

Bobine (électricité)

Une **bobine**, **self**, **solénoïde**, ou **auto-inductance** est un composant courant en électrotechnique et électronique. Une bobine est constituée d'un bobinage ou enroulement d'un fil conducteur éventuellement autour d'un noyau en matériau ferromagnétique. Ce noyau est également appelé dans la langue courante "noyau de ferrite". Les physiciens français l'appellent couramment « bobine d'inductance » ou, plus souvent et abusivement, « inductance ». Cependant, le terme *inductance* désigne normalement une caractéristique de la bobine. Le terme de bobine peut aussi désigner un dispositif destiné à produire des tensions élevées.



Une bobine torique - Un fil isolé est enroulé autour d'un noyau de ferrite

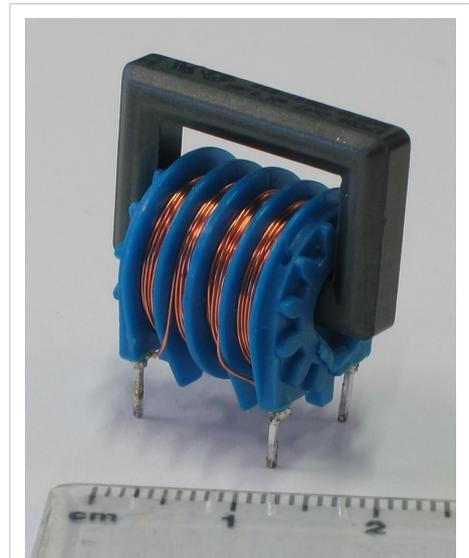
Utilisations

Une bobine peut être employée pour diverses fonctions :

- assurer l'élimination des parasites d'une alimentation électrique ou d'un signal analogique, elle joue alors le rôle d'impédance ;
- raccourcir une antenne (la bobine joue le rôle d'amplificateur de signal) ;
- accorder en impédance un circuit ;
- créer un filtre pour une fréquence ou une bande de fréquences particulière ;
- lisser les courants continus (le bruit est éliminé) ou contrôler la croissance des courants dans les dispositifs d'électronique de puissance ;
- stocker de l'énergie électromagnétique (magnétique en l'occurrence) sous la forme :

$$W = \frac{1}{2} L \cdot i^2. \text{ Il faut alors que sa résistance soit très faible. En}$$

fait l'énergie est entièrement stockée dans le champ magnétique dans le noyau de la bobine. En comparaison, l'énergie électromagnétique est purement stockée dans le champ électrique d'un condensateur, un autre type de composant de circuit. Des bobines en supraconducteur, appelées SMES (*Superconducting Magnet Energy Storage*) sont utilisées pour cette application.

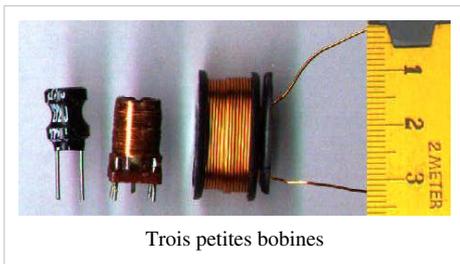


Une bobine d'arrêt de 47mH.

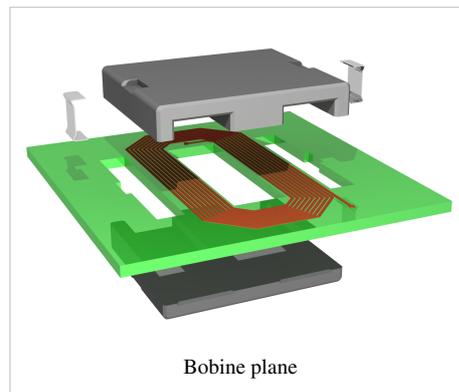
- Les bobines peuvent servir d'interrupteur commandé dans le cadre de la régulation magnétique. Ce phénomène peut s'observer à partir d'une expérience simple: Pour cela, on utilise un transformateur qui, aux bornes où la tension est abaissée une pile est reliée. Lorsque on la déconnecte, une étincelle surgit sur la borne d'où l'on a déconnecté la pile. Cependant, si les deux fils de l'autre côté du transformateur sont suffisamment proches, une étincelle à très haute énergie peut surgir. Le transformateur dans ces circonstances devient un survolteur. Lorsque la pile est connectée, la première bobine se charge et lorsqu'on la débranche, elle se vide dans la deuxième. Grâce à ceci, la bobine peut servir d'interrupteur. Le fait d'utiliser le transformateur comme survolteur dans ce cas présent permet de visualiser le phénomène grâce aux étincelles produites.
- Les ballasts magnétiques et électroniques pour l'éclairage par lampes à décharges (lampes fluorescentes, lampes aux halogénures métalliques, etc.) utilisent des bobines. Dans ces circonstances, la bobine sert à générer un courant de haut voltage en pic: la tension n'est pas alternative mais elle est variable et n'est non nulle qu'un très court instant par rapport au moment où la tension est nulle.



