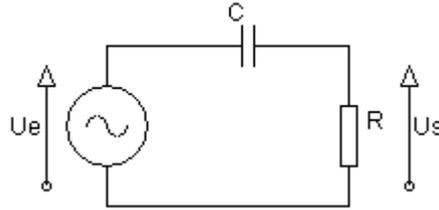


Exercices sur les filtres passifs

Exercice 1

Soit le filtre RC suivant :



1. Exprimer la fonction de transfert ($G = U_s / U_e$) en fonction de R et C .
2. Quel est le type de ce filtre et quel son ordre ?
3. Exprimer la fréquence de coupure f_c en fonction de R et C .
4. Calculer la valeur du condensateur ainsi que la valeur de la tension de sortie du filtre pour $f_c = 627$ kHz, $R = 6,8$ k Ω et $U_e = 2$ V

Exercice 2

Donner le schéma d'un filtre RL passe-haut 1^{er} ordre.

Exprimer sa fonction de transfert $G =$ tension d'entrée / tension de sortie.

La résistance R est de 10 k Ω et la fréquence de coupure f_c est de 3,5 KHz.

Une tension de 1,6 V est mesurée à la sortie du filtre lorsqu'un signal de K MHz est appliqué à l'entrée.

Calculer la valeur de la bobine ainsi que la valeur de la tension à l'entrée du filtre,

Dessiner les diagrammes de Bode de la phase et de l'amplitude.

Exercice 3

Donner le schéma d'un filtre RL passe-bas 1^{er} ordre

Exprimer sa fonction de transfert $G =$ tension d'entrée / tension de sortie.

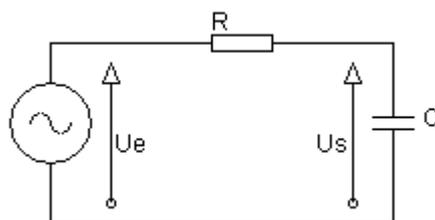
La résistance R est de 820 Ω et la fréquence de coupure f_c est de 10 kHz.

Une tension de 1,91 V est mesurée à la sortie du filtre lorsqu'un signal de 1 kHz est appliqué à l'entrée.

Calculer la valeur de la bobine ainsi que la valeur de la tension à l'entrée du filtre.

Exercice 4

Soit le circuit suivant :

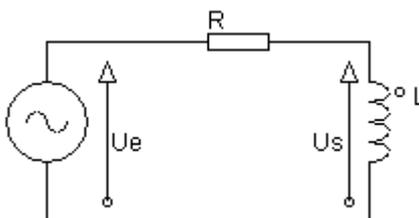


$$U_e = 10V \quad R = 1k \quad C = 20nF$$

- Quelle est la fréquence de coupure du circuit?
- Que valent U_s , A_v (dB) et le déphasage φ à la fréquence de coupure?
- Que valent U_s , A_v (dB) et φ à $f_c/10$, $f_c/2$, $2 \times f_c$ et $10 \times f_c$?
- Tracez les diagrammes de Bode de ce circuit.

Exercice 5

Soit le circuit suivant :

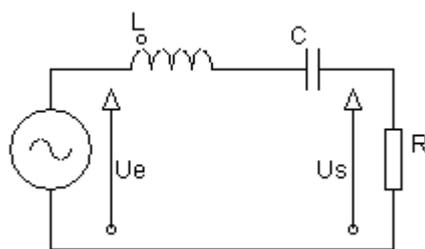


$$U_e = 10V \quad R = 10k \quad L = 100mH$$

- Calculer l'impédance totale (Z_T) vue par la source alternative si elle génère un sinus ayant une fréquence de 100kHz?
- Quelle est la fréquence de coupure du circuit ?
- Que valent U_s , A_v (dB) et le déphasage φ à la fréquence de coupure?
- Si on branche en parallèle avec L une charge de $4k\Omega$,
 - quelle sera la tension U_s maximale possible et la nouvelle fréquence de coupure?
 - Que valent U_s , A_v (dB) et le déphasage φ à la fréquence de coupure?

