

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Bienvenue sur le cours de F6KGL

La séance de ce soir porte sur

Technique

Chapitre 2 - Deuxième partie

Bobines et condensateurs parfaits

Ce document a servi pour le cours enregistré le **14/02/2020**.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et les liens des vidéos (*Youtube*)
sont disponibles sur la page <https://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/>



2-3) Bobines et condensateurs

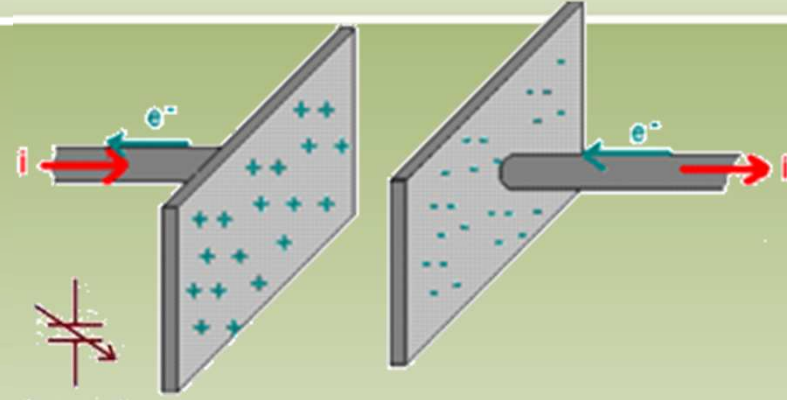


- Après le composant Résistance dont nous avons étudié le comportement en présence de courants continus et de courants alternatifs, nous étudions deux composants qui ont des **comportements particuliers en présence de courants alternatifs** : la **bobine** et le **condensateur**
- Dans les formules simplifiées qui suivront, le **facteur 159** est fréquemment utilisé au numérateur des fractions.
 - Ce nombre correspond à une approximation de **$1000 / (2 \times \pi)$**
 - A l'examen, on indique aussi « *en retenant* $1 / (2 \times \pi) = 0,16$ ». Dans ce cas, on utilisera les mêmes formules avec le **facteur 160**
 - Dans les questions de l'examen portant sur des calculs faisant intervenir le nombre π (impédance, fréquence, ...), **les résultats sont toujours arrondis**
- Le condensateur et la bobine possèdent leurs propres caractéristiques et ont des **comportements opposés mais complémentaires**

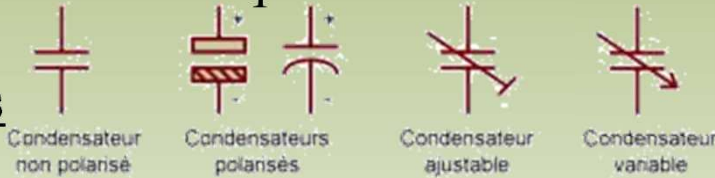


2-3) Bobines et condensateurs

- Le condensateur
origines du phénomène :
effet électrostatique



Schémas



Unités : le **Farad** : μF , nF , pF

ancienne unité : cm ($\approx 1,1 \text{ pF}$)

Capacité : $C = d \cdot S / E$

calcul pratique : **$C(\text{pF}) = 8,85 \cdot S (\text{cm}^2) / E (\text{V} / 10 \text{ mm})$**

- permittivité $\epsilon_0 = 8,85 \text{ pF} / \text{m} [= (1/36\pi) \cdot 10^{-9} \text{ F} / \text{m}]$

- coefficient diélectrique (ou permittivité relative ϵ_r), rigidité diélectrique (en kV / mm)

