

Préparation à la licence RADIO-AMATEUR

Classe 2

chapitre 2

RADIO-ÉLECTRICITÉ CIRCUITS

F5KLJ

Radio Club de Haute Saintonge
Domaine de Chailleret – 17500. JONZAC
F5KLJ@ref-union.org

Pour toute remarque concernant ce document, contacter Alain BASSET, F1MMR
F1MMR@wanadoo.fr

Club Culture Loisirs de Jonzac - F5KLJ - Radio-Club de Haute Saintonge

COURS F5KLJ

Chapitre 2 – Radio-Électricité – Circuits

- 1 – Longueur d'onde
- 2 – L'amplification
- 3 – Le gain – Les décibels
exercices 1
- 4 – Les impédances
- 5 – Impédance d'un circuit
- 6 – La formule de Thomson
exercices 2
exercices 3
- 7 – 7a - L'octave
7b - La décade
- 8 – 8a - filtre passe-bas
8b - filtre passe-haut
8c - filtre passe-bande
8d - filtre coupe-bande
8e - circuit RC
8f - circuit RL
8g - filtre à quartz
- 9 – Coefficient de surtension
exercices 4
exercices 5
- 10 – Les oscillateurs

LONGUEUR D'ONDE (1)

Elle est fonction de la fréquence et de la vitesse et de la lumière.

λ en mètres

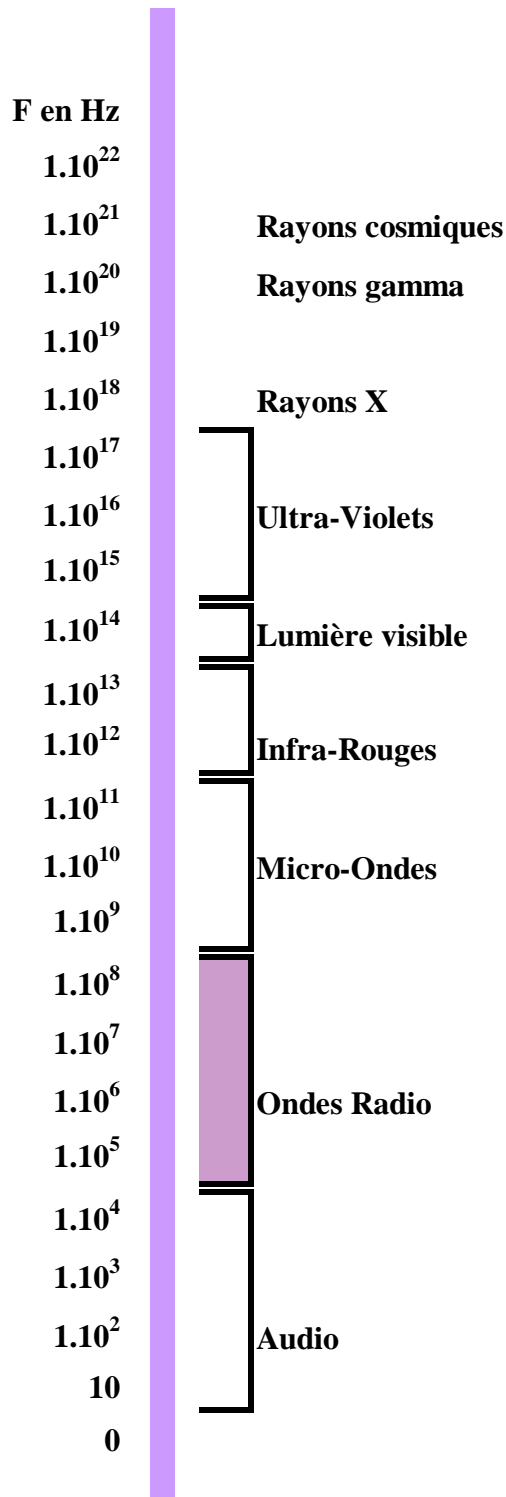
C : vitesse de la lumière
300.000 km/s

F en Hz

$$\lambda = \frac{C}{F}$$

$$\lambda = \frac{300}{F_{\text{MHz}}}$$

Le spectre des ondes électromagnétiques va de ce que l'on "entend" à ce que l'on "voit".



On classe les ondes radio selon leurs longueurs d'onde en mètres:

KILO-métriques	0,03 à 0,3 MHz (30 kHz à 300 kHz)
HECTO-métriques	0,3 à 3 MHz (300 kHz à 3 MHz)
DÉCA-métriques	3 à 30 MHz
MÉTRIQUES	30 à 300 MHz
DÉCI-métriques	300 à 3.000 MHz (3 MHz à 3 GHz)
CENTI-métriques	3.000 à 30.000 MHz (3 GHz à 30 GHz)

Au niveau de nos fréquences RA, on a

Longueur d'onde	Fréquence en MHz	
160m	1.830 - 1.850	HECTOMÉTRIQUES
80m	3.500 - 3.800	DÉCAMÉTRIQUES
40m	7.000 - 7,100	
30m	10.100 - 10.150	
20m	14.000 - 14.250	
	14.250 - 14.350	
17m	18.068 - 18.168	
15m	21.000 - 21.450	
12m	24.890 - 24.990	
10m	28.000 - 29.700	
6m	50.200 - 51.200	MÉTRIQUES
2m	144 - 146	
70cm	430 - 434	DÉCIMÉTRIQUES
	434 - 440	
23cm	1240 - 1260	
	1260 - 1300	

L'AMPLIFICATION (2)

Un ampli a pour but **d'accroître une grandeur électrique** qui peut être :

- une tension
- un courant
- une puissance

MAIS il ne doit (ne devrait) pas en modifier la forme.