Exercice 6

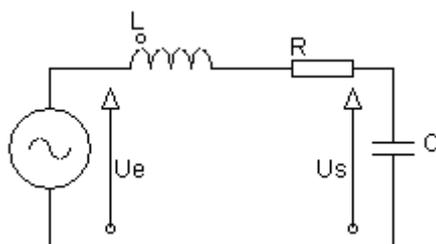
Soit le circuit suivant :



$$U_e = 10V \quad R = 500\Omega \quad L = 100mH \quad C = 1nF$$

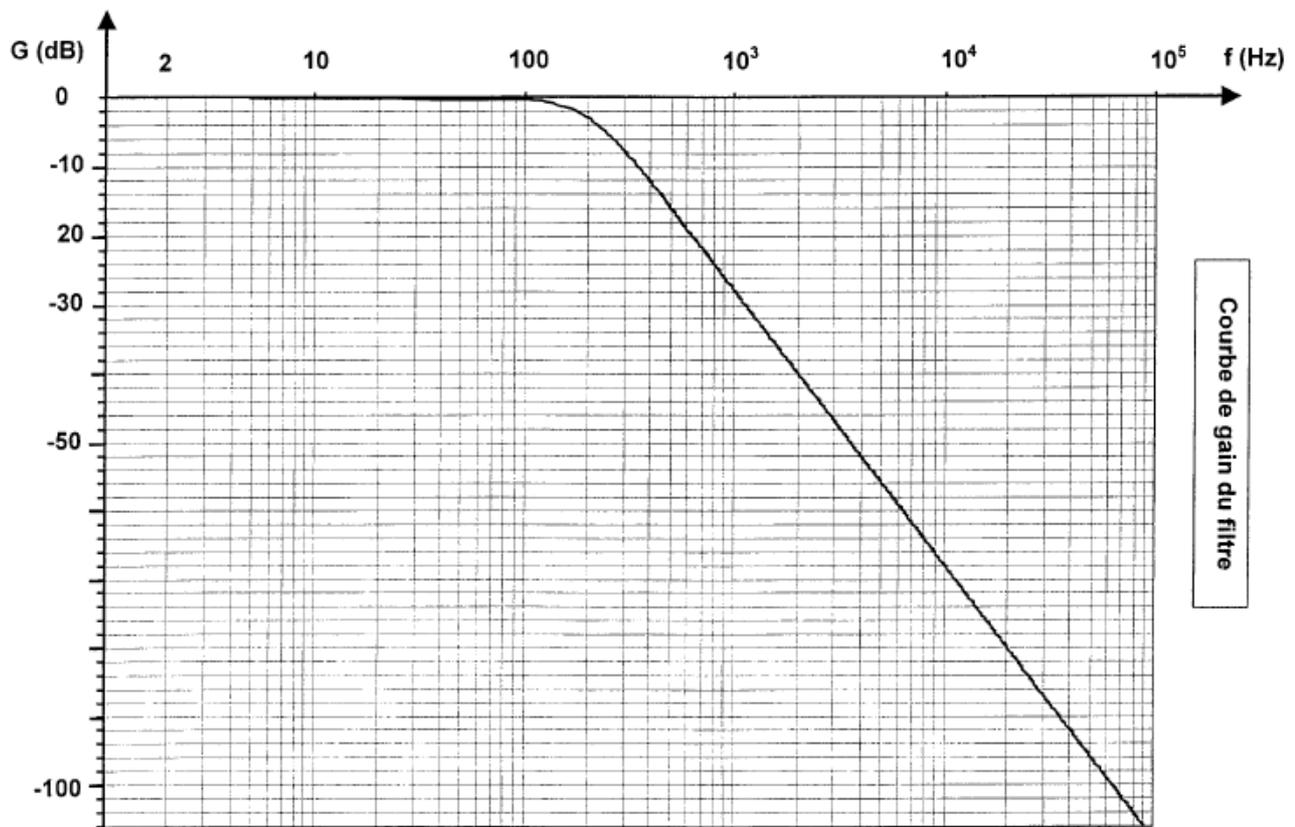
1. Quelle est la fréquence de résonance de ce circuit?
2. Que valent X_L et X_C à la fréquence de résonance (f_r)?
3. Quel est le facteur de qualité du réseau (Q_s)?
4. Quelle est la bande passante de ce réseau (BW)?
5. Que valent f_1 et f_2 ?
6. Que vaut U_s à f_1 , f_2 et f_r ?
7. Quel est le courant I dans le circuit à la fréquence de résonance ?
8. Quelles sont les tensions U_R , U_L et U_C à la résonance ?

