

Formation Energies Renouvelables



Syllabus de formation Installateurs Systèmes Photovoltaïques Installation d'une Puissance $\leq 10\text{kVA}$

Volume 4

Conception d'une installation

Volume 4. Objectifs

- Maîtriser les outils d'un dimensionnement correct
- Réaliser une étude et un devis correct

Performances d'une installation

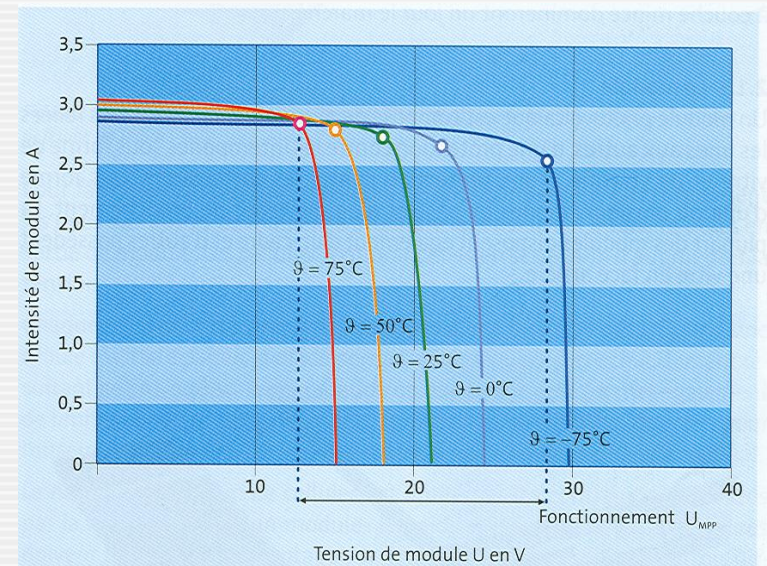
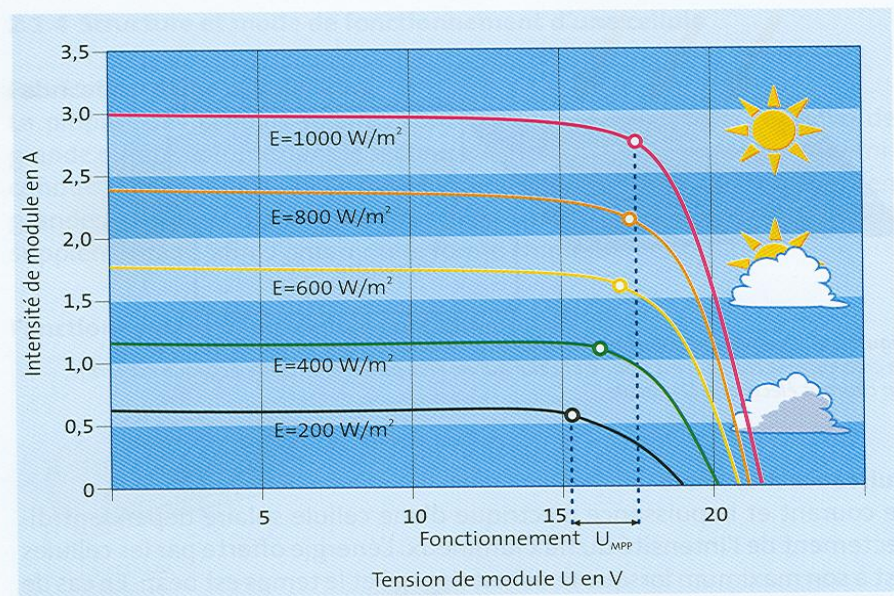
- Rappel des points vu dans le volume 3
- Inclinaison orientation des modules

© www.ef4.be

		inclinaison par rapport à l'horizontale (°)						
		0	15	25	35	50	70	90
orientation	est	88%	87%	85%	83%	77%	65%	50%
	sud-est	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	sud	88%	96%	99%	max 100%	98%	87%	68%
	sud-ouest	88%	93%	95%	95%	92%	81%	64%
	ouest	88%	87%	85%	82%	76%	65%	50%

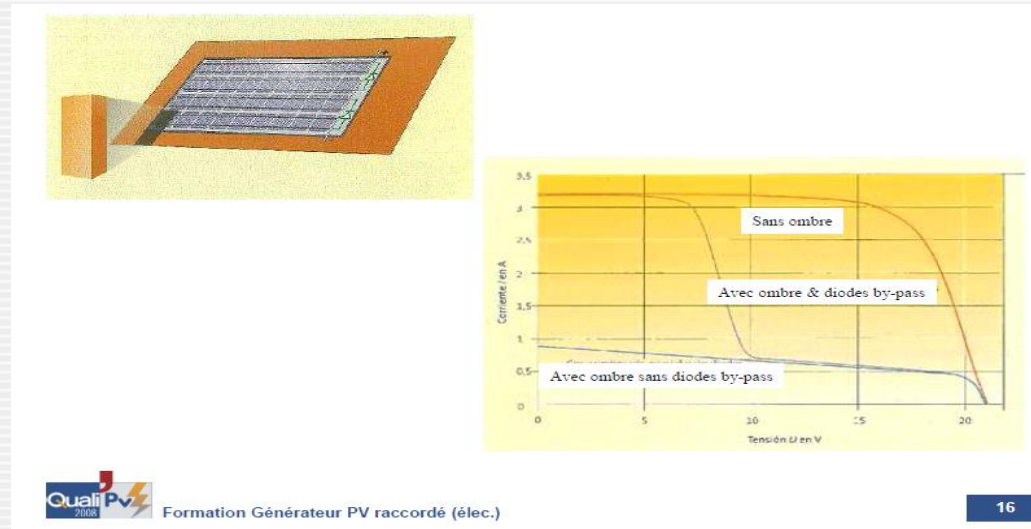
Performances d'une installation

- Rappel des points vu dans le volume 3
- Irradiation et température



Performances d'une installation

- Rappel des points vu dans le volume 3
- Ombrage



1. Matériel nécessaire à l'installation

- Les modules
- L'(es) onduleur(s)
- Les câbles et connecteurs
- L'interrupteur DC
- Les compteurs
- Les parasurtenseurs
- Les protections AC

1.1. Le choix des modules

- Coût / Wc
- Fill Factor
- NOCT (Normal operating cell température)
- Le nombre de diodes de by-pass
- La qualité du verre
- Le coefficient de température de V_{oc}
- Les tolérances sur la puissance

1.1. Le choix des modules

- Rendement d'un module

Type de technologie	η % (nov 2021)
a Si multi	environ 7
CIS	environ 10
Si Poly	environ 18
Si Mono	environ 21
Tandem	environ 21
Sunpower	environ 22

1.1. La durée de vie du module

- Généralement:
 - 10 à 20 ans sur la fabrication
 - Diminution de la production annuelle: 0,5 à 0,8 %
 - Soit 12 ans à raison de 90% de la production
 - 20 ans à raison de 85% de la production
 - 25 à 30 ans à raison de 80% de la production
- } Module mono et polycristallins

1.2. L'onduleur

- Rôles:
- Transformer le DC en AC
- Synchroniser l'alternance de l'onduleur avec celle du réseau
- Chercher le Mpp
- Déconnexion automatique en cas de perte de l'AC
- Choix: dimensionner **en Belgique** à
- La Pac max onduleur \approx 80% de la Pc totale des modules installés



1.2. L'onduleur

- Rendement de l'onduleur:
- entre 92 et 98 % (η européen)



1.2. L'onduleur

Consommation de l'onduleur

	Sunny Boy 3000TL	Sunny Boy 3600TL	Sunny Boy 4000TL	Sunny Boy 5000TL
Entrée (DC)				
Puissance DC max. (quand $\cos \varphi=1$)	3200 W	3880 W	4200 W	5300 W
Tension d'entrée max.	750 V	750 V	750 V	750 V
Plage de tension MPP / Tension d'entrée nominale	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V
Tension d'entrée min. / Tension d'entrée au démarrage	125 V / 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Courant d'entrée max. Entrée A / Entrée B	15 A / 15 A	15 A / 15 A	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Courant d'entrée max. par string Entrée A / Entrée B	15 A / 15 A	15 A / 15 A	15 A / 15 A	15 A / 15 A
Nombre d'entrées MPP indépendantes / Strings par entrée MPP	2 / A : 2; B : 2	2 / A : 2; B : 2	2 / A : 2; B : 2	2 / A:2; B:2
Sortie (AC)				
Puissance nominale (pour 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W
Puissance apparente AC max.	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA****
Tension nominale AC / Plage	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V
Fréquence du réseau AC / Plage	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Fréquence nominale du réseau / Tension nominale du réseau	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V



Rechercher un installateur



Les installateurs partenaires de SMA mettent leur expertise à votre disposition

Trouver >

1.2. L'onduleur

Autoconsommation de l'onduleur de nuit

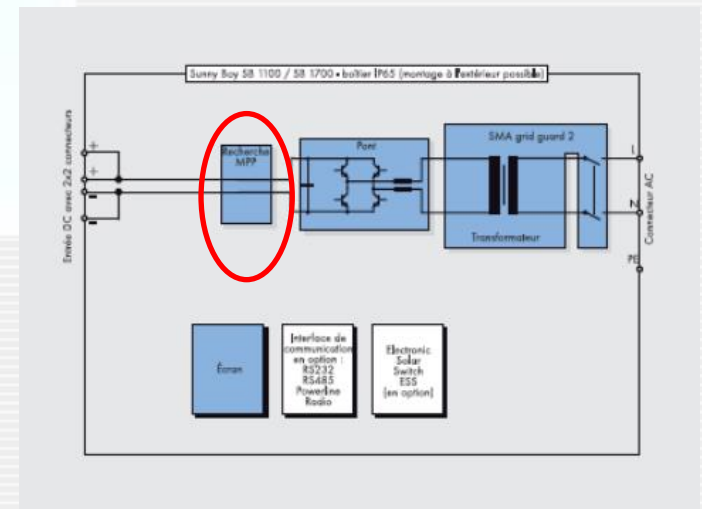
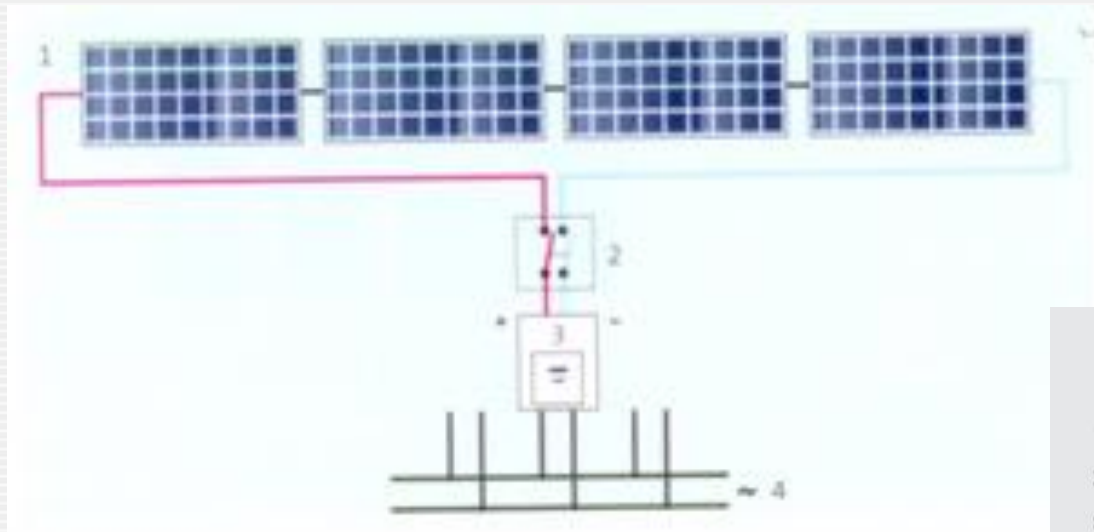
	Sunny Boy 3000TL	Sunny Boy 3600TL	Sunny Boy 4000TL	Sunny Boy 5000TL



