

II La bobine - l'inductance – la self-induction

II.1 La bobine – l'inductance - la self-induction - généralités

Rappel du cours :

La bobine est un composant passif non polarisé (indépendant du sens du courant qui la traverse, ce qui n'est pas le cas des diodes et de certains condensateurs).

Une bobine est constituée d'un enroulement d'un fil conducteur (ou de plusieurs) à spires jointives ou non, en une ou plusieurs couches sur un support ou non. Comme indiqué dans le cours, il faut éviter d'utiliser le terme « self » pour désigner un enroulement électrique. En effet, c'est un anglicisme mal utilisé : il y a confusion entre le phénomène physique (self-induction) et l'élément matériel qui le produit (bobine).

La bobine fonctionne grâce à ses propriétés électromagnétiques. En effet, le courant qui parcourt la bobine génère un champ électromagnétique autour et à l'intérieur des spires. Ce champ constitue la réserve d'énergie de la bobine (loi de Laplace)

L'inductance d'un composant est sa caractéristique à produire un champ magnétique à travers la section entourée par ce composant lorsqu'il est traversé par un courant.

L'unité de l'inductance est le Henry dont le symbole est la lettre H. Le Henry est l'inductance d'une bobine constituée d'une seule spire, parcourue par un courant de 1 ampère et générant un flux Φ de 1 weber qui, lui-même, peut libérer une énergie égale à 1 joule.

La quantité d'énergie emmagasinée dans une bobine est donnée par la formule $E = \frac{1}{2} L * I^2$

Dans une bobine idéale il n'y a pas de dissipation d'énergie comme dans le cas de la résistance par effet joule (chaleur). Elle emmagasine de l'énergie électromagnétique et la restitue un laps de temps plus tard.

La gamme des inductances produites par l'industrie s'étend de quelques dizaines de nano henrys ($nH = 1 * 10^{-9}H$) à quelques henrys et ont des valeurs normalisées sauf commande spéciale (en grande quantité).

L'**inductance** d'une bobine dépend de la forme de la bobine, de sa section (donc du carré de son diamètre) et du carré du nombre de ses spires.

Si la capacité des condensateurs est assez facile à déterminer grâce à ses dimensions, il n'existe aucune formule fiable pour le calcul de l'inductance des bobines : chacune a ses limites, toutes utilisent un coefficient issu du rapport diamètre/longueur de la bobine. La formule citée dans le tableau comparatif ne fonctionne qu'avec une bobine sans noyau comportant une seule couche de spires jointives et dont le rapport diamètre/longueur est compris entre 0,5 et 1. Pour un rapport différent ou des spires non jointives, le résultat sera une approximation quelquefois suffisante.

L'inductance d'un fil rectiligne en cuivre est d'environ 1 μH par mètre.

Les grandeurs électromagnétiques sont :

- H (à ne pas confondre avec le H de l'unité des bobines, le Henry) est l'excitation magnétique d'une bobine mesurée en ampère-mètres (A.m) pour les fils rectilignes et en ampère-tours (A.t) pour les bobines,
- B est l'induction magnétique du champ mesurée en Tesla (1 Tesla = 10.000 Gauss). B est la valeur de l'excitation H agissant sur une surface plane et perpendiculaire à ses lignes de force.

- μ (lettre grecque mu minuscule) est la perméabilité, c'est à dire l'aptitude d'un matériau (ou d'un milieu) à guider les champs magnétiques. μ est mesuré en H/m (Henry par mètre) et est donné par le rapport B / H .

- F (lettre grecque phi majuscule) est le flux d'induction magnétique mesuré en weber (Wb). F est la force électromagnétique créant aux bornes de la bobine une force électromotrice de 1 volt pendant 1 seconde.

Par définition, le Henry (H) est l'inductance d'une bobine constituée d'une seule spire, parcourue par un courant de 1 ampère et générant un flux F de 1 weber qui, lui-même, peut libérer une énergie égale à 1 joule.