Un ballast pour lampe fluorescente.



Trois petites bobines

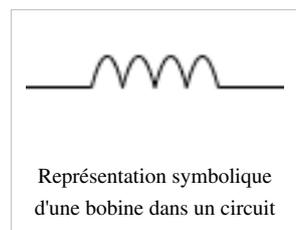


Bobine plane



Bobine à air

Une **bobine** est un terme générique en électricité pour désigner un dipôle formé de une à une multitude de spires de fil autour d'un noyau. Ce noyau peut être vide ou en un matériau favorisant l'induction magnétique (matériau ferromagnétique, afin d'augmenter la valeur de l'inductance). Il peut être également fermé, avec ou sans entrefer, afin de constituer un circuit magnétique fermé.



Représentation symbolique d'une bobine dans un circuit

Dans le cas d'une bobine avec noyau magnétique, il ne faut pas dépasser en valeur instantanée la valeur maximale de l'intensité prescrite par le constructeur. En cas de dépassement, même très bref, on risque de « saturer » le circuit magnétique, ce qui provoque une diminution de la valeur de l'inductance pouvant entraîner une surintensité.

C'est donc un dipôle électrique auto-inductif plus ou moins linéaire qui est caractérisé principalement par son inductance, mais également par une résistance électrique (celle du fil utilisé, a priori faible), mais principale responsable des pertes.

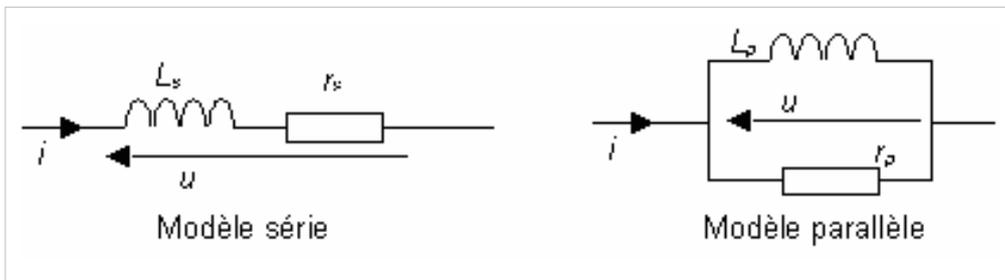
Modèles de la bobine réelle

La bobine idéale est modélisée par une auto-inductance notée généralement L .

Mais la bobine réelle (particulièrement si elle est bobinée autour d'un matériau ferromagnétique) est un dipôle complexe possédant de nombreux paramètres et aussi le siège de phénomènes physiques dont certains sont la cause de non-linéarité (par exemple les phénomènes d'hystérésis).

Modèles à dipôles

Les modèles les plus simples et les plus fréquemment utilisés sont ceux correspondant à l'association d'une bobine d'inductance et d'une résistance :



Modèle série

Il est constitué de l'association en série d'une bobine d'inductance et d'une résistance :

Il correspond à l'équation suivante

$$u = L_s \cdot \frac{di}{dt} + r_s \cdot i$$

Modèle parallèle

Il est constitué de l'association en parallèle d'une bobine d'inductance et d'une résistance :

Il correspond à l'équation suivante

$$i = \frac{1}{L_p} \cdot \int_t u dt + \frac{u}{r_p}$$

Équivalence entre les deux modèles

En régime sinusoïdal de fréquence f et de pulsation ω , les deux modèles précédents sont équivalents et interchangeables à condition de poser :