Exercice 7

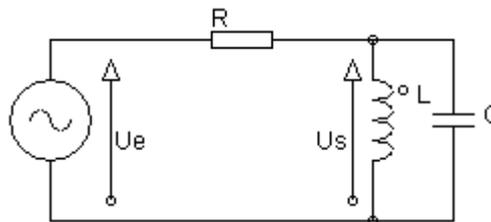


La courbe de gain $G_{dB} = 20 \log G$ ($G = U_s/U_e$) en fonction de la fréquence est donnée ci-dessous.

1. Déterminer graphiquement la fréquence de coupure à -3dB du filtre.
2. Déterminer les valeurs du gain dans le cas où $f < 10Hz$ et dans le cas où $f = 20kHz$. En déduire les valeurs de G correspondantes.
3. Calculer l'amplitude de la tension de sortie si la tension d'entrée a pour amplitude 24,8V et pour fréquence $f = 20kHz$.
4. Si la tension d'entrée est une tension continue v , quelle est alors la tension de sortie.



Exercice 8

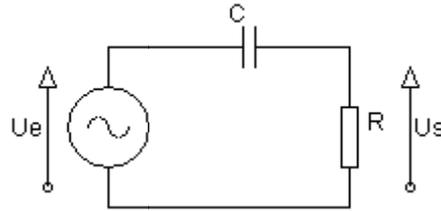


$U_e = 10V$ $R = 1k$ $C = 100nF$ $L = 1mH$

- a) Quelle est la valeur de f_r ?
- b) Quelle est la valeur de Q_p ?
- c) Quelle est la valeur de BW ?
- d) Quelle est la valeur de f_1 et f_2 ?
- e) Quelle est la valeur de U_s à la résonance ?
- f) Quels sont les courants I_R , I_L et I_C à la résonance.

Exercices sur les filtres passifs : corrigés

Exercice 1



$$1. \quad G = \frac{U_s}{U_e} = \frac{R}{R + 1/jC\omega} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} = \frac{j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$$

$$\omega_0 = 1/RC$$

2. D'après la fonction de transfert on a un filtre passe haut du 1^{er} ordre.

$$3. \quad \omega_0 = 1/RC = 2\pi f_c \quad \Rightarrow \quad f_c = 1/2\pi RC$$

$$4. \quad C = 1/2\pi R f_c = 1/2\pi (627 \cdot 10^3 \times 6,8 \cdot 10^3) = 3737 \text{ pF}$$

$$\text{Pour } f_c, |G| = 1/\sqrt{2} = U_s/U_e \quad \Rightarrow \quad U_s = U_e/\sqrt{2} = 1,4 \text{ V}$$

Exercice 2

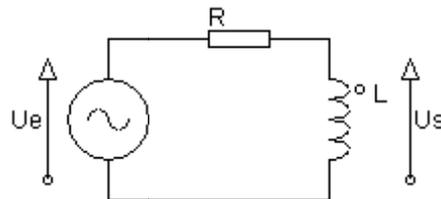


Schéma d'un filtre RL passe-haut premier ordre

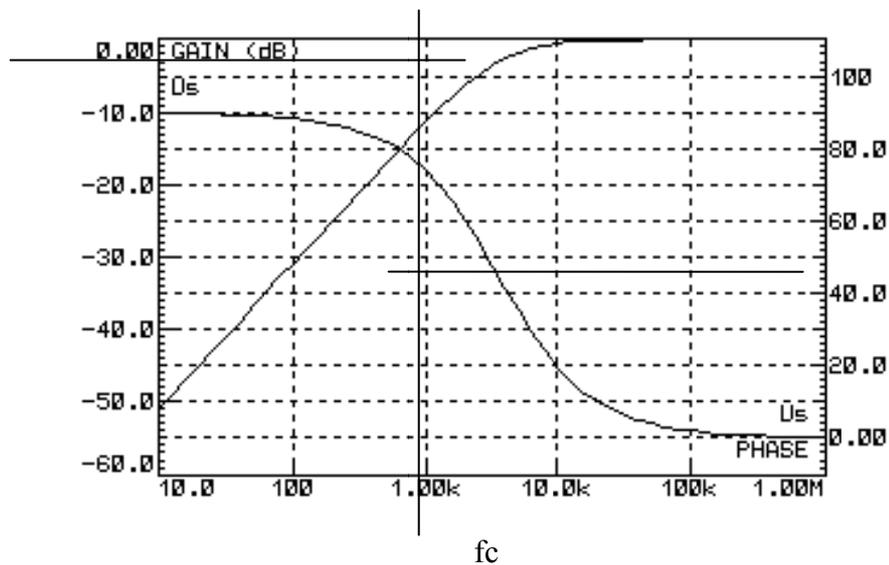
$$G = \frac{jL\omega}{R + jL\omega} = \frac{j\omega L/R}{1 + j\omega L/R} = \frac{j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$$

