

Chapitre 3 : Circuits et puissances électriques

1.0

Janvier 2024

Table des matières

I - Circuits et puissances électriques	3
1. 3.1 Circuits monophasés et puissances électriques	3
2. 3.2 Puissances électriques en monophasé	4
3. 3.3 Amélioration du facteur de puissance	4
4. 3.4 Système triphasé	5
4.1. 3.4.1 Notions et définitions	6
4.2. 3.4.2 Tensions simples et composées	6
4.3. 3.4.3 Relation entre U et V	7
5. 3.5 Système triphasé déséquilibré sans neutre	8
6. 3.6 Puissances électriques dans d'un système équilibré	8
7. 3.7 Couplage étoile équilibré	9
8. 3.8 Couplage triangle équilibré	9

I Circuits et puissances électriques

1. 3.1 Circuits monophasés et puissances électriques

Soit un système de transmission de l'énergie électrique où le générateur fournit une tension fixe (alternative sinusoïdale). L'énergie est transportée au récepteur (consommateur montré à la figure 3.1) par **une ligne** de distribution, à une seule phase.

Le système (source et récepteur) est dit **monophasé**.

Les circuits monophasés sont composés d'une seule phase et du neutre. On peut produire un courant monophasé à partir d'un réseau triphasé, en connectant une des trois phases et le neutre.

Le récepteur représente les installations électriques et les blocs, des bâtiments. Généralement, on peut les classer en trois types:

- Récepteur inductif (moteur).
- Récepteur résistif (four, radiateur).
- Récepteur capacitif (condensateur).

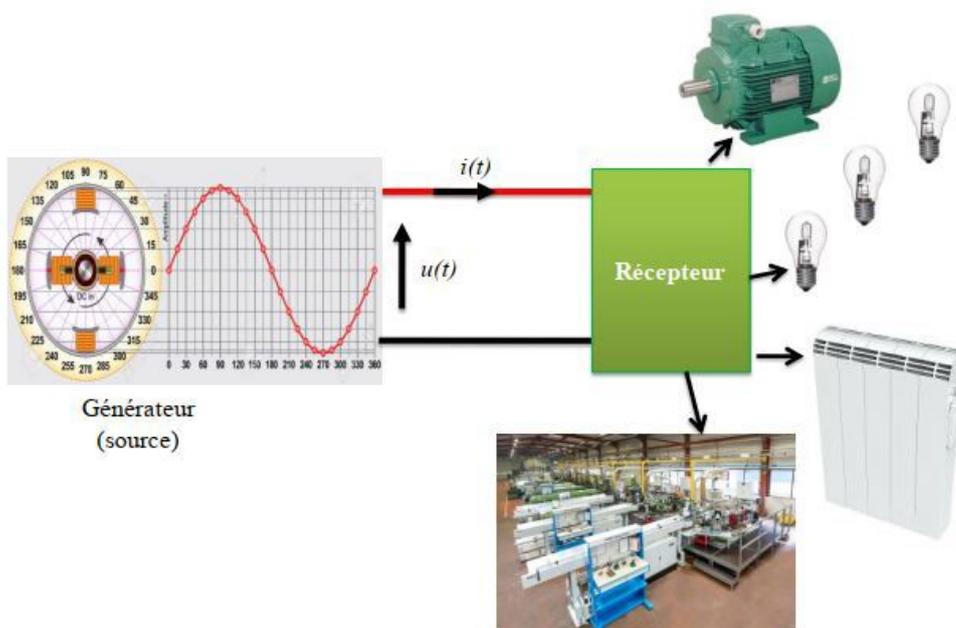


Figure 3.1 Installation monophasée.

2. 3.2 Puissances électriques en monophasé

Les équations des puissances électriques établies dans le chapitre précédent, correspondant à la puissance moyenne, à la puissance active, réactive et apparente, peuvent se représenter géométriquement au moyen d'un triangle appelé « *triangle des puissances* ».

L'installation électrique est caractérisée par un triangle de puissance.

