

Sahlaoui Mohammed  
 mohammed.sahlaoui@gmail.com  
 Sekkal Abdessamad  
 a.sekkal@epsta.dz

Premier Cycle Classe Préparatoire,  
 École Supérieure en Sciences Appliquées  
 de Tlemcen.

## 1 INTRODUCTION

La première mise en évidence des phénomènes électriques remonte au temps des Grecs. Une propriété surprenante de l'ambre <sup>1</sup> a été remarqué : Lorsqu'on frotte l'ambre avec du tissu ou laine, elle attire des objets légers comme des plumes ou des petits morceaux de papier <sup>2</sup>.

L'électricité est une forme d'énergie invisible, dont on voit les manifestations, qui peut être transformée en d'autres formes d'énergie mécanique, électromagnétique ou thermique. Il y a deux type d'électricité, statique et dynamique. Dans le premier type, comme sont nom l'indique, il n'y a pas de mouvement de charges électriques. Il s'agit seulement d'une accumulation de charges électriques. L'électricité dynamique s'agit d'un phénomène associé au mouvement de particules chargées positivement ou négativement sous l'effet d'une différence de potentiel. On parle plus généralement de courant électrique. C'est cet usage de l'électricité qui nous intéresse puisqu'il est souvent utilisé pour des applications industrielles et domestiques.

L'utilisation de l'énergie électrique nécessite la réalisation d'un **circuit électrique**. Un circuit électrique comprend toujours : un ou plusieurs **dipôles générateurs** ou sources de tension ou courant électrique, un ou plusieurs **dipôles récepteurs** d'énergie <sup>3</sup> ; les générateurs et les récepteurs sont reliés par des  **fils conducteurs**. Pour des raisons pratiques, des **interrupteurs** sont aussi utilisés pour interrompre la circulation du courant électrique.

## 2 DIPOLES ÉLECTRIQUES

On appelle dipôle électrique un dispositif électrique qui présente deux bornes A et B permettant de le relier à un circuit extérieur. On distingue les dipôles générateurs qui fournissent de l'énergie au circuit extérieur et les dipôles récepteurs qui absorbent de l'énergie.

Certains dipôles ne peuvent être que récepteurs, c'est le cas d'une résistance ou d'une diode par exemple, d'autres peuvent être récepteurs ou générateurs suivant les cas. Ainsi, une inductance peut absorber de l'énergie électrique à un instant donné et la restituer à un instant ultérieur; une batterie peut alimenter un circuit et donc se comporte comme un générateur, mais elle peut être aussi rechargée et devenir récepteur.

Un composant électrique ne peut pas contenir moins de deux bornes. Par contre, il existe des composants élec-

triques plus complexes que les dipôles possédant trois, quatre bornes ou plus, on parle alors de *tripôles*, de *quadripôles*, ... etc. Les transistors, les transformateurs, ou les amplificateurs opérationnels, a titre d'exemple, ne sont pas des dipôles.

## 3 DIPÔLES GÉNÉRATEURS

On appelle dipôle générateur ou actif tout dipôle pouvant fournir de la puissance électrique ; c'est-à-dire capable de débiter un courant dans une charge branchée à ses bornes. On distingue deux types de générateurs : générateurs de courant et générateurs de tension.

### 3.1 Générateur de courant

Un générateur de courant est un dipôle permettant de produire un courant électrique. Généralement quant on parle de ce type de dispositif, nous voulons parler d'un appareil capable de fournir un courant électrique où le flux d'électrons

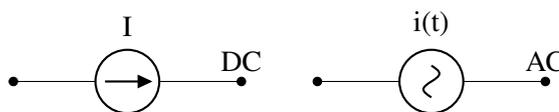


Figure 1: Notation de sources de courant continue et sinusoïdale

qui circule continuellement dans une seule direction avec la même intensité  $I$  quelque soit le circuit électrique relier a cette appareil. Autrement dit, un générateur de courant continu (DC : direct current en anglais). Un courant continu est un courant fourni par une batterie, par exemple.

### 3.2 Générateur de tension

Un générateur de tension est un dipôles permettant de produire une tension électrique. Généralement quant on parle de ce type de dispositif, nous voulons parler d'un appareil capable de fournir une différence de potentiel (**d.d.p**) ou tension stable, constante ou variable dans le temps, quelque

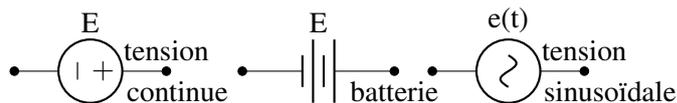


Figure 2: Notation sources de tension continue et sinusoïdale

soit le circuit électrique relié à cet appareil. Si la tension est alternative nous parlons d'un générateur de tension ou de courant alternatif (AC : alternating current en anglais). Dans ce cas, les électrons circulent alternativement dans une direction puis dans l'autre sur des intervalles de temps réguliers appelés cycles. Il peut être produit par un alternateur par exemple.

