

Compensation d'énergie réactive avec des installations productrices d'énergie

En Suisse, de plus en plus d'installations de production d'énergie (IPE), généralement des installations photovoltaïques (PVA), sont installées. Dans ce contexte, l'intégration correcte de l'installation de compensation de puissance réactive (existante) est moins au centre des préoccupations. Ce document a pour but de donner à l'exploitant de l'installation un aperçu simple des mesures possibles pour une intégration correcte de la régulation de compensation de puissance réactive. Il convient toutefois de toujours agir en concertation avec le distributeur local d'électricité (DIE).

La Figure 1 ci-dessous illustre une installation avec des moteurs et des pompes (consommateurs inductifs) ainsi que la compensation de puissance réactive (CPR) correctement installée. Celle-ci mesure avec son transformateur de courant l'ensemble du flux de puissance et compense à un $\cos(\varphi)$ d'ordinaire de 0.96 inductif (le $\cos(\varphi)$ minimum à atteindre est défini par l'DIE local dans les prescriptions d'usine (PDIE)).

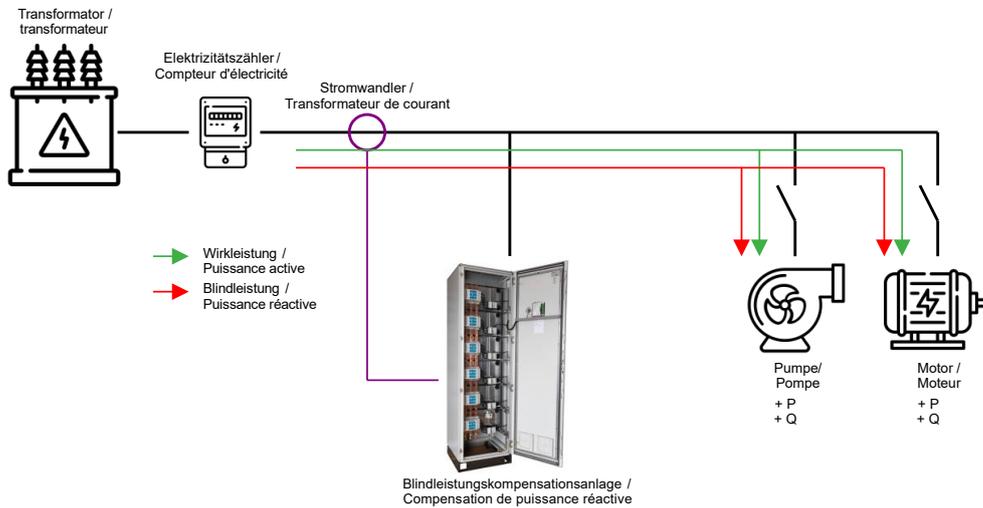


Figure 1 Aperçu monophasé schématique et simplifié d'une installation électrique avec des consommateurs inductifs et une compensation de puissance réactive avec des étages de condensateurs capacitifs.

Grâce à la CPR, la puissance réactive est compensée à un minimum (selon le $\cos(\varphi)$) réglé et les coûts de l'énergie réactive disparaissent.

