

Université de Djillali Bounaama Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de Technologies
Département de Génie Electrique

Master 1
Electrotechnique

Cours
Technologie en Automatique Industriel

Chapitre 5
Technologie électronique

Enseigné par : Mme KARA MOSTEFA. C

Année Universitaire : 2023 / 2024

1.3 Notion de sensibilité

Définition I.1.1 (Sensibilités). Soit f une fonction (eg., gain, facteur de qualité, position d'un pôle, d'un zéro, etc.) d'un ensemble de paramètres x_1, x_2, \dots, x_k (eg., valeurs des résistances, capacités, gains, fréquence, etc.) ; on la note donc $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$.

-La sensibilité permet d'étudier l'influence d'une dérive ou incertitude de la valeur d'un paramètre x_i sur une fonction f .

- Les imperfections (ou incertitudes) les plus importantes :
 - ✓ valeurs des composants (eg., R, C) différentes des valeurs nominales ;
 - ✓ gain fini et qui dépend de la fréquence de l'amplificateur ;
 - ✓ dépendance à la température et au vieillissement ;
 - ✓ influence des capacités parasites, variation des impédances d'entrée ou de sortie des montages électronique ;

I.2 Les résistances électriques

I.2.1 Principe et propriétés

Une résistance R est un dipôle (composant à deux bornes) linéaire passif tel que la tension $u(t)$ à ses bornes est proportionnelle au courant $i(t)$ qui le traverse (loi d'Ohm) :

$$u(t) = R \cdot i(t)$$

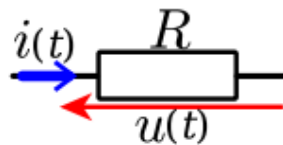
La résistance dépend à la fois des dimensions du conducteur et de sa nature.

Ex.: La résistance d'un fil de longueur l et de section S :

$$R = \rho \cdot (l / S)$$

ρ est la résistivité du conducteur.

On définit également souvent la conductance $G \equiv 1/R$.



Effet Joule

Un phénomène important dans une résistance est l'effet Joule.

Un conducteur parcouru par un courant consomme une énergie électrique et la transforme en chaleur.

La puissance correspondante (qui correspond à un débit d'énergie) s'exprime par l'une des trois formules, équivalentes grâce à la loi d'Ohm :

$$P_d = U I = R I^2 = U^2 / R$$

La puissance dissipée par effet Joule dans un composant est un problème important en électronique.

Tout d'abord, il s'agit d'une puissance perdue pour le circuit électrique et qui doit donc lui être fournie (en général par une source de tension continue), et ensuite, il se pose souvent un problème d'évacuation de la chaleur créée car les petites dimensions des montages rendent difficiles les échanges thermiques. Ces questions se posent essentiellement pour les montages qui traitent des courants assez élevés comme les amplificateurs de puissance ou les alimentations.

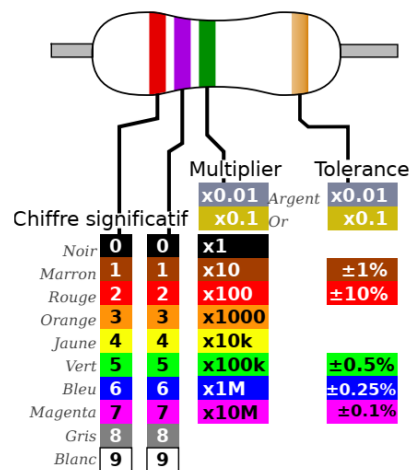
Comportement réel

Une résistance n'est jamais pure : elle est légèrement capacitive, ou légèrement inductive, ou les deux à la fois. La fréquence, la résistance voire l'inductance devront être choisies pour que l'impédance de la résistance réelle soit proche de la valeur R souhaitée.

Tolérance et séries normalisées

La valeur des résistances à couche standard est habituellement indiquée sur le composant sous forme d'anneaux de couleurs. Le code en est défini par la norme 1 CEI 60757, et est présenté sur la figure ci-dessous.

Le nombre indiqué sur le composant est la valeur nominale de la résistance. Du fait des tolérances (en %) de fabrication, la résistance réelle est un peu différente. Les constructeurs donnent une fourchette dans laquelle peut se trouver cette valeur. L'intervalle est défini par un pourcentage de la résistance nominale qui indique l'écart maximal, en plus ou en moins, qu'il peut y avoir entre la valeur réelle et la valeur nominale.