<sup>1</sup>un résine fossilisée utiliser dans les bijoux

<sup>2</sup>Le mot électricité vient du mot grec "Elektron" qui signifie justement "ambre"

<sup>3</sup>Un dipôle passif est un dipôle qui ne peut pas générer de l'énergie électrique par lui-même. Il s'agit nécessairement d'un récepteur. A ce titre, on le décrira nécessairement en convention récepteur. Attention, si un dipôle passif est toujours un récepteur, un récepteur n'est pas nécessairement un dipôle passif.

Dipôles passifs : résistances, condensateurs, Bobines, lampes électriques, diodes, transistor ... etc.

Dipôles récepteurs qui ne sont pas passifs : moteurs électriques, accumulateurs, cuves à électrolyse ... etc.

## 4 DIPÔLES RÉCEPTEURS

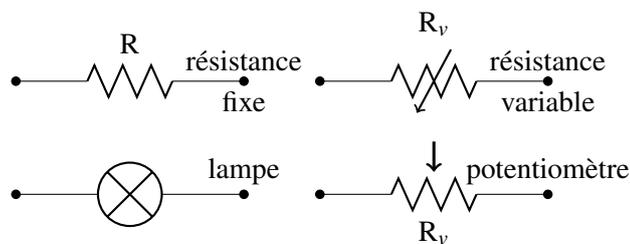


Figure 3: Notations résistances fixe et variable

Un dipôle récepteur est un convertisseur d'énergie qui consomme de l'énergie électrique et la transforme en une ou plusieurs autres formes d'énergies (mécanique, thermique, chimique, ...). Hors circuit, un récepteur est un dipôle qui ne présente aucune tension à ses bornes.

Les principaux dipôles électriques sont, les fils électrique, les résistances, les lampes, les bobines, les condensateurs et les diodes.

### 4.1 Résistances

Une résistance électrique est dipôle électrique qui traduit la propriété à s'opposer au passage d'un courant électrique. Autrement dit, dans un circuit une résistance a pour effet la diminution de l'intensité du courant électrique. Cette diminution est d'autant plus forte que la valeur de résistance est élevée.

Une résistance est souvent désignée par la lettre  $R$ , son unité de mesure est l'ohm (symbole :  $\Omega$ ). On distingue deux principales types de résistances, fixe et variable.

La valeur d'une résistance peut être mesurée grâce à un ohmmètre, ou déterminée grâce aux anneaux colorés qu'elle comporte en utilisant le code des couleurs. Une résistance peut être utilisée pour diviser une potentiel, pour produire de la lumière ou la chaleur par effet joule, comme par exemple dans les lampes et les plaques chauffante électriques, ... etc.

### 4.2 Condensateurs

Le condensateur est un dipôle électrique, constitué de deux armatures conductrices (ou électrodes) en influence totale séparées par un isolant polarisable, ou diélectrique. Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques sur ses armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée.

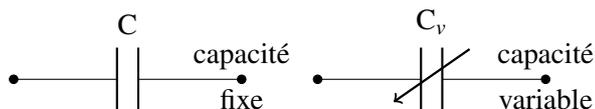


Figure 4: Notations condensateurs fixe et variable

Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé capacité électrique noté  $C$ . L'unité de mesure de la valeur de  $C$  est le Farad  $F$ . On trouve deux types de condensateur, fixe et variable.

La valeur d'une capacité peut être mesurée grâce à un multimètre, ou indiquer par le fabricant directement sur le composant. Le condensateur est un composant électrique ou électronique conçu pour pouvoir emmagasiner une charge électrique importante sous un faible volume; il constitue ainsi un véritable accumulateur d'énergie.

### 4.3 Bobines

Une bobine, solénoïde, auto-inductance ou quelquefois self, est un dipôle électrique constituée d'un enroulement de fil conducteur autour d'un noyau d'air ou en matériau ferromagnétique. Généralement ce noyau est un bloc de ferrite ou un assemblage de feuilles de tôle. L'inductance est la propriété caractéristique de la bobine, qui traduit l'opposition de la bobine à la variation du courant.

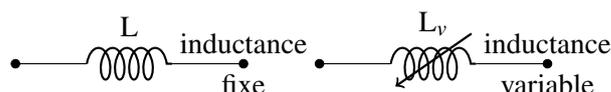


Figure 5: Notations Bobines fixe et variable

La bobine est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre la variation du courant électrique au court du temps et la tension appelé inductance noté  $L$ . L'unité de mesure de la valeur de  $L$  est le henry  $H$ . On trouve deux types de bobine, fixe et variable.

Le henry est défini comme 1 volt-seconde par ampère de courant. Plus communément, l'inductance se mesure en unité plus faibles, comme le millihenry (« $mH$ »), le microhenry (« $\mu H$ »).

La bobine permet d'emmagasiner de l'énergie magnétique grâce à un apport de courant. Elle sert de elle sert de filtre d'une alimentation électrique, elle est indispensable aux système RLC pour détecter ou créer des signaux. Elle permet de monter vite en tension afin de créer une décharge électrique, par exemple, dans un allumage de voiture ... etc.

