

Dimensionnement d'une installation électrique

Dimensionner quelque chose consiste à lui donner, en considérant des critères, les dimensions physiques les plus appropriées. Dimensionner une installation électrique, c'est calculer et fixer les caractéristiques physiques de ses éléments, notamment celles des sources d'alimentation, des conducteurs de distribution et des dispositifs de protection.

Le dimensionnement d'une installation électrique est un art difficile dans la mesure où il nécessite de prendre en considération des impératifs particuliers (techniques, économiques, réglementaires, normatifs, contractuels...) définis dans les clauses techniques et administratives associées à un projet.

Après l'élaboration du schéma de principe : synoptique qui schématise la configuration spatiale de l'installation et les niveaux de distribution (armoires, canalisations et récepteurs ...), le dimensionnement peut se faire suivant la chronologie ci-après.

1. Dimensionnement des sources	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des récepteurs • Bilan des puissances
2. Dimensionnement des canalisations	<ul style="list-style-type: none"> • Courants d'emplois et mode de pose • Calculs des sections des conducteurs
3. Dimensionnement des protections	<ul style="list-style-type: none"> • Calculs des courts-circuits • Choix des dispositifs de protection
4. Contrôles et confirmations	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifications
5. Dossier d'exécution	<ul style="list-style-type: none"> • Implantation

Ces étapes peuvent être réalisées soit grâce à des logiciels, soit manuellement en s'appuyant sur des guides et tableaux normatifs (CEI, UTE C ou NF C). Ensuite, elles seront soumises pour validation auprès du Bureau d'Etudes techniques avant la phase d'exécution.

1 Dimensionnement des sources d'alimentation

C'est donner à une source la puissance nécessaire pour alimenter une installation ou une de ses parties en tenant compte les différentes caractéristiques des circuits et récepteurs.

1.1 Définition des récepteurs terminaux

Il s'agit de recenser tous les équipements terminaux utilisant l'énergie électrique et d'examiner leurs caractéristiques nominales et fonctionnelles. Cet examen permet de dresser l'inventaire des puissances et des courants réellement absorbés (utilisés) par chaque équipement récepteur.

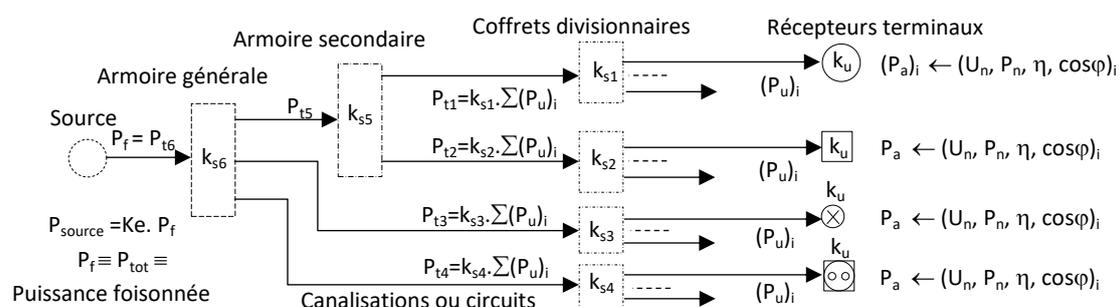


Figure 1 : Exemple de configuration de principe d'une installation électrique

1.1.1 Inventaire des puissances maximales absorbées

Les grandeurs nominales (puissance P_n , tension U_n , rendement η , facteur de puissance $\cos\varphi$,...) d'un récepteur sont données par sa documentation technique ou sur sa plaque signalétique. En pratique, la puissance à la sortie d'un récepteur (puissance nominale P_n) n'est pas toujours égale à la puissance à son entrée (puissance absorbée P_a), dont les expressions condensées sont :

$$P_a = \alpha \cdot \frac{P_n(W)}{\eta} = \beta \cdot U_n \cdot I_n \quad (1)$$

$$I_a = I_n = \frac{P_a}{\beta \cdot U_n} \text{ (A)} \quad (2)$$

- Pour la puissance active absorbée P_a (W), alors on prend ($\alpha = 1$ ou $\beta = \sqrt{3} \cdot \cos\varphi$)
- Pour la puissance apparente absorbée P_a (VA), alors on prend ($\alpha = \frac{1}{\cos\varphi}$ ou $\beta = \sqrt{3}$)
- Pour la puissance réactive absorbée Q_a (VAR), alors on prend ($\alpha = \tan\varphi$ ou $\beta = \sqrt{3} \cdot \sin\varphi$)
- Pour les récepteurs monophasés en remplace dans β , $\sqrt{3}$ par 1.
- U_n tension entre deux bornes du récepteur 230V si monophasé phase/neutre, 400V si monophasé phase/phase ou si triphasé.
- I_n (A) courant absorbé, pour les gros moteurs et ceux à démarrages répétitifs, il convient de majorer le courant par un tiers du courant de démarrage $I_a = I_n + \frac{1}{3}I_D$.