Considérons le cas d'un récepteur inductif (moteur) : le courant I est en retard sur la tension V , qui est prise comme origine des phases.

On remplace les vecteurs V et I par les composantes \cos et \sin .

En résumé on a :

Puissance moyenne (active) $P = VI \cos \varphi$

Puissance réactive $Q = VI \sin \varphi$

Puissance apparente $S = VI$

Facteur de puissance $\cos \varphi = P / S$

On peut procéder de la même manière un récepteur capacitif.

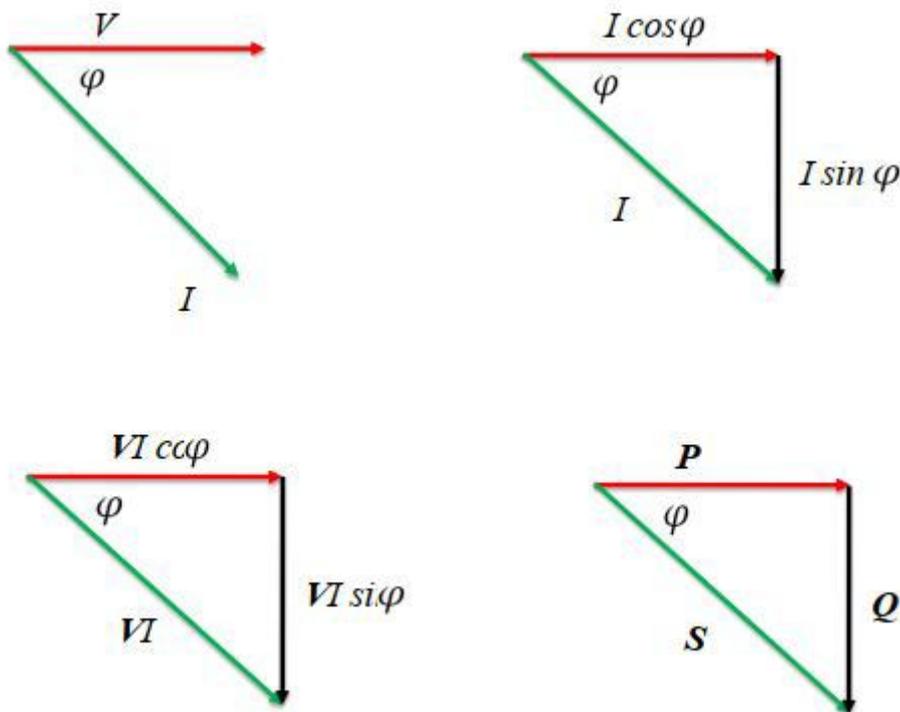


Figure 3.2 Triangle de puissance pour une charge inductive.

3. 3.3 Amélioration du facteur de puissance

Dans les applications industrielles, il est souvent souhaitable que la puissance apparente S soit voisine le plus possible de P , c'est-à-dire que l'angle tend vers zéro (0°), et le facteur de puissance vers 1.

Dans le cas usuel des moteurs (charge inductive), il est très souvent possible d'améliorer le facteur de puissance en branchant des capacités en parallèle avec le récepteur [3].

Aux bornes du condensateur, le déphasage est négatif $\Delta\varphi = -\pi/2$

La puissance active du condensateur est : $P_C = V \cdot I \cdot \cos(\frac{\pi}{2}) = 0 \text{ W}$

Il faut noter alors, que la puissance active ne change pas.

La puissance réactive : $Q_C = V \cdot I \cdot \sin(\frac{-\pi}{2}) = -V^2 \omega C$

Comme la puissance réactive du condensateur est négative, alors $Q'_T = Q_T - Q_C$ donc $Q'_T < Q_T$

Si on désire d'améliorer le facteur de puissance de l'installation précédente à 0.94,

$$P'_T = P_T$$

La puissance réactive : $Q'_T = P'_T \tan(\varphi)$

4. 3.4 Système triphasé

Dans l'industrie, la puissance monophasée ou le réseau monophasé est généralement insuffisant. L'exploitation des réseaux triphasés permet de tripler la puissance. Ce réseau est constitué de 03 courants alternatifs sinusoïdaux de la même fréquence et de même amplitude (voir figure 3.7), mais déphasés les uns par rapport aux autres de 120° [6].

