

## Chapitre 5 : Mesures Electriques

### 1. Mesure en physique:

Le Système international compte sept unités de base : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin, la mole et la candela, supposées quantifier des grandeurs physiques indépendantes. Chaque unité possède en outre un symbole (dans l'ordre pour les unités de base : m, kg, s, A, K, mol et cd). De ces unités de base on déduit des unités dérivées, par exemple l'unité de vitesse du système international, le mètre par seconde. Certaines de ces unités possèdent un nom particulier. Il existe également des préfixes officiels permettant de désigner les unités multiples et sous-multiples d'une unité. Par exemple, le sous-multiple du mètre valant 0,01m est appelé centimètre (symbole cm) puisque le préfixe correspondant à  $10^{-2}$  est centi-. Les unités de mesure (en physique) sont la base de toute représentation qualitative d'un phénomène. Elles permettent d'établir le lien entre la réalité et un modèle par le biais d'une échelle de mesure linéaire.

Dans le tableau ci-dessous, la colonne « Unité SI » donne l'unité en système international qui permet d'exprimer la grandeur considérée.

Grandeur	Nom	Symbole	Unité SI
courant électrique	ampère	A	A
<u>charge électrique</u>	<u>coulomb</u>	C	A.s
<u>angle</u>	<u>degré</u>	°	rad
<u>température</u>	<u>degré Celsius</u>	°C	K
<u>énergie</u>	<u>joule</u>	J	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$
<u>masse</u>	<u>kilogramme</u>	kg	kg
<u>volume</u>	<u>litre</u>	L	$\text{m}^3$
<u>longueur</u>	<u>mètre</u>	m	m
<u>force</u>	<u>newton</u>	N	$\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
<u>champ magnétique</u>	<u>tesla</u>	T	$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
<u>Temps</u>	<u>seconde</u>	s	s
Résistance électrique	Ohm	$\Omega$	$\text{Kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
<u>potentiel électrique</u>	<u>volt</u>	V	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
<u>puissance</u>	<u>watt</u>	W	$\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}$
Conductivité	Siemens/mètre	$\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}(\text{S}\cdot\text{m}^{-1})$	$\text{Kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{+3}\cdot\text{A}^{+2}$

## 2. Incertitudes dans les mesures

Toute mesure d'une grandeur physique présente inévitablement une incertitude. Elle résulte de diverses erreurs qui peuvent être classées en deux grandes catégories: les erreurs systématiques, qui se produisent toujours dans le même sens et les erreurs aléatoires, qui sont variables en grandeur et en sens et dont la moyenne tend vers zéro.

L'origine de ces erreurs provient essentiellement de trois facteurs:

- l'expérimentateur ;
- l'appareil de mesure (fidélité, sensibilité et justesse) ;
- la méthode de mesure.

*NB : Les mesures, faites avec des instruments ne sont jamais exactes. Elles comportent toujours des incertitudes.*

Il convient de chercher à éliminer les erreurs systématiques et d'évaluer les erreurs aléatoires.

- On peut essayer d'estimer l'incertitude a priori sur une détermination "unique", mais en s'appuyant sur une bonne connaissance du système.
- On peut étudier la précision globale d'une mesure à partir d'une étude statistique.

La deuxième méthode pourra être utilisée pour l'interprétation au niveau d'un groupe. Il est bien clair qu'une étude statistique ne sera d'aucun secours pour traiter des erreurs systématiques.

### 2.1 Incertitude sur une mesure directe

#### a. Incertitude absolue

Elle représente la plus grande valeur absolue de l'erreur commise sur une mesure. Si  $g$  est le résultat de la mesure  $G$ , l'incertitude absolue sera notée  $\Delta g$ . Nous écrirons:

$$G = g \pm \Delta g \quad \text{ou} \quad g - \Delta g \leq G \leq g + \Delta g.$$

#### b. Incertitude relative (taux d'incertitude)

On souhaite comparer la précision de deux mesures ; on considère pour cela la quantité  $\Delta g / g$ . La mesure est d'autant plus précise que ce rapport est faible. On l'exprime souvent en %.