- condensateurs électrochimiques (polarisés)

code des couleurs



Michael Faraday

1791 - 1867

Travaux sur l'induction

magnétique - 1831
et l'électrochimie - 1833

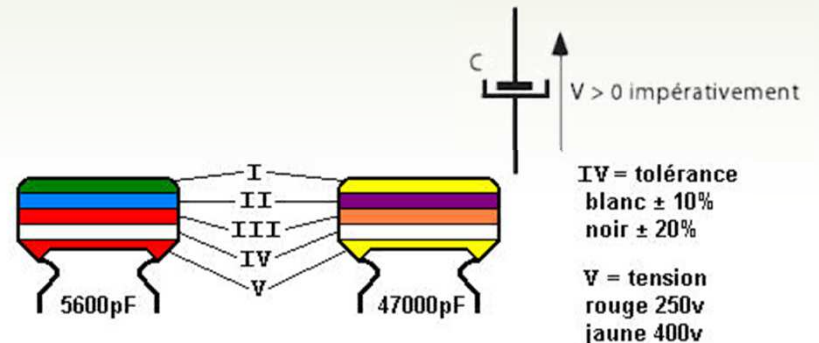
Définitions physiques :

$$C(\text{F}) = Q(\text{C}) / U(\text{V}) \text{ ou}$$

$$Q(\text{C}) = C(\text{F}) \cdot U(\text{V})$$

$$E(\text{J}) = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{C}) \cdot U(\text{V})$$

on rappelle que $Q = I \cdot t$





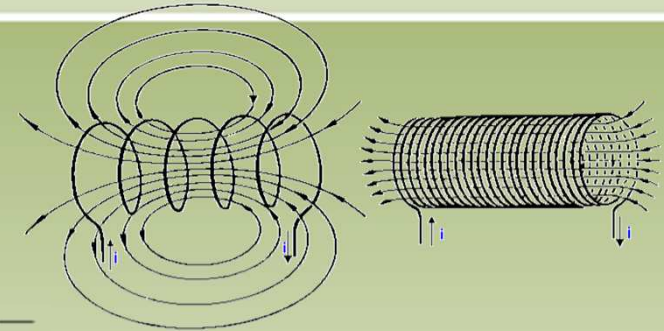
2-3) Bobines et condensateurs

- **La bobine**

origines du phénomène :

effet électromagnétique

Schémas



Joseph Henry
1797 - 1878
Définition de l'unité de
mesure d'induction
électrique - 1832

Unités : le **Henry** : mH, μ H, nH

Inductance : $L = F \cdot N^2 \cdot D^2$

L en l'honneur de H. Lenz

Nagaoka simplifiée **$L(\mu H) = [N^2 \times D^2 (cm)] / [45 D (cm) + 100 long (cm)]$**

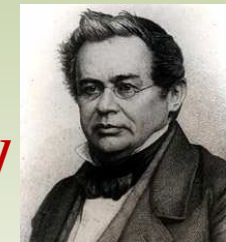
- formule de base : $L = \mu_o \cdot D^2 \cdot N^2 / long$
- perméabilité ($\mu_o = 1,26 \mu H / m [= 4\pi \cdot 10^{-7} H / m]$, μ_r (noyau)
- matériau magnétique (fer, ferrite, nickel) et diamagnétique (cuivre, zinc)
- flux d'induction magnétique (Φ en Weber). 1 Weber est le flux d'induction magnétique qui, traversant un circuit d'une seule spire, y produit une force électromotrice de 1 volt si on l'annule en 1 seconde par une décroissance uniforme : $\Phi = U \times t$

Définitions physiques :

$$\Phi(Wb) = L(H) \cdot I(A) \text{ ou}$$

$$L(H) = \Phi(Wb) / I(A)$$

$$E(J) = \frac{1}{2} L(H) \cdot I^2(A)$$



Heinrich Lenz
1804 - 1865
Complément des travaux
de Faraday - 1834



Wilhelm Eduard
Weber 1804 - 1891
théorie de l'interaction
électromagnétique - 1846



