

Pilotprojekt Camille Bloch : Blindleistungsregelung mit PV – auch in der Nacht

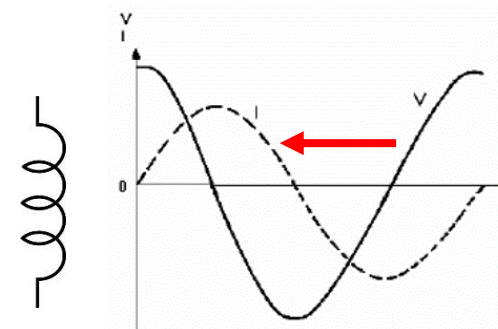
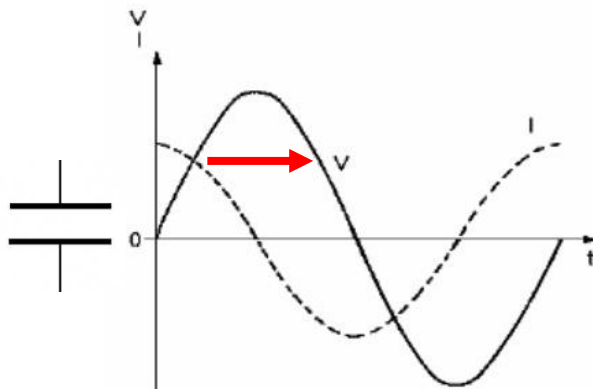
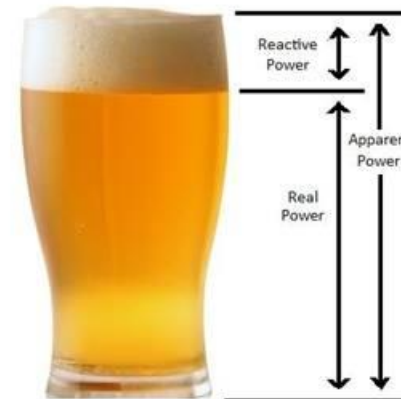
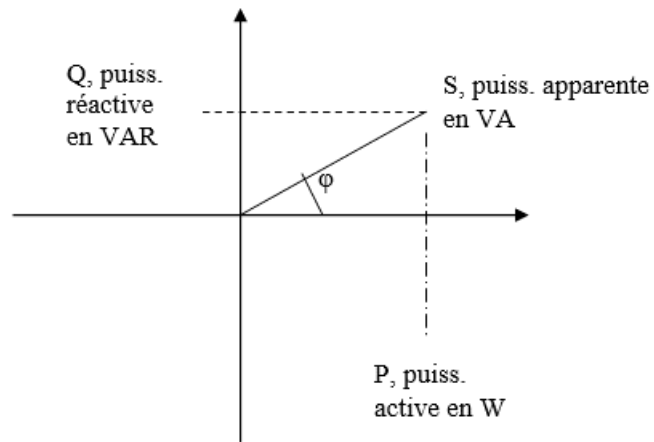
BFH Fachtagung Netzanschluss

*Marine Cauz
Florent Jacqmin
Jean Cattin
31. Mai 2022*

Konzept

Einleitende Begriffe

- 1 - Scheinleistung = Wirkleistung & Blindleistung
- 2 - Blindleistung ist beim Stromtransport unerwünscht
- 3 - Blindleistung verursacht einen Spannungsabfall am Ende der Leitung



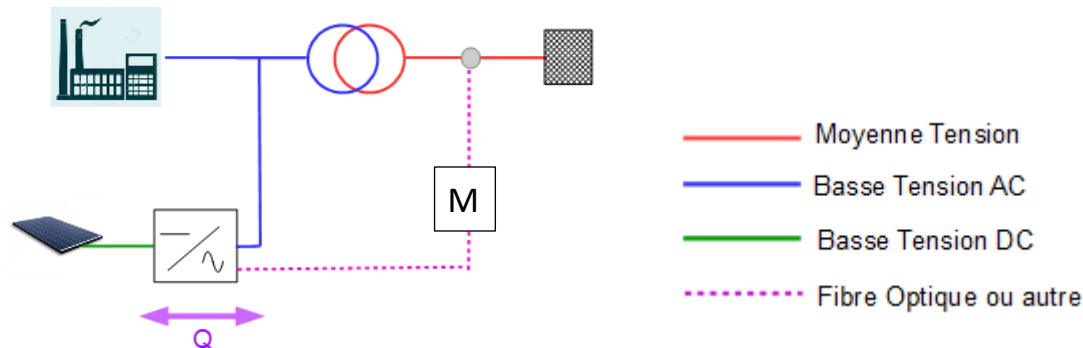


Das Potenzial von Wechselrichtern für die Blindleistungskompensation bewerten

Stärken

- Eine (teilweise oder vollständige) Alternative zu standardmässigen statischen Kondensatorbatterien aufzeigen
- Das Q/P-Verhältnis regulieren, um Kosten für die Abrechnung von Blindleistung zu vermeiden

*Wenn ein Industrieller PV installiert: und damit Q/P steigt.
Nun berechnen die VNB Blindleistung, wenn : $Q > 0.5 * P$*



Eine Kondensatorbatterie besteht aus einer Reihe von Kondensatoren, die sich bedarfsgerecht in einem vorgegebenen Regelschritt einschalten, um den zulässigen Wertebereich des $\cos \varphi$ einzuhalten.