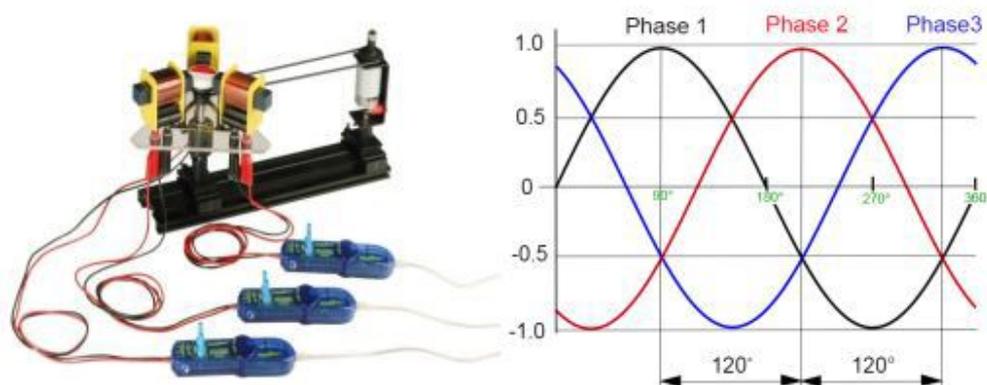


Figure 3.7 Système triphasé.

Ce réseau est généré par une machine synchrone triphasée composée d'un rotor (aimant tournant) et de 3 bobinages fixes. Les bobinages sont séparés de 120° , autour du rotor. Puisqu'ils sont séparés, physiquement, de 120° , les tensions générées dans les bobinages V_1 , V_2 et V_3 sont déphasées de 120° :

$$V_1(t) = V_M \sin(\omega t), V_2(t) = V_M \sin(\omega t + 120^\circ), V_3(t) = V_M \sin(\omega t - 120^\circ)$$

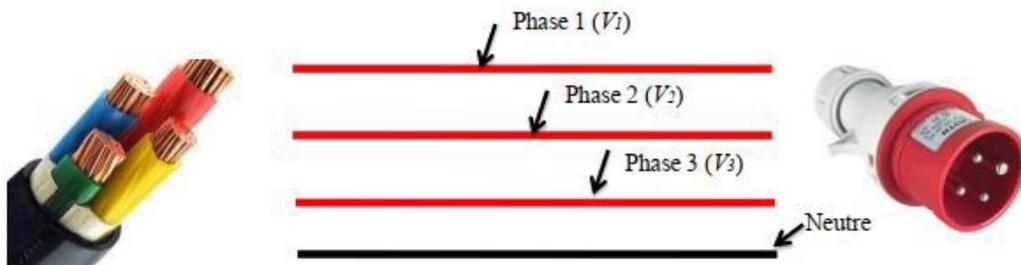


Figure 3.8 Prise triphasée.

4.1. 3.4.1 Notions et définitions

Les abonnés peuvent recevoir au choix, les 4 conducteurs :

- 3 conducteurs de phase et un conducteur de neutre ce qui constitue une distribution triphasée.

Ou recevoir 02 conducteurs :