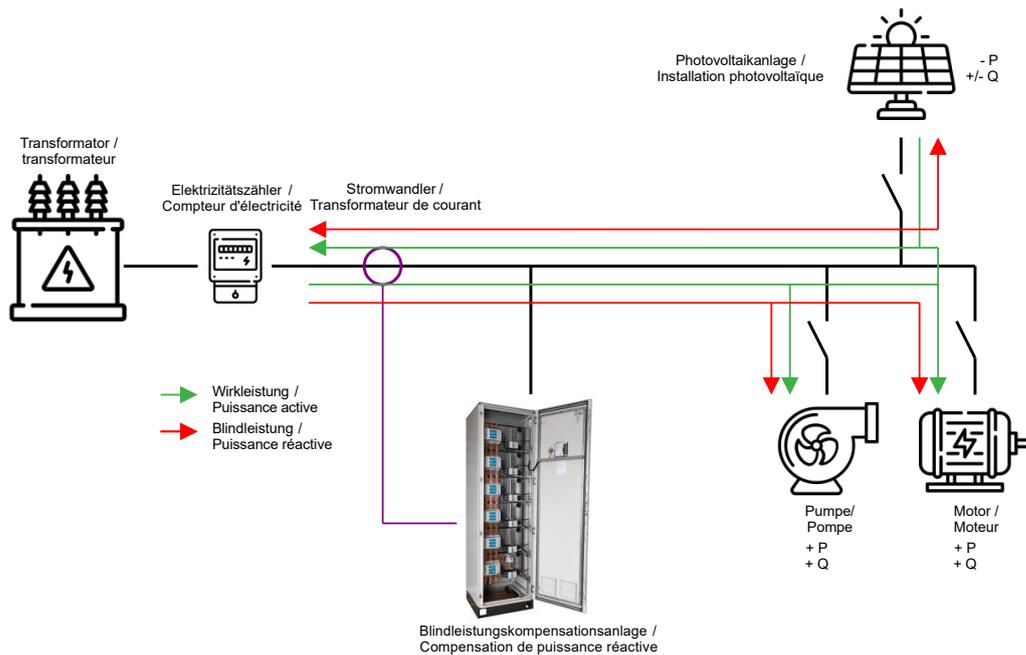


Figure 2 Aperçu monophasé schématique et simplifié d'une installation électrique avec des consommateurs inductifs, une compensation de puissance réactive avec des étages de condensateurs capacitifs et maintenant une nouvelle installation photovoltaïque.

En cas d'installation ultérieure d'un système photovoltaïque, par exemple, comme le montre la Figure 2 de , les changements suivants se produisent:

- Le $\cos(\varphi)$ lu sur le régulateur du CPR ou d'autres appareils de mesure universels (UMG), avec un transformateur d'intensité au point d'alimentation de l'installation, varie fortement. Malgré cela, le CPR fonctionne correctement (à l'exception d'un ancien appareil de régulation qui ne serait pas compatible avec les 4 quadrants). La fluctuation du $\cos(\varphi)$ est due au fait que, selon la taille de la PVA, la puissance active au point de mesure diminue fortement ou devient même négative. Si la puissance réactive des consommateurs inductifs reste constante, le rapport du $\cos(\varphi)$ se dégrade. Mathématiquement, cela peut être décrit par le calcul du $\cos(\varphi)$ comme suit:

$$\cos(\varphi) = \frac{P_{\text{puissance active}}}{S_{\text{puissance apparente}}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

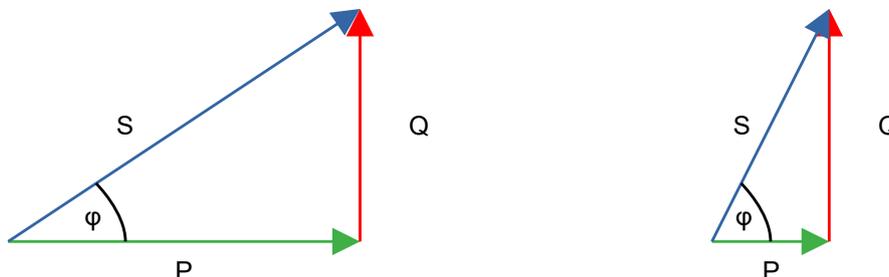


Figure 3 Triangle de puissance à gauche sans PVA, à droite avec PVA (réduction de la puissance active et augmentation de l'angle φ)

En plus de la vue mathématique, cela peut également être mesuré, comme on peut le voir dans la Figure 4 ci-dessous:

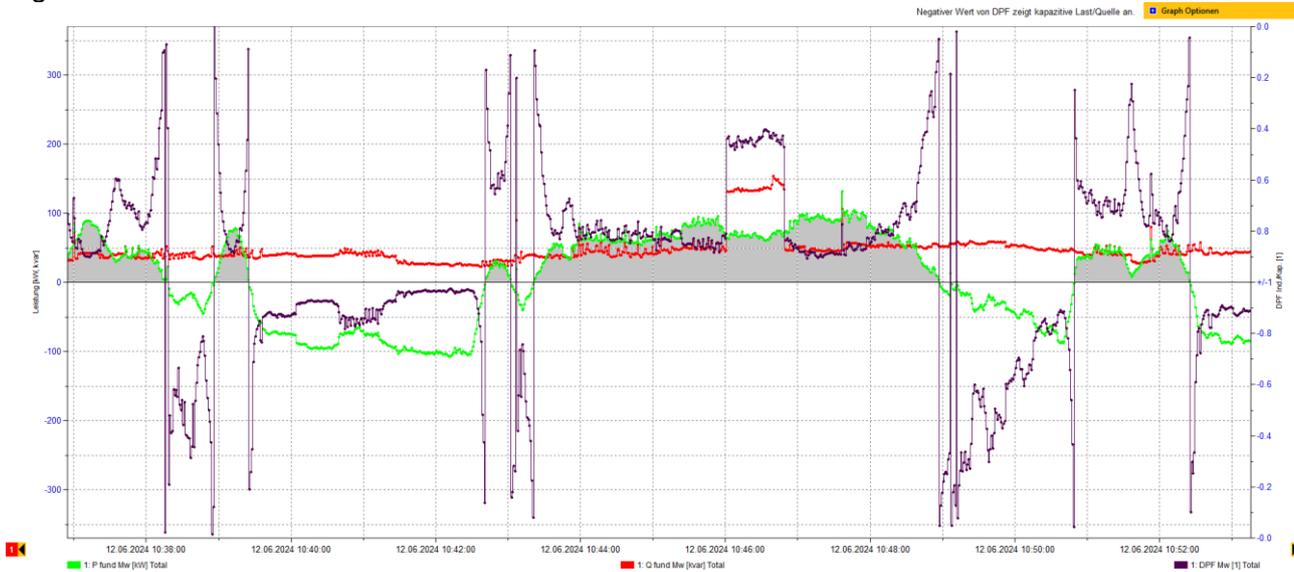


Figure 4 Extrait d'une mesure au point d'injection avec réinjection de puissance active, causée par une PVA. On mesure la puissance active P (en vert, en kW), la puissance réactive Q (en rouge, en kvar) et le $\cos(\varphi)$ (en violet, marqué DPF). Le $\cos(\varphi)$ saute dans la zone capacitive en cas de réinjection, bien que la puissance réactive elle-même reste inductive. Cela se justifie par la formule de calcul du $\cos(\varphi)$ et est une question de définition du sens de mesure (comparaison convention des utilisateurs (CDU) ou convention des générateurs (CDG)).

Par conséquent, la CPR doit maintenant compenser davantage et plus rapidement que précédemment! La puissance de la CPR doit éventuellement être augmentée afin de pouvoir compenser toute la puissance réactive présente (= à un $\cos(\varphi)$ de 1) dans le cas d'une puissance active mesurée de $\approx 0\text{kW}$.

(La production de CPR peut varier fortement et rapidement en fonction des conditions météorologiques et de l'ensoleillement, c'est pourquoi un CPR à commutation rapide est beaucoup plus efficace).

Si l'IPE installée ne produit que de la puissance active et n'assure pas de fonction de soutien du réseau, les mesures suivantes doivent être prises en fonction de la situation sur place:

- Extension de la puissance de la CPR afin de pouvoir compenser suffisamment de puissance réactive même en cas de production élevée de l'IPE.
- La puissance de sortie de l'IPE peut éventuellement être réglée, en accord avec le fabricant, de manière à ce qu'elle génère une petite partie de puissance réactive afin de pouvoir décharger la CPR. La perte d'efficacité est généralement faible.
- Remplacement ou extension du CPR conventionnel existant par un CPR à commutation/régulation rapide (installation de compensation dynamique ou filtre actif) afin de pouvoir absorber les changements rapides de la charge active.

Le $\cos(\varphi)$ de consigne peut être laissé à 0.96, car la mesure est effectuée au niveau de l'alimentation (même point de mesure que la DIE).

Si l'installation de production d'électricité remplit une fonction de soutien du réseau en plus de la production de puissance active, d'autres mesures doivent être prises.

Par conséquent, l'explication concernant la production avec fonction de soutien du réseau:

- Dans le cas d'une production de l'IPE soutenant le réseau, la production doit être conforme à la recommandation de la branche «RR/IPE-NR 7 – CH 2020» de l'Association des entreprises électriques suisses (AES). Dans ce cas, en cas d'écart déterminé de la tension, celle-ci est augmentée ou diminuée par l'injection de courant réactif supplémentaire (à partir d'une puissance de 3.6kVA, selon la courbe caractéristique $Q(U)$ du chapitre 5.3).

La CPR installée dans la Figure 2 tenterait maintenant de compenser la puissance réactive supplémentaire fournie par l'PVA et mettrait ainsi en danger la stabilité du réseau.

