

CONCEPTION CORRECTE DES CHAÎNES AVEC DES OPTIMISEURS POUR NE PAS PERDRE DE L'ÉNERGIE

Helion Energy AG

Emmanuel Grard, chef de projet, Yverdon-les-Bains

Lars Huber, spécialiste en photovoltaïque, Zuchwil

PV Update romand 2022 | 24 novembre 2022



Aperçu

01 Introduction

02 Exemples

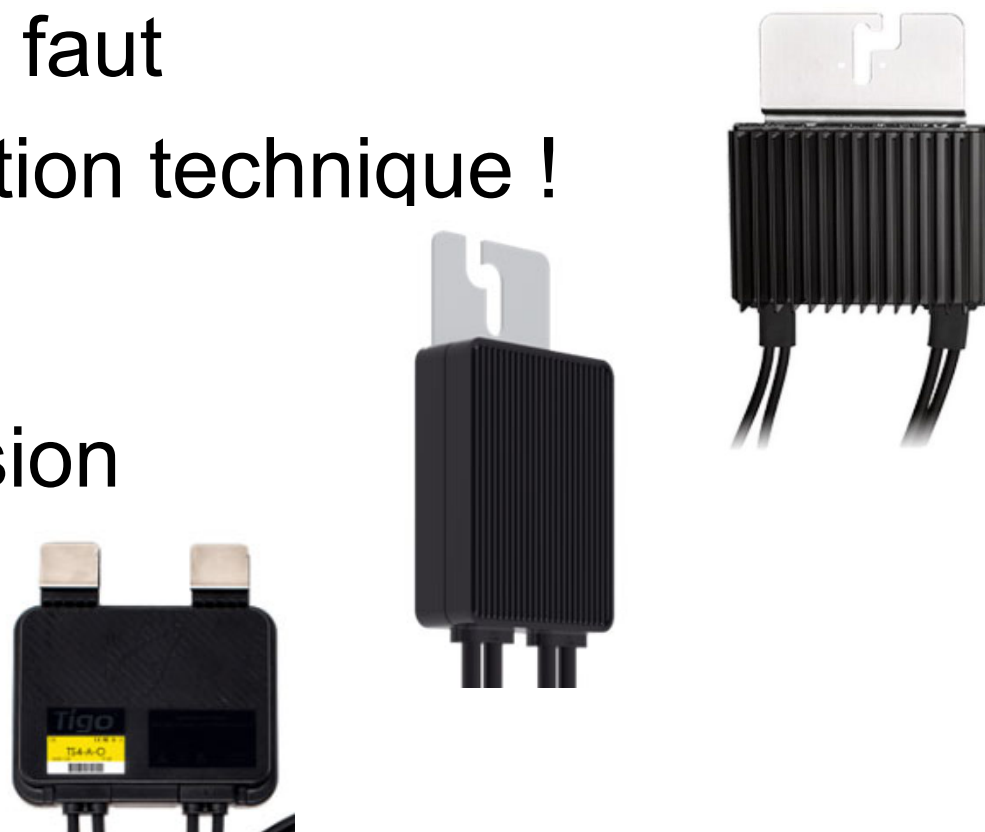
03 Remarques

04 Informations complémentaires
(ne fait pas partie de la présentation)

Keynote

Même avec un optimiseur, il faut impérativement une conception technique !

Mot-clé : maintien de la tension



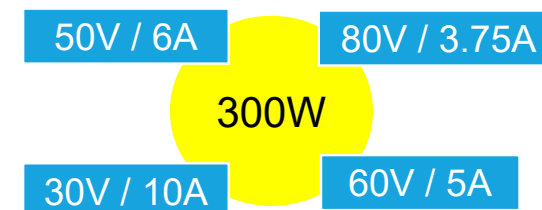
Cette thématique n'est malheureusement que rarement prise en compte dans la pratique !

Objectif principal de l'optimiseur

- Minimiser, voire annuler, les effets négatifs dans la chaîne en raison des différentes performances de production des modules
- Causes : orientations différentes, ombrage, neige, pollution partielle
un rayonnement plus faible entraîne un courant plus faible dans le string (tension non influencée)
- Fonctionnement de l'optimiseur : jouer sur la tension de la chaîne au lieu du courant
→ maintenir le courant au maximum dans la chaîne
- **ATTENTION :**
si la tension requise par le système n'est pas atteinte
→ le courant est limité malgré l'optimiseur

I ↘
U →
P ↘

Exemple de convertisseur DC/DC



Différences entre les optimiseurs

Fabricant	Buck	Burst	Bypass	Max. U-sortie optimiseur	Tension de chaîne requise
SolarEdge	✓	✓	✗	60V (P401, S440, ...) 80V (P505, P850, ...)	750V constant (tous les modèles) Exception 850V constant (uniquement SE30K)
Huawei	✓	✗	✓	$U_{ModulMPP}$ (dépendant de la température)	dépendant de l'onduleur Min U_{MPP}
Tigo	✓	✗	✓	$U_{ModulMPP}$ (dépendant de la température)	dépendant de l'onduleur Min U_{MPP}

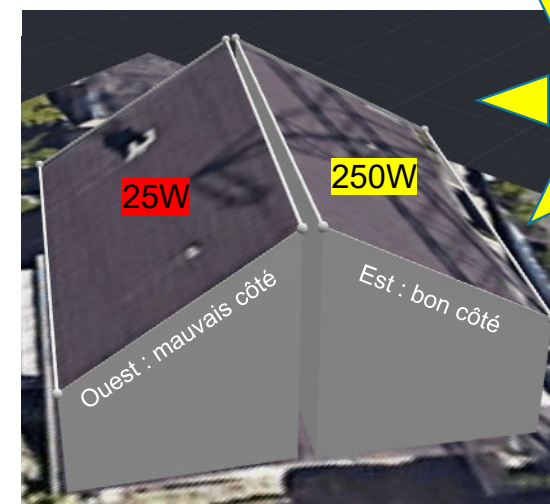
Modes de fonctionnement

- Buck : Abaissement de la tension ($U_{OptimisererOUT} \leq U_{ModulMPP}$)
- Burst : augmentation de la tension ($U_{OptimisererOUT} \geq U_{ModulMPP}$)
- Bypass : l'électronique est désactivée lorsqu'aucune optimisation n'est nécessaire (ménage la durée de vie).

Rapport énergétique est-ouest (octobre)

- Optimiseur avec une tension de sortie de 60V max.
- Tension fixe de 750V
- 1 chaîne de 24 optimiseurs
- Nombre minimal requis selon la fiche technique : 16 pièces