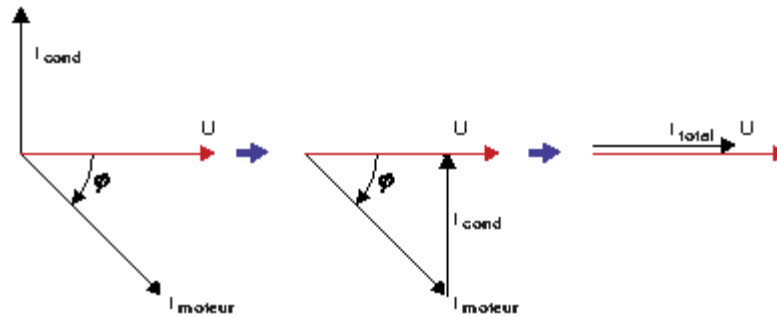
Ziel

$$\frac{Q}{P} = \frac{\text{Vom VNB erfasste Blindleistung des Standorts}}{\text{Aus dem Netz entnommene Wirkleistung des Standorts}} < 50\%$$



$$\cos \varphi > \sqrt{2/3} = 0.8$$

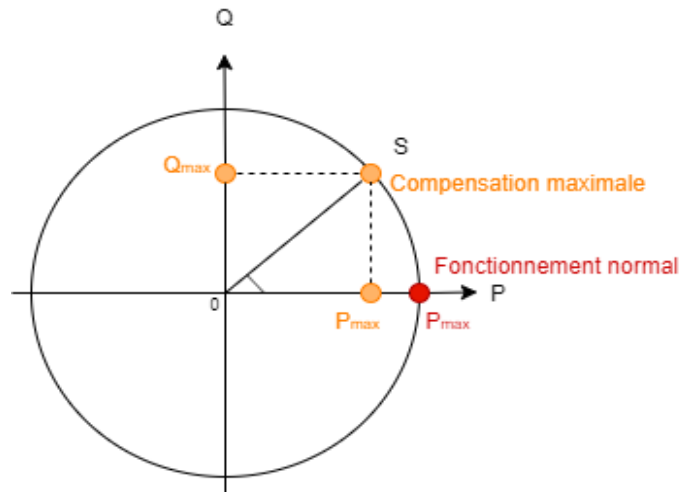
Prinzip



Ausgleich mit PV-Wechselrichtern

$$P_{max} = \sqrt{(S_N^2 - Q_{comp}^2)}$$

- S_N : Scheinleistung, die in den technischen Unterlagen angegeben ist
- Q_{comp} : Blindleistung zu kompensieren
- P_{max} : max Wirkleistung, die von den Wechselrichtern erzeugt werden kann



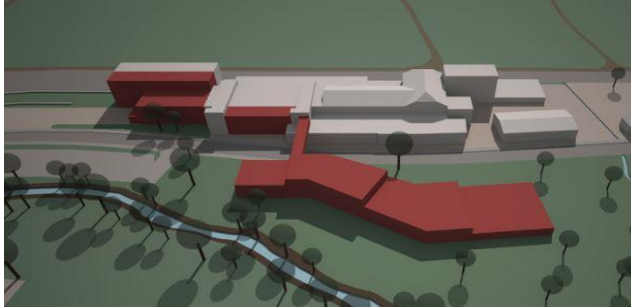
Avantages

- Flexibilité
- Puissance réactive capacitive et inductive
- Pas de surcoût de maintenance

Inconvénients

- Installation PV requise
- Risque de brider la production de puissance active
- Besoin potentiel de surdimensionner les onduleurs