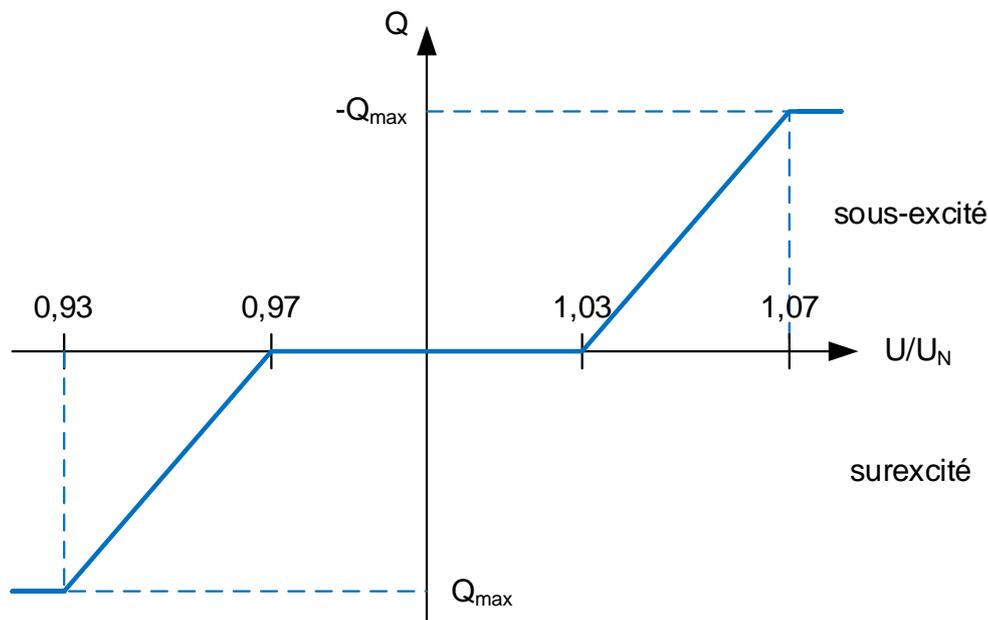


Figure 5 Extrait de la puissance réactive selon le réglage de la tension $Q(U)$ de l'IPE, de la recommandation de la branche RR/IPE-NR 7 – CH 2020 de AES

Pour éviter les coûts d'énergie réactive **et** garantir la stabilité du réseau, il existe deux solutions.

L'objectif est maintenant de ne plus voir la production de l'PVA avec la mesure de la CPR. Cela peut être réalisé en installant un transformateur de courant supplémentaire dans l'alimentation de l'PVA, en additionnant les deux courants (mesure totale et production de l'PVA) et en faisant ainsi «disparaître» l'PVA dans la mesure de la CPR. C'est ce que l'on peut voir sur la Figure 6 ci-dessous (pour le câblage précis, voir l'annexe, Figure 8).

Il est important ici que le $\cos(\varphi)$ de consigne de la CPR soit augmenté de 0.96 à 1!

Sinon, le DIE mesurera probablement un $\cos(\varphi)$ trop faible à son point de comptage lors de la production de la PVA et commencera à facturer de l'énergie réactive.

De même, la PVA doit être réglée sur un $\cos(\varphi)$ de 1, sinon une surcompensation par la CPR peut avoir lieu!

Un effet secondaire positif est ici l'affichage «correct» du $\cos(\varphi)$ sur l'unité de régulation du CPR.

