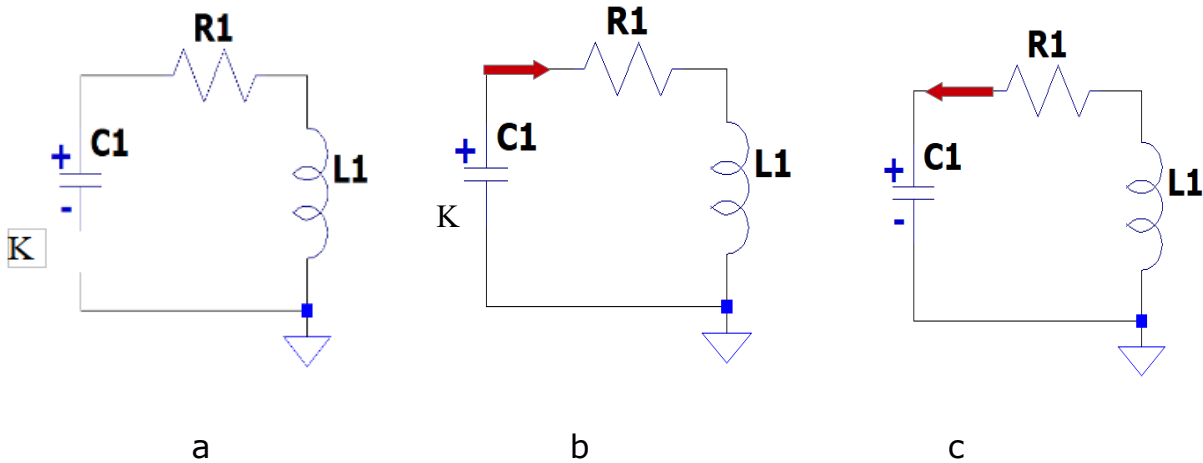


# Résistances – Bobines – Condensateurs en régime sinusoïdal Série - Parallèle Ce qu'il faut savoir.

## 1°) Circuit RLC en régime libre.

RLC : il comporte une résistance  $R$ , une bobine d'inductance  $L$  et un condensateur de capacité  $C$  en série.

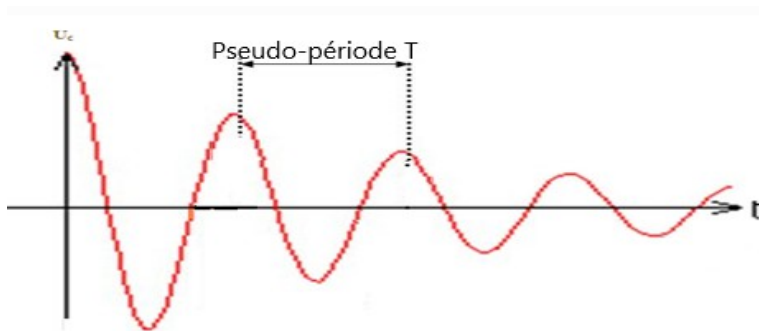
Le condensateur est préalablement chargé.



a : fermons l'interrupteur  $k$

b : le condensateur se décharge au travers la résistance et la bobine et charge le condensateur dans l'autre sens

c : le cycle recommence....