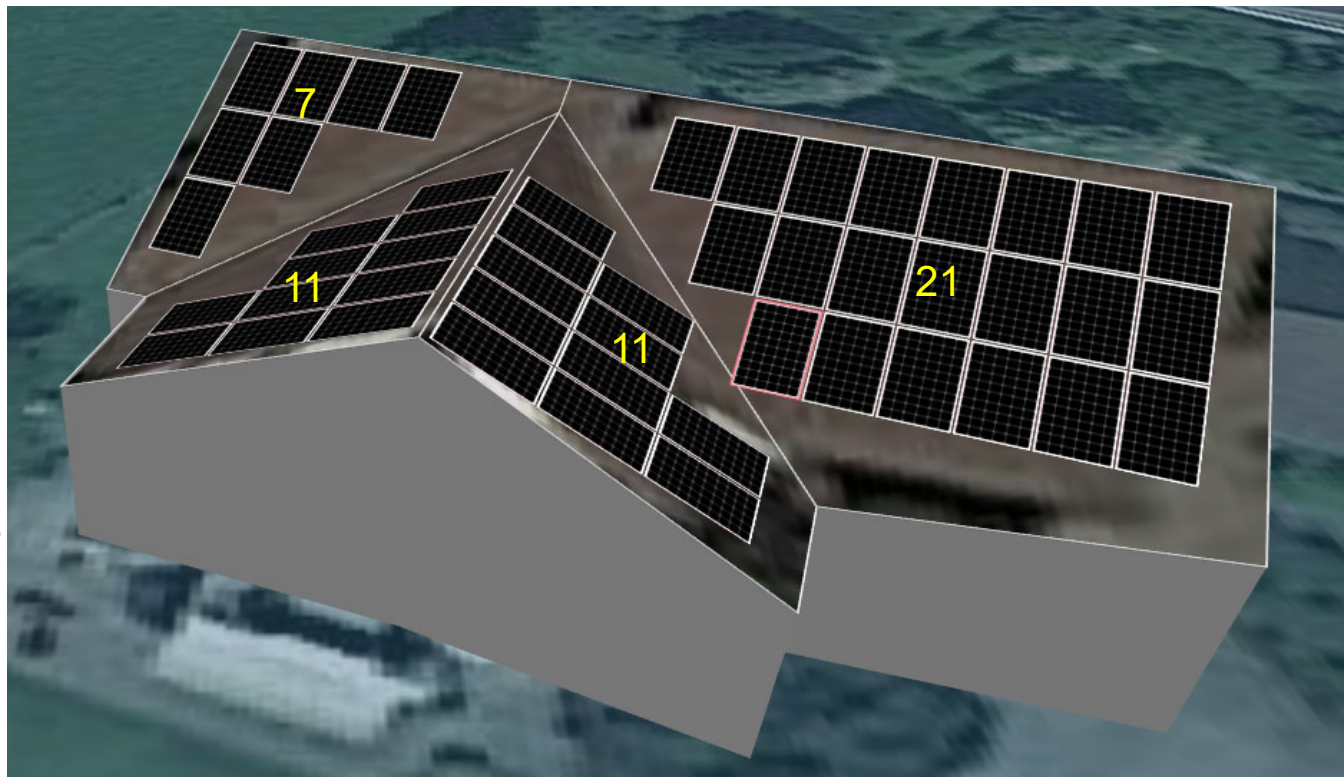
Situation le matin (octobre)



#OP Total	#OP Est	#OP Ouest	P Est [W]	P Ouest [W]	I [A]	
24	12	12	250	25	> 4.2	Est non influencé
24	11	13	217	25	3.6	La limitation commence -13%
24	10	14	140	25	2.3	-44%
24	9	15	107	25	1.8	-57%
24	8	16	89	25	1.5	-64%
24	7	17	77	25	1.3	-69%

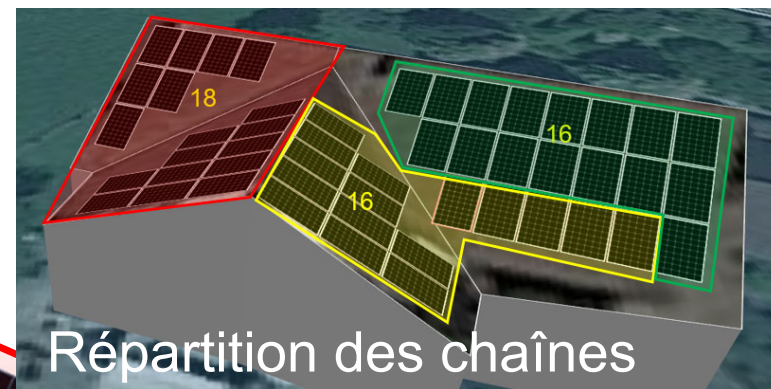
Exemple 1 (orientations) : Situation de départ

- Sud : 28 pièces (7+21)
- Est : 11 pièces
- Ouest : 11 pièces
- L'outil «auto-string» du designer reprend → différentes orientations dans la chaîne
- 3 chaînes
- Optimiseur : 60V
- Tension de chaîne requise : 750V



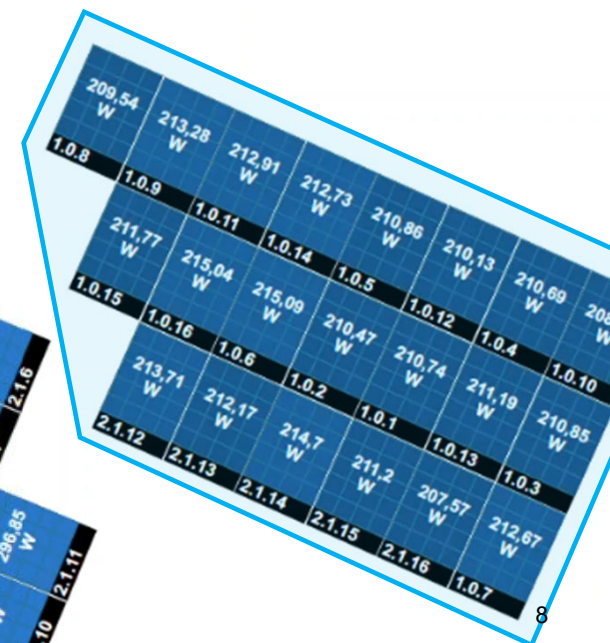
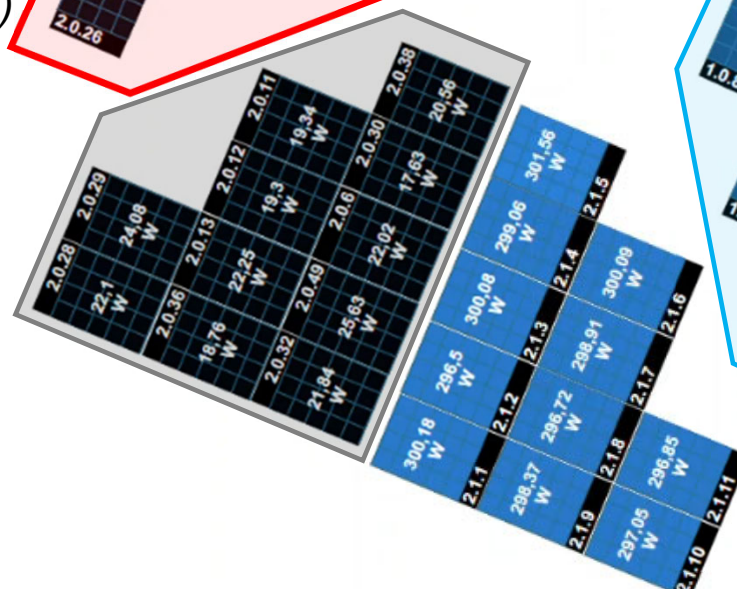
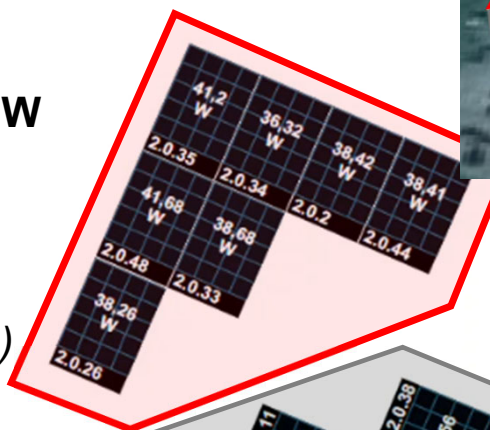
Exemple 1 (orientations) : Problématique