$$\omega_0 = R/L$$

G est une fonction de transfert d'un filtre RL passe-haut 1^{er} ordre

$$\omega_0 = R/L = 2\pi f_c \quad \Rightarrow \quad L = R/2\pi f_c = 10^4/2\pi \times 3,5 \cdot 10^3 = 455 \text{ mH}$$

$$|G| = U_s/U_e = (f/f_c)/(1 + (f/f_c)^2)^{1/2} = 2/(1 + 4)^{1/2} = 2/\sqrt{5} \quad \Rightarrow \quad U_e = U_s \times \sqrt{5}/2 = 1,79 \text{ V}$$



Diagrammes de Bode de la phase et de l'amplitude.

On voit qu'à la fréquence de coupure : GAIN (dB) = -3dB et la phase = 45°

Exercice 3

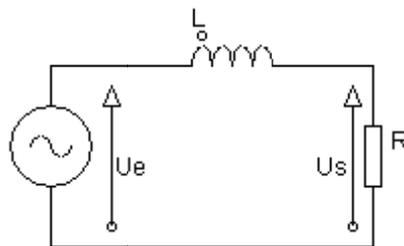


Schéma d'un filtre RL passe-bas 1^{er} ordre

$$G = \frac{U_s}{U_e} = \frac{R}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + j\omega L/R} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_0}$$

$$\omega_0 = R/L$$

G est bien une fonction de transfert d'un filtre passe-haut 1^{er} ordre

$$\omega_0 = R/L = 2\pi f_c \quad \Rightarrow \quad L = R/2\pi f_c = 820/2\pi \times 10^5 = 1,3 \text{ mH}$$

$$|G| = U_s/U_e = 1/(1 + (f/f_c)^2)^{1/2} = 1/(1 + 0,1)^{1/2} = 1/\sqrt{1,1} \quad \Rightarrow \quad U_e = U_s \times \sqrt{1,1} = 2V$$

Exercice 4

$$A_v = \frac{U_s}{U_e} = \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega} = \frac{1}{1 + jRC\omega} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_0}$$

$$|A_v| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^2}}$$

a) $\omega_0 = RC = 2\pi f_c \quad \Rightarrow \quad f_c = 1/2\pi RC = 7,96 \text{ kHz}$ (fréquence de coupure)

b) à la fréquence de coupure :

$$U_s / U_e = 1/\sqrt{2} \Rightarrow U_s = 7,07V$$

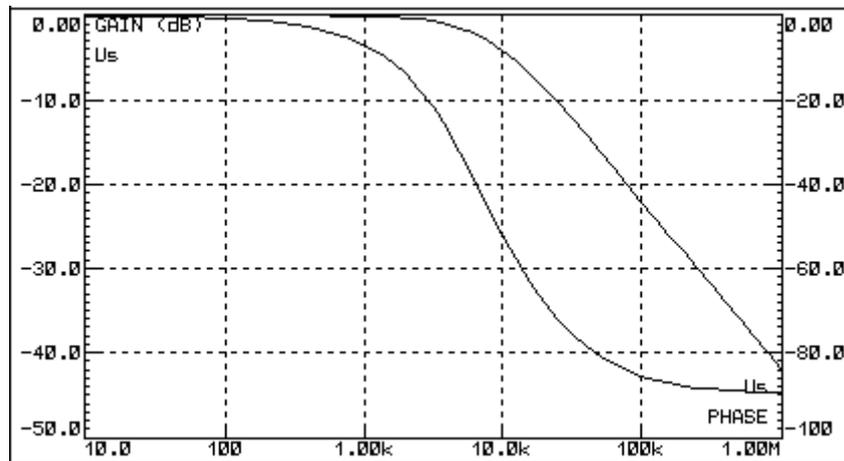
$$A_v \text{ (dB)} = 20\log|A_v| = -3\text{dB}$$

$$\varphi = -\text{Arctg } \omega/\omega_0 = -\text{Arctg}1 = -45^\circ$$

c)

	f(Hz)	Us(V)	Av(dB)	φ (degré)
fc	7957,75	7,07	- 3,01	- 45,00
fc/10	795,77	9,95	- 0,04	- 5,71
fc/2	3978,87	8,94	- 0,97	- 26,57
2fc	15915,49	4,47	- 6,99	- 63,43
10fc	79577,47	1,00	- 20,04	- 84,29

d)



