

1. Bilan de puissance

Pour étudier une installation, la connaissance de la réglementation est un préalable. Le mode de fonctionnement des récepteurs (régime normal, démarrage, simultanéité, etc.), et la localisation sur le plan unifilaire des bâtiments ou des récepteurs et des puissances utilisées permettent de réaliser un bilan des puissances installées et utilisées et, ainsi, d'en déduire la puissance et le nombre des sources nécessaires au fonctionnement de l'installation.

2. Schéma unifilaire de l'installation

C'est une représentation schématique d'une installation électrique fixe, qui ne tient pas compte de la position du matériel électrique mais qui donne, grâce aux symboles, la composition de chaque circuit élémentaire et l'interconnexion des circuits élémentaires entre eux pour former l'installation électrique.

3. Identification des différents circuits électriques de l'installation

Le tableau suivant représente l'ensemble de toutes les charges Constituant notre installation, ainsi que leurs puissances nominales et les longueurs des câbles par rapport à leurs jeux de barres associés.

Exemple d'une étude faite :

Tableau 1 : Identification des différents circuits électriques de l'installation.

Récepteurs	Quantité	P _n [W]	Longueurs[m]
Alimentation force motrice			
Départe N°1			
Souffleuse automatique	1	91200	5
Tri block Rinceuse 8 becs de bidons Remplisseuse 8 becs de bidons Visseuse 8 becs de bidons de 4l a 6l			
	1	10400	10
Dateur	1	1760	20
Poseuse d'étiquettes autocollantes	1	1200	25
Palettiseur	1	17600	30

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

monte-charge	1	25000	35
Compresseur 500L	1	6000	10
Système cip	1	4000	15
Station de pompage			
Départe N°2			
Pompe de transfère filtre	1	1920	15
Pompe immergée N°1	1	3000	150
Pompe immergée N°2	1	3000	160
Pompe immergée N°3	1	3000	140
Pompe immergée N°4	1	3000	200
Eclairages et prise de courant			
Départe N°3			
Eclairages intérieur	25	2500	80
Eclairages extérieur	20	4000	100
Eclairages stocks	40	2880	70
Eclairages vestiaires	8	576	15
Eclairages bloc administratif	10	1000	10
Prises extérieure	7	3520	60
Prises intérieure	8	3520	80
Prises bloc administratif	15	3520	10
Prises stocks	8	3520	70
Prises vestiaires	4	3520	15

4. Calcul de la puissance installée

La puissance installée est beaucoup plus élevée que celle qui est réellement consommée car on suppose que tous les récepteurs fonctionnent simultanément et à leur puissance nominale.

$$P_a = P_n / \eta \quad (1)$$

$$Q_a = P_a \times \tan\varphi \quad (2)$$

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

$$I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos\varphi} \quad (3)$$

Tableau 2 : Identification des puissances absorbées des charges.

Récepteurs	U [V]	P _n [W]	η	cosφ	tanφ	P _a [W]	Q _a [VAR]	I _a [A]
Alimentation force motrice								
Départe N°1								
Souffleuse automatique	400	91200	0,8	0,8	0,75	114000	85500	205,681033
Tri block Rinceuse 8 becs de bidons Remplisseuse 8 becs de bidons Visseuse 8 becs de bidons de 4l a 6l	400	10400	0,8	0,8	0,75	13000	9750	23,4548547
Dateur	400	1760	0,8	0,8	0,75	2200	1650	3,9692831
Poseuse d'étiquettes autocollantes	400	1200	0,8	0,8	0,75	1500	1125	2,70632939
Palettiseur	400	17600	0,8	0,8	0,75	22000	16500	39,692831
monte-charge	400	25000	0,9	0,8	0,75	29411,7647	22058,8235	53,0652821
Compresseur 500L	400	6000	0,8	0,8	0,75	7500	5625	13,5316469
Système cip	400	4000	0,8	0,8	0,75	5000	3750	9,02109796
Station de pompage								
Départe N°2								
Pompe de transfère filtre	400	2400	0,8	0,8	0,75	3000	2250	5,41265877
Pompe immergée N°1	400	3000	0,8	0,8	0,75	3750	2812,5	6,76582347
Pompe immergée N°2	400	3000	0,8	0,8	0,75	3750	2812,5	6,76582347
Pompe immergée N°3	400	3000	0,8	0,8	0,75	3750	2812,5	6,76582347
Pompe immergée N°4	400	3000	0,8	0,8	0,75	3750	2812,5	6,76582347