- Heure : 10:00 / 2 mai 2022
- **Problème sud : 40 W (rouge) au lieu de 210 W (bleu)**
- Sud : réparti sur 2 strings différents
- Ouest de la chaîne de 18 seulement **20W (gris)**
- Tension du système atteinte mais
→ le courant est péjoré



Calcul Situation :

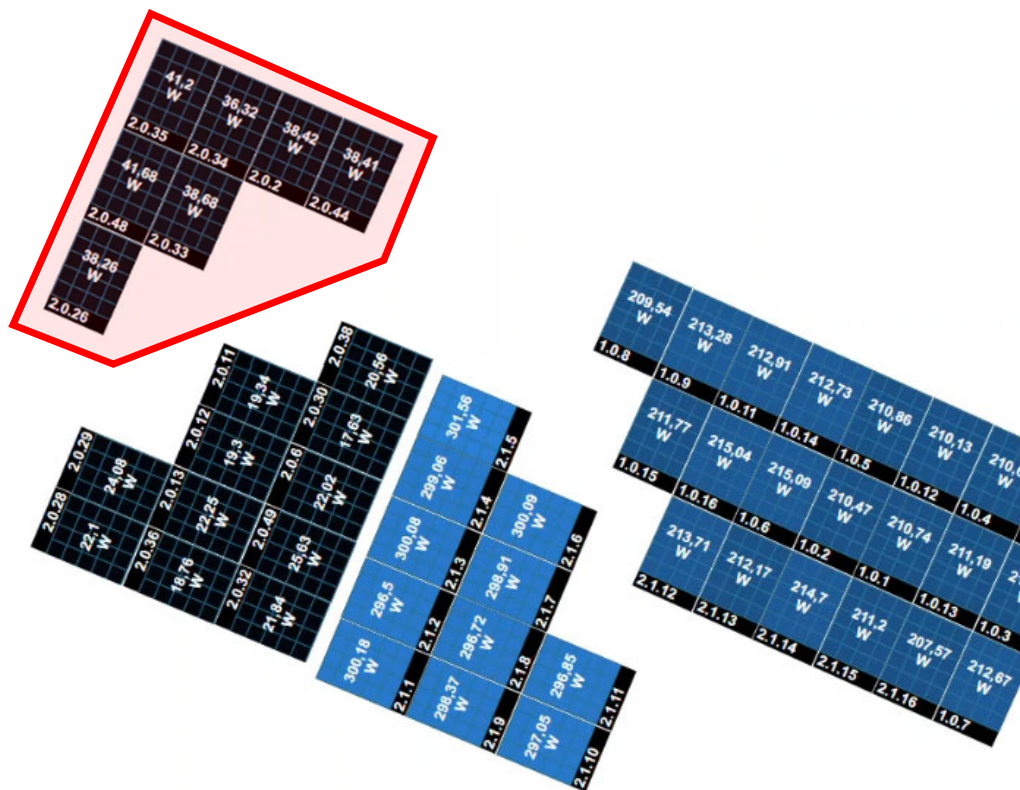
- 750V requis par le système
- $7 \text{ MOD}_{\text{Sud}} * 60\text{V} = 420\text{V} \rightarrow 330\text{V}$ tension résiduelle
→ à fournir par les modules West ($\text{MOD}_{\text{Ouest}}$)
- $330\text{V} / 11 \text{ MOD}_{\text{Ouest}} = 30\text{V}$
- $20\text{W} / 30\text{V} = 0.66\text{A}$
- $\text{MOD}_{\text{Sud}} : 60\text{V} * 0.66\text{A} = \mathbf{40\text{W} !}$



