

# Chapitre 10 : Installations électriques basses tension : puissance d'utilisation

## Table des matières

Chapitre 10 : Installations électriques basses tension : puissance d'utilisation .....	1
Objectifs Rappels et Mise en situation.....	2
Objectifs .....	2
Rappels sur les formules de puissances .....	2
Notion de puissance d'utilisation .....	2
Calcul de la puissance d'utilisation d'une installation électrique.....	3
Facteurs $k_u$ , $k_s$ et $k_e$ .....	3
Choix de la puissance nominale du transformateur.....	7
Exemple de calcul de la puissance d'utilisation .....	7
Choix de la section des câbles pour une installation électrique .....	9
Appareillage électrique.....	9
Définition .....	9
Principaux dispositifs de commande et de protection .....	10

# Objectifs Rappels et Mise en situation

## Objectifs

- Calculer la puissance d'utilisation (souscrite) d'une installation électrique.
- Opter pour une puissance souscrite auprès du fournisseur d'énergie électrique.
- Dimensionner la source d'énergie (transformateurs et autres).
- Évaluer le courant d'emploi circulant dans les circuits terminaux et de distribution.
- Pouvoir identifier les composants de base d'une installation électrique
- Définir les principales fonctions de l'appareillage électrique.
- Définir les composants électriques nécessaires pour une installation électrique.
- Identifier des critères de choix de l'appareillage électrique.

## Rappels sur les formules de puissances

La puissance électrique apparente fournie par les réseaux électriques de distribution sera consommée par un appareil électrique dans au moins une des trois formes suivantes : **active P**, exprimée en Watt (W), c'est la puissance réellement utile, **apparente S**, exprimée en **Voltampère (VA)** ou **réactive Q**, exprimée en **voltampère réactif (var)**. La puissance réactive est la composante de la puissance absorbée par des inductances pures ou fournies par des condensateurs purs. Le **Tableau 1** ci-dessous résume les formules vues dans le cours pour le calcul de ces trois puissances.

**Tableau 1.** Synthèse des formules de puissance

Puissance	En monophasé	En triphasé
P Active	$P = V \cdot I \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \cos \varphi$
Q Réactive	$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$	$Q = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \sin \varphi$
S Apparente	$S = V \cdot I$	$S = \sqrt{3} V_L \cdot I_L$

$\varphi$  est le déphasage du courant par rapport à la tension et  $\cos \varphi$  est le facteur de puissance de la charge.

## Notion de puissance d'utilisation

Dans une installation électrique, les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge. On définit alors les quantités suivantes.

### **Facteur de simultanéité (ks)**

Le **facteur de simultanéité (ks)** : est une valeur estimée qui tient compte du fait que, dans une installation, tous les appareils ne sont jamais activés simultanément et à pleine puissance. Il est évalué comme étant le rapport entre la charge maximale d'un groupe d'abonnés ou d'appareils pendant un intervalle de temps déterminé et la somme des charges maximales individuelles pendant ce même intervalle de temps.

### **Facteur d'utilisation (ku)**

Le **facteur d'utilisation (ku)** : indique le taux d'emploi d'un récepteur par rapport à la durée d'usage. Lorsqu'un récepteur fonctionne à régime normal, il peut arriver que la puissance qu'il utilise soit en dessous de la puissance nominale mise en place. C'est pourquoi le terme de **facteur d'utilisation** est ici utilisé.

### Remarque sur la différence entre ks et ku

Les récepteurs ne fonctionnent pas au même moment. Le facteur de simultanéité permet ainsi de tenir compte du degré de diversité. Notez que le facteur de simultanéité s'applique à un groupe de charges.

Chaque récepteur pris individuellement ne consomme pas toujours sa puissance nominale; c'est le facteur d'utilisation.

Dans une installation électrique, le facteur d'utilisation s'applique à chaque récepteur tandis que le facteur de simultanéité s'applique à un groupe de récepteurs.