### 4.4 Diodes

La diode<sup>4</sup> est un dipôle électrique polarisé non-linéaire. Le sens de branchement d'une diode est donc important. Les deux pôles de ce dipôle électrique sont appelés anode et cathode. Généralement, ce dipôle est utilisé pour laisser passé le courant électrique que dans un sens, c-à-d, seulement de l'anode vers le cathode. Cette propriété le laisse la diode très utile pour redresser un courant, autrement dit, elle permet de transformer le courant alternatif en courant dans un seule sens.

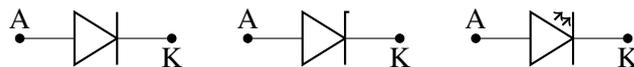


Figure 6: Notations des diodes. De gauches a droite diode à jonction, diode Zener et diode électroluminescente. Le pôle A est l'anode et le pôle K le cathode

Nous pouvons trouver aussi la diode Zener qui présente une tension inverse de valeur déterminée. Utilisée comme référence de tension ou comme protection contre les surtension. La diode Transil sert de protection contre les surtension. Elle a un comportement similaire à la diode Zener. La

<sup>4</sup>du grec : *di* = deux ou double et *odos* = voie ou chemin

diode Schottky qui a un seuil de tension directe très bas et un temps de commutation très court, elle est utilisée pour la détection des signaux HF et hyperfréquences. On l'utilise aussi pour le redressement de puissance. La diode Varicap ou encore diode à capacité variable est un type de diode qui se comporte comme un condensateur dont la valeur de la capacité varie avec la tension inverse appliquée à ses bornes. Cette diode s'apparente à un condensateur variable. Elle est souvent utilisée dans des montages radio-fréquence.

## 5 APPAREILS DE MESURES

Il existe un très grand nombre d'appareils de mesure électrique dont par exemple : les galvanomètres, les ampèremètres, les voltmètres, les ohmmètres, les détecteurs de tension sans contact, les testeurs de tension (DDT et/ou VAT), les multimètres, les pinces de courant, les pinces multimètres, l'oscilloscope ... etc. Ci-dessous, les appareils essentiels et indispensables.

### 5.1 Ampèremètre

L'ampèremètre est un appareil qui sert à mesurer l'intensité d'un courant électrique. Il se branche toujours en série dans un circuit électrique. Pour cette raison la précision de mesure d'un ampèremètre dépend de sa résistance interne, plus elle est petite plus il est précis.

L'ampèremètre peut se mettre en mode continue DC (=) ou alternatif AC (~) selon le type de circulation de courant électrique, continue ou alternatif. En mode alternatif l'appareil affiche la valeur efficace du courant.

Il existe deux principales sortes d'ampèremètre : l'ampèremètre analogique (à aiguilles) et l'ampèremètre numérique (multimètre). L'unité de mesure de l'intensité de courant électrique est l'ampère, noté A.

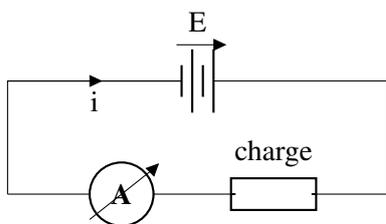


Figure 7: Branchement d'un ampèremètre

### 5.2 Voltmètre

Le voltmètre est un appareil qui sert à mesurer la différence de potentiel ou la tension entre deux points dans un circuit électrique. Il se branche toujours en parallèle (ou en dérivation) dans un circuit électrique. Pour cette raison, contrairement à l'ampèremètre, plus la résistance interne du voltmètre est grande plus la précision de mesure est élevée.

Le voltmètre peut se mettre en mode continue DC (=) ou alternatif AC (~) selon le type de d.d.p électrique, continue ou alternatif. En mode alternatif l'appareil affiche la valeur efficace de la tension.

Il existe deux principales sortes de voltmètre : le voltmètre analogique et le voltmètre numérique (multimètre). L'unité de mesure de la tension électrique est le volt, noté V.

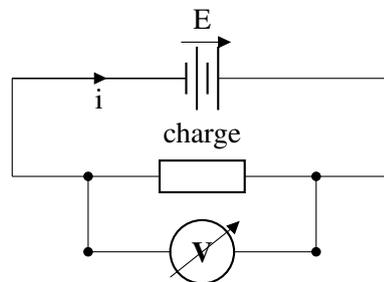


Figure 8: Branchement d'un voltmètre

### 5.3 Ohmmètre

L'ohmmètre est un instrument qui sert à mesurer la résistance d'une charge électrique d'un composant ou d'un circuit électrique. Pour utiliser l'ohmmètre, il faut débrancher la charge à mesurer du circuit électrique et placer l'ohmmètre à ses bornes. L'appareil, grâce à sa pile interne, va faire circuler un très faible courant dans la charge et mesurera la tension obtenue pour en déduire la résistance. L'unité de mesure de la charge électrique est l'ohm, noté  $\Omega$ .