Exemple 1 (orientations) : Correction

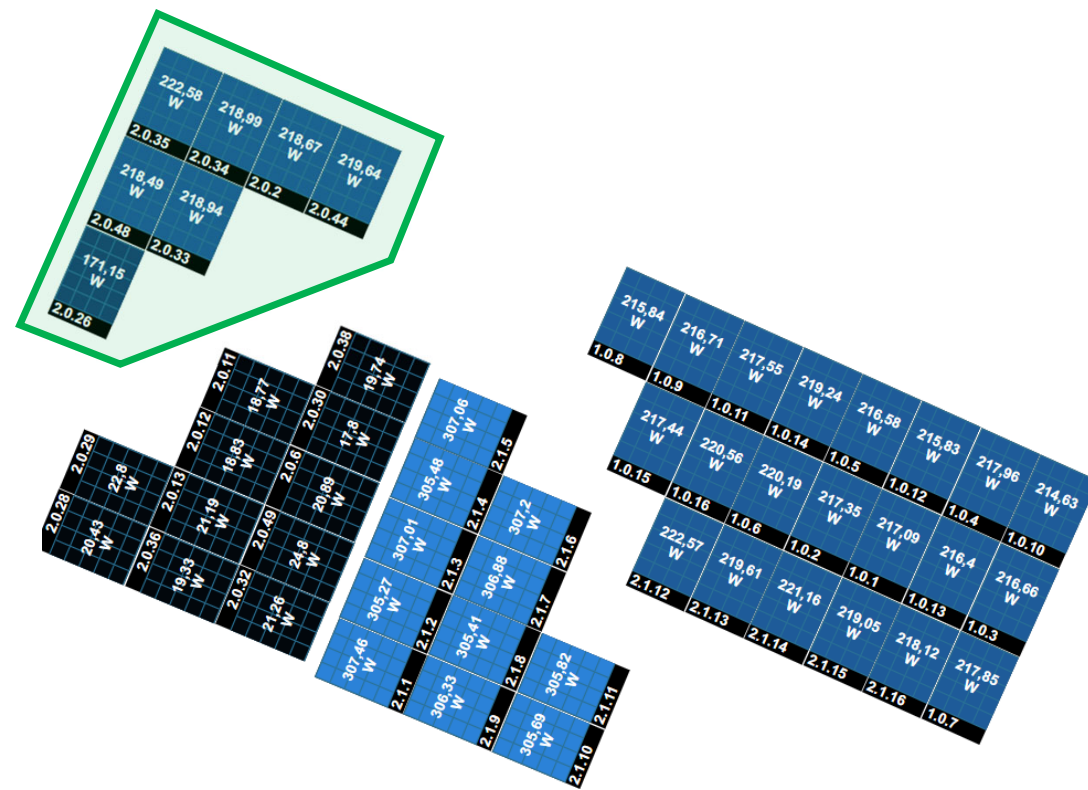
Avant : 05.03.2022 / 10:00

P = 40 W



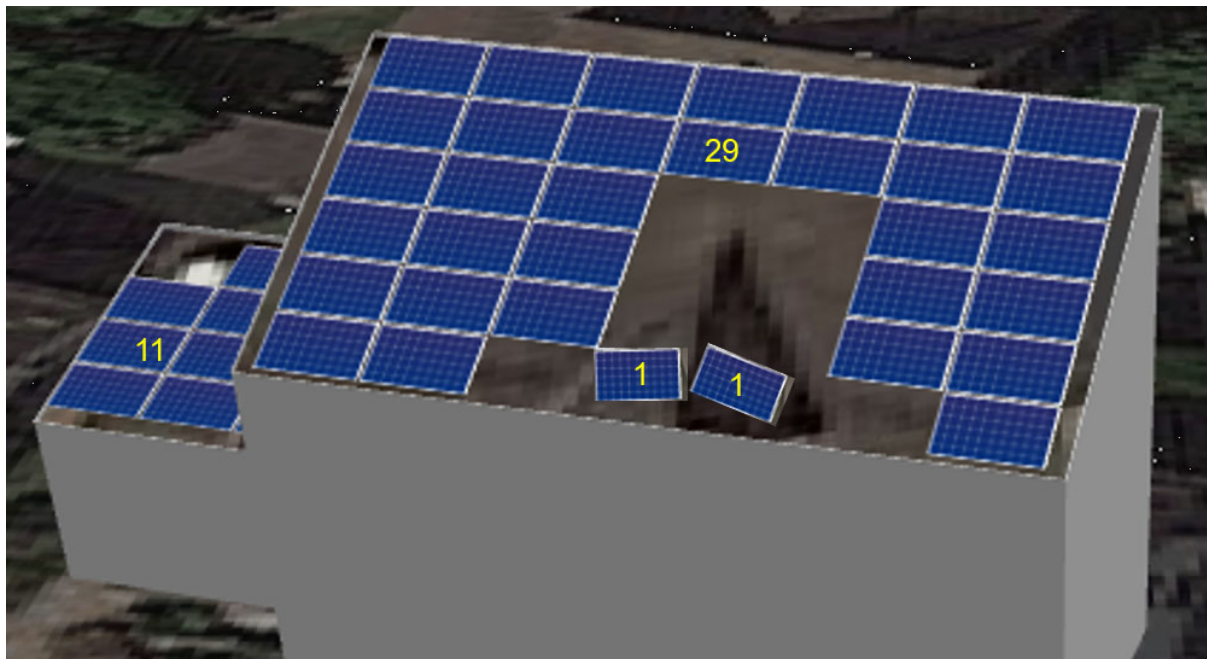
Après : 10.03.2022 / 10:00

P = 220 W



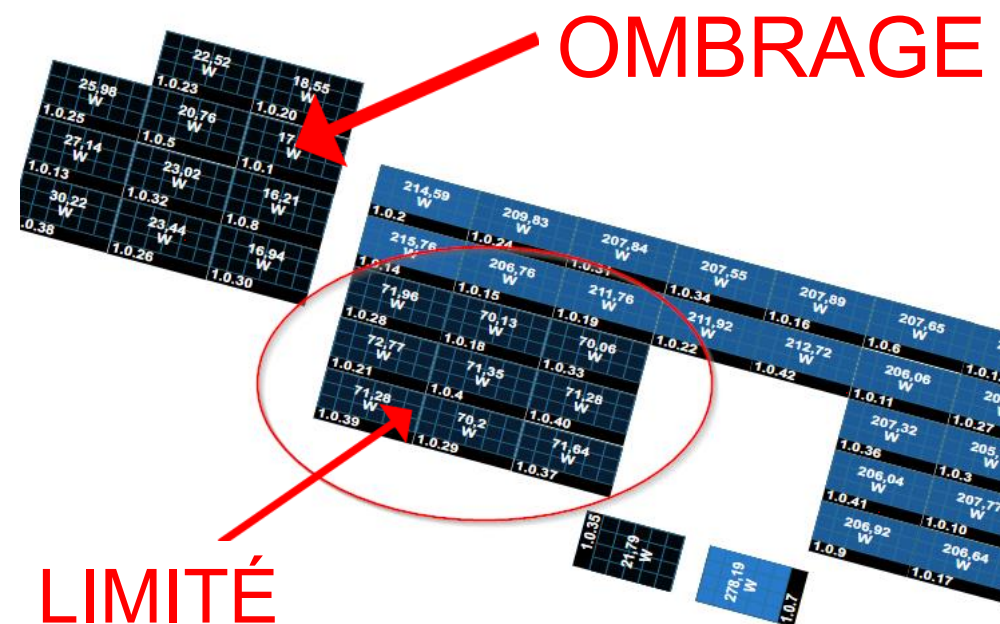
Exemple 2 (ombrage) : Situation de départ

- Sud : 40 pièces (11+29)
- Est : 1 pièce
- Ouest : 1 pièce
- L'outil «auto-string» du designer reprend
→ différentes orientations et ombres portées dans la chaîne
- 2 chaînes
- Optimiseur : 60V
- Tension de chaîne requise : 750V



Exemple 2 (ombrage) : Problématique

- Heure : 11:00 / Mars 2022
- **Problème sud : 71 W au lieu de 210 W**
- Sud : réparti sur 2 strings différentes
- Petit toit sud décalé seulement **21W** (gris)
- Tension du système atteinte mais
→ le courant est péjoré



Calcul Situation :

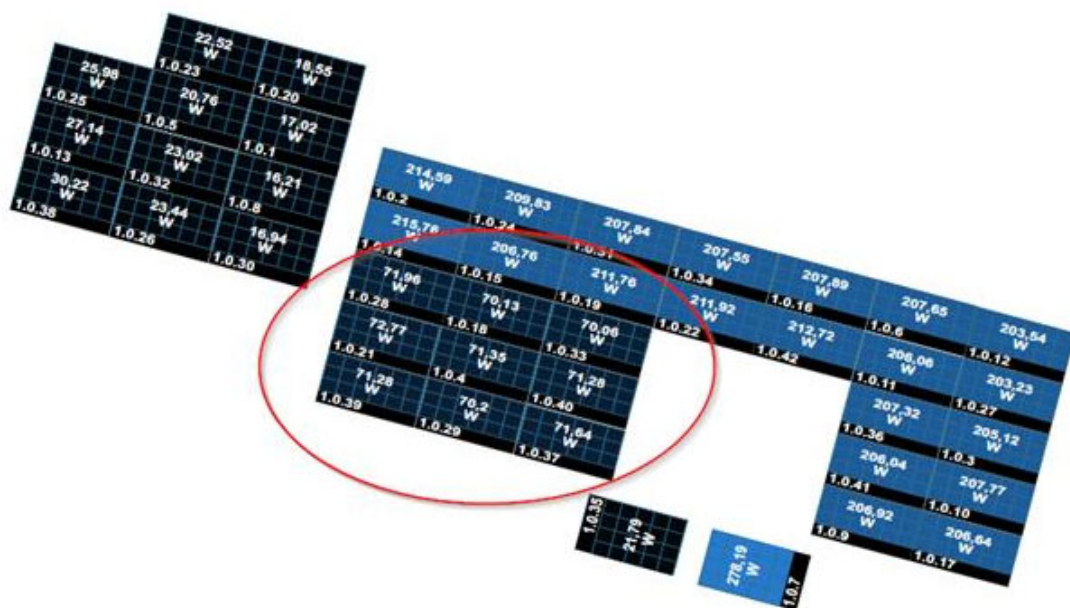
- 750V requis par le système
- $9 \text{ MOD}_{\text{ok}} * 60\text{V} = 540\text{V} \rightarrow 210\text{V}$ doivent être fournis par des modules ombragés (MOD_{bad})
- $210\text{V} / 12 \text{ MOD}_{\text{bad}} = 17.5\text{V}$
- $21\text{W} / 17.5\text{V} = 1.2\text{A}$
- $\text{MOD}_{\text{gut}} : 60\text{V} * 1.2\text{A} = 72\text{W}$