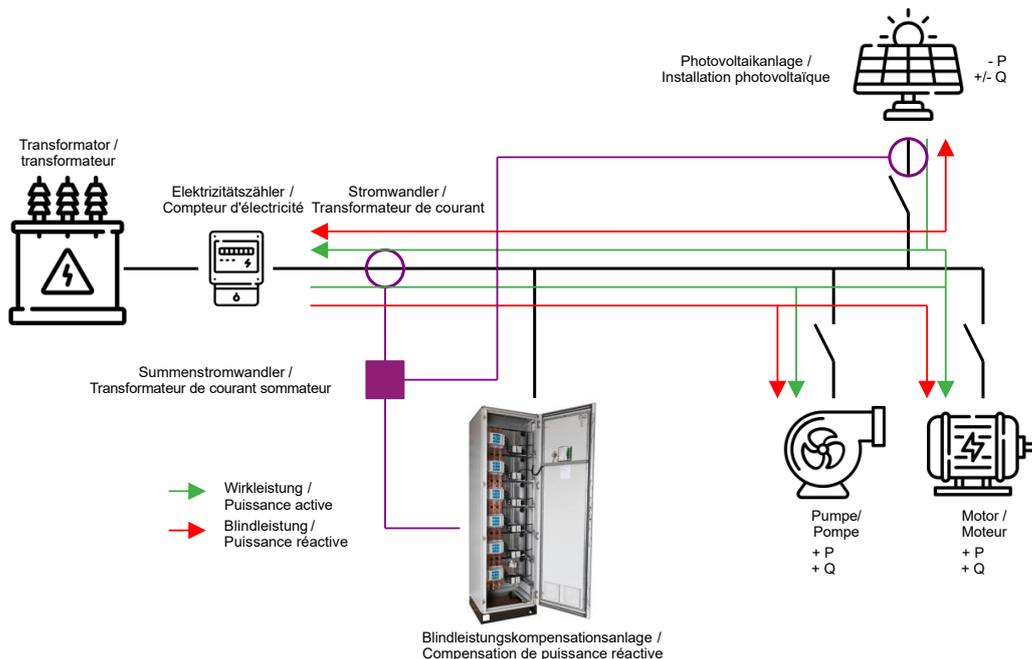


Figure 6 Adaptation correcte de la mesure de courant de la compensation de puissance réactive avec un transformateur de courant et un transformateur de courant sommateur supplémentaires.

Si une mesure séparée de la PVA n'est pas possible, par exemple en raison de la structure de l'installation électrique existante (PVA raccordée à un tableau secondaire éloigné du tableau principal), il faut prendre contact avec la DIE pour trouver une solution.

Dans le cas d'un CPR conventionnel, un compromis pourrait être trouvé en réglant un $\cos(\varphi)$ plus bas d'environ 0.93, afin de ne pas compenser immédiatement en cas de soutien moindre du réseau.

Dans le cas d'une installation compensation dynamique ou filtre actif, cela n'est toutefois pas possible, car celles-ci peuvent également compenser la puissance réactive inductive et «abaisseraient» ainsi le $\cos(\varphi)$ à la valeur de réglage de 0.93.

La deuxième solution consisterait, lors d'une nouvelle installation d'un PVA, à déplacer immédiatement sa sortie de manière à ce que la CPR ne mesure plus la PVA. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'installer un transformateur supplémentaire.

Cependant, le $\cos(\varphi)$ de consigne de la CPR doit tout de même être réglé sur 1.

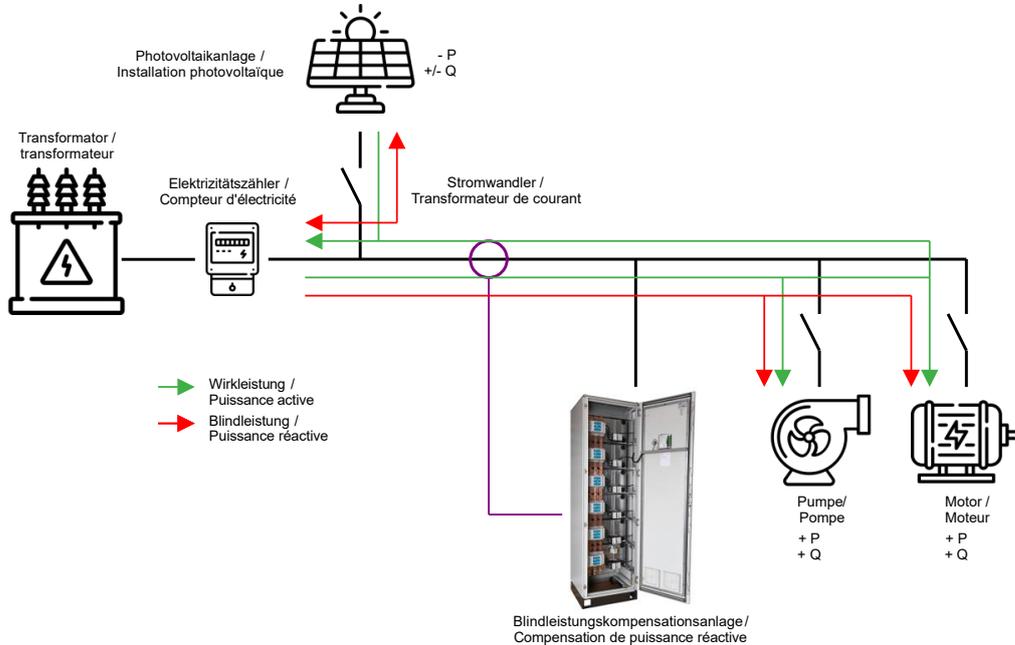


Figure 7 Installation correcte d'un système photovoltaïque sur un système de compensation d'énergie réactive existant.