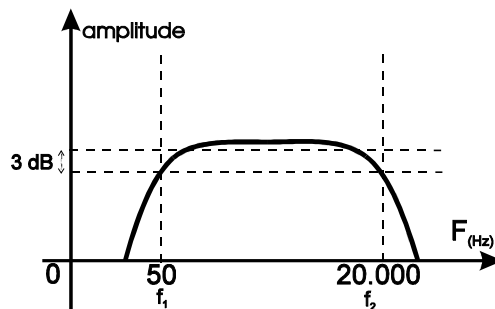
LA BANDE PASSANTE : ensemble des fréquences amplifiées d'une façon utile

$$B = f_2 - f_1$$

- Si on veut un gain important on aura une bande passante faible.

- Pour un ampli donné :

$$G.B = \text{constante}$$



- **linéarité** : déformation ou non du signal d'entrée
- **distorsion d'amplitude** :
- **sensibilité** : minimum de niveau à l'entrée (en dB_m ou μV)
- **rendement** :

$$\lambda = \frac{P_{\text{délivrée}}}{P_{\text{alimentation}}}$$

LE GAIN: les décibels (3)

1 - Gain en tension :

$$G_{dB} = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

Il faut pour cela que les **résistances de charge** soient **égales**.

2 - Gain en puissance : lorsqu'on peut mesurer les puissances

$$G_{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Les gains peuvent être positifs (amplificateur) ou négatifs (atténuateur)

Le décibel n'est pas une unité, il caractérise un rapport de puissances.

Calcul avec la machine (Casio fx 92, à vérifier avec d'autres...) :

$$P_2 \div P_1 = \log = \times 10 =$$

Calculs inverses :

- on connaît :
 - le gain
 - la puissance d'entrée
- on cherche :
 - la puissance de sortie

- en puissance

le coefficient multiplicateur est : $10^{\frac{\text{nb de dB}}{10}}$

$$P_2 = P_1 \cdot 10^{\frac{\text{nb de dB}}{10}}$$

[avec la fx 92 : $2\text{nd} \log y \times P_1 =$ ou : $P_1 \times 10 \wedge y =$ (y : nb de db / 10)]

- en tension

même calcul mais avec 20 au lieu de 10

$$U_2 = U_1 \cdot 20^{\frac{\text{nb de dB}}{10}}$$

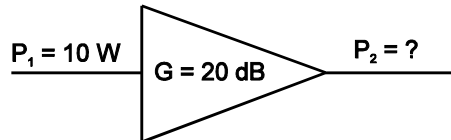
cas où $P_1 < P_2$		cas où $P_1 > P_2$	
∞ dB	On multiplie par	∞ dB	On divise par
1	1,25	-1	1,25
2	1,58	-2	1,58
3	2	-3	2
4	2,51	-4	2,51
6	4	-6	4
8	6,3	-8	6,3
10	10	-10	10
12	15,85	-12	15,85
15	31,62	-15	31,62
20	100	-20	100
30	1.000	-30	1.000
Amplificateur		Atténuateur	

Exercices - 1 -

1- Fréquence d'un signal de longueur d'onde 20,98 m ?

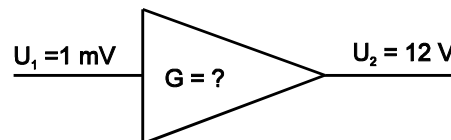
2- Longueur d'onde d'un signal de fréquence 60 MHz ?

3- Puissance de sortie, P_2 ?

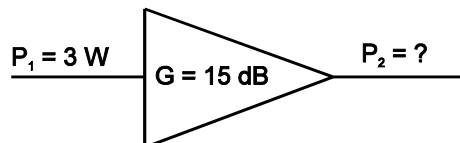


4- Gain de cet amplificateur ?

$$Z_1 = Z_2$$

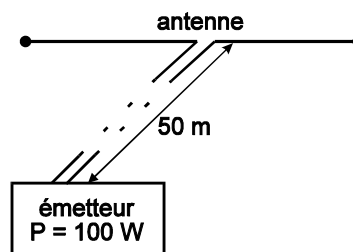


5- Puissance de sortie, P_2 ?

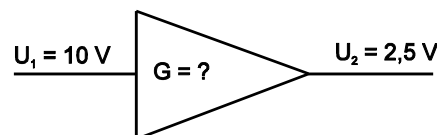


6- Puissance transmise à l'antenne ?

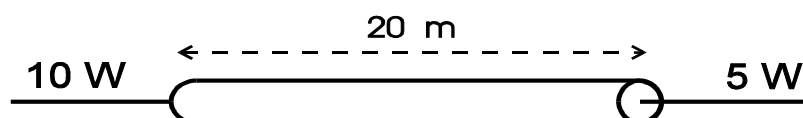
Perte dans la ligne: $3 \text{ dB}/100\text{m}$



7- Gain en tension de cet amplificateur ?



8- Affaiblissement linéique (par mètre) ?



LES IMPÉDANCES (4)

L'impédance Z est une résistance qui s'oppose au passage d'un **courant alternatif**.