### 5.4 Multimètre

Le multimètre est un appareil de mesure servant à détecter des problèmes électriques dans un circuit. Il rassemble plusieurs appareils : un voltmètre, un ampèremètre et un ohmmètre. Le multimètre peut également intégrer d'autres fonctions : mesure la capacité d'un condensateur, mesure de la fréquence d'un signal électrique, mesure des pics de tensions, mesure de la température sur le circuit, utile pour tester une diode ou une continuité, ... etc.

La plupart des multimètres sont équipés de deux bornes qui servent à brancher les câbles de mesure. L'une de ces bornes est négative, l'autre positive. Pour effectuer une mesure, après avoir choisi le mode souhaité, il suffit de brancher le votre multimètre au circuit électrique à l'aide de deux câbles. Le mode de fonctionnement de cette appareil (voltmètre, ampèremètre ou autre) peut être sélectionner à l'aide d'un commutateur (voir figure 9). L'appareil existe sous deux types : le multimètre analogique (à aiguille), et le multimètre digital.

### 5.5 d'Autres appareils de mesure

- **Détecteurs de tension dits "sans contact"**: ils permettent de détecter une éventuelle présence de tension par l'émission d'un signal sonore ou visuel, que ce soit au niveau d'une prise, d'un câble ou à travers une paroi (à très faible profondeur, d'autres types d'appareils existants pour des profondeurs un peu plus importantes).
- **Testeurs de tension** : au contraire des détecteurs sans contact, les testeurs de tension (DDT et/ou VAT) nécessitent la connexion d'une ou deux pointes de touche sur l'élément conducteur à tester (prise, disjoncteur, etc.). En plus de la détection de tension (DDT) et/ou de la VAT, certaines fonctions comme la mesure de continuité ou encore le test de rotation de phase peuvent être disponibles.
- **Pinces de courant**, ou capteurs de courant permet d'effectuer une mesure sans contact et sans couper l'alimen-

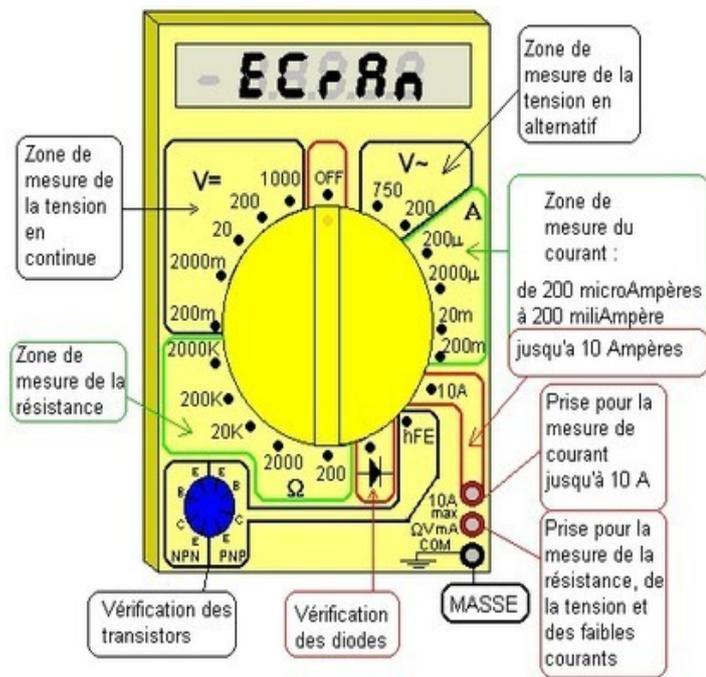


Figure 9: Les différents fonctions d'un multimètre.

tation, dans la mesure où l'élément conducteur est accessible. Une mesure avec ce type d'appareil est assez simple, il suffit de mettre la pince autour du conducteur souhaité et de lire la valeur indiquée sur l'appareil de mesure relié à celle-ci (généralement un multimètre). Il faut toutefois faire attention, certaines combinaisons de pinces et de multimètres nécessiteront une interprétation de la valeur affichée.

Il existe deux catégories de pinces ampèremétriques. *Les pinces à mâchoire rigide* : permet la mesure d'un courant alternatif et continu. *Les pinces à mâchoire flexible* : permet uniquement la mesure d'un courant alternatif, mais contrairement à la première, celle-ci a l'avantage d'une grande flexibilité d'enserrage de la mâchoire.

- **Pinces multimètres** : Même principe que pour les pinces de courant, sauf qu'elles sont autonomes. Aucun besoin donc d'un appareil de mesure supplémentaire pour lire les valeurs, l'affichage étant directement intégré. Au même titre que les multimètres, elles permettent également les mesures de tensions, de résistances, de capacités, etc., ou même de puissances.