Exemple 2 (ombrage) : Correction

Avant : 02.05.2022

Puissance de la surface principale différente selon la chaîne

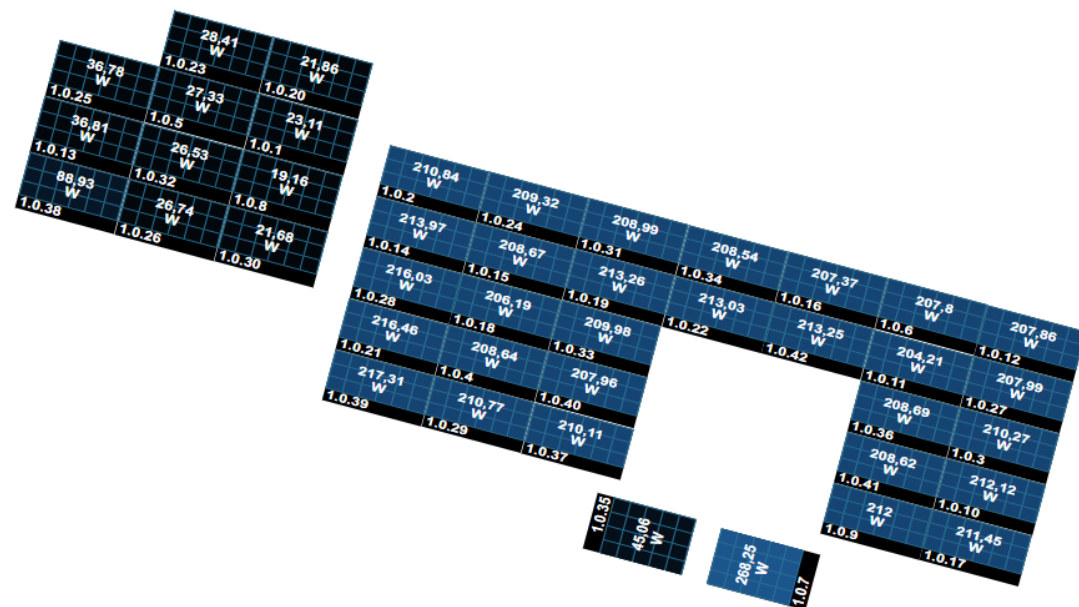
P = 71 W



Après : 11.05.2022

Puissance uniforme sur la surface principale

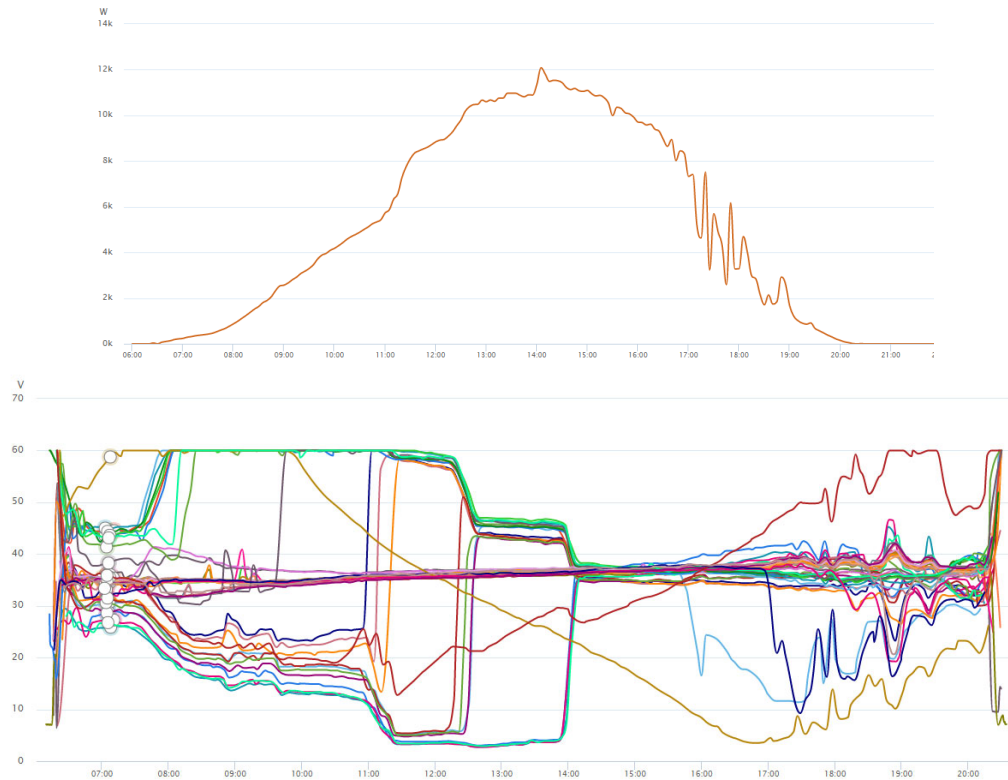
P = 210 W



Exemple 2 (ombrage) : Correction

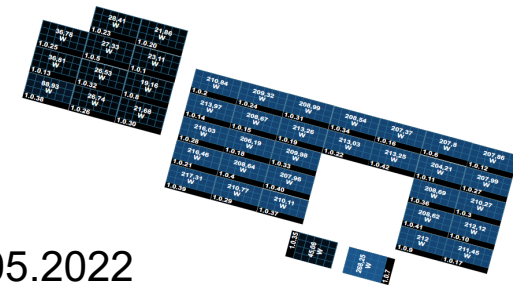
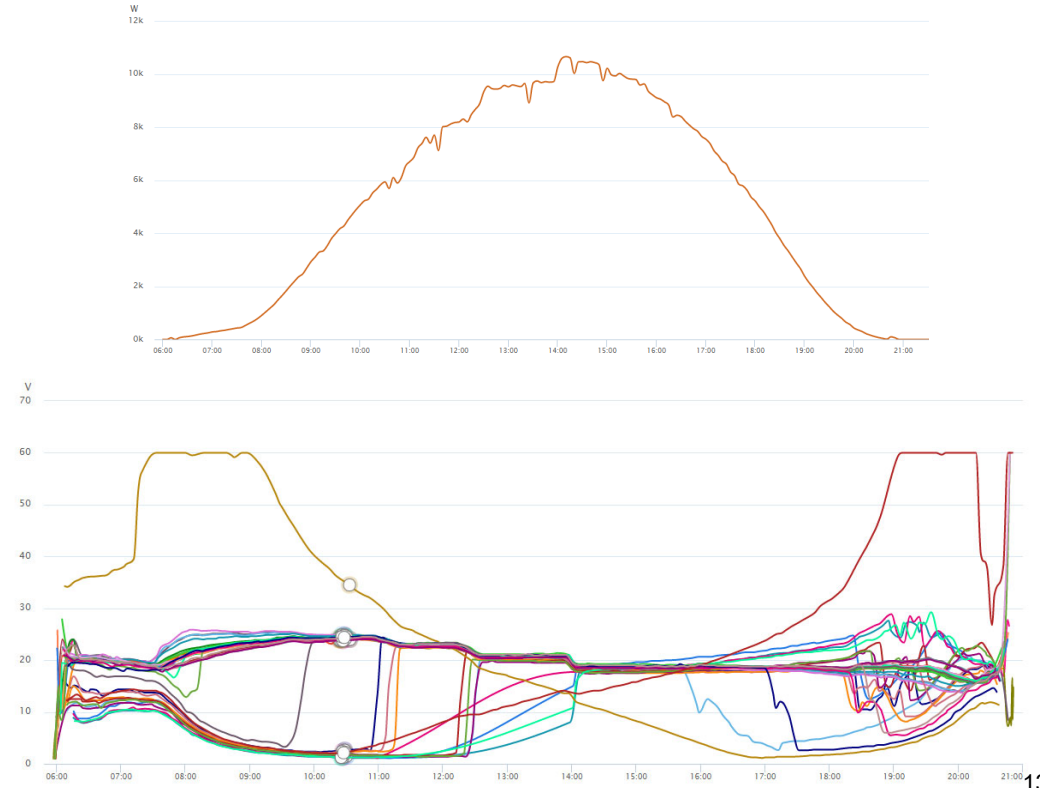
Avant : 02.05.2022

