

# Session 3: Actualités techniques

SWISSOLAR 



Die Solarprofis Shooting 2023  
© Dominik Nahr / Swissolar

## Session 3: Modération

---



**Yannick Sauter**  
Coordinateur romand

Swissolar, Yverdon-les-Bains

# NIBT 2025: Quelles nouveautés pour le PV?

---



**Johann Corminboeuf**  
Directeur

Cinelec, Matran

Solar-Update Romand 2024  
Le 28.11.2024 à Yverdon-les-Bains

**NIBT : Quelles nouveautés**  
**Batterie : défaut avec backup**



**NIN 2025 NIBT**



Johann Corminboeuf, directeur Cinelec SA



## Chapitre : 7 Locaux spéciaux

### 7.12 Installations photovoltaïques



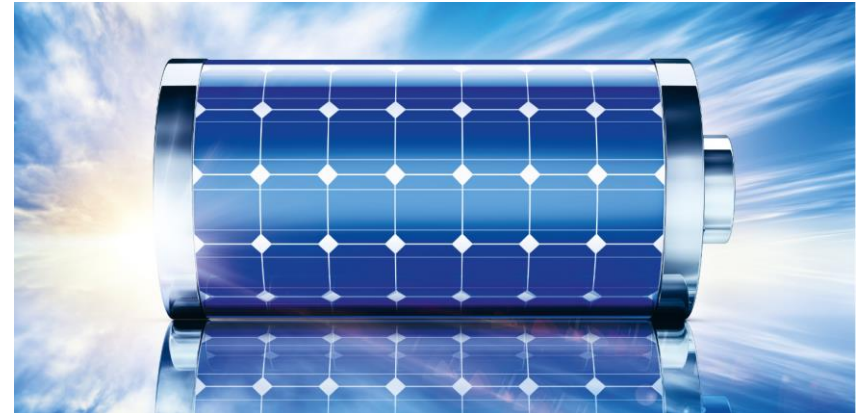
La NIBT 2025 intégrera les installations en îlot (sans raccordement au réseau comme un chalet) et celles avec **alimentation de secours (backup)**. Les installations agrivoltaïques ainsi que les systèmes PV alpins sont en préparation.

# Chapitre : 7      Locaux spéciaux

## Système de batterie stationnaire

### Les batteries avec fonction backup

Attention au système de mise au neutre !



#### TN-S

En mode backup (coupure du réseau au CSG) si on est en système TN-S il doit y avoir une liaison équipotentielle de minimum 10mm<sup>2</sup> jusqu'au coffret backup et en interne dans ce coffret une liaison doit se faire entre le neutre et le PE-PA afin de recréer du TN-S.

On peut le vérifier en effectuant une mesure de continuité dans le tableau principal ou à une prise sous tension, de plus la tension ne doit pas dépasser 3V entre N-PE. Les autres mesures de courant de court-circuit et de déclenchement de DDR seront réalisées de manière standard et confirmeront cela.

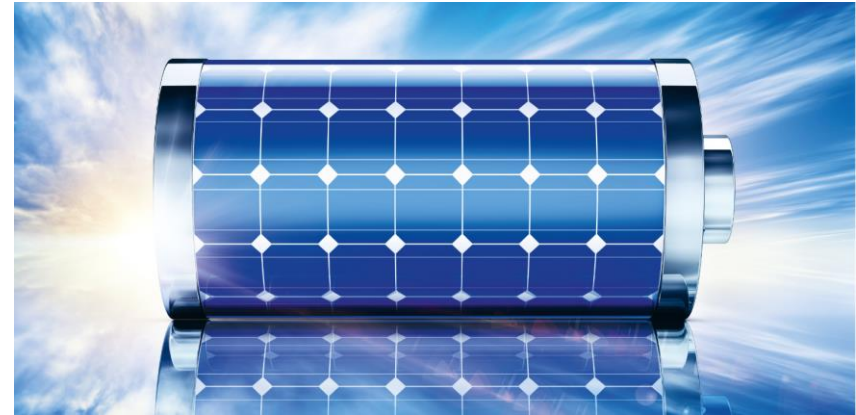
Voir SNR 460712

# Chapitre : 7      Locaux spéciaux

## Système de batterie stationnaire

### Les batteries avec fonction backup

Attention au système de mise au neutre !



Protection en cas de défaut en système TN-S

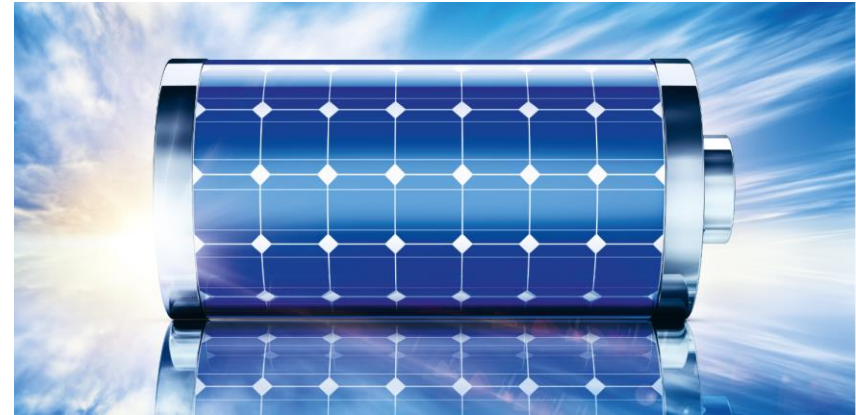
Après avoir respecté les instructions du fabricant, il y a lieu de faire des mesures de courant de court-circuit avec le réseau et sans le réseau en backup. Les valeurs d'Icc en backup sont plus faibles et il y a lieu de vérifier si les temps prescrits pour la coupure automatique des coupe-surintensité sont respectée (0,4s ou 5s).

# Chapitre : 7      Locaux spéciaux

## Système de batterie stationnaire

### Les batteries avec fonction backup

Attention au système de mise au neutre !



Protection en cas de défaut en système TN-S

En général, pour s'assurer que dans tous les cas on respecte les temps de déclenchement, il y a lieu de s'assurer soit :

- tous les circuits soient protégés par DDR de maximum 500mA Il est possible que certains systèmes intègrent des DDR dans leur coffret Backup
- l'onduleur intègre une surveillance d'impédance entre les conducteurs actifs et la terre selon la norme VDE-AR-E 2510:2021 ou la EN 62477-1 pour le Shut-down (baisse de tension à moins de 50V si défaut à la terre)



# Chapitre : 7      Locaux spéciaux

## Système de batterie stationnaire



Il faut apposer un avertissement et compléter l'installation avec la procédure à faire pour assurer de mettre hors tension l'installation à l'aide d'un document ou d'un autocollant sur le tableau principal qui est réalimenté par la batterie !



## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.3.1 : Protection contre les surintensités

- Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent être installés si :

$$1.35 \times IMOD_{MAX\_OCPR} < (N_s - 1) \times ISC_{MAX}$$

NIBT 2020 :  $I_{ASCSTC} = 1,25 \cdot I_{MSCSTC} \cdot (n - 1) < I_{max\ OCPR} \text{ (fusible protection)}$

- Si des dispositifs de protection contre les surintensités sont nécessaires, ils doivent être dimensionnés comme suit :

$$1.1 \times ISC_{MAX} \leq IN \leq IMOD_{MAX\_OCPR}$$

Le facteur 1,1 désigne un facteur de sécurité contre un déclenchement prématuré des dispositifs de protection dans des conditions de charge normales.

## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.3.1 : Protection contre les surintensités

- Si les dispositifs de protection contre les surintensités sont nécessaires du côté DC conformément aux exigences mentionnées dans la NIBT 7.12.4.3.1.101 , les deux pôles doivent être alors protégés, et ce, quelle que soit la configuration de l'installation.
- Toutes les chaînes connectées en parallèle doivent avoir la même tension nominale. Dans la pratique, cela signifie que chaque chaîne présente le même nombre de modules identiques connectés en série.

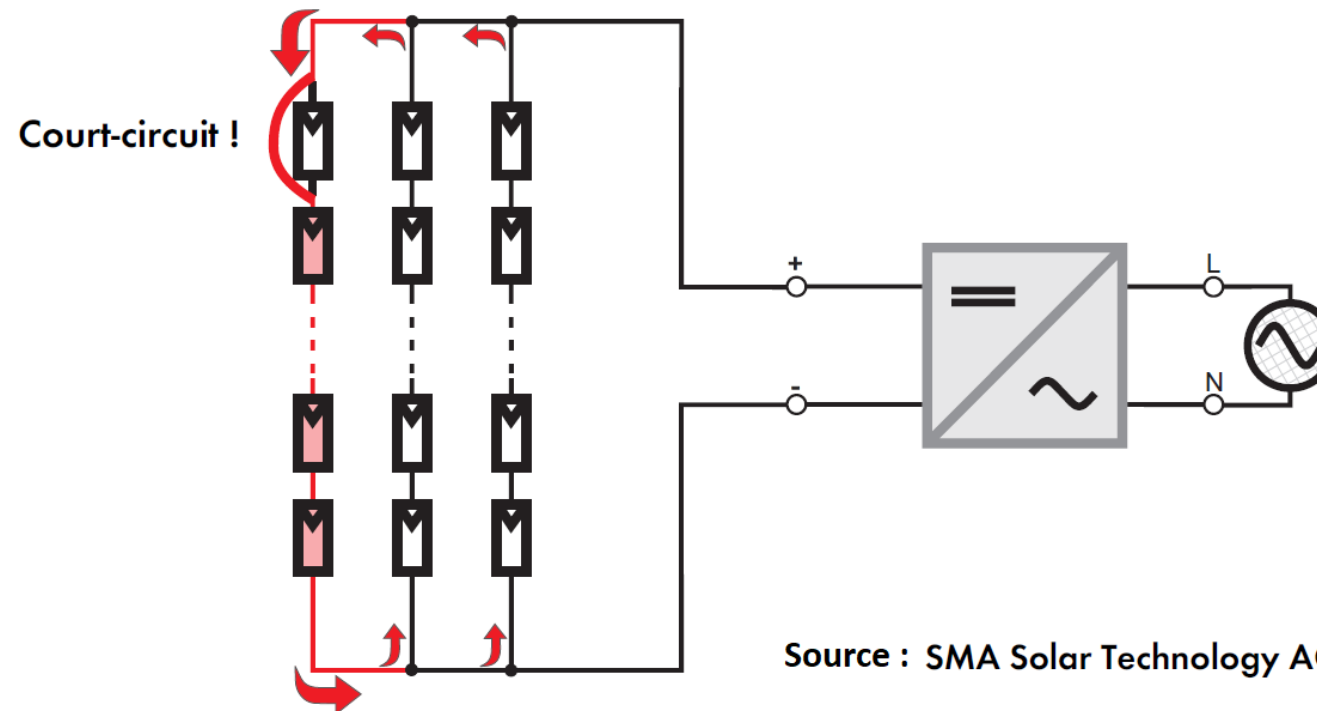
## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.3.1 : Protection contre les surintensités

Dans la pratique : régulièrement on retrouve des installations avec des courants qui circulent entre les strings lorsque l'onduleur est déclenché.

Courant de retour dans le string défectueux = somme du courant des autres strings





## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.3.1 : Protection contre les surintensités

Dans la pratique : onduleur déclenché, interrupteur DC sur «0» :

Courant mesuré : = 4.4A !



Courant entre les deux strings sur le même pôle = 0.1A



Exemple avec cet onduleur à l'arrêt qui a les strings 4.1.1 et 4.1.2 qui sont pontés en interne dans l'onduleur, comme un des strings a moins de panneaux que l'autre un courant circule entre les deux...

## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.3.3 : Protection contre les surcharges

- L'intensité admissible du câble de string doit au moins correspondre au courant de court-circuit maximal du string :

$$I_{SC\_MAX} = K_1 \times I_{SC\_STC}$$

- D'une manière générale, K1 est au moins égal à 1,25 (comme avec la NIBT 2020)
- Si ce calcul permet de démontrer que les modules PV ne peuvent fournir leur puissance maximale à aucun moment notamment en raison du type de pose ou de conditions ambiantes spécifiques, alors le facteur K1 peut être multiplié par un facteur de correction Kcorr et l'installation peut être dimensionnée selon le courant maximal possible. La norme IEC 62548 62548 fournit des informations détaillées à ce propos.

## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.2.1.102 : Types de canalisations

- En dérogation aux exigences mentionnées dans la NIBT 5.2.1.4.3, les conducteurs DC situés sur le toit sont souvent de couleur noir et identifiés par des caractères numériques ou alphanumériques.

S'ils sont désignés par des couleurs, alors le rouge et le **bleu** ou le **rouge** et le **noir** sont généralement choisis. (clarifié par rapport à la NIBT 2020)



## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

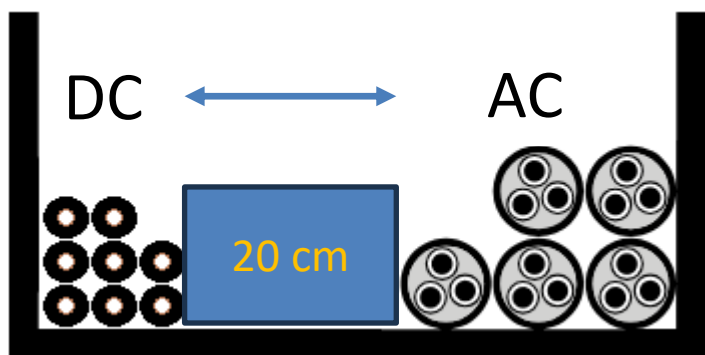
### 7.12.5.2.3 : Courant admissible

- Le couplage inductif dépend essentiellement de la distance entre les deux canalisations et de la longueur de leur pose en parallèle. Les croisements de canalisation à angle droit ne génèrent qu'un faible couplage inductif (NIBT 2020 et NIBT 2025).
- La NIBT 4.4.4 Figures 22 à 25 peut s'appliquer ici par analogie (entre courant fort et courant faible).

### Recommandé :

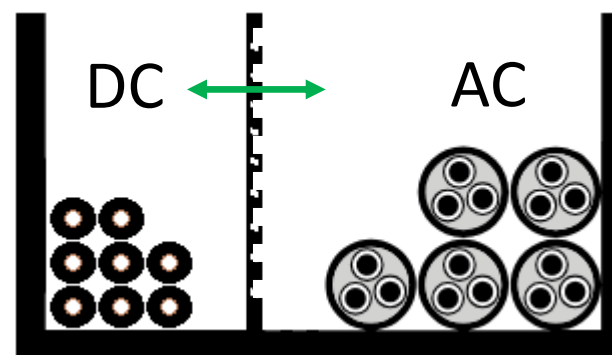
**20 cm**

si aucun blindage ou séparation métallique



**15 cm**

si un grillage métallique avec mailles de max. 50x100mm





## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

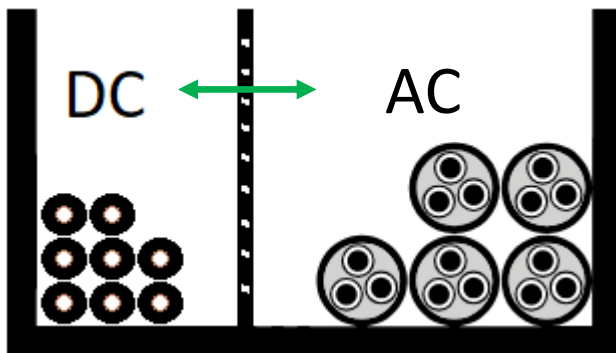
### 7.12.5.2.3 : Courant admissible

- La NIBT 4.4.4 Figures 22 à 25 peut s'appliquer ici par analogie (entre courant fort et courant faible).