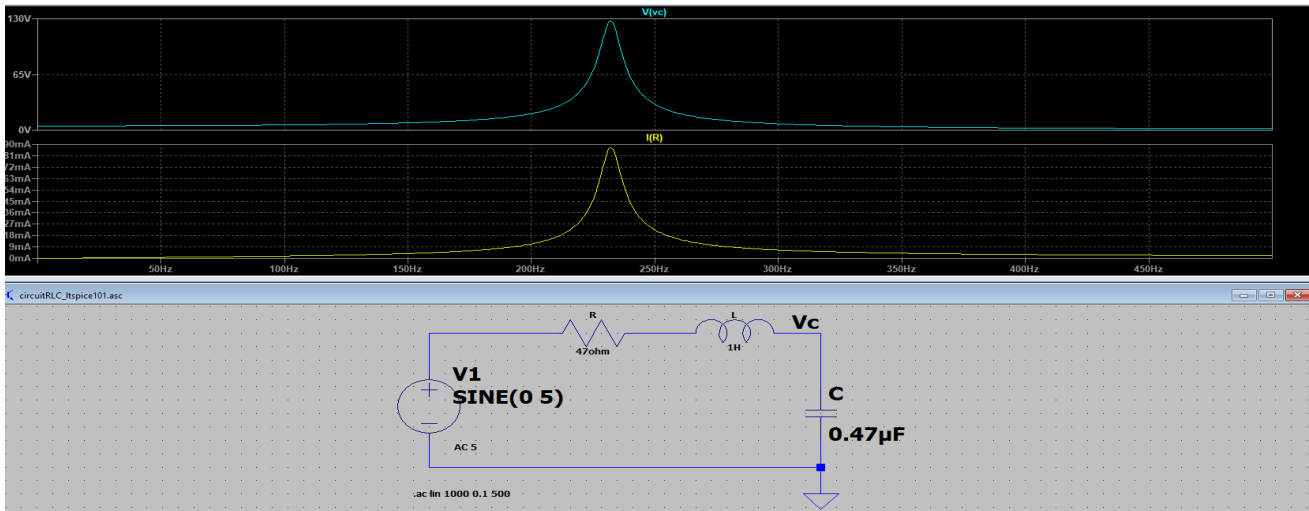


Si on mesure la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps, trouve l'oscillogramme suivant. On remarque que, bien que l'amplitude diminue, la durée de la **pseudo-période** est constante.

Elle change si on change les valeurs de  $R$  ;  $L$  et  $C$ .

Les oscillations sont amorties, ceci est dû aux pertes ohmiques (échauffement des conducteurs). Un tel circuit RLC série a une fréquence propre d'oscillation qui dépend de la valeur des composants. Mais cette oscillation est amortie si on ne lui amène pas à chaque pseudo-période l'énergie perdue.

## 2°) Les oscillations forcées, résonance série.



Appliquons une tension sinusoïdale de fréquence croissante aux bornes d'un circuit qui comprend en série une résistance, une bobine et un condensateur, on constate que la tension aux bornes du condensateur présente un pic à une certaine fréquence, de même pour l'intensité du courant.

Remarque : ce pic est de **130V** environ alors que la tension appliquée au circuit RLC n'est que de **5V** !

a) Cette fréquence particulière notée  $f_0$  est la **fréquence de résonance**. Elle se calcule en utilisant **la formule de Thomson**

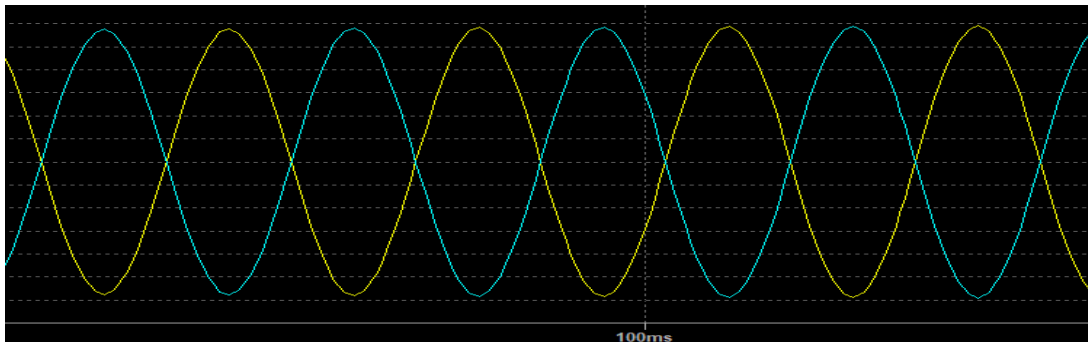
La fréquence particulière où l'impédance passe par un minimum se calcule de la façon suivante :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{la période correspondante } T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{et } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Calculons cette fréquence si  $C = 0,47\mu\text{F}$  et  $L = 1\text{H}$

$$F_0 = \frac{1}{6,28\sqrt{0,47 \times 10^{-6} \times 1}} = 232 \text{ Hz (période : 4,3ms)}$$

b) Déphasage à la résonance.