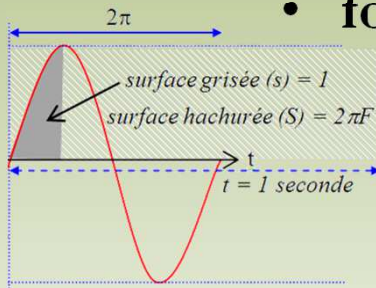
2-3) Bobines et condensateurs

- Lorsqu'ils sont traversés par des **courants alternatifs**, les bobines et les condensateurs réagissent différemment :
 - **le condensateur ne laissera passer que la composante alternative** d'une tension
 - **la bobine s'opposera à toutes variations de l'intensité** qui la parcourt.
- Bien que ces phénomènes se mesurent en ohms, on ne peut plus parler de résistance. Le terme d'**impédance** (*notée Z*) est employé et plus précisément :
 - **réactance** dans la cas de la bobine
 - **capacitance** (ou réactance négative) pour le condensateur
 - *les impédiments sont les bagages qui ralentissent la marche d'une armée.*
- **Aucune énergie n'est consommée** : les bobines et les condensateurs, s'ils sont parfaits, emmagasinent l'énergie puis la restituent à l'identique (*pas de perte en chaleur ou dans le champ magnétique de la bobine*).

2-3) Bobines et condensateurs

rappel : pulsation = ω (rad/s) = $2 \pi \cdot F(\text{Hz})$

- Calcul de l'impédance d'un **condensateur** :
 - **Capacitance** : $Z_C = 1 / \omega C = 1 / [2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) \cdot C(\text{F})]$
 - **formule simplifiée** : $Z(\Omega) = 159 / F(\text{MHz}) / C(\text{nF})$



- $C = Q / U$
- $C = (I \times t) / U$
- $t / C = U / I$
- $1 / (2\pi F \times C) = Z$

en cas de variation d'intensité, $t = 1/2\pi F$ (partie active)

- Calcul de l'impédance d'une **bobine** :
 - **Réactance** : $Z_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) \cdot L(\text{H})$
 - **formule simplifiée** : $Z(\Omega) = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H})$
 - $L = \Phi / I$
 - $L = (U \times t) / I$
 - $L / t = U / I$
 - $2\pi F \times L = Z$

en cas de variation de tension, $t = 1/2\pi F$ (partie active)

le calcul de l'impédance donné ici ne s'applique qu'à un signal sinusoïdal

2-3) Bobines et condensateurs

- Capacité équivalente d'un groupement de condensateurs:

- calcul inverse des résistances

- **série** : $C_t = 1 / [(1/C1) + (1/C2)] = (C1 \times C2) / (C1 + C2)$

répartition de la tension au prorata inverse : le plus petit condensateur a la tension la plus élevée à ses bornes ($Q = C \times U$ et $Q_{C1} = Q_{C2}$)

- **parallèle** : $C_t = C1 + C2$

*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF d'avril 2010*

- Inductance équivalente d'un groupement de bobines :

- calcul comme pour les résistances

- **série** : $L_t = L1 + L2 \pm M$

M = mutuelle induction

(± selon le sens des spires et valeur selon le coefficient de couplage)

- **parallèle** : *rarement utilisé et complexe en cas de mutuelle induction*

*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF d'octobre 2012*

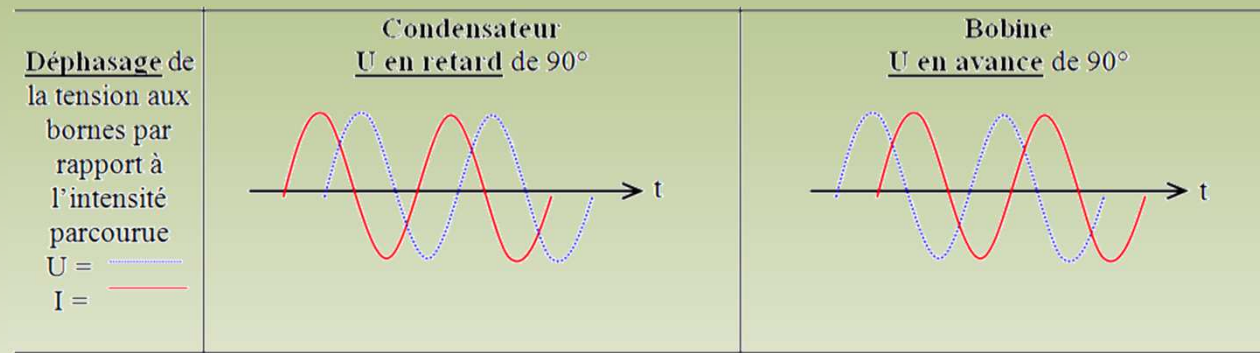
Bobines non
couplées
(perpen-
diculaires)