### Recommandé :

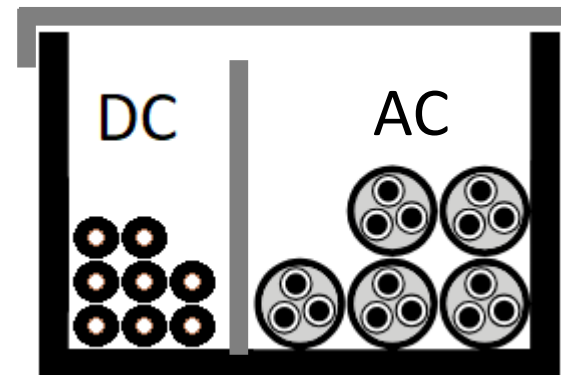
**10 cm**

si une séparation métallique avec max. 20% de perforation



**0 cm**

si une paroi métallique de min. 1mm d'épais



## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.2.3 : Courant admissible

Distance minimum à respecter en fonction de la situation

**Attention** aux canalisations AC - DC «Séparées» comme ci-dessous :



Lorsqu'il y a des mélanges, un tube avec armature métallique relié au PA est approprié



Plica Ferroplast

## Chapitre : 7.12 Installations photovoltaïques

### 7.12.5.2.3.101 : Courant admissible

- Pour le dimensionnement des câbles exposés à un échauffement direct du dessous des modules PV, il est supposé que la température ambiante à prendre en compte atteigne au moins 70 °C.

$$I_{SC-MAC} = I_{MSCSTC} \cdot n \cdot 1,25$$

n = total de chaînes en parallèle

Type d'isolation	Température maximale de fonctionnement <sup>1),4)</sup>
Polychlorure de vinyle (PVC)	70 °C au conducteur
Polyéthylène réticulé (VPR)	90 °C au conducteur <sup>2)</sup>
Ethylène-propylène (EPR)	
Minéral	70 °C à la gaine métallique
(avec gaine en PVC ou nu et accessible)	
Minéral	105 °C à la gaine métallique <sup>2),3)</sup>
(nu et inaccessible et non en contact avec des matériaux combustibles)	

## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.2.6 : Connecteurs

- "Rappel", il est uniquement permis d'utiliser des connecteurs enfichables dont la compatibilité est garantie par les fabricants.
- Les connecteurs enfichables non introduits doivent être protégés contre la pénétration de poussière ou d'humidité. Cette protection peut être notamment assurée par une barrière de protection ou par un assemblage effectué en temps voulu. Il convient de ne pas exposer les connecteurs enfichables à des influences externes pendant une période prolongée (la nuit, etc.) sans les protéger.



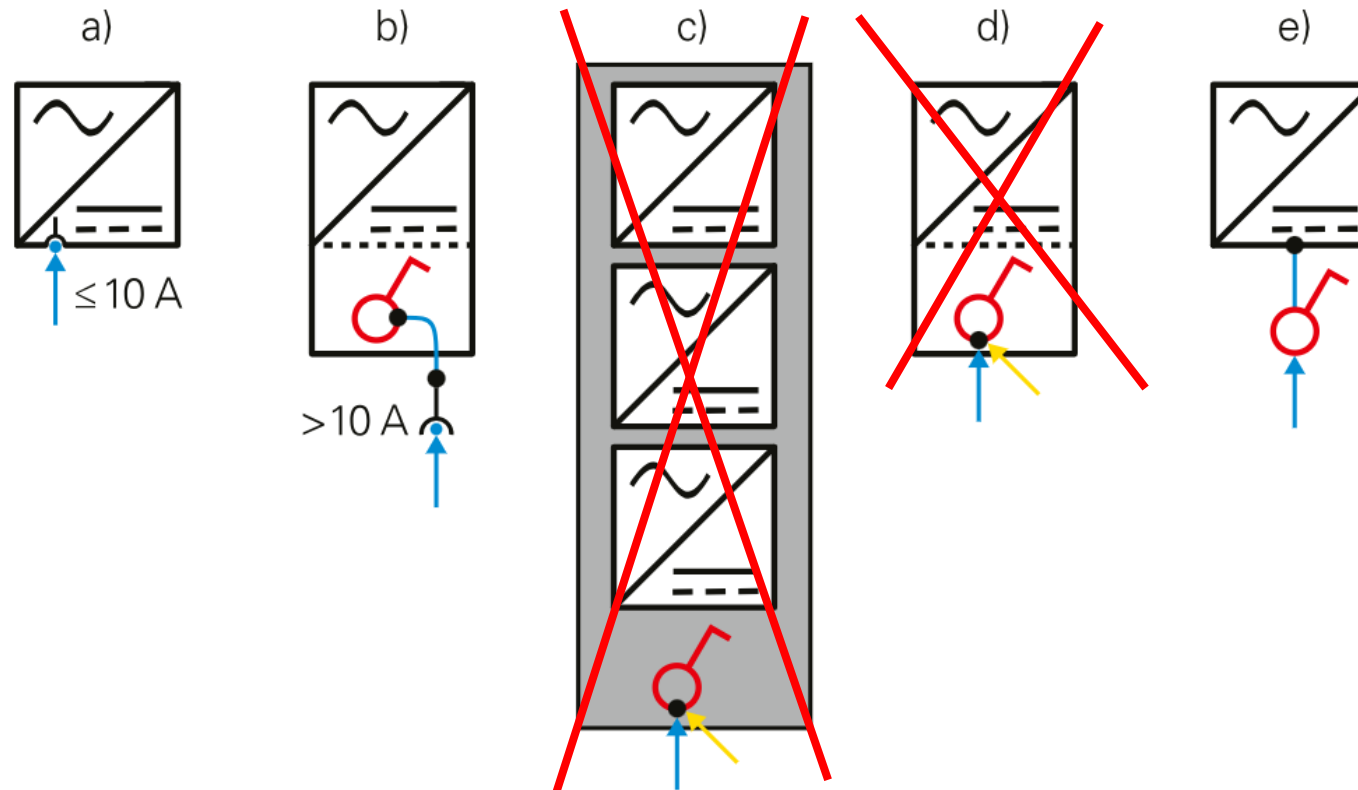


## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.3.7.2.2.102 : Dispositifs de sectionnement

- Pour la coupure côté DC, les trois variantes a), b) et e) sont autorisées :

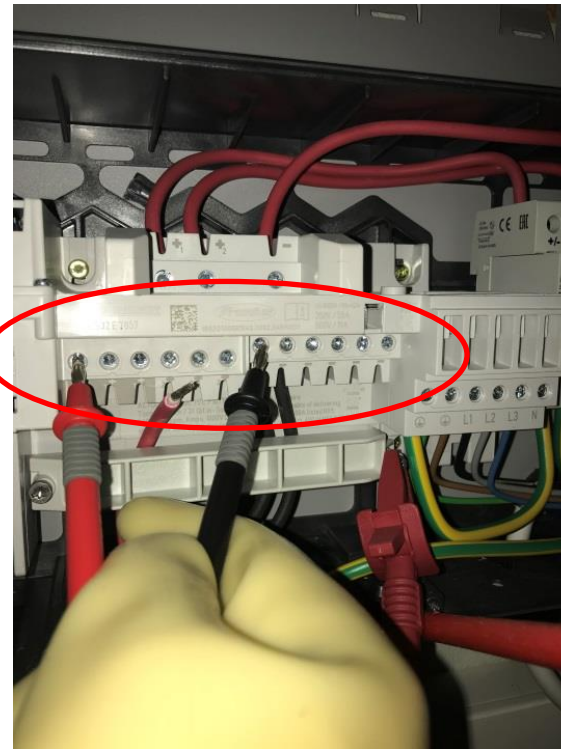


## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.3.7.2.2.102 : Dispositifs de sectionnement

- Voici un exemple qui ne sera plus autorisé, le remplacement de l'onduleur sans interrupteur ni connecteur impose du travail sous tension en journée.

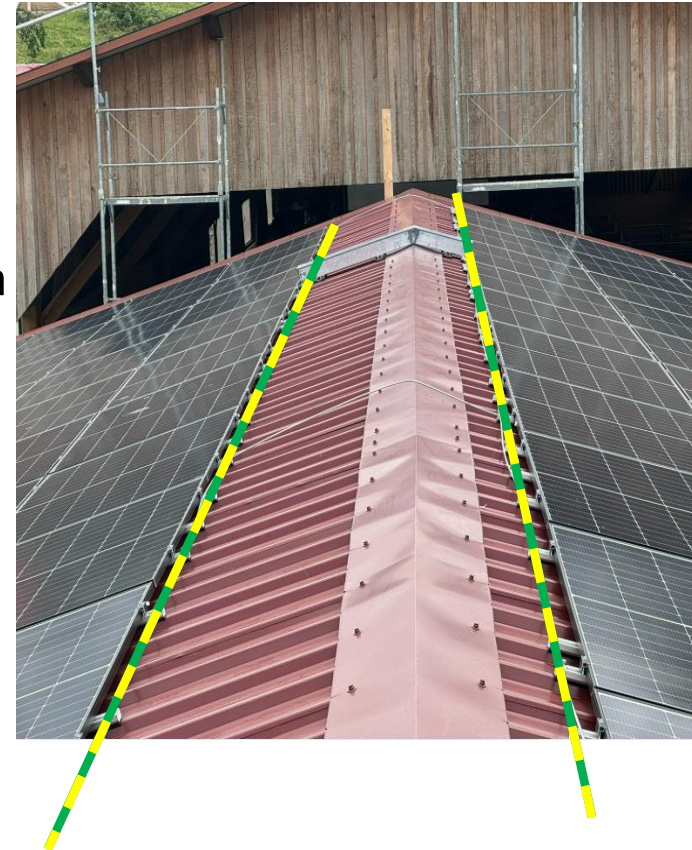


## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.5.4 : Mises à la terre et conducteurs de protection

- Les cadres des modules ne doivent pas être raccordés à la liaison équipotentielle d'une manière particulière. Un raccordement effectué au moyen des bornes des systèmes de montage est suffisant, et ce, même si des modules colorés sont posés;
- Les rails courts des systèmes de montage ne doivent pas être mis à la terre;
- Les modules PV ne constituent pas une liaison équipotentielle entre les rails profilés des systèmes de montage. Si les éléments des systèmes de montage doivent être reliés entre eux, il est alors nécessaire d'établir une liaison appropriée.



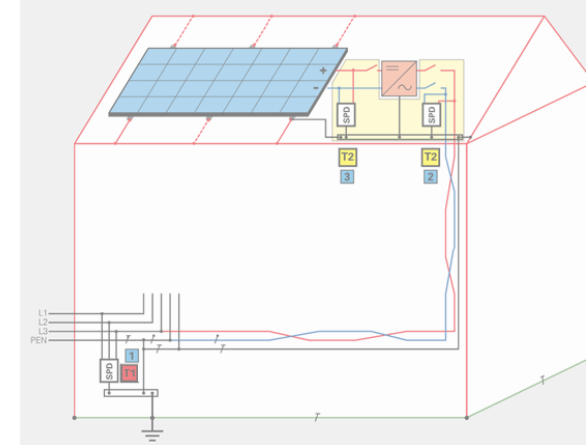
## Chapitre : 7.12

## Installations photovoltaïques

### 7.12.4.4 : Protection contre les surtensions atmosphériques

- Si une protection contre les surtensions transitoires selon 4.4.3.4 est requise, cette protection doit également être présente du côté DC du système PV.
- S'il est possible d'apporter la justification que le courant de foudre partiel est inférieur au courant de fuite non destructif d'un dispositif SPD de type 2, il est alors autorisé d'utiliser SPD de type 2 à la place d'un dispositif SPD de type 1. La justification doit être documentée.

Si le coffret avec les SPD se trouve à une hauteur supérieure à 2 mètres, il est possible d'utiliser le contact du SPD pour reprendre le signal d'alarme dans le tableau principal.



The background of the slide features a large, faint image of a light bulb. Inside the bulb, the number '20' is visible, and the word 'ans' is partially visible at the bottom right. The Cinelec logo, consisting of a stylized red lightning bolt and the word 'cinelec', is positioned at the top left.

**cinélec**  
**Merci de votre attention**

**Des questions ?**

**Johann Corminboeuf**

Sources : NIBT 2025, NSR 460712

Liens : [Cinelec SA - Découvrez les normes en vigueur, en matière d'électricité](#)  
[ASCE section Romande - Formations](#)



# Exigences de la structure sous une installation photovoltaïque

---



**Blaise Sarrasin**

Directeur

EDCO BS SA, La Tour-de-Trême

# **Exigence de la structure sous une installation photovoltaïque**

# Bases normatives:

sia

SIA 2062:2023 Construction

SNR

Schweizer Regel  
Règle Suisse  
Regola Svizzera

592062

Photovoltaik auf und an Gebäuden  
Impianti fotovoltaici per edifici

Photovoltaïque intégré et attenant  
au bâtiment

2062

Norm. License by SIA, Swissag Romande SA, Sarasin Blaser | 17.02.2023

Numéro de référence  
SNR 592062:2023 fr

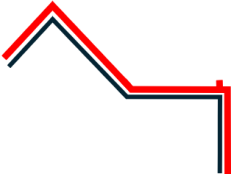
Valable dès le: 2023-02-01

Éditeur  
Société suisse des ingénieurs  
et des architectes  
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 72

Copyright © 2023 by SIA Zurich

Groupe de prix: 36



sia

SIA 232/1:2011 Bâtiment, génie civil

SN

Schweizer Norm  
Norme suisse  
Norma svizzera

564 232/1

Remplace la norme SIA 232:2000

Généralité Dächer

Toitures inclinées

232/1

Norm. License by SIA, Swissag Romande SA, Sarasin Blaser | 24.01.2012

Numéro de référence:  
SN 564232/1:2011 fr

Valable dès: 2011-08-01

Éditeur:  
Société suisse des ingénieurs  
et des architectes  
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 40

Copyright © 2011 by SIA Zurich

Groupe de prix: 26



sia

SIA 271:2021 Construction

SN

Schweizer Norm  
Norme Suisse  
Norma Svizzera

564 271

Remplace SIA 271:2007

Abdichtungen von Hochbauten  
Impermeabilizzazione di edifici

Étanchéité des bâtiments

271

Norm. License by SIA, Swissag Romande SA, Sarasin Blaser | 03.11.2021

Numéro de référence  
SN 564271:2021 fr

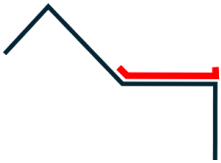
Valable dès le: 2021-11-01

Éditeur  
Société suisse des ingénieurs  
et des architectes  
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 90

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix: 36



sia

SIA 232/2:2011 Bâtiment, génie civil

SN

Schweizer Norm  
Norme suisse  
Norma svizzera

564 232/2

Remplace la norme SIA 233:2000

Hinterlüftete Bekleidungen von Aussenwänden

Bardages

232/2

Norm. License by SIA, Swissag Romande SA, Sarasin Blaser | 03.11.2021

Numéro de référence:  
SN 564232/2:2011 fr

Valable dès: 2011-08-01

Éditeur:  
Société suisse des ingénieurs  
et des architectes  
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 24

Copyright © 2011 by SIA Zurich

Groupe de prix: 18



# Documentation des associations professionnelles de l'enveloppe:

**FICHE TECHNIQUE**  
COMMISSION TECHNIQUE ÉNERGIE

**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**  
ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE  
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA  
ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE L'ENVELOPPE DES ÉDIFICES



**MONTAGE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES (PV) ET THERMOSOLAIRES (TS) SUR LES TOITS INCLINÉS**

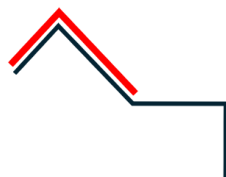
La présente fiche technique est destinée aux planificateurs et exécutants d'installations solaires de types thermique et photovoltaïque. Elle montre ce qu'il convient d'observer et de prendre en considération lors de la planification et la réalisation de telles installations sur des toits à pans inclinés. On tiendra aussi compte des normes et des règles propres à ces applications.