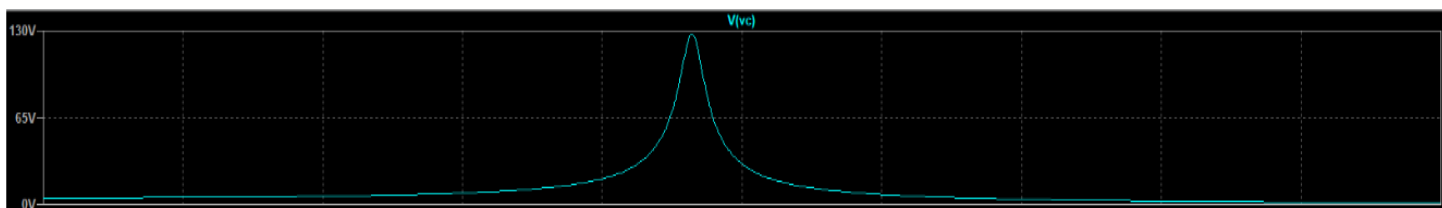


Observons l'oscillogramme ci-dessus, avec en bleu, la tension aux bornes du condensateur et en jaune la tension aux bornes de la bobine.

A la résonance, les tensions aux bornes de la bobine et du condensateur ont la même valeur mais sont en opposition de phase (déphasage 180°). Leur somme est nulle à tout instant.

A la résonance, le circuit se comporte comme si la résistance était seule. Son impédance  $Z = R$  est au minimum, l'intensité efficace qui traverse le circuit sera par conséquent au maximum

c) surtensions à la résonance, facteur de qualité.

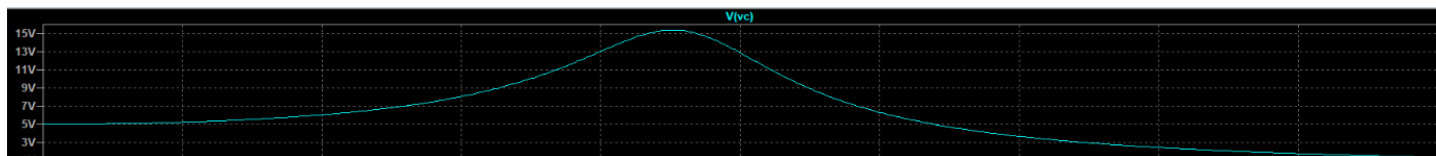


Exemple 1

La courbe a une forme de cloche.

La tension aux bornes du générateur est 5V, aux bornes du condensateur lors de la résonance elle vaut 130 volts environ.

Le facteur de surtension, ou facteur de qualité, noté  $Q$  est égal à  $130/5 = 26$  environ (aux erreurs de mesures près).



Exemple 2

Ici,  $R = 470\Omega$ . La « cloche » est plus évasée. Ici  $Q = 15/5 = 3$  environ

Un calcul va nous permettre de retrouver  $Q$

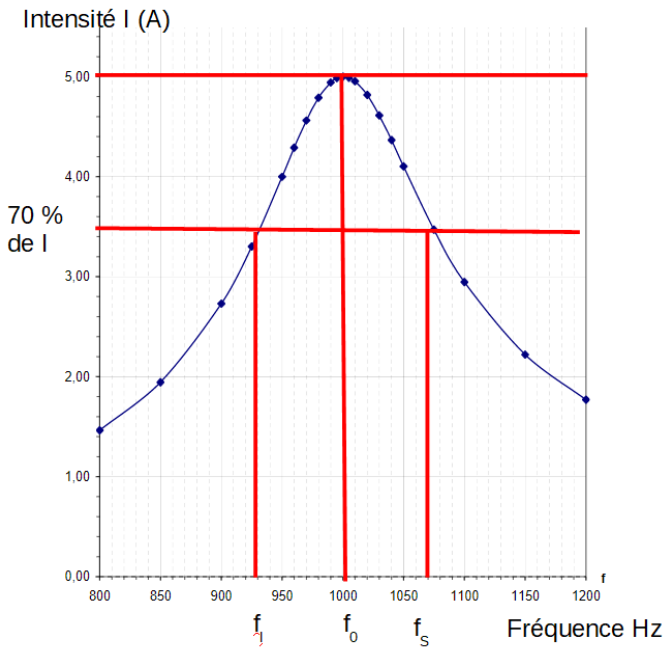
$$Q = \frac{L\omega_0}{R} \text{ ou } Q = \frac{1}{RC\omega_0} \text{ ou } Q = \sqrt{\frac{L}{C}} : R$$