Puissance de la surface principale différente selon la chaîne



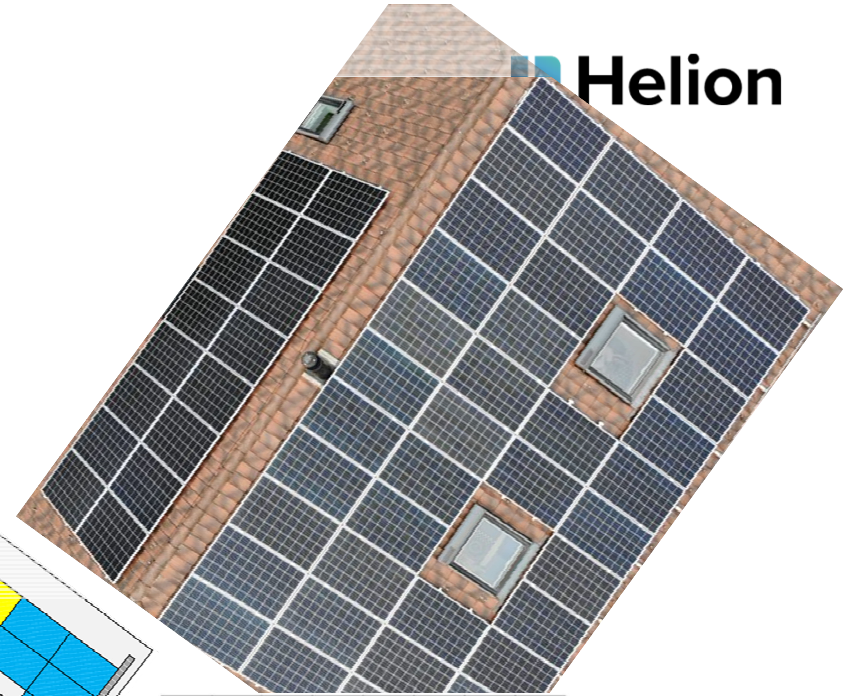
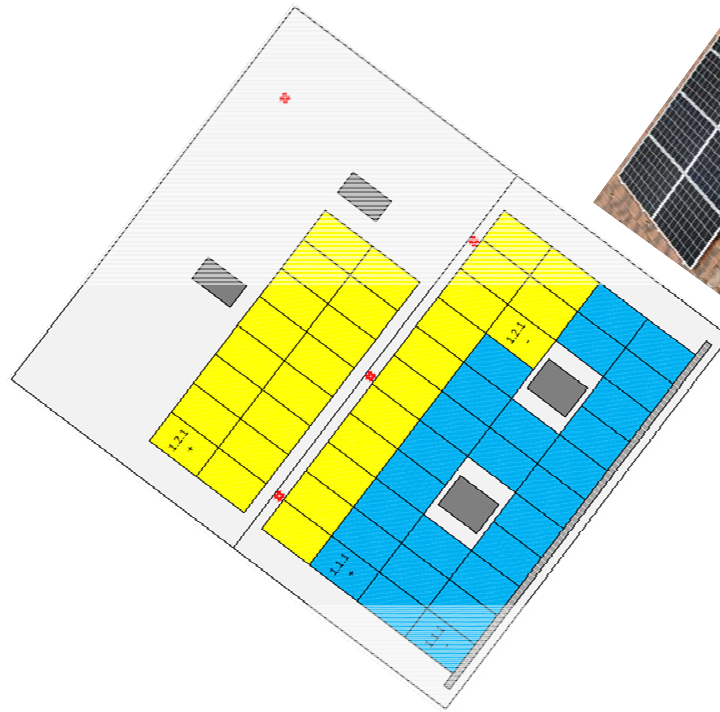
Après : 11.05.2022

Puissance uniforme sur la surface principale



Exemple 3 (neige) : Situation de départ

- Double optimiseur
- Sud-Est (SE) : 40 modules / 20 OP
- Nord-Ouest (NO) : 16 modules / 8 OP
- SE réparti sur 2 strings car nombre minimal requis sur toit NO non atteint
- Différence de production clairement visible sur la surface SE



1.2.13	1.2.13	1.2.5	1.2.5	1.2.6	1.2.6	1.2.12	1.2.12
16.45	16.45	13.11	13.11	14.32	14.32	15.11	15.11
W	W	W	W	W	W	W	W
1.2.10	1.2.10	1.2.8	1.2.8	1.2.14	1.2.14	1.2.1	1.2.1
16.4	16.4	13.98	13.98	14.47	14.47	13.41	13.41
W	W	W	W	W	W	W	W

62.05	62.05	60.4	60.4	58.03	58.03	62.84	62.84	61.31	61.31	58.33
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
1.2.3	1.2.3	1.2.9	1.2.9	1.2.15	1.2.15	1.2.2	1.2.2	1.2.7	1.2.7	1.2.11
165.44	165.44	162.58	162.58	164.09	164.09	164.83	164.83	60.8	60.8	58.33
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
1.1.7	1.1.7	1.1.9	1.1.9	1.1.1	1.1.1	1.1.2	1.1.2	1.1.3	1.1.3	1.1.11
164.46	163.27	163.27	163.27	165.02	165.02	164.7	164.7	164.7	164.7	164.7
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
1.1.10	1.1.10	1.1.6	1.1.6	1.1.1	1.1.1	1.1.1	1.1.1	1.1.3	1.1.3	1.1.11
164.46	164.29	164.29	164.8	164.8	164.47	164.47	163.56	163.56	167.16	167.16
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10	1.1.10

Exemple 3 (neige) : Problématique

- 26 modules / 13 OP
- 17 modules sans neige (9 OP)
- 9 modules couverts de neige (4 OP)
- Pas de production bien que 17 modules soient exempts de neige ☹️



Calcul Situation :

- 750V requis par le système
- $9 \text{ OP} * 80\text{V} = 720\text{V} \rightarrow 30\text{V}$ manquant
- Chaîne OFF !

