

Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

PRESENTATION DU GUIDE PRATIQUE UTE C 15-712-1



Sommaire

- Rappel des spécificités des installations photovoltaïques**
- Protection des personnes**
- Protection pour les intervenants**
- Protection des biens**
- Mise à la terre des masses dans les installations PV**
- Choix et mise en œuvre des matériels dans une installation PV**
- Signalisation**

Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

RAPPEL DES SPÉCIFICITÉS DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

Spécificités des installations photovoltaïques

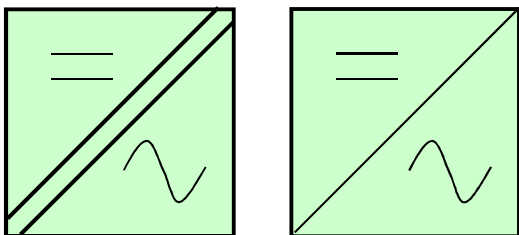
- ❑ Câblage courant continu
 - plusieurs centaines de volts : non familier aux électriciens
 - arc électrique sur circuit PV plus difficile à interrompre

- ❑ Les modules photovoltaïques délivrent une tension en journée qu'on ne peut pas interrompre

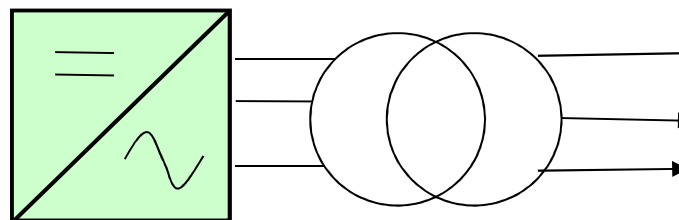
- ❑ Les modules photovoltaïques sont des générateurs de courant :
 - les protections conventionnelles ne sont pas opérationnelles en cas de défaut

- ❑ Les installations photovoltaïques font appel à des compétences :
 - de couvreur pour intégration au bâtiment
 - d'électricien pour le câblage DC et AC

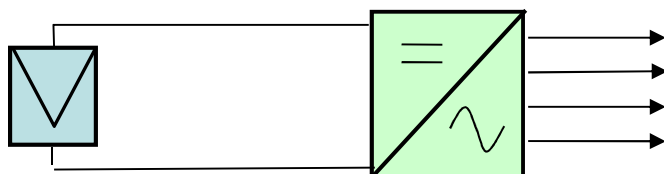
Spécificités des installations photovoltaïques



Onduleur avec et sans
séparation galvanique

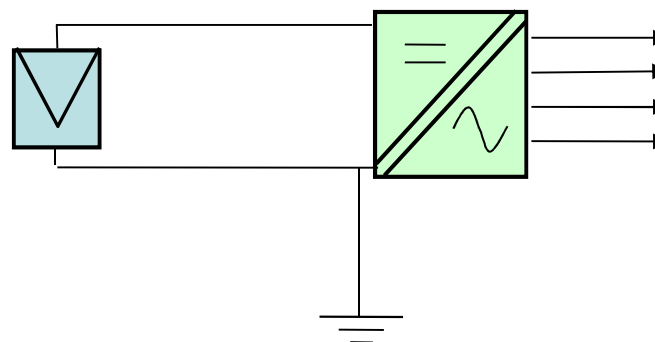


Onduleur avec séparation
galvanique externe (transfo)



Aucune polarité reliée
à la terre

ou



Une polarité mise à la terre pour
des raisons fonctionnelles

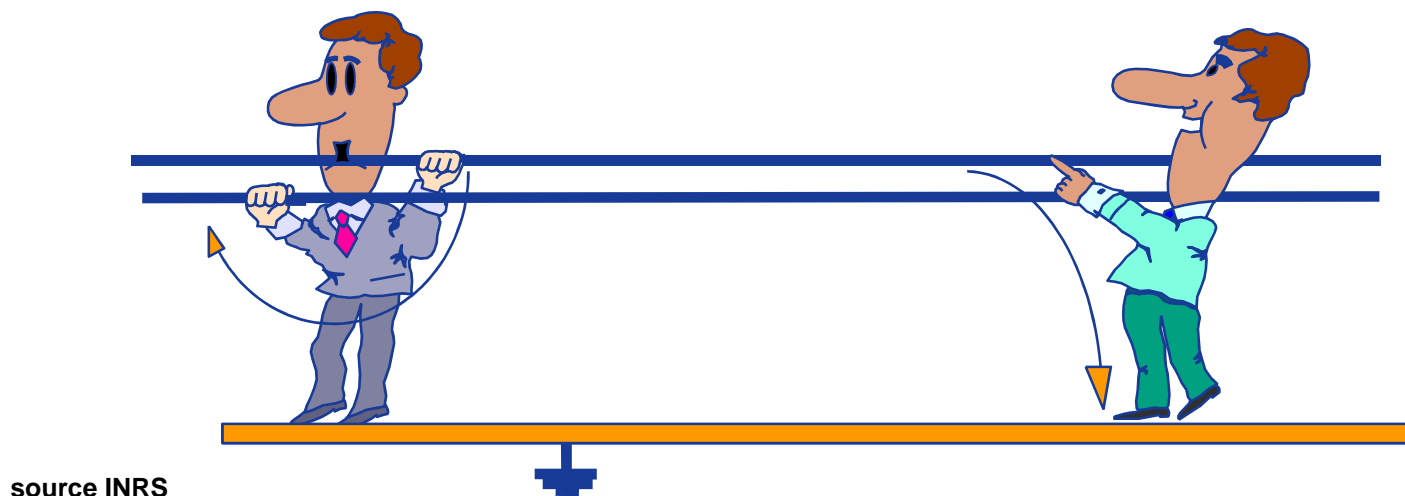
Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

PROTECTION DES PERSONNES

Contacts directs et indirects

Contacts directs

- ❑ Contact direct : contact avec conducteurs actifs :