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

Récepteurs	U [V]	Pn [W]	η	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	Pa [W]	Qa [VAR]	Ia [A]
Eclairages et prise de courant								
Départ N°3								
Eclairages intérieur	400	2500	1	1	0	2500	0	3,60843918
Eclairages extérieur	400	4000	1	1	0	4000	0	5,77350269
Eclairages stocks	400	2880	1	1	0	2880	0	4,15692194
Eclairages vestiaires	400	576	1	1	0	576	0	0,83138439
Eclairages bloc administratif	400	1000	1	1	0	1000	0	1,44337567
Prises extérieure	400	3520	1	1	0	3520	0	5,08068237
Prises intérieure	400	3520	1	1	0	3520	0	5,08068237
Prises bloc administratif	400	3520	1	1	0	3520	0	5,08068237
Prises stocks	400	3520	1	1	0	3520	0	5,08068237
Prises vestiaires	400	3520	1	1	0	3520	0	5,08068237

Le tableau suivant, représente le bilan des puissances installées de l'installation :

$$S_a = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\text{Ou } S_a = \sqrt{3} U I_a$$

Les puissances	Pa [kW]	Qa [kVAR]	Sa [kVA]
TOTALE	241,167765	159,458824	289,117635

5. Calcul de la puissance d'utilisation

Pour déterminer la puissance d'utilisation, il faut une bonne connaissance des facteurs suivants :

5.1 .Facteur d'utilisation K_u

En général, les récepteurs électriques ne fonctionnent pas à leurs puissances nominales d'où l'introduction du facteur d'utilisation pour le calcul de la puissance absorbée. Sachant que pour chaque type de récepteur est associé un facteur d'utilisation bien déterminé. Dans une installation électrique, ce facteur peut être estimé en moyenne à **0.75** pour les moteurs, et **1** pour l'éclairage.

- La puissance est donnée par la relation suivante :

$$P_{ui} = K_u \times P_u \quad (4)$$

5.2. Coefficient de simultanéité K_s

La norme IEC 60439-1 définit les valeurs de facteur de simultanéité qui peuvent être utilisées à défaut d'information plus précises pour les tableaux et les canalisations électriques préfabriquées. La détermination du facteur K_s relève de la responsabilité du concepteur, car elle nécessite une connaissance détaillée de l'installation et des conditions dans lesquelles les circuits individuels doivent être exploités. Pour cette raison, il n'est impossible de donner des valeurs précises pour une application générale.

Cette puissance est déterminée en établissant la somme de toutes les puissances utiles du groupe de récepteurs alimenté par la même branche, multipliée par le facteur de simultanéité correspondant. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{uj} = K_s \times \sum_{i=1}^n P_{ui} \quad (5)$$

Le tableau ci-dessous représente les facteurs K_s :

Tableau II.4 : Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.

Nombre de départs	Ks
1	1
2 à 3	0,9
4 à 5	0,8
6 à 9	0,7
9 à 40	0,6
plus de 40	0,5

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

5.3. Facteur d'extension K_e

Le rôle du facteur d'extension, également appelé facteur de réserve, est de prévoir une augmentation de la puissance absorbée. Le coefficient varie de 0.1 à 0.5 (soit 10% à 50%).

Cette puissance nous servira ensuite, au calcul de la puissance à prévoir au poste de transformation et ce, en prenant en compte l'évolution de la charge.

$$P_{ut} = K_e \times \sum_{j=1}^n P_{uj} \quad (6)$$

Tableau 5 : Bilan de puissance utilisée de l'installation.