Pour les récepteurs d'éclairage fluorescent/à décharge qui possèdent des ballasts stabilisateurs, la puissance nominale P_n indiquée sur la lampe correspond à la lampe seule (sans ballast). Il faut y ajouter la puissance consommée par le ballast. En absence de toute indication précise on peut prendre ($P_{ballast} =$ de 10 à 25% de P_n) ou en termes de rendement ($0.8 \leq \eta \leq 0.9$).

1.1.2 Inventaire des puissances réellement utilisées

Par expérience, un récepteur ne fonctionne pas tout le temps en pleine puissance. De ce fait la puissance utilisée peut être inférieure à sa puissance nominale. D'où la notion du facteur d'utilisation (k_u) qui exprime le rapport entre la puissance utilisée et la puissance nominale. Ce facteur (k_u) s'applique individuellement à chaque récepteur pour donner sa puissance d'utilisation :

$$P_u = k_u \cdot P_a \quad (3)$$

Encore, par expérience, les récepteurs d'une installation ne fonctionnent jamais simultanément, compte tenu de ce fait, la puissance nécessaire pour alimenter un ensemble de récepteurs est inférieure à la somme de leurs puissances nominales. D'où la notion du facteur de simultanéité (k_s) qui exprime le rapport de la puissance appelée par un groupe d'appareils à la somme de leurs puissances nominales. Ce facteur (k_s) s'applique à chaque groupe de charges alimentées à partir d'un même tableau de distribution, pour donner la puissance nécessaire à l'alimentation de ce tableau.

$$P_{tab} = k_{s,tab} \cdot \sum_{i=1}^N (P_u)_i \quad (4)$$

- N : nombre de récepteurs ou circuits alimentés par le tableau « tab »
- Attention à la puissance apparente elle n'est conservatrice : $S_{tab} = \sqrt{P_{tab}^2 + Q_{tab}^2} \neq \sum S_i$

La détermination précise des facteurs de pondération (k_u et k_s) implique la connaissance détaillée de l'installation et des conditions d'exploitation. Ces facteurs peuvent être précisés dans les clauses techniques du cahier de charge. Cependant en l'absence de toute indication, les tableaux suivants, issus des normes et des guides d'installations types, donnent quelques valeurs habituelles.

Récepteur	$\eta\%$	k_u	$\cos\phi$	Récepteur	$\eta\%$	k_u	$\cos\phi$
Eclairage				Chauffage			
Incandescence & halogènes	1	1	1	Four par résistance	1	1	1
Fluo non compensé	0.8	1	0.5	Four par induction	0.9	1	0.85
Fluo compensé	0.8	1	0.85	Four par arc	0.8	1	0.8
A décharge	0.7	1	0.9	Climatisation & ventilation	-	1	-
Moteurs				Autres			
≤ 0.6 kW	-	-	0.5	Soudeuse par résistance	1	1	0.85
De 1 à 3 kW	0.7	0.75-1	0.7	Redresseurs à thyristors	0.9	1	0.4-0.8
De 4 à 40 kW	0.8	0.75-1	0.8	Soudeuse par arc	0.75	1	0.5
≥ 50 kW	0.9	0.75-1	0.9				
Prises de courant							
Dans les bureaux	-	0.2-0.5	-				
En industrie	-	1	-				

Tableau 1 : Valeurs indicatives des rendements, des facteurs d'utilisation et des facteurs de puissance des récepteurs usuels (recueils de guides d'installations)

Type et nombre de charges	K_s	Type d'utilisation	(k_s)	
Distribution - 2 et 3 circuits	0,9	Eclairage	1	
Distribution - 4 et 5 circuits	0,8	Chauffage et conditionnement d'air	1	
Distribution - 6 à 9 circuits	0,7	Prises de courant	0,1- 0,2*	
Distribution - 10 circuits ou plus	0,6	Ascenseurs et monte-charges**	Pour le moteur le plus puissant	1
Organe de commande électrique	0,2		Pour le moteur suivant	0,75
Moteurs ≤ 100 kW	0,8		Pour les autres	0,60
Moteurs > 100 kW	1,0			

Tableau 2 : Facteurs de simultanéité pour armoire de distribution selon (CEI 61439 et NF C 63-410) et en fonction de l'utilisation selon (UTE C15.105).