2-3) Bobines et condensateurs

- *Dans une résistance, tension et intensité sont en phase (loi d'Ohm)*
- *On mesure le déphasage par rapport à l'intensité.*



- Dans un **condensateur**,
 - il y a d'abord établissement du courant puis établissement de la tension car le courant remplit le condensateur.
 - La **tension est en retard de 90°** par rapport au courant
- Dans une **bobine**,
 - une tension est préalablement nécessaire pour générer un courant puis, une fois la réserve d'énergie créée sous la forme d'un champ magnétique, le courant s'établit.
 - La **tension est en avance de 90°** par rapport au courant



2-3) Bobines et condensateurs

- **Exemple 1** : un condensateur variable a une capacité de 100 pF. Quelle sera sa valeur si la surface des lames en vis à vis est diminué de moitié?

$$C = d \cdot S / E, \text{ si } S / 2 \text{ alors } C / 2 \text{ donc } C = 100 / 2 = \mathbf{50 \text{ pF}}$$

- **Exemple 2** : l'inductance d'une bobine cylindrique a une valeur de 5 μH . Cette bobine possède 40 spires. Quelle sera la valeur de l'inductance avec seulement 10 spires (en nH) ?

- $L = F \cdot N^2 \cdot D^2$; si $N / 4 \Rightarrow L / 4^2 \Rightarrow L / 16 \Rightarrow L = 5\mu\text{H} / 16 = 0,3125 \mu\text{H} = \mathbf{312,5 \text{ nH}}$

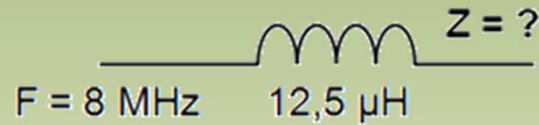
- Remarque : la bobine change de forme (*soit elle est plus courte, soit l'espace entre les spires augmente, ce qui implique que les spires « embrassent » moins le champ magnétique qui s'échappe plus facilement*). Donc, son inductance n'est pas exactement proportionnelle au carré des spires.



2-3) Bobines et condensateurs

• Exemples 3 et 4 :

Exemple 3 :



Réponse :

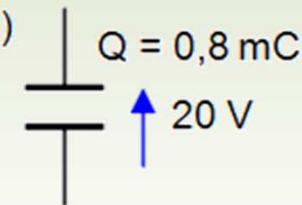
$$Z = \omega L = 2\pi FL = 6,28 \times 8 \cdot 10^6 \times 12,5 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 8 \times 12,5 = 628 \Omega$$

sur une calculette :

en écriture naturelle : $2 \times [\pi] \times 8 \cdot 10^6 (F) \times 12,5 \cdot 10^{-6} (L) = 628 \cdot 10^0 = 628 \Omega$

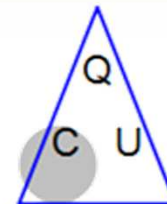
formule simplifiée : $6,28 \times 8 (F \text{ en MHz}) \times 12,5 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 628 \Omega$

Exemple 4 : quelle est la valeur du condensateur (en μF)
et la quantité d'énergie (en mJ) emmagasinée
dans le condensateur ?



Réponses : $C(F) = Q(C) / U(V) = 0,0008 / 20 = 0,00004 \text{ F} = 40 \mu\text{F}$

$$E(J) = \frac{1}{2} \times Q(C) \times U(V) = \frac{1}{2} \times 0,0008 \times 20 = 0,008 \text{ J} = 8 \text{ mJ}$$

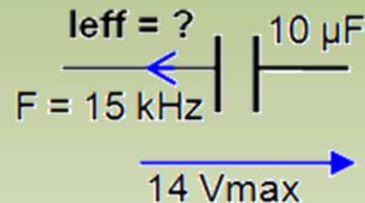




2-3) Bobines et condensateurs

• Exemples 5 et 6 :