### **Coefficient d'extension ou de réserve**

Pour tenir compte du fait qu'une installation peut être modifiée ou étendue on définit les coefficients d'extension  $k_e$  (on peut également utiliser  $k_r$  pour coefficient de réserve). Il s'agit d'un facteur de réserve utilisé lors des extensions, afin de prendre en compte les évolutions prévisibles et ne pas modifier l'ensemble de l'installation. Le facteur de réserve s'applique généralement au niveau des armoires de distributions principales.

### **La puissance d'utilisation ( $S_u$ )**

Cette puissance est exprimée en **kVA** et peut aussi être notée  $P_u$  dans certains manuels ou documents. La **puissance d'utilisation** permet de *dimensionner l'installation pour la souscription du contrat de fourniture d'énergie électrique*.

La puissance d'utilisation est alors une donnée significative pour la souscription d'un contrat de fourniture en énergie électrique à partir d'un réseau public BT ou MT (et dans ce cas, pour dimensionner le transformateur MT/BT). Les facteurs de simultanéité ( $k_s$ ) et d'utilisation ( $k_u$ ) permettent de pondérer la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque récepteur et par un groupe de récepteurs. La puissance d'utilisation sera alors la somme arithmétique de ces puissances apparentes pondérées.

### **Définition du courant d'emploi**

Ce courant est noté  $I_B$  et il correspond à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal. Ce courant dépend de la puissance d'utilisation à travers la relation suivante :

$$I_B = \frac{S_u}{\sqrt{3} V_L} \quad \left\{ \begin{array}{l} S_u \text{ en VA} \\ V_L \text{ en volts (V)} \\ I_B \text{ en ampères (A)} \end{array} \right. \quad (10.1)$$

$V_L$  est la tension de ligne de la source d'alimentation triphasée.

## **Calcul de la puissance d'utilisation d'une installation électrique**

### **Facteurs $k_u$ , $k_s$ et $k_e$**

#### **Facteur $K_u$**

Comme mentionné précédemment, le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur. Par exemple pour des équipements comportant des moteurs; ceux-ci sont susceptibles de fonctionner **en dessous de leur pleine charge**.

Dans une installation industrielle, ce facteur peut être estimé en moyenne à 0,75 pour les moteurs comme on peut le voir dans le **Tableau 2** ci-dessous. Pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égal à 1. Pour les prises de courant cependant, tout dépendra de leur destination. Pour la charge d'un véhicule électrique, le facteur d'utilisation sera systématiquement

estimé à 1. Le temps de charge complète des batteries est en effet très long (plusieurs heures) et un circuit dédié alimentant la station de charge ou le boîtier mural sera requis par les normes.

**Tableau 2.** Quelques valeurs du facteur d'utilisation

Type de récepteur	Facteur d'utilisation $k_u$
Chauffage ou éclairage	1
Prise de courant sans indication particulière	1
Moteurs électriques	0,75

### Facteur $k_s$

Comme mentionné précédemment, il s'agit du rapport, exprimé en valeur numérique ou en %, de la puissance maximale appelée par un ensemble de clients ou un groupe d'appareils électriques, au cours d'une période déterminée, à la somme des puissances maximales individuelles appelées pendant la même période. Conformément à cette définition, la valeur est **toujours  $\leq 1$**  et peut être exprimée en pourcentage. Le facteur  $k_s$  est appliqué à chaque groupe de charges (par exemple, alimenté à partir d'un tableau de distribution ou de sous-distribution). Le **Tableau 3** reporte quelques valeurs de facteurs de simultanéité pour un immeuble d'habitation selon le nombre d'abonnés.

**Tableau 3.** Facteur de simultanéité dans un immeuble d'habitation

Nombre d'abonnés	2 à 4	5 à 9	10 à 14	15 à 19	20 à 24	25 à 29	30 à 34	35 à 39	40 à 49	Plus de 50
$k_s$	1	0,78	0,63	0,53	0,49	0,46	0,44	0,42	0,41	0,38

Il est défini les valeurs du facteur de simultanéité selon l'utilisation comme montré dans le **Tableau 4**.