Émissions de bruits (typiques)	25 dB(A)	25 dB(A)	25 dB(A)	25 dB(A)
Autoconsommation (nuit)	1 W	1 W	1 W	1 W
Topologie	Sans transformateur	Sans transformateur	Sans transformateur	Sans transformateur

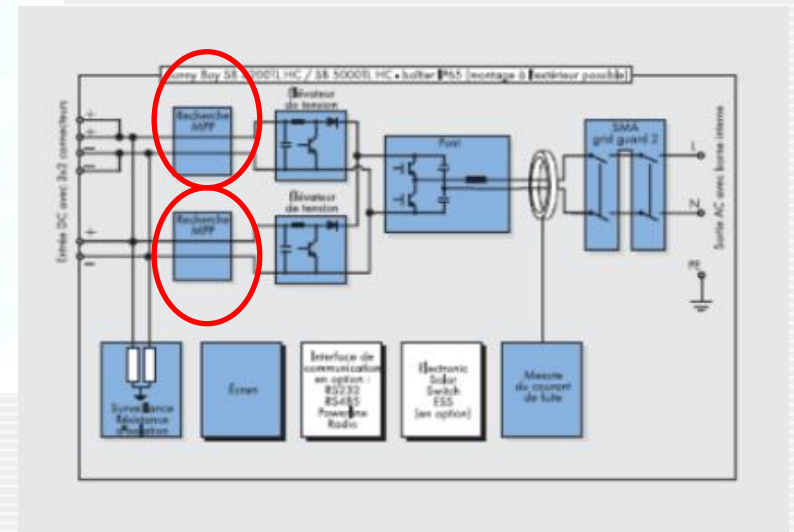
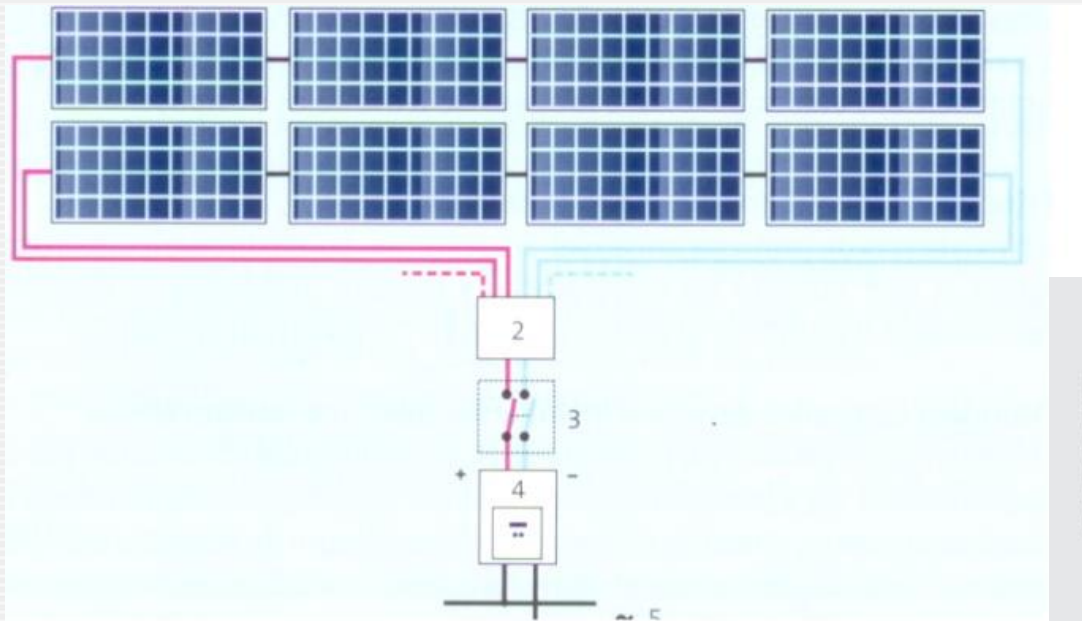
1.2.2.a. Types de raccordement

- Mono string (1 Mpp)



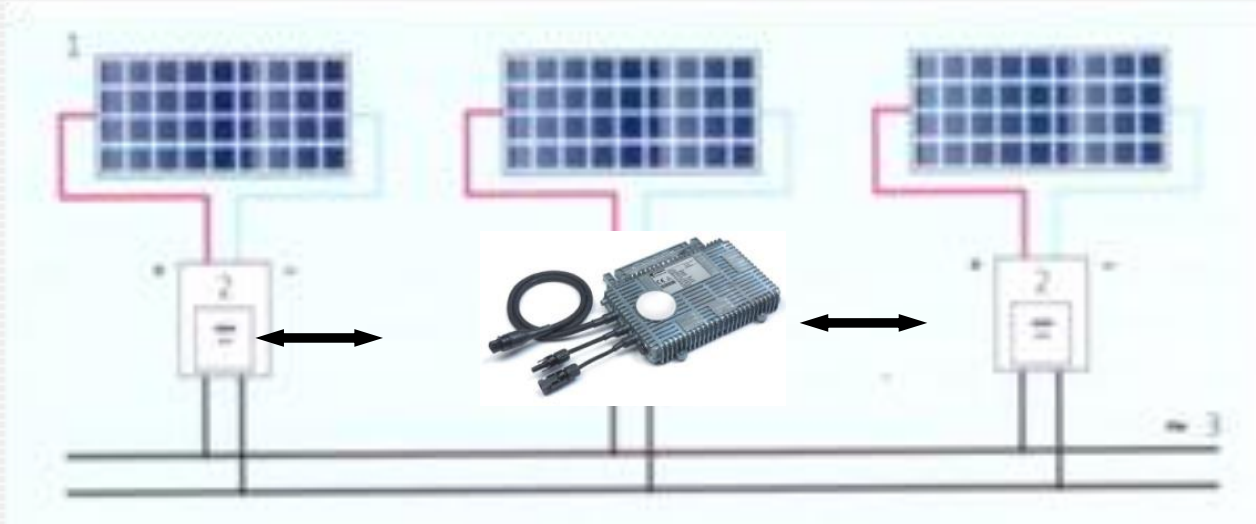
1.2.2.b. Types de raccordement

- Multistring (Plusieurs Mpp)



1.2.2.c. Types de raccordement

- Les micro-onduleurs (souvent 1 Mpp/module)



Conversion DC/AC



1.2.2.d. Types de raccordement

- Les optimiseurs de Mpp



Conversion DC/DC



1.2.2. Types de raccordement

- Onduleurs en batteries



+



e. Le rendement européen de l'onduleur

Le rendement dépend essentiellement

de la puissance et

de la tension d'entrée DC

Courbe de rendement

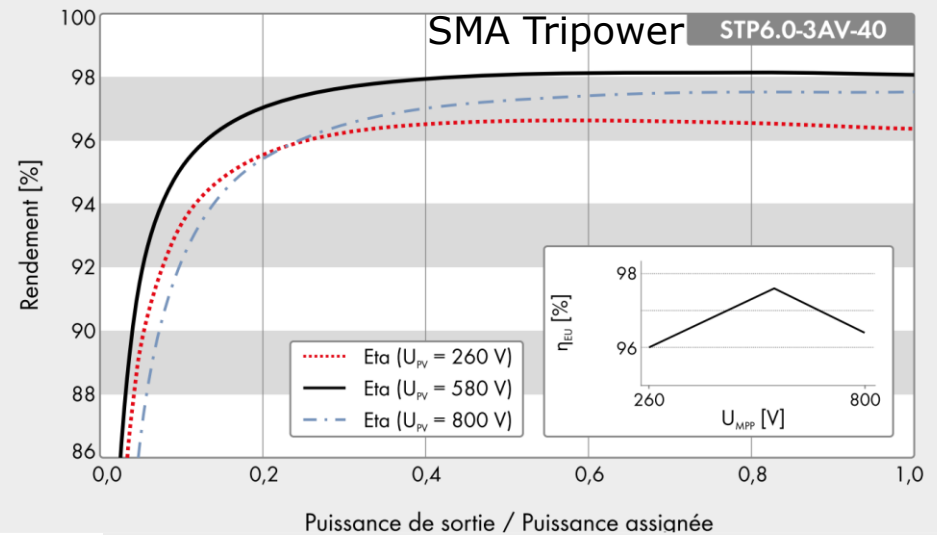
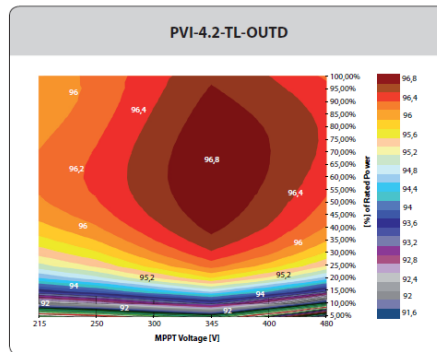
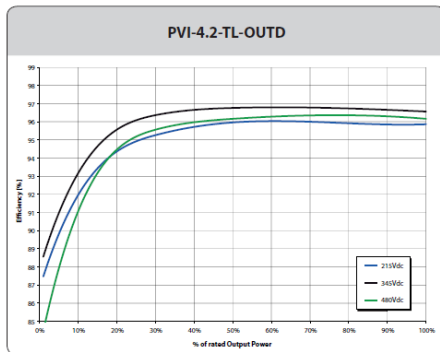
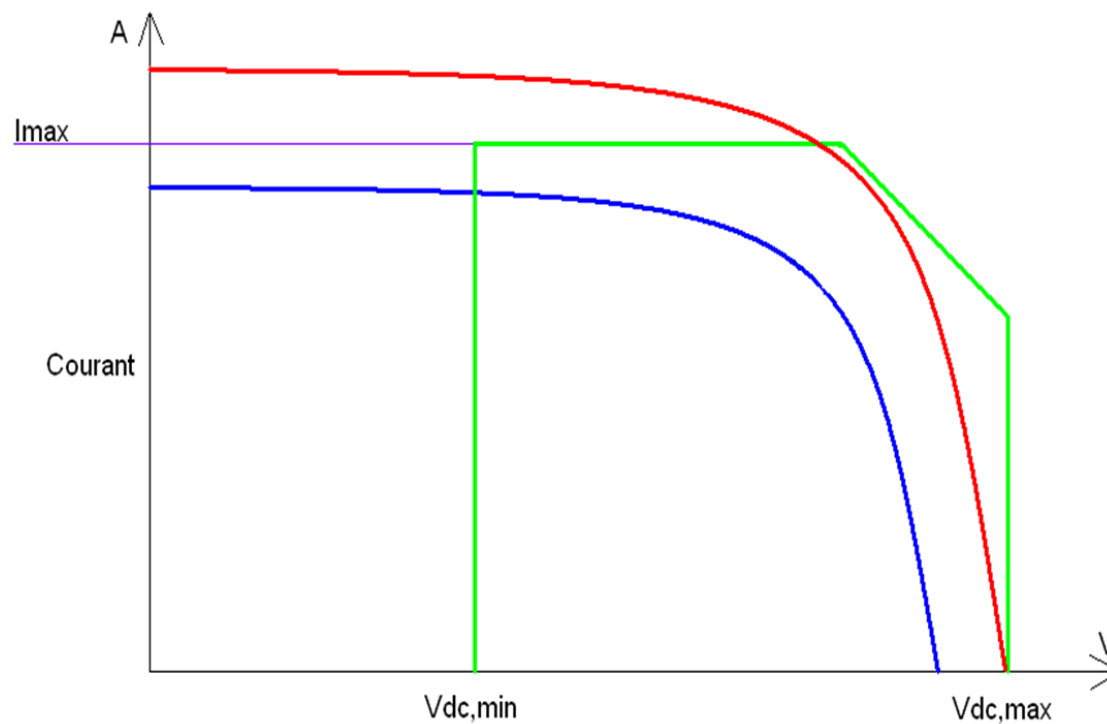