Exemple 5 :



Réponse :

$$Z = 1 / (2\pi FC) = 1 / (6,28 \times 15 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^{-6}) = 10^3 / (6,28 \times 15 \times 10) = 1000 / (6,28 \times 150) \approx 1 \Omega$$

$$14 \text{ Vmax} \times 0,707 \approx 10 \text{ Veff}; I = U / Z = 10 \text{ V} / 1 \Omega = 10 \text{ Aeff (valeur exacte = 9,33)}$$

sur une calculette, calcul de l'impédance du condensateur :

en écriture naturelle : $Z = 1 \div (2 \times [\pi] \times 15 \cdot 10^3 (F) \times 10 \cdot 10^{-6} (C)) = 1,0610 \cdot 10^0 \approx 1$

formule simplifiée : $159 / (F \times C) = 159 \div 0,015 (F \text{ en MHz}) \div 10000 (C \text{ en nF}) \approx 1$

Exemple 6 : Calculer la capacité équivalente (en pF)



Réponse :

$$0,4 \text{ nF} = 400 \text{ pF}$$

$$C_t = C_1 + C_2 = 100 \text{ pF} + 400 \text{ pF} = 500 \text{ pF}$$

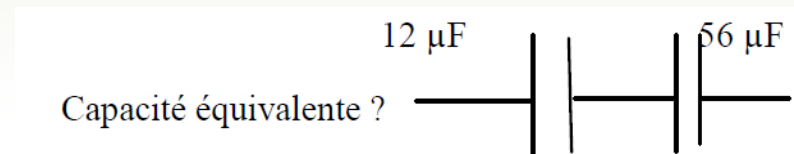


Les questions posées à l'examen

- **Quels sont les éléments déterminant la capacité d'un condensateur ?**
 - 1) la nature du diélectrique
 - 2) la distance entre les armatures
 - 3) la surface des armatures en regard
 - 4) la tension appliquée
 - 1, 2 et 3
 - 1, 2, 3 et 4
 - 2 et 3
 - 2, 3 et 4

- **Quel est l'effet de la réduction de l'épaisseur du diélectrique sur la valeur d'un condensateur ?**
 - La capacité est augmentée
 - La capacité est diminuée
 - La capacité ne change pas
 - La tension aux bornes du condensateur est augmentée

- **Capacité équivalente ?**
 - 68 μF
 - 15 μF
 - 8 μF
 - 10 μF





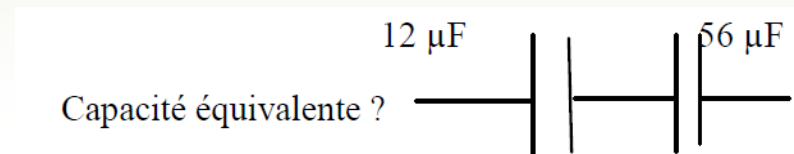
Les questions posées à l'examen

- Quels sont les éléments déterminant la capacité d'un condensateur ?
 - 1) la nature du diélectrique
 - 2) la distance entre les armatures
 - 3) la surface des armatures en regard
 - 4) la tension appliquée
 - 1, 2 et 3 - *bonne réponse*
 - 1, 2, 3 et 4
 - 2 et 3
 - 2, 3 et 4

- Quel est l'effet de la réduction de l'épaisseur du diélectrique sur la valeur d'un condensateur ?
 - La capacité est augmentée - *bonne réponse*
 - La capacité est diminuée
 - La capacité ne change pas
 - La tension aux bornes du condensateur est augmentée

- Capacité équivalente ?

- 68 μF
- 15 μF
- 8 μF
- 10 μF - *bonne réponse*



$$C_T = (12 \times 56) / (12 + 56) = 672 / 68 = 9,88 \text{ arrondi à } \mathbf{10}$$



Les questions posées à l'examen

- **Capacité équivalente ?**

- 198 nF
- 33 nF
- 550 μ F
- 5,5 nF

6 condensateurs de 33 nF

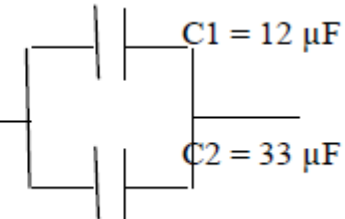
Capacité équivalente ?