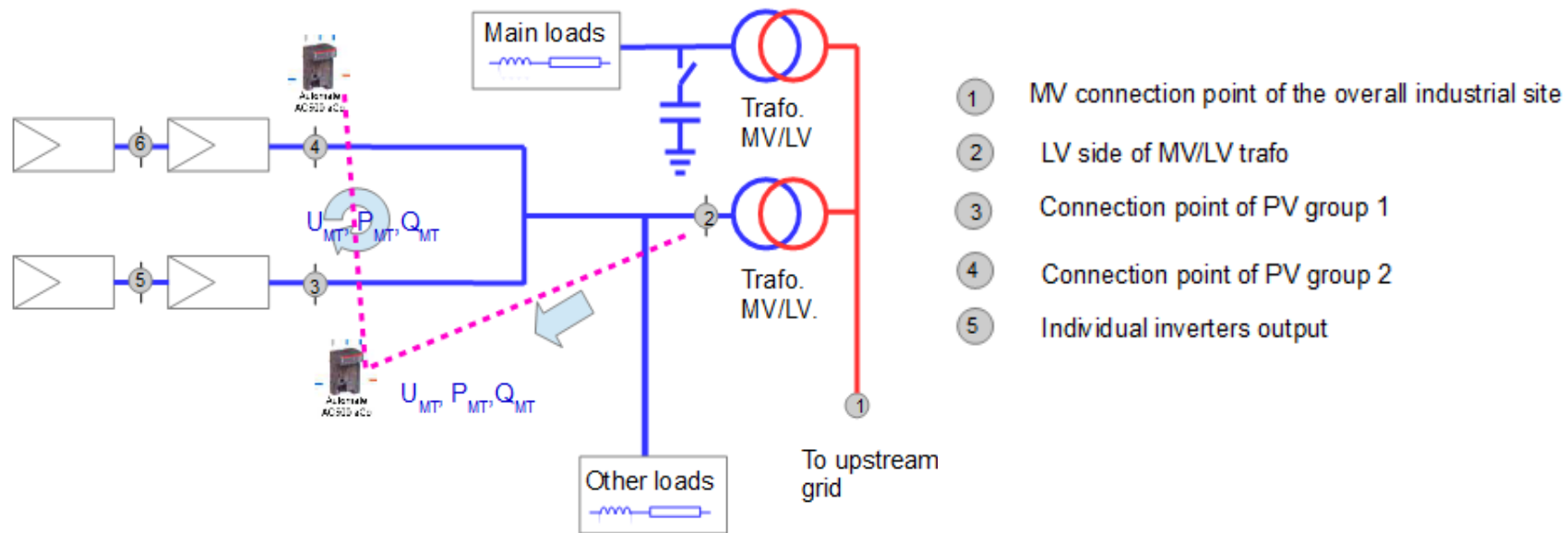
Implementierung



Die Fabrik wurde erweitert mit

- Eine Erweiterung des Produktionsbereichs
- Der Bau eines Verwaltungsgebäudes

Architektur



Auf den beiden neuen Gebäuden wurden PV-Anlagen installiert.

- 141 kWp auf dem Dach der Agora
- 168 kWp auf der Erweiterung des Produktionsgebäudes

Die kumulierte Leistung ermöglicht die Produktion von 300'000 kWh/Jahr

Die Wechselrichter wurden so ausgewählt, um den Einschränkungen des Projekts entsprechen:

- Steuerung in $\cos \phi$ und Menge der erzeugten Blindenergie
- Kommunikation Kompatible mit ABB-Steuerungen
- Diese Wechselrichter ermöglichen eine Blindleistungsgeneration bis zu 80% ihrer Nennleistung.

Fonctionnement classique
(sans compensation)

- $P_{\max} = 261 \text{ kW}$
- $Q_N = 0 \text{ kvar}$

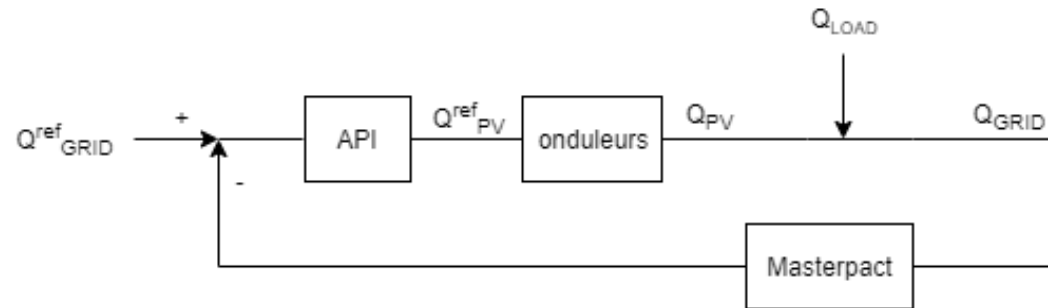


Compensation maximale

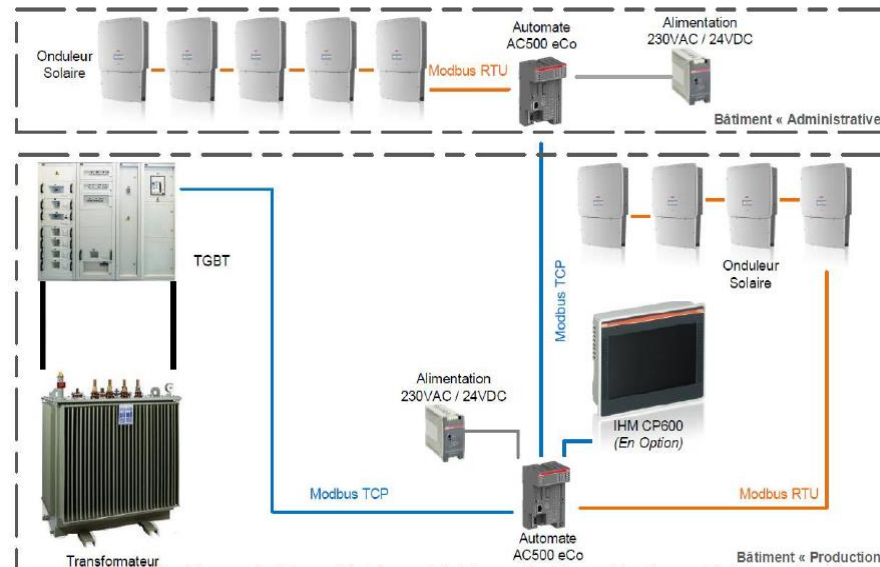
- $P_{\max} = 158 \text{ kW}$
- $Q_N = 208 \text{ kvar}$