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	>50
(k_s)	1	0,78	0,63	0,53	0,49	0,46	0,44	0,42	0,41	0,38

Tableau 3 : Facteur de simultanéité dans un immeuble d'habitation

1.2 Bilan de puissance (Evaluation de la puissance totale)

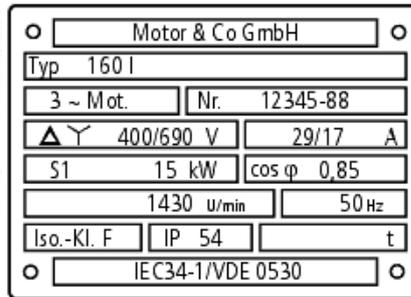
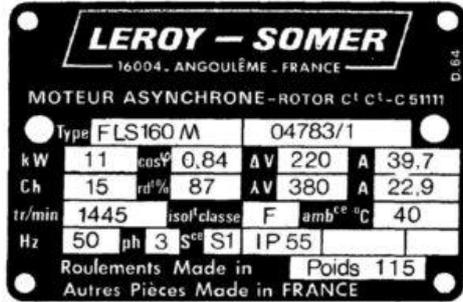
Après réalisation de l'inventaire des puissances absorbées par tous les équipements terminaux (Eq.1), l'évaluation du bilan des puissances commence de l'aval et remonte à l'amont de l'installation :

- Noter sur le schéma (ou dans un tableau) les puissances absorbées par les récepteurs
- Calculer les puissances d'utilisation des récepteurs en appliquant les k_u adéquats (Eq.3 ; T-1)
- Pour obtenir la puissance nécessaire à un tableau de distribution, sommer toutes les puissances d'utilisation des récepteurs ou circuits qui dérivent de ce tableau. Ensuite, pondérer la somme obtenue par le k_s correspondant à ce tableau (Eq.4 ; T-2)
- Pour obtenir la puissance totale nécessaire à toute l'installation (puissance foisonnée), continuer de cette façon pour tous les tableaux et armoires jusqu'à l'amont de l'armoire d'alimentation principale (TGBT : Tableau Général Basse Tension). (Eq.4 ; T-2)
- La puissance de la source est la pondération, de la puissance totale obtenue, par un facteur d'extension (k_e) compris entre 1.1 et 1.3. $P_{source} = k_e \cdot P_{tot}$

NB1. Afin d'obtenir le facteur de puissance global de l'installation, ce calcul devra être fait pour toutes les puissances : actives, réactives et apparente. Aussi, afin de tenir compte du déséquilibre entre phases, ce calcul devra être fait pour chacune des phases.

NB2. Une puissance apparente totale est normalement la somme vectorielle des puissances apparentes de chaque circuit ou récepteur. Cependant, il est souvent fait une simple sommation arithmétique pour des raisons pratiques. De fait, la valeur de la puissance apparente obtenue est supérieure à la valeur de la puissance apparente réellement absorbée, la différence représente une "marge sur conception" acceptable.

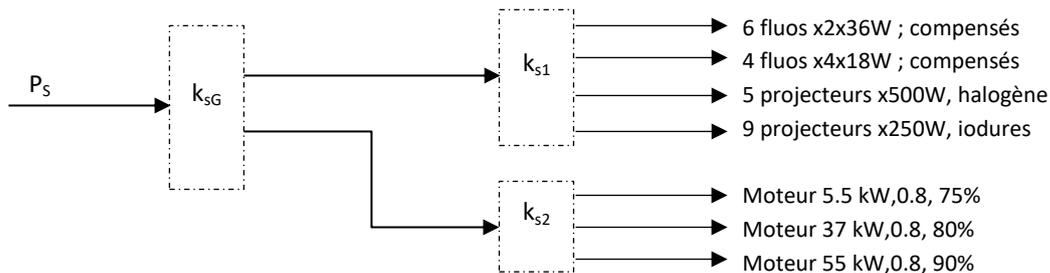
1.3 Exemples



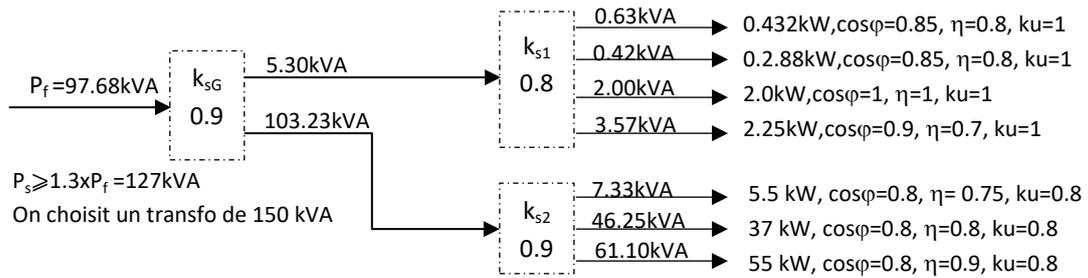
Exemple 1 : Calculer les puissances d'utilisation (actives, réactive et apparentes) des récepteurs ayant les marquages ci-dessus. Le facteur d'utilisation est estimé à 0.8 pour les moteurs.