Schéma fonctionnel et courbes d'efficacité

ABB Aurora



f. L'accrochage et le décrochage



1.2.3. Choix de l'onduleur

- Type de réseaux (Synergrid C10/11, C10/26, VDE 0126)
- Type de modules
- Nombre de modules

- U_{OC} à -10° , U_{MPP} à -10° et $+70^{\circ}C$, I_{MPP}

- Puissance des modules

Pour des modules exposés orientation Sud, inclinaison 35° on essaie de respecter la

règle: $P_{\max AC \text{ en VA}} = 80\% \text{ de } P_{DC \text{ installés en Wc}}$

- L'endroit où il est placé

1.3. Les connecteurs et câbles

MC3



MC4



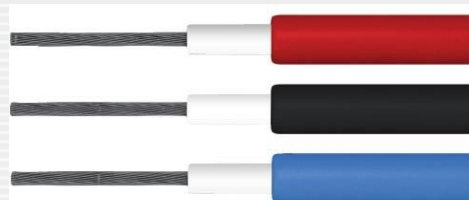
Tyco



Phoenix



Câble



1.3. Les câbles



LV POWER CABLES DATA SHEET Ed. 07/2018-05-16

Kabelwerk **EUPEN** AG
cable

EUCASOLAR PV1-F E_{ca}

selon / volgens
2PFG 1169/08.07
RoHS
EN 50575 CE



Construction

- Conducteur : cuivre étamé, souple selon IEC/EN 60228 classe 5
- Isolation : mélange polyoléfine réticulé exempt d'halogènes
Couleurs du fil : voir schéma de couleurs
- Gaine extérieure : mélange spécial réticulé exempt d'halogènes, non propagateur de la flamme
Couleurs de la gaine : voir schéma de couleurs

Schéma de couleurs



* Versions standard
** sur demande

Applications

Câble d'énergie flexible, résistant aux intempéries.
Notre produit haut de gamme, développé spécifiquement pour l'environnement exigeant des installations photovoltaïques. Le câble optimal pour relier les modules photovoltaïques entre eux, ainsi qu'à l'onduleur. Indiqué aussi bien pour les installations en toiture qu'au sol. Pose à l'extérieur, à l'intérieur de bâtiments ou dans des conduits. La pose directe (non protégée) dans le sol n'est pas indiquée. La double isolation permet l'utilisation dans des installations de sécurité classe II.

Caractéristiques techniques

- Température ambiante : -40 °C à +90 °C
- Température max. au conducteur : 120 °C (20000h) selon IEC/EN 60216-1
- Tension assignée U₀/U : AC 0,6/1 kV
- Tension assignée U₀/U : DC 0,9/1,5 kV
- Tension max. U₀ - DC 1,8 kV (conducteur/conducteur, système non relié à la terre, circuit non chargé)
- Tension d'essai : AC 6,5 kV selon EN 50395
- Rayon de courbure min. : 4 x Ø
- Durée de vie > 25 ans selon IEC/EN 60216-1

Toutes les informations fournies sont données à titre indicatif et ne sont pas contractuelles et peuvent être sujettes à des modifications sans préavis.

ISO Certified Company KABELWERK EUPEN AG - Malmeyer StraÙe 9 - 4700 EUPEN - BELGIUM Tel. : +32(0)87.59.70.00 - Fax : +32(0)87.59.70.00 - http://www.eupen.com

Opbouw

- Geleider : vertind koper, soepel volgens IEC/EN 60228 Klasse 5
- Isolatie : mengsel polyolefin-mengsel Aderkleuren : zie kleurenschema
- Buitersmantel : halogeenvrij, vernet special-mengsel, vlamvertragend
Mantelkleuren : zie kleurenschema

Kleurvarianten



* Standaard uitvoeringen
** op aanvraag

Toepassingen

Weerbestendige flexibele voedingskabel.
Ons premium-product, speciaal ontworpen voor toepassing in de veeleisende omgeving van fotovoltaïsche installaties. De optimale verbinding tussen de zonnepanelen en tussen zonnepanelen en omvormer. Geschikt voor dak- en land systemen. Voor installatie in open lucht, in gebouwen en in buizen. Niet geschikt voor rechtstreekse plaatsing in de grond. Dubbel geïsoleerd en dus geschikt voor gebruik in installaties met beschermingsklasse II.

Technische gegevens

- Omgevingstemperatuur : -40 °C tot +90 °C
- Max. bedrijfstemperatuur aan de geleider : 120 °C (20000h) volgens IEC/EN 60216-1
- Nominale spanning U₀/U : AC 0,6/1 kV
- Nominale spanning U₀/U : DC 0,9/1,5 kV
- Maximale spanning U₀ - DC 1,8 kV (geleider/geleider, niet geaard systeem, kring niet onder spanning)
- Test spanning : AC 6,5 kV volgens EN 50395
- Min. buigstraal : 4 x Ø
- Levensverwachting > 25 jaar volgens IEC/EN 60216-1

Alle gegevens zijn slechts ter indicatie en niet bindend en kunnen worden gewijzigd zonder voorafgaande kennisgeving.



LV POWER CABLES DATA SHEET Ed. 07/2018-05-16

Kabelwerk **EUPEN** AG
cable

EUCASOLAR PV1-F E_{ca}

Propriétés particulières

- Excellente résistance aux UV selon HD 605/A1
- Excellente résistance à l'ozone et aux intempéries selon EN 50396
- Excellente résistance aux acides et bases selon IEC/EN 60811-2-1
- Excellente résistance aux basses températures selon IEC/EN 60811-1-4
- Excellente résistance aux microbes
- Excellente résistance à l'ammoniaque
- Excellente résistance à l'huile et aux graisses
- Résistant à l'hydrolyse
- Faible absorption d'eau
- Excellente résistance à l'abrasion et à l'usure
- Facile à dénuder
- Comportement de tirage aisé
- Conducteur étamé prévenant la corrosion à la brette de raccordement et au point de branchement

Propriétés en cas d'incendie

- Faible opacité des fumées selon IEC/EN 61034
- Non propagateur de la flamme selon EN 60332-1-2 E_{ca} IEC 60332-1-2
- Exempt d'halogènes selon EN 50267-2-1, IEC/EN 60684-2
- Faible corrosivité des gaz de combustion selon EN 50267-2-2
- Faible toxicité des gaz de combustion selon NF X70-100-1+2

Bijzondere Eigenschappen

- Uitstekend UV-bestendig volgens HD 605/A1
- Uitstekend weer- en ozonbestendig volgens EN 50396
- Uitstekend zuur- en alkali-bestendig volgens IEC/EN 60811-2-1
- Uitstekend koudbestendig volgens IEC/EN 60811-1-4
- Uitstekend mikrobestendig
- Uitstekend ammoniakbestendig
- Uitstekend bestendig tegen olie en vetten
- Hydrolysebestendig
- Geringe wateropname
- Hoge abrasie- en slijtagevastheid
- Eenvoudig stripbaar
- Gemakkelijk in te trekken
- Vertinde geleider, voorkomt corrosieproblemen aan de aansluiting- en verbinding contacten

Eigenschappen in geval van brand

- Lage rookontwikkeling volgens IEC/EN 61034
- Vlamvertragend volgens EN 60332-1-2 E_{ca} IEC 60332-1-2
- Halogeenvrij volgens EN 50267-2-1, IEC/EN 60684-2
- Lage corrosiviteit van brandgassen volgens EN 50267-2-2
- Lage toxiciteit van brandgassen volgens NF X70-100-1+2

Section Doornede	Diamètre extérieur Buitendiameter	Poids Gewicht	Résistance du conducteur à 20°C Geleiderweerstand bij 20°C
mm²	mm	kg/km	Ω/km
4	5,1	53	5,09
6	5,8	75	3,39
10	7,5	130	1,95
16	8,5	185	1,24
25	9,8	268	0,795
35	10,9	363	0,565

Courant admissible

Toegelaten stroomsterkte

Section Doornede	Courant admissible suivant type de pose Stroomsterkte volgens de manier van installatie		
	1 câble à l'air libre 1 kabel vrij in lucht	1 câble sur une surface 1 kabel aan een muur	2 câbles adjacents sur une surface 2 kabels rakend aan een muur
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176

Facteurs de correction en cas de variations de température

Korrektiefactoren voor verschillende omgevingstemperaturen

Température ambiante Omgevingstemperatuur	Facteur de correction Korrektiefactor
jusqu'à 60 °C / tot 60 °C	1,00
70 °C	0,91
80 °C	0,82
90 °C	0,71
100 °C	0,58
110 °C	0,41

Facteurs réduiteurs en cas d'accumulation
Zie IEC 60364-5-52 Tableau A.52-17

Korrektiefactoren bij accumulatie
Zie IEC 60364-5-52 Tabel A.52-17

ISO Certified Company KABELWERK EUPEN AG - Malmeyer StraÙe 9 - 4700 EUPEN - BELGIUM Tel. : +32(0)87.59.70.00 - Fax : +32(0)87.59.70.00 - http://www.eupen.com