Pour l'exemple 1 ;  $Q = (1 \times 6,28 \times 232) / 470 = 3,1$

Pour l'exemple 2 ;  $Q = (1 \times 6,28 \times 232) / 47 = 31$  ( 26 pour les mesures approximatives)

Remarquons que pour une résistance plus faible, le facteur de qualité est plus élevé.

d) bande passante



Observons cette courbe obtenue à partir d'un circuit RLC série, pour une fréquence variant entre 800 et 1200Hz.

A la résonance l'intensité maximum lue est 5A à la fréquence de résonance  $f_0 = 1000 \text{ Hz}$

Pour connaître la bande passante à 3dB, on trace une horizontale à 70 % de  $I_{max}$  donc 3,5 A

On détermine ainsi :

$f_i$  la fréquence inférieure  $f_i = 930 \text{ Hz}$

$f_s$  la fréquence supérieure  $f_s = 1070 \text{ Hz}$

$f_s - f_i = 1070 - 930 = 140 \text{ Hz}$

$f_s - f_i$  est la bande passante à -3dB

o

On peut la calculer la bande passante à -3 dB avec la formule suivante :

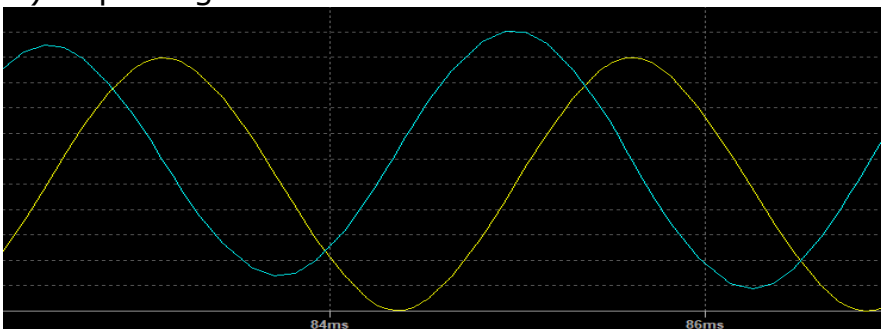
$$f_s - f_i = f_0 / Q$$

Remarque : observons les deux courbes exemple 1 et exemple 2 de la page précédente, les deux courbes de résonance n'ont pas le même aspect :

Si R est faible, la courbe est « pointue », Q est grand, la bande passante à -3dB sera faible, le circuit est dit « sélectif ».

Si R est forte, la courbe est plus étalée, Q est petit, la bande passante à -3dB sera grande, le circuit est « peu sélectif ».

e) Déphasage courant-tension



En bleu, la tension aux bornes de l'ensemble RLC, en jaune l'intensité qui traverse le circuit à une fréquence différente de la résonance

Courant et tension sont déphasés.

A gauche du schéma, la tension est à son maximum alors que le courant est nul. La tension est en avance sur l'intensité, le circuit est inductif à cette fréquence.

Pour d'autres valeurs de L et C, le circuit sera capacitif si la tension est en retard sur l'intensité.