Exercice 5

$$1. Z_T = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = \sqrt{10^8 + (0,1 \times 2\pi \times 10^5)^2} = 63,6k\Omega$$

$$2. \omega_0 = 2\pi f_c = R/L \text{ (voir exercice 2)} \Rightarrow f_c = R/2\pi L = 15,9kHz$$

$$3. \text{ à la fréquence de coupure : } U_s = U_e/\sqrt{2} = 7,07 V \quad A_v \text{ (dB)} = -3\text{dB} \quad \varphi = 45^\circ$$

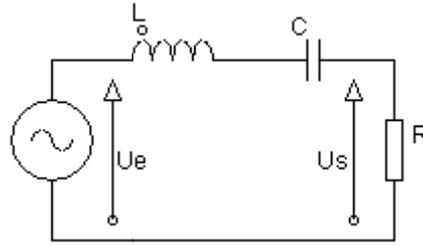
4. Il suffit d'utiliser le théorème de thévenin pour obtenir le même schéma du circuit ; mais ; on remplace U_e par $U_{th} = 10V \times 4,7/(10 + 4,7) = 3,2V$ et R par $R_{th} = 10k\Omega \times 4,7/(10 + 4,7) = 3,2k\Omega$

$$4.1 U_{smax} = U_{th} = 3,2V \quad \text{et} \quad f_c' = R_{th}/2\pi L = f_c \times 4,7/(10 + 4,7) = 5k\Omega$$

$$4.2 \text{ à la fréquence de coupure: } U_s = U_e/\sqrt{2} = 7,07 V \quad A_v \text{ (dB)} = -3\text{dB} \quad \varphi = 45^\circ$$

Exercice 6

Soit le circuit suivant :



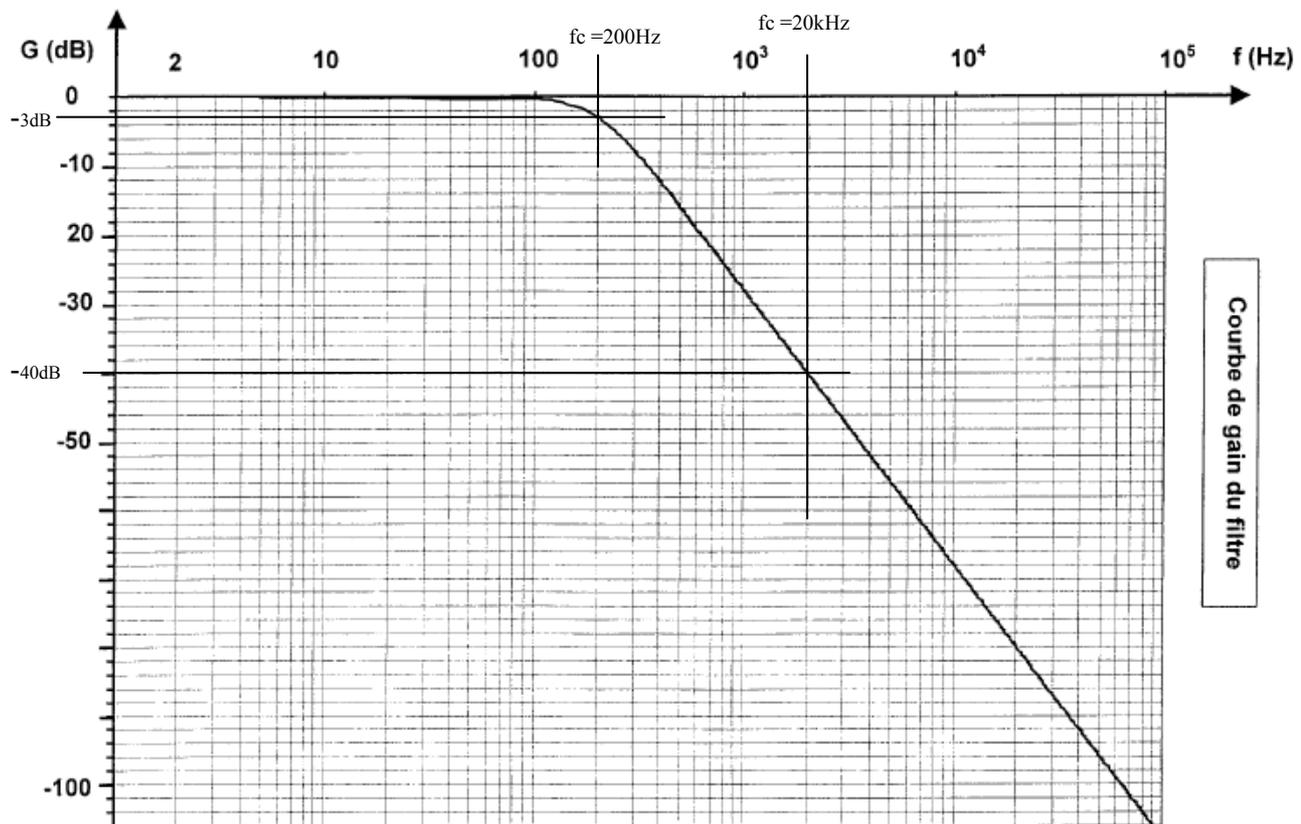
$$U_e = 10V \quad R = 500\Omega \quad L = 100mH \quad C = 1nF$$