Les résistances CMS sont quant à elles marquées d'un code numérique de trois ou quatre caractères :

- Marquage à trois caractères : les deux premiers sont les chiffres de la valeur, le troisième est le chiffre du multiplicateur en puissance de dix ;

Ex.: 'R01' → 0.01 Ω, '1R5' → 1.5 Ω, '151' → 150 Ω, '152' → 15 kΩ, '156' → 15 MΩ

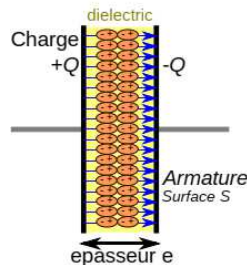
- Marquage à quatre caractères : les trois premiers sont les chiffres de la valeur, le quatrième est le chiffre du multiplicateur en puissance de dix ;

Ex.: '0R01' → 0.01 Ω, '1R50' → 1.5 Ω, '15R0' → 150 Ω, '1501' → 15 kΩ, '1505' → 15 MΩ

I.3 Les condensateurs

I.3.1 Principe et propriétés

Un condensateur est un dipôle linéaire passif constitué de deux armatures séparées par un diélectrique. Sous l'action d'une tension $u(t)$ des charges vont s'accumuler les unes en face des autres.



Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre la quantité de charge emmagasinée et la tension :

$$i(t) = C \cdot (du / dt)$$

La capacité C dépend à la fois de la géométrie des armatures et de la nature du diélectrique.

Ex.: La capacité d'un condensateur plan de section S dont le diélectrique possède une épaisseur e :

$$C = \epsilon \cdot (S / e)$$

$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ est la permittivité du diélectrique.

Énergie emmagasinée

Au point de vue énergétique, le comportement du condensateur est bien différent de celui de la résistance. Alors que cette dernière dissipe l'énergie électrique en la transformant en chaleur, le condensateur emmagasine l'énergie électrique quand il se charge et la restitue lorsqu'il se décharge.

Il n'y a que très peu de pertes d'énergie électrique. Le condensateur chargé forme donc une réserve d'énergie. Cette énergie s'exprime en fonction de sa capacité C et de la quantité de charge stocké Q selon :

$$E = \frac{1}{2} uQ = \frac{1}{2} Cu^2$$

La puissance électrique $P \equiv dE / dt$ reçue par le condensateur est alors :

$$P = uC \frac{du}{dt} = u(t)i(t)$$

Comportement réel

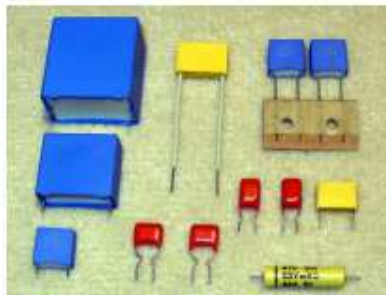
Un condensateur ne présente jamais une capacité pure. En particulier, il y a toujours des pertes dans le diélectrique. Ces pertes sont modélisées en première approximation par une résistance R placé soit en série, soit en parallèle de la capacité C .

Caractéristiques principales des condensateurs :

- La valeur de la capacité ;
- La tension d'utilisation/nominale ;
- La tolérance (en %) ;
- Coefficient de température, α (cf. §I.2.2) ;
- Pour les condensateurs polarisés : leur polarité ;
- Type de diélectrique, les pertes, etc.
-

Différentes catégories :

- Condensateurs enroulés ou à film plastique :
 - Réalisés par bobinage d'un film diélectrique (e.g., polyester, propylène, polystyrène) entre deux films métalliques ;
 - Valeurs usuelles de ~ 1 nF à qqs. $100 \mu\text{F}$;
 - Tension de service très dépendantes du type de diélectrique ;
 - Tolérances usuelles de $\sim 2\%$ à 20% .
- Non polarisés.



Condensateurs céramiques :

- Disque céramique métallisé ou multicouche ;
- Valeurs usuelles de $\sim 0,5$ pF à qqs. $1 \mu\text{F}$;
- Tension de service de 50V à 200V ;
- Tolérances usuelles de $\sim 1\%$ à 10%
- Non polarisés ;



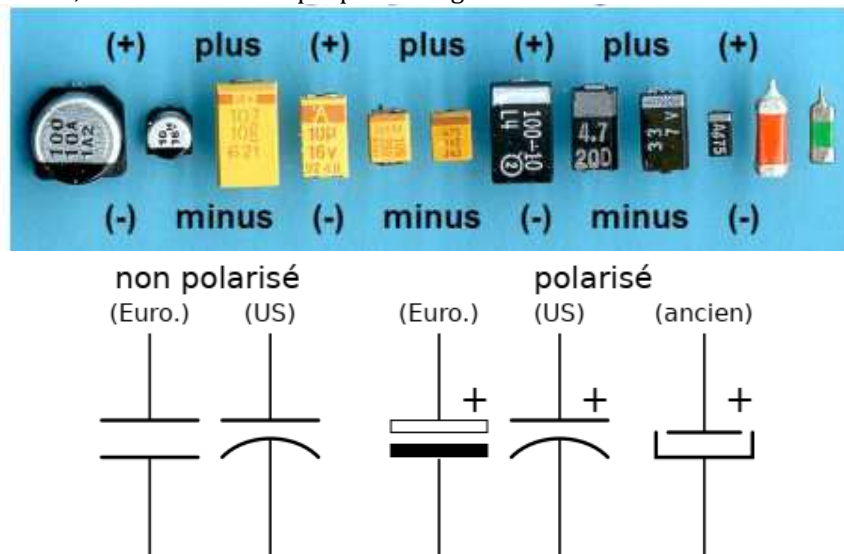
Condensateurs électrolytiques :