L'inductance de la bobine augmente en introduisant un noyau magnétique à l'intérieur des spires, ce qui augmente artificiellement la section de la bobine. Le noyau est constitué de différents matériaux (feuille de tôle, ferrite, poudre ferromagnétique) ayant chacun leur perméabilité relative notée μ_r et calculée par rapport à la perméabilité du vide, μ_0 , égale à $4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$. L'air sec a la même perméabilité que le vide. Les matériaux magnétiques sont le fer, le nickel, le cobalt et leurs alliages. Les ferrites sont des mélanges à base d'oxydes de fer. Leur μ_r varie de 20 à 3000 selon le matériau employé et leur forme. Elles sont utilisables sur une plage de fréquence donnée par le fabricant. Les conducteurs dont le μ_r est proche de 1 sont appelés paramagnétiques (aluminium, manganèse) s'ils s'aimantent dans le sens du champ magnétisant ou diamagnétiques (cuivre, zinc) s'ils s'aimantent en sens inverse.

$$L(\text{H}) = N \cdot F(\text{Wb}) / I(\text{A})$$

N = nombre de spires ; I = intensité parcourue

F = flux généré par la bobine (en Weber)

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

La représentation de la bobine dans un schéma peut prendre 2 formes :



Bobine



Bobine à noyau
de ferrite



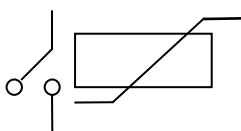
Bobine à noyau
de fer doux

La représentation de la bobine ajustable dans un schéma :

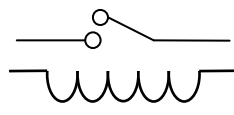


Bobine à noyau ajustable

La représentation de la bobine d'un électroaimant (relais) :



(Bobine) relais



La réactance d'une bobine dépend de la fréquence du courant qui la traverse et de son inductance :

Réactance de la bobine = $Z = 2 \pi L f = L \omega$ avec f = fréquence et ω pulsation du courant.

La tension aux bornes de la bobine :

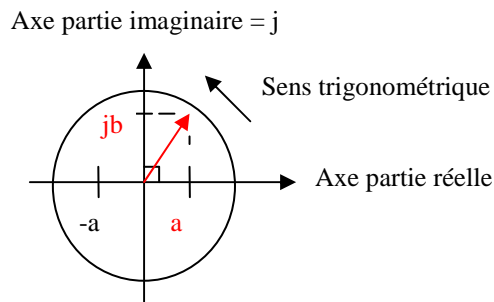
$U = j L \omega I$ (le symbole j représente la partie imaginaire d'un nombre complexe et ici signifie que la tension est déphasée (décalée) de $+90^\circ$ (en avance) par rapport à l'intensité) (voir ci-dessous le petit rappel sur les nombres complexes).

Si on ajoute en série avec la bobine une résistance, on a alors :

$U = R I + j L \omega I = (R + j L \omega) I = Z I$ (avec $Z = R + j L \omega$)

Petit rappel sur les nombres complexes et leurs représentations trigonométriques, soit un nombre complexe $X = a + jb$ (a est la partie réelle et b est la partie imaginaire du nombre complexe).

Le cercle trigonométrique ci-dessous montre que la partie imaginaire jb est déphasée de $+90^\circ$ (en avance) par rapport à a (la partie réelle).



Cercle trigonométrique

Remarque : $j * j = -1$ (en effet 2 déphasages (décalages) de $+90^\circ = 180^\circ$ et on se retrouve sur l'axe de la partie réelle mais du côté négatif)

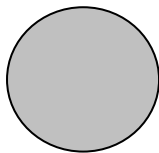
II.2 L'effet de peau

Rappels du cours :

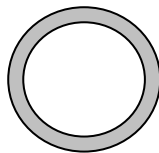
L'effet de peau, important en hautes fréquences, fait que le courant ne se déplace qu'à la surface des conducteurs. L'épaisseur de la peau d'un fil de cuivre (en μm , microns) dans laquelle passera le courant est estimée par la formule suivante : $e = 66 \sqrt{f}$ (F en Mhz).