Condensateurs :

Z en Ω
 C en Farads

$$Z_c = \frac{1}{C\omega}$$

$F \uparrow Z_c \downarrow$



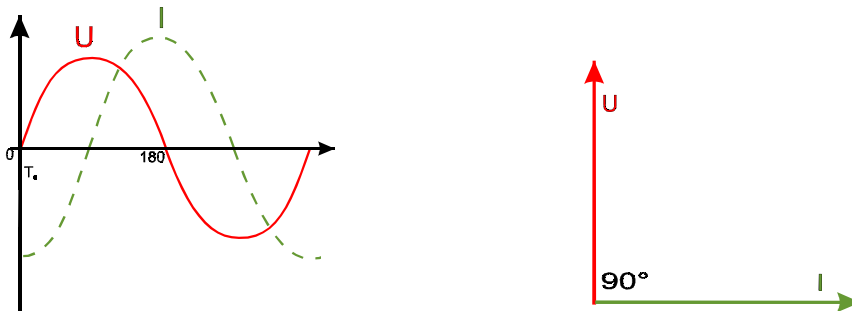
I est en avance d'un $\frac{1}{4}$ de période sur U : **réactance négative**

Selfs :

Z en Ω
 L en Henrys

$$Z_L = L\omega$$

$F \uparrow Z_L \uparrow$

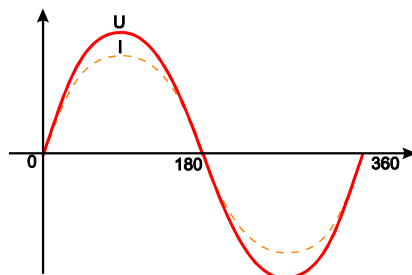


I est en retard d'un $\frac{1}{4}$ de période sur U : **réactance positive**

L'inductance d'une self est proportionnelle au carré du nombre de ses spires :

si : $n \times 2 \rightarrow L \times 4$ et, inversement, si : $n : 2 \rightarrow L : 4$
 $n \times 3 \rightarrow L \times 9$ $n : 3 \rightarrow L : 9$

Résistances :

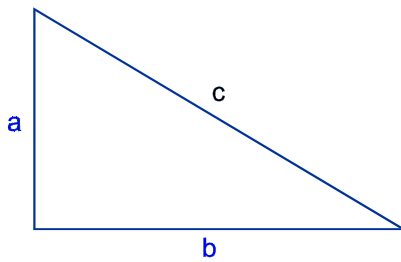


$$Z_R = R$$

I et U sont en phase

IMPÉDANCE D'UN CIRCUIT (5)

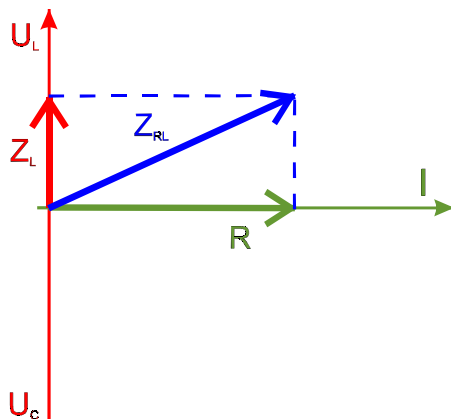
Rappel : le théorème de Pythagore... (triangle rectangle)



$$c^2 = a^2 + b^2$$

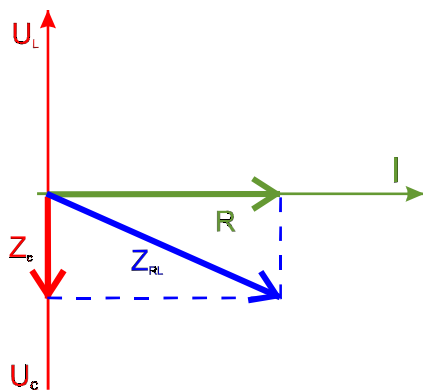
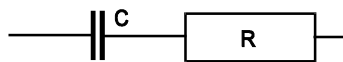
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

RL :



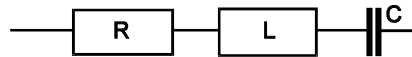
$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + L^2 \cdot \omega^2}$$

RC :

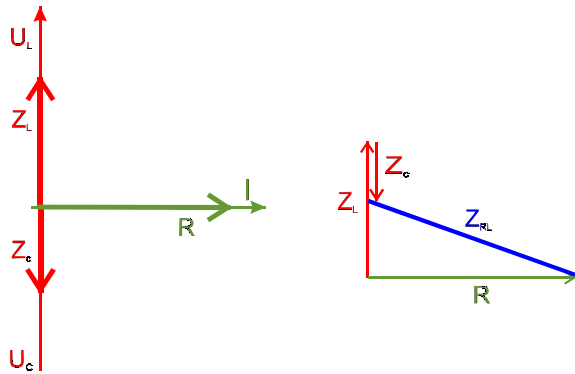


$$Z_{RC} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2 \cdot \omega^2}}$$

RLC en série :



à F quelconque :

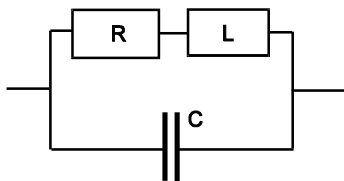


$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

à F de résonance : $[Z_L = Z_C \rightarrow Z_L - Z_C = 0]$

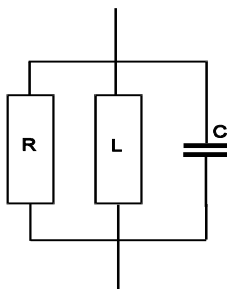
$$Z = R$$

RLC en parallèle :



$$Z = \frac{L}{R.C}$$

RLC en parallèle : à F de résonance $[Z_L = Z_C \rightarrow Z_L - Z_C = 0]$



$$Z = R$$

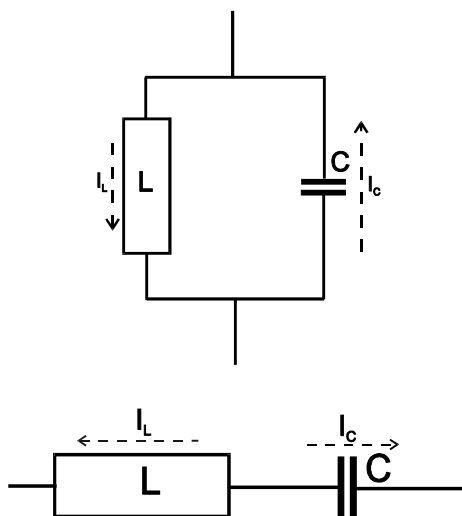
Exemple de calcul avec la fx 92 : soit un circuit RC, à F = 1000 Hz, R = 254 Ω et C = 10 μ F