Regler

- Anpassung der Betriebspunkt des Systems
- Reaktivität: Automatisch auf externe Störungen



Kommunikationsnetzwerk



Das System verfügt über zwei **Regulierungsmodi**:

- *Ständige* Regulierung: entweder ON oder OFF
- Regelung im *AutoMode*: automatisch, abhängig von der Q/P-Schwelle

Das System verfügt ausserdem über zwei **Betriebsarten**:

- Fest: Q wird auf einem festen Wert gehalten
- Dynamisch: Q schwankt, um das setpoint $X = Q/P$ fest zu halten

Tests

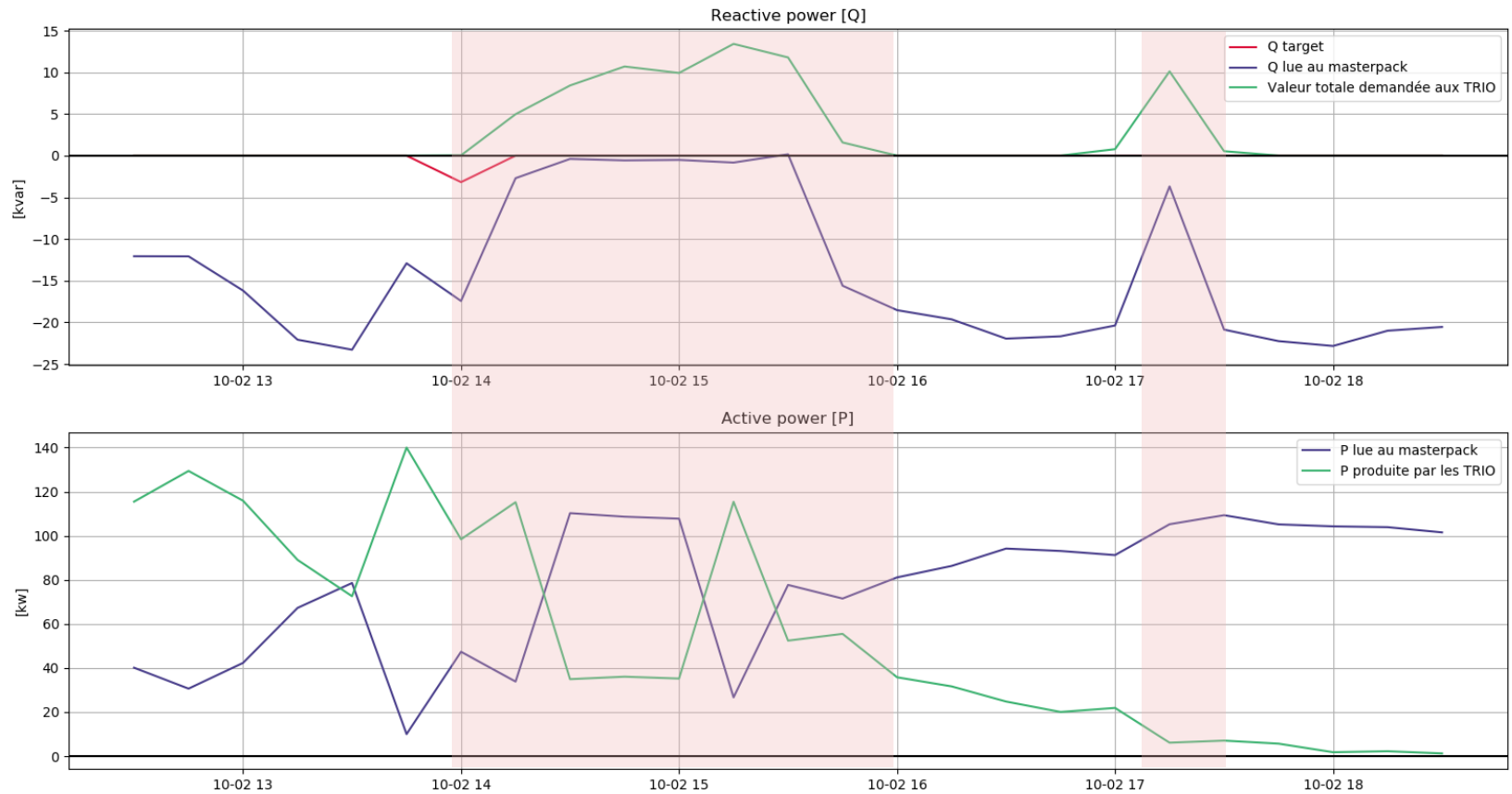
Ziel die am Masterpact gemessene Blindleistung zu kompensieren