**Introduction**  
Afin de ménager les ressources fossiles et d'assurer une production d'énergie pauvre en émissions, on mise aujourd'hui de plus en plus sur l'énergie solaire. Il s'agit ici d'un important pilier de la stratégie d'énergie 2050 de la Confédération. L'Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices (Enveloppe des édifices Suisse) et ses membres s'engagent avec force dans cette technologie. Les surfaces de toitures (ainsi que celles des façades) sont des emplacements idéaux pour les installations solaires. Sur les toits inclinés, ces installations sont exécutées sous forme de double-toit ou intégrées dans le toit.

**Pour la réalisation, on tiendra compte des points suivants:**

1. Aptitude de l'objet
2. Évaluation du toit avant la planification et l'exécution
3. Planification
4. Pose des lignes et conduites
5. Montage
6. Entretien
7. Remise de l'installation et instructions
8. Renvoi à d'autres informations
9. Normes et prescriptions

TP 02/13 © Enveloppe des édifices Suisse 14.03.18



**FICHE D'INFORMATION**  
COMMISSION TECHNIQUE TOITURES INCLINÉES

**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**  
ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE  
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA  
ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE L'ENVELOPPE DES ÉDIFICES

**SOUS-TOITURES SOUS LES INSTALLATIONS SOLAIRES INTÉGRÉES**

**La norme SIA 232/1 «Toitures inclinées» régit les éléments suivants**

2.27.8 Lorsque des installations solaires sont utilisées comme couverture, il est nécessaire de prévoir des mesures de protection appropriées en raison des influences possibles de la chaleur et de l'humidité sur la sous-toiture.

2.12.6 Lorsque des éléments solaires ont une fonction de couverture, ils doivent répondre aux exigences de celle-ci.

**Protection incendie**  
Le sujet de la protection des incendies est traité dans le Papier sur l'état de la technique relatif au Guide de protection incendie AEAI Capteurs et panneaux solaires de Swissolar.

**Dans la pratique, les problèmes suivants doivent être pris en compte**

- Les charges thermiques peuvent être plus élevées en dessous des installations solaires. Une grande attention doit être apportée à la ventilation du toit, à la hauteur des tasseaux et à la résistance aux températures du matériau de sous-toiture.
- La Commission technique Toitures inclinées a réalisé plusieurs mesures et a constaté qu'une résistance thermique de 80° C est suffisante lorsque la toiture est construite conformément aux normes.
- Afin d'améliorer les conditions de la sous-toiture, il est recommandé d'augmenter la surface de ventilation arrière d'au moins 15 mm conformément à la liste de la norme SIA 232/1 «Toitures inclinées» (art. 2.2.9.2).
- Avec les installations thermiques, les conduites doivent être isolées pour résister à la chaleur, car les raccords peuvent atteindre une température de plus de 200° C lorsque le système est à l'arrêt. Il faut s'assurer que les raccords des conduites sont parfaitement joints. Une fuite de glycol peut endommager la sous-toiture.
- Les percements pour les conduites à travers la sous-toiture doivent être effectués conformément à la norme SIA 232/1.
- Les réglementations et recommandations des fournisseurs de systèmes/fabricants de modules et de capteurs solaires doivent être respectées. En l'absence de telles dispositions, la responsabilité incombe entièrement à l'entrepreneur. Le risque doit être évalué pour savoir si chaque produit peut être présélectionné.

**Remarque**  
Certains produits sur le marché donnent des valeurs indicatives et précisent ensuite que c'est l'entrepreneur qui assume la responsabilité.

**Quelles sont les sous-toitures adaptées**

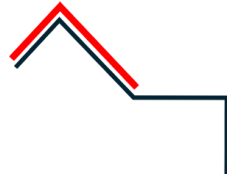
- De nombreux systèmes solaires n'ont pas la même étanchéité qu'un matériau de toiture standard et subissent donc des infiltrations d'eau temporaires, selon les conditions météorologiques.
- Tous les fournisseurs de systèmes ne testent pas leur produit/système solaire sur l'inclinaison de toit réglementaire comme avec les matériaux de toiture standard, si bien qu'il est difficile d'estimer l'inclinaison jusqu'à laquelle le système solaire reste étanche.
- Si le fabricant ne fournit pas d'informations sur l'inclinaison de toit standard, le risque doit être évalué afin de déterminer si le produit peut être utilisé.
- Tout comme les matériaux de toiture classiques, une installation solaire a une durée de vie de plus de 25 ans, c'est pourquoi une sous-toiture de haute qualité doit être utilisée avec une durée de vie similaire.

**Sous-toitures pour des sollicitations normales**

Exemple: sous-toitures à film ou sous-toitures en matériaux pour panneaux avec revêtements imperméables ou un profilage à rainure et languette imperméable sur tout le pourtour et avec un joint à revêtement écaillé dans le sens de la pente. Les revêtements/superpositions ne sont ni collés ni soudés.

- Utilisation possible à une hauteur de référence h<sub>0</sub> allant jusqu'à 800 m et une longueur de chevron allant jusqu'à 8,0 m.
- Imperméable à l'eau ruisselante.
- L'inclinaison minimale du toit de la sous-toiture doit être adaptée à l'inclinaison minimale du toit du système solaire et doit avoir une certaine réserve.

© GebäudeHülle Schweiz, Handl Technik 07/2020



**FICHE TECHNIQUE**  
COMMISSION TECHNIQUE ÉNERGIE

**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**  
ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE  
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA  
ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE L'ENVELOPPE DES ÉDIFICES



**MONTAGE D'INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES (PV) ET THERMOSOLAIRES (TS) SUR LES TOITS PLATS**

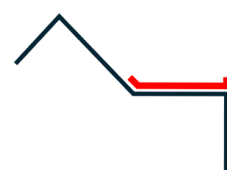
La présente fiche technique est destinée aux planificateurs et exécutants d'installations solaires de types thermique et photovoltaïque. Elle montre ce qu'il convient d'observer et de prendre en considération lors de la planification et la réalisation de telles installations sur des toits plats. On tiendra aussi compte des normes et des règles propres à ces applications.

**Introduction**  
Afin de ménager les ressources fossiles et d'assurer une production d'énergie pauvre en émissions, on mise aujourd'hui de plus en plus sur l'énergie solaire. Il s'agit ici d'un important pilier de la stratégie d'énergie 2050 de la Confédération. L'Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices (Enveloppe des édifices Suisse) et ses membres s'engagent avec force dans cette technologie. Les surfaces de toitures (ainsi que celles des façades) sont des emplacements idéaux pour les installations solaires. Sur les toits inclinés, ces installations sont exécutées sous forme de double-toit ou intégrées au toit.

**Pour la réalisation, on tiendra compte des points suivants:**

1. Aptitude de l'objet
2. Évaluation du toit avant la planification et l'exécution
3. Planification
4. Pose des lignes et conduites
5. Montage
6. Entretien
7. Remise de l'installation et instructions
8. Renvoi à d'autres informations
9. Normes et prescriptions

TP 02/13 © Enveloppe des édifices Suisse 14.03.18



**Toitures végétalisées et installations photovoltaïques**

**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**  
ENVELOPPE DES ÉDIFICES SUISSE  
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA  
ASSOCIATION DES ENTREPRENEURS DE L'ENVELOPPE DES ÉDIFICES



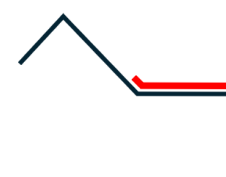
**holzbauschweiz**

**suissetec**

**Jardin Suisse**

**SWISSOLAR**

© 2018 Holzbauschweiz, Suissetec, Jardin Suisse, Swissolar





# Documentation des associations professionnelles de l'enveloppe:

## FICHE TECHNIQUE



COMMISSION TECHNIQUE TOITURES INCLINÉES

### ÉVALUATION DES TOITURES POUR UNE INSTALLATION SOLAIRE RAPPORTÉE (SUR LA COUVERTURE)

#### Allgemeines

- Damit eine Aufdach-Solaranlage über eine bestehende Dacheindeckung montiert werden kann, ist nicht nur das Deckmaterial zu prüfen, sondern der gesamte Dachaufbau ist zu berücksichtigen.
- Bei einer Solaranlage darf mit einer Lebensdauer von über 25 Jahre gerechnet werden. Entsprechend muss das Deckmaterial während dieser Dauer seine Funktion erfüllen. Weiter muss die Unterkonstruktion den zu erwartenden statischen Belastungen (Windlast, Schneelast usw.) standhalten und für die Montage der Solaranlage geeignet sein.
- Es ist nicht jede Dacheindeckung für die Montage einer Aufdachanlage gleich gut geeignet. Bei einigen Eindeckungen darf keine Aufdachanlage montiert werden.
- Wir empfehlen, vor jeder Solar-Montage das Deckmaterial und die Unterkonstruktion durch eine Fachperson prüfen zu lassen.

#### Mögliche Eindeckungen

##### 1.0 Produkte aus Ton

##### 1.1 Falzziegel



Der Einbau auf ein Falzziegeldach ist in der Regel unproblematisch und gut lösbar. Da aber das Kopfschloss eingeschnitten wird, muss die Mindest-Dachneigung nach Verlegerichtlinien beachtet werden.

##### 1.2 Biberschwanz Doppeldach



Beim Biberschwanz Doppeldach ist der Einbau möglich. Die Ziegel können in der Breite angepasst werden oder durch spezielle Solarziegel ersetzt werden.

##### 1.3 Biberschwanz (Einfachdeckung)



Auf ein Biberschwanz Einfachdach ist aufgrund des intensiven Unterhalts der Ziegelschindeln eine Montage nicht zu empfehlen, auch wenn die Holzschindeln gegen Aluminiumschindeln oder Ähnlichem ersetzt werden. Diese Deckung wird oft mit handgemachten Ziegeln ausgeführt.

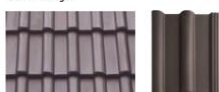
##### 1.4 Handgefertigte Biberschwanzziegel



Diese Dächer sind unterhaltintensiv und deswegen nicht geeignet.

##### 2.0 Produkte aus Beton

##### 2.1 Betonziegel



Bei der Montage auf Betonziegel ist Vorsicht geboten. Da dieser Ziegeltyp kein Kopfschloss hat, ist er nicht für jeden Solar-Haken geeignet. Der Solar-Haken muss wegen der Bruchgefahr ca. 5 mm Abstand zum unteren Ziegel haben und daher muss der darüber liegende Ziegel stark ausgeschnitten werden, was den Ziegel sehr schwächt. Die gleiche Problematik hat man auch bei Strangfalzziegeln aus Ton. Blechziegel unter dem Haken kann dieses Problem lösen.

© Gebäuhülle Schweiz, Stand Technik 02.2021

Version 19.2.2021/01

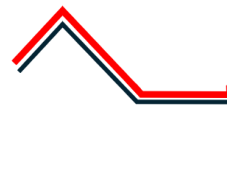
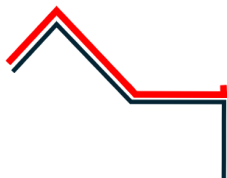
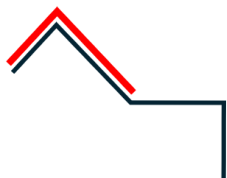


### Directive technique

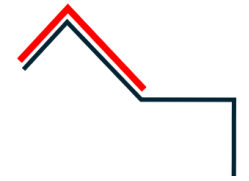
## Travaux de ferblanterie



## Installations solaires







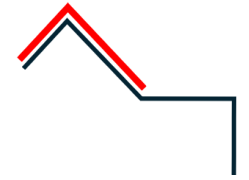
## Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures



1. Type de couverture
2. État de la couverture
3. Type de sous-couverture
4. État de la structure porteuse
5. Mode de fixation





# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

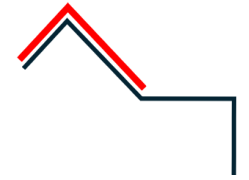
1. Type de couverture → matériaux → fibres ciment

- a. Ardoises en fibres-ciment ✓
- b. Plaques ondulées en fibres-ciment ✓
- c. Plaques grand format en fibres-ciment ✗
- d. Plaques structurées en fibres-ciment ✗



Pour les couvertures en plaques grand format ainsi que pour les plaques structurées, le risque d'endommager la couverture par la pose de système solaire rapporté est important. Cette exécution n'est pas recommandée par certains fabricants.





# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

1. Type de couverture → matériaux → terre cuite

a. Tuiles à emboîtement ✓

b. Tuiles plates en couverture double ✓

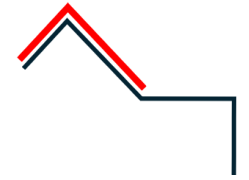
c. Tuiles plates en couverture simple ✗

d. Tuiles plates historiques fabriquées à la main ✗



La couverture simple en tuiles plates ainsi que les tuiles historiques fabriquées à la main ne permettent pas la de systèmes solaires rapportés.





## Toitures inclinées (SIA 232.1)

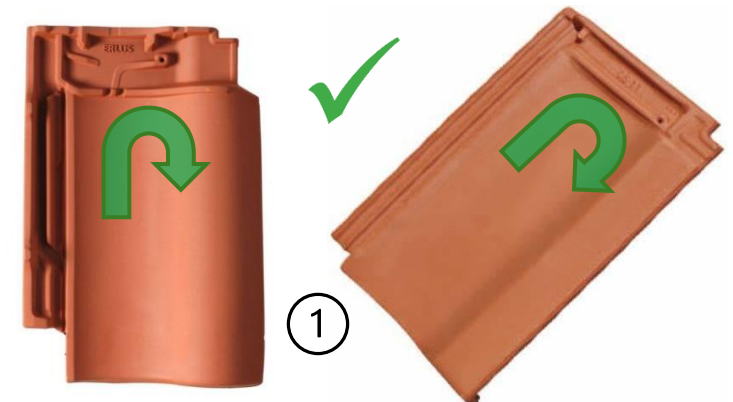
- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

1. Type de couverture → matériaux → tuiles en béton

a. Tuiles en béton

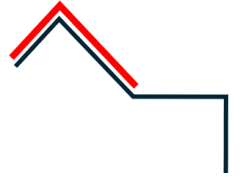


Contrairement aux tuiles mécaniques en terre-cuite ①, les **tuiles en béton** ② n'ont pas d'emboîtement de tête, juste un recouvrement. Cette couverture ne convient pas à tous les systèmes solaires rapportés. Utilisation de garniture de ferblanterie ou de tuiles en tôles préformées.