254 \times^2 + 1 : [] [] 10 $^{\wedge}$ - 6] \times^2 [] 6.28 \times 1000] \times^2] [EXE] 2nd \times^2 [EXE]

[] et [] indiquent les touches parenthèses

LA FORMULE DE THOMSON (6)

circuit LC = circuit bouchon



I_L et I_C ont la même valeur absolue mais sont en opposition de phase: $I = I_L + I_C = 0$

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{L\omega^2}$$

$$L = \frac{1}{C\omega^2}$$

Remarque :

Si on multiplie F_0 par x on divise L ou C par x^2
 Si on divise F_0 par x on multiplie L ou C par x^2

Formule simplifiée :

$$F_0 = \frac{159}{\sqrt{LC}}$$

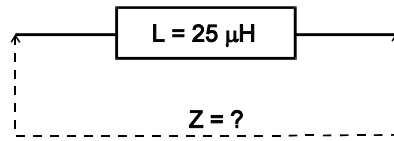
F_0 en MHz

L en μH

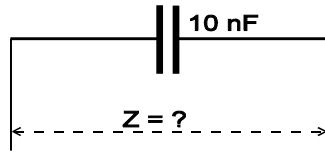
C en pF

Exercices - 2 -

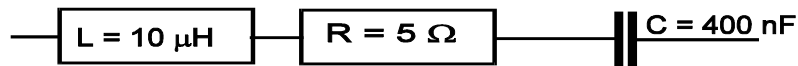
1- Impédance à $F = 144 \text{ MHz}$?



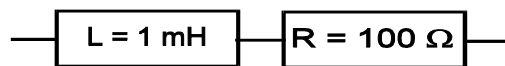
2- Impédance à $F = 3 \text{ MHz}$?



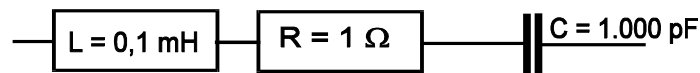
3- Impédance à la résonance ?



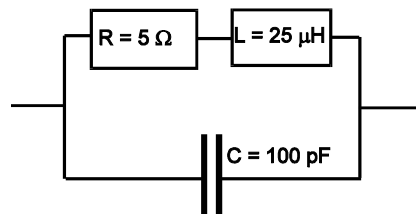
4- Impédance à $F = 1 \text{ MHz}$?



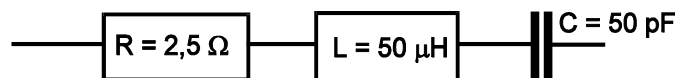
5- Impédance à $F = 3,5 \text{ MHz}$?



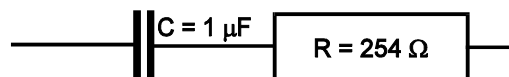
6- Impédance à la résonance ?



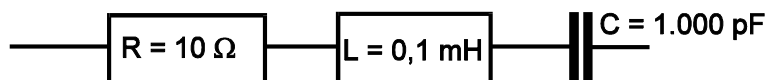
7- Impédance à la résonance ?



8- Impédance de ce circuit à $F = 1.000 \text{ Hz}$?

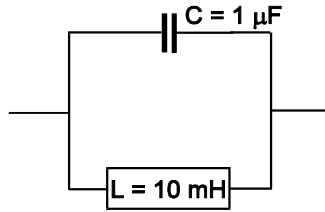


9- Fréquence de résonance ?

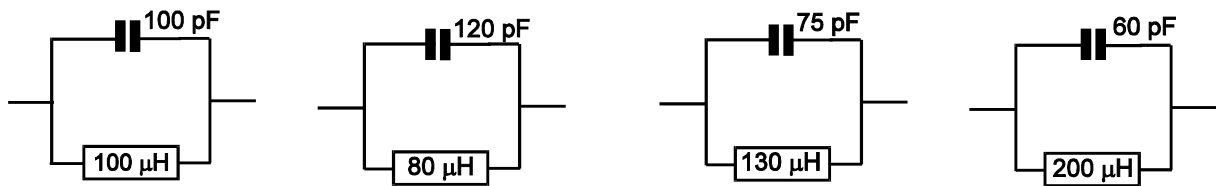


Exercices - 3 -

1- Fréquence de résonance de ce circuit ?

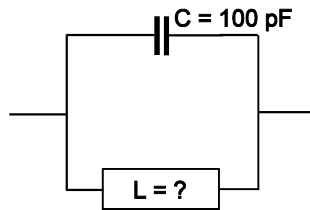


2- Lequel de ces circuits a la fréquence de résonance la plus élevée ?