- Un conducteur de phase et un conducteur de neutre

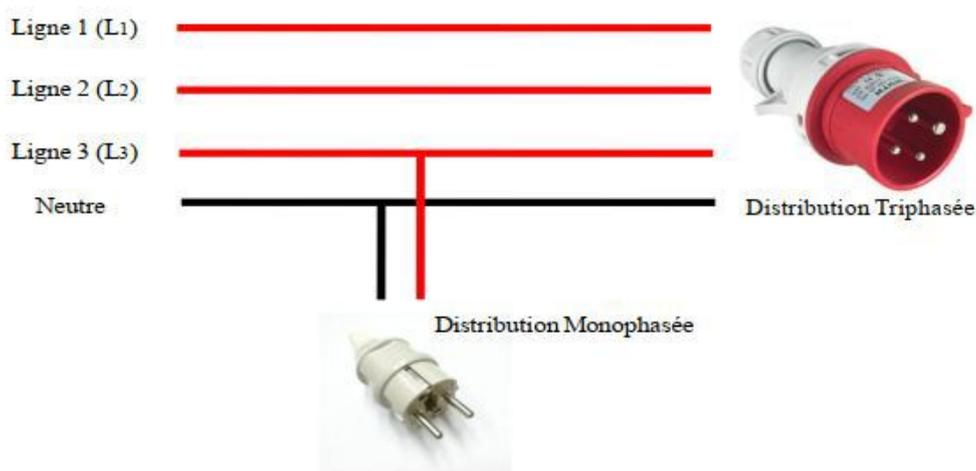


Figure 3.9 Distribution mixte.

4.2. 3.4.2 Tensions simples et composées

Les tensions simples sont les tensions V_1 , V_2 et V_3 que l'on peut mesurer entre le neutre et chacune des trois phases ou lignes (L1, L2 et L3). Les trois tensions mesurées sont égales et valent 230 V de valeur efficace en ce qui concerne la distribution domestique.

La figure 3.10 représente les trois tensions simples.

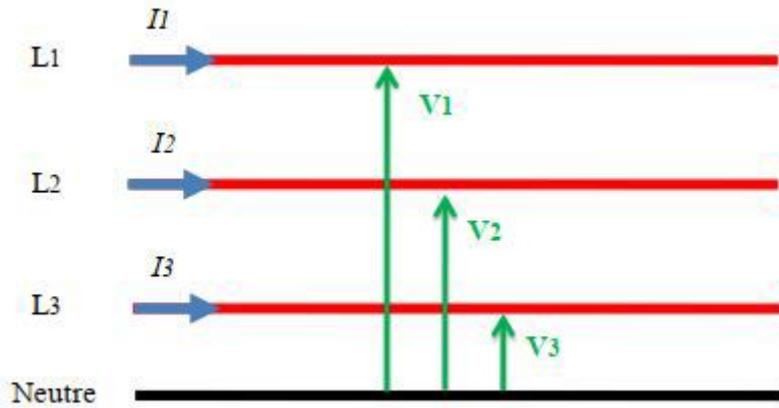


Figure 3.10 Tensions simple.

Les tensions composées sont les tensions U_{12} , U_{23} , U_{31} que l'on peut mesurer entre phases (respectivement entre la borne 1 et 2, entre les bornes 2 et 3 et entre la borne 3 et 1).

Les trois tensions mesurées sont égales et valent 380 V, en valeur efficace. La figure 3.11 représente les trois tensions simples.

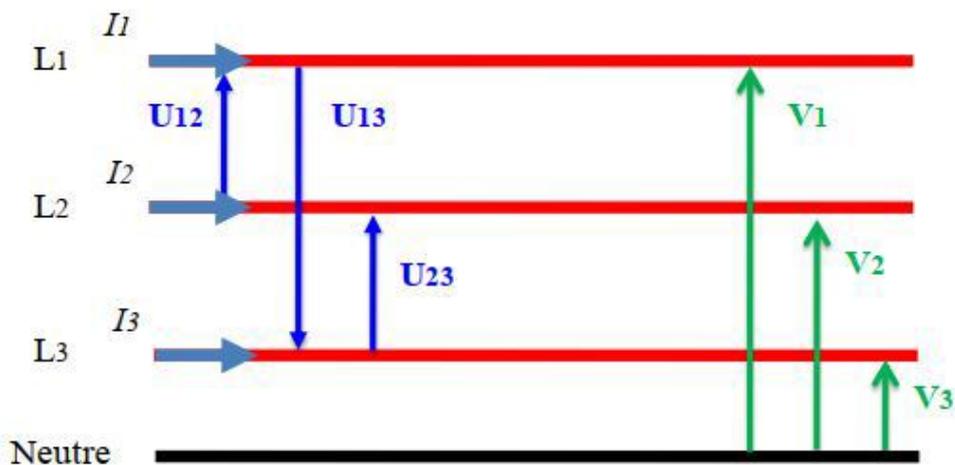


Figure 3.11 Tensions composées.