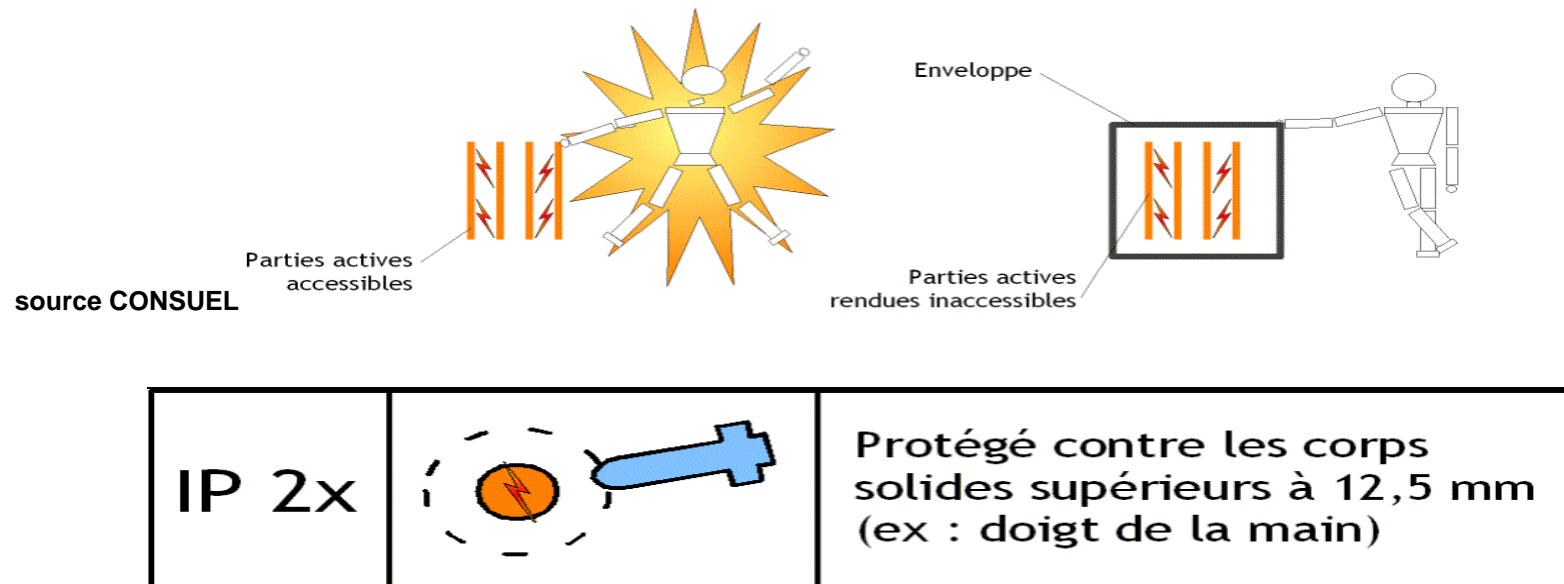


- ❑ Protection obligatoire contre les contacts directs à partir de (cf chap 414 de la NFC 15-100) :
 - 60 V pour les circuits en courant continu
 - 25 V pour les circuits en courant alternatif

Protection contre les contacts directs

□ Protection :

- Pièces sous tension hors de portée des personnes
- Protection par enveloppe ou isolant
 - L'enveloppe ne doit pouvoir être retirée qu'avec l'aide d'un outil
 - L'enveloppe doit avoir un degré de protection minimum IP 2x ou IP xxB



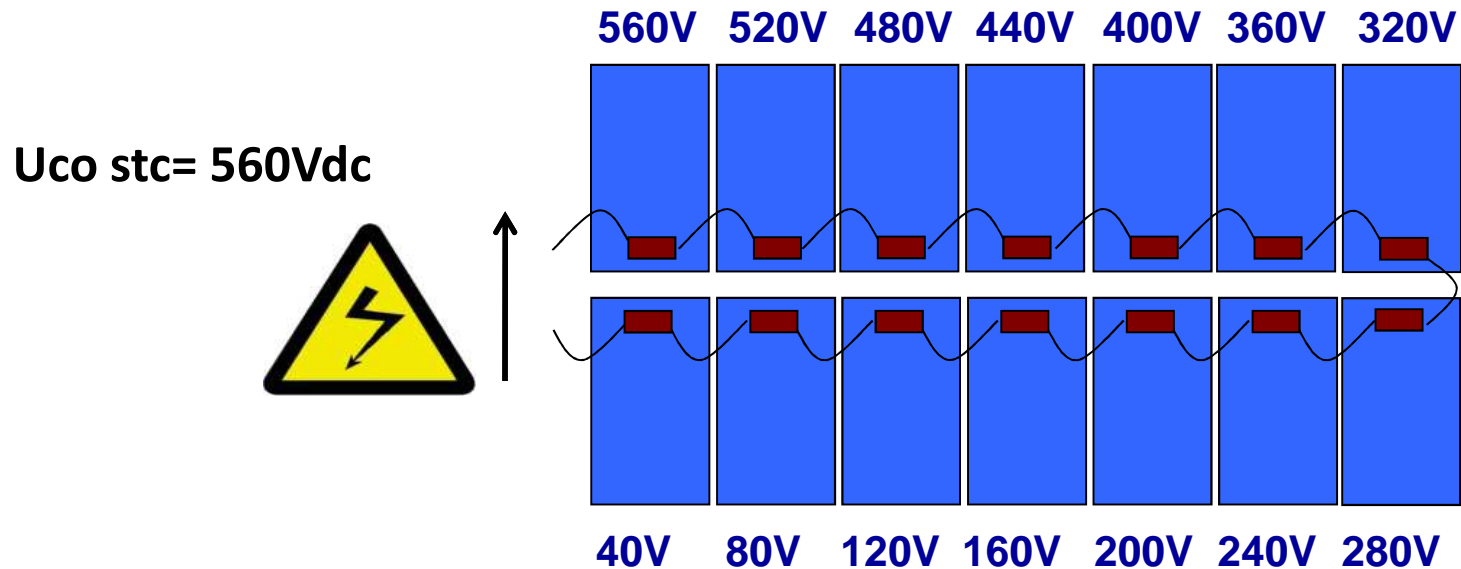
Protection contre les contacts directs

Application en photovoltaïque :

Protection contre les contacts directs :

- ❑ Des conducteurs actifs DC (+) et (-) dès la mise en série de quelques modules ($U_{co\ max} = k U_{co\ stc}$ avec $k > 1$)
- ❑ Des conducteurs actifs (L + N) en sortie onduleur : $U = 230\ V > 25\ V$
- ❑ Exemples :
 - Armoire ou coffret
 - Boite de jonction DC
 - Boite de raccordement DC
 - Câbles DC et AC

Protection contre les contacts directs



- Exemple : 14 modules ($U_{co}=40V$) en série ont une tension de circuit ouvert $U_{co} = 560Vdc$!!
- En PVR: $60V < U_{ocmax} < 1000V$ en pratique