**Tableau 4.** Facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation (cas général)

Utilisation		Facteur de simultanéité $k_s$
Éclairage		1
Chauffage et conditionnement d'air		1
Prise de courant (nombre de prise $n$ )		$0,1 + \frac{0,9}{n}$
Moteurs	Moteurs le plus puissant	1
	Moteur suivant	0,75
	Autres moteurs	0,6

**Note importante :** tout au long de ce cours, il sera utilisé la valeur de 0,75 comme facteur de simultanéité des moteurs.

Finalement, on définit le facteur de simultanéité au niveau de l'armoire de distribution ou coffret selon le nombre de circuits. Les valeurs des coefficients à considérer sont reportées dans le **Tableau 5**. L'image d'une armoire de distribution est montrée sur la **Figure 8. 1** sur laquelle, le nombre de disjoncteurs est égale au nombre de circuits.

**Tableau 5.** Facteur de simultanéité pour armoire de distribution

Nombre de circuits	Facteurs de simultanéité (ks)
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6

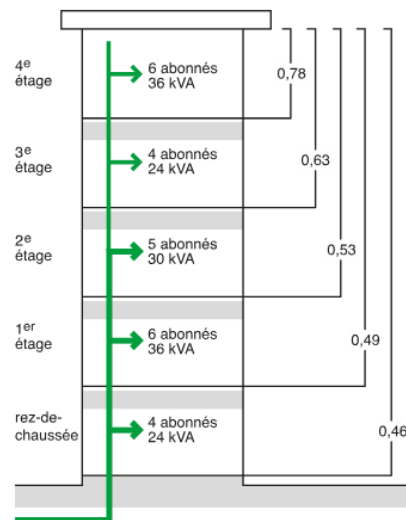


**Figure 8.1.** Exemple d'armoire de distribution : chaque disjoncteur est un circuit ([source](#))

### Facteur $K_e$ : extension

Ce facteur permet de prendre en compte les évolutions prévisibles de l'installation il varie de 1,15 à 1,25, on prendra généralement  $k_e = 1,25$ .

**Exemple d'application 1** : on considère un **immeuble** à quatre étages plus rez-de-chaussée comportant un total de 25 abonnés comme montré sur la **Figure 8.2**. Le réseau d'alimentation de l'immeuble est triphasé 120 V/208 V et une canalisation souterraine est utilisée pour alimenter l'immeuble.



**Figure 8.2.** Figure pour l'exemple d'application 1

1. Calculez la puissance installée pour cet immeuble.
2. Calculez le courant d'emploi au rez-de-chaussée.
3. Calculez le courant d'emploi au 3<sup>e</sup> étage.

### **Solution de l'exemple 1**

Pour cet exercice, on doit utiliser les coefficients du **Tableau 3** étant donné que l'on traite du courant d'emploi dans un immeuble.

#### **1. Calcul de la puissance installée.**

Pour un total de 25 abonnés, le facteur de simultanéité est de 0,46. Ainsi, pour l'immeuble, on aura :

$$S_{u_t} = (24 + 36 + 30 + 24 + 36) \times 0,46 = 150 \times 0,46 = \boxed{69 \text{ kVA}}$$

**Note importante** : les puissances apparentes ont été directement additionnées, car il s'agit d'une installation résidentielle pour laquelle on suppose un facteur de puissance de 1.

#### **2. Calcul du courant d'emploi au rez-de-chaussée**

Ce courant doit pouvoir alimenter tous les niveaux y compris le rez-de-chaussée, il sera noté  $I_{B_r}$  et on aura :

$$I_{B_r} = \frac{S_{u_t}}{\sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{69 \times 1000}{\sqrt{3} \times 208} = \boxed{191,52 \text{ A}}$$

