



Note technique –

Dimensionnement liaison AC photovoltaïque

1. Objet

La présente note a pour objet de justifier le dimensionnement de la liaison AC d'une installation photovoltaïque équipée de micro-onduleurs monophasés raccordés sur un réseau triphasé 230/400 V.

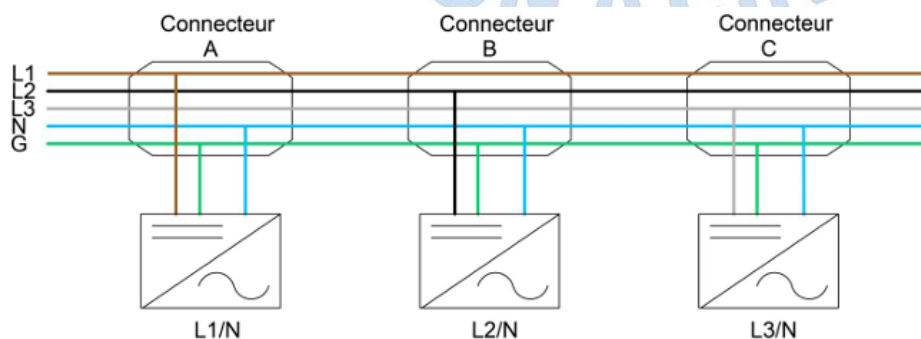
2. Données de base

- Nombre de micro-onduleurs : 3
- Puissance nominale unitaire : 1 kW
- Réseau : triphasé 230/400 V
- Courant par micro-onduleur : $I = 4,35 \text{ A}$
- Longueur de la liaison : $L = 40 \text{ m}$
- Critère de chute de tension admissible : 1 %
- Mode de pose : conduit enterré

3. Mode de pose

1. La liaison AC est réalisée par un câble cuivre multiconducteur comprenant trois phases et un neutre, posé dans un conduit enterré. Le conducteur de protection (PE), de section 16 mm^2 , est un conducteur isolé posé dans le même conduit.
2. Le dimensionnement présenté dans cette étude tient compte du mode de pose, notamment par l'application d'une hypothèse conservatrice sur la température de fonctionnement des conducteurs actifs.
3. Le conducteur de protection (PE) de 16 mm^2 ne fait pas partie du présent dimensionnement.

4. Schéma multifilaire simplifié de câblage des micro-onduleurs



5. Courants électriques

Chaque micro-onduleur est limité à une puissance maximale de 1 kW.

Courant maximal par micro-onduleur :

$$I = P/U = 1000/230 \approx 4,35 \text{ A}$$

Courant maximal par phase : **4,35 A.**

6. Courant de neutre – Déséquilibre de phases

Le courant circulant dans le conducteur de neutre correspond à la somme vectorielle des courants de phase.

Compte tenu de la limitation de puissance des micro-onduleurs (1 kW maximum chacun), le cas de déséquilibre 2 kW / 1 kW / 0 kW est physiquement impossible.

Le déséquilibre maximal réalisable correspond à l'arrêt d'un ou deux micro-onduleurs :

Cas 1 : micro-onduleur actif : 1 kW / 0 kW / 0 kW

$$I_1 = 4,35 \text{ A} ; I_2 = 0 \text{ A} ; I_3 = 0 \text{ A}$$

En triphasé 4 fils, le courant de neutre est la **somme vectorielle** des courants de phase.

Ici, un seul courant existe : $I_N = I_1 = 4,35 \text{ A}$

Cas 2: micro-onduleurs actifs: 1 kW / 1 kW / 0 kW

$$I_1 = 4,35 \text{ A} ; I_2 = 4,35 \text{ A} ; I_3 = 0 \text{ A}$$

Calcul du courant de neutre (somme vectorielle) :

$$I_N = \sqrt{(I^2 + I^2 + 2 \cdot I^2 \cdot \cos(120^\circ))}$$

$$\cos(120^\circ) = -0,5$$

$$I_N = \sqrt{(2 \cdot I^2 - I^2)}$$

$$I_N = \sqrt{(I^2)} = I$$

$$I_N = 4.35 \text{ A}$$

Même courant de neutre que dans le cas 1

Cas 3 : 3 micro-onduleurs actifs équilibrés

$$1 \text{ kW} / 1 \text{ kW} / 1 \text{ kW}$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = 4,35 \text{ A}$$

$$I_N = 0 \text{ A}$$

Dans le cas le plus défavorable (un seul micro-onduleur en fonctionnement), le courant maximal dans le neutre est égal au courant d'une phase, soit environ 4,35 A.