# Toitures inclinées (SIA 232.1)



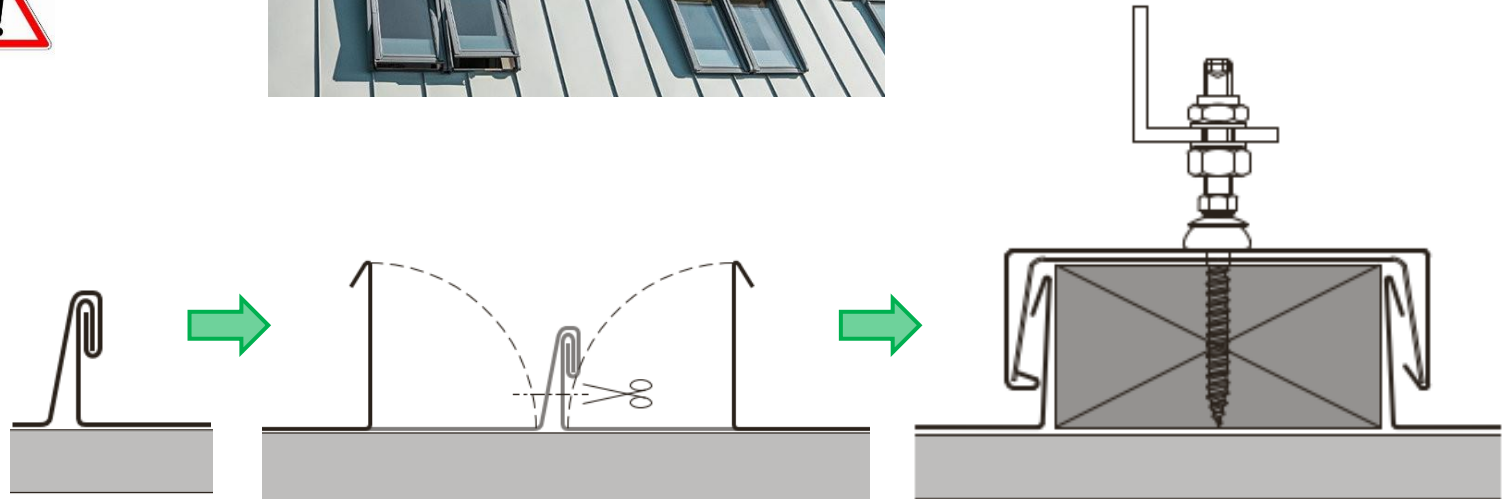
- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

1. Type de couverture → matériaux → couvertures métalliques

- a. Placage métallique à double agrafe ✓ ⚠
- b. Plaques métallique à tasseau ✓
- c. Tôles trapézoïdale / panneau sandwich ✓ ⚠
- d. Tuiles bardeaux métalliques ✓ ⚠

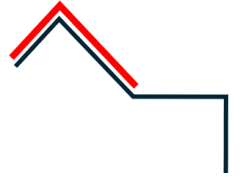


La fixation des bacs de tôles des **placages métalliques à double agrafes (a)** n'est pratiquement jamais calculée de base, pour intégrer un système solaire rapporté (ultérieurement).








# Toitures inclinées (SIA 232.1)



- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

1. Type de couverture → matériaux → couvertures métalliques

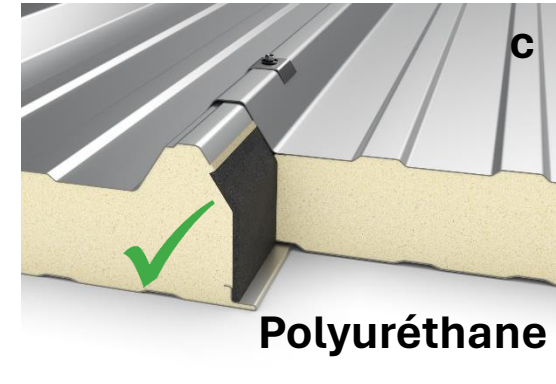
- a. Placage métallique à double agrafe ✓ 
- b. Plaques métallique à tasseau ✓
- c. Tôles trapézoïdale / panneau sandwich ✓ 
- d. Tuiles bardeaux métalliques ✓ 



Certains fabricants de **tôles sandwich (c)** ne garantissent plus l'étanchéité de la couverture lorsque l'âme est isolée en laine minérale et que des fixations viennent perforer la tôle pour l'intégration de systèmes solaires rapportés.

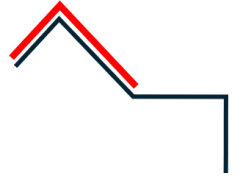


Laine minérale



Polyuréthane

# Toitures inclinées (SIA 232.1)



- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

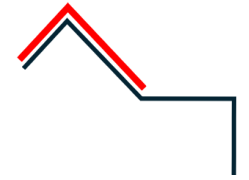
1. Type de couverture → matériaux → couvertures métalliques

- a. Placage métallique à double agrafe ✓ ⚠
- b. Plaques métallique à tasseau ✓
- c. Tôles trapézoïdale / panneau sandwich ✓ ⚠
- d. Tuiles bardeaux métalliques ✓ ⚠



La pose de systèmes rapporté sur des **tuiles / bardeaux métalliques (d)** ne peut se faire qu'avec l'accord du fabricant et mise en place de systèmes agréés par le fournisseur.



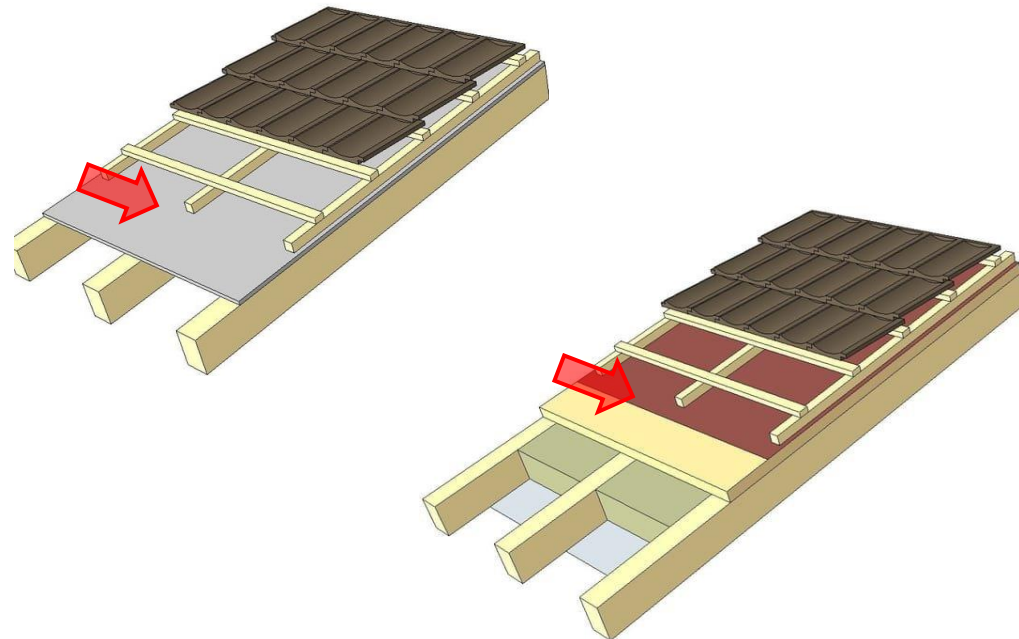


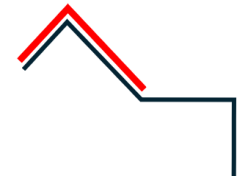
# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

## 3. État de la sous-couverture

Les toitures isolées doivent comporter une sous-couverture, avant la pose d'un système photovoltaïque rapporté, il faut vérifier la qualité de la sous-couverture.





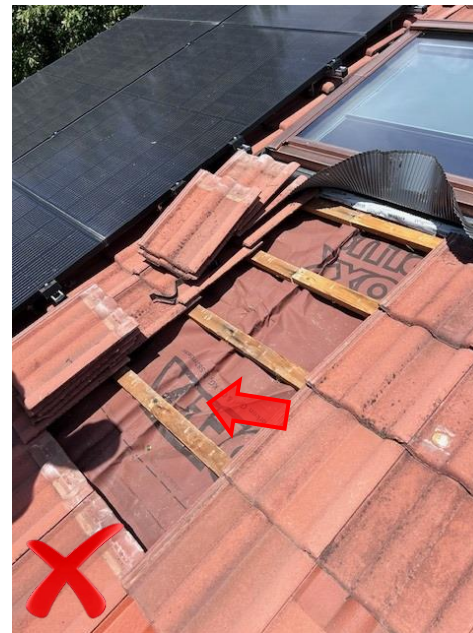
## Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

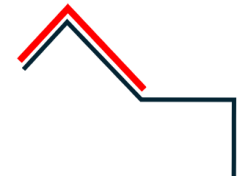
### 3. État de la sous-couverture

Les toitures isolées doivent comporter une sous-couverture, avant la pose d'un système photovoltaïque rapporté, il faut vérifier la qualité de la sous-couverture.

Il faut planifier la rénovation de la toiture, la pose d'une sous-couverture ne peut plus se faire si une installation solaire rapportée est construite. Il faudra démonter l'installation solaire pour rénover la toiture ultérieurement.







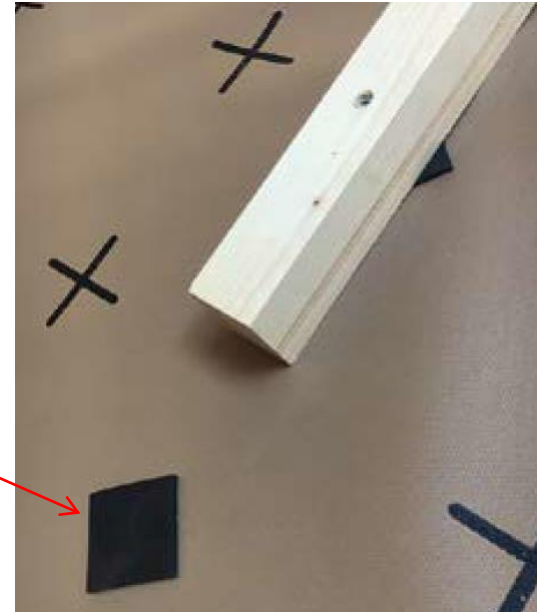
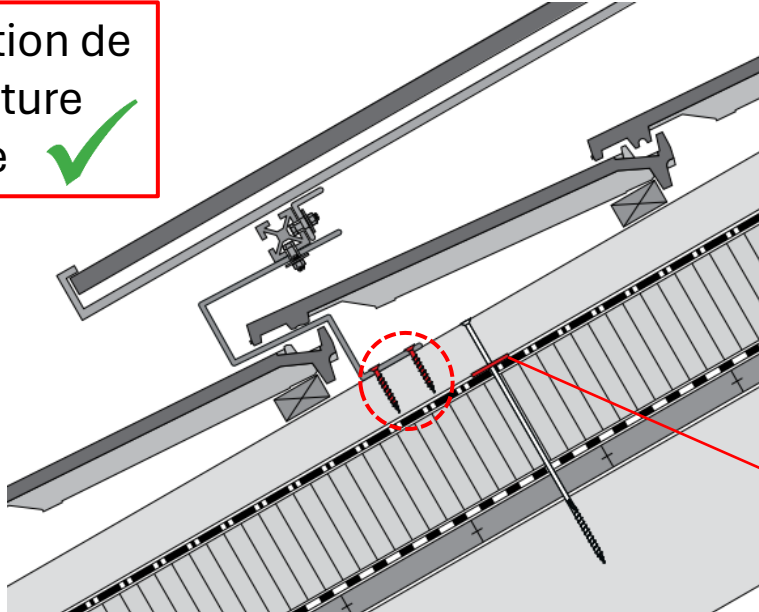
# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

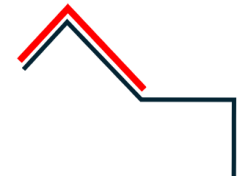
## 5. Mode de fixation

Si des fixations traversent la sous-couverture (au travers de la contre-latte), il faut vérifier que l'étanchéité entre la contre-latte et la sous-couverture soit assurée au passage de la fixation.

Pas de perforation de  
la sous-couverture  
= pas de risque ✓







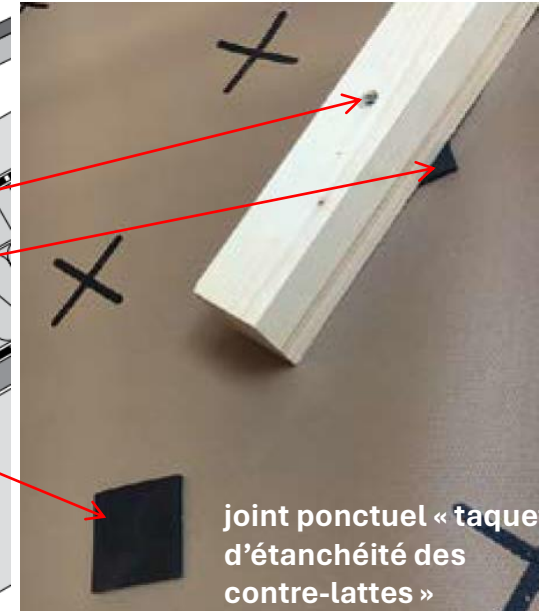
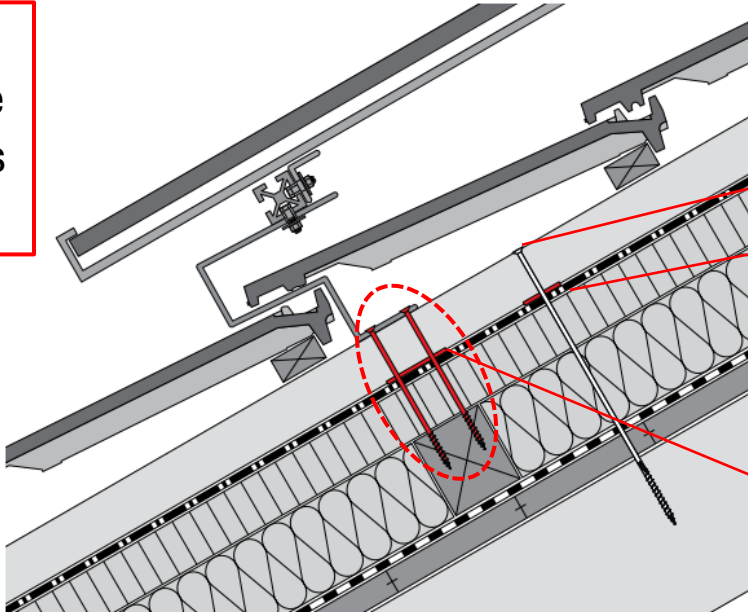
# Toitures inclinées (SIA 232.1)

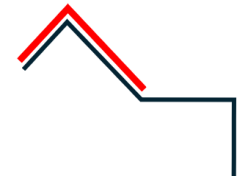
- Système rapporté → se construit sur la couverture → mesures

## 5. Mode de fixation

Si des fixations traversent la sous-couverture (au travers de la contre-latte), il faut vérifier que l'étanchéité entre la contre-latte et la sous-couverture soit assurée au passage de la fixation.