Fréquence	Epaisseur de la peau
20 khz	0,5 mm
1 Mhz	66 μm
30 Mhz	12 μm
150 Mhz	5 μm
1 Ghz	2 μm

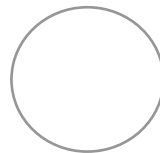
Répartition du courant (en gris) dans un fil de 2 mm de diamètre à une fréquence de



Continu



20 Khz



> 1 Mhz

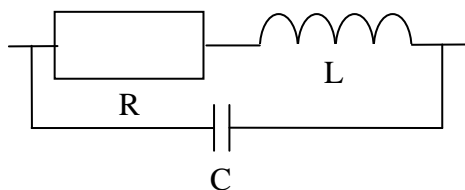
Remarque importante : la valeur de la résistance d'un fil en haute fréquence n'a rien à voir avec celle relevée en continu avec un ohmmètre, elle est beaucoup plus grande.

Pour diminuer l'effet de peau, on recouvre le fil d'un métal très conducteur (ex = argent) et traité contre l'oxydation qui est en général un isolant.

II.3 La bobine réelle

La bobine (composant) dont le comportement n'est décrit que par l'inductance (phénomène de self-induction) n'existe pas (c'est une inductance idéale (théorique)). De part la technologie utilisée pour sa fabrication (fil, spires, etc...) elle comporte des éléments « parasites » en série une résistance (celle du fil la constituant mais aussi celle due à l'effet de peau qui est prédominante dès que la fréquence augmente) et en parallèle une capacité (entre spires, etc..) qui changent son comportement en haute et très haute fréquences.

Le schéma réel d'une bobine :



Ce schéma réel montre qu'une bobine insérée, par exemple dans un montage amplificateur, peut être le siège d'oscillations non désirées à la fréquence de résonance du circuit bouchon formée par la bobine réelle.

Il faut donc choisir avec précaution la bobine pour la gamme de fréquences d'utilisation (bien en-dessous de sa fréquence de résonance).

Le facteur de qualité d'une bobine réelle :

Le rapport entre l'impédance de la bobine et sa résistance pure détermine le déphasage mais aussi le coefficient de qualité appelé facteur Q : on a $Q = Z / R$ (ou $Q = 1 / \cos \alpha$).

Q exprime le rapport entre l'énergie totale emmagasinée dans le composant et l'énergie qui sera dissipée en chaleur.

Si R est petit par rapport à Z, le déphasage est faible et $Q = 2\pi FL/R$. Q dépend donc de la fréquence mais aussi de la résistance pure : plus R est petit, plus le coefficient de qualité Q est important et meilleur est la bobine.

(Voir plus loin des exemples du facteur Q donnés par les fabricants de bobine dans les tableaux).

II.4 Le groupement des bobines

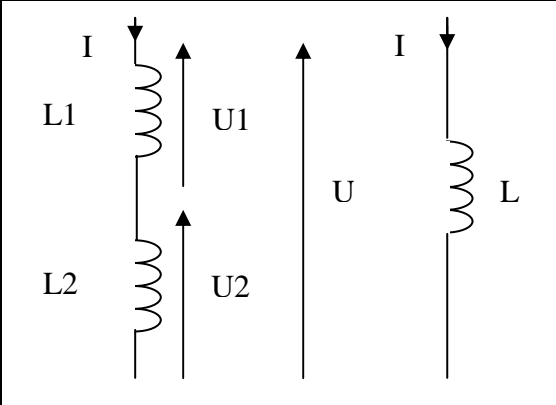
Il peut être utile de recourir à un groupement de bobines pour disposer d'une valeur de bobine qui n'existe pas dans les valeurs normalisées produites par l'industrie ou pour des raisons de place ou autres. Cependant le groupement de bobines est très peu utilisé.

Il existe 2 types de groupement : série et parallèle.