1.4. Interrupteur DC

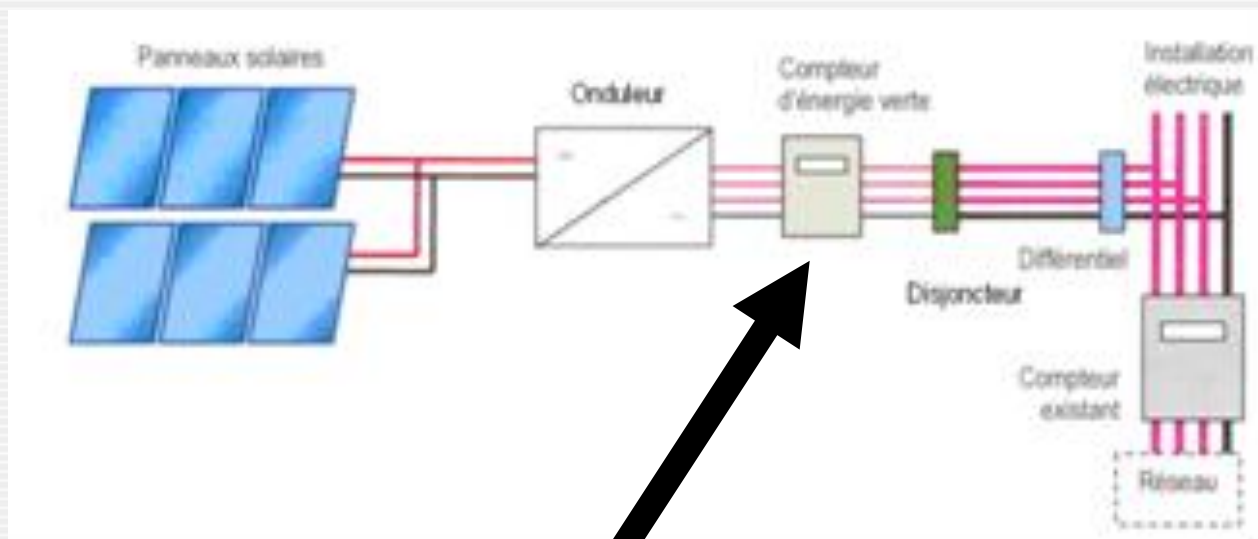


Extérieur



Intégré dans l'onduleur

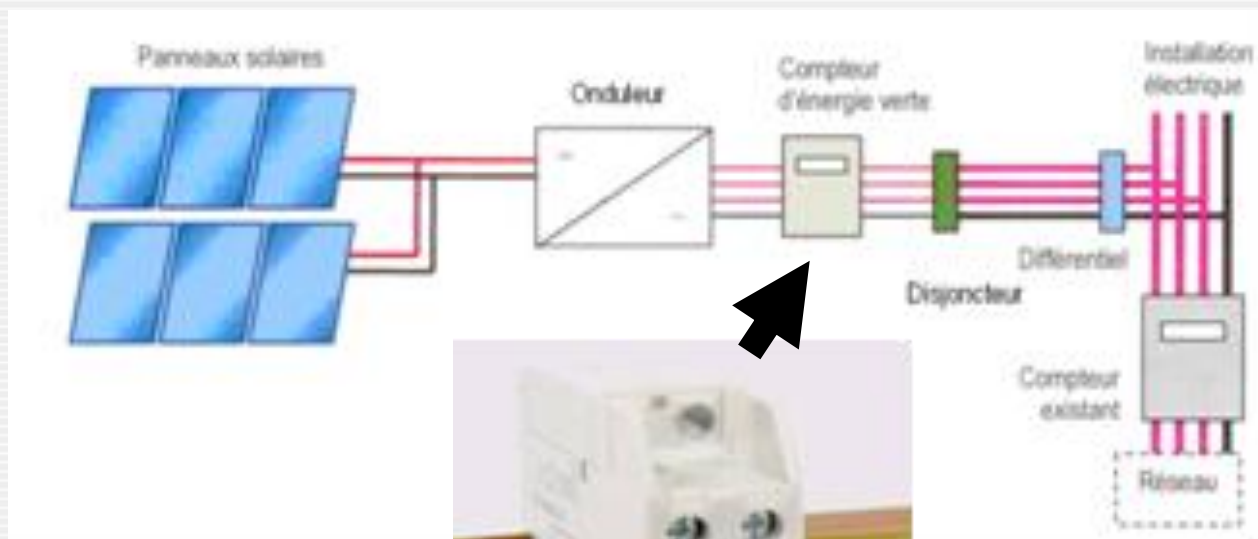
1.5. Le compteur GRD et le compteur d'énergie verte



Compteur
énergie verte
(optionnel)

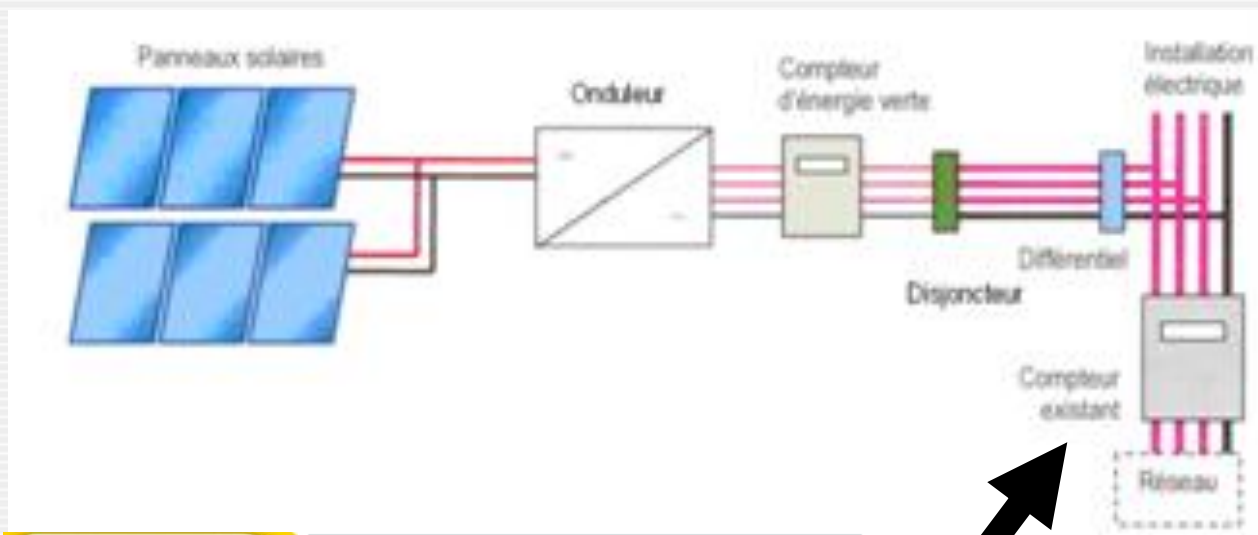
Compteur réseau
existant

1.5.1. Le compteur d'énergie verte (optionnel)



Classe 2 ou B
MID

1.5.2. Le compteur réseau ou GRD



CODE	INFORMATION AFFICHÉE	DESCRIPTION	EXEMPLE D'ÉCRAN
CONSUMMATION			
1.8.1	Prélèvement d'énergie aux heures pleines	Total des kilowattheures (kWh) d'énergie consommée aux heures pleines	
1.8.2	Prélèvement d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie consommée aux heures creuses	
PRODUCTION			
2.8.1	Injection d'énergie aux heures pleines	Total des kWh d'énergie injectée aux heures pleines	
2.8.2	Injection d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie injectée aux heures creuses	



Bidirectionnel

1.5.2. Le compteur réseau ou GRD

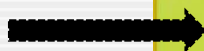
Comment activer/ désactiver le port client de mon compteur communicant

Si vous disposez d'un compteur communicant, vous pouvez demander l'activation/ la désactivation des ports clients en téléphonant au [078/15.78.01](tel:078157801) soit :

- gratuitement, le jour de l'installation de votre nouveau compteur communicant (pour rappel, vos ports clients sont désactivés par défaut)
- à tout moment, après l'installation de votre compteur. Le prix de l'activation/ de la désactivation est de 25 € HTVA (tarif 2021, CWaPE).

L'utilisation des ports client ne peut se faire que via un câble RJ12. Dès que votre port client est activé, nous vous invitons à contacter votre prestataire de service afin de continuer l'installation de la solution technique de votre choix.

port utilisateur



CODE	INFORMATION AFFICHÉE	DESCRIPTION	EXEMPLE D'ÉCRAN
CONSOMMATION			
1.8.1	Prélèvement d'énergie aux heures pleines	Total des kilowattheures (kWh) d'énergie consommée aux heures pleines	
1.8.2	Prélèvement d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie consommée aux heures creuses	
PRODUCTION			
2.8.1	Injection d'énergie aux heures pleines	Total des kWh d'énergie injectée aux heures pleines	
2.8.2	Injection d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie injectée aux heures creuses	

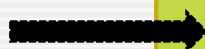
1.5.2. Le compteur réseau ou GRD

Le compteur intelligent dispose de 2 ports physiques pour la lecture de données :

le port P1 (qui fournit la consommation d'électricité chaque seconde et de gaz toutes les 5 minutes) et

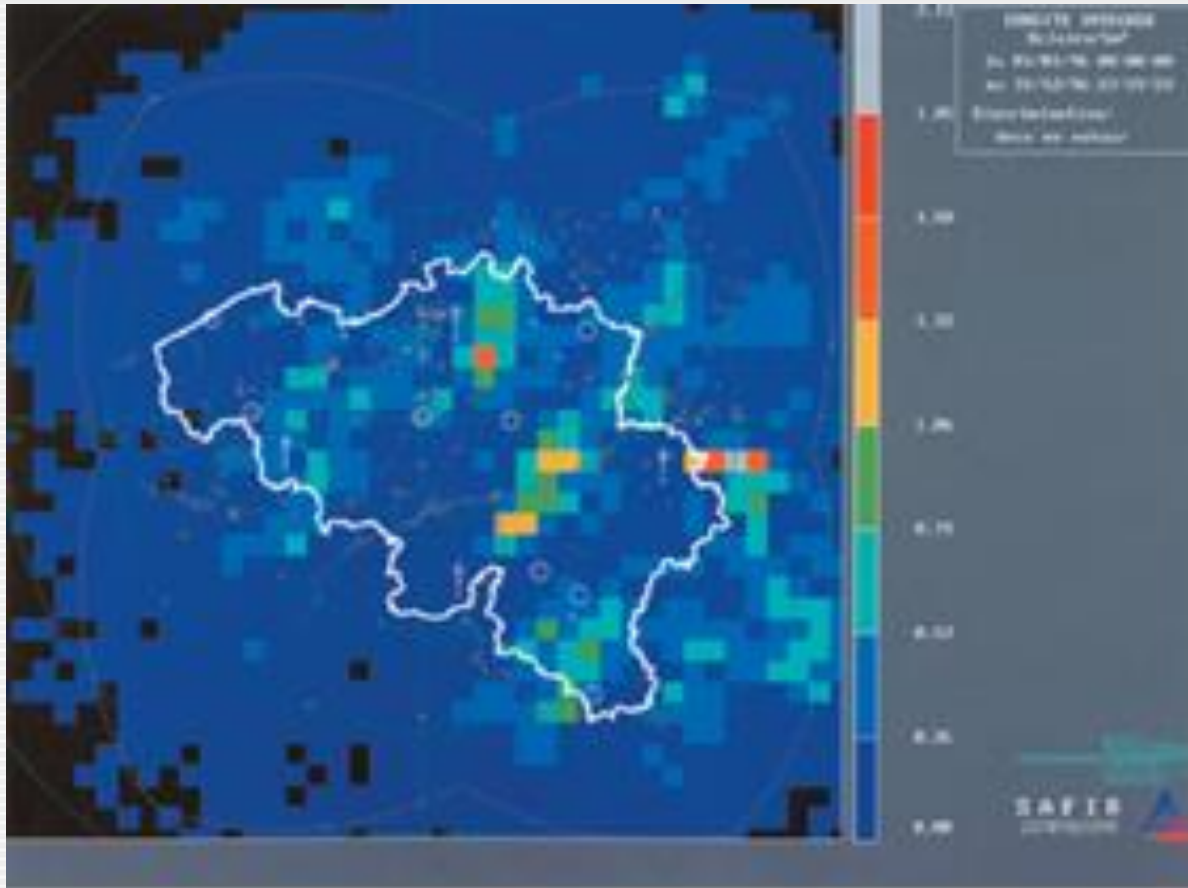
le port S1 (qui fournit les données à haute fréquence). L'interface physique suit les normes néerlandaises, à savoir DSMR 5.0.2 P15. L'implémentation physique et du protocole des ports client respecte les spécifications décrites aux chapitres 5 et 6 du document.