- Regulierungsmodus: Permanent
- Betriebspunkt: Fest
- Referenzwert: 0 kvar

	Période 1	Période 2
Heure de début	14h10	17h12
Heure de fin	15h56	17h30
Durée du test	106 min	18 min
Nombres de TRIO actif	10	10
Période d'activité	Journée de travail	Fin de journée de travail
Temps d'établissement	8 min	7 min
Valeur moyenne compensée (produite/consommée) par le système	15 kvar	20 kvar
Erreur absolue moyenne en régime établi	0.43 kvar	3.7 kvar

P- und Q-Werte am Masterpack

P und Q Leistungen, die von PV-Wechselrichtern erzeugt werden



Ziel Aufrechterhaltung eines maximalen Q/P-Verhältnisses

$$Q < x\% * P$$

- Regulierungsmodus: Q/P-Ratio automatisch (AutoMode)
- Betriebspunkt: Dynamisch
- Die vom System berücksichtigten Leistungswerte werden über einen Zeitraum von 1min gemittelt.

	Test A	Test B
Facteur de déclenchement de l'AutoMode	$Q \geq 20\% * P$	$Q \geq 15\% * P$
Valeur de référence	$Q = 15\% * P$	$Q = 15\% * P$
Heure de début	12h	12h
Heure de fin	17h	7h45
Durée du test	5h - 300 min	19h45 – 1'185 min
Nombres de TRIO actif	10	10 entre 12h et 19h30 1 entre 19h30 et 7h30 10 entre 7h30 et 7h45
Période d'activité	Journée ouvrable	Jour ouvrable
Valeur moyenne demandée aux TRIO	5.22 kvar	5.92 kvar
Erreur relative moyenne en régime établi	32%	23%