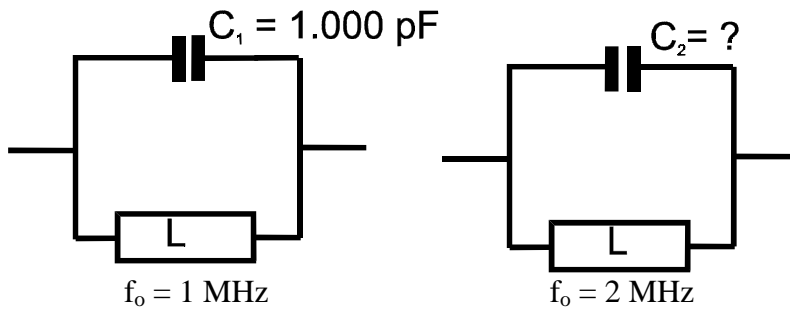


3- Valeur de L ?

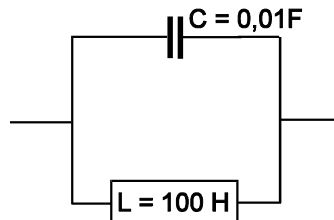
$$\omega = 6.10^6$$



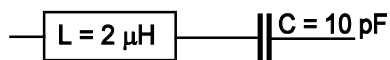
4- Valeur de C_2 ?



5- Période à la résonance ?



6- Période T du courant alternatif qui circule dans le circuit à la résonance ?



L'OCTAVE (7a)

L'octave est la bande comprise entre deux fréquences dont le rapport est 2.

Le mot octave vient de la musique. Chaque gamme commence par une note (do) et se termine par la même note mais de fréquence double. Cela représente un total de huit notes.

Chaque fois que l'on passe à l'octave supérieur on double la fréquence, chaque fois que l'on passe à l'octave inférieur on la divise par deux.

LA DÉCADE (7b)

Une fréquence est à la décade d'une autre lorsqu'elle est dix fois plus grande.

Chaque fois que l'on passe au décade supérieur on multiplie la fréquence par dix, chaque fois que l'on passe au décade inférieur on la divise par dix.

LES FILTRES (8)

On utilise :

- des résistances R
- des selfs L (qui arrêtent \approx)
- des condensateurs C (qui arrêtent $=$)

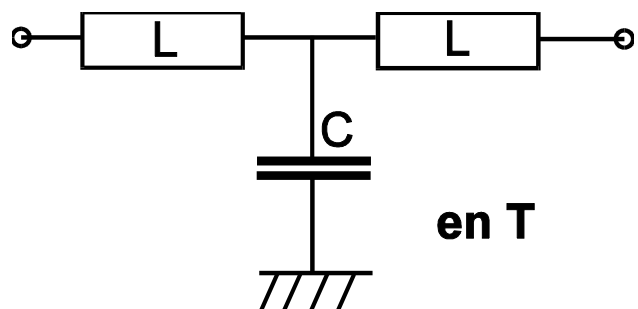
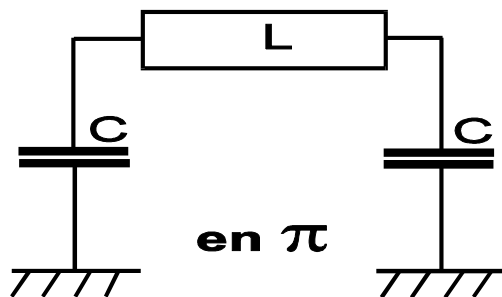
On joue sur les propriétés suivantes :

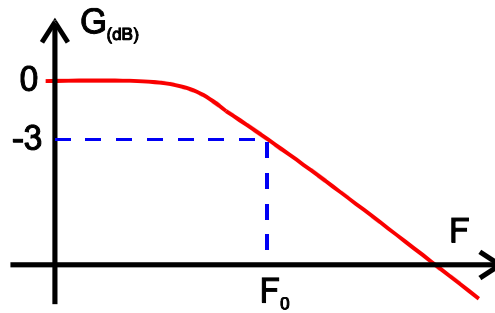
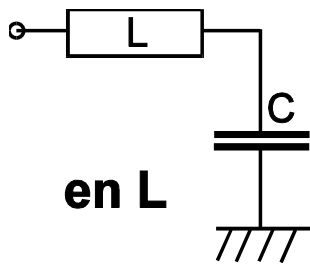
- **pour les circuits série:** effet de **surtension** aux bornes de L et/ou de C (très important à l'approche de la fréquence de résonance)
- **pour les circuits parallèles:** maximum d'**impédance** (très important à la résonance)

FILTRE PASSE-BAS (8a)

Il **laisse passer toutes les fréquences inférieures à une fréquence déterminée**, appelée **fréquence de coupure**. Les fréquences supérieures sont fortement atténuées.

[C est en bas]