Perforation de la  
sous-couverture  
= étanchéité des  
fixations ⚠





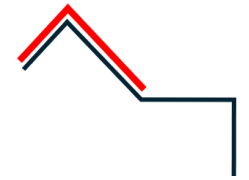
## Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système intégré → considéré comme la couverture → SIA 232.1



1. Exigences de la sous-couverture pour un système intégré
2. Lamé d'air, ventilation
3. Contre-latte





# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système intégré → considéré comme la couverture → SIA 232.1

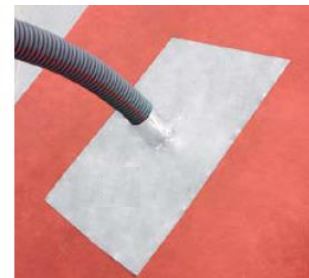
## 1. Exigences de la sous-couverture pour un système intégré

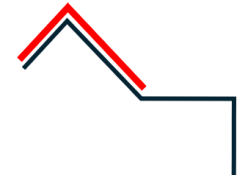
Les sous-toitures sous installations solaires intégrées doivent:

- Résister à une température de 80°C
- Les percements doivent être rendus étanches
- De nombreux systèmes solaires n'ont pas la même étanchéité que les matériaux de couverture standard et subissent donc plus d'infiltrations d'eau.
- Si le fabricant ne fournit pas d'informations sur l'inclinaison minimale la responsabilité incombe entièrement à l'entrepreneur.



Étanchéité de la sous-couverture aux passages de câbles





# Toitures inclinées (SIA 232.1)

- Système intégré → considéré comme la couverture → SIA 232.1

## 2. Lame d'air, ventilation

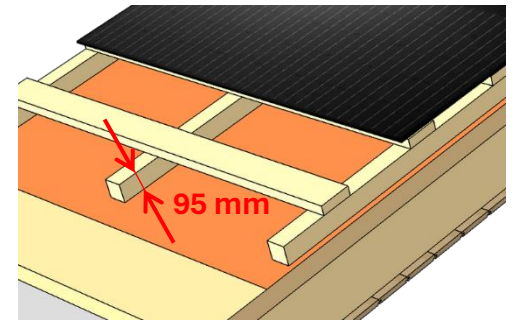
Il est recommandé d'augmenter la hauteur de la lame d'air de 15 mm par rapport aux exigences de la norme SIA 232.1.

Exemple:

Toiture à Neirivue 770 m, longueur de pan 7,50 m, pente de la toiture 18°

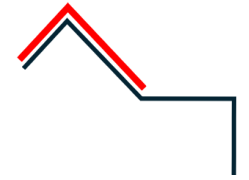
Neirivue altitude de référence:  $770 + 400 = 1170$  m.

- Altitude de référence SIA 261 (Neirivue majoration de 400m)
- Vide de ventilation SIA 232.1
- Augmentation de la hauteur de 15 mm soit 95 mm
- Hauteur de la contre-latte: **95 mm**



Longueur des chevrons [m]	Inclinaison de couverture [°], altitude de référence $h_0$ [m] et hauteur minimale de la section de lame d'air [mm]							
	<15		15 à <20		20 à <25		>25	
	<800	>800	<800	>800	<800	>800	<800	>800
<5	45	60	45	60	45	45	45	45
5 à <8	60	80	60	80	45	60	45	60
8 à <15	80	100	80	100	60	80	60	80
>15	100	120	100	120	80	100	60	100



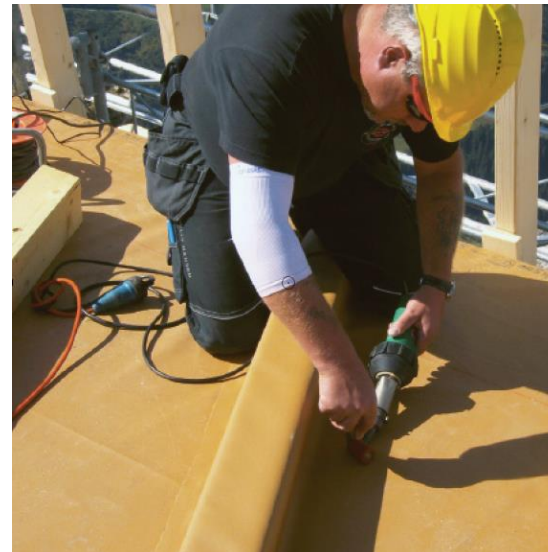
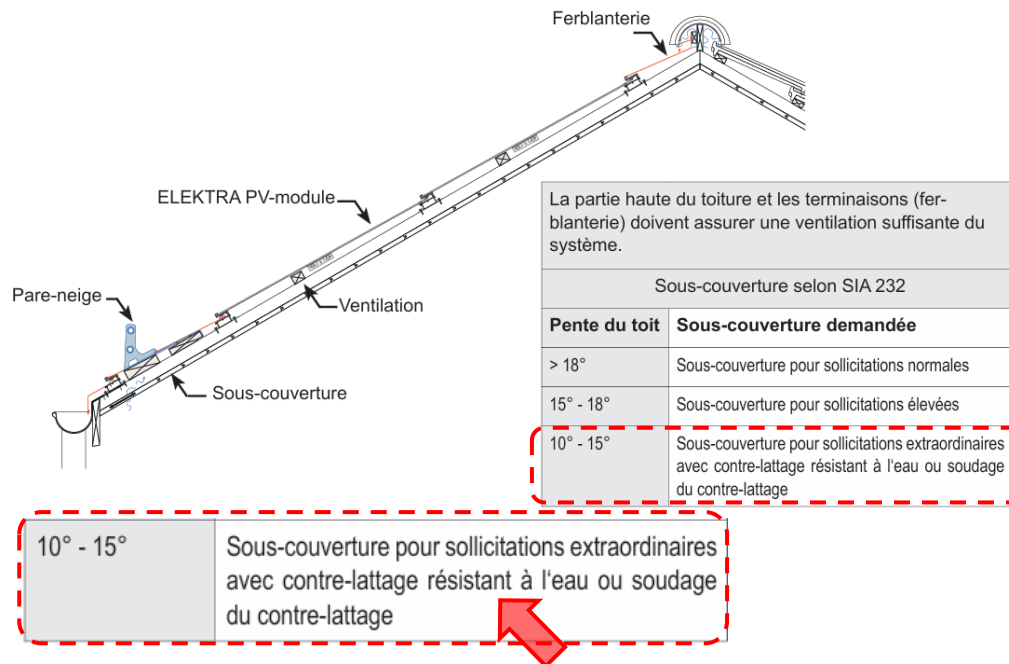


# Toitures inclinées (SIA 232.1)

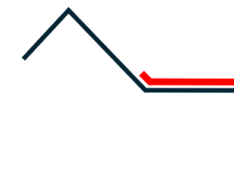
- Système intégré → considéré comme la couverture → SIA 232.1

## 3. Contre-latte

- Si la pente du toit est faible, certains systèmes préconisent des contre-lattes emballées dans la sous-couverture ou imputrescibles (p.ex. contre-lattes en PE).

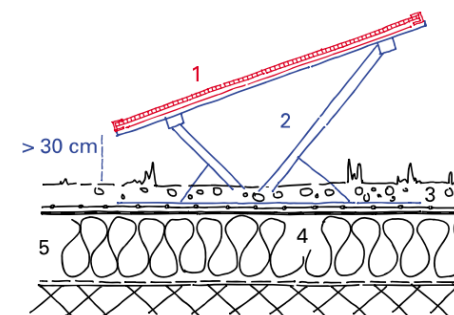




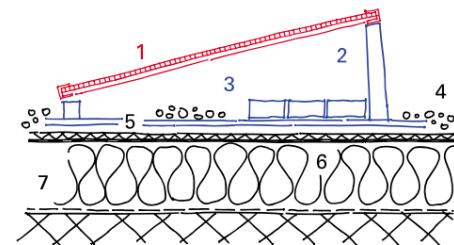


# Toitures plates (SIA 271)

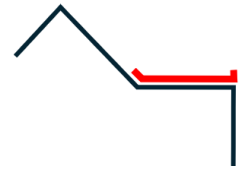
- Contrôles → mesures



- 1 Module PV encadré
- 2 Système de montage
- 3 Couche de substrat
- 4 Étanchéité avec couche de séparation
- 5 Isolation



- 1 Module PV encadré
- 2 Système de montage
- 3 Éléments de lestage
- 4 Gravier
- 5 Couche de protection / Natte de rétention
- 6 Étanchéité
- 7 Isolation

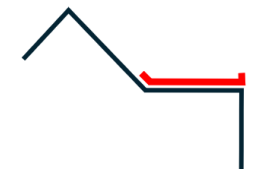


## Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

1. Contrôle de la sécurité en toiture
2. Contrôle des éléments du toit plat
3. Mesures de protection de l'étanchéité
4. Mesures d'entretien





# Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

## 2. Contrôle des éléments du toit plat

- État et âge de l'étanchéité
- Résistance à la pénétration des racines
- Qualité des raccords
- Durée de vie de la toiture
- Résistance à la compression de l'isolation
- Fonctionnement du système d'étanchéité
- Structure porteuse
- Compatibilité des matériaux



Sondage dans l'étanchéité afin de déterminer la qualité des couches



Fluage des relevés, l'étanchéité doit être reprise pour garantir une durée de vie en adéquation avec l'installation PV



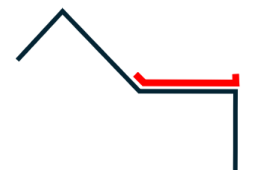
## Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

### 2. Contrôle des éléments du toit plat

- Établir une convention d'utilisation selon la SIA 260
- Déterminer les contraintes locales dues à la neige
- Déterminer le lestage du système
- Déterminer les charges possibles sur la toiture
- Communiquer le poids du lestage à l'ingénieur
- Contrôler que le lestage n'endommage pas la structure
- Contrôler si l'accessibilité est conforme aux exigences



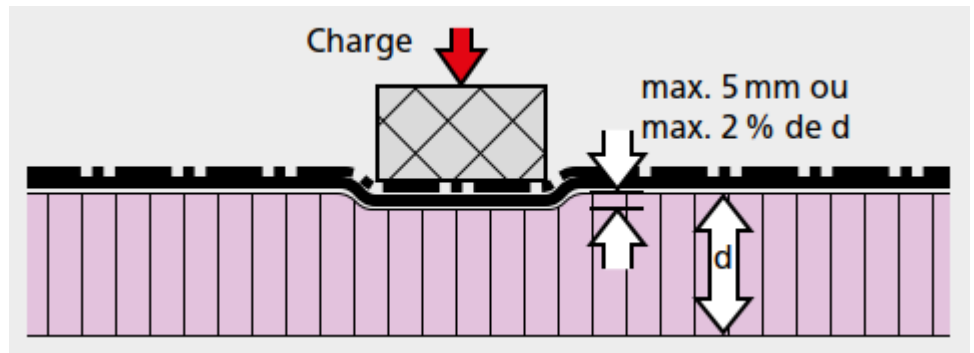


# Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

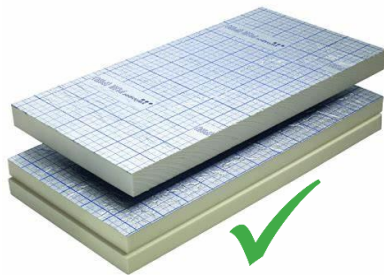
## 2. Contrôle des éléments du toit plat

L'isolation devrait présenter une **contrainte en compression de > 120 kPa.**

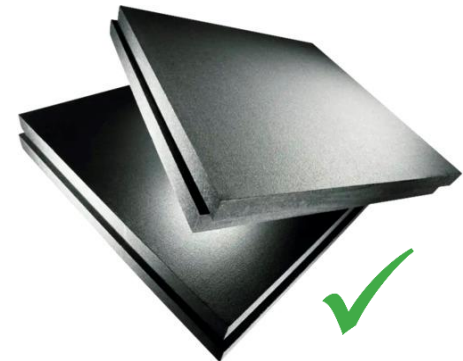


Exigences que doivent remplir les couches d'isolation thermique sous charge

Polyuréthane PUR / PIR



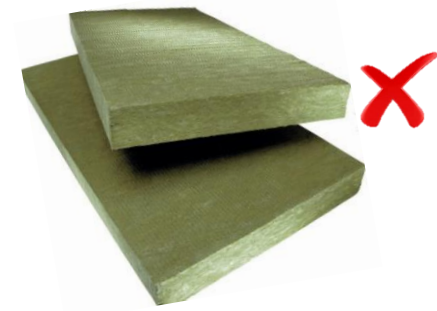
Polystyrène et Polystyrène graphité



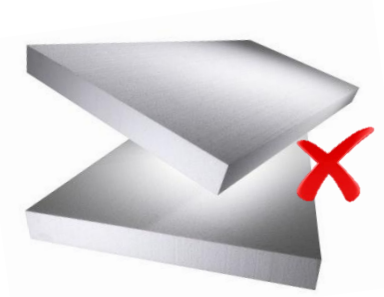
Laine de pierre «MEGA»



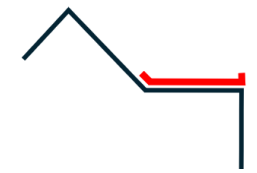
Laine de pierre



Polystyrène EPS 20







# Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

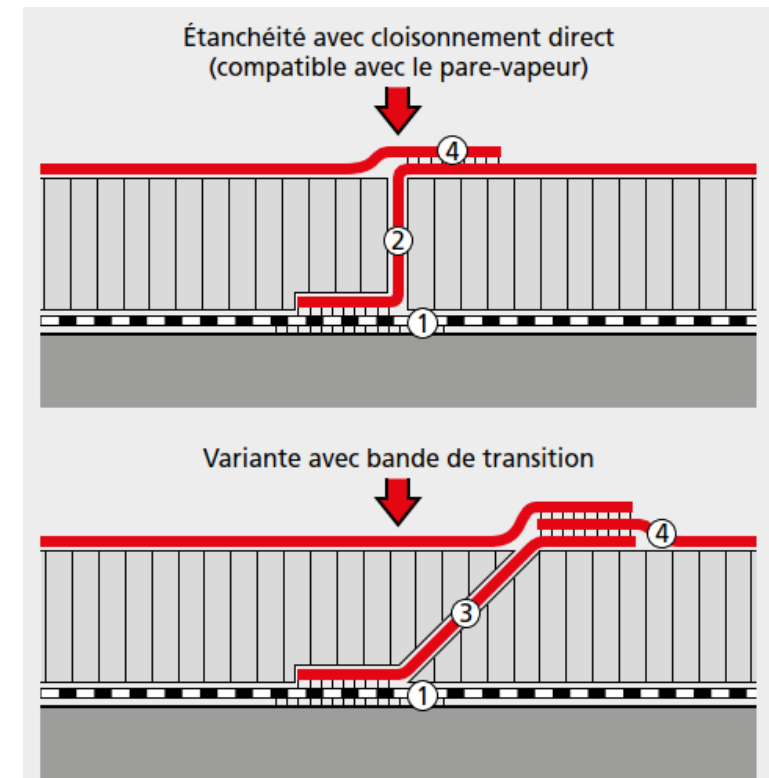
## 2. Contrôle des éléments du toit plat

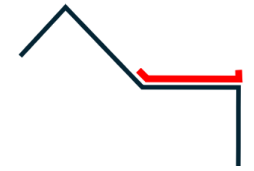
Sous une installation solaire, la toiture doit être **cloisonnée** tous les 300 m<sup>2</sup>

Le plan de cloisonnement de la toiture doit être mis à disposition.