## 6 LECTURE SUR UN APPAREIL DE MESURE

Si la lecture d'un appareil numérique ne pose aucun problème, il en va tout autrement de l'appareil analogique. Ce dernier contient un cadran gradué, l'aiguille se déplace devant une graduation commune à plusieurs calibres. L'indication lue ne représente qu'un nombre de divisions. Il faut déduire la valeur mesurée à partir de ce nombre en tenant compte de la valeur du calibre indiqué par le commutateur. Le calibre représente la plus grande valeur probablement mesurable sur le circuit. Pour éviter de détériorer l'appareil, on a intérêt à le brancher sur le plus fort calibre. Il ne faut pas oublier de baisser le calibre, si nécessaire, pour obtenir un affichage suffisamment précis. Le bon calibre est le plus

petit calibre possible, c'est-à-dire celui qui est immédiatement supérieur à l'intensité mesurée.

Pour déterminer la valeur mesurée nous précisons la position de l'aiguille en relevant le nombre de graduations sur l'échelle on appelle ce nombre la **lecture**. La plus grande valeur de l'échelle correspond au calibre choisi. La règle de trois ou règle de proportionnalité nous permet de déterminer la valeur mesurée (appelée **mesure**). Si **EI** est la plus grande valeur de l'échelle (appelée **échelle**), **Cr** la valeur indiquée par le calibre (appelée **calibre**) et **Lr** la lecture ou le nombre de graduations. Alors la mesure ou la valeur mesurée **Mr** peut être déterminée comme :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{échelle} \rightarrow \text{calibre} \\ \text{lecture} \rightarrow \text{mesure} \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} EI \rightarrow Cr \\ Lr \rightarrow Mr \end{array} \right\}$$

d'où

$$\text{mesure} = \frac{\text{lecture} \times \text{calibre}}{\text{échelle}} \Leftrightarrow Mr = \frac{Lr \times Cr}{EI} \quad (1)$$

L'incertitude sur la mesure dépend de la précision de lecture et de la précision de l'appareil. Sur un appareil numérique l'incertitude dépend du nombre de chiffres significatifs.

## 7 CIRCUITS ÉLECTRIQUE

Un circuit électrique est un ensemble de conducteurs (fils) et composants électriques passifs et actifs (dipôle, triples, ... etc.) ou électroniques (appareils électroniques) soumis à une d.d.p et parcouru par un courant. Un circuit en dérivation comporte toujours des nœuds et des branches. Considérons le circuit présenté sur la figure 10 :

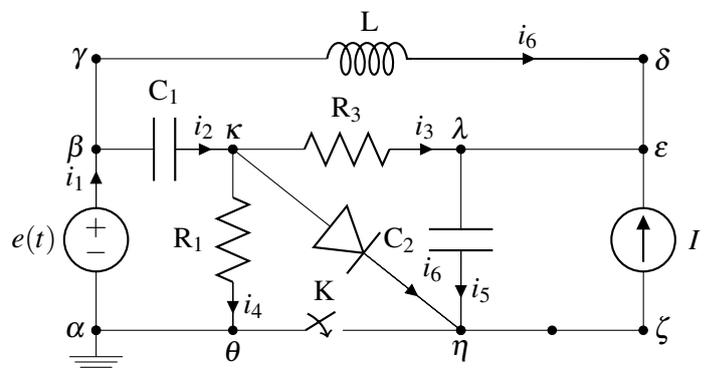


Figure 10: Circuit électrique

**Un nœud** est un point du circuit auquel sont reliés au moins deux bornes de deux dipôles différents ou deux fils de connexion. Sur le circuit ci-dessus nous avons les nœuds  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \kappa, \epsilon, \zeta, \eta, \theta$  et  $\lambda$ .

**Une branche** est une partie du circuit électrique située entre deux nœuds consécutifs. Un circuit électrique en dérivation comporte :

- Les branches principales qui contiennent les dipôles générateurs du circuit électrique, par exemple sur le circuit de la figure 10, nous avons deux branches principales :  $\alpha - \beta$  et  $\zeta - \epsilon$ .
- Les branches dérivées (ou secondaires) qui ne contiennent que les dipôles récepteurs, par exemple sur le circuit de la figure 10, nous avons les branches qui contiennent des dipôles électriques :  $\gamma - \delta, \beta - \kappa, \kappa - \eta,$

$\kappa - \lambda$ ,  $\kappa - \theta$  et  $\lambda - \eta$ . Les branches de connexion qui contiennent des fils conducteurs sont :  $\beta - \gamma$ ,  $\delta - \varepsilon$ ,  $\lambda - \varepsilon$ ,  $\eta - \zeta$  et  $\alpha - \theta$ . La branche  $\theta - \eta$  qui contient un interrupteur K.

L'étude électrocinétique d'un circuit électrique consiste à déterminer, à chaque nœuds et à chaque branche, la tension et l'intensité du courant. Nous pouvons aussi trouver dans un circuit électrique, les interrupteurs et les commutateurs.