### 3°) Des exercices corrigés

a) Compléter le tableau suivant (ne pas oublier les unités)

R	Capacité C	Inductance L	Fréquence à la résonance ( $f_0$ )	Pulsation à la résonance ( $\omega_0$ )	Impédance à la résonance
22 $\Omega$	100 $\mu\text{F}$	500mH			

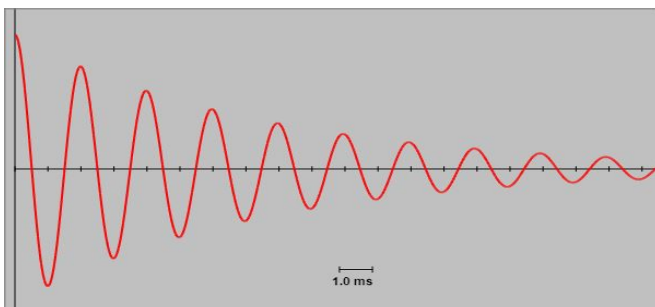
b) Compléter le tableau suivant, utiliser si besoin les résultats du tableau ci-dessus

R	Capacité C	Inductance L	Q	Bande passante à -3dB
22 $\Omega$	100 $\mu\text{F}$	500mH		

c) On place en série une bobine de 25mH, un condensateur de 0,1 $\mu\text{F}$  et une résistance de 50 $\Omega$ . Calculer :

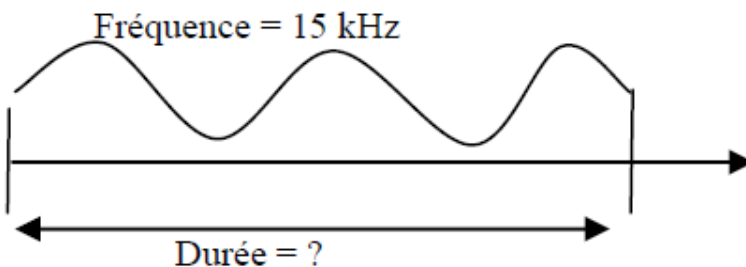
- la fréquence de résonance
- la pulsation à la résonance
- l'impédance à la résonance
- le coefficient de qualité
- la bande passante à -3dB

d) Calculer la pseudo-période et la pseudo-fréquence de cette oscillation amortie



pseudo-période :  
pseudo-fréquence :

e)



période :  
nombre de périodes :  
durée :

#### 4°) Correction

a) Compléter le tableau suivant (ne pas oublier les unités)

R	Capacité C	Inductance L	Fréquence à la résonance ( $f_0$ )	Pulsation à la résonance ( $\omega_0$ )	Impédance à la résonance
22 $\Omega$	100 $\mu\text{F}$	500mH	22,5 Hz	141,4 rd/s	22 $\Omega$

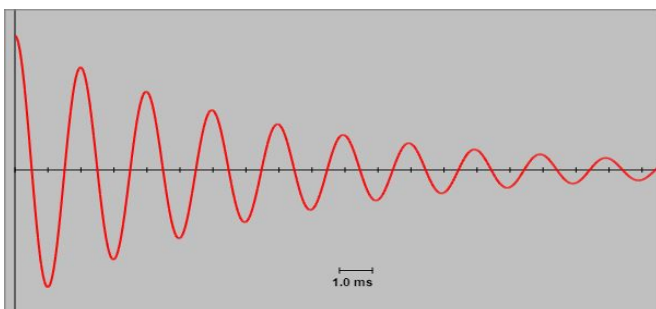
b) Compléter le tableau suivant, utiliser si besoin les résultats du tableau ci-dessus

R	Capacité C	Inductance L	Q	Bande passante à -3dB
22 $\Omega$	100 $\mu\text{F}$	500mH	3,2	7 Hz

c) On place en série une bobine de 25mH, un condensateur de 0,1 $\mu\text{F}$  et une résistance de 50 $\Omega$ . Calculer :