4.3. 3.4.3 Relation entre U et V

On observe que $U_{12} = V_1 - V_2$ et même remarque pour les deux tensions composées [7]. La représentation vectorielle est :

$$U_{12} = V_1 - V_2$$

$$U_{23} = V_2 - V_3$$

$$U_{31} = V_3 - V_1$$

Nous pouvons écrire pour U_{12} :

$U_{12} = V_1 + (-V_2)$ le vecteur de U_{12} est donnée par la figure 3.12 :

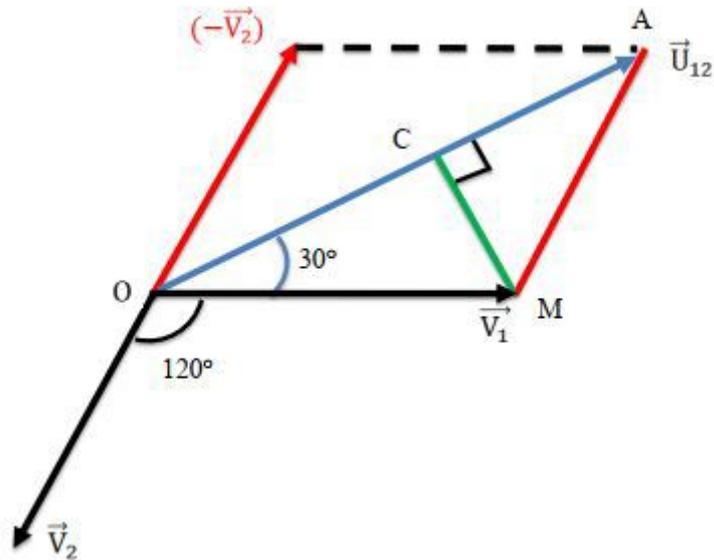


Figure 3.12 Représentation vectorielle des tensions simples.

D'une façon générale, on a la relation suivante : $U = V \cdot \sqrt{3}$

5. 3.5 Système triphasé déséquilibré sans neutre

Dans un système triphasé déséquilibré sans neutre, les tensions entre phases sont conservées (les tensions composées) mais pas les tensions simples.

On note que le courant de la ligne est : I

Le courant qui traverse la charge est : J

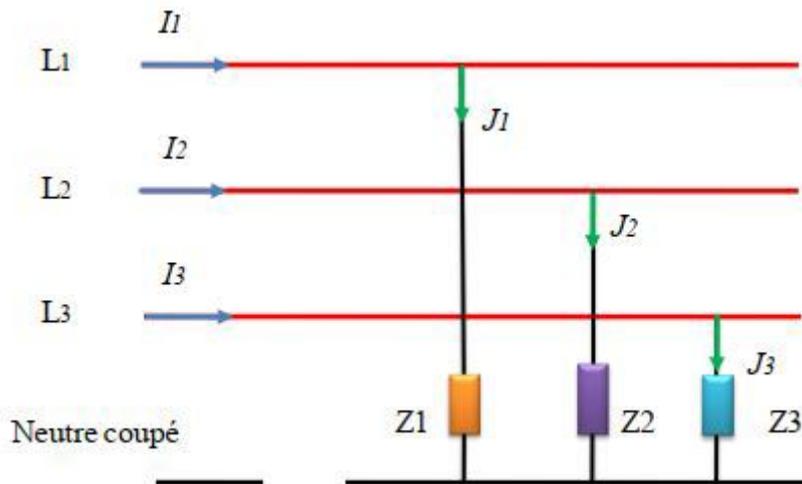


Figure 3.13 Système triphasé déséquilibré.