- $r_p = r_s (1 + Q^2)$
- $L_p \omega = L_s \omega \left(\frac{1 + Q^2}{Q^2} \right)$

Avec $Q = \frac{L_s \omega}{r_s} = \frac{r_p}{L_p \omega}$: **facteur de qualité** de la bobine

Modèles à trois dipôles

Aux modèles précédents, il est parfois nécessaire d'ajouter un condensateur en parallèle avec l'ensemble afin de rendre compte des effets capacitifs apparaissant entre les spires. Cette valeur de capacité est très faible mais elle devient prédominante à très grande fréquence.

Relation entre la tension et l'intensité

La tension u_B aux bornes de la bobine et l'intensité i du courant sont reliés par l'équation différentielle :

$$u_B = L \frac{di}{dt} + ri$$

où L est l'inductance de la bobine et r sa résistance propre (dans le cas d'une bobine parfaite, $r = 0$).

Comportement d'une bobine soumise à un échelon de tension

Lorsque la bobine est soumise brutalement à une tension constante E avec une résistance r en série, l'équation différentielle admet pour solution :

$$i = \frac{E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right),$$

où $\tau = \frac{L}{r}$ est la *constante de temps* de la bobine.

Démonstration mathématique

Si on admet que les solutions de l'équation différentielle sont de la forme $i = A + Be^{Ct}$ où A, B, C sont constantes et t le temps écoulé, alors $\frac{di}{dt} = BCe^{Ct}$ et l'équation devient :

$$E = LBCe^{Ct} + rA + rBe^{Ct}$$

puis :

$$Be^{Ct}(LC + r) = E - rA.$$

Pour vérifier cette équation, il faut que $LC + r = 0$ et $E = rA$ puisque e^{Ct} varie en fonction du temps.

On obtient alors :

$$C = -\frac{r}{L}$$

et :

$$A = \frac{E}{r}$$

B peut alors prendre une infinité de valeurs. Ainsi, si la bobine est en charge, $i_{t=0} = 0$ d'où $A + B = 0$ et :

$$B = -\frac{E}{r},$$

ce qui permet de trouver la solution de l'équation différentielle en i .

Démonstration usuelle

La solution de l'équation différentielle : $u_B = L \frac{di}{dt} + ri$ est la somme de deux termes :

- i_l , la solution du *régime libre* correspondant à l'équation sans second membre $0 = L \frac{di}{dt} + ri$
- i_f , la solution du *régime forcé* correspondant au régime établi quand toutes les dérivées sont nulles et donc solution de $u_B = ri$.

Solution du régime libre

$$0 = L \frac{di}{dt} + ri$$

Séparation des variables :

$$L \frac{di}{dt} = -ri \Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{r}{L} \cdot i \Rightarrow \frac{di}{i} = -\frac{r}{L} \cdot dt$$

On intègre les deux membres

$$\text{Log} i = -\frac{r}{L} \cdot t + Cte$$

Si $x = y$ alors $e^x = e^y$ donc

$$i_l = e^{-\frac{r}{L} \cdot t + Cte} \Rightarrow i_l = K \cdot e^{-\frac{r}{L} \cdot t}$$

Solution du régime forcé

Lorsque la bobine est soumise à un échelon de tension E , la solution du régime forcé est :

$$i_f = \frac{E}{r}$$

Solution de l'équation

$$i = K \cdot e^{-\frac{r}{L} \cdot t} + \frac{E}{r}$$

La détermination de la constante K est faite grâce à la condition physique suivante : Le courant à travers une inductance ne peut en aucun cas subir de discontinuité.

À l'instant $t = 0$, le courant vaut $I_i = I_{initial}$. On obtient l'équation :

$$I_i = K + \frac{E}{r} \Rightarrow K = I_i - \frac{E}{r} \text{ Donc}$$

$$i = \left(I_i - \frac{E}{r} \right) \cdot e^{-\frac{r}{L} \cdot t} + \frac{E}{r}$$

Souvent, dans les *cas d'école*, le courant initial est nul. On obtient alors :

$$i = \frac{E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Comportement en régime sinusoïdal

Pour obtenir les équations régissant le comportement d'une bobine réelle en régime sinusoïdal, il est nécessaire d'utiliser un des modèles décrit ci-dessus et de calculer l'impédance de la bobine soit en utilisant la représentation de Fresnel, soit en utilisant la transformation complexe.