### 2.2 Incertitude sur une grandeur calculée

Le plus souvent, on veut déterminer une grandeur  $G$  qui dépend de grandeurs  $X, Y, \dots$  mesurables. On dispose alors d'une relation  $g = f(x, y, \dots)$  et il nous faut déterminer  $g$  connaissant  $f(x, y, \dots)$ ,  $x, y, \Delta x, \Delta y, \dots$ . On peut y parvenir assez facilement en ne considérant que les variations au premier ordre, approximation acceptable si  $\Delta x, \Delta y, \dots$  sont petits par rapport à  $x, y, \dots$ , et utiliser le calcul différentiel. Il y a deux règles simples à mettre en œuvre et facile à démontrer: les incertitudes relatives (en %) des deux facteurs d'une multiplication

ou d'une division s'ajoutent, les incertitudes absolues des deux termes d'une somme ou d'un produit s'ajoutent.

Par la suite, pour simplifier, nous considérerons une grandeur  $G$  dont la valeur  $g$  dépend des deux mesures  $x$  et  $y$  supposées indépendantes ;  $f(x, y)$  est supposée être alors une différentielle totale exacte, d'où :

$$dg = \left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)_x dy$$

Le passage à l'incertitude absolue consiste à prendre la somme des valeurs absolues :

$$\Delta g = \left| \frac{\partial g}{\partial x} \right|_y \Delta x + \left| \frac{\partial g}{\partial y} \right|_x \Delta y$$

Quelques exemples :

$$\begin{array}{lll} g = A x + B y & dg = A dx + B dy & \Delta g = A \Delta x + B \Delta y. \\ g = A x - B y & dg = A dx - B dy & \Delta g = A \Delta x + B \Delta y. \end{array}$$

### 3. Présentation des résultats

Une estimation des incertitudes nous conduit à limiter le nombre de chiffres significatifs quand on annonce le résultat d'une détermination expérimentale. Le dernier chiffre donné doit être le premier entaché d'erreur.

#### Exemples :

- Une longueur de 1 mètre mesurée à un millimètre près devra s'écrire :  $L = 1,000 \text{ m}$ .
- Un volume de 30 millilitres mesuré à un dixième de millilitre près s'écrira :  $V = 30,0 \text{ m l}$ .

Si le résultat d'un calcul numérique fournit par exemple une valeur de 11,848 Volts avec une incertitude absolue de 0,17 Volts, on l'écrira :  $V = 12 \text{ Volts} \pm 0,02 \text{ Volts}$  près.

1. **Précision d'un appareil de mesure** : (ou **exactitude**) : + petit écart relatif entre 2 mesures consécutives  $\Delta G/G$ . Niveau de la décimale.
2. **Portée d'un appareil** : mesure maximale dont l'appareil est capable.
3. **Sensibilité d'un appareil** : capacité à détecter et à amplifier de faibles variations d'une grandeur physique. Sensibilité d'un instrument dans une zone de mesure plutôt que dans une autre.

## 4. Les appareils de mesure et leur emploi

Pour intervenir sur une installation existante, il convient de se procurer un appareil de mesure. Les tests les plus courants s'effectuent au moyen d'un multimètre. Celui-ci permet de mesurer la tension, l'intensité, la résistance, la continuité, etc.

Il est inutile d'investir dans un appareil très sophistiqué si vous n'intervenez qu'occasionnellement sur votre installation. Préférer toujours un modèle à fusible incorporé qui protège l'appareil en cas de mauvaise manipulation. Les appareils bas de gamme en sont souvent dépourvus.

Attention ! Soyez très vigilant lorsque vous effectuez certaines mesures sous tension. Tenez bien les points de test par leur partie isolée. Ne débranchez jamais les cordons en cours de mesure. Ecartez-vous toujours de la source sous tension avant toute manipulation de l'appareil de mesure.

### 4.1 Les appareils de mesure

Il existe des multimètres analogiques c'est-à-dire pourvus d'un cadran et d'une aiguille, et des multimètres numériques où les résultats apparaissent sur un afficheur à cristaux liquides (figure 5.1). Les multimètres analogiques nécessitent plus de manipulation mais sont généralement moins onéreux. La lecture est moins précise que sur un appareil numérique, mais suffisante pour une installation domestique.

Les multimètres numériques sont précis et offrent une lecture directe des valeurs.

Les multimètres ne sont pas conseillés pour les mesures d'intensité importantes (0A au maximum). On utilise dans ce cas un appareil appelé pince ampèremétrique. Il suffit passer la pince autour d'un conducteur pour connaître l'intensité qui le traverse. Il n'est pas nécessaire de dénuder le conducteur. Les modèles les plus évolués permettent de mesurer les câbles à plusieurs conducteurs.

Certains multimètres sont proposés avec une pince ampèremétrique en option qui se branche sur les cordons de mesure.