#### **3. Calcul du courant d'emploi au 3<sup>e</sup> étage.**

Dans ce cas le courant d'emploi doit alimenter les niveaux 3 et 4. Pour ces deux niveaux, on a un total de 10 abonnés et en considérant les coefficients du **Tableau 3**, on obtient une puissance d'utilisation de :

$$S_{u_{3-4}} = (24 + 36) \times 0,63 = 37,8 \text{ kVA}$$

Ce qui correspond à un :

$$I_{B_{3-4}} = \frac{S_{u_{3-4}}}{\sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{37,8 \times 1000}{\sqrt{3} \times 208} = \boxed{104,92 \text{ A}}$$

**Exemple d'application 2** : un atelier comporte des équipements suivants :

- 4 tours (moteurs) d'une puissance de 5 kVA chacun
  - 2 perceuses (moteurs) à colonne de 2 kVA chacune.
  - 5 prises de courant totalisant 18 kVA.
1. Déterminez la puissance d'utilisation des tours.
  2. Déterminez la puissance d'utilisation des perceuses.
  3. Déterminez la puissance totale des tours et des perceuses. Considérer un facteur de puissance unitaire.
  4. Quel est le facteur de simultanéité du coffret des différents moteurs sachant qu'il comporte 6 circuits correspondant à 4 tours plus 2 perceuses.
  5. Quelle serait alors la puissance nécessaire pour ce coffret.

### **Solution de l'exemple 2**

#### **1. Calcul de la puissance d'utilisation des tours.**

En considérant un facteur d'utilisation de 0,75 (voir **Tableau 2**) pour les moteurs, on obtient :

$$S_{u_{\text{tours}}} = 0,75 \times 4 \times 5 = \boxed{15 \text{ kVA}}$$

**Notes importantes** : il est normal d'additionner les puissances apparentes, car les charges sont identiques.

## 2. Calcul de la puissance d'utilisation des perceuses.

Toujours avec  $k_u=0,75$  et 2 perceuses, on obtient :

$$S_{u_{\text{perceuses}}} = 0,75 \times 2 \times 2 = \boxed{3 \text{ kVA}}$$

**Rappel** : Les puissances apparentes ont été additionnées, car les charges sont identiques.

## 3. Calcul de la puissance totale des tours et des perceuses.

$$S_{u_{\text{tours+perceuses}}} = 15 + 3 = \boxed{18 \text{ kVA}}$$

## 4. Facteur de simultanéité du coffret des différents moteurs sachant qu'il comporte 6 circuits correspond à 4 tours plus 2 perceuses.

On considère pour cela les données du **Tableau 5** pour lesquelles on obtient dans le cas de 6 circuits :

$$\boxed{k_{S_{\text{coffret}}} = 0,7}$$

## 5. Puissance nécessaire pour ce coffret.

En tenant compte du facteur de simultanéité, on obtient au niveau du coffret:

$$S_{u_{\text{coffret}}} = k_{S_{\text{coffret}}} \times S_{u_{\text{tours+perceuses}}} = 0,7 \times 18 = \boxed{12,6 \text{ kVA}}$$

## Choix de la puissance nominale du transformateur

La puissance nominale du transformateur est définie comme suit :

$$S_{\text{transfo}} = \sqrt{3} V_L \cdot I_B \cdot k_e \quad (10.2)$$

$I_B$  est le courant d'emploi en ampères (A) déterminé à partir de l'équation (10.1).  $V_L$  est la tension de ligne de la source triphasé et  $k_e$  est le coefficient d'extension que l'on prendra égale à **1,25** tout au long du cours.

## Exemple de calcul de la puissance d'utilisation

Dans le calcul effectué dans l'exemple d'application, il a été considéré des facteurs de puissance unitaires pour chacun des moteurs. Cela suppose qu'il y'a pas de consommation d'énergie réactive, mais normalement, le facteur de simultanéité doit être appliqué sur la puissance réelle de façon à évaluer la puissance souscrite auprès du fournisseur d'énergie électrique. La **Figure 8. 3** montre un exemple de calcul de la puissance d'utilisation des équipements d'une installation industrielle comportant trois ateliers A, B et C. Comme vous pouvez le constatez, cette méthode est *approximative* par rapport à un bilan des puissances actives et réactives mais offre l'avantage de dimensionner l'*installation par excès*. Dans ce type de calcul la précision n'est pas recherchée puisqu'on ajoute des facteurs de correction ( $k_s$  et  $k_u$ ) très approximatifs aussi.