**Une maille** est ensemble de branches formant une boucle fermée en ne passant pas deux fois par le même nœud, par exemple sur le circuit de la figure 10, nous avons les mailles :  $[\alpha - \beta - \kappa - \theta - \alpha]$ ,  $[\beta - \gamma - \delta - \varepsilon - \lambda - \kappa - \beta]$ ,  $[\kappa - \lambda - \eta - \theta - \kappa]$ ,  $[\lambda - \varepsilon - \zeta - \eta - \lambda]$ ,  $[\kappa - \eta - \theta - \kappa]$ ,  $[\kappa - \eta - \lambda - \kappa]$ ,  $[\beta - \kappa - \eta - \theta - \alpha - \beta]$ ,  $[\beta - \kappa - \lambda - \eta - \theta - \alpha - \beta]$ ,  $[\beta - \kappa - \lambda - \varepsilon - \zeta - \eta - \theta - \alpha - \beta]$ ,  $[\alpha - \beta - \gamma - \delta - \varepsilon - \zeta - \eta - \theta - \alpha]$ ,  $[\kappa - \lambda - \varepsilon - \zeta - \eta - \kappa]$ ,  $[\alpha - \beta - \gamma - \delta - \varepsilon - \lambda - \eta - \kappa - \theta - \alpha]$ , ou  $[\alpha - \beta - \gamma - \delta - \varepsilon - \zeta - \eta - \lambda - \kappa - \theta - \alpha]$ ,  $\dots$ , etc.

## 8 CODE COULEUR RÉSISTANCE

Si vous n'avez pas sous la main un ohmmètre et vous voulez connaître la valeur d'une résistance, vous pouvez vous baser sur la lecture de la valeur ou du code couleur dessiné sur la résistance. Le code de désignation, définit un code de couleurs utiliser pour inscrire sur un composant électrique sa valeur caractéristique. Nous pouvons remarquer sur une résistance, généralement, quatre bandes de couleurs. Chaque couleur est associée à un chiffre significatif (voir figure 12).

En 1952 a été décidé par la CEI (Commission Electrotechnique Internationale) de définir les valeurs de résistance et de tolérance dans une norme, afin de faciliter la fabrication de résistances en masse. Celles-ci sont appelées valeurs préférées ou séries E. Cette décision a été publiée sous le nom de la norme CEI 60063: 1963. Ces valeurs standard sont également valables pour d'autres composants tels que les condensateurs, les inductances et les diodes Zener. Les valeurs préférées pour les résistances ont été établies en 1952, mais le concept de la série géométrique a déjà été introduit par l'ingénieur militaire Renard dans les années 1870.<sup>5</sup>

La normalisation des valeurs des résistances sert plusieurs objectifs importants, comme la limitation de nombre de valeurs différentes qui doivent être produites ou conservées en stock, la compatibilité de tous les composants fabriquer partout dans le monde, ce qui est favorable pour l'ingénieur électricien.

Mis à part les valeurs préférées, de nombreuses autres normes relatives aux résistances existent. Un exemple, les tailles standard des résistances, ou le marquage des résistances avec un code de couleur ou numérique.

<sup>5</sup>Le Colonel Renard (1847-1905), officier du Génie dans l'armée Française à l'époque, constata que pour la construction des aérostats, l'armée utilisait 425 diamètres différents de câble, ce qui faisait 425 références. Pour rationaliser tout cela, il a établi que 17 références suffisaient pour remplacer les 425 précédentes. Pour cela il créa des séries à progression géométrique  $R_x = \sqrt[m]{10^n}$  sur une décade. Il divisa en 5, 10 et 20 les décades pour créer en 1870 les séries Ra5, Ra10 et Ra20, ou encore R5, R10 et R20.

### 8.1 Normalisation des valeurs des résistances

La normalisation des résistances est une organisation des valeurs en série à l'intérieure d'une décade. On appelle décade, un ensemble de valeurs comprises entre un multiple de 1 et un multiple de 10 de l'unité considérée, par exemple, de 1 à 10  $\Omega$ ; de 10 à 100  $\Omega$ ,  $\dots$  etc. La variation des valeurs est une série géométrique  $(Em)_n = \sqrt[m]{10^n}$  de raisons  $r_m = \sqrt[m]{10}$  ou encore  $(Em)_n = (r_m)^n$  pour  $(n = 0, 1, 2, \dots, m - 1)$ .

Une série est un nombre de valeurs différentes dans une décade, par exemple:

- ▷ Dans la série E3 nous avons trois valeurs possibles dans la décade de 1 à 10  $\Omega$  : 1.0, 2.2 et 4.7  $\Omega$ . La raison  $r_3 = \sqrt[3]{10} = 2.15$ , alors  $(E3)_0 = 1$ ,  $(E3)_1 \simeq 2.2$  et  $(E3)_2 \simeq 4.7$ . Dans la décade de 10 à 100  $\Omega$  il suffit de multiplier les valeurs de la décade de 1 à 10  $\Omega$  par 10, i.e; 10, 22 et 47  $\Omega$ . Dans la décade de 100 à 1 k $\Omega$  il suffit de multiplier les valeurs de la décade de 1 à 10  $\Omega$  par 100, i.e; 100, 220 et 470  $\Omega$ . D'où les valeurs possibles pour la série E3 : 1.0, 2.2, 4.7, 10, 22, 47, 100, 220 et 470,  $\dots$  etc.
- ▷ Dans la série E12 nous avons 12 valeurs possibles par décade : 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, et 8.2. Dans cette série E12 et pour les résistances dont la valeur est comprise entre 10 k $\Omega$  et 100 k $\Omega$  (décade 10k $\Omega$  à 100k $\Omega$ ), nous aurons : 10 k $\Omega$  ; 12 k $\Omega$  ; 15 k $\Omega$  ; 18 k $\Omega$  ; 22 k $\Omega$  ; 27 k $\Omega$  ; 33 k $\Omega$  ; 39 k $\Omega$  ; 47 k $\Omega$  ; 56 k $\Omega$  ; 68 k $\Omega$  et 82 k $\Omega$ <sup>6</sup>.