- **Capacité équivalente ?**

- 8,8 μ F
- 45 μ F
- 88 μ F
- 45 mF

Capacité équivalente ?



- **Impédance d'un condensateur de 50 pF à 432 MHz ?**

- 7,4 Ω
- 135,6 Ω
- 21,6 Ω
- 10,8 Ω



Les questions posées à l'examen

• Capacité équivalente ?

- 198 nF
- 33 nF
- 550 μ F
- 5,5 nF - *bonne réponse*

$$C_T = 33 / 6 = 5,5 \text{ nF}$$

6 condensateurs de 33 nF

Capacité équivalente ?

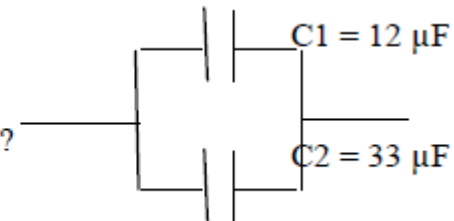


• Capacité équivalente ?

- 8,8 μ F
- 45 μ F - *bonne réponse*
- 88 μ F
- 45 mF

$$C_T = C_1 + C_2 = 12 + 33 = 45 \mu\text{F}$$

Capacité équivalente ?



• Impédance d'un condensateur de 50 pF à 432 MHz ?

- 7,4 Ω - *bonne réponse*
- 135,6 Ω
- 21,6 Ω
- 10,8 Ω

$$Z = 159 / F(\text{MHz}) / C(\text{nF}) = 159 / 432 / 0,05 = 7,361 \text{ ohms (formule simplifiée) ou}$$

$$Z = 1 / (2\pi \times F \times C) = 1 / (2 \times 3,14 \times 432 \cdot 10^6 \times 50 \cdot 10^{-12}) = 1 / (135648 \cdot 10^{-6}) = 7,372$$



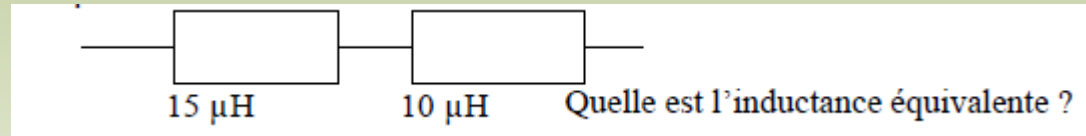
Les questions posées à l'examen

- **Que se passe-t-il si, sur une self, on double le nombre de spires ?**

- la valeur de la bobine est quadruplée
- la valeur de la bobine est doublée
- la valeur de la bobine est divisée par 2
- la valeur de la bobine est divisée par 4

- **Inductance équivalente ?**

- $6 \mu\text{H}$
- $150 \mu\text{F}$
- $5 \mu\text{F}$
- $25 \mu\text{H}$



- **Quelle est l'impédance d'une bobine de $50 \mu\text{H}$ à 50 Hz ?**

- $15,7 \text{ m}\Omega$
- $2,5 \text{ m}\Omega$
- $0,157 \Omega$
- $0,25 \Omega$

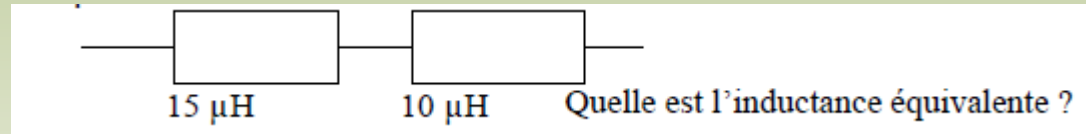


Les questions posées à l'examen

- Que se passe-t-il si, sur une self, on double le nombre de spires ?
 - la valeur de la bobine est quadruplée - *bonne réponse*
 - la valeur de la bobine est doublée
 - la valeur de la bobine est divisée par 2
 - la valeur de la bobine est divisée par 4

- Inductance équivalente ?