Remarques :

- le résultat du groupement des bobines est analogue à celui des résistances (voir chapitre suivant).
- il faut faire très attention à la disposition des bobines les unes par rapport aux autres, si elles sont proches et dans le même axe leur influence mutuelle est maximale (phénomène de couplage). Par contre si elles sont disposées à 90° les unes par rapport aux autres l'influence mutuelle est minimale ($\neq 0$). Pour minimiser, l'influence mutuelle on peut recourir à des blindages ou à une bobine sur un tore.

II.4.1 Le groupement de bobines en série

	<p>Formules</p> $U = j L \omega I$ $U = U1 + U2 = jL1\omega I + jL2\omega I = j (L1 + L2) I$ <p>Car I est le même dans les 2 schémas, et donc</p> $L = L1 + L2$ <p>Dans un groupement en série, l'inductance équivalente est la somme des inductances et donc plus grande que la plus grande des inductances du groupement.</p> <p>Exemple : $L1 = 100 \mu\text{H}$, $L2 = 1\text{mH}$</p> $\rightarrow L = 100 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-3}\text{H} = 1,1 \text{ mH}$
---	--

II.4.2 Le groupement de bobines en parallèle

	<p>Formules</p> $U = jL\omega I$ $I = I1 + I2 \text{ et } U = jL1\omega I1 = jL2\omega I2$ <p>U est le même dans les 2 schémas, donc</p> $L = \frac{L1 \times L2}{L1 + L2}$ <p>Dans un groupement en parallèle, l'inductance équivalente est plus petite que la plus petite des inductances du groupement.</p> <p>Exemple : $L1 = 100 \mu\text{H}$, $R2 = 1 \text{ mH}$</p> $\rightarrow L = \frac{100 \cdot 10^{-3} \times 1000 \cdot 10^{-3}}{(100 + 1000) \cdot 10^{-3}} = \frac{100000}{1100} = 90,90 \mu\text{H}$
--	--

II.5 Les différents types de bobine

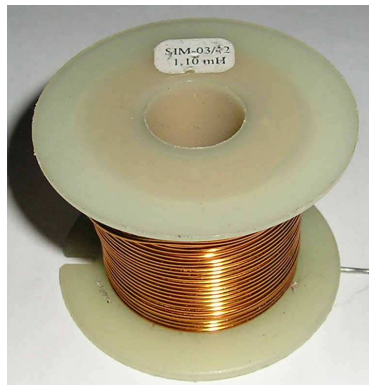
II.5.1 La bobine à air

Bobine à air à spires jointives à plusieurs couches



Bobine à spires jointives à plusieurs couches de fil de cuivre émaillé destinée aux basses fréquences et utilisée pour construire des filtres d'enceintes acoustiques Hi-fi

Ici une bobine de 0,85 mH



Bobine à spires jointives à plusieurs couches de fil de cuivre émaillé destinée aux basses fréquences et utilisée pour construire des filtres d'enceintes acoustiques Hi-fi

Ici une bobine de 1,10 mH


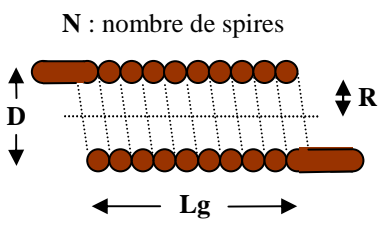


Bobine à spires jointives à une seule couche

Appelée Solénoïde (lorsque la longueur est plus grande que la hauteur).

II.5.2 Formule de calcul de l'inductance d'une bobine à air à spires jointives

Une seule couche

Formule

1^{ère} formule :

$$L = \frac{k * D * N^2}{1000}$$

k = coefficient dépendant du diamètre D et de la longueur Lg.