Récepteurs	Quantité	P_a [W]	Q_a [VAR]	K_u	K_s	P_{ai} [W]	Q_{ai} [VAR]	I_b [A]
Alimentation force motrice								
Départe N°1								
Souffleuse automatique	1	114000	85500	0,75	/	85500	64125	134,978178
Tri block								
Rinceuse 8 becs de bidons								
Remplisseuse 8 becs de bidons	1	13000	9750	0,75	/	9750	7312,5	15,3922484
Visseuse 8 becs de bidons de 4l à 6l								
Dateur	1	2200	1650	0,75	/	1650	1237,5	2,60484203
Poseuse d'étiquettes autocollantes	1	1500	1125	0,75	/	1125	843,75	1,77602866
Palettiseur	1	22000	16500	0,75	/	16500	12375	26,0484203
monte-charge	1	29411,7647	22058,8235	0,75	/	22058,8235	16544,1176	32,7756154
Compresseur 500L	1	7500	5625	0,75	/	5625	4218,75	8,8801433
Système clip	1	5000	3750	0,75	/	3750	2812,5	5,92009553
TOTAL					$K_s=0,7$	145958,82	109469,12	228,37557
Station de pompage								
Départe N°2								
Pompe de transfère filtre	1	3000	2250	0,75	/	2250	1687,5	4,05949408

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

Pompe immergée N°1	1	3750	2812,5	0,75	/	2812,5	2109,375	5,0743676	
Pompe immergée N°2	1	3750	2812,5	0,75	/	2812,5	2109,375	5,0743676	
Pompe immergée N°3	1	3750	2812,5	0,75	/	2812,5	2109,375	5,0743676	
Pompe immergée N°4	1	3750	2812,5	0,75	/	2812,5	2109,375	5,0743676	
TOTAL						Ks=0,8	13500	10125	24,356964

Récepteurs	Quantité	Pa [W]	Qa [VAR]	Ku	Ks	Pui [W]	Qui [VAR]	Ib [A]	
Eclairages et prise de courant									
Départe N°3									
Eclairages intérieur	25	2500	0	1	1	2500	0	2,16506351	
Eclairages extérieur	20	4000	0	1	1	4000	0	3,46410162	
Eclairages stocks	40	2880	0	1	1	2880	0	2,49415316	
Eclairages vestiaires	8	576	0	1	1	576	0	0,49883063	
Eclairages bloc administratif	10	1000	0	1	1	1000	0	0,8660254	
Prises extérieure	7	3520	0	1	0.6	3520	0	3,04840942	
Prises intérieure	8	3520	0	1	0.6	3520	0	3,04840942	
Prises bloc administratif	15	3520	0	1	0.28	3520	0	3,04840942	
Prises stocks	8	3520	0	1	0.55	3520	0	3,04840942	
Prises vestiaires	4	3520	0	1	0.325	3520	0	3,04840942	
TOTAL						Ks=0,6	28556	0	24,730221

	Ks	Puj[kW]	Quj[kVAR]	Suj[kVA]	Ib[A]
TOTAL	0,9	169,21334	107,63471	200,54522	249,71648

Dans cette installation, en introduisant un facteur d'extension qui est égal à 1,3 (30%), on obtient :

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

Tableau 6 : Bilan de puissance totale de toute l'installation.

Ke	Put[kW]	Qut[kVAR]	Sut[kVA]	Ibt[A]
1,3	219,97734	139,92512	260,70878	324,63143

6. Détermination du facteur de puissance total de l'installation

Le facteur de puissance est un indicateur de la qualité de la conception et de la gestion d'une installation électrique. Il repose sur deux notions très basiques : les puissances active et apparente.

Le facteur de puissance est le quotient de la puissance active totale consommée sur la puissance apparente totale fournie, c'est-à-dire :

$$\cos\varphi = \frac{P_{ut}}{S_{ut}} \quad (8)$$

Put [kW]	Sut [kVA]	cosφ
219,97734	260,70878	0,8437665

Tableau II.7 : Facteur de puissance total de l'installation.

7.Choix du transformateur

Le réseau délivre une moyenne de tension de 30 kV, et au sein de notre projet, la tension au niveau des récepteurs est de 400V.