Avec le modèle série, l'impédance de la bobine s'écrit :

$$\underline{Z} = r_s + j.L_s\omega$$

ayant pour module : $Z = \sqrt{r_s^2 + (L_s\omega)^2}$ et pour argument : $\varphi = \arctan\left(\frac{L_s\omega}{r_s}\right)$

Du fait de son caractère inductif, l'intensité du courant sinusoïdal qui traverse la bobine soumise à une tension sinusoïdale présente un retard de phase φ par rapport à cette dernière. Ce retard est compris entre 0 et 90° (ou 0 et $\pi/2$ radians). On dit que **le courant est en retard sur la tension**.

Lorsque la bobine est réalisée autour d'un noyau ferromagnétique sans entrefer, les phénomènes de saturation magnétique et d'hystérésis entraînent des non-linéarités dans le comportement de la bobine : lorsqu'elle est soumise à une tension sinusoïdale, l'intensité du courant qui la traverse n'est pas purement sinusoïdal. Ces non linéarités sont très difficiles à prendre en compte. Elles sont souvent négligés en première approximation dans les calculs traditionnels.

Formules usuelles pour le calcul théorique de bobines

Construction	Formule	Dimensions
Bobine à air	$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$	<ul style="list-style-type: none"> • L = inductance en henry (H) • μ_0 = constante magnétique = $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ • N = nombre de spires • S = section de la bobine en mètres carrés (m^2) • l = longueur de la bobine en mètres (m)
Bobine avec noyau magnétique	$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{l}$	<ul style="list-style-type: none"> • L = inductance en henry (H) • μ_0 = constante magnétique = $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ • μ_r = perméabilité relative effective du matériau magnétique • N = nombre de spires • S = section effective du noyau magnétique en mètres carrés (m^2) • l = longueur effective du noyau magnétique en mètres (m)

Code de couleurs des bobines

Afin de marquer la valeur de l'inductance d'une bobine, il est parfois utilisé un code de couleur normalisé.

'Code de couleur pour les bobines selon la norme CEI 62-1974'

Couleur	1. Anneau	2. Anneau	3. Anneau multiplicateur	4. Anneau tolérance
aucune	—	—	—	±20 %
argent	—	—	$10^{-2} \mu\text{H}$	±10 %
or	—	—	$10^{-1} \mu\text{H}$	±5 %
noir	0	0	$10^0 \mu\text{H}$	—
marron	1	1	$10^1 \mu\text{H}$	—
rouge	2	2	$10^2 \mu\text{H}$	—
orange	3	3	$10^3 \mu\text{H}$	—
jaune	4	4	$10^4 \mu\text{H}$	—
vert	5	5	$10^5 \mu\text{H}$	—
bleu	6	6	$10^6 \mu\text{H}$	—
violet	7	7	$10^7 \mu\text{H}$	—
gris	8	8	$10^8 \mu\text{H}$	—
blanc	9	9	$10^9 \mu\text{H}$	—

Couleur	1. Anneau (large)	2. à 4. Anneau chiffre	5. Anneau multiplicateur	6. Anneau tolérance
aucune	—	—	—	±20 %
argent	Début	—	—	±10 %
or	—	virgule	—	±5 %
noir	—	0	$10^0 \mu\text{H}$	—
marron	—	1	$10^1 \mu\text{H}$	±1 %
rouge	—	2	$10^2 \mu\text{H}$	±2 %
orange	—	3	$10^3 \mu\text{H}$	—
jaune	—	4	$10^4 \mu\text{H}$	—
vert	—	5	$10^5 \mu\text{H}$	±0,5 %
bleu	—	6	$10^6 \mu\text{H}$	—
violet	—	7	$10^7 \mu\text{H}$	—
gris	—	8	$10^8 \mu\text{H}$	—
blanc	—	9	$10^9 \mu\text{H}$	—

Le troisième chiffre est optionnel.