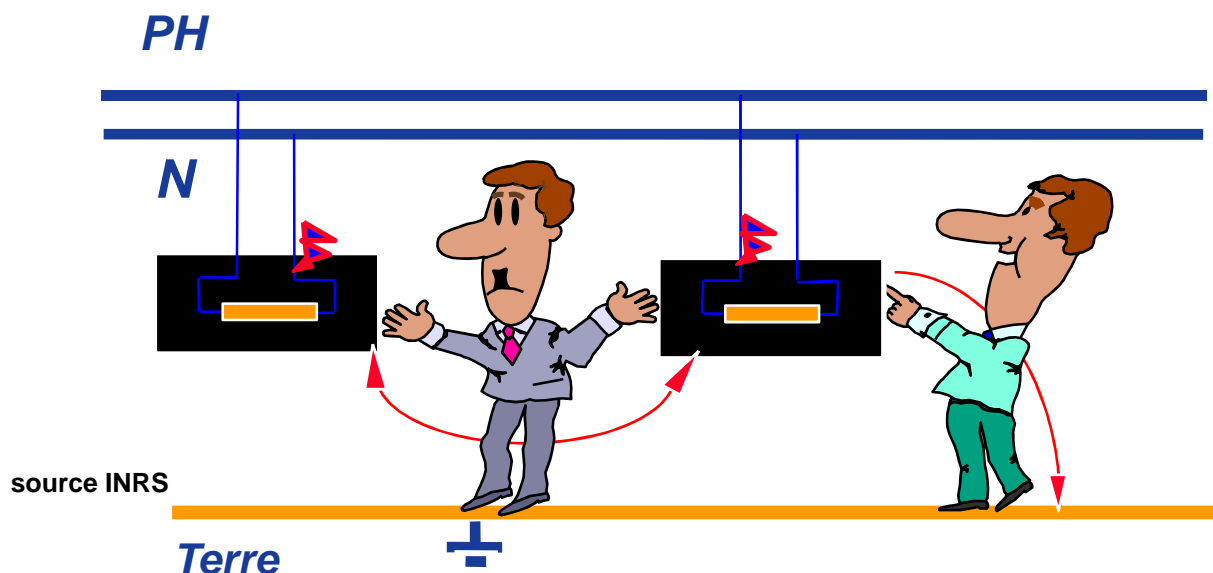


Mettre des connecteurs pour se protéger contre les contacts directs



Protection contre les contacts indirects

Contact indirect : contact électrique de personnes avec des masses mises sous tension à la suite d'un défaut d'isolement



Protection obligatoire à partir de :

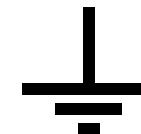
- ❑ 120 V pour les circuits courant continu BT
- ❑ 50V pour les circuits courant alternatifs BT

Protection contre les contacts indirects

■ 2 possibilités en fonction de la classe d'isolement des matériels :

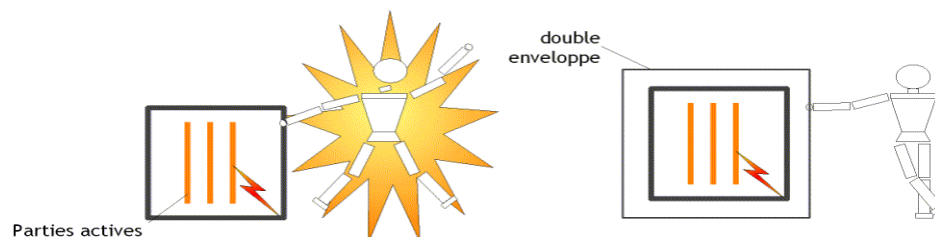
□ Matériel de classe I

- Nécessité de mettre les masses métalliques accessibles à la terre
- Coupure automatique de l'alimentation au premier défaut (schéma de liaison à la terre : TT et TN)
- Signalisation au premier défaut et coupure automatique de l'alimentation au second défaut (Schéma de liaison à la terre : IT)



□ Matériel de classe II :

- Classe II : protection par isolation double ou renforcée

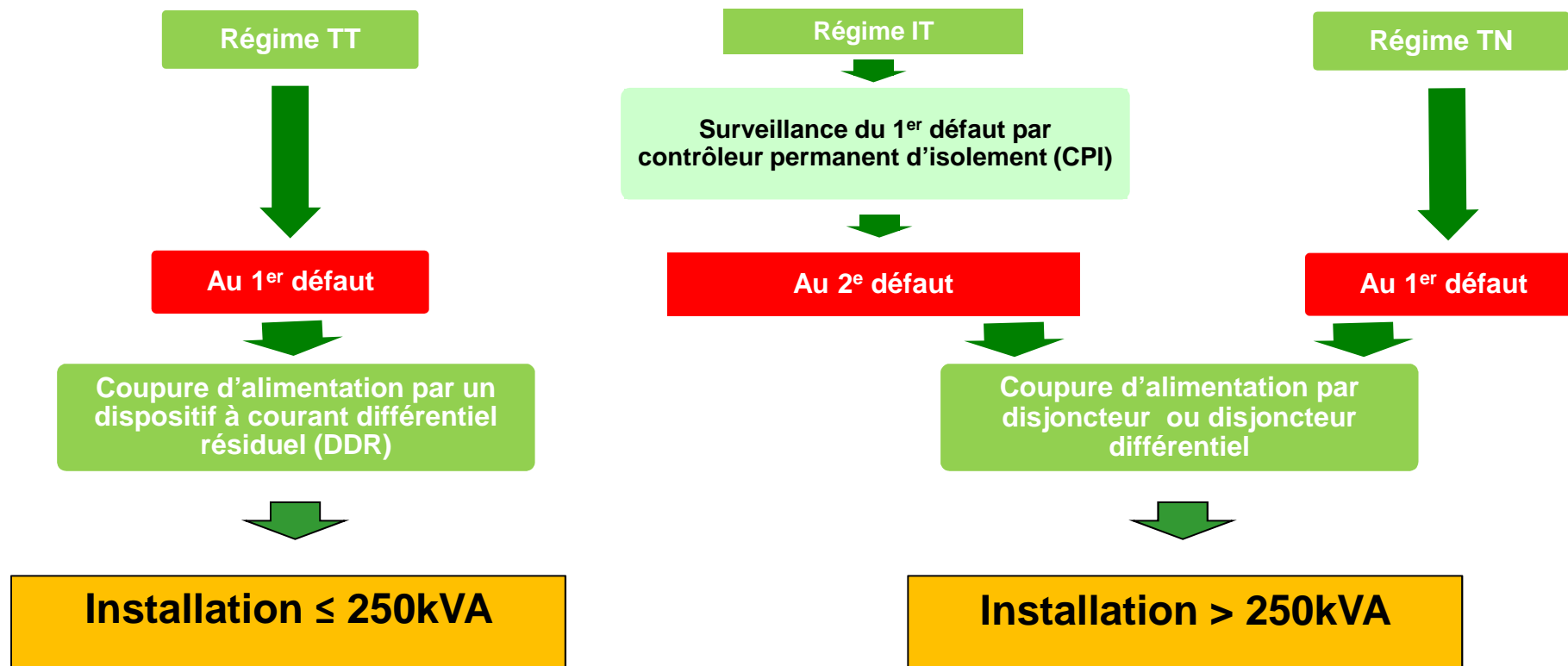


Symbole :