port utilisateur

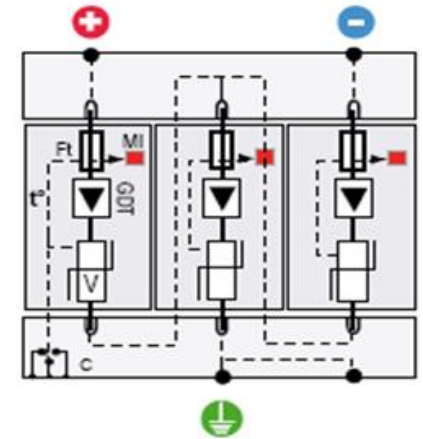


CODE	INFORMATION AFFICHÉE	DESCRIPTION	EXEMPLE D'ÉCRAN
CONSOMMATION			
1.8.1	Prélèvement d'énergie aux heures pleines	Total des kilowattheures (kWh) d'énergie consommée aux heures pleines	
1.8.2	Prélèvement d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie consommée aux heures creuses	
PRODUCTION			
2.8.1	Injection d'énergie aux heures pleines	Total des kWh d'énergie injectée aux heures pleines	
2.8.2	Injection d'énergie aux heures creuses	Total des kWh d'énergie injectée aux heures creuses	

1.6. Les parasurtenseurs



Parasurtenseur DC



Cartographie du nombre d'impacts de foudre

1.7. Le disjoncteur et interrupteur différentiel



Disjoncteur



Interrupteur différentiel
300 mA type A
DPCDR



Dispositif de protection contre les courants résiduels DPCDR

1.8. Les batteries de stockage



RESU

Change Your Energy, Charge Your Life

48V



Models	RESU3.3	RESU6.5	RESU10
Total Energy [kWh]	3.3	6.5	9.8
Usable Energy [kWh]	2.9	5.9	8.8
Capacity [Ah]	6.3	126	189
Nominal Voltage [V]	51.8	51.8	51.8
Voltage Range [V]	42.0-58.8	42.0-58.8	42.0-58.8
Max Power [kW]	3.0	4.2	5.0
Peak Power [kW] (for 2 sec.)	3.3	4.6	7.0
Dimension [W x H x D, mm]	452 x 401 x 120	452 x 654 x 120	452 x 483 x 227
Weight [kg]	31	52	75
Enclosure Protection Rating	IP55		
Communication	CAN 2.0B		
Certificates	Cell	UL1942	
	Product	CE / IECM / TUV(IEC 62619) / UL1973	

Compatible Inverter Brands: SMA, SolarEdge, Sungrow, Schneider, Ingeteam, GoodWe, Redback, Victron Energy (As of Q3 2016, More brands to be added)

RESU PLUS



RESU Plus is an expansion kit specially designed for 48V models of new RESU series. With RESU Plus, all 48V models can be cross-connected with each other.

- Dimension: 385 x 240 x 65 (W x H x D, mm)
- Number of Expandable Battery Units: Up to 25A
- IP55

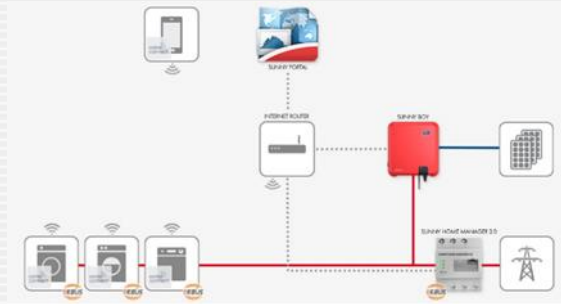
400V



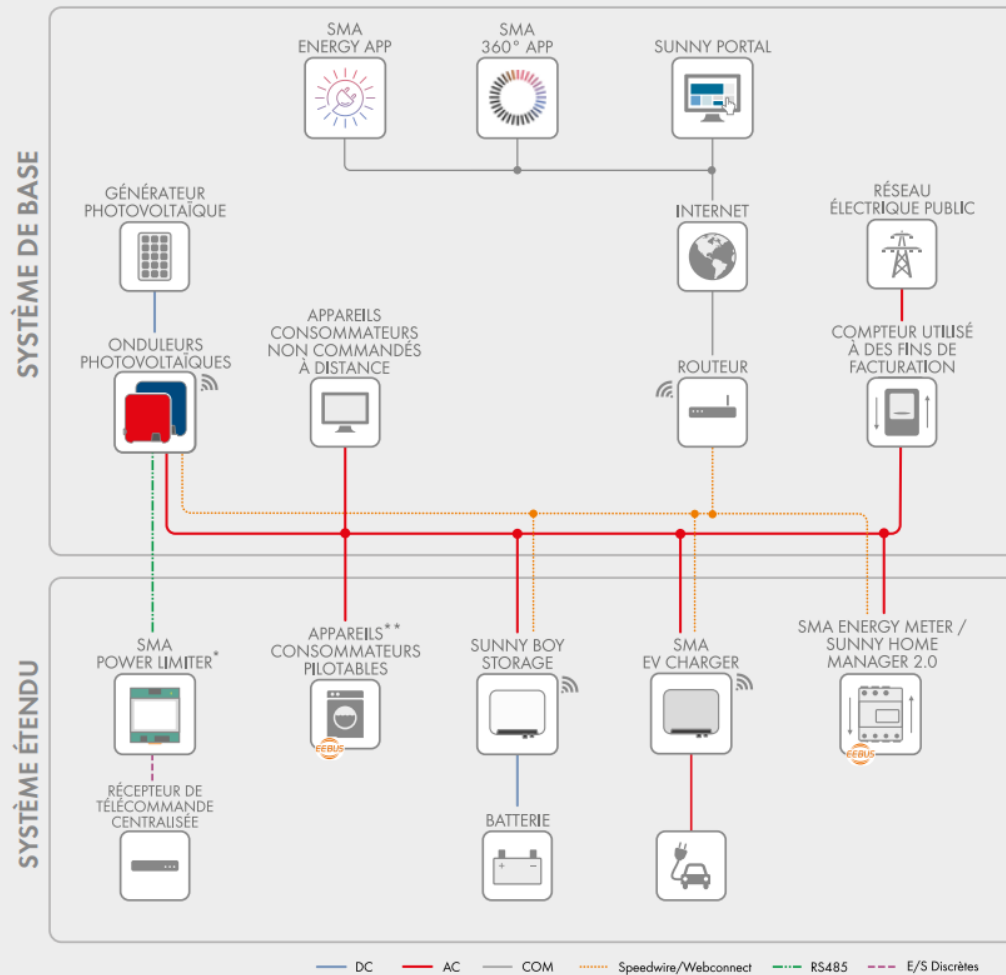
Models	RESU7H	RESU10H
Total Energy [kWh]	7.0	9.8
Usable Energy [kWh]	6.6	9.3
Capacity [Ah]	6.3	6.3
Voltage Range [V]	350-450	350-450 / 385-550
Max Power [kW]	3.5	5.0
Peak Power [kW] (for 10 sec.)	5.0	7.0
Dimension [W x H x D, mm]	744 x 692 x 206	744 x 907 x 206
Weight [kg]	76	97 / 99.8
Enclosure Protection Rating	IP55	
Communication	RS-485	RS-485 / CAN 2.0B
Certificates	Cell	UL 1942
	Product	TUV (IEC 62619) / CE / TUV (IEC 62619) / UL1973 / CE

Compatible Inverter Brands: SMA, SolarEdge (As of Q3 2016, More brands to be added)

1.9. La gestion intelligente des consommateurs

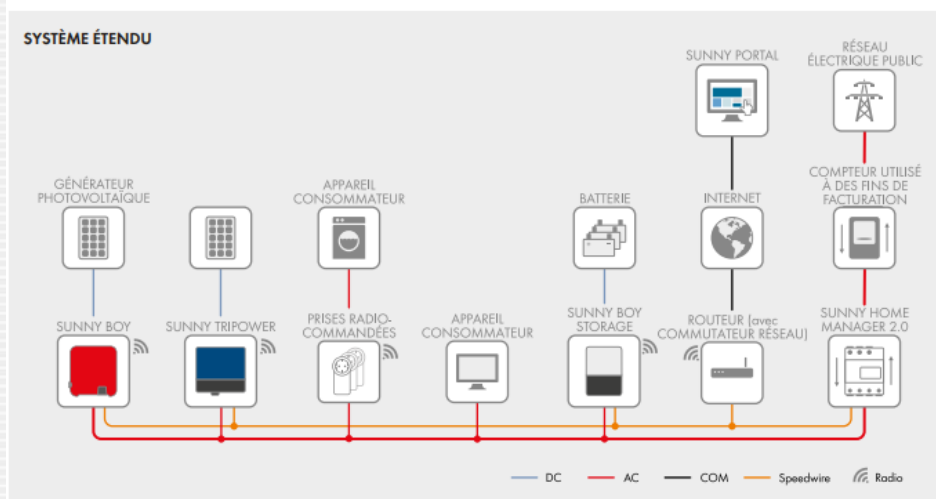
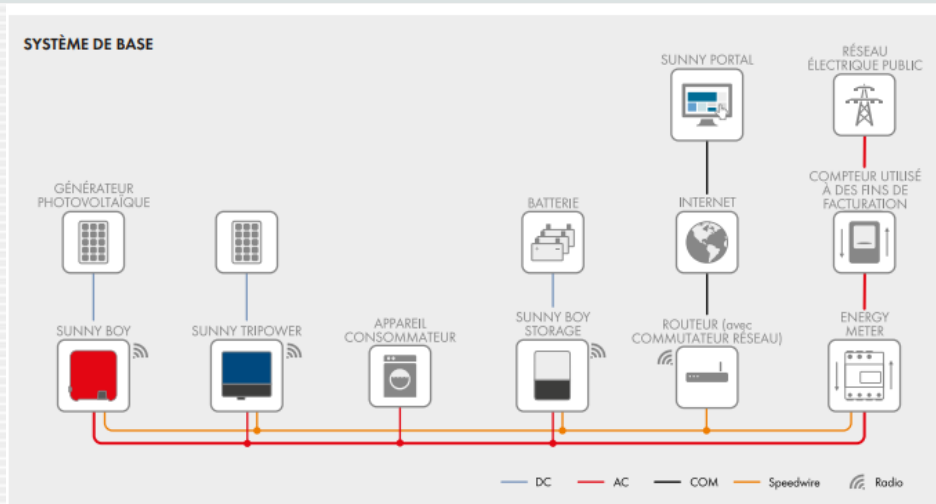