| Em   | m   | $\sqrt[m]{10}$ | Tolér       | Observation               |
|------|-----|----------------|-------------|---------------------------|
| E3   | 3   | 2.15           | $\pm 50\%$  | N'est plus utilisée       |
| E6   | 6   | 1.47           | $\pm 20\%$  | Vieux postes à lampes     |
| E12  | 12  | 1.21           | $\pm 10\%$  | Extraite de la série E24  |
| E24  | 24  | 1.10           | $\pm 5\%$   | Électronique grand public |
| E48  | 48  | 1.05           | $\pm 2\%$   | Prototypage               |
| E96  | 96  | 1.02           | $\pm 1\%$   | Filtres BF et précision   |
| E192 | 192 | 1.01           | $\pm 0.5\%$ | Instrumentation           |

### 8.2 Code des couleurs

Pour certains composants électriques, les valeurs caractéristiques sont directement indiquées sur le composant, par exemples, sur des résistances de puissance (à partir d'1W), on trouve 0R2 pour 0.2  $\Omega$ , 8R2 pour 8.2  $\Omega$ , 100 pour 100  $\Omega$ ,  $\dots$ , etc. Sur des capacités nous pouvons trouver 0n1 pour 100 pF, 47 n pour 47 nF, 47  $\mu$  pour 47  $\mu$ F,  $\dots$ , etc.

Toutefois, ce n'est pas le cas de toutes les résistances, capacités ou bobines. C'est pour ça que le code couleur permet de déterminer directement, sans appareil de mesure, la valeur d'un composant. Pour les résistances la

référence étant "1  $\Omega$ ", pour les capacités 1 pF et 1  $\mu$ H pour les bobines. Le code des couleurs est représenté dans le tableau 11 avec les indices correspondants aux couleurs ainsi qu'un moyen mnémotechnique pour le retenir<sup>7</sup> :

### 8.3 Lecture du code des couleurs

Si une résistance est marquée par 4 ou 5 bandes de couleur. La bande de couleur Or ou Argent qui indique la tolérance

<sup>6</sup>Remarque : la série E12 n'étant plus fabriquée, elle est extraite de la série E24.

<sup>7</sup>Remarque : en cas d'hésitation entre le Vert et le Violet ou le Bleu et le Blanc, il s'agit en fait du défilement des couleurs de l'arc-en-ciel entre la valeur 1 (Marron) et 7 (Violet).

Figure 11: Code couleurs

|        |   |   |        |
|--------|---|---|--------|
| Noir   | 0 | N | Ne     |
| Marron | 1 | M | Mangez |
| Rouge  | 2 | R | Rien   |
| Orange | 3 | O | Ou     |
| Jaune  | 4 | J | jeûner |
| Vert   | 5 | V | Voilà  |
| Bleu   | 6 | B | Bien   |
| Violet | 7 | V | Votre  |
| Gris   | 8 | G | Grande |
| Blanc  | 9 | B | Bêtise |

(ou précision) de la valeur est mise toujours à droite (voir figure 12). Pour lire la valeur en ohms d'une résistance on commence toujours de gauche à droite. Les deux ou trois premières bagues indiquent la valeur normalisée de la résistance, tandis que l'avant dernière donne un chiffre multiplicateur. Pour une résistance à 6 bandes de couleur, la sixième bande correspond au coefficient de température (en ppm : partie par million), les cinq autres bandes se lisent de la même façon qu'une résistance avec seulement cinq bandes de couleur.

Supposons cependant que sur une résistance la dernière bague soit effacée ou que l'on confonde le rouge et l'orange ou bien le vert et le bleu. Dans ces cas-là, vous devez toujours vous souvenir que le nombre que vous obtiendrez doit correspondre à l'une des valeurs standards (multiplicateur ou diviseur) définies par les séries E3, E6, E12, E24, E48, E96 et E192 :

La série E6 (tolérance 20%) : 10, 15, 22, 33, 47, 68.

La série E12 (tolérance 10%) : 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82.

La série E24 (tolérance 5% et 1%) : 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91.

La série E48 (tolérance 2%) : 100, 105, 110, 115, 121, 127, 133, 140, 147, 154, 162, 169, 178, 187, 196, 205, 215, 226, 237, 249, 261, 274, 287, 301, 316, 332, 348, 365, 383, 402, 422, 442, 464, 487, 511, 536, 562, 590, 619, 649, 681, 715, 750, 787, 825, 866, 909, 953.