source CONSUEL

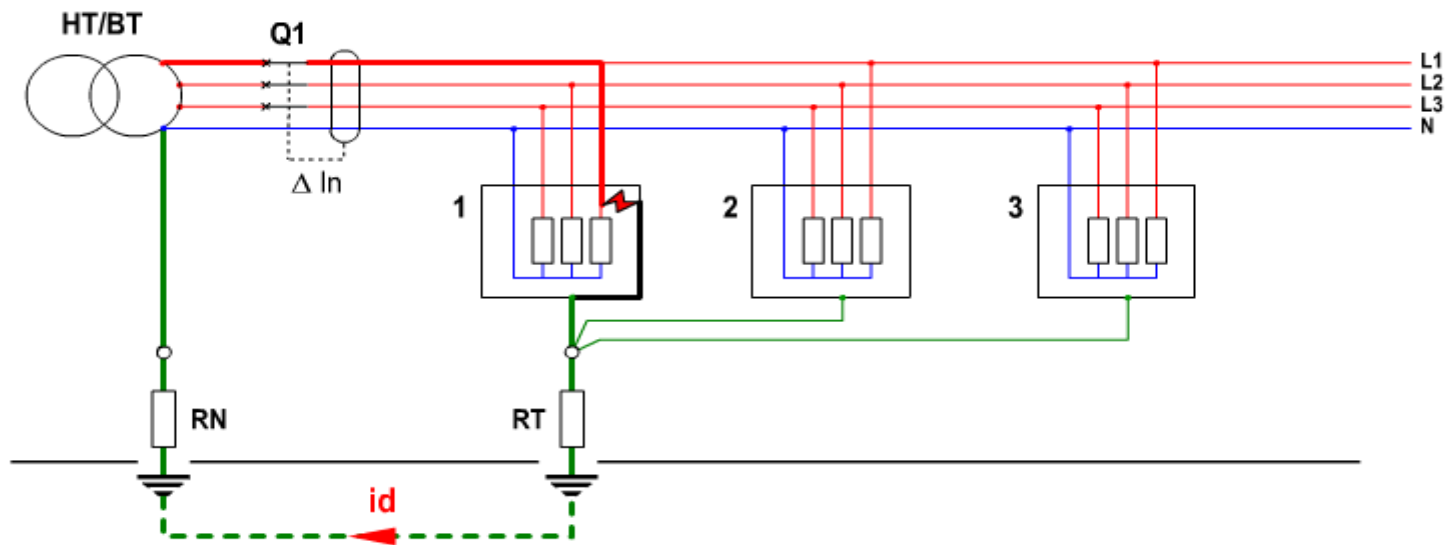
Protection contre les contacts indirects