Annexe

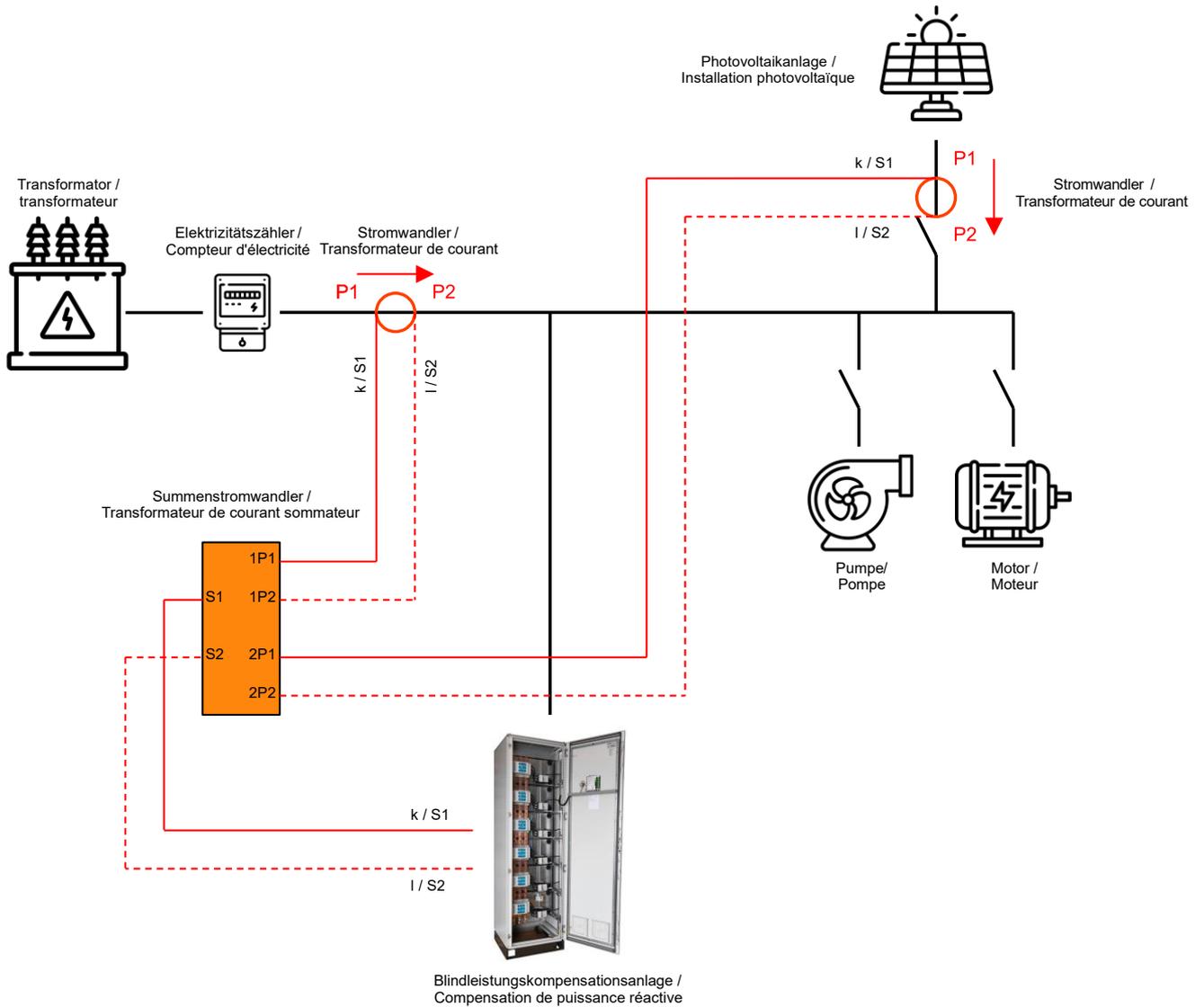


Figure 8 Examen détaillé du câblage selon la structure de la Figure 6.