106,42 W	106,42 W	101,85 W	101,85 W	101,89 W	101,89 W	108,97 W	108,97 W	103,43 W	103,43 W	105,03 W
1.2.3	1.2.3	1.2.9	1.2.9	1.2.15	1.2.15	1.2.2	1.2.2	1.2.7	1.2.7	1.2.11
1 W	1 W	1,49 W	1,49 W	1,26 W	1,26 W	W	W	107,68 W	107,68 W	105,03 W
1.1.7	1.1.7	1.1.9	1.1.9	1.1.4	1.1.4	1.1.2	1.1.2	1.2.4	1.2.4	1.2.11
0 W	1,29 W	1,29 W				W	W		W	W
1.1.10	1.1.6	1.1.6				1.1.1	1.1.1		1.1.3	1.1.3
0 W	1,14 W	1,14 W	1,74 W	1,74 W	W	W	W	W	W	W
1.1.10	1.1.12	1.1.12	1.1.8	1.1.8	1.1.13	1.1.13	1.1.5	1.1.5	1.1.11	1.1.11

Exemple 3 (neige) : Correction

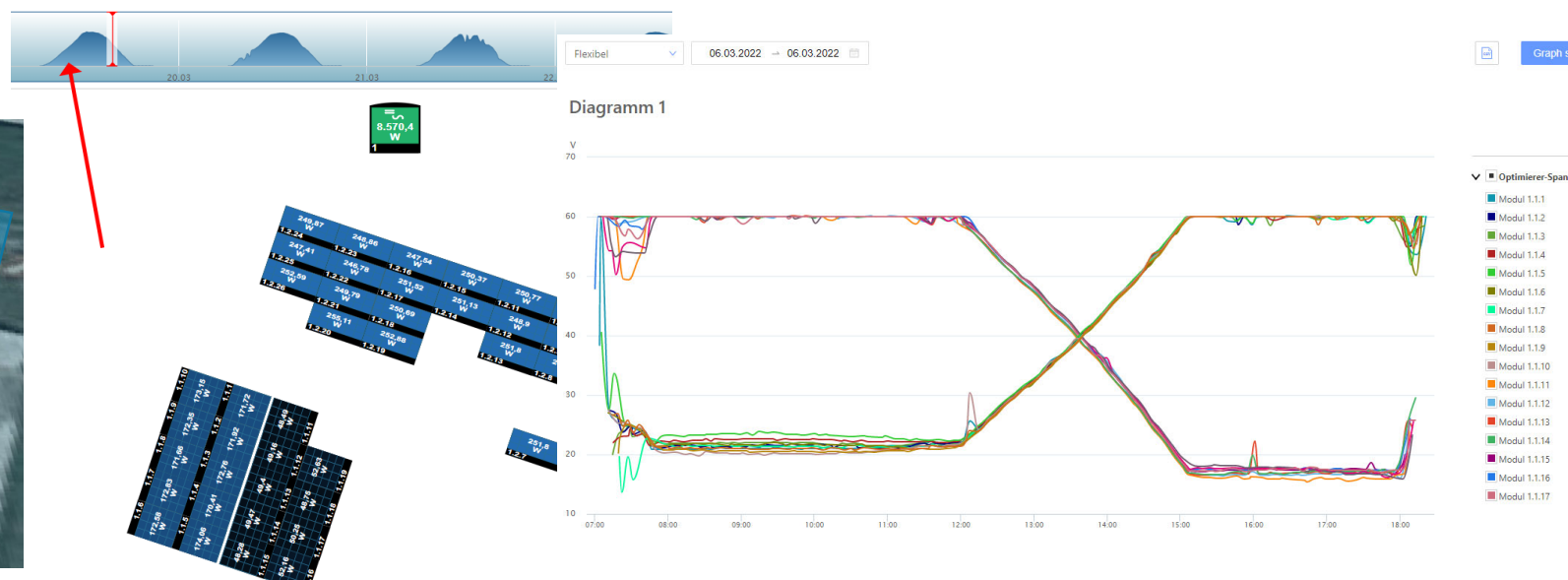
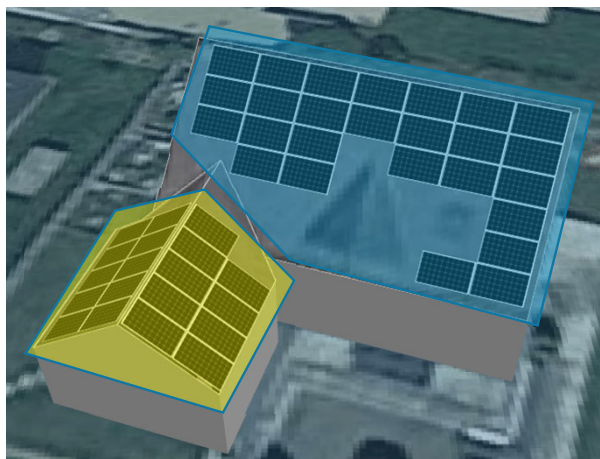
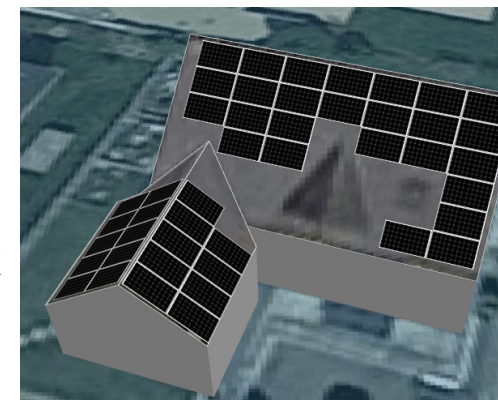
1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.1.6	1.1.7	1.1.8
14,52 W	14,45 W	14,81 W	15,16 W	13,86 W	15,08 W	15,36 W	15 W
1.1.16	1.1.15	1.1.14	1.1.13	1.1.12	1.1.11	1.1.10	1.1.9
15 W	14,76 W	15,48 W	15,62 W	14,59 W	14,86 W	15,41 W	14,77 W

- Nord-Ouest avec optimiseur simple dans 1 string (16 OP)
- Sud-Est avec tous les optimiseurs doubles dans 1 string (20 OP)

200,23 W	200,23 W	198,29 W	198,29 W	197,96 W	197,96 W	204,84 W	204,84 W	204,23 W	204,23 W	197,05 W
1.2.1	1.2.1	1.2.2	1.2.2	1.2.3	1.2.3	1.2.4	1.2.4	1.2.5	1.2.5	1.2.6
200,27 W	200,27 W	197,31 W	197,31 W	200,69 W	200,69 W	200,12 W	200,12 W	203,92 W	203,92 W	197,05 W
1.2.11	1.2.11	1.2.10	1.2.10	1.2.9	1.2.9	1.2.8	1.2.8	1.2.7	1.2.7	1.2.6
199,62 W	198,51 W	198,51 W			203,76 W	203,76 W			200,06 W	200,06 W
1.2.12	1.2.13	1.2.13			1.2.16	1.2.16			1.2.20	1.2.20
199,62 W	201,41 W	201,41 W	201,08 W	201,08 W	200,39 W	200,39 W	200,77 W	200,77 W	200,78 W	200,78 W
1.2.12	1.2.14	1.2.14	1.2.15	1.2.15	1.2.17	1.2.17	1.2.18	1.2.18	1.2.19	1.2.19

Exemple 4 : Détection cachée !

- Surface totale dans 1 seule chaîne → détection non évidente
- Detection visible sur la courbe de production totale avec des lignes droites ou des creux
- Détection du problème de maintien de la tension via les tensions de l'optimiseur
- String JAUNE (19 pièces) : non identifiable via la limitation de production, mais via les tensions de l'optimiseur
- String BLEU: correct



Remarques : en général

- Les outils de conception des fabricants n'offrent que peu ou pas de support pour la thématique du maintien de la tension des optimiseurs.
- Le nombre minimum d'optimiseurs (indiqué par le fabricant) est souvent bien trop faible pour les différentes orientations.
- Les surfaces supplémentaires «peuvent» être affectées. La surface principale ne doit pas être freinée par une surface supplémentaire
- Peak shaving par surdimensionnement PV ok (surabondance). La limitation de la production en raison d'un problème de maintien de la tension se produit pendant les heures creuses et le semestre d'hiver, ce qui est inacceptable.