Fähigkeit, einen festen Wert zu kompensieren

13

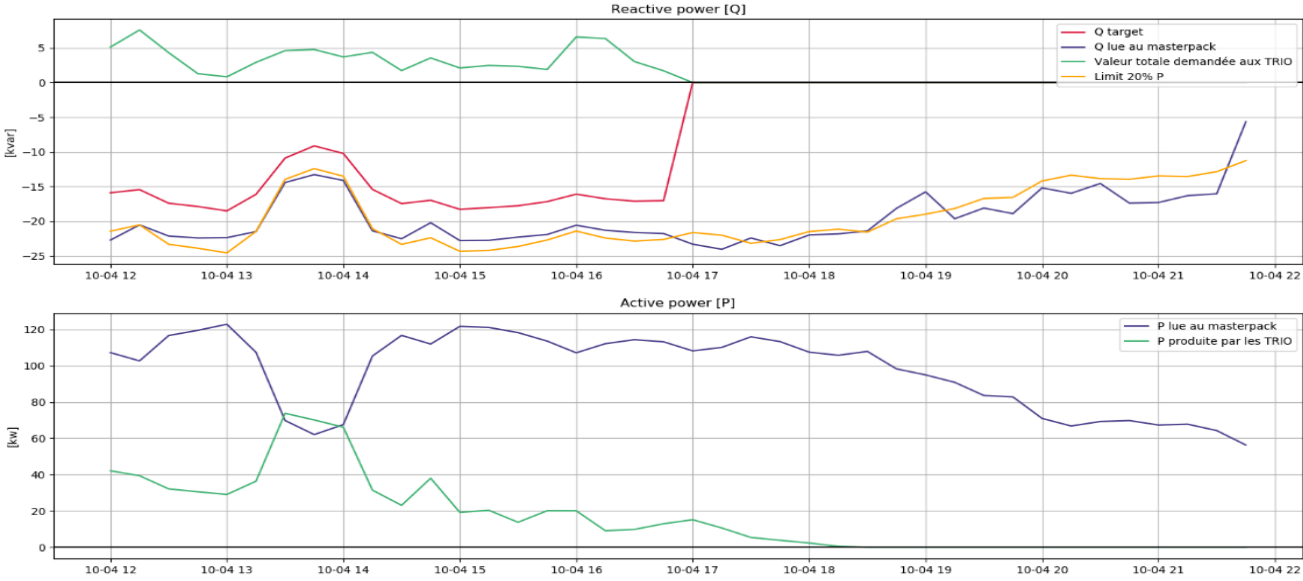
P- und Q-Werte am Masterpack

P und Q Leistungen, die von PV-Wechselrichtern erzeugt werden

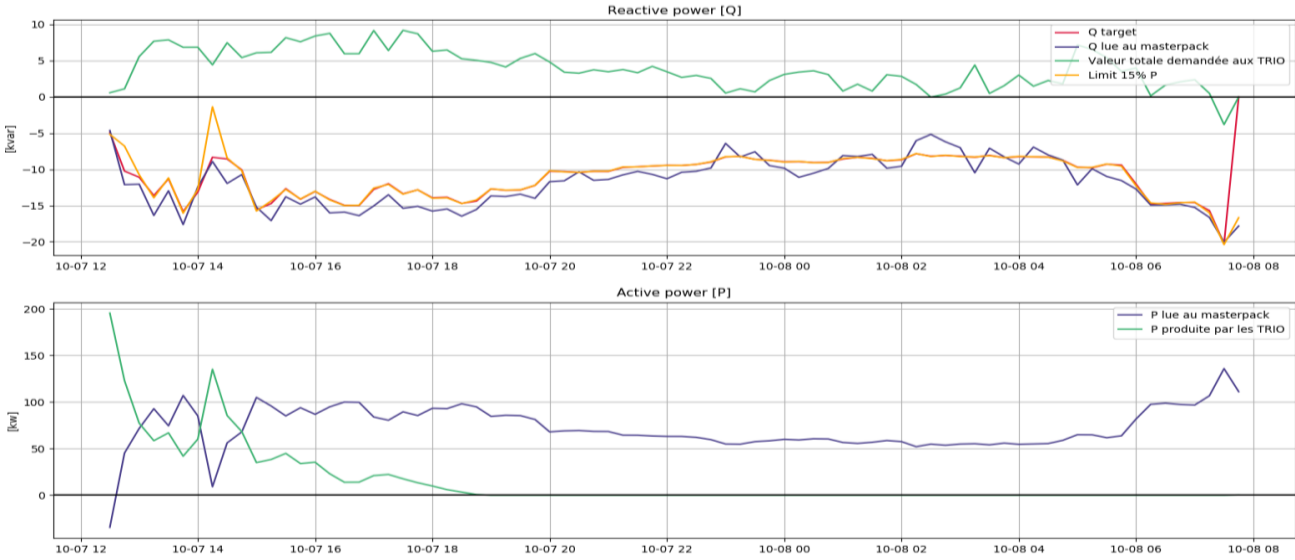
Zielwert am Masterpack

Masterpack abgelesenen Verhältnis Wirkleistung, Zielwert für : $Q \leq X\% * P$

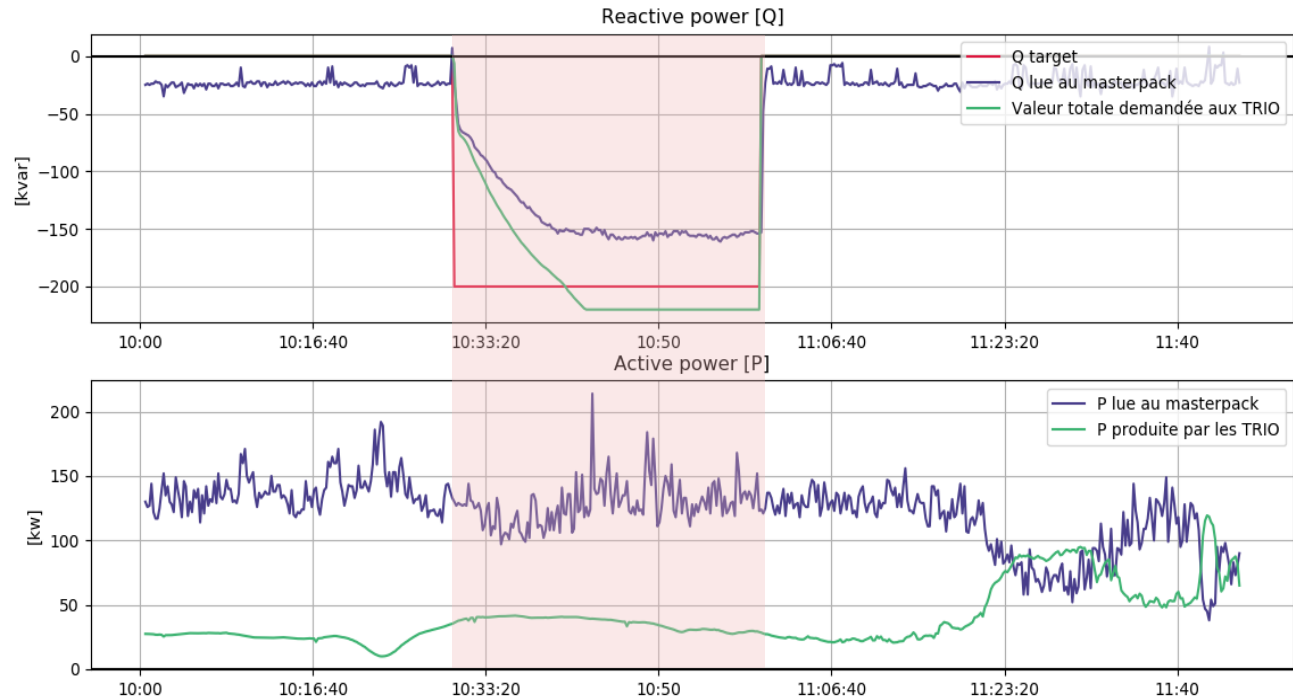
Test A



Test B



Zweck Wechselrichtern physikalischen Grenzen bestimmen: $Q_{comp} = 200$ kvar



- In 10 min steigt Q nicht von -25 kvar auf -150 kvar
- Der Wert = -220 kvar der maximale theoretische Wert
- Masterpact gemessene Blindleistung stagniert bei -150kvar
- Max. Wirkleistung der Wechselrichter :