$$k = \frac{100 * D}{4 * D + 11 * Lg}$$

2^{ème} formule

Formule de Nagaoka simplifiée

$$L = \frac{N^2 * R^2}{22,5 R + 25 Lg}$$

L en µH, Lg en cm

3^{ème} formule

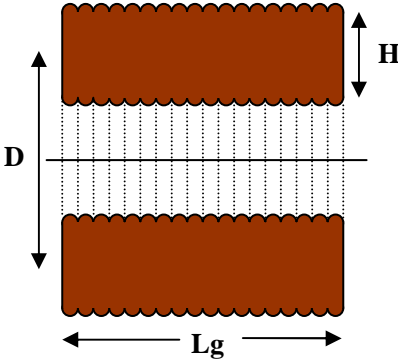
$$L_{1c} = \frac{98,75 * N^2 * D^2 * k_1}{Lg}$$

L en µH, Lg en cm, D en cm, R en cm

L_{1c} : inductance de la bobine à 1 couche
D : diamètre en cm,
R : rayon intérieur (cm),
Lg : longueur (cm),
N : nombre de spires
k₁ : facteur de correction fonction du rapport D / Lg voir tableau ci-dessous

D/Lg	k ₁
0,1	0,96
0,2	0,92
0,5	0,82
1,0	0,70
2,0	0,52
5,0	0,32
10	0,20
20	0,12
50	0,06

Plusieurs couches pour une grande bobine



Bobine de grande taille à plusieurs couches de spires jointives

Formule :

$$L_{\text{grande}} = L_{1c} - 1,08 * \frac{D * H * N^2}{Lg} * k_{\text{grande}}$$

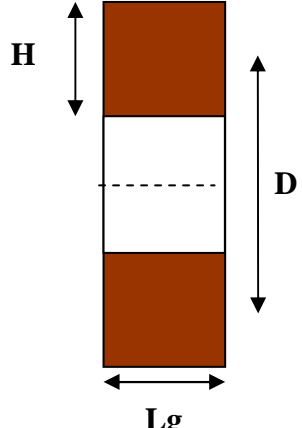
L_{1c} : inductance de la bobine courte
 D : diamètre mesuré entre les centres des 2 bobinages (cm)
 H : épaisseur du bobinage (cm)
 N : nombre de spires
 Lg : longueur de la bobine (cm)
 k_{grande} : le facteur de correction de la grande bobine dépend du rapport Lg/H

Lg/H	k_{grande}
1	0,70
2	0,82
3	0,83
4	0,90
5	0,92
7	0,95
10	0,97
20	1,00

Autre formule :

$$L = \frac{0,08 * D^2 * N^2}{3 d + 9 Lg + 10 H}$$

L : inductance en μH



Bobine courte à plusieurs couches de spires jointives

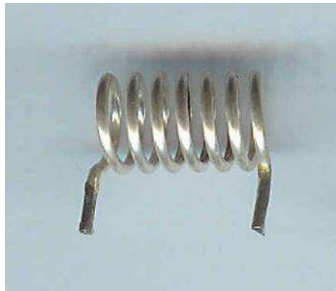
Si $D = 3 * Lg$ et $H = Lg$ on a la formule simplifiée :

$$L = \frac{D * N^2}{100}$$

Bobine à air à spires non jointives



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre émaillé destinée aux hautes fréquences,



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux hautes fréquences,



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux très hautes fréquences,

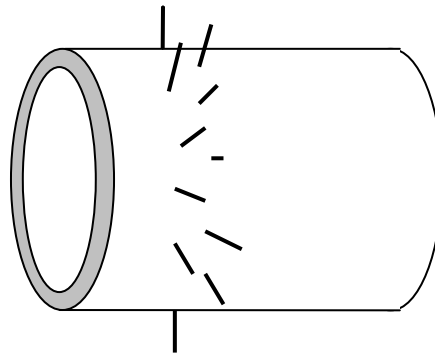


Bobine à 3/4 spire (épingle à cheveux) et une ligne de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux très hautes fréquences,
Pour une ligne, l'inductance est d'environ de 1 μH par m

