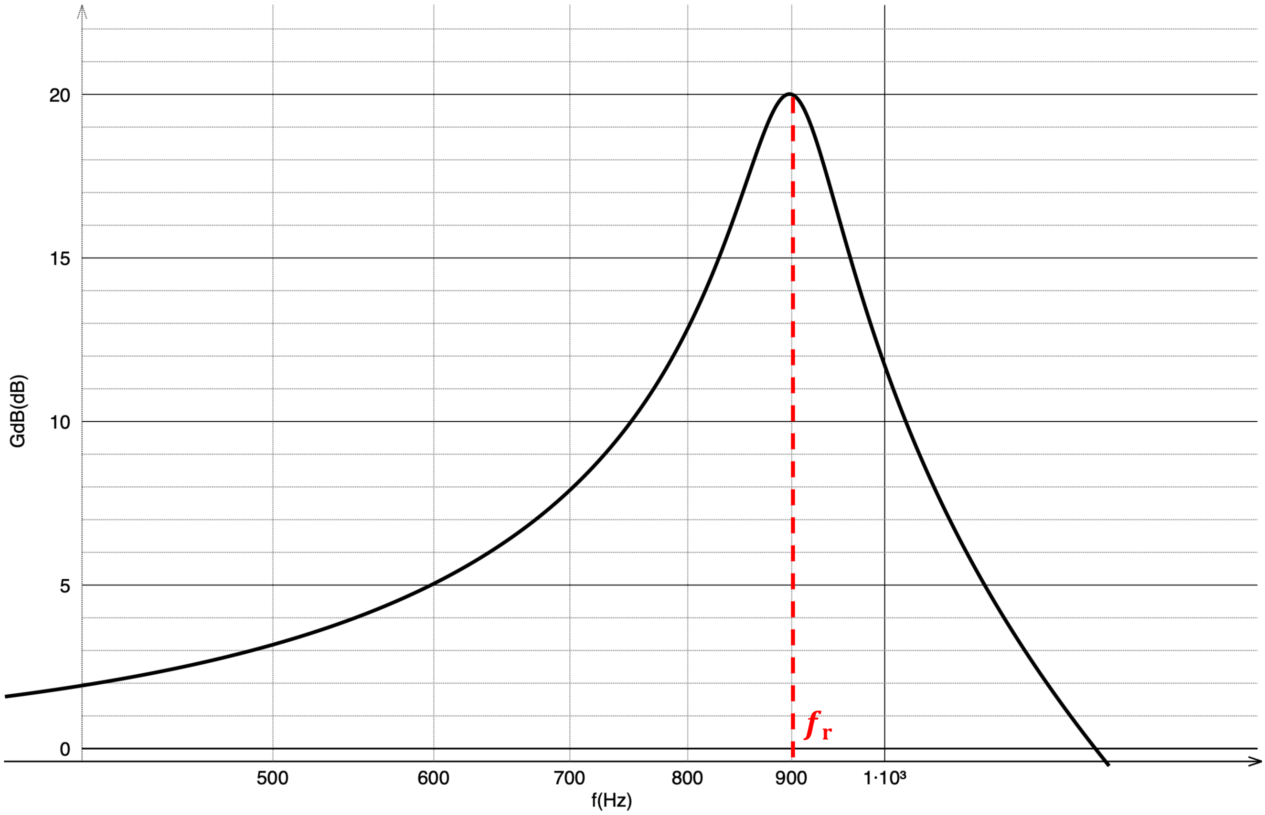


$$\boldsymbol{f_0 = 900\ Hz}$$

4. Valeur de la fréquence de résonance :

$$f_r = f_0\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} = 900\sqrt{1 - \frac{1}{2 \times 10{,}0^2}} = \mathbf{898\ Hz}$$