### 4.2 Mesurer les valeurs

Avant de poser les pointes de mesure sur les éléments à tester, il faut savoir ce que vous souhaitez mesurer. Pour mesurer une tension, réglez l'appareil en mode voltmètre. Pour mesurer une intensité, réglez l'appareil en position ampèremètre.

La résistance et la continuité se mesurent en mode ohmmètre, toujours hors tension. Les mesures de tension et d'intensité s'effectuent sur un circuit sous tension.

#### *a. La mesure d'une tension*

Placez tout d'abord les fiches des cordons dans les borniers appropriées. Généralement, on place un cordon sur le commun et l'autre sur le symbole V ou une valeur de tension (300V, 1000V). Placez le sélecteur d'unité de mesure volt alternatif ou continu.

Placez les pointes de test en parallèle aux bornes de l'appareil ou de l'élément à mesurer. La valeur qui apparaît sur le cadran indique la tension entre les bornes en volts.

Avec un multimètre analogique, si vous ne connaissez pas l'ordre de grandeur de la tension à mesurer, commencez toujours par une mesure avec le cordon placé sur le bornier 1000V, puis changez d'échelle si nécessaire.

### ***b. La mesure d'une intensité***

La mesure de l'intensité d'un circuit électrique avec un multimètre est difficilement réalisable dans les installations domestiques. En effet, l'appareil de mesure doit être placé en série avec l'appareil dont on souhaite connaître l'intensité. Par souci de sécurité, utilisez systématiquement une pince ampèremétrique.

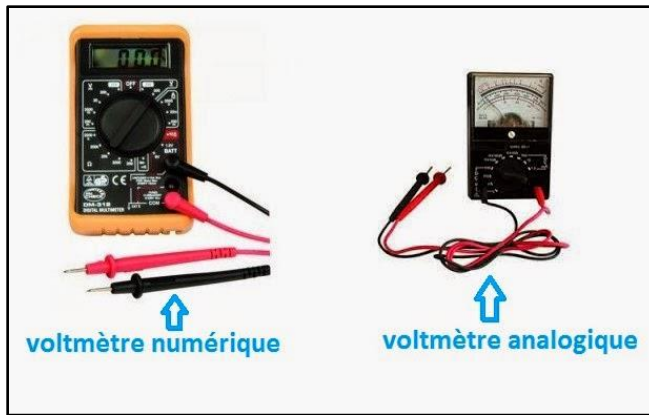


Les multimètres numériques sont très pratiques : manipulations réduites, lecture directe des valeurs. Ils sont parfois même trop précis pour les mesures à réaliser sur une installation électrique.

Les multimètres analogiques sont construits selon une ancienne technologie. La lecture des mesures se fait par la position de l'aiguille sur un cadran. Ce type d'appareil demande plus de manipulations qu'un modèle numérique. En revanche, son prix est moins élevé. Il est suffisant pour des tests sur une installation électrique.



Les multimètres permettent d'effectuer un grand nombre de mesure : tension alternatif ou continu, intensité alternatif ou continu, résistance et encore bien d'autres mesures selon les modèles. Préférez toujours un modèle doté d'un protection interne (fusible) qui évite de détruire l'appareil en cas de mauvaise manipulation.