Dans ce qui suit, il est proposé une analyse de l'atelier B qui comporte les éléments reportés dans le **Tableau 6** ci-dessous.

**Tableau 6.** Caractéristiques des équipements de l'atelier B

Récepteurs	Caractéristiques
Compresseur	S=15 kVA, $k_u=0,8$
Circuits de prises 10/16 A	S=10,6 kVA, $k_u=1$
10 tubes fluorescents	S=1 kVA, $k_u=1$

- La puissance d'utilisation pour le compresseur sera alors de :

$$S_{u_{\text{compresseur}}} = k_u \cdot S_{\text{compresseur}} = \underbrace{0,8}_{k_u} \times \underbrace{1}_{k_s} \times 15 = \boxed{12 \text{ kVA}}$$

- La puissance d'utilisation pour les circuits de prises sera alors de :

$$S_{u_{\text{prises}}} = k_u \cdot k_s \cdot S_{\text{prises}} = \underbrace{1}_{k_u} \times \underbrace{0,4}_{k_s} \times 10,6 = \boxed{4,24 \text{ kVA}}$$

- La puissance d'utilisation pour les tubes fluorescents sera de :

$$S_{u_{\text{fluo}}} = k_u \cdot k_s \cdot S_{\text{fluo}} = \underbrace{1}_{k_u} \times \underbrace{1}_{k_s} \times 1 \approx \boxed{1 \text{ kW}}$$

- Au niveau de l'armoire B, on tient compte du coefficient d'extension de l'atelier B comme suit :

$$S_{u_{\text{armoire B}}} = k_s \cdot k_e \cdot (S_{u_{\text{compresseur}}} + S_{u_{\text{prises}}} + S_{u_{\text{fluo}}})$$

Ce qui donne :

$$S_{u_{\text{armoire B}}} = \underbrace{0,9}_{k_s} \times \underbrace{1}_{k_e} \times (12 + 4,24 + 1) = \boxed{15,516 \text{ kVA}}$$