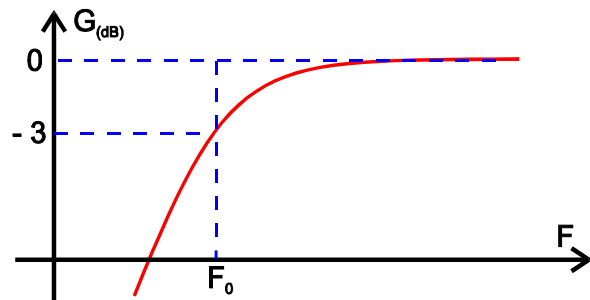
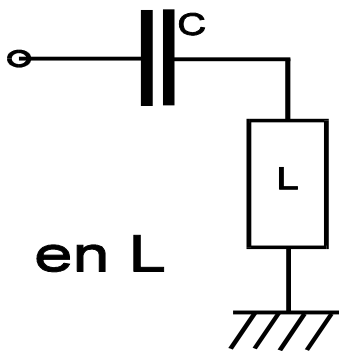
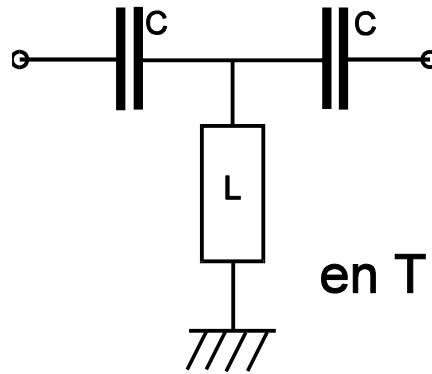
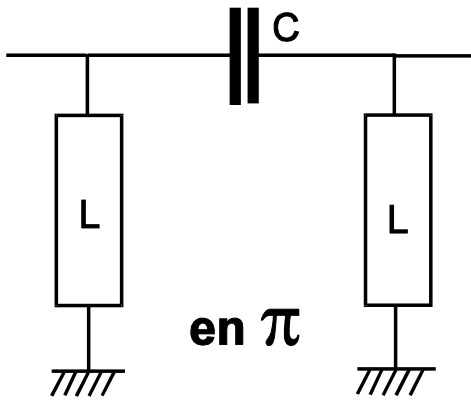




FILTRE PASSE-HAUT (8b)

Il **laisse passer toutes les fréquences plus hautes que la fréquence de coupure**. Il atténue fortement les fréquences les plus basses.

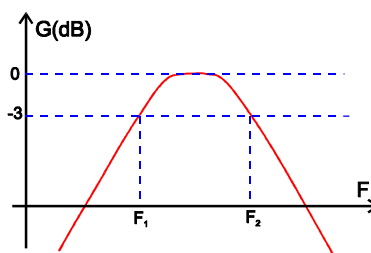
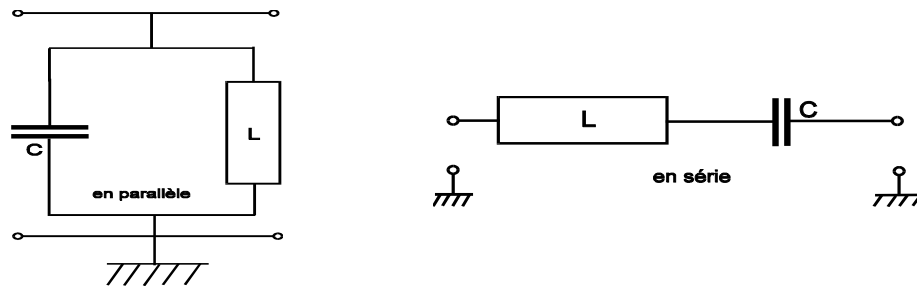
[C est en haut]



**1 filtre : 6 dB/octave
2 filtres : 12 dB/octave**

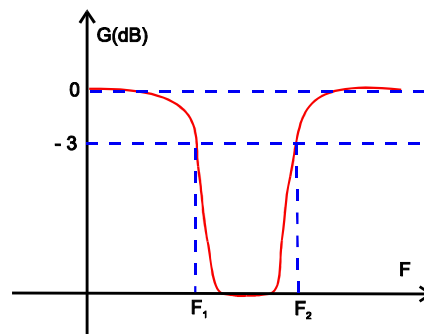
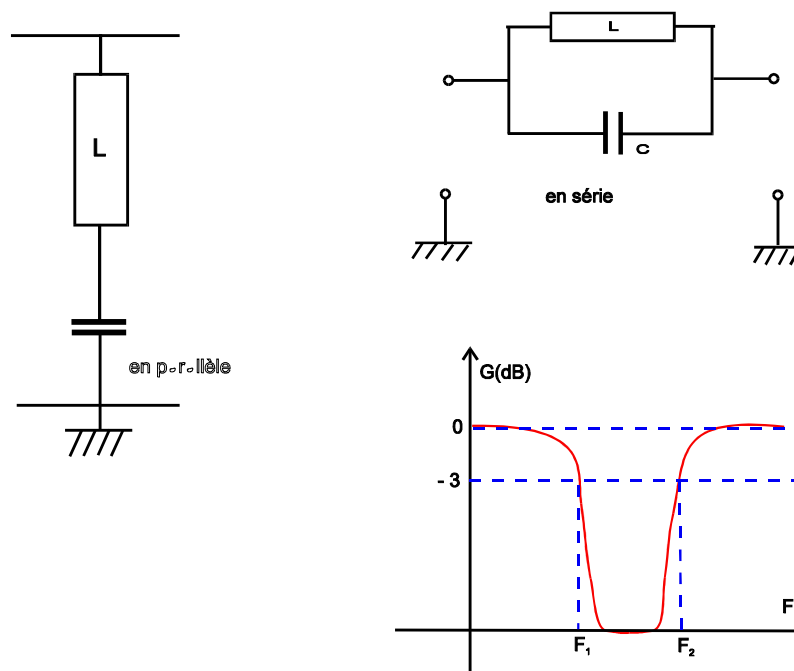
FILTRE PASSE-BANDE (8c)

Il **laisse passer une plage de fréquence déterminée** sans atténuation sensible. Il atténue toutes les fréquences inférieures et supérieures.