□ Schéma de liaison à la terre en AC



Protection contre les contacts indirects

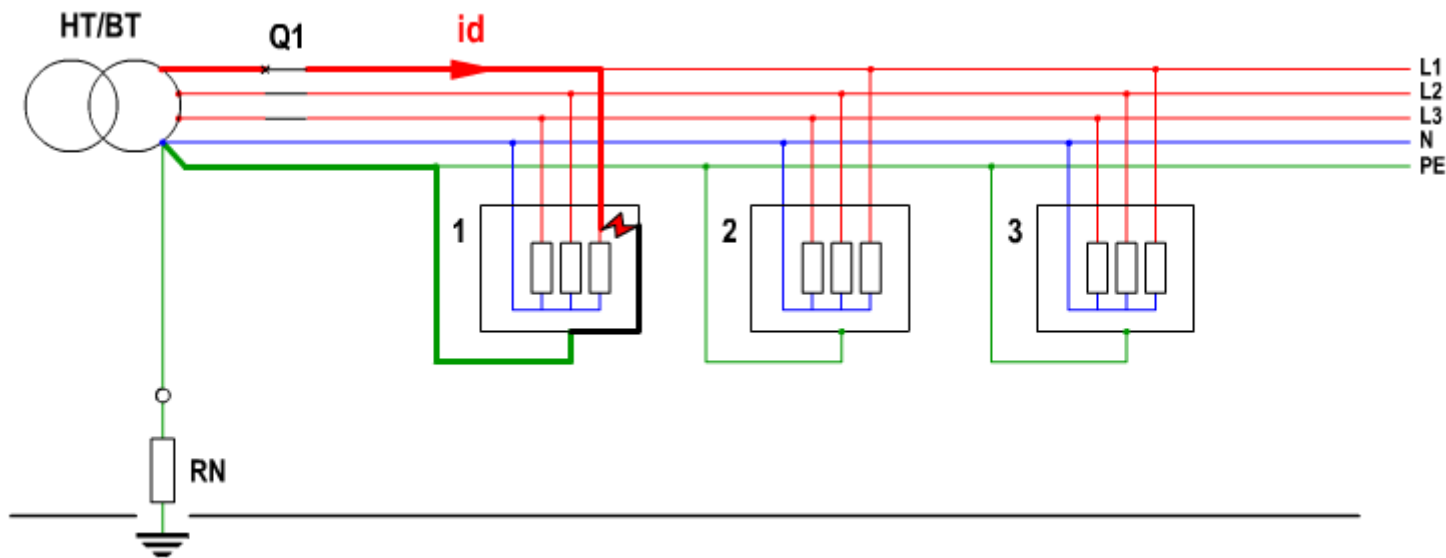
□ Schéma TT



- Coupure automatique de l'alimentation au 1^{er} défaut par ouverture de Q1

Protection contre les contacts indirects

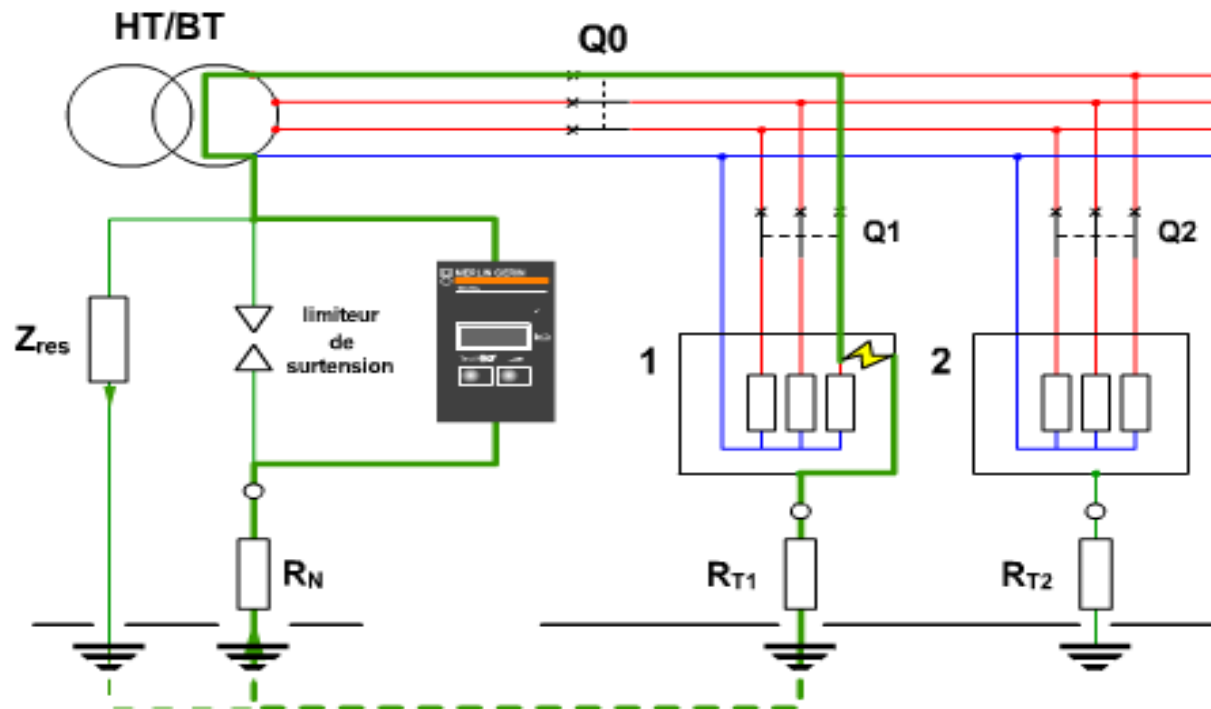
□ Schéma TN



- Coupure automatique de l'alimentation au 1^{er} défaut par ouverture de Q1

Protection contre les contacts indirects

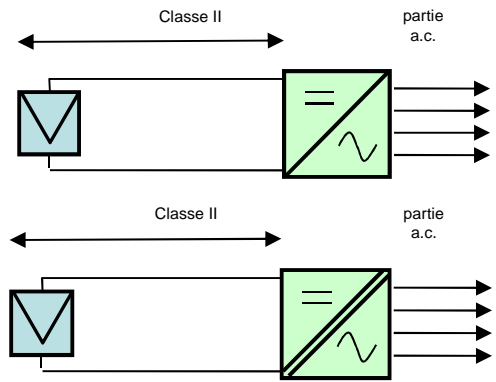
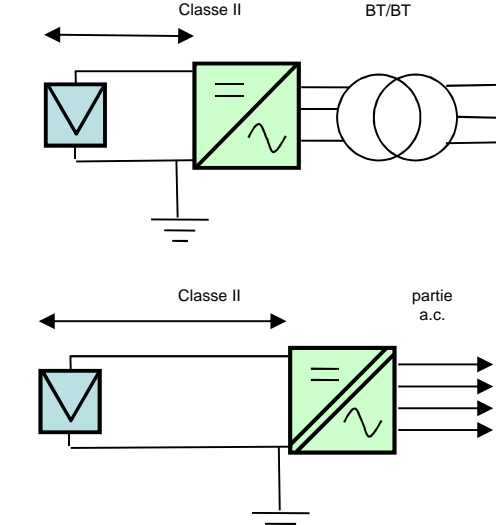
□ Schéma IT



- Signalisation au 1^{er} défaut
- Coupure automatique de l'alimentation au 2^{ème} défaut par ouverture de Q1

Protection contre les contacts indirects

Etude de différents cas pour les installations photovoltaïques

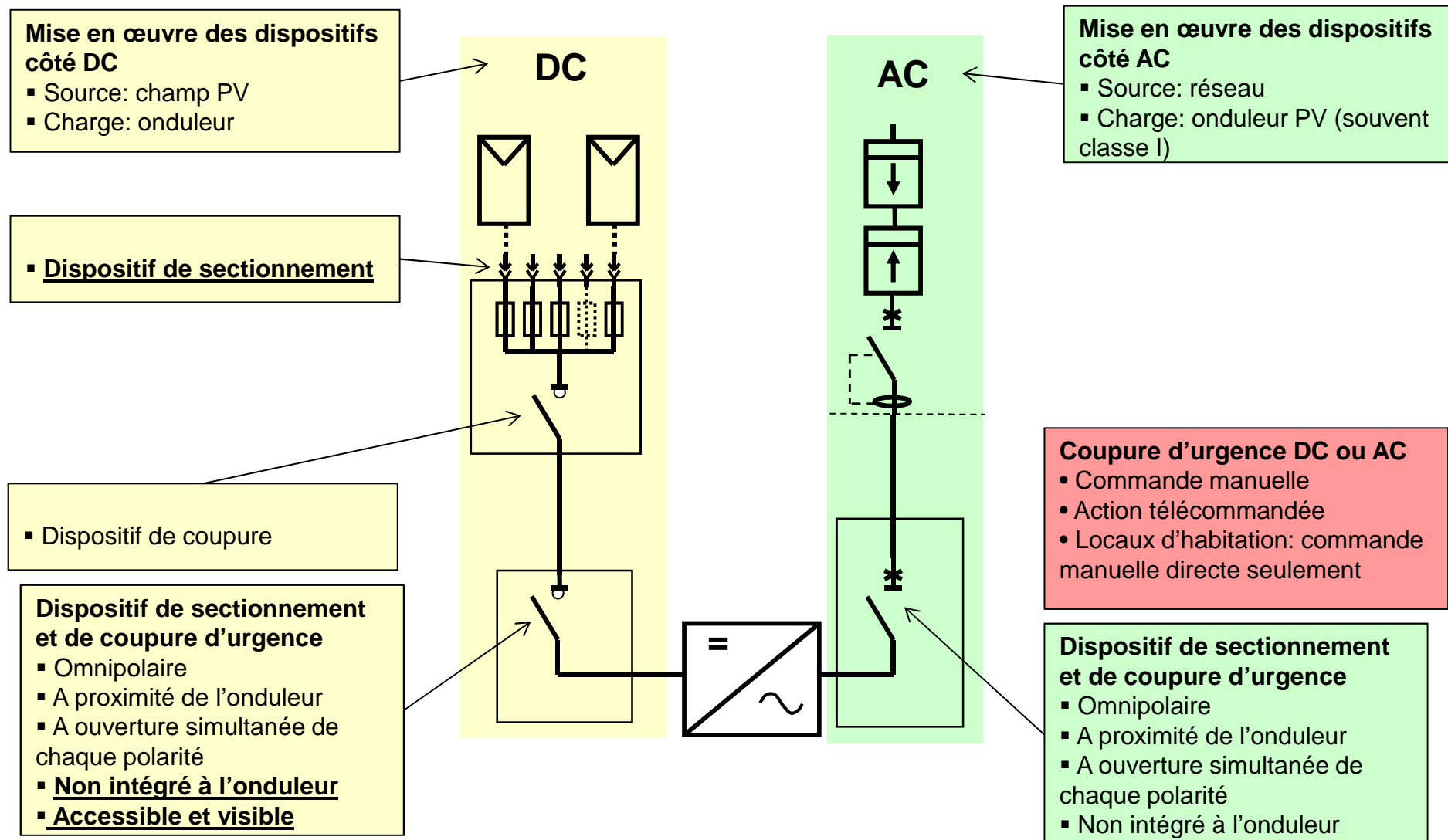
<p>U_{dc} >120 V</p>	<p>Côté DC Classe II</p>		<p>Côté AC Classe I</p> <p><u>En schéma TN ou IT :</u> 411.3.2 NF C15-100</p> <p><u>En schéma TT :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DDR type AC ou A - Dans les locaux d'habitation : un DDR 30 mA à immunité renforcée 	<p>Les mesures de protection sont identiques que l'onduleur soit avec ou sans séparation galvanique</p>
			<p><u>En schéma TN ou IT :</u> 411.3.2 NF C15-100</p> <p><u>En schéma TT :</u></p> <p>DDR type AC</p> <p>dans les locaux d'habitation : un DDR 30 mA à immunité renforcée</p>	<p>La mise à la terre coté d.c. est une mise à la terre fonctionnelle.</p> <p>Dans ce cas le suivi du niveau d'isolement intégré aux onduleurs conformes à la prénorme DIN VDE 0126-1-1 doit être adapté.</p>

Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

PROTECTION DES INTERVENANTS

**Installateurs – Exploitants
Intervenants de secours**

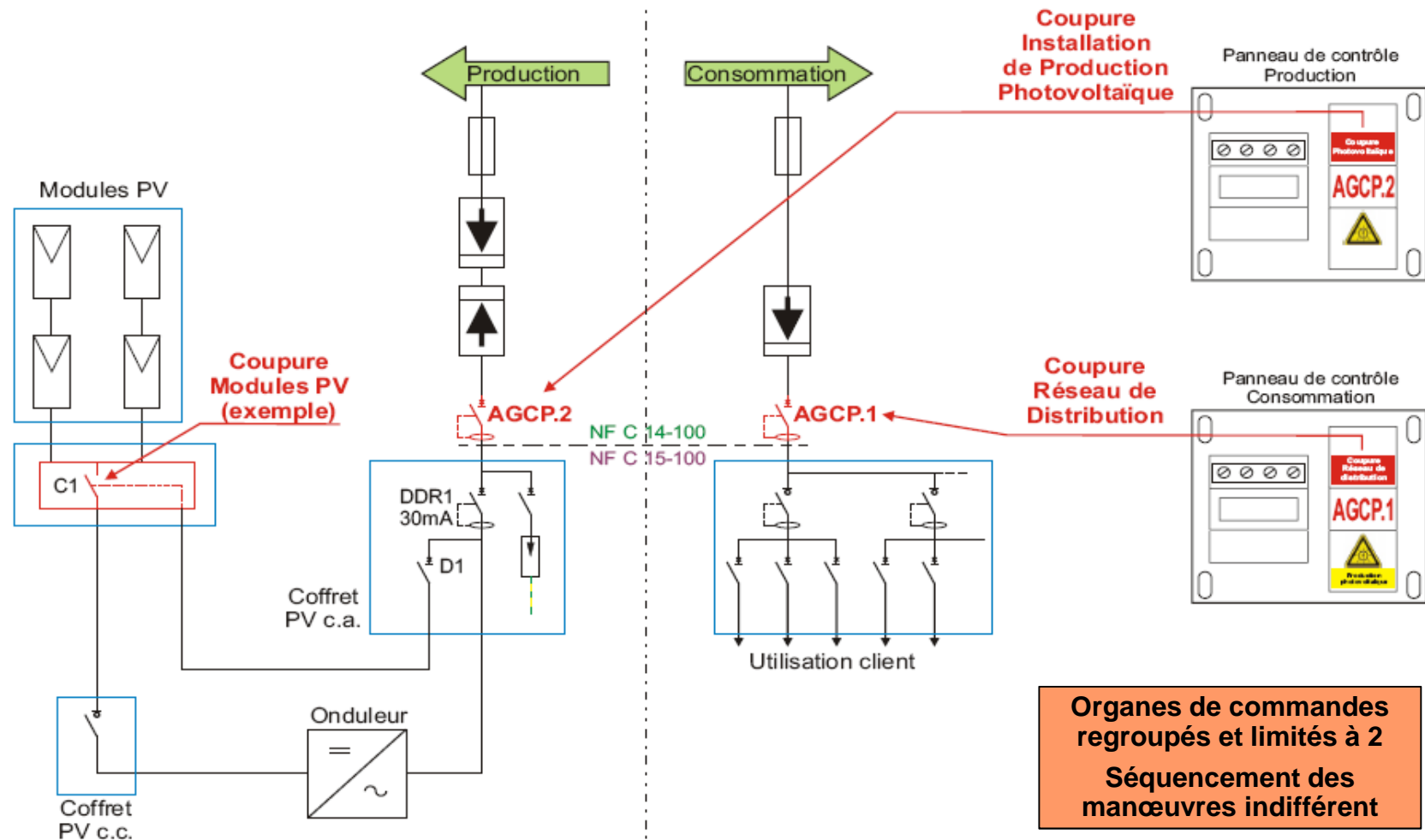
Dispositif de sectionnement et de coupure



Dispositif de sectionnement et de coupure

- ❑ Coupure pour intervention des services de secours (si exigé)

Exemple de schéma



Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

PROTECTION DES BIENS

**Contre les risques d'incendie
(surintensité, arc électrique)**

Contre les surtensions d'origine atmosphérique

Protection contre les risques d'incendie

**Courant admissible dans un câble
fonction :**

- De la nature du conducteur (Cu, Al)
- De la nature des isolants
- Du mode de pose
- De la température ambiante