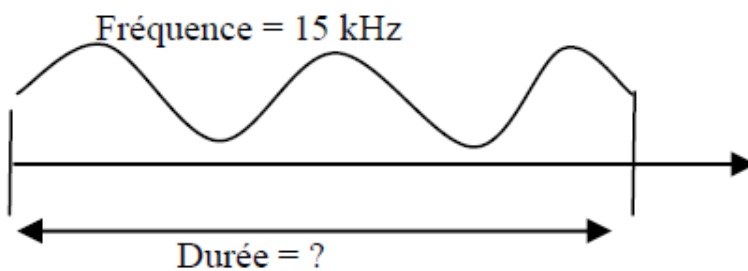
- la fréquence de résonance :  $f_0 = 3184$  Hz
- la pulsation à la résonance :  $\omega_0 = 19\,995$  rd/s
- l'impédance à la résonance : 50 $\Omega$
- le coefficient de qualité :  $Q =$  environ 10
- la bande passante à -3dB :  $3184/10 = 318$  Hz

d) Calculer la pseudo-période et la pseudo-fréquence de cette oscillation amortie



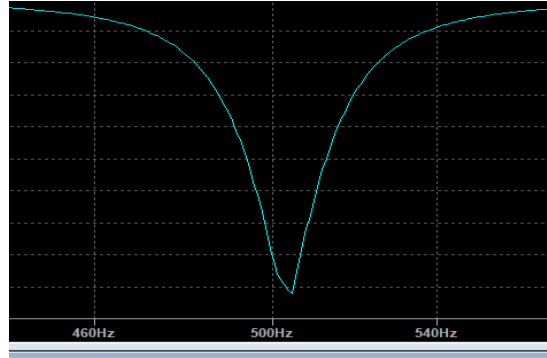
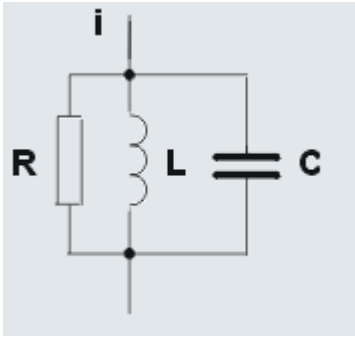
pseudo-période : 2 ms  
pseudo-fréquence : 500 Hz

e)



période :  
 $1/15\,000 = 0,000\,06\text{s} = 66\mu\text{s}$   
 nombre de périodes : 2,5  
 durée :  $66 \times 2,5 = 165\mu\text{s}$

## 5°) Circuit RLC en parallèle



Ce circuit RLC parallèle est appelé **circuit bouchon**. Autour de la fréquence de résonance déterminée par L et C, le courant i dans le circuit va chuter.

Ce type de circuit sert à bloquer une fréquence qui peut être indésirable dans un récepteur. c'est un **filtre coupe-bande ou réjecteur**. Si deux fréquences se trouvent près l'une de l'autre, ce type de circuit permettra d'éliminer la fréquence indésirable. Il suffit pour cela de rendre réglable ce filtre en mettant un condensateur variable.

La fréquence de résonance se calcule comme pour le circuit série, la formule de Thomson

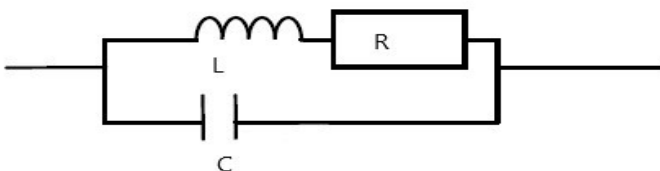
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{la période correspondante } T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{et } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Par contre on ne parle pas de surtension mais de surintensité. La facteur Q de surintensité se calcule de la façon suivante :

$$Q = R/L\omega_0 \quad \text{ou} \quad Q = RC\omega_0 \quad \text{ou} \quad Q = R : \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Plus R sera grand, plus Q sera grand et la bande passante petite. A la résonance, l'impédance  $Z = R$  est à son maximum et par conséquent l'intensité efficace qui sort du générateur sera minimum.