$$P_{\max} = \sqrt{(S^2 - Q^2)} = \sqrt{(261^2 - 200^2)} = 168 \text{ kW}$$

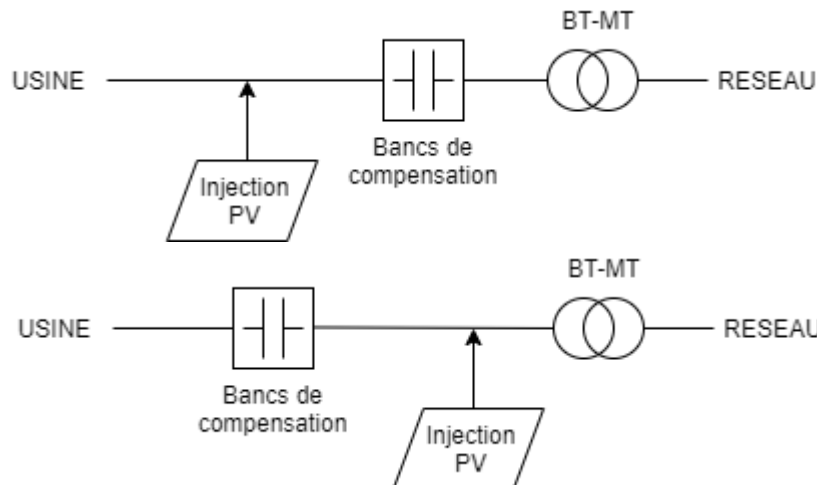
Ergebnisse & Diskussion

Vergleich der beiden Alternativen zur Blindleistungskompensation

	Onduleurs PV Base	Onduleurs PV Option compensation	Armoire de compensation
Coût d'installation	85 CHF / kW	Intégré De 0,5 kvar/kW à 1 kvar/kW	90 CHF / kvar
Coût régulateur + coûts annexes (comptage, électricien, ...)		11'300 CHF + 3'700 CHF	inclus
Maintenance	1'000 CHF / an / 100 kW	Pas de surcoût supplémentaire	1'000 CHF / an
Durée de vie moyenne	15 ans	-	>30 ans
Surcoût pour surdimensionner de 20%		+ 5 / 10%	+ 15 %

- /!\ Mittelwerte, mit denen eine Grössenordnung angegeben werden kann
- Wenn keine Kondensatorbank vorhanden oder zu alt ist, sind Wechselrichter eine wirtschaftlich interessantere Lösung.
- Eine vorhandene Ausgleichsbatterie durch die Wechselrichter zu ersetzen, kann kostengünstig sein, wenn deren Ausgleichskapazität ausreicht.

- Reaktionszeit
 - Min. Reaktionszeit der Wechselrichter: 20 Sek.
 - Reaktionszeit der Kompensationsschranke: 15 Sek.
- Effektive Verrechnung
 - Potenzielle Notwendigkeit, die Wechselrichter überzudimensionieren, um eine Einschränkung der von den Wechselrichtern erzeugten Wirkleistung zu vermeiden
- Ergebnisse am Tag und in der Nacht
 - Nacht: die PV-Produktion wird nicht beeinträchtigen
 - Nacht: stabileres Konsumverhalten
- Begrenzung der Studie
 - Zusätzliche Einschränkungen für Hybridsysteme



Dies ist die Situation, in die CB geraten könnte, wenn die Kompensation von der Station CB1 aus erfolgt.

- Ergebnis der Tests : Q kann durch die Wechselrichter kompensieren sein
- Das Projekt zeigte auch, wie schwierig es ist, an die Messdaten heranzukommen
- Analyse des Fabrikverbrauchs: August 2019

Consommation de jour sur le réseau		Consommation de nuit sur le réseau	
Consommation active, P	218'800 kWh	Consommation active, P	118'880 kWh
Consommation réactive, Q	53'160 kvarh	Consommation réactive, Q	23'880 kvarh
⇒ $Q = 24\% * P$		⇒ $Q = 20\% * P$	