**Une surcharge peut provoquer la
destruction des câbles :**



**Protection contre les
surintensités:**

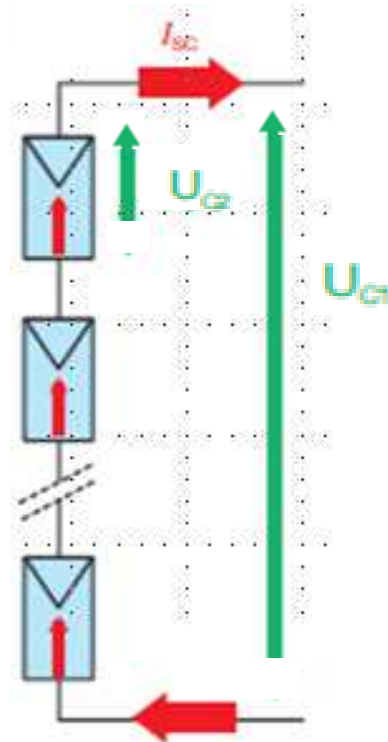


Protection contre les risques d'incendie

□ Protection contre les surintensités

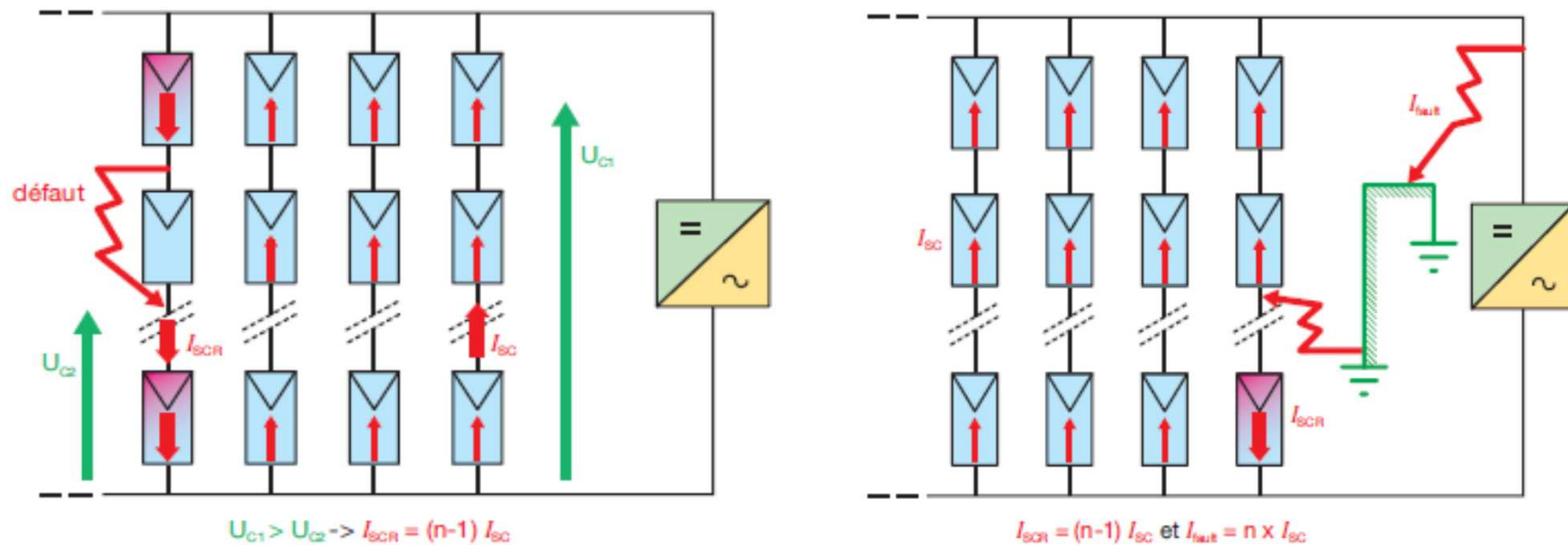
▪ Coté DC: 1 chaîne seule

- Générateur de courant : En cas de défaut, le courant de court-circuit I_{sc} est de l'ordre de 10% supérieur au courant I_{mpp}
- Pas de surcharge donc pas nécessité de protection



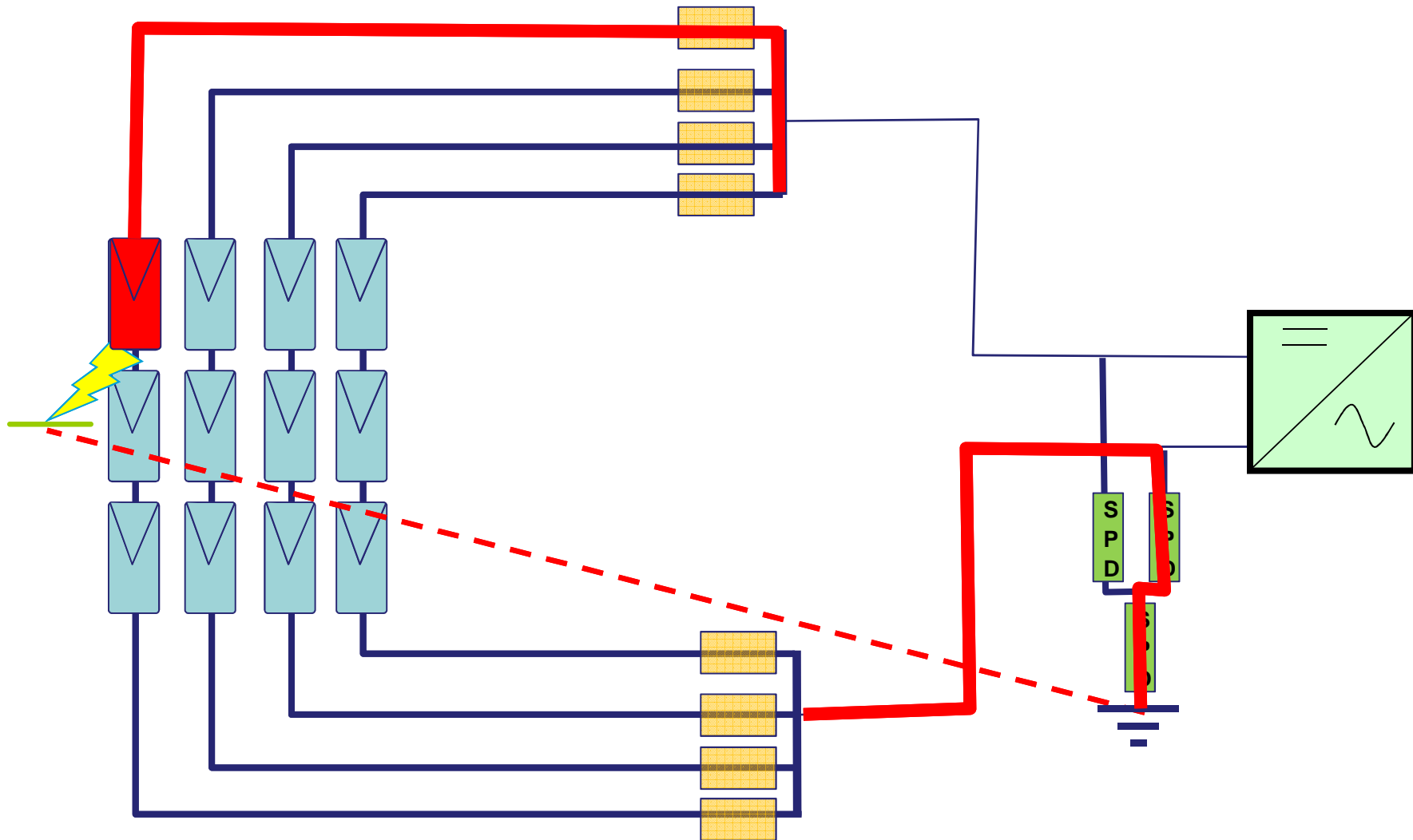
Protection contre les risques d'incendie

- Coté DC: plusieurs chaînes en parallèle (>2)
 - En cas de défaut sur une chaîne, courant inverse > courant nominal
 - Nécessité de protections contre la surcharge