- $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 15,9kHz$
- $X_C = X_L = 2\pi f_r L = (L/C)^{1/2} = 10k\Omega$
- $Q_s = X_L/R = 20$
- $BW = f_r/Q_s = 795 \text{ Hz}$
- $f_1 = f_r - BW/2 = 15,5kHz$ et $f_2 = f_r + BW/2 = 16,3kHz$
- à f_1 et f_2 : $U_s = U_e/\sqrt{2} = 7,07V$ et à f_r : $U_s = U_e = 10V$ ($Z = R + jX_L - jX_C = R$)
- à la fréquence de résonance : $I = U_e / R = 10V/500\Omega = 0,02A = 20mA$
- à la résonance : $U_R = IR = U_e = 10V$ $U_L = U_C = IX_L = 0,02A \times 10k\Omega = 200V$!!! c'est le phénomène de surtension.

Exercice 7

La courbe de gain $G_{dB} = 20 \log G$ ($G=U_s/U_e$) en fonction de la fréquence est donnée ci-dessous.

- Graphiquement la fréquence de coupure à -3dB du filtre est $f_c = 200Hz$.
- Pour $f < 10Hz$, $G_{dB} = 0 \Rightarrow U_s = U_e$ et $G = 1$
Pour $f = 20kHz$, $G_{dB} = -40dB = 20 \log G \Rightarrow \log G = -2 \Rightarrow G = 0,01$
- Si, pour fréquence $f = 20kHz$, $U_e = 24,8V$ et $G = U_s/U_e = 0,01 \Rightarrow U_s = 0,248V$
- Si $U_e = v$ (tension continue) \Rightarrow la fréquence $f = 0 \Rightarrow L\omega = 0$ et $1/C\omega = \infty \Rightarrow$ circuit ouvert et $U_s = U_e = v$



Exercice 8

$$a) f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\text{mH} \times 0.1\mu\text{F}}} = 15,9\text{kHz}$$

$$b) Q_p = \frac{R_L}{X_L} = \frac{1\text{k}}{2\pi \times 15,9\text{ kHz} \times 1\text{mH}} = 10$$

$$c) BW = \frac{15,9\text{kHz}}{10} = 1,59\text{kHz}$$

$$d) f_1 = f_r - \frac{BW}{2} = 15,9\text{ kHz} - \frac{1,59\text{ kHz}}{2} = 15,1\text{ kHz}$$

$$f_2 = f_r + \frac{BW}{2} = 15,9\text{ kHz} + \frac{1,59\text{ kHz}}{2} = 16,7\text{ kHz}$$

e) A la résonance $U_s = U_e$, c'est-à-dire que le courant qui circule dans la résistance R est nul ($I_R = 0$).

$$\omega r = 2\pi \times f_r = 1/(LC)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad L\omega r = 1/C\omega r = (L/C)^{1/2}$$

$$I_C = I_L = U_s/L\omega r = U_s/(L/C)^{1/2} = 10\text{V}/(10^{-3}\text{H} \times 0,1 \cdot 10^{-6}\text{F})^{1/2} = 10^6\text{A} !!!$$

C'est le phénomène de surintensité.