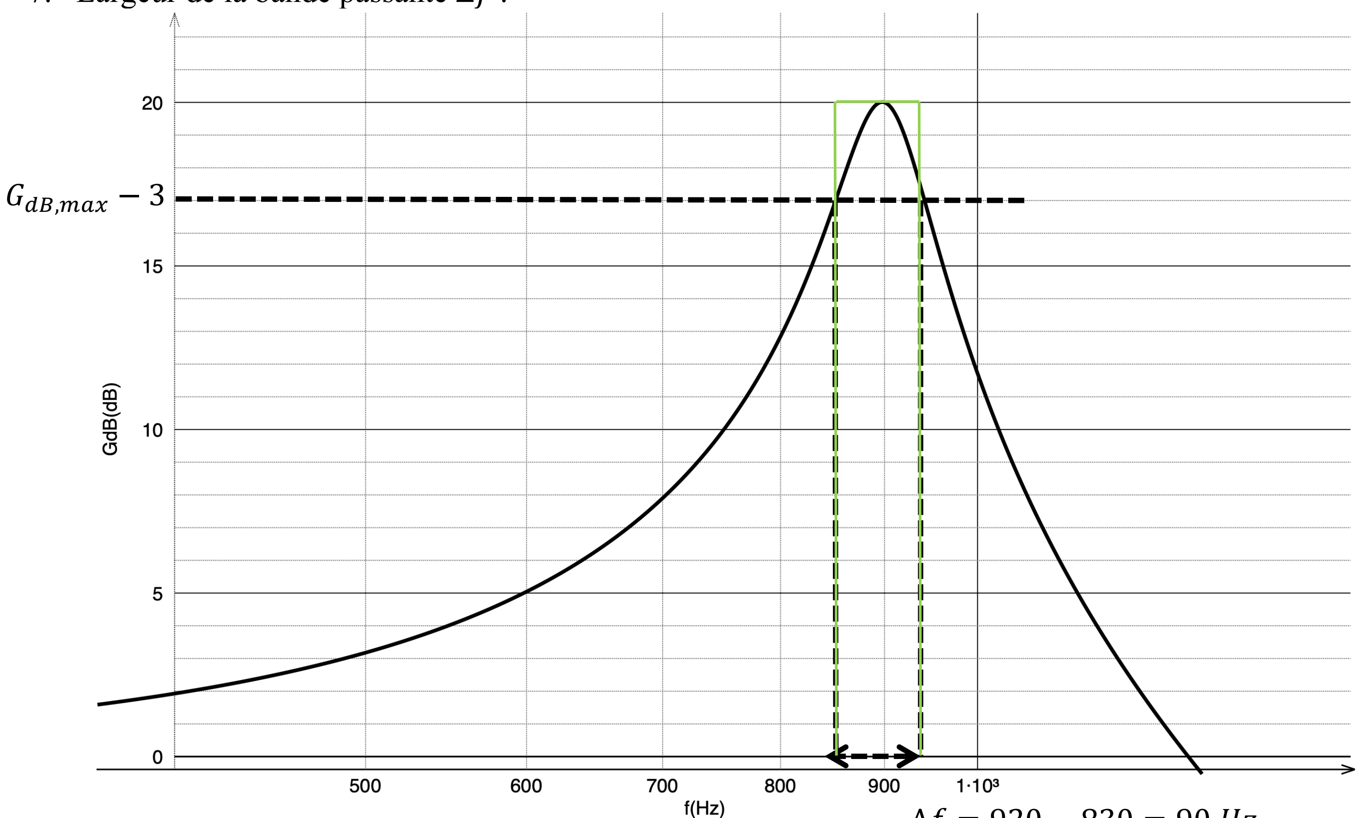
5. Valeur de la fréquence de résonance :



$$f_r = 900\ Hz$$

6. La valeur 898 Hz est compatible avec la valeur 900 Hz : l'écart provient de l'incertitude de lecture de l'abscisse du sommet sur le graphe.

7. Largeur de la bande passante Δf :



$\Delta f = 920 - 830 = 90\ Hz$

8. La nature du filtrage réalisé par le système est passe-bande (alors que c'est un passe-bas).

9. On peut utiliser la formule permettant de calculer Q pour un filtre passe-bande :

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$
$$Q = \frac{900}{90} = 10$$

10. Les deux valeurs du facteur de qualité sont compatibles.