1.9. La gestion intelligente des consommateurs

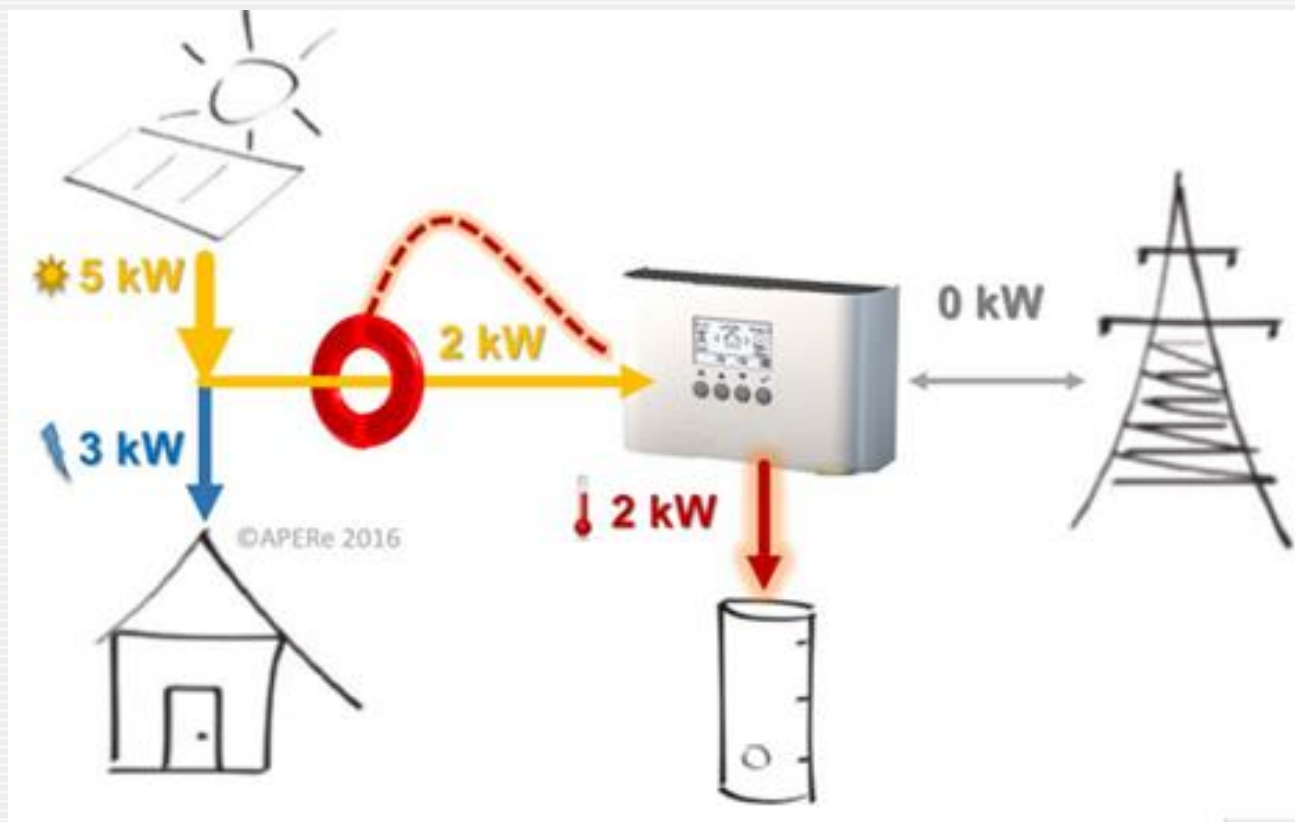


* n'est pas compatible avec les systèmes avec Sunny Home Manager and SMA Energy Meter
 ** Via prise radiocommandée SMA ou communication standardisée des données

1.9. La gestion intelligente des consommateurs



1.9. La gestion intelligente des consommateurs



Consommation eau chaude sanitaire entre 2 000 et 3 000 kWh/an

1.9. La gestion intelligente des consommateurs



- 9 panneaux de 400Wc
- 9 micro-onduleurs IQ7A
- 2 batteries Encharge 3T
- 1 Envoy manager s-Metered
- 2 pinces de mesure de production-consommation
- 1 kit de communication afin de connecter les batteries à Envoy
- 2 Q-relais (un pour couper les micro-onduleurs et l'autre les batterie

1.10. Rendement global

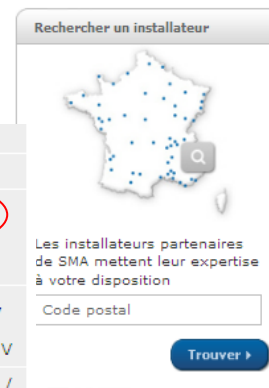
- Modules
- Onduleur
- Compteur d'énergie verte (consommation propre)
- Câble coté DC (pertes en ligne)
- Câble coté AC (pertes en ligne)
- Connecteurs (pertes en ligne)
- Pertes dans les auxiliaires (compteurs énergie verte, disjoncteur, ...)

1.10.1. Rendement de l'onduleur

- Consommations propres
- Puissance d'entrée DC \longleftrightarrow Puissance de sortie AC
- η entre 92 et 98%

1.10.1. Rendement de l'onduleur

	Sunny Boy 3000TL	Sunny Boy 3600TL	Sunny Boy 4000TL	Sunny Boy 5000TL
Entrée (DC)				
Puissance DC max. (quand $\cos \varphi=1$)	3200 W	3880 W	4200 W	5300 W
Tension d'entrée max.	750 V	750 V	750 V	750 V
Plage de tension MPP / Tension d'entrée nominale	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V	175 V - 500 V / 400 V
Tension d'entrée min. / Tension d'entrée au démarrage	125 V / 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Sortie (AC)				
Puissance nominale (pour 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W
Puissance apparente AC max.	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA***
Tension nominale AC / Plage	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V
Fréquence du réseau AC / Plage	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Puissance apparente AC max.	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA***
Tension nominale AC / Plage	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V	220 V, 230 V, 240 V / 180 V - 280 V
Phases d'injection / Phases de raccordement	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Rendement				
Rendement max. / Rendement européen	97 % / 96 %	97 % / 96,3 %	97 % / 96,4 %	97 % / 96,5 %
Émissions de bruits (typiques)	25 dB(A)	25 dB(A)	25 dB(A)	25 dB(A)
Autoconsommation (nuit)	1 W	1 W	1 W	1 W



1.10.2. Pertes côté DC

$$P_{DC} = R_t \times I_{MPP}^2$$

$$R_t = \rho \times \frac{L}{S}$$

P_{DC} pertes en Watt

R_t résistance en Ω

I intensité DC (I_{MPP})

ρ en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ou en Ωm

(Cu=0,016 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L en m

S en mm^2

Remarques: tenir compte de la longueur et de la section des câbles montés sur les modules

1.10.2. Pertes côté DC

La R_L résistance linéique en Ω du câble peut être donnée directement par le fabricant en Ω/km

Section mm ²	Diamètre extérieur mm	Poids kg/km	Résistance du conducteur à 20 °C Ω/km
4	5,6	62	5,09
6	6,2	84	3,39
10	7,3	130	1,95
16	8,4	191	1,24

$$R_t = R_L \times L_t$$

(R_t en Ω)

$$P_{DC} = R_t \times I^2$$

1.10.3.a. Pertes côté AC

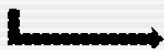
En monophasé:

$$P = 2 \times R_L \times I^2$$

En triphasé

$$P = 3 \times R_L \times I^2$$

$$R_L = \rho \times \frac{L}{S}$$



$$S = \rho \times \frac{L}{R_L}$$



P_{AC} pertes en Watt

R_L résistance d'un seul conducteur en Ω

I intensité de **ligne** maximum AC

ρ en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ou en Ωm

(Cu=0,016 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L distance onduleur-point de réinjection

(L = longueur d'un seul conducteur)

S en mm^2

1.10.3.b. Chute de tension côté AC

$$u = Z_t \times I_{AC}$$

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

$$X_t = L - \frac{1}{C\omega}$$

$$\omega = 2\pi f$$

U: chute de tension en volt

Z_t : impédance en Ω

I: intensité de ligne maximum AC

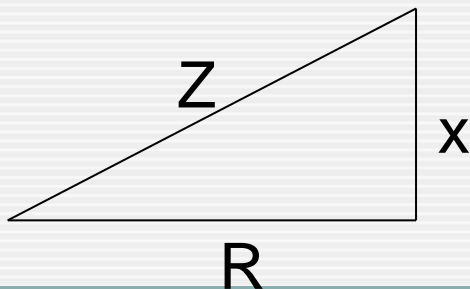
R: Résistance en Ω

X_t : réactance² en Ω

\mathcal{L} : valeur selfique en Henry

C: valeur capacitive en Farad

f : fréquence du réseau en Hz



1.10.3.b. chute de tension côté AC

- Remarque:
- Pour les sections $< 50 \text{ mm}^2$, X_t est négligeable
- $u = 2 \times R_L \times I_{AC}$ en monophasé
- $u = \sqrt{3} \times R_L \times I_{AC}$ de ligne en triphasé
- $R_L = \rho \times \frac{L}{S}$ avec L étant la distance entre l'onduleur et le point de réinjection

(L= longueur d'un seul conducteur)

1.11. Consommation du compteur d'énergie verte



Série 7E - Compteurs d'énergie

Caractéristiques

- Compteurs d'énergie (kWh)
 Monophasés avec écran à affichage mécanique
 Type 7E.12 10(25)A - largeur 2 modules
 Type 7E.13 5(32)A - largeur 1 module
 Type 7E.16 10(65)A - largeur 2 modules
- Conformes aux normes EN 62053-21 et prEN 50470
 - Homologation PTB (Physikalisch-Technischen Bundesanstalt)
 - Précision Classe 1 / B
 - Catégorie de protection II
 - Sortie émettrice d'impulsions (sortie transistor collecteur ouvert) pour le contrôle à distance de l'énergie selon DIN 43864; utilisée pour la liaison du compteur à un système de gestion centralisé
 - Accessoires: caches-bornes plombables anti-falsification
 - Dimensions réduites
 - Montage sur rail 35 mm (EN 60715)
 - Version avec directive MID sur demande (seulement 50 Hz)

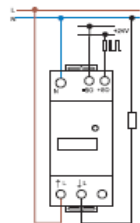
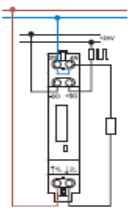
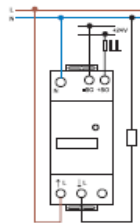
7E.12.8.230.0002 7E.13.8.230.00x0 7E.16.8.230.00x0



- Courant nominal 10 A (25 A Maximum)
- Monophasé 230 V AC
- Largeur 35 mm

- Courant nominal 5 A (32 A Maximum)
- Monophasé 230 V AC
- Largeur 17,5 mm

- Courant nominal 10 A (65 A Maximum)
- Monophasé 230 V AC
- Largeur 35 mm



Pour le schéma d'encadrement voir page 8

Caractéristiques

Courant nominal/Courant Maximum mesuré	A	10/25	5/32	10/65
Courant minimal mesuré	A	0.04	0.02	0.04
Plage de mesure (dans la classe de précision)	A	0.5...25	0.25...32	0.5...65
Courant maximum instantané	A	750 (10 ms)	960 (10 ms)	1950 (10 ms)
Tension d'alimentation (et de mesure) U _N V AC		230	230	230
Plage de fonctionnement		(0.8...1.15)U _N	(0.8...1.15)U _N	(0.8...1.15)U _N
Fréquence	Hz	50/60	50/60	50/60
Puissance absorbée	W	< 0.5	< 0.4	< 0.5
Ecran (hauteur chiffres 4 mm)		Compteur avec 6 chiffres, comptage décimal en rouge	Compteur avec 7 chiffres, comptage décimal en rouge	
Comptage maximal /comptage minimal kWh		99,999.9/0.1	999,999.9/0.1	999,999.9/0.1
LED- impulsions par kWh		2000	2000	1000
Caractéristiques sortie émettrice d'impulsions: SO+/SO-				
Tension d'alimentation (externe)	V DC	5...30	5...30	5...30
Courant Maximum	mA	20	20	20
Courant résiduel maximum à 30 V/25 °C	µA	10	10	10
Impulsions par kWh		1000	1000	1000
Durée de l'impulsion	ms	50	50	50
Résistance en série	Ω	100	100	100
longueur max. du câble de raccordement (30V/20mA) m		1000	1000	1000
Données techniques				
Classe de précision		1 / B	1 / B	1 / B
Température ambiante (dans la classe de précision) °C		-10...+55	-10...+55	-10...+55
Catégorie de protection		II	II	II
Degré de protection: dispositif/terminaux		IP 50/IP 20	IP 50/IP 20	IP 50/IP 20
Homologations (suivant les types)		CE	CE PTB	