Dispositif élévateur de tension bobine

C'est un quadripôle mettant à profit le phénomène d'induction électromagnétique pour engendrer une impulsion sous une très haute tension. Elle est un des organes indispensables des moteurs à allumage commandé.

Historique

Les physiciens français Antoine Masson et Louis Breguet en 1841 en firent les premiers essais. Dès 1836, Antoine Masson avait produit des courants sous haute tension en provoquant des interruptions rapides du courant produit par une pile. La bobine qu'il construisit en 1841 avec Breguet lui servit à produire des décharges dans des gaz raréfiés. Le mécanicien Ruhmkorff perfectionna le système pour les besoins de la physique expérimentale, on lui doit la Bobine de Ruhmkorff.

Principe

C'est une alimentation à découpage de type **Flyback**, c'est-à-dire deux circuits magnétiquement couplés dont l'un, appelé *enroulement basse tension*, comportant peu de spires est relié à l'alimentation, alors que l'autre est connecté à l'utilisation. Ce deuxième enroulement comporte beaucoup plus de spires et porte généralement de nom *d'enroulement haute tension*.

Le fonctionnement se fait en deux temps :

- le premier, la Phase d'accumulation : l'énergie magnétique est préalablement stockée dans l'enroulement basse tension jusqu'à ce que la quantité d'énergie atteigne un optimum qui dépend du nombre de spire et du circuit magnétique.
- le second, la Phase de restitution : lorsque le rupteur ouvre brusquement le circuit primaire, l'énergie magnétique accumulée qui ne peut subir de discontinuité, force l'apparition d'un courant dans le deuxième enroulement sous une tension égale au produit de la tension primaire par le rapport des nombres de spires.



Bobine d'allumage d'une automobile ancienne

Sources et contributeurs de l'article

Bobine (électricité) *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=74006416> *Contributeurs:* 16@r, 5Nico5, Alno, AntonyB, Aoineko, Arnaud.Serander, Asram, Barbichette, Bertol, Blidu, Bob234, Bouba, Camico, ChrisJ, Colindla, CommonsDelinker, Daniel*D, David Berardan, Dhatier, Dlenglos, Efcuse, Ericalens, Esprit Fugace, Fabrice Ferrer, Faisans.jeanluc, GL, Glenn, Guisquare, Haypo, Iluvalar, Iznogood, Jborne, Jd, Jean-Baptiste Staebler, Jean-Dom, Jules78120, Jydidier, Korg, Kropotkine 113, Kyro, Le gorille, Like tears in rain, Linan, Litlok, Louis Peralta, Maurilbert, Mfs, MistWiz, Mkill, Nono64, Nykozof, Oblic, Oxo, P.loos, PNL, Padawane, Poulpy, Pulsar, Sam Hocevar, Sebd, Squared, Tiraden, Topeil, Turb, V. M., VonTasha, Yves, Yves-Laurent, Zedh, 58 modifications anonymes

Source des images, licences et contributeurs

Image:Toroidal inductor.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Toroidal_inductor.jpg *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Peripitus

Image:Choke electronic component Epcos 2x47mH 600mA common mode.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Choke_electronic_component_Epcos_2x47mH_600mA_common_mode.jpg *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Mike1024

Image:Inductor_for_a_fluorescent_lamp_PNr°0019.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Inductor_for_a_fluorescent_lamp_PNr°0019.jpg *Licence:* inconnu *Contributeurs:* 1-1111, D-Kuru, Dmitry G, Glenn

Image:Inductors-photo.JPG *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Inductors-photo.JPG> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Dodo, Hefo

Image:Planar core assembly exploded.png *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Planar_core_assembly_exploded.png *Licence:* Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Contributeurs:* Cyril BUTTAY

Image:Inductor_for_experiments_PNr°0017.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Inductor_for_experiments_PNr°0017.jpg *Licence:* inconnu *Contributeurs:* D-Kuru

Image:Symbole bobine.png *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Symbole_bobine.png *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* D-Kuru, Hefo, Ske

Image:Modèle bobine 2.png *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Modèle_bobine_2.png *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:P.loos

Image:Igncoil.jpg *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Igncoil.jpg> *Licence:* Public domain *Contributeurs:* Original uploader was Sonett72 at en.wikipedia

Licence

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
[//creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)