6. 3.6 Puissances électriques dans d'un système équilibré

Dans un système triphasé équilibré, la somme vectorielle des courants est nulle.

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = \vec{0}$$

On distingue deux modes de couplage (connexion des phases) au niveau du récepteur :

- Couplage étoile.
- Couplage triangle.

7. 3.7 Couplage étoile équilibré

Le couplage étoile de récepteurs en triphasé revient à réaliser une étoile à trois branches avec les 3 phases. Les trois récepteurs ont la même impédance $Z_1 = Z_2 = Z_3$, ce qui fait que l'intensité qui circule dans un récepteur couplé en étoile est la même que celle qui provient de la phase $I = J$.

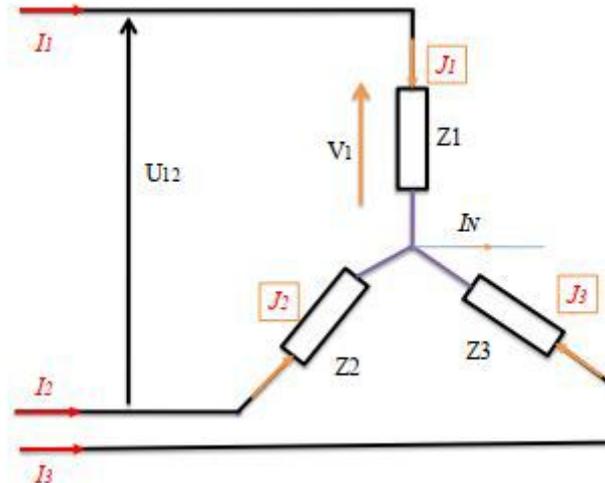


Figure 3.14 Couplage étoile.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 3 P_{mono}$$

$$P_T = 3 V I \cos(\varphi) = 3 V J \cos(\varphi) \hat{c}$$

P_{mono} représente la puissance d'une seule phase.

Donc

$$P_T = \sqrt{3} UI \cos(\varphi)$$

$$Q_T = \sqrt{3} UI \sin(\varphi)$$

$$S_T = \sqrt{3} UI$$

8. 3.8 Couplage triangle équilibré

En triangle, le récepteur est traversé par le courant composé J et soumis à la tension composée U . On remarque qu'il n'y a pas de neutre dans le couplage triangle.

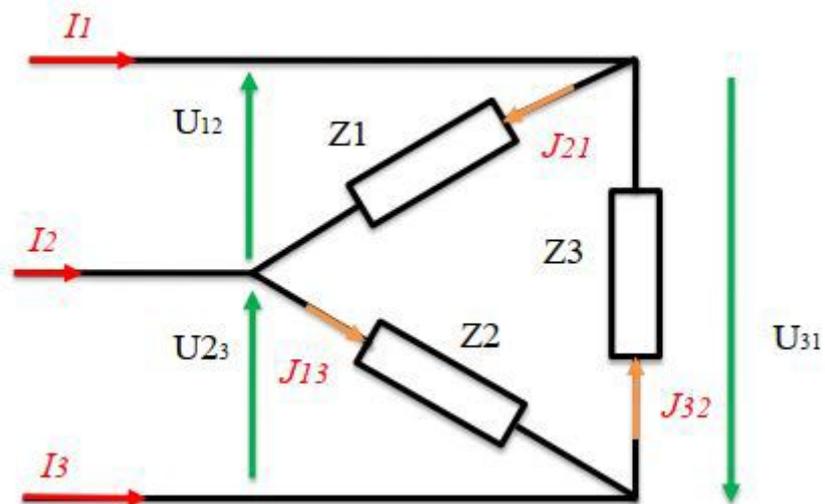


Figure 3.15 Couplage triangle.

Pour le réseau (03 récepteurs) , les puissances actif et réactif est :

$$P_T = 3 UJ \cos(\varphi)$$

$$Q_T = 3 UJ \sin(\varphi)$$