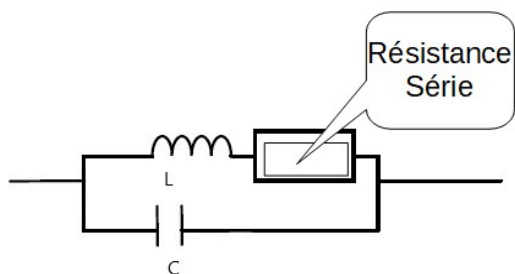
## 6°) Une autre représentation d'un circuit RLC parallèle



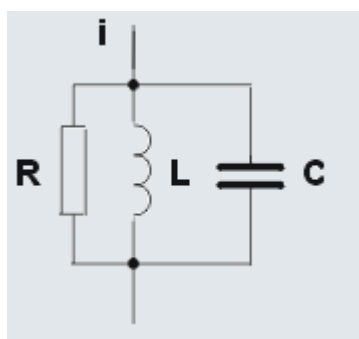
Le calcul de la fréquence de résonance, du facteur de qualité est le même que le circuit parallèle ci-dessus. A la résonance, l'impédance est à son maximum.

Pour ce type de circuit, le calcul de l'impédance est plus complexe et sort du cadre de ce cours.

**Complément** : dans le circuit RLC ci-dessous, vu au chapitre n°6, la résistance est en fait la résistance de la bobine (qui en général est très faible), mais dont la présence est importante pour le calcul du facteur de qualité.



Pour les calculs, on remplace cette « résistance série » par une résistance en parallèle de la bobine et du condensateur, pour obtenir le schéma suivant :



La résistance « parallèle » R qui remplace la résistance série se calcule de la façon suivante :

$$\text{Résistance parallèle} = (L\omega_0)^2 / \text{« résistance série »}$$

Les calculs se font alors comme au chapitre n°5

Exemple :

Résistance série = 10 ohms     $L=10\mu\text{H}$      $C=100\text{pF}$

$$\text{Fréquence de résonance : } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 5,035 \text{ Mhz}$$

$$\text{Résistance parallèle} = (L\omega_0)^2/10 = (10 \times 10^{-6} \times 6,28 \times 5,035 \times 10^6)^2 / 10 = 9998 \text{ ohms}$$

Facteur de qualité :

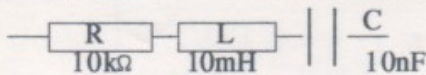
$$Q = \text{« résistance parallèle »} / L\omega_0 = 9998 / (10 \times 10^{-6} \times 6,28 \times 5,035 \times 10^6) = 31,6$$

Bande passante B à -3dB :

$$B = f_0/Q = 5,035/31,6 = 0,159 \text{ Mhz} = 159 \text{ kHz}$$

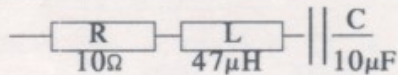


1. Fréquence à la résonance



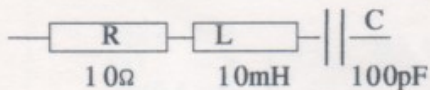
- A. 16kHz      C. 160Mhz  
B. 1,6hz      D. 16Mhz

2. Fréquence à la résonance?



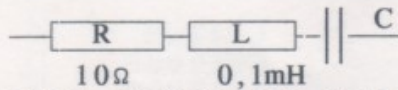
- A. 73hz      C. 73kHz  
B. 4,2kHz    D. 7,3kHz

3. Impédance à la résonance?



- A. 10 mH      C. 100pF  
B. 10Ω        D. 1Ω

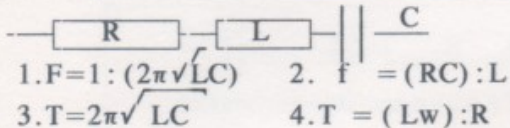
4. Fréquence de résonance?



C est un condensateur variable qui varie entre 60 et 10pF

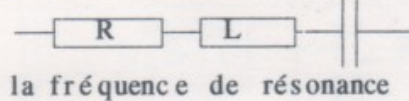
- A. 2 à 5 Mhz    C. 2 à 5 kHz  
B. 20 à 30hz   D. 28 à 29Mhz

5. Formules exactes ?



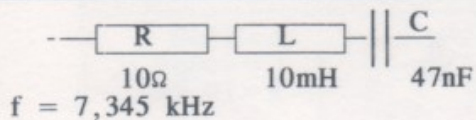
- A. 1 - 3      C. 3 - 4  
B. 1 - 2      D. 2 - 4