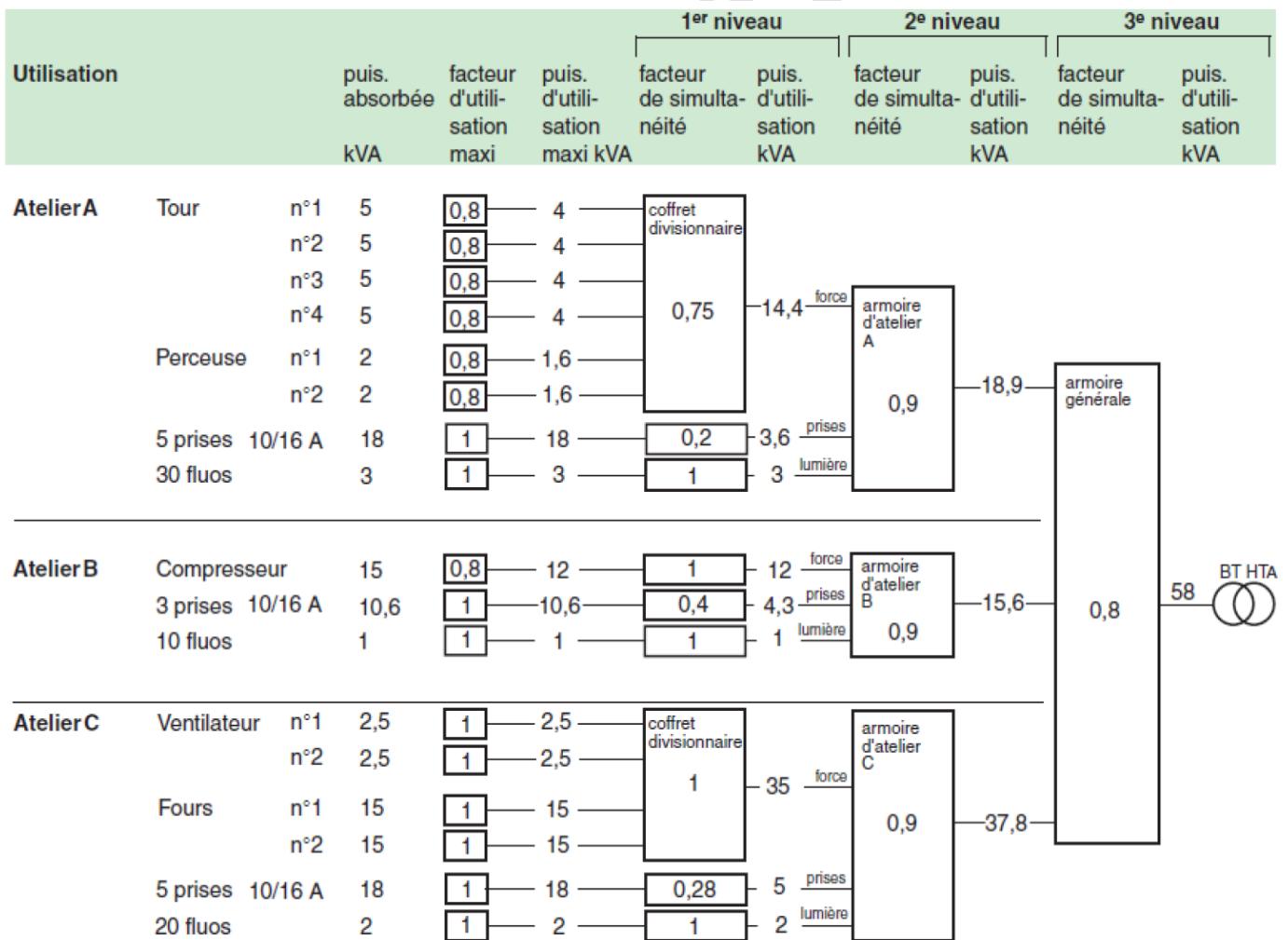


Figure 8. 3. Exemple d'estimation des puissances le bilan de puissance



## Choix de la section des câbles pour une installation électrique

Ce choix dépend d'un bon nombre de caractéristiques, parmi lesquelles : la tension d'utilisation, l'intensité à transporter, la distance entre ses deux extrémités, les influences externes, l'interactions des câbles entre eux, la température ambiante, du type de protection de celui-ci, si le neutre est chargé ou non et enfin s'il y a plusieurs câbles par phase.

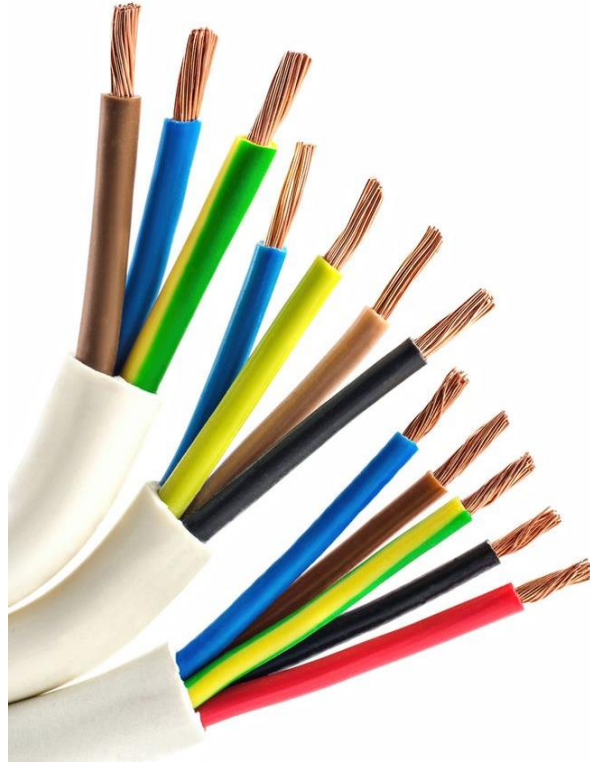


Figure 8. 4. Choix de la section des câbles ([source](#))