	P _n (kW)	U _n (V)	I _n (A)	cosφ	η	P _a (kW)	P _a (kVA)	k _u	P _u (kW)	P _u (kVA)	Q _u (kVAR)
Leroy-Smer	11	380	22.9	0.84	87	12.64	15.05	0.8	10.11	12.04	6.53
Motor & Co GmbH	15	400	29	0.85	-	17.08	20.10	0.8	13.67	16.08	8.47
Sylvania	0.021	-	-	0.5	0.8	0.026	0.052	1	0.026	0.052	0.045

Exemple 2 : Calculer la puissance nécessaire à l'alimentation du tableau générale en adoptant une prévision d'extension de 30%.



Récepteur	P _n kW	cosφ sinφ tanφ	η %	P _a Q _a S _a	k _u	P _u Q _u S _u	ΣP _u ΣQ _u ΣS _u	k _s	P _{tab} Q _{tab} S _{tab}	ΣP _{tab} ΣQ _{tab} ΣS _{tab}	k _s	P _{tot} Q _{tot} S _{tot}	ke	P _{source} Q _{source} S _{source}	
06 Caissons fluo 06x 2x36 W	0.432	0.85 0.53 0.62	80°	0.54 0.33 0.63	1	0.54 0.33 0.63	6.11 2.09	0.8	4.89 1.67 5.30	87.47 63.62 108.53	0.9	78.72 57.26 97.68	1.3	102.33 74.44 126.98	
04 Caissons fluo 4x4x18 W	0.288	0.85 0.53 0.62	80°	0.36 0.22 0.42	1	0.36 0.22 0.42	Scalc : 6.46*		Scalc : 5.17*			Scalc : 108.16*		Scalc : 97.34*	Scalc : 126.54*
05 Projecteurs 5x 500W	2.000	1 0 0	100	2.00 0.00 2.00	1	2.00 0.00 2.00	cosφ 0.92 0.94*		cosφ 0.92 0.94*						
09 Projecteurs 9x250W	2.250	0.9 0.43 0.48	70	3.21 1.54 3.57	1	3.21 1.54 3.57	0.92 0.94*		0.92 0.94*						
Moteur 5.5 kW	5.500	0.80 0.6 0.75	75	7.33 5.50 9.17	0.8	5.86 4.40 7.33	91.76 68.83 114.7	82.58 61.95 103.23	0.8 0.8 0.81*	0.8 0.8 0.81*	0.8 0.8 0.81*				
Moteur 37 kW	37.00	0.80 0.6 0.75	80	46.25 34.7 57.81	0.8	37.0 27.76 46.25	Scalc : 114.7*	0.9	Scalc : 103.23*	Scalc = √(P _x ² + Q _x ²) cos φ = P / S cos φ = P / Scalc	0.8 0.8 0.81*	0.8 0.8 0.81*			
Moteur 55 kW	55.00	0.80 0.6 0.75	90	61.11 45.83 76.4	0.8	48.90 36.67 61.12	cosφ : 0.8 0.8*	cosφ : 0.8 0.8*							



Exemple 3 : Les consommations des abonnés d'un immeuble de (R+4) sont dressées dans le tableau suivant :

Rez-de-chaussée	1 ^{er} étage	2 ^{ème} étage	3 ^{ème} étage	4 ^{ème} étage
04 abonnés	06 abonnés	05 abonnés	04 abonnés	06 abonnés
24 kVA	36 kVA	30 kVA	24 kVA	36 kVA

Quelle sera la puissance appelée par cet immeuble ?

4 ^{ème}	06 abonnés	36 kVA	0.78	0.63	0.53	0.49	0.46	$36 \times 0.78 = 28.1 \text{ kVA}$
3 ^{ème}	04 abonnés	24 kVA						$60 \times 0.63 = 37.8 \text{ kVA}$
2 ^{ème}	05 abonnés	30 kVA			$90 \times 0.53 = 47.7 \text{ kVA}$			
1 ^{er}	06 abonnés	36 kVA			$126 \times 0.78 = 61.7 \text{ kVA}$			
RDC	04 abonnés	24 kVA			$150 \times 0.78 = \mathbf{69.0 \text{ kVA}}$			