6. On augmente C



- A. reste la même    C. augmente  
B. diminue          D. s'annule

7. Facteur de surtension ?



- A. 12      C. 30  
B. 62      D. 46

8. Un circuit RLC série

sera très sélectif si :

1. R est très faible
2. R est faible
3. R est grande
4. R est très grande ?

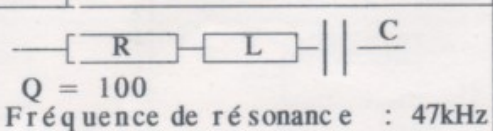
- A. 1      C. 2  
B. 3      D. 4

9. Un circuit RLC série est sélectif si:

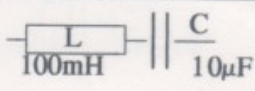
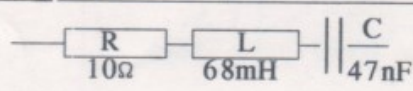
1. Sa bande passante est étroite
2. Sa bande passante est large
3. La fréquence de résonance est élevée.
4. La fréquence de résonance est basse

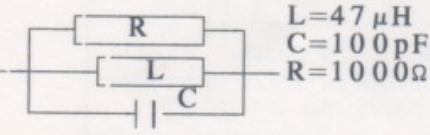
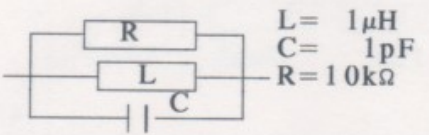
- A. 1      C. 3  
B. 2      D. 4

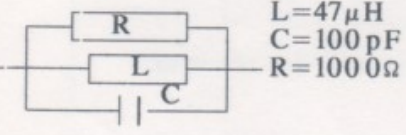
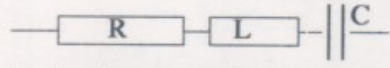
10. Bande passante à - 3db



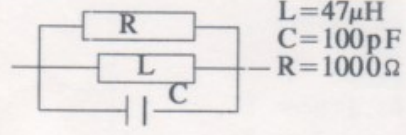
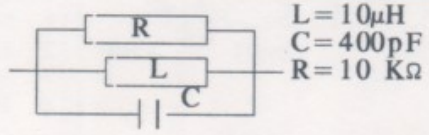
- A. 470 Hz      C. 10 000 Ω  
B. 47 nF        D. 4,7 MHz

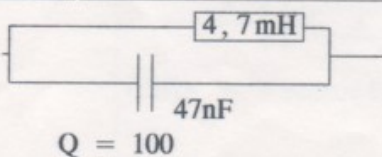
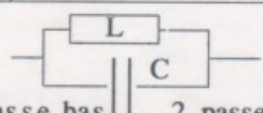
1. Fréquence à la résonance	2. Fréquence à la résonance?
	
A. 100 hz B. 160 hz	A. 14Mhz B. 10 khz
C. 10 hz D. 1600hz	C. 2,8khz D. 1 000 hz

3. Fréquence de résonance ?	4. Fréquence de résonance?
	
A. 2,3Mhz B. 1kHz	A. 160Mhz B. 1hz
C. 2 30kHz D. 47Mhz	C. 10 kHz D. 160 kHz

5. Impédance à la résonance	6. On multiplie R par 2
	
A. 10kHz B. 1000Ω	A. même B. x 4
C. 100pF D. 47µH	C. : 2 D. x 2

la fréquence de résonance

7. Facteur de qualité ?	8. Bande passante à -3dB ?
	
A. 30 B. 6.3	A. 40kHz B. 400kHz
C. 1.5 D. 45	C. 4kHz D. 40 0Hz

9. Impédance à la résonance?	10. Circuit ?
	
A. 17kΩ B. 180Ω	1. passe bas 3. passe bande
C. 16 Ω D. 31.6 kΩ	2. passe haut 4. réjecteur
	A. 1 B. 3
	C. 2 D. 4

Préparation à la licence Radioamateur. Questionnaire n° 15. F6FTC