- Possèdent une anode métallique recouverte d'une couche oxydée utilisée comme diélectrique, et l'autre électrode est une "gelée conductrice"
- **Ce sont des condensateurs polarisés.**
- Valeurs usuelles de $\sim 1 \mu\text{F}$ à qqs. 1 F ;
- Tension de service de 50V à 500V ;
- Tolérances usuelles de $\sim \pm 20\%$



Condensateurs CMS

- Les condensateurs non polarisés ont les mêmes boîtiers que les résistances.
- Pour les polarisés, le côté '+' est indiqué par une ligne blanche ou un 'M' blanc.



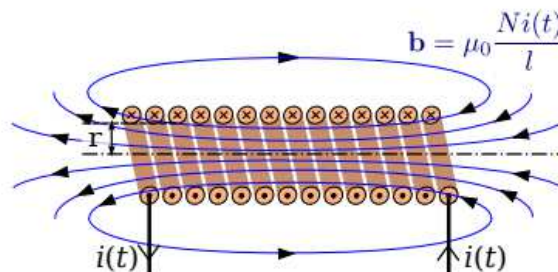
I.4 Les inductances

I.4.1 Principe et propriétés

Une bobine est formée d'un fil enroulé soit dans l'air, soit sur un noyau magnétique. Un conducteur parcouru par un courant $i(t)$ crée un champ magnétique, de flux Φ , tel que :

$$\Phi = Li(t)$$

Le coefficient L est l'inductance de la bobine.



La loi de Lenz-Faraday relie le flux Φ à la f.é.m. u :

$$u(t) = L \frac{d\Phi}{dt}$$

La caractéristique électrique d'une bobine est alors donnée par :

$$u(t) = L \frac{di}{dt}$$

L'inductance L d'une bobine dépend de la géométrie, du nombre de spires N , du circuit magnétique Ex.: L'inductance d'un solénoïde dans l'air à 1 couche de N spires, de section $S = \pi r^2$, et de longueur $l \gg r$:

$$L = \mu_0 \frac{SN^2}{l}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ est la perméabilité du vide.

Une des caractéristiques utiles d'un bobinage réalisé avec un noyau magnétique quelconque est la valeur.

$$\frac{L}{N^2} = \mu_0 \mu_r \frac{S_m}{l_m}$$

μ_r : la perméabilité relative du circuit magnétique ;

S_m, l_m la surface et la longueur moyenne.

Énergie emmagasinée

Une bobine emmagasine de l'énergie sous forme électromagnétique lorsqu'elle est parcourue par un courant. L'énergie emmagasinée dans une bobine traversée par un courant i à l'instant t

$$E = \frac{1}{2} Li^2$$

La puissance fournie à l'inductance :

$$P = \frac{1}{2} L \frac{di^2(t)}{dt}$$

Il est difficile de faire varier rapidement le courant qui circule dans une bobine et ceci d'autant plus que la valeur de son inductance L sera grande.

Comportement réel

Une bobine idéale n'aurait aucune perte d'énergie, mais en réalité, le conducteur employé pour l'enroulement a aussi une certaine résistance qui entraîne des pertes par effet Joule. Le fait que l'énergie stockée corresponde à une circulation de courant donne à la bobine un effet d'inertie pour le courant. En particulier, ce courant ne peut pas être discontinu.

L'utilisation d'un noyau magnétique permet de réduire le nombre de spires pour une inductance donnée, donc les pertes par effet Joule.

Il existe cependant également deux types de pertes dans les noyaux magnétiques :

1. Les pertes par hystérésis proportionnelles à la fréquence ;
2. Les pertes par courants de Foucault proportionnelles au carré de la fréquence.

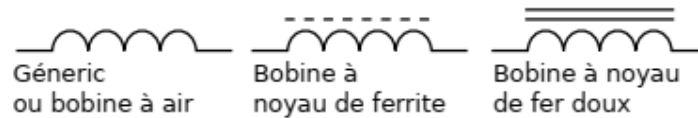
Pour rendre compte de ces pertes, on introduit une résistance de perte R en série avec L , ou une résistance en parallèle R_p .

4.2 Caractéristiques technologiques

Caractéristiques principales des inductances :

- La valeur de l'inductance ;
- La résistance des pertes ;
- Le courant admissible ;
- Coefficient de température, α

Les symboles



Différentes catégories :

- Bobines à air
- Faible inductance
- Saturation magnétique limitée
- eg. Utilisée pour les hautes fréquences.

- Bobines à noyau de ferrite
- Forte inductance
 - ✓ pour des inductances de 0,1 μH à 10 mH il existe des bobines "*miniatures*" ressemblant à des résistances.
- Domaines de fréquences usuelles 1 kHz à 100 kHz
 - ✓ mais il est possible d'étendre à 1 GHz.