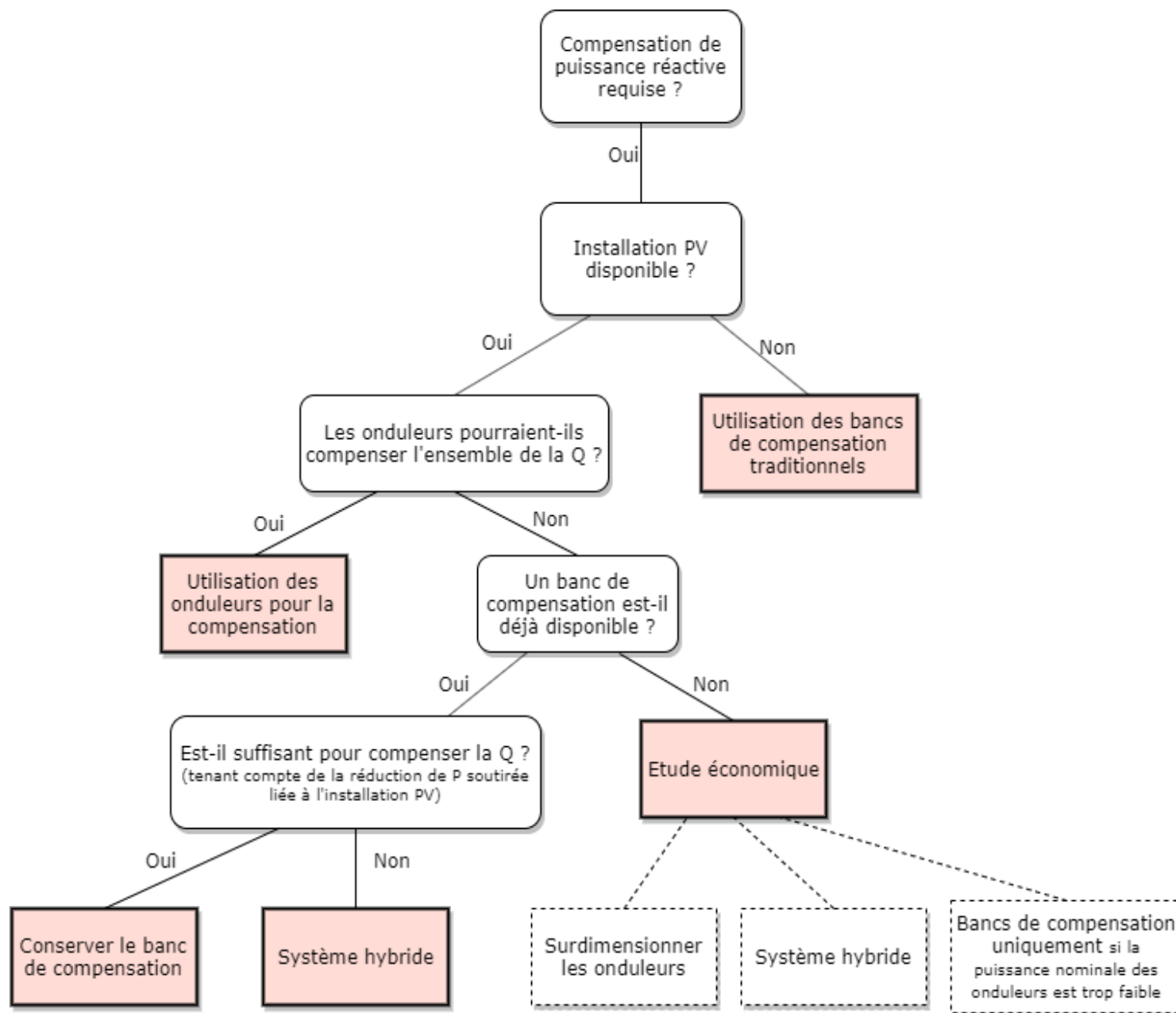
- Trotz der PV-Anlage hält die Fabrik $Q < 50\% * P$
- Derzeit verfügt der Standort über eine 720-kvar-Ausgleichsbatterie.
- Die Fabrik könnte heute aufgrund einer Unterdimensionierung ihrer Wechselrichter die Ausgleichsbänke nicht durch ihre Wechselrichter ersetzen:
Max. Kompensation = 150 kvar.



Wenn die Fabrik plant, ihre PV-Anlage auf dem Dach der Hauptfabrik zu erweitern, könnten die Wechselrichter überdimensioniert werden, um die Kondensatorbatterien zu ersetzen

Schlussfolgerung

9



- Durch die Implementierung eines (Standard-)Reglers innerhalb der Wechselrichter könnte diese Lösung ohne zusätzliche Kosten für die Industrie angeboten werden.
- Nachts könnten die PV-Anlagen für Netzdienste genutzt werden, um den neuen PV Anlagen einen doppelten Nutzen zu verleihen.

PLANAIR

Beratende Ingenieure für Energie und Umwelt

Marine Cauz

Innovationsingenieurin

Rue Galilée 6

CH-1400 Yverdon-les-Bains - Schweiz

T +41 (0)24 566 52 28

marine.cauz@planair.ch

PLANAIR

Beratende Ingenieure für Energie und Umwelt

Florent Jacqmin

Leiter Photovoltaik

Rue Galilée 6

CH-1400 Yverdon-les-Bains - Schweiz

T +41 (0)24 566 52 07

florent.jacqmin@planair.ch

PLANAIR

Beratende Ingenieure für Energie und Umwelt

Jean Cattin

Leiter PV-projekten und Energiesystemen

Rue Galilée 6

CH-1400 Yverdon-les-Bains - Schweiz

T +41 (0)24 566 52 13

Jean.cattin@planair.ch

Aramis: Projektbericht