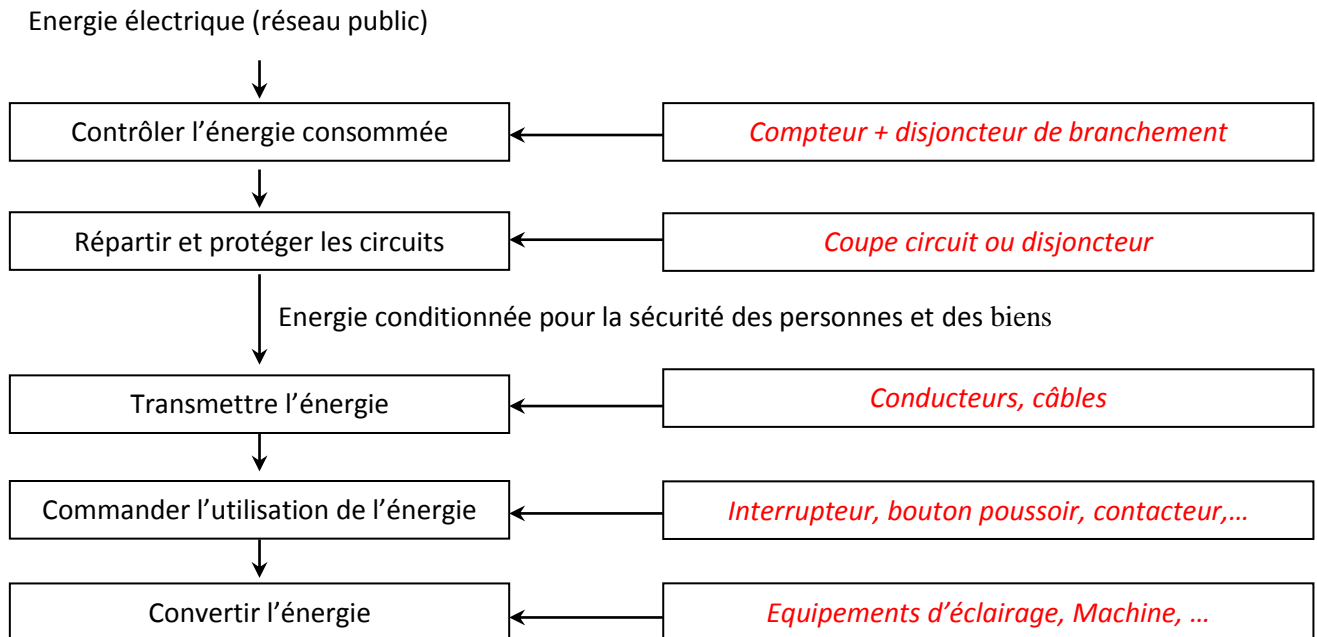
Un **voltmètre**: appareil d'indication servant à donner l'ordre de grandeur de la tension. Il y a deux types des voltmètres plus utilisé: voltmètre numérique et voltmètre analogique

## Types d'ampèremètres:

Un ampèremètre (éventuellement): appareil d'indication servant à donner l'ordre de grandeur du courant.



## 5. Schéma de câblage d'une installation électrique



Pour réaliser une bonne installation électrique, il faut :

1. Utiliser l'appareillage bien adapté à nos besoins.
2. Respecter les règles et les normes en vigueur.

### 5.1 Quelques conseils pratiques

- Respecter, dans tous les cas, les sections des conducteurs
- Respecter également les couleurs des fils
- Lorsque les conduits sont en place, passer tous les fils dans un premier temps. Les connexions seront effectuées ensuite
- Laisser dépasser les fils dans les boîtes et autres appareils d'environ 5 à 10 cm
- Les bornes à vis devront être convenablement serrées, afin d'éviter tout risque de mauvais contact donc d'échauffement
- Utiliser, dans tous les cas, l'outillage approprié
- Cocher les fils sur le schéma au fur et à mesure des connexions
- Bien vérifier le montage après réalisation, et ensuite le faire vérifier.

Et pensez aussi à celui qui vient après vous sur le poste de travail.

### 5.2 Calcul de section filaire

#### a. Les câbles

Choisir les bons câbles, c'est respecter les couleurs normalisées suivant le type de conducteur et utiliser les sections adaptées aux différents types de circuit (éclairage, prise).

**b. Les couleurs**

Vert et jaune  
exclusivement : terre



Bleu clair  
exclusivement : neutre



Rouge (ou noir pour les câbles  
multifilaires) : phase

**Nouvelle norme NFC 15-100**

Tous les circuits sans exception doivent être équipés d'un conducteur de terre, y compris les circuits d'éclairage.

**c. Section des conducteurs**

<b>CABLE RATING TABLE</b>		
Cable Cross Sectional Area (mm <sup>2</sup> )	Typical Current Rating (amps)	Recommended Circuit Breaker Rating (amps)
1.5 mm <sup>2</sup>	7.9 - 15.9A	8A
2.5 mm <sup>2</sup>	15.9 - 22A	15A
4 mm <sup>2</sup>	22 - 30A	20A
6 mm <sup>2</sup>	30 - 39A	30A
10 mm <sup>2</sup>	39 - 54A	40A
16 mm <sup>2</sup>	54 - 72A	60A
25 mm <sup>2</sup>	71 - 93A	80A
50 mm <sup>2</sup>	117 - 147A	125A
70 mm <sup>2</sup>	147 - 180A	150A
95 mm <sup>2</sup>	180 - 216A	200A
120 mm <sup>2</sup>	216 - 250A	225A
150 mm <sup>2</sup>	250 - 287A	275A
185 mm <sup>2</sup>	287 - 334A	300A
240 mm <sup>2</sup>	334 - 400A	350A