Caractéristiques techniques

	EC090	EC051	EC150	EC152	EC154M	EC350	EC352	EC360	EC362	EC364M	EC365B	TE360	EC370	EC372	TE370	
Caractéristiques électriques																
tension	230 V +/- 15%		230 V +/- 15%						230 V +/- 15%		400 V +/- 15%					
fréquence	50 / 60 Hz		50 / 60 Hz						50 / 60 Hz							
consommation	6.7 VA, 1 W		< 10 VA, 1 W						< 10 VA, 3 W							
Données métrologiques																
connexion	Direct		Direct						Direct				via TI			
écran	Digital 6 + 1 digits		Digital 6 + 1 digits						Digital 7 digits							
précision	1% selon CEI 62053-21		1%						1%, classe B selon la norme EN50470-3							
courant maximum	32 A		63 A						100 A				6 A au secondaire du TI			
courant de départ	20 mA		40 mA						80 mA				10 mA au secondaire du TI			
courant de base*	10 A		10 A						20 A				5 A			
LED																
LED	6000 imp / kWh		1000 clignotements par kWh						500 clignotements par kWh				1000 clignotements par kWh			
Sortie impulsionnelle																
sortie impulsionnelle	non		10 V/100 ms						1 impulsion = 100 Wh / 100 ms / 27 V DC (sauf compteur K90)							
Tarif																
tarif	simple		simple		double		double		simple		double		simple		double	
Caractéristiques mécaniques																
largeur	1 ■		3 ■		4 ■		7 ■		4 ■							
degré de protection	IP 20 (IP 51 : partie frontale)															
T° de stockage	- 25 à + 70 °C								- 20 à + 70 °C							
T° de fonctionnement	- 10 à + 45 °C								- 10 à + 55 °C							
capacité de raccordement	1 à 8 ^e fil rigide		1,5 à 16 ^e fil rigide		1,5 à 35 ^e fil rigide		1,5 à 10 ^e fil rigide		1 à 4 ^e fil souple		1 à 16 ^e fil souple		1 à 35 ^e fil souple		1 à 8 ^e fil souple	

1.11. Rendement global

- 15 à 17 %

- Energie solaire \longleftrightarrow Energie récupérable

- Si 1000 kWh \longleftrightarrow 160 kWh

1.11. Rendement global

- η module (poly) cristallin: 18%
- η onduleur : 96%
- Pertes dans les câbles et connecteurs: environ 2%
- Auxiliaires (compteur Energie verte, disjoncteurs,...)soit 98%.
- η global= $0,18 \times 0,96 \times 0,98 \times 0,98 = 0,165$ soit 16,5%

1.12. Normes et réglementation

- Règlement Général des Installations Electriques
Imposé pour toutes installations ou extensions d'installations électriques
- Détails dans le volet 5 (réception et mise en service)

1.12. Normes et réglementation

- Synergrid C10/11

Imposé par le Gestionnaire de Réseau de Distribution pour toute réinjection sur le réseau

- Détails dans le volet 5 (réception et mise en service)

2.1. Dimensionnement des constituants (Généralité)

- Soit une Surface de 50 m²
- 30 modules de 1,6 m²

Type de modules	Nombre de modules	Puissance crête totale	Production
Modules « classique » 230 Wc – 1,6m ² Rendement de 14%	30 pces	6900 Wc	6210 kWh/an
Modules haute performance 320 Wc – 1,6 m ² Rendement de 20%	30 pces	9600 Wc	8640 kWh/an

2.1. Dimensionnement des constituants (Généralité)

- Toiture de 50 m²
- Energie à produire 5865 kWh/an

Type de modules	Production	Nombre de modules	Surface disponible
Modules « classique » 230 Wc – 1,6m ² Rendement de 14%	6210 kWh/an	30 pces	50 m ²
Modules haute performance 320 Wc – 1,6 m ² Rendement de 20%	6210 kWh/an	21 pces	34 m ²

2.2. Hypothèse de travail

Toiture de 5,5 x 3,10 m – orientation Sud-Est, inclinaison 45°

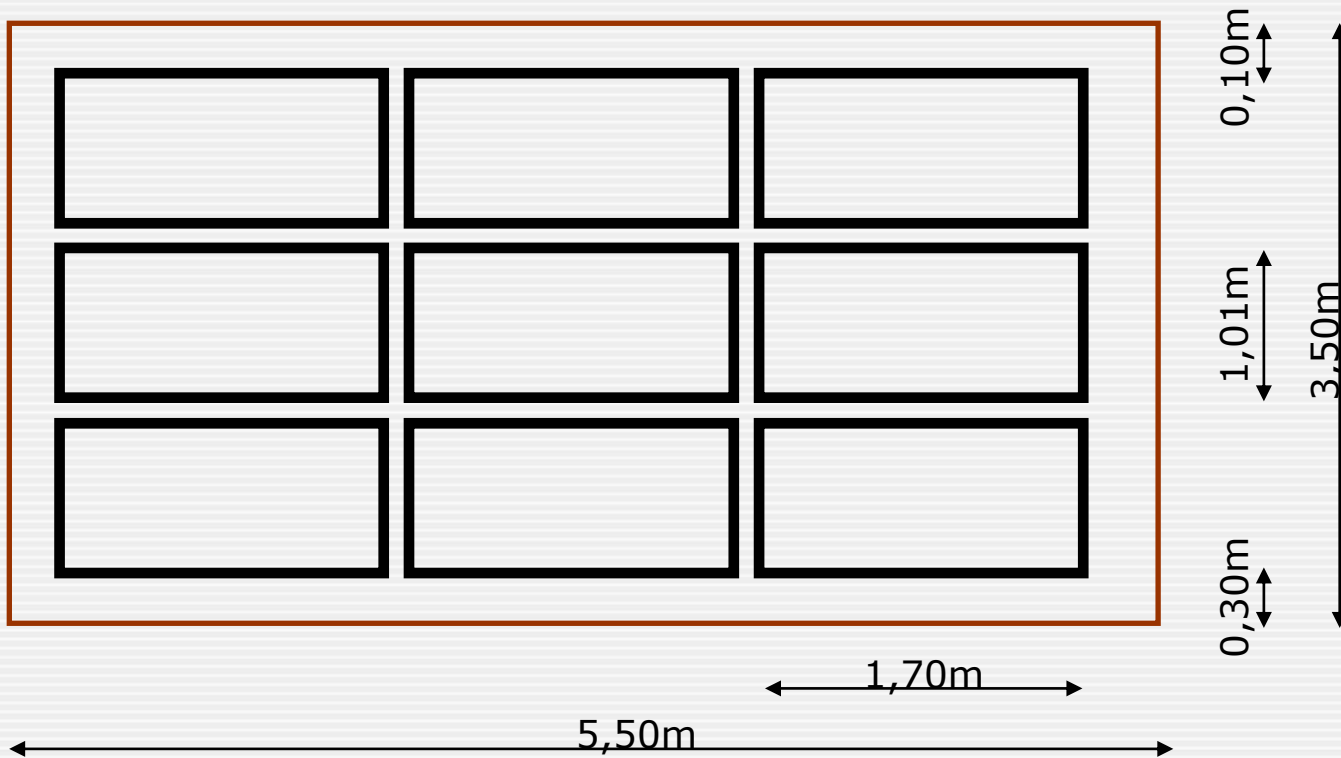
Specification	P210-60 GET AK							
	185 W _p	190 W _p	195 W _p	200 W _p	205 W _p	210 W _p	215 W _p	220 W _p
Nominal Power P _N	185 W _p	190 W _p	195 W _p	200 W _p	205 W _p	210 W _p	215 W _p	220 W _p
Nominal Voltage U _N	27.7 V	27.7 V	27.7 V	27.8 V	28.0 V	28.2 V	28.3 V	28.4 V
Nominal Current I _N	6.68 A	6.86 A	7.04 A	7.19 A	7.32 A	7.45 A	7.60 A	7.75 A
Open Circuit U _{OC}	36.4 V	36.4 V	36.5 V	36.6 V	36.7 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Short Circuit I _{SC}	8.03 A	8.10 A	8.16 A	8.20 A	8.24 A	8.28 A	8.33 A	8.38 A
Max. Tolerance of P _N	± 5 %							
Max. System Voltage	870 V							
Temperature Coefficient of P _N	-0.37 %/K							
Temperature Coefficient of U _{OC}	-0.32 %/K							
Temperature Coefficient of I _{SC}	+0.06 %/K							
Bypass-Diodes	3 pcs.							
Dimensions (LxWxH)	1680 x 990 x 50 mm							
Weight	24 kg							

2.3. Les paramètres

Rappel du volume 3

- Désidérata du client:
- **Consommation effective**
- Surface de toiture
- Budget
- Implantation de la toiture
 - Ombrage
 - Orientation Inclinaison
 - Température

2.4. Calcul du nombre de modules



- Nbre max de colonnes: $5,50 : 1,70 = 3,24$ soit 3
- Nbre max de rangées: $3,10 : 1,01 = 3,07$ soit 3

Soit 9 modules

2.5. Calcul de la puissance, tensions, courant

Caractéristiques du module

- $P_n = 200 \text{ Wc}$
- $U_{oc} = 36,6 \text{ V}$
- $U_{mpp} = 27,8 \text{ V}$
- $I_{mpp} = 7,19 \text{ A}$
- Coff de t° de $VU_{oc} = - 0,32 \%$ ou $-0,117 \text{ V}/^\circ\text{C}$

2.5.1. Calcul de la puissance

- $P_n = 200 \text{ Wc}$
- Nombre de modules: 9
- Puissance installée = $9 \times 200 = 1800 \text{ Wc}$

2.5.2. Calcul des tensions DC à -10° et à +70°C

$$U_{t^{\circ}} = U_{25^{\circ}} + (\text{coeff.tem p.} U_{oc} \times \text{diff.t}^{\circ})$$

- $U_{oc} \text{ à } -10^{\circ} = 36,6 + (-0,117 \times (-35)) = 40,7 \text{ V}$
- $U_{mpp} \text{ à } -10^{\circ} = 27,8 + (-0,117 \times (-35)) = 31,9 \text{ V}$
- $U_{mpp} \text{ à } +70^{\circ} = 27,8 + (-0,117 \times 45) = 22,5 \text{ V}$

2.5.2. Calcul des tensions (nbre de module/string)

- Onduleur : 1850 Wc
- $U_{oc\ max} = 500\ V \longrightarrow 500 : 40,7 = 12,3\ modules$
- $U_{mpp\ max} < 400\ V \longrightarrow 400 : 31,9 = 12,5\ modules$
- $139 < U_{mpp\ min} \longrightarrow 139 : 22,5 = 6,2\ modules$

- Donc 9 modules en série (ok)

2.5.3. Calcul du courant

- Onduleur : 1850 Wc
- $I_{\max} = 1 \times 12A$

- donc $1 \times 7,19A = 7,19 < 12A$ (ok)

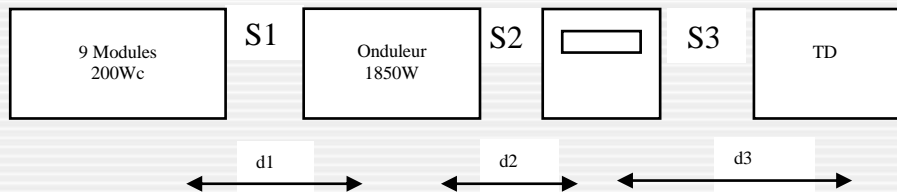
2.5.4. Comparaison avec l'onduleur

- Puissance: 1850 Wc proche de 9x200 Wc
- U_{oc} à $-10^{\circ} = 9 \times 40,7 = 366,3 \text{ V} < 500 \text{ V}$
- U_{mpp} à $-10^{\circ} = 9 \times 31,9 = 287,1 \text{ V} < 400 \text{ V}$
- U_{mpp} à $+70^{\circ} = 9 \times 22,5 = 202,8 \text{ V} > 139 \text{ V}$
- I entrée $7,19 < 12\text{A}$