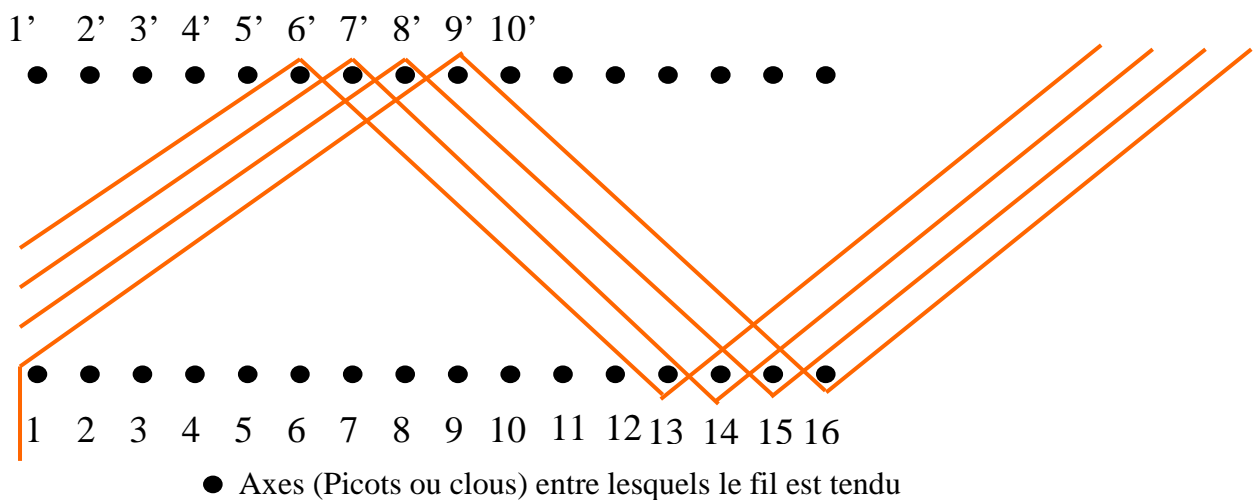
II.5.3 La bobine en « nid d'abeille »

Autrefois, certaines bobines étaient fabriquées sur un cylindre de carton ou de bakélite puis plus tard en plastique et bobinées selon un procédé dit en "nid d'abeille". Cela permettait de fabriquer des bobines à faibles capacités réparties afin de pouvoir « monter plus haut en fréquence ».

En effet, lorsque deux fils isolés sont bobinés en parallèles et en contact (mais isolés !), ils présentent une capacité « parasite » plus importante que s'ils étaient croisés (et à angle droit). Ainsi ce type de bobinage est utilisé lorsque le nombre de spires de la bobine à fabriquer est important.



Clous plantés sur un tube (mandrin) autour desquels le fil est tendu, puis les fils sont recouverts de vernis et les clous retirés.

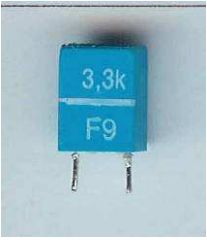
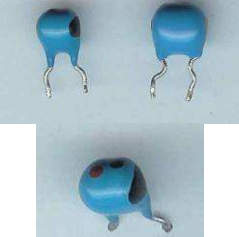


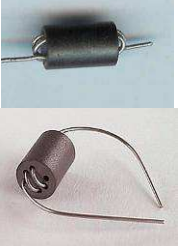
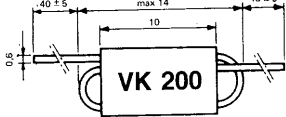


L'ordre de passage du fil autour des 2 rangées de 16 picots sera :

1, 9', 16, 8', 15, 7', 14, 6', 12', 3, 11', 2, 10', 1 ...