## Appareillage électrique

### Définition


L'**appareillage électrique** désigne l'ensemble des appareils destinés à être reliés à un circuit électrique en vue d'assurer la protection, la commande, le sectionnement et la connexion des matériels d'utilisation électriques. Par exemple, il s'agit des interrupteurs, des socles de prise de courant, des douilles pour les lampes, des transformateurs de séparation, des boîtes de connexion et des composants des tableaux électriques.

Un choix adéquat d'appareillage électrique passe inévitablement par une correcte compréhension du récepteur à alimenter de point de vue caractéristique et de son comportement dans différents régimes de fonctionnement. En fait, il faut tenir compte des différents régimes de fonctionnement, y compris les risques de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions.

## Principaux dispositifs de commande et de protection

Dispositifs	Fonctions	Une Image
<i>Sectionneur</i>	<p><i>Isole le circuit du moteur de celui de la source</i></p> <p>Le sectionneur ne possède pas de pouvoir de coupure; ils doivent alors être capables de supporter le courant nominal ainsi que les courants de courts-circuits.</p>	
<i>Disjoncteur</i>	<p><i>Permet d'interrompre le courant en cas de surintensité.</i></p> <p>On peut réenclencher le disjoncteur après une ouverture anormale.</p>	
<i>Commutateurs à cames</i>	<p><i>Utilisés pour la commande manuelle des moteurs;</i></p> <p>ils comportent une série de contacts fixes et de contact mobiles actionnés par la rotation manuelle d'un arbre à cames.</p>	
<i>Bouton-poussoir</i>	<p><i>Commutateurs actionnés par une pression du doigt et qui ouvrent ou ferment deux ou plusieurs contacts.</i></p> <p>Un ressort ramène le bouton-poussoir à sa position normale dès que la pression est enlevée.</p>	

<p><i>Relais de commande</i></p>	<p><i>Interrupteur électromagnétique qui ouvre ou ferme ses contacts lorsqu'on excite sa bobine de maintien.</i></p> <p>Très souvent, le relai comporte des contacts normalement ouverts et des contacts normalement fermés et ils sont utilisés lorsque les puissances mises en jeu sont faibles.</p>	
<p><i>Relais thermique</i></p>	<p><i>Protège les installations contre les surcharges.</i></p> <p>Un relai s'ouvre lorsque la chaleur créée par le passage du courant dépasse une limite prédéfinie.</p>	
<p><i>Contacteur magnétique</i></p>	<p><i>Ce sont de gros relais destinés à ouvrir et à fermer un circuit de puissance.</i></p> <p><i>Le contacteur comporte une bobine qui permet d'ouvrir et de fermer ses contacts.</i></p> <p>Contrairement aux relais de commande, les contacteurs peuvent commander plusieurs centaines de kilowatts.</p>	
<p><i>Lampes témoins</i></p>	<p><i>Servent à indiquer l'état d'un composant dans un système de commande.</i></p>	

<p><i>Interrupteurs de fin de course</i></p>	<p><i>C'est un interrupteur spécial qui permet d'ouvrir ou de fermer un contact selon la position d'une pièce mécanique.</i></p>	
<p><i>Détecteur de proximité</i></p>	<p>Ils sont caractérisés par l'absence de liaison entre mécanique entre le système de mesure et l'objet cible. L'interaction entre le capteur et l'objet cible est réalisée par l'intermédiaire d'un champ électrique.</p>	
<p><i>Résistances, réactances, condensateurs et transformateurs</i></p>	<p>En variant des résistances ou des réactances, on varie le courant qui alimente le moteur et de ce fait sa vitesse.</p>	

*Fin du cours ici, pas de fiches d'exercices pour ce chapitre*

*Réviser les deux exemples d'applications du cours ainsi que l'exercice proposé dans le devoir 10*