2.5.5. Calcul des pertes en ligne

○ 2.5.5. Calcul des pertes en ligne cotés DC et AC

- Pour rappel, nous venons de dimensionner une installation de 9 modules de 200Wc avec un onduleur de 1850W ; Courant IMPP de 7,19 A et un courant IAC max. de 8,6 A.
- Voici schématisée l'installation que nous venons de



- Caractéristique des câbles utilisés :
- Pour la liaison 1 – section du câble : 4mm² ; longueur : 35m

2.5.5. Calcul des pertes en ligne

- Caractéristique des câbles utilisés :
- Pertes totales dans les câbles : 2%
- Pour la liaison 2 – section de câble : ? ; longueur : 10m
- Pour la liaison 3 – section de câble : ? ; longueur : 12m

2.5.5. Calcul des pertes en ligne

a. Calcul des pertes coté DC

- La résistance du câble est de 5,09 Ω/km
- $R_{tDC} = 0,3563 \Omega$ et $I_{MPP} = 7,19 \text{ A}$ $P_{DC} = 0,3563\Omega \times 7,19^2 \text{ A} = 18,42 \text{ W}$

b. Calcul des pertes coté AC

$P_t = 2 \% \text{ de } 1800 \text{ W} = 36 \text{ W}$

$P_{AC} = P_t - P_{DC} = 36 \text{ W} - 18,42 = 17,52 \text{ W}$

- La résistivité du cuivre est de 0,0169 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- $I_{AC} = 8,6 \text{ A}$ $R_{tAC} = P_{AC} / 2 \times I_{AC} = 17,52 / (2 \times 8,6^2) = 0,118 \Omega$

Calcul de la section minimum du fil du câble coté AC:

- $S = 0,0169 \times (10+12) / 0,118 = 3,15 \text{ mm}^2$ soit 4 mm^2

$$P = 2 \times R \times I^2$$

2.5.5.c. Calcul de la chute de tension AC

u_{ac} max admissible : 1% de 230V = 2,3 V

- En monophasé: $u = 2 \times R_L \times I \rightarrow R_L = u / (2 \times I)$
- $R_{LAC} = 2,3 / (2 \times 8,6) = 0,134 \Omega$
- $S = \rho L / R = 0,0169 \times (10 + 12) / 0,134 = 2,77 \text{ mm}^2$
- On mettra donc la plus grande des sections soit 4 mm^2

- Comparaison avec la tension réseau GRD
- $R = \rho L / S = 0,0169 \times (10 + 12) / 4 = 0,093 \Omega$
- $u = 2 \times R_L \times I = 2 \times 0,093 \times 8,6 = 1,6 \text{ V}$
- $(1,6 / 230 \text{ V}) \times 100 = 0,70 \% < 1\% \text{ ok}$

2.5.6. Bilan énergétique

- P installée = 9 x 200W_c = 1800 W_c
- Toiture orientée sud-est et inclinée à 45° → F_{Cr} = 93%
- En Région Wallonne 1000 W_c produisent 0,93x1050 kWh/an
- L'installation devrait produire
- $1000 \text{ W}_c \longrightarrow \frac{976,5 \text{ kWh/an} \times 1800}{1000} = 1758 \text{ kWh/an}$
- 1
- 1800

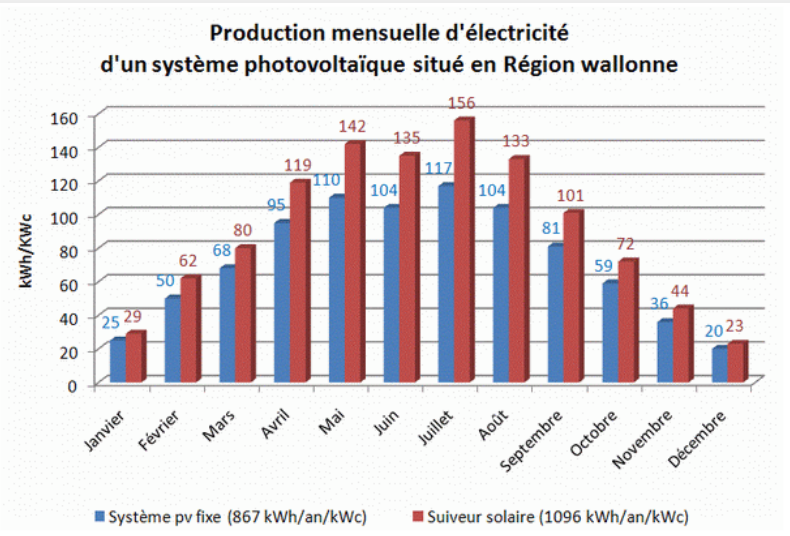
- Pour les autres régions, se référer aux recommandations en vigueur

2.5.6. Bilan énergétique

- Exercices

3. Le suiveur solaire

- Gain de 25 à 40% par an
- 1 axe (Est → Ouest)
- 2 axes (Est → Ouest + Inclinaison)



4.2. Evaluation du coût

- Technologie (rendement des modules)
- Raccordement mono ou triphasé
- Choix de l'installation (fixe superposé, intégré ou suiveur)
- Couverture (tuiles, ardoises ou plate,...)
- Choix de la conversion DC/AC

4.2. Evaluation du coût

- main d'oeuvre pour la pose
- Main d'oeuvre pour la partie électrique
- Sous traitance
- réception
- Mise en conformité de l'installation existante
- Options (rails de couleurs, antivol, ...)

4.3. Rédaction d'un devis

- Prix
- Conditions générales de vente et garantie
- Le cas échéant, se référer au contrat type édité par le SPW

4.3.1. Eléments d'un devis

7								
8	Nr	Désignation	Marque	Réf	U	Qté	PU htva	Pthvac
9		module photovoltaïque			P			0
10		onduleur 1			P			0
11		onduleur 2			P			0
12		onduleur 3			P			0
13		crochet de toiture tuile			P			0
14		crochet de toiture ardoise			P			0
15		tirefons			P			0
16		rail longueur 5m			P			0
17		clame de prolongation			P			0
18		boulons fixation crochet-rail			P			0
19		boulons fixation rail-clame			P			0
20		clame terminale			P			0
21		clame intermédiaire			P			0
22		câble STZZ-F 6 mm ²			m			0
23		compteur vert mono			P			0
24		compteur vert tétra			P			0
25		disjoncteur 2p×16A			P			0
26		disjoncteur 3p×20A			P			0
27		disjoncteur tétra 3p+N×20A						0
28		coffret 18 mod			P			0
29		câble xvb 3g2,5			m			0
30		câble xvb 5g2,5			m			0
31		main d'œuvre			h			0
32		réception			fft			0
33								
34		Options						
35		extension de garantie				fft		
36		supervision				P		
37		interrupteur différentiel 2P×40A 300mA				P		
38		interrupteur différentiel 4P×40A 300mA				P		
39		mise en conformité de la terre				fft		
40		parasurtenseur				P		

4.3.2. Garanties

- En général
- 10 ans sur les travaux de toiture
- 5 à 20 ans sur les modules
- 5 à 10 ans sur l'onduleurs(s)
- Eventuellement sur la production en comparaison avec les relevés de l'IRM et des statistiques régionales

5.2. Impact environnemental

- Emission de CO₂ des énergies fossiles:

Types de centrale	Production de CO₂	Rend.	Quantité de CO₂ totale
Gaz naturel	251 kg / MWh primaire	55%	456 kg /MWh primaire
Mazout	306 kg / MWh primaire	90%	340 kg / MWh primaire
Charbon	385 kg / MWh primaire		
Fuel extra	320 kg / MWh primaire		

5.2. Impact environnemental

- Bilan carbone si la production ne chute pas

$$1 \text{ kWc} \rightarrow 1\,050 \text{ MWh/an} \xrightarrow{\text{TGV}} 482 \text{ kg CO}_2/\text{an}$$

- Soit 4820 km/an (véhicule émettant 100 gr CO₂/km)

5.2. Impact environnemental

Soit sur 25 ans à raison de 0,7 % de production par an

	Production kWh/an
An 1 2021	1050,00
An 2 2022	1042,65
An 3 2023	1035,30
An 4 2024	1027,95
An 5 2025	1020,60
An 6 2026	1013,25
An 7 2028	1005,90
An 8 2029	998,55
An 9 2030	991,20
An 10 ARRET DE LA COMPENS	983,85
An 11	976,50
An 12	969,15
An 13	961,80
An 14	954,45
An 15	947,10
An 16	939,75
An 17	932,40
An 18	925,05
An 19	917,70
An 20	910,35
An 21	903,00
An 22	895,65
An 23	888,30
An 24	880,95
An 25	873,60
	24045,00

Soit
 $24,045 \text{ MWh/kWc} \times 456 \text{ kg/MWh} = 10.964 \text{ kg de CO}_2/\text{kWc}$
Ou encore
109.640 km parcourus
(véhicule émettant 100 gr CO₂/km)

kWh/KWc après 25 ans

5.2. Impact environnemental pour notre installation

- Bilan carbone si la production ne chute pas de notre installation sud est avec une pente de 45° (CCr: 0,93)

1,8 kWc → 1,758 MWh/an → 801,6 kg CO₂/an
TGV

- Soit 8.016 km/an parcourus

5.2. Impact environnemental pour notre installation

Soit sur 25 ans à raison de - 0,7 % de production par an

	Production kWh/an
An 1 2021	1757,70
An 2 2022	1745,40
An 3 2023	1733,09
An 4 2024	1720,79
An 5 2025	1708,48
An 6 2026	1696,18
An 7 2028	1683,88
An 8 2029	1671,57
An 9 2030	1659,27
An 10 ARRET DE LA COMPENS	1646,96
An 11	1634,66
An 12	1622,36
An 13	1610,05
An 14	1597,75
An 15	1585,45
An 16	1573,14
An 17	1560,84
An 18	1548,53
An 19	1536,23
An 20	1523,93
An 21	1511,62
An 22	1499,32
An 23	1487,01
An 24	1474,71
An 25	1462,41
	40251,33

Soit

$$40,251 \text{ MWh} \times 456 \text{ kg/MWh} = 18.354 \text{ kg de CO}_2$$

Ou encore

183.5420 km parcourus

kWh/KWc après 25 ans

5.2. Impact environnemental

- On estime à 2,74 ans le temps de retour CO₂ (modules placés au sud avec une pente de 35°)
- soit
1 kWc → 1,050 MWh/an → 478,8 kg CO₂/an
TGV
- Soit 2,74 x 478,8 = 1.313 kg/kWc de CO₂ équivalent TGV

5.2. Impact environnemental

- On estime à 2,74 ans le temps de retour CO₂

- Soit pour 1,8 kWc

$$1,8 \text{ kWc} \rightarrow 1,890 \text{ MWh/an} \xrightarrow{\text{TGV}} 862 \text{ kg CO}_2/\text{an}$$

- Soit $2,74 \times 862 = 2361$ kg/kWc de CO₂ équivalent TGV