II.5.4 La bobine moulée et la bobine de choc

Quelques fabricants Microspire, Neosid, Schaffner, Toko,

	<p>Noyau en ferrite dans un boîtier en plastique, fils de connexion radiaux au pas de 5,08 mm. Tolérance : $\pm 5\%$. Puissance dissipée autorisée à 40°C/240 mW</p> <p>Utilisation : découplage, correction ou antiparasitage dans la gamme hautes fréquences/basses fréquences et dans les circuits sélectifs..</p> <p>Valeur exprimée en μH ici 3,3k = 3300 μH = 3,3 mH</p> <p>←Bobine Moulée Neosid et le tableau →</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>$L \pm 5\%$ [μH]</th> <th>f [kHz]</th> <th>Q %</th> <th>f [MHz]</th> <th>$f_{\text{res}} \geq$ [MHz]</th> <th>$R \leq$ [Ω]</th> <th>I_{max} [mA]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10*</td><td>100</td><td>55</td><td>1</td><td>38</td><td>0,55</td><td>660</td></tr> <tr><td>12</td><td>100</td><td>55</td><td>1</td><td>32</td><td>0,6</td><td>630</td></tr> <tr><td>15</td><td>100</td><td>60</td><td>1</td><td>27</td><td>0,7</td><td>580</td></tr> <tr><td>18</td><td>100</td><td>60</td><td>1</td><td>23</td><td>0,75</td><td>550</td></tr> <tr><td>22</td><td>100</td><td>60</td><td>1</td><td>20</td><td>0,85</td><td>530</td></tr> <tr><td>27</td><td>30</td><td>60</td><td>1</td><td>18</td><td>0,9</td><td>510</td></tr> <tr><td>33</td><td>30</td><td>60</td><td>1</td><td>16</td><td>0,95</td><td>500</td></tr> <tr><td>39</td><td>30</td><td>60</td><td>1</td><td>14</td><td>1,1</td><td>470</td></tr> <tr><td>47</td><td>30</td><td>60</td><td>1</td><td>12</td><td>1,2</td><td>450</td></tr> <tr><td>56</td><td>30</td><td>60</td><td>1</td><td>11</td><td>1,3</td><td>440</td></tr> <tr><td>68</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>10</td><td>1,4</td><td>410</td></tr> <tr><td>82</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>8</td><td>1,6</td><td>390</td></tr> <tr><td>100</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>7</td><td>1,8</td><td>360</td></tr> <tr><td>120</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>5,5</td><td>2</td><td>350</td></tr> <tr><td>150</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>4,5</td><td>2,2</td><td>330</td></tr> <tr><td>180</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>2,8</td><td>2,5</td><td>310</td></tr> <tr><td>220</td><td>30</td><td>50</td><td>0,5</td><td>2,5</td><td>2,8</td><td>290</td></tr> <tr><td>270</td><td>10</td><td>50</td><td>0,5</td><td>2,2</td><td>3,1</td><td>275</td></tr> <tr><td>330</td><td>10</td><td>50</td><td>0,5</td><td>2</td><td>3,4</td><td>260</td></tr> <tr><td>390</td><td>10</td><td>65</td><td>0,5</td><td>3,5</td><td>8</td><td>180</td></tr> <tr><td>470</td><td>10</td><td>70</td><td>0,5</td><td>3</td><td>9</td><td>170</td></tr> <tr><td>560</td><td>10</td><td>70</td><td>0,5</td><td>2,5</td><td>10</td><td>160</td></tr> <tr><td>680</td><td>10</td><td>70</td><td>0,5</td><td>1,5</td><td>11</td><td>140</td></tr> <tr><td>820</td><td>10</td><td>70</td><td>0,5</td><td>1,5</td><td>12</td><td>140</td></tr> </tbody> </table>	$L \pm 5\%$ [μH]	f [kHz]	Q %	f [MHz]	$f_{\text{res}} \geq$ [MHz]	$R \leq$ [Ω]	I_{max} [mA]	10*	100	55	1	38	0,55	660	12	100	55	1	32	0,6	630	15	100	60	1	27	0,7	580	18	100	60	1	23	0,75	550	22	100	60	1	20	0,85	530	27	30	60	1	18	0,9	510	33	30	60	1	16	0,95	500	39	30	60	1	14	1,1	470	47	30	60	1	12	1,2	450	56	30	60	1	11	1,3	440	68	30	50	0,5	10	1,4	410	82	30	50	0,5	8	1,6	390	100	30	50	0,5	7	1,8	360	120	30	50	0,5	5,5	2	350	150	30	50	0,5	4,5	2,2	330	180	30	50	0,5	2,8	2,5	310	220	30	50	0,5	2,5	2,8	290	270	10	50	0,5	2,2	3,1	275	330	10	50	0,5	2	3,4	260	390	10	65	0,5	3,5	8	180	470	10	70	0,5	3	9	170	560	10	70	0,5	2,5	10	160	680	10	70	0,5	1,5	11	140	820	10	70	0,5	1,5	12	140
$L \pm 5\%$ [μH]	f [kHz]	Q %	f [MHz]	$f_{\text{res}} \geq$ [MHz]	$R \leq$ [Ω]	I_{max} [mA]																																																																																																																																																																											
10*	100	55	1	38	0,55	660																																																																																																																																																																											
12	100	55	1	32	0,6	630																																																																																																																																																																											
15	100	60	1	27	0,7	580																																																																																																																																																																											
18	100	60	1	23	0,75	550																																																																																																																																																																											
22	100	60	1	20	0,85	530																																																																																																																																																																											
27	30	60	1	18	0,9	510																																																																																																																																																																											
33	30	60	1	16	0,95	500																																																																																																																																																																											