L'étanchéité est rabaissée sur le pare-vapeur pour former des cloisonnements étanches





# Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

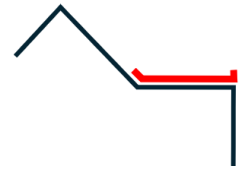
## 3. Mesures de protection de l'étanchéité

Les **couches de protection** peuvent être de différente nature

- Géotextile d'au moins 500 g/m<sup>2</sup> avec plaque en plastique recyclé (1)
- Polystyrène extrudé avec plaque de ciment (2)
- Lé synthétique TPO 1,2 mm et plaque de ciment (3)







# Toitures plates (SIA 232.1)

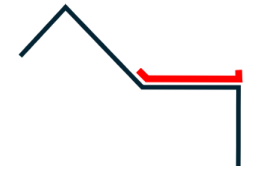
- Contrôles → mesures

## 3. Mesures de protection de l'étanchéité

Éviter de percer au travers des plaques de ciment sans prendre des mesures (mèche à butée)







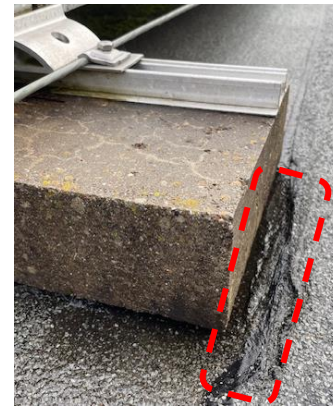
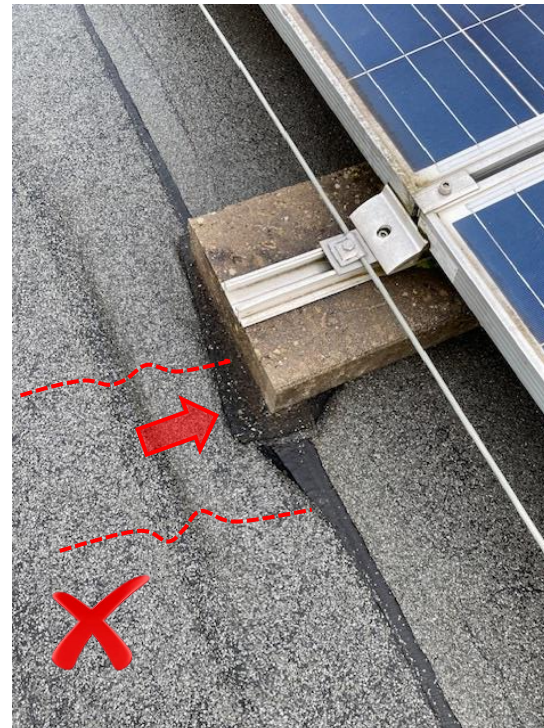
# Toitures plates (SIA 232.1)

- Contrôles → mesures

## 3. Mesures de protection de l'étanchéité

Tenir compte de la **dilatation** des rails

Dilatation de l'aluminium 2,4 mm/(m 100K)  
Exemple: un profilé en aluminium classique qui a une longueur de 6 m. Le coefficient de dilatation de l'aluminium est de 2,4 mm/(m 100K). En hiver, nous tablons sur des températures extérieures de -20°C et en été de +80°C sur nos toits. La différence est de 100°C.  
**La dilatation d'un profilé de 6 m** est de:  
 $2,4 \text{ mm/m} \cdot 6 \text{ m} = 14,4 \text{ mm}$  soit **1,44 cm**





QUESTIONS?

Intégralité de la présentation sous  
[www.edco-bssa.ch](http://www.edco-bssa.ch)



**MERCI**

# Eblouissement des installations PV : éviter les problèmes

---



**Jean Cattin**

Conseiller technique  
photovoltaïque

Swissolar, Yverdon-les-Bains



# Mitigation expérimentale de l'éblouissement par une installation PV

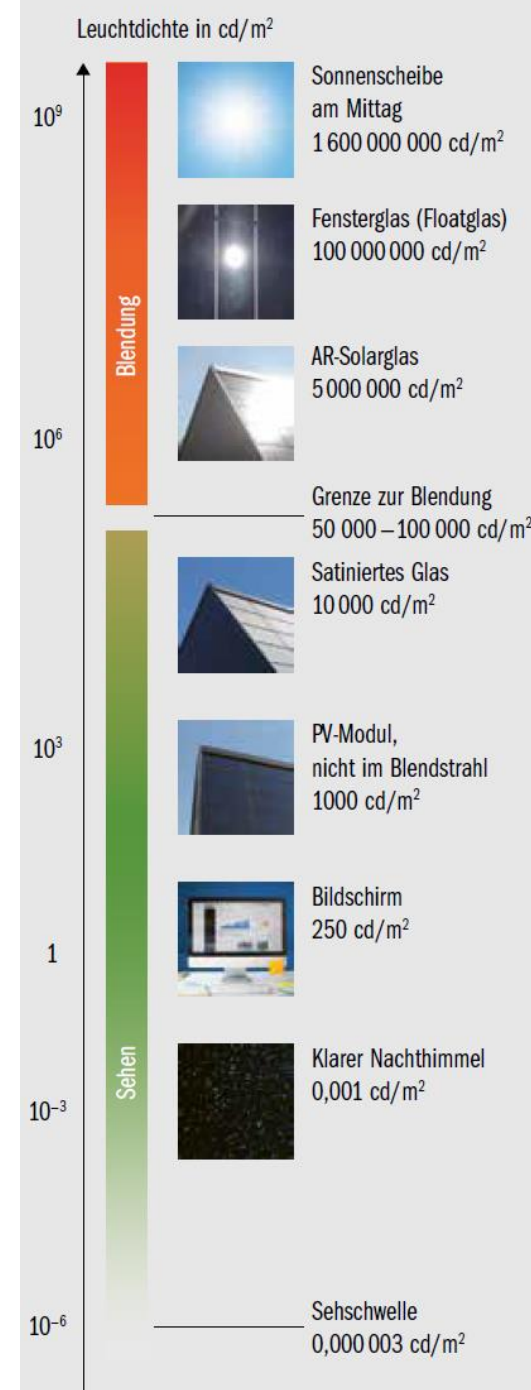
**Prof. Dr. Christof Bucher, Berner Fachhochschule**

Présenté par Jean Cattin, Swissolar



# Définition de l'éblouissement

- ▶ L'éblouissement est mesuré (en Europe) par la luminance : candela par mètre carré
  - ▶ Module PV standard : 5 000 000 cd/m<sup>2</sup>
  - ▶ Module PV à faible éblouissement : 20 000 cd/m<sup>2</sup>
- ▶ L'éblouissement est presque indépendant de la quantité de lumière :
  - ▶ Mur blanc : réflexion de 80% -> pas d'éblouissement
  - ▶ Module PV : 5% de réflexion -> risque d'éblouissement
- L'éblouissement est principalement causé par la concentration du rayonnement réfléchi.
- ▶ Il n'y a pas de valeur limite. Mais il est admis qu'elle se situerait **entre 30 000 cd/m<sup>2</sup> et 400 000 cd/m<sup>2</sup>**.





# Mesure de l'éblouissement

Goniophotomètre,  
Mesure BRDF

- ▶ Mesure en laboratoire



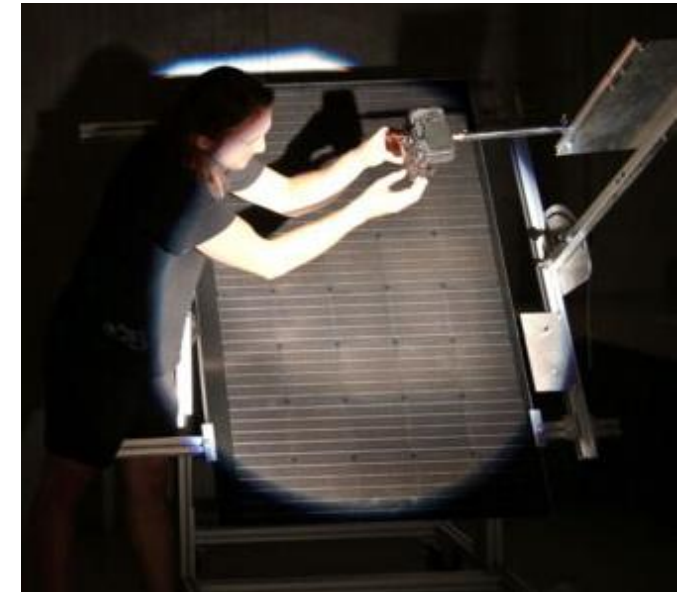
luminancemètre

- ▶ Appareil portatif
- ▶ Labo ou terrain



Caméra photo

- ▶ Appareil portatif
- ▶ Labo ou terrain



# Qu'est-ce qui éblouit ? Qu'est-ce qui n'éblouit pas ?

Une main n'éblouit pas



Ou bien si ?

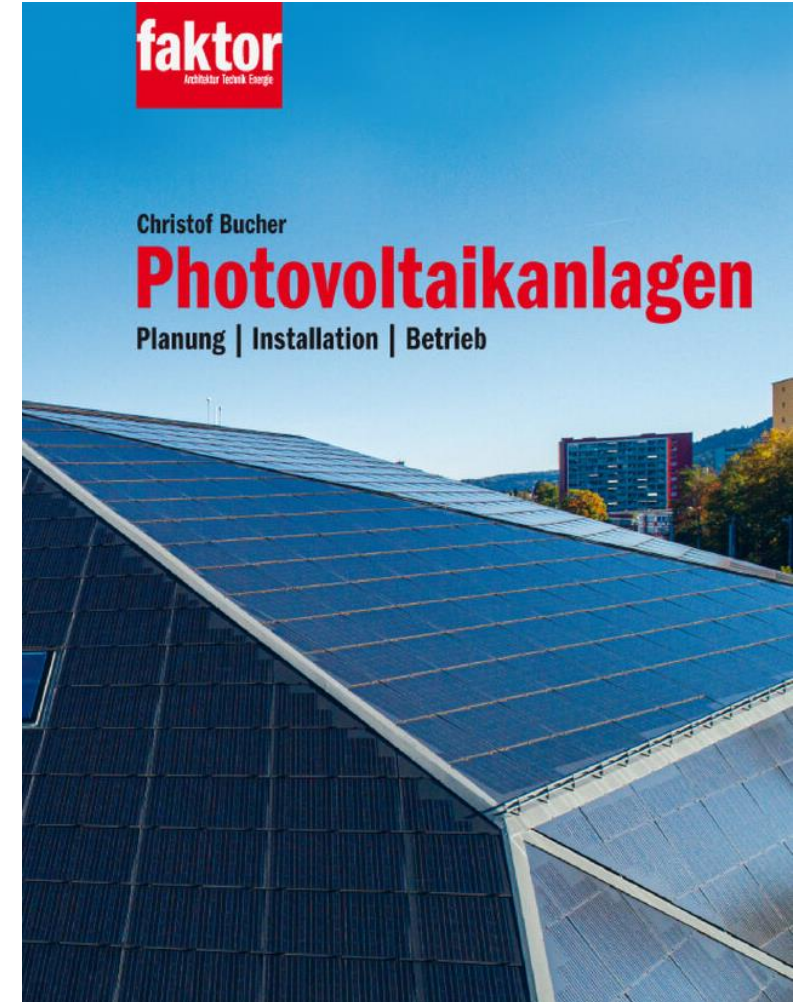


Pratiquement toutes les surfaces sont éblouissantes lorsqu'on les observe dans la direction du faisceau réfléchi.

Qu'est-ce donc qu'un module solaire anti-éblouissement ?

# Proposition de définition

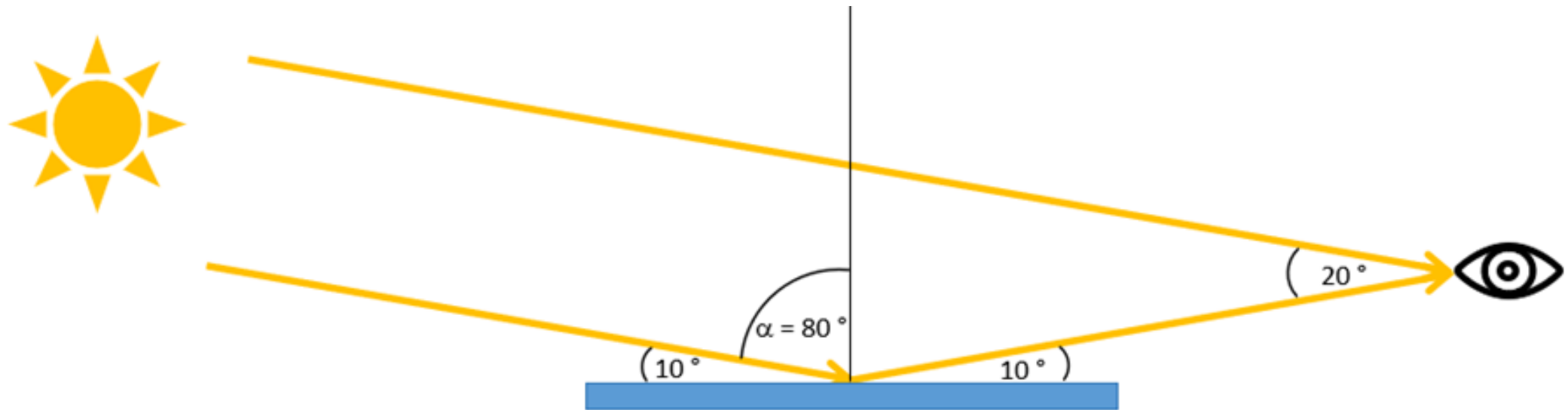
- ▶ **Modules PV anti-éblouissement:** Un module PV est considéré comme anti-éblouissement lorsqu'il présente une luminance plus faible que la surface la plus claire dans le périmètre immédiat, quel que soit l'angle d'incidence de la lumière. Cela est communément appelé anti-éblouissant.
- ▶ **ATTENTION :** Il est possible que le terme « anti-éblouissement » soit remplacé par « peu éblouissant ».
- ▶ Prévu dans la deuxième édition du livre spécialisé « Photovoltaikanlagen », Faktor Verlag, 2025