Remarques: attention

- Optimiseurs Buck-Mode : peuvent réduire massivement la tension des strings
- Chaînes longues SolarEdge : capacité maximale de la chaîne rapidement dépassée (tension du système * I_{OptOut})
- Les optimiseurs doubles dans différentes orientations sont très sensibles à la limitation de la production
 - Nombre minimal par orientation/surface ne peut pas être atteint (maintien de la tension)
 - Capacité maximale de la chaîne dépassée trop rapidement (peak shaving)
- Les onduleurs ont différentes plages de tension MPP (voir FullLoad-MPP-Voltage)
- Une exposition permanente à la limite supérieure de tension peut entraîner un vieillissement plus rapide

MERCI

Helion Energy AG

Lars Huber
Spécialiste PV
lars.huber@helion.ch
Tél. +41 79 922 80 26

Allmendweg 8
CH-4528 Zuchwil
helion.ch

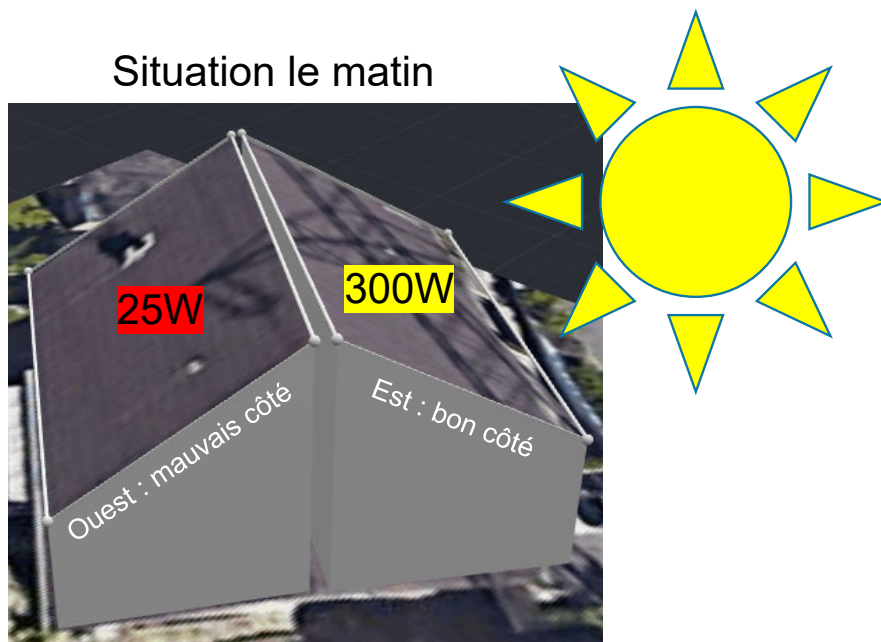


Pour les questions techniques : info@swissolar.ch

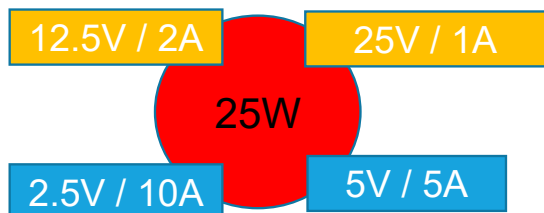
INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Relations dans la chaîne : P - U - I

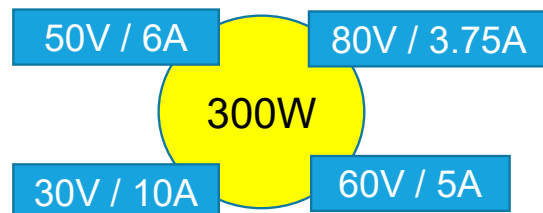
Situation le matin



Possible modes de fonctionnement SolarEdge (OUT)



Possible modes de fonctionnement SolarEdge (OUT)



SANS optimiseur

- Tensions identiques pour tous les modules
- La différence de puissance des modules ajuste le courant possible
- Le courant dans la chaîne doit être le même partout
- Le maillon le plus faible détermine la performance de tous les autres (une diode de dérivation peut améliorer)

AVEC optimiseur (SolarEdge)

- Tension de chaîne toujours 750V (*exception SE30K=850V*)
- **Courant à l'intérieur du string partout égal**
- Différentes puissances de modules sont représentées par différentes tensions (par l'optimiseur)
- "Théoriquement", avec l'optimiseur, il n'y a pas de limitation de courant pour les autres modules, dans la mesure où la tension requise peut être atteinte !!!

Nos propres règles "SolarEdge" : Nombre minimum d'OP dans la chaîne

Type OP	Sortie U / I	Tous les modèles WR (sauf SE30K) Tension fixe 750V					SE30K Tension fixe 850V				
# Alignements dans la chaîne		1	2	3	4	max. P dans la chaîne	1	2	3	4	max. P dans la chaîne
S440	60V / 15A	16*	24 (12) 40 (11)	35 (11) 50 (10) (60%)	44 (11) 45 (10)	11.25	18*	28 (14) 36 (13)	39 (13) 50 (12)	45 (12)	12.75
P505	80V / 15A	14*	18 (9)	27 (9) 35 (8)	32 (8) 45 (7)	11.25	15*	22 (11) 23 (10)	30 (10) 42 (9) (81%)	40 (10) 40 (9) 50 (8) (68%)	12.75
P850 (uniquement avec autorisation)	80V / 18A	14*	18 (9)	27 (9) 35 (8) 27x2x375 =20.2 kWp (67%)	32 (8) 45 (7)	13.50	15*	22 (11) 23 (10) 23x2x375 =17.2 kWp (88%)	30 (10) 42 (9) 30x2x375 =22.5 kWp (68%)	40 (10) 40 (9) 50 (8)	15.30

- Déclaration : 24 (12) Nombre minimal total (nombre minimal par surface)
- * Nombre minimum requis par SolarEdge
- ATTENTION : tenir compte de la capacité de string max. P si beaucoup de modules Dimensionnement possible en fonction des orientations
- Pour les optimiseurs doubles, le nombre de modules est doublé Capacité de la chaîne
- Exemple d'impact trop peu par surface : S440 2F : 24 (12) = 40 (11)

Nos propres règles "Huawei & Tigo" : Nombre minimum d'OP dans la chaîne

Module de référence "Jinko Tiger N-Type 60TR 375V" : $V_{oc} = 41.60V$ / $I_{sc} = 11.53A$ / $V_{mpp} = 34.63V$ / $I_{mpp} = 10.83A$

Tension minimale en raison de l'augmentation de la température : **30V** (~73°C température de la cellule) (alternative 32V : ~52°C température de la cellule)

		Onduleur V_{mpp_min}															
Type OP	Sortie U / I	140V				160V				200V				250V			
# Alignements dans la chaîne		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Huawei SUN2000-450W-P2	$U_{mod} / 15A$	5 ¹	10 (5) 14 (4)	15 (5) 14 (4) 12 (4)	16 (4) 21 (3)	6 ¹	10 (5) 21 (4)	15 (5) 20 (4)	20 (5) 21 (4) 19 (4)	7 ¹	14 (7) 16 (6) 14 (6)	18 (6) 21 (5)	21 (5)	9 ¹	16 (8) 21 (7)	21 (7)	x
Tigo TS4-A-O 700W	$U_{mod} / 15A$																

- Déclaration : 10 (5) Nombre minimal total (nombre minimal par surface)
- ¹ Nombre minimal requis par la tension minimale du MPP et doit être compris comme un minimum absolu sans réserve de tension.
- ² Longstring-Design chez Huawei : **pas encore disponible - à signaler à FS-PV en cas de besoin**