La série E96 (tolérance 1%) : 100, 102, 105, 107, 110, 113, 115, 118, 121, 124, 127, 130, 133, 137, 140, 143, 147, 150, 154, 158, 162, 165, 169, 174, 178, 182, 187, 191, 196, 200, 205, 210, 215, 221, 226, 232, 237, 243, 249, 255, 261, 267, 274, 280, 287, 294, 301, 309, 316, 324, 332, 340, 348, 357, 365, 374, 383, 392, 402, 412, 422, 432, 442, 453, 464, 475, 487, 499, 511, 523, 536, 549, 562, 576, 590, 604, 619, 634, 649, 665, 681, 698, 715, 732, 750, 768, 787, 806, 825, 845, 866, 887, 909, 931, 953, 976.

La série E192 (tolérance 0.5%, 0.25% and 0.1%) : 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 124, 126, 127, 129, 130, 132, 133, 135, 137, 138, 140, 142, 143, 145, 147, 149, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 165, 167, 169, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 187, 189, 191, 193, 196, 198, 200, 203, 205, 208, 210, 213, 215, 218, 221, 223, 226, 229, 232, 234, 237, 240, 243, 246, 249, 252, 255, 258, 261, 264, 267, 271, 274, 277, 280, 284, 287, 291, 294, 298, 301, 305, 309, 312, 316, 320, 324, 328, 332, 336, 340, 344, 348, 352, 357, 361, 365,

370, 374, 379, 383, 388, 392, 397, 402, 407, 412, 417, 422, 427, 432, 437, 442, 448, 453, 459, 464, 470, 475, 481, 487, 493, 499, 505, 511, 517, 523, 530, 536, 542, 549, 556, 562, 569, 576, 583, 590, 597, 604, 612, 619, 626, 634, 642, 649, 657, 665, 673, 681, 690, 698, 706, 715, 723, 732, 741, 750, 759, 768, 777, 787, 796, 806, 816, 825, 835, 845, 856, 866, 876, 887, 898, 909, 920, 931, 942, 953, 965, 976, 988.

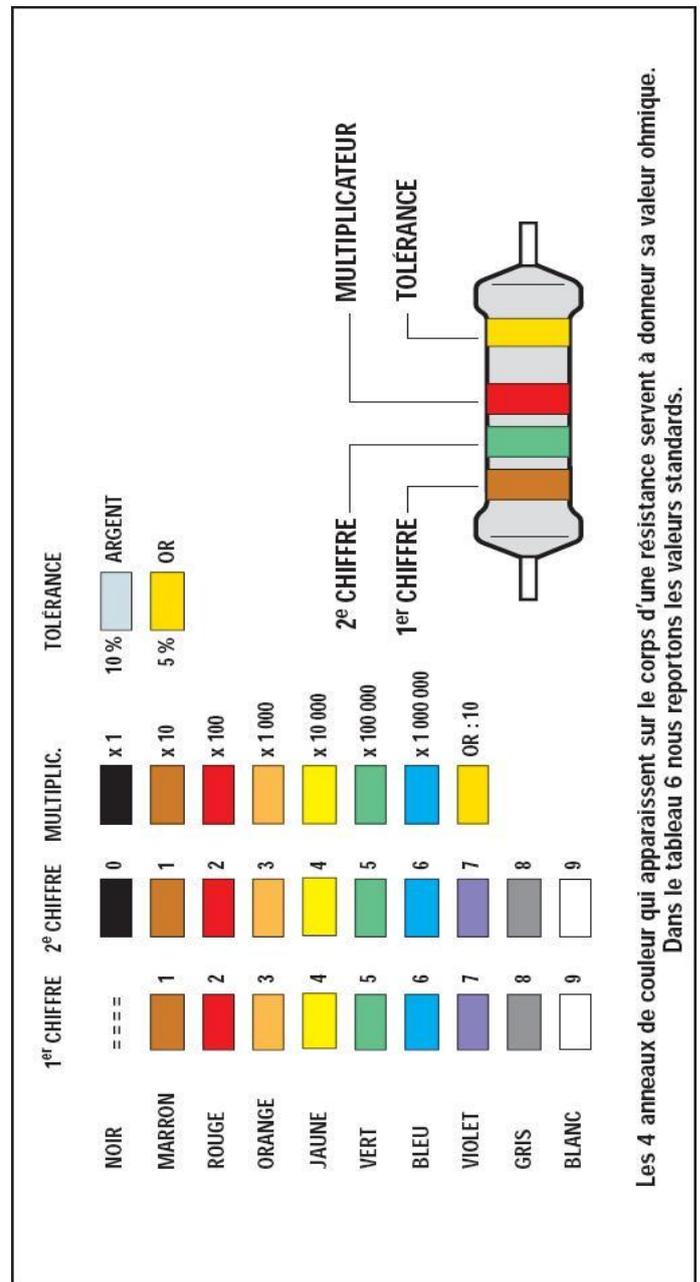


Figure 12: Code couleurs des résistances.