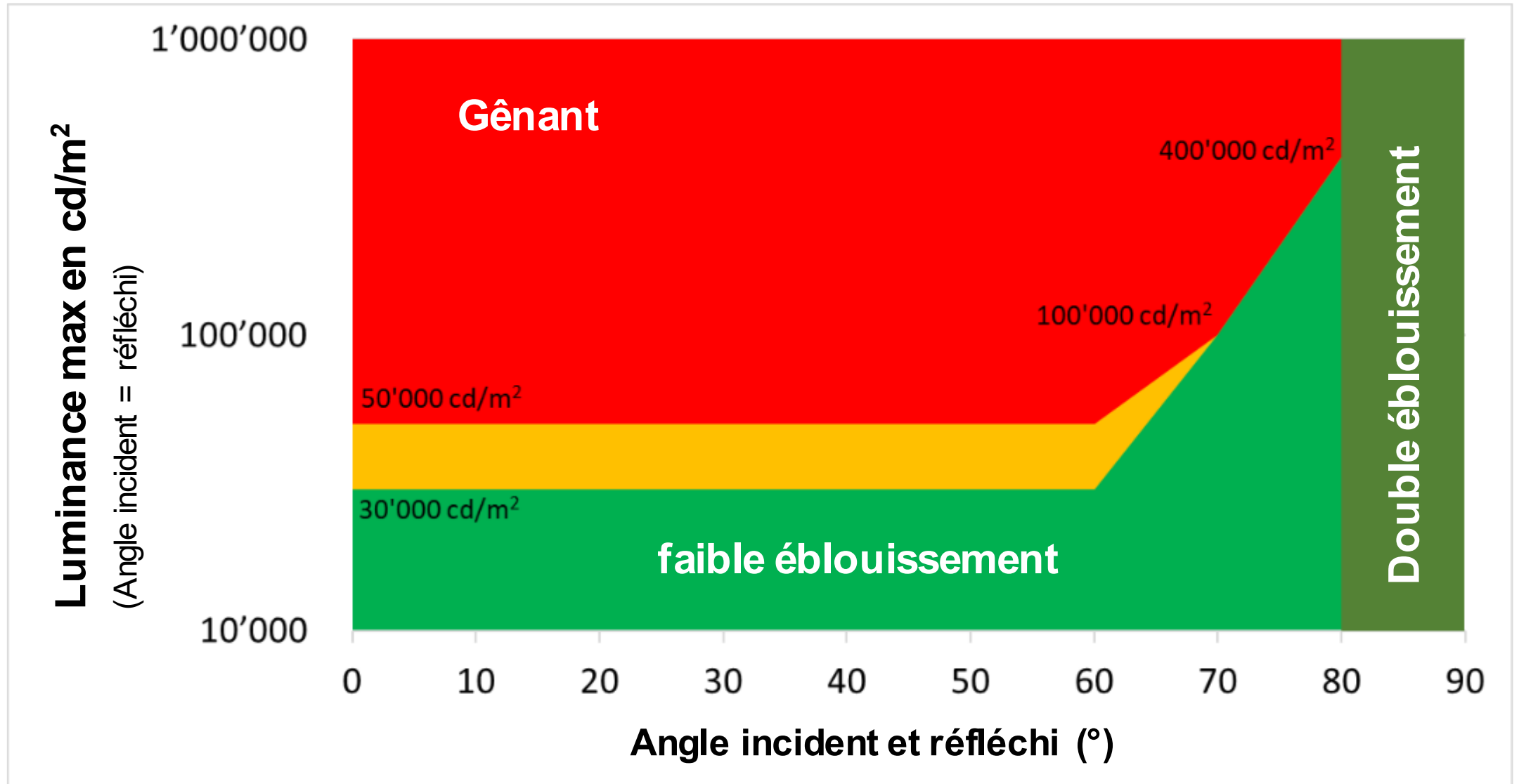


# Double éblouissement, Sun Masking

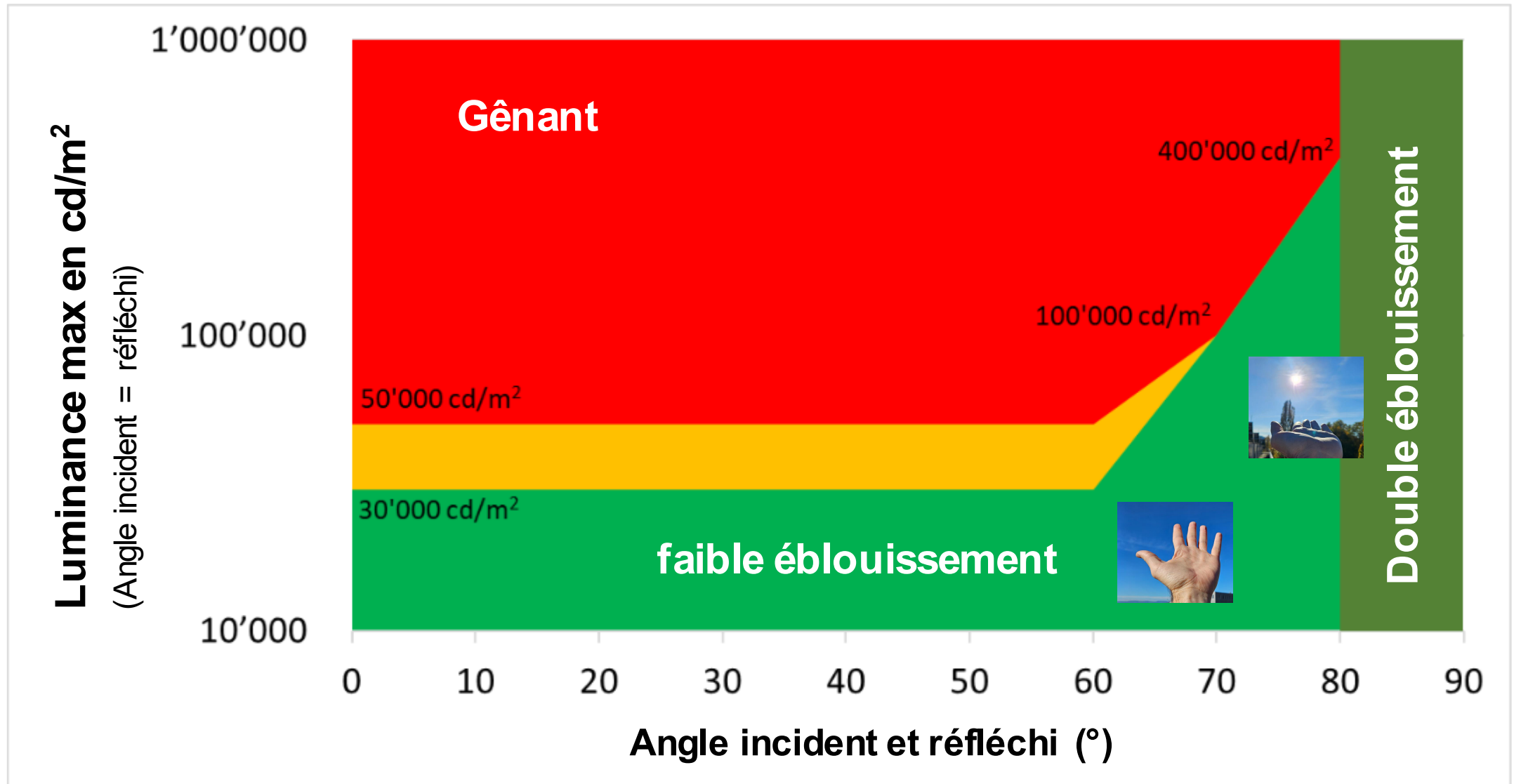
- ▶ « le soleil éblouit de toute façon »



# Suggestion de valeur limite



# Suggestion de valeur limite



# Différents produits, différentes propriétés d'éblouissement





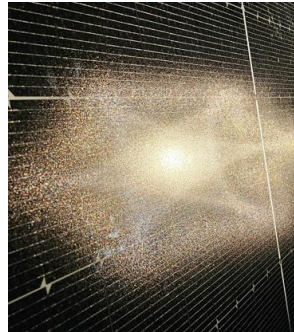
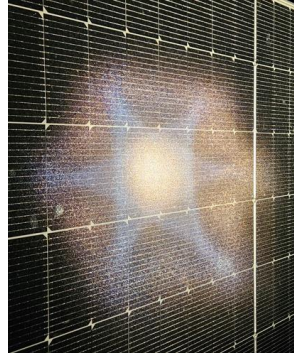
# Produits anti-éblouissement sur le marché

Verre solaire standard



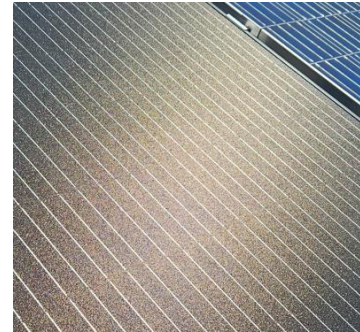
éblouis

Verre structuré



éblouis parfois

Revêtement (Deflect™)



Film, verre satiné



n'éblouis pas

# Défis pour les produits anti-éblouissement

- ▶ Prix (verre satiné)
- ▶ Utilisation d'acide (verre satiné)
- ▶ Longévité (coating, films)
- ▶ Retrofit impossible (verre satiné)
- ▶ Encrassement ?
- ▶ Transmission / rendement énergétique ?

# Options de solution modules PV anti-éblouissement

Produit	Avantage	Inconvénient
Revêtement Deflect™	Bon marché, éprouvé, robuste	Éblouit à faible incidence
Verre sablé	Bon marché, facile à produire	Endommage le verre, encrassement
Verre satiné	Très faible éblouissement, robuste	Relativement cher, fabrication requiert du HF
Film	Très faible éblouissement, potentiellement bon marché, retrofit possible	Peu d'expérience Robustesse?
Revêtement (Spray)	Potentiellement bon marché	Ne fonctionne pas

# Défis des films ajoutés

- ▶ Sur le marché depuis mars 2024 environ, pas d'expérience à long terme.
- ▶ Application du film
- ▶ Le film n'adhère pas à tous les verres. Plus le verre est plat, mieux c'est.
- ▶ Perte de rendement/transmission : 1%, 3%, 7% ?



# Projet pilote



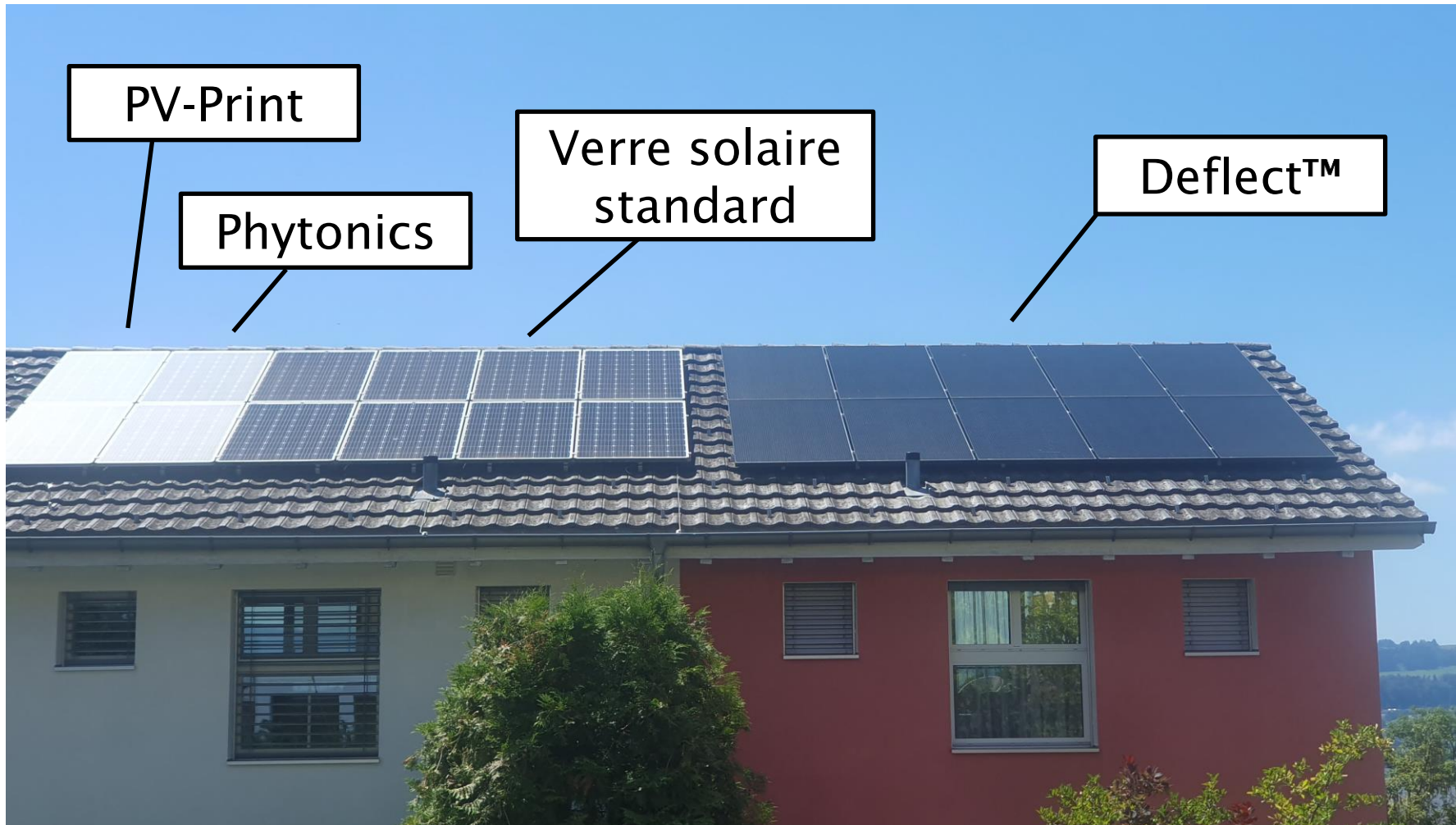
- ▶ Toiture nord en pente
- ▶ Éblouissement au début et à la fin de l'été
- ▶ 2-4 h d'éblouissement par jour