7. Calcul de la section

Chute de tension admissible :

$$\Delta U_{max} = 1\% \cdot 230 = 2,3 \text{ V}$$

Formule utilisée (par phase) , avec $\rho = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$:

$$\Delta U = \frac{(2 \times L \times I \times \rho)}{S}$$

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{\Delta U_{max}}$$

$$S = \frac{2 \cdot 40 \cdot 4,35 \cdot 0,0225}{2,3}$$

$$S = \frac{7,83}{2,3} \approx 3,40 \text{ mm}^2$$

Choix de la section normalisée

$$S_{min} \approx 3,4 \text{ mm}^2 \Rightarrow S_{retenue} = 4 \text{ mm}^2$$

Calcul de la chute de tension :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{1,96}{230} = 0,85 \%$$

8. Application numérique avec le mode de pose :

La chute de tension est rapportée à la tension phase-neutre de 230 V, chaque micro-onduleur étant raccordé en monophasé sur le réseau triphasé.

8.1 Calcul de la chute de tension pour une section de 2,5 mm²

À titre indicatif, bien que cette section ne corresponde pas au choix normalisé retenu pour le projet, le calcul de la chute de tension est réalisé pour une section de 2,5 mm², en tenant compte du mode de pose. Cette vérification permet d'évaluer l'écart par rapport au critère de chute de tension admissible et de justifier le choix de la section supérieure.

À 20 °C :

$$\Delta U_{20} = 2 \cdot 0,0175 \cdot \frac{40}{2,5} \cdot 4,35$$

$$40/2,5 = 16$$

$$\Delta U_{20} = 2,44 \text{ V}$$

Chute de tension relative

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_{20} = \frac{2,44}{230} = 1,06 \%$$

À 70 °C :

Majoration thermique

$$\Delta U_{70} \approx 1,20 \cdot \Delta U_{20} \approx 1,20 \cdot 2,44 = 2,93 \text{ V}$$

Chute de tension relative

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_{70} = \frac{2,93}{230} = 1,27 \%$$

Conclusion :

2,5 mm² ne respecte pas un critère strict de chute de tension de 1 %.

8.2 Calcul de la chute de tension pour une section de 4 mm² en tenant compte du mode de pose.

À 20 °C :

$$\Delta U_{20} = 2 \cdot 0,0175 \cdot \frac{40}{4} \cdot 4,35$$

$$40/4 = 10$$

$$\Delta U_{20} = 0,035 \cdot 10 \cdot 4,35 = 1,52 \text{ V}$$

Chute de tension relative

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_{20} = \frac{1,52}{230} = 0,66 \%$$

À 70 °C :

Majoration thermique

$$\Delta U_{70} \approx 1,20 \cdot \Delta U_{20} \approx 1,20 \cdot 1,52 = 1,82 \text{ V}$$

Chute de tension relative

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_{70} = \frac{1,82}{230} = 0,79 \%$$

Conclusion :

4 mm² respecte le critère de chute de tension ≤ 1 %, y compris en hypothèse conservatrice de température.

9. Section retenue

La liaison entre le coffret AC de Matter France 400/230 V et le point de raccordement est réalisée en câble cuivre 4G4 mm² (L1, L2, L3, N).

Cette section garantit une chute de tension inférieure à 1 %, un dimensionnement du conducteur de neutre très largement suffisant au regard du courant maximal réellement possible (4,35 A), et un fonctionnement conforme de l'installation.

10. Références normatives

- NF C 15-100 – chapitres 52 et 54 : dimensionnement des canalisations et des conducteurs de neutre et de protection
- EN 50549-1 : exigences de raccordement des générateurs au réseau public basse tension
- Guide UTE C 15-712-1 : installations photovoltaïques raccordées au réseau public

11. Conclusion.

La liaison entre le coffret de regroupement Matter France 400/230 V et le point de raccordement sera réalisée par un câble cuivre $4 \times 4 \text{ mm}^2$ (L1, L2, L3, N) posé en conduit enterré, le conducteur de protection étant assuré par un conducteur séparé de section 16 mm^2 .

Les micro-onduleurs 230 V sont limités individuellement à 1 kW et répartis sur les trois phases du réseau triphasé, un micro-onduleur par phase. Le déséquilibre maximal correspond à l'arrêt d'un ou deux micro-onduleurs, le courant maximal dans le conducteur de neutre étant alors limité au courant d'un seul micro-onduleur, soit environ 4,35 A. Pour une longueur de 40 m, la section 4 mm^2 garantit une chute de tension inférieure à 1 %, conformément aux prescriptions de la NF C 15-100 et de la norme EN 50549-1.