- 6 μH
- 150 μF
- 5 μF
- 25 μH - *bonne réponse*



$LT = L1+L2 = 10 + 15 = 25 \mu\text{H}$ (en supposant que les bobines ne sont pas couplées)

Attention aux représentations (parfois perturbantes) des composants ! ! !

- Quelle est l'impédance d'une bobine de 50 μH à 50 Hz ?
 - 15,7 $\text{m}\Omega$ - *bonne réponse*
 - 2,5 $\text{m}\Omega$
 - 0,157 Ω
 - 0,25 Ω

$$Z = 6,28 \times F \times L = 6,28 \times 0,000\ 05 \times 50 = 0,0157 \Omega = 15,7 \text{ m}\Omega \quad \text{ou}$$

$$Z = 2\pi \times F \times L = 2 \times 3,1416 \times 50 \times 50.10^{-6} = 15708.10^{-6} = 15,7.10^{-3} = 15,7 \text{ m}\Omega$$



Chapitre 2 – 2ème partie

1) valeur d'un condensateur



- Soit un condensateur formé de 4 morceaux de bakélite cuivrée simple face ($4 \times 4,5 \text{ cm}$; $e = 1 \text{ cm}$) superposés et reliés 2 à 2 en quinconce
- Déterminer la valeur du condensateur
 - formule : $C \text{ (pF)} = 8,85 \times S \text{ (cm}^2) / e \text{ (1/10 mm)}$
 - constante diélectrique de la bakélite : 3,7
 - épaisseur du diélectrique : 10 mm
- Vérifier par la mesure



$$4 \times 4,5 \text{ cm} = 18 \text{ cm}^2$$

$$\times 3$$

$$54 \text{ cm}^2$$



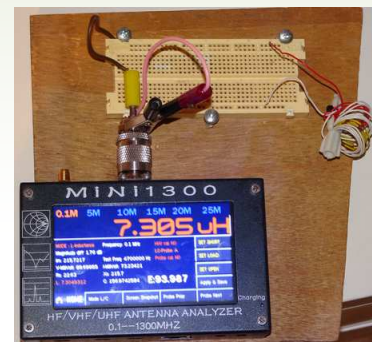


Chapitre 2 – 2ème partie

2) valeur d'une bobine en l'air



- Soit une bobine constituée de 20 spires en l'air longue de 1 cm et de 2,1 cm de diamètre intérieur,
- Estimer la valeur de la bobine
 - formule : $L(\mu\text{H}) = [N^2 \times D^2(\text{cm})] / [45 D(\text{cm}) + 100 \text{ long}(\text{cm})]$
 - valeur théorique de la bobine :
 - $(20^2 \times 2,1^2) / (45 \times 2,1 + 100 \times 1) = 1764 / 194 = 9,07 \mu\text{H}$
 - valeur mesurée :
 - 9,10 μH
 - Modifier la forme de la bobine et y introduire un barreau de ferrite pour observer l'effet sur sa valeur





Chapitre 2 – 2ème partie

3) valeur d'une bobine sur ferrite



- Soit une bobine longue de 2,5 cm constituée de 100 spires entourant un barreau de ferrite Mn Zn de 1 cm de diamètre,
- Estimer le μ_r du barreau de ferrite
 - formule : $L(\mu\text{H}) = [N^2 \times D^2(\text{cm})] / [45 D(\text{cm}) + 100 \text{ long}(\text{cm})]$
 - valeur théorique de la bobine :
 - $[100^2 \times 1^2] / [(45 \times 1) + 100 \times 2,5] = 10.000 / (45 + 250) = 34 \mu\text{H}$
 - valeur mesurée :
 - 780 μH
 - μ_r supposé du ferrite :
 - $780 / 34 = 23$
- **Notez la résistance pure au courant continu mesurée par l'instrument**



Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL,
sur 144,575 MHz (FM) ou sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Les cours*" puis "*Certificat Radioamateur*"

f6kgl.f5kff@free.fr

<https://www.f6kgl-f5kff.fr>