# Projet pilote - situation de départ



Seconde  
installation  
construite avec  
Deflect™

# Projet pilote : test avec des films





# Les films semblent plus clairs...

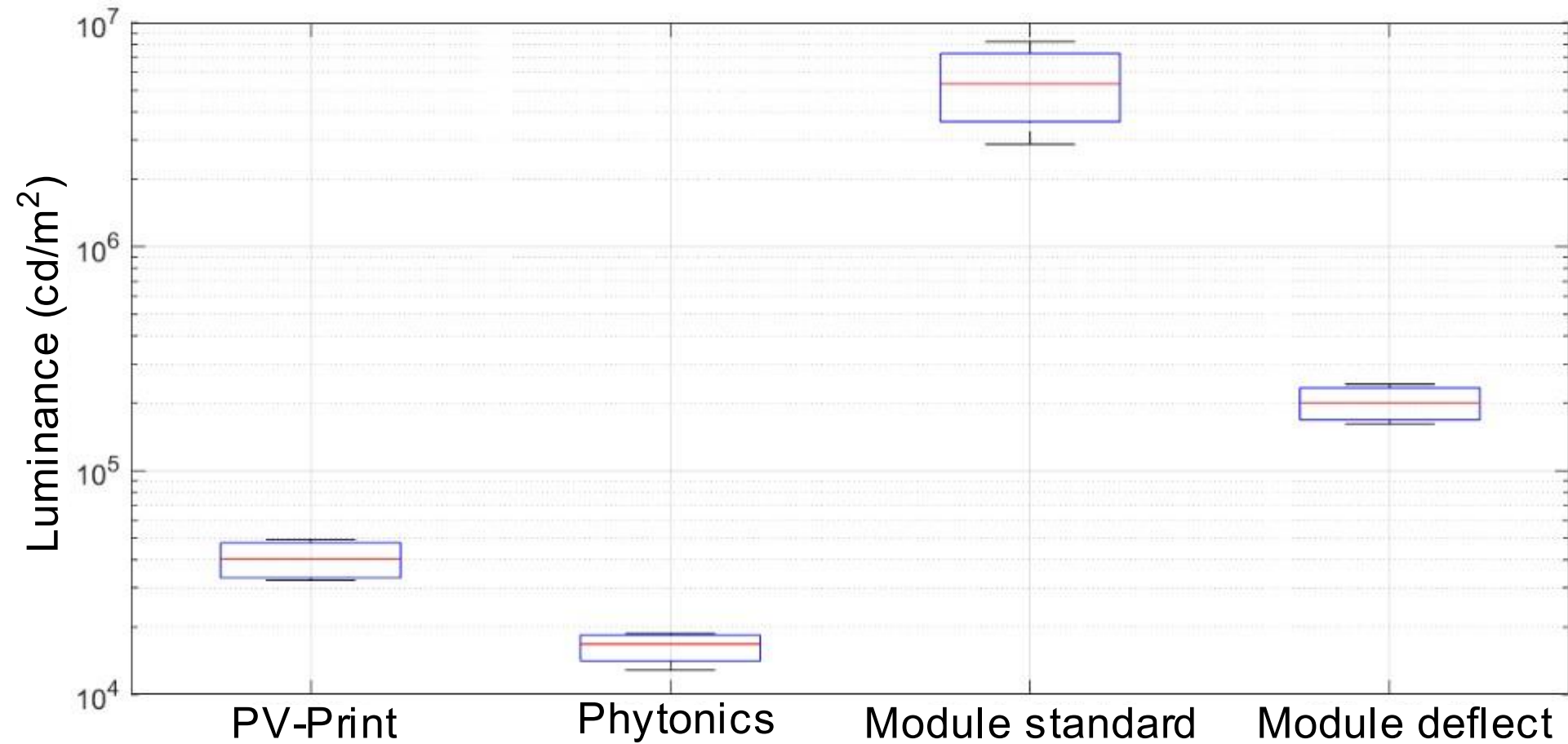




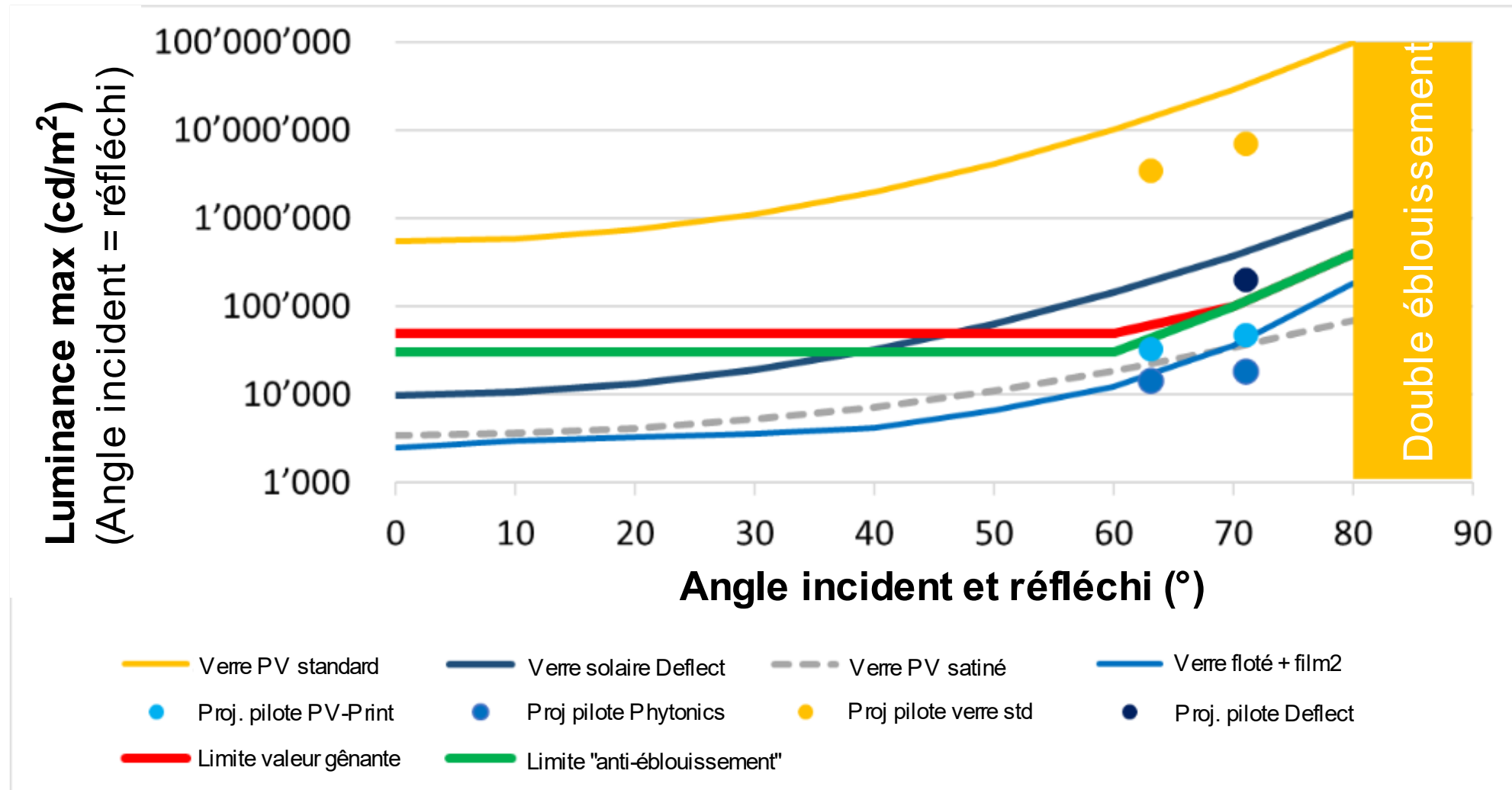
... mais n'éblouissent pas



# Résultats de mesures



# Résultats de mesures



# Recommandation Swissolar

---

- **Critique:** les pans à risque doivent faire l'objet d'une étude d'éblouissement et si nécessaire de mesures de mitigation.
- **Cours sur l'éblouissement:** peu fréquenté, mais fortement recommandé pour les installateurs et planificateurs.
- **Guide LAT** en discussion avec Swissolar: adaptation pour les communes -> refuser les annonces pour les pans nord non accompagnés d'une étude d'éblouissement et si nécessaire d'éventuelles mesures de mitigation.

Le PV ne doit pas créer de conflits de voisinage!

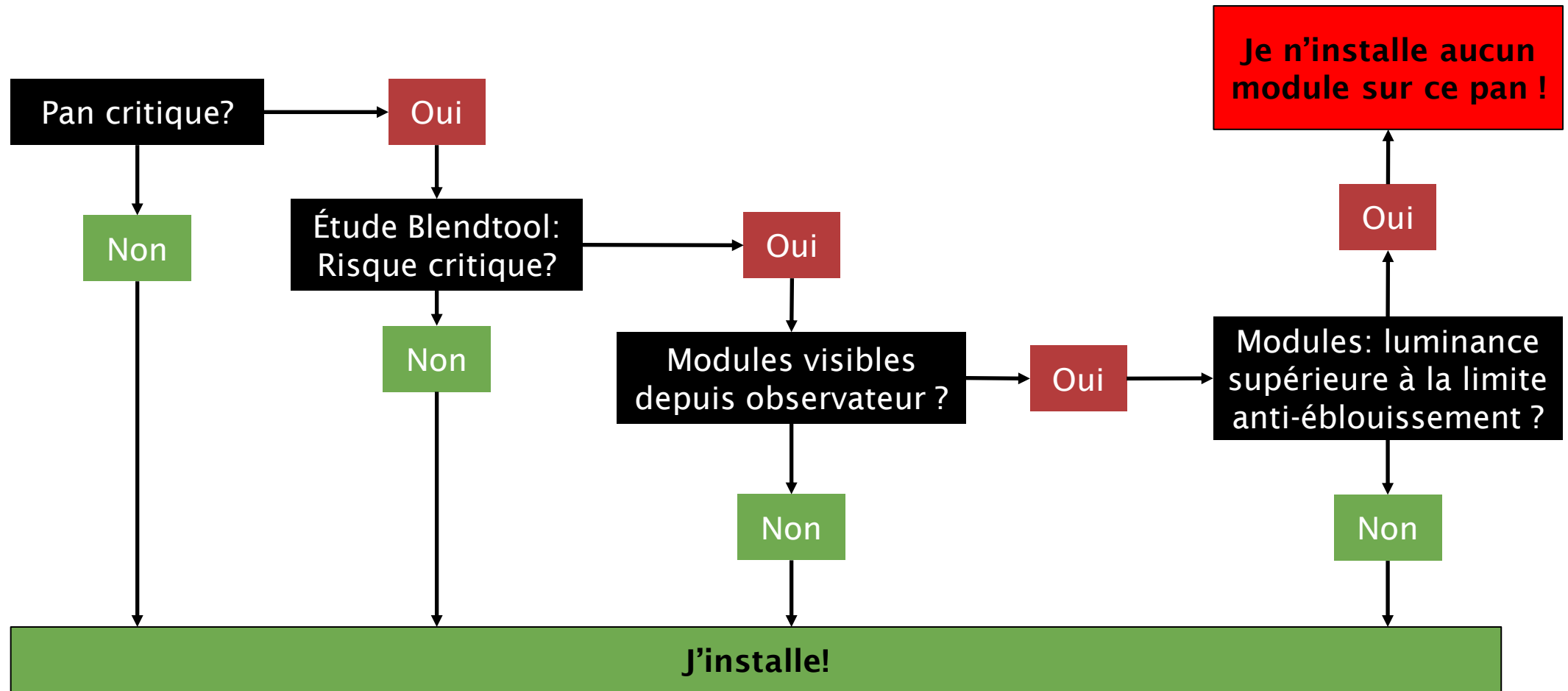


**Outil gratuit, rapide et facile d'utilisation:** <https://blendtool.ch/>

**Critères de criticité, selon la durée quotidienne d'éblouissement:**

- 30-60 minutes: max 60 jours/an
- 60-120 minutes: max 20 jours/an
- Total annuel: max 60 heures

# Récapitulatif pour vos projets





Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences


# Merci pour votre attention

Auteur: [christof.bucher@bfh.ch](mailto:christof.bucher@bfh.ch)


Présentateur: [cattin@swissolar.ch](mailto:cattin@swissolar.ch)

# Table Ronde - GRD et installateurs: Construire l'avenir ensemble




 **Modérateur:**  
**Yannick Liniger**  
Coordinateur de la  
PGRD Romande  
Energie, Morges




 **Lionel Fontannaz**  
Responsable Electricité,  
OIKEN, Sion



 **Killian Thonney**  
Directeur / Administrateur  
Electro-Sol, Cossonay




 **Denis Arnoult**  
Ingénieur de projets,  
SIG, Le Lignon




 **André Gomes**  
Directeur Business Line  
PV & AC, Soltop,  
Yverdon-les-Bains



 **Stéphane Daetwyler**  
Chargé de  
développement  
stratégique – Technique  
réseau, Romande  
Energie, Morges



 **Pascal Affolter**  
Responsable technique,  
Solstis, Lausanne





Pause café  
jusqu'à 15h45

**Cette pause est  
sponsorisée par:**

***ELEKTRON***

# Session networking

---

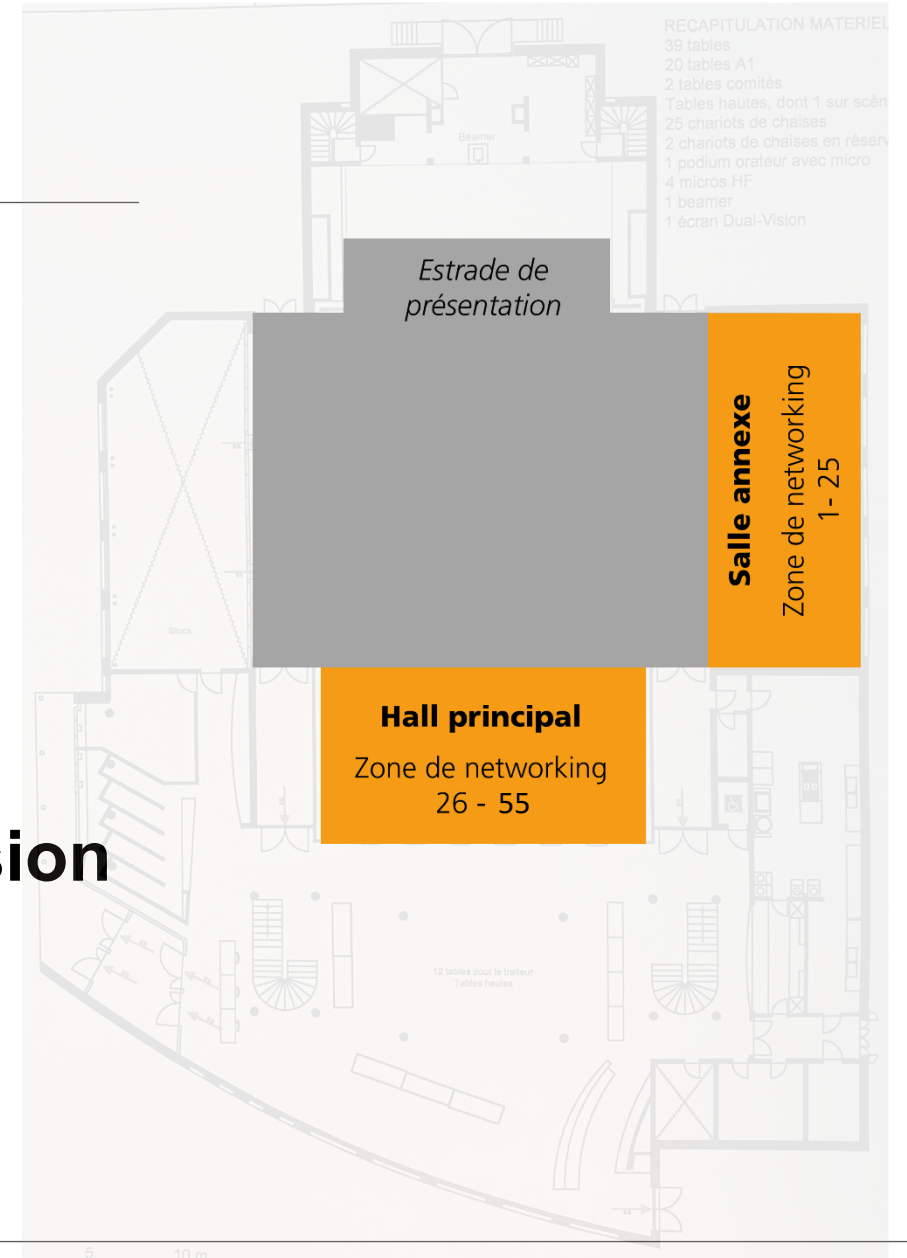
SWISSOLAR 



## Networking de 15h30 à 16h45

5 rendez-vous de 12 minutes chacun

3 minutes d'intervalle entre chaque session



# Mot de clôture

---



**Vassilis Venizelos**

Conseiller d'État, Chef du  
Département de la jeunesse, de  
l'environnement et de la sécurité  
(DJES),

État de Vaud, Lausanne



# Organisateurs et sponsors

---

Organisateurs

SWISSOLAR 



Sponsors Or



Sponsors de  
pause

Climkit *ELEKTRON*



Énergies

Partenaire

ElektroForm solar



Dès 17h: Apéritif

**Cet apéro est  
sponsorisé par:**



Énergies

# Questionnaire de satisfaction

---

**Questionnaire**