39	30	60	1	14	1,1	470																																																																																																																																																																											
47	30	60	1	12	1,2	450																																																																																																																																																																											
56	30	60	1	11	1,3	440																																																																																																																																																																											
68	30	50	0,5	10	1,4	410																																																																																																																																																																											
82	30	50	0,5	8	1,6	390																																																																																																																																																																											
100	30	50	0,5	7	1,8	360																																																																																																																																																																											
120	30	50	0,5	5,5	2	350																																																																																																																																																																											
150	30	50	0,5	4,5	2,2	330																																																																																																																																																																											
180	30	50	0,5	2,8	2,5	310																																																																																																																																																																											
220	30	50	0,5	2,5	2,8	290																																																																																																																																																																											
270	10	50	0,5	2,2	3,1	275																																																																																																																																																																											
330	10	50	0,5	2	3,4	260																																																																																																																																																																											
390	10	65	0,5	3,5	8	180																																																																																																																																																																											
470	10	70	0,5	3	9	170																																																																																																																																																																											
560	10	70	0,5	2,5	10	160																																																																																																																																																																											
680	10	70	0,5	1,5	11	140																																																																																																																																																																											
820	10	70	0,5	1,5	12	140																																																																																																																																																																											
	<p>Voir le code des couleurs pour la valeur de l'inductance.</p> <p>← Ici une bobine de 10 μH</p>																																																																																																																																																																																
	<p>La valeur est indiquée sur le dessus suivant le code IEC (voir le code de marquage)</p> <p>Ici : 102 = 1000 μH</p>																																																																																																																																																																																
	<p>Bobine de 5 μH : 27 spires de fil de cuivre \varnothing 0.5 mm bobinées sur un bâtonnet ferrite de \varnothing 1.6 mm de 18 mm de long.</p>																																																																																																																																																																																
	<p>Bobine de choc VK200 (self de choc) sur tube de ferrite, Dimensions : \varnothing : 6 mm, L = 10mm (14 max)</p> <p>2,5 spires, 10 μH 1,5 spires, 10 μH Impédance $Z = 600 \Omega$ à 50Mhz, $Z_{\text{max}} = 850 \Omega$ à 150 Mhz</p>	<p>Utilisation : suppression / diminution des rayonnements parasites, les couplages non désirés dans les circuits radio, etc...</p> 																																																																																																																																																																															

Le **ferrite** est une céramique ferromagnétique à base d'oxyde de fer, elle est fragile et peut se casser (ex : bâton de ferrite (#20 cm de long) d'un cadre magnétique pour la réception des ondes longues, moyennes et courtes dans un récepteur radio classique.

En radio et électronique, une ferrite est un composant utilisé pour supprimer/diminuer les parasites HF et les couplages non désirés.