Afin de choisir le transformateur de puissance normalisée adéquat de notre installation, on s'intéresse au bilan de puissance totale utilisée qui va nous permettre grâce aux normes de conception : DIN 42503, 42511, Spécifications Sonelgaz – STS 160 XDE édition Décembre 2000 et autres série 30kV.

Le choix du transformateur se portera sur le transformateur qui porte une puissance apparente normalisée de **400 kVA**. [13]

7.1. Calcul du rapport de transformation

On détermine le rapport de transformation sachant que notre transformateur est couple en Dyn11 indique au tableau 1 de l'annexe

CALCUL BILAN DE PUISSANCE

Pour cela, on va appliquer la formule suivante pour le calculer :

$$m = \sqrt{3} \frac{N_2}{N_1} = \sqrt{3} \frac{U_2}{U_1} = \sqrt{3} \frac{I_1}{I_2} \quad (\text{II.9})$$

Avec :

I₁, I₂ : Courant primaire et secondaire du transformateur.

N₁, N₂ : Nombre de spires au primaire et au secondaire du transformateur.

U₁, U₂ : Tension primaire et secondaire du transformateur.

A.N:

$$m = \sqrt{3} \frac{U_2}{U_1} = \sqrt{3} \frac{400}{30000} = 0,02309$$

Le rapport de transformation est égale à : **m = 0,02309**

7.2.Calcul du courant secondaire

Le courant assigné au secondaire du transformateur, côté BT, est déterminé par l'expression :

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_{20}} \quad (\text{II.10})$$

Avec :

I_n : Courant assigné du transformateur, côté BT (valeur efficace) (A).

S_n : puissance assignée du transformateur (kVA).

U₂₀ : Tension assignée secondaire (à vide) du transformateur (V).

A.N:

$$I_n = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 577,3502 \text{ A}$$

Le courant secondaire du transformateur est : **I₂ = 577,3502 A.**

7.3.Calcul du courant primaire

Pour calculer le courant primaire du transformateur, on applique la formule suivante :

$$I_1 = \frac{m \times I_2}{\sqrt{3}} \quad (\text{II.11})$$

A.N:

$$I_1 = \frac{0,02309 \times 577,3502}{\sqrt{3}} = 7,6966 \text{ A}$$

Donc, le courant primaire du transformateur est égal à : **I₁ = 7,6966 A.**

7.4. Détermination de la tension de court-circuit U_{cc}

Pour le transformateur de distribution (norme NBN - HD 428 1 S1), U_{cc} a des valeurs normalisées.

D'après le tableau n°1 de l'annexe, on trouve que la tension de court-circuit de notre transformateur $U_{cc} = 4\%U$, ce qui nous donne $U_{cc} = 16 \text{ V}$.

Le tableau suivant nous présente les caractéristiques du transformateur adéquat pour notre installation après avoir effectué les calculs nécessaires du bilan de puissance.

Tableau II.8 : Caractéristiques du transformateur adéquat pour l'installation.

Puissance apparente [kVA]	Tension primaire [kV]	Tension secondaire [V]	Courant primaire [A]	Courant secondaire [A]	m	U_{cc} [V]	R_t [mΩ]	X_t [mΩ]
400	30	400	7,6966	577,3502	0,02309	16	5,1	16,9

7.5. Choix et dimensionnement du groupe électrogène

Comme on peut le remarquer sur le schéma unifilaire de notre installation (voir fichier schéma 1), nous constatons que toutes les charges doivent être alimentées même en cas de coupure de l'électricité, pour cela, nous allons choisir un groupe électrogène de la même puissance apparente normalisée que le transformateur, on choisit alors un groupe électrogène de **400 kVA**.

Le calcul du bilan de puissance nous permet de déterminer la puissance apparente de notre installation afin de choisir un transformateur et un groupe électrogène adéquat pour un bon fonctionnement de notre installation. La détermination de la puissance réactive, nous permet de dimensionner les batteries de compensation de la puissance réactive (voir chapitre compensation de la puissance réactive) dans le but d'améliorer le facteur de puissance de toute l'installation. Une bonne maîtrise de la puissance réactive consommée par l'installation permet alors de limiter les impacts économiques, diminuer la facture énergétique d'une part et d'obtenir une exploitation optimale d'autre part.