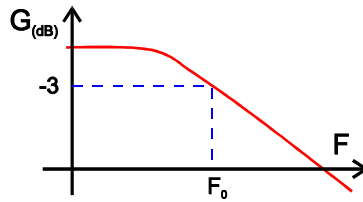
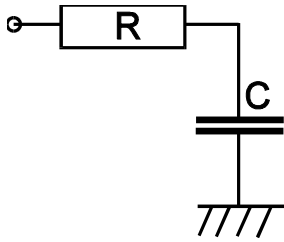
FILTRE COUPE-BANDE (8d)

Il **arrête une certaine bande de fréquence (circuit bouchon)**. Il laisse passer toutes les autres fréquences.



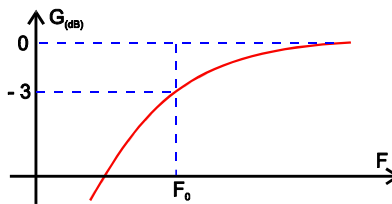
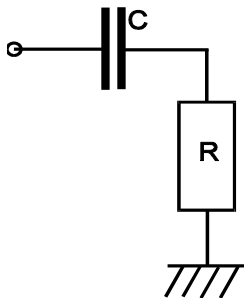
LE CIRCUIT RC (8e)

Filtre passe-bas :



$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

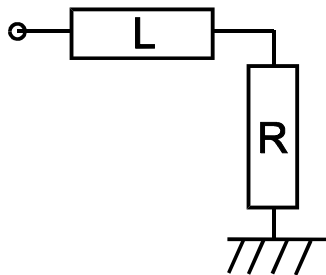
Filtre passe-haut :



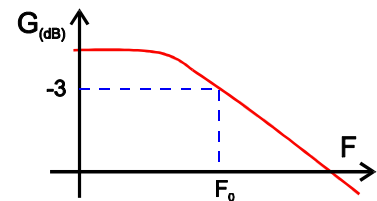
$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

LE CIRCUIT RL (8f)

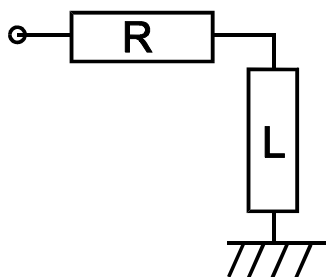
Filtre passe-bas :



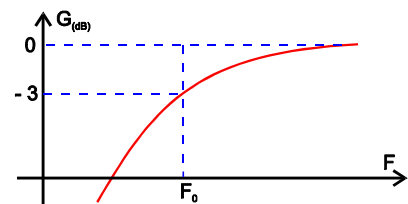
$$F_0 = \frac{R}{2\pi L}$$



Filtre passe-haut :

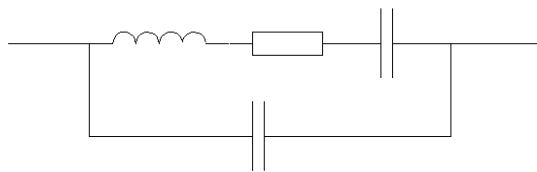


$$F_0 = \frac{R}{2\pi L}$$

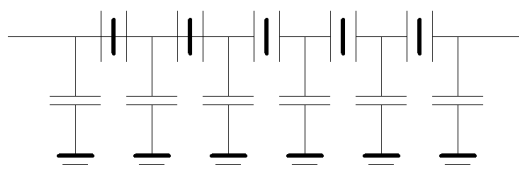


LES FILTRES À QUARTZ (8g)

Un cristal de quartz peut être représenté par le schéma équivalent suivant :



Le quartz a un coefficient de qualité, **Q élevé**, compris entre 10^4 et 10^6 . On va donc l'utiliser pour réaliser des filtres qui auront des pentes très raides, assurant ainsi une atténuation largement supérieure à -60 dB.

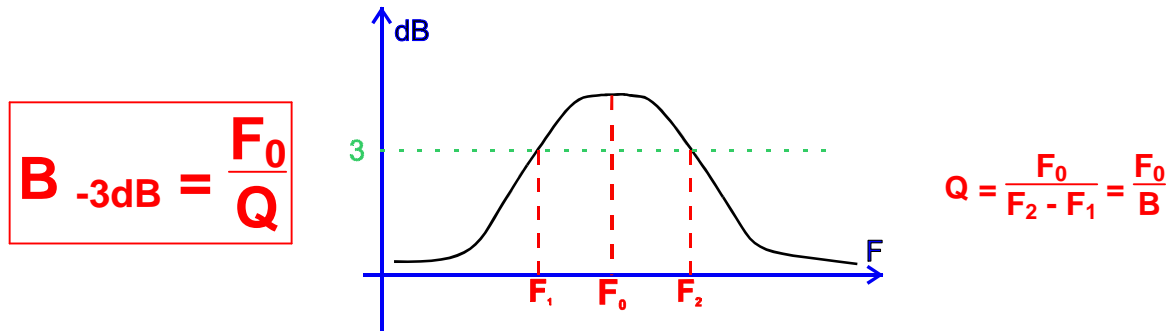


exemple de filtre à quartz dans lequel les quartz sont montés en "cascade"

COEFFICIENT DE QUALITÉ, DE SURTENSION BANDE PASSANTE (9)

Facteur Q : coefficient de surtension ou de qualité de la self à la résonance

Plus Q est élevé plus la Bande Passante est étroite



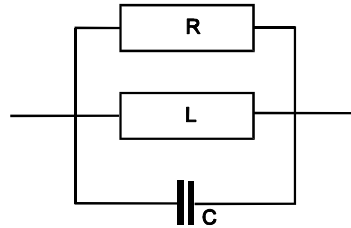
On peut calculer l'impédance d'un circuit LC avec Q :

$$Z = \frac{L\omega}{Q}$$

Utilisation :

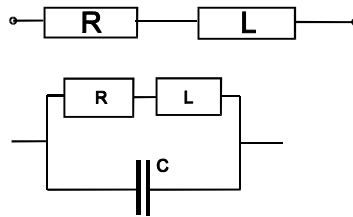
En parallèle :

$$Q = \frac{R}{L\omega}$$



En série :

$$Q = \frac{L\omega}{R}$$

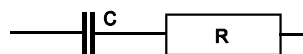


$$Z = Q \cdot L\omega$$

Si F est inconnue :

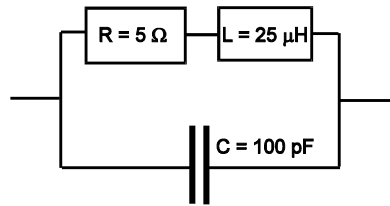
$$Q = \frac{L}{R \sqrt{LC}}$$

$$Q = \frac{1}{RC\omega}$$

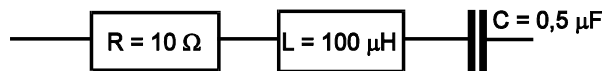


Exercices - 4 -

1- Facteur de qualité à la résonance ?

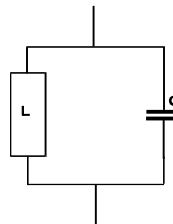


2- Coefficient de surtension de ce circuit ?



3- Bande passante à -3 dB à $F = 4$ MHz ?

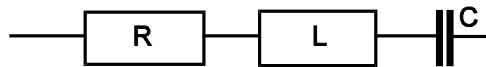
$Q = 250$



4- Bande passante à -3 dB de ce circuit ?

$F = 3$ MHz

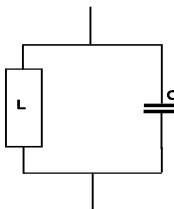
$Q = 1.000$



5- Valeur de F ?

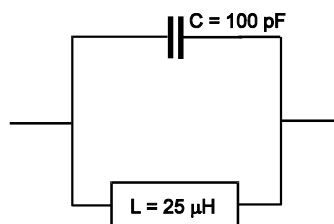
$Q = 500$

$B_{-3db} = 2,5$ MHz



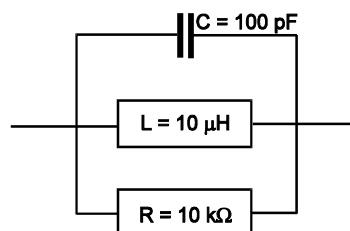
6- Impédance à la résonance ?

$Q = 100$



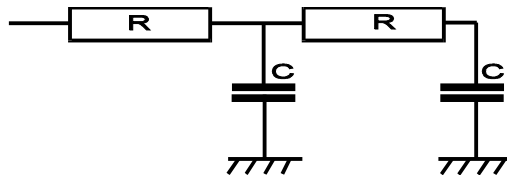
7- Calculer le facteur de qualité de ce circuit

$F = 7$ MHz

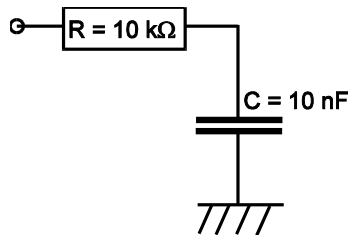


Exercices - 5 -

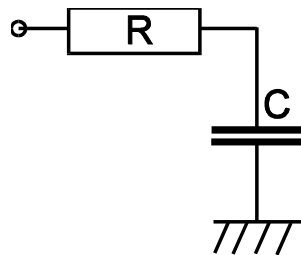
- 1- Fréquence supérieure d'un octave à 1.000 Hz ?
- 2- Fréquence supérieure de deux octaves à 2.000 Hz ?
- 3- Fréquence inférieure de trois octaves à 9600 Hz ?
- 4- Fréquence supérieure de deux décades à 700 Hz ?
- 5- Fréquence inférieure de trois décades à 30 kHz ?
- 6- Quel est le filtre représenté ?



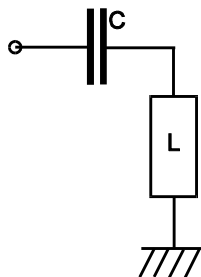
- 7- Fréquence de coupure ?



- 8- Courbe de réponse de ce filtre ?



- 9- Courbe de réponse de ce filtre ?

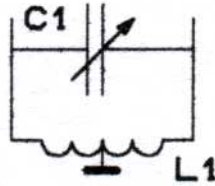


LES OSCILLATEURS (10)

Contre-réaction : tension réinjectée en opposition de phase
Réaction : tension réinjectée en phase

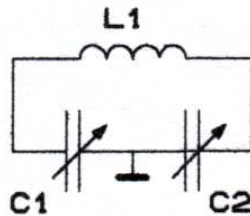
Auto-oscillateurs :

oscillateur Hartley



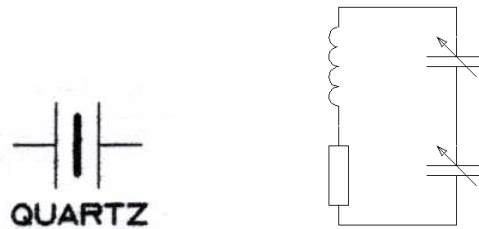
Il prélève le signal de réaction sur un point intermédiaire de la self d'accord L_1

oscillateur Colpitts



Il prélève le signal de réaction sur le point milieu de deux condensateurs représentant la capacité d'accord associée à la self L_1

Oscillateur à quartz : Le quartz est équivalent à un circuit RLC (circuit bouchon)



oscillateur à quartz Pierce (montage avec un transistor FET)