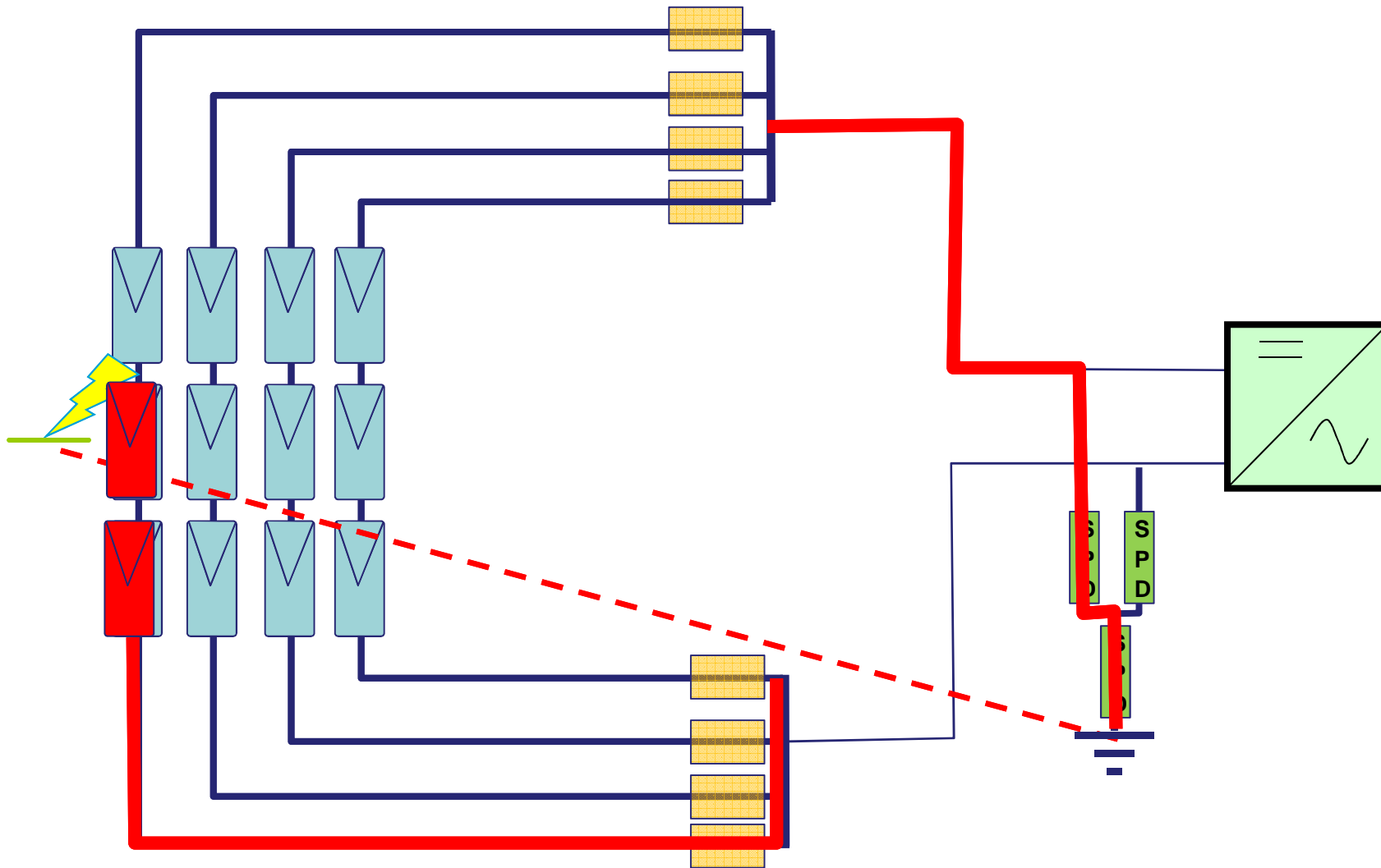


Protection de chaque chaîne par fusible ou disjoncteur

Protection contre les risques d'incendie

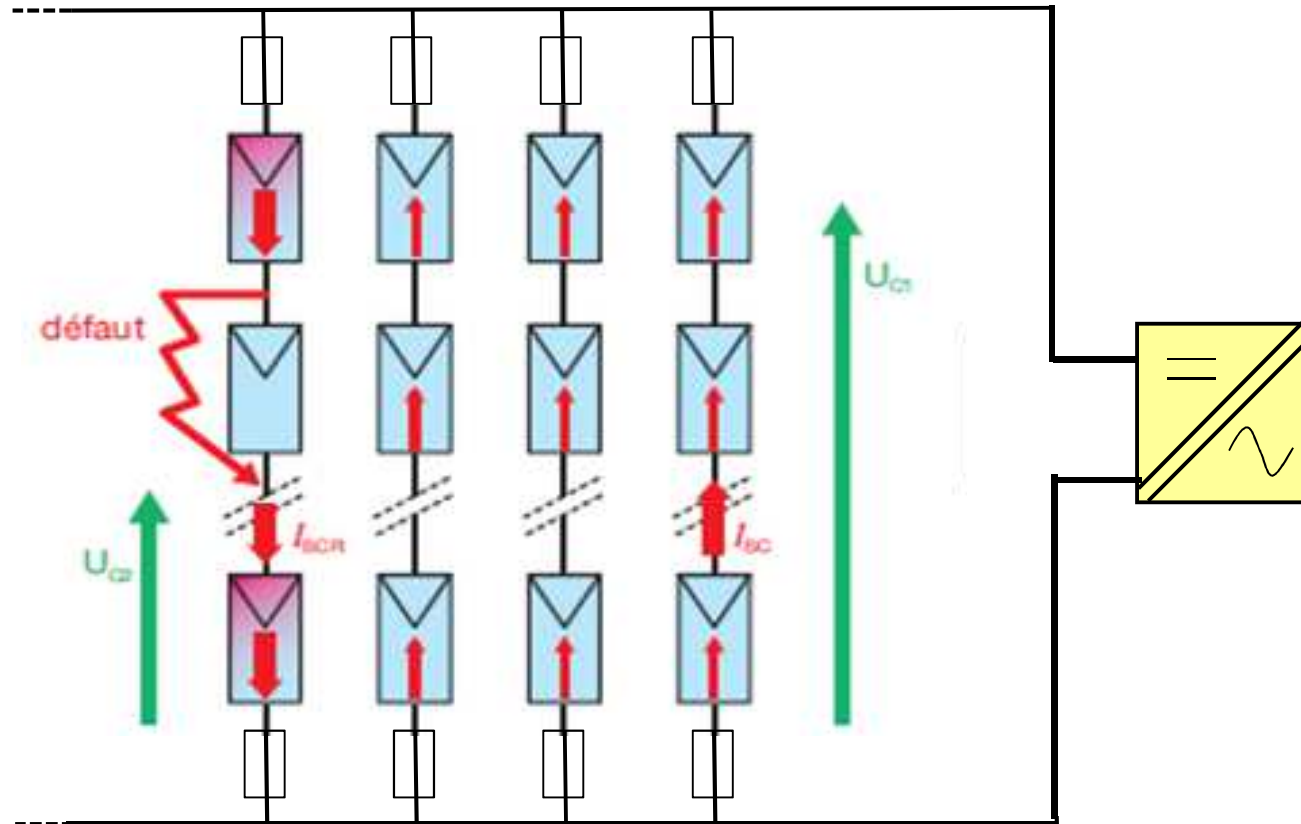


Protection contre les risques d'incendie



Protection contre les risques d'incendie

- Coté DC: fusible sur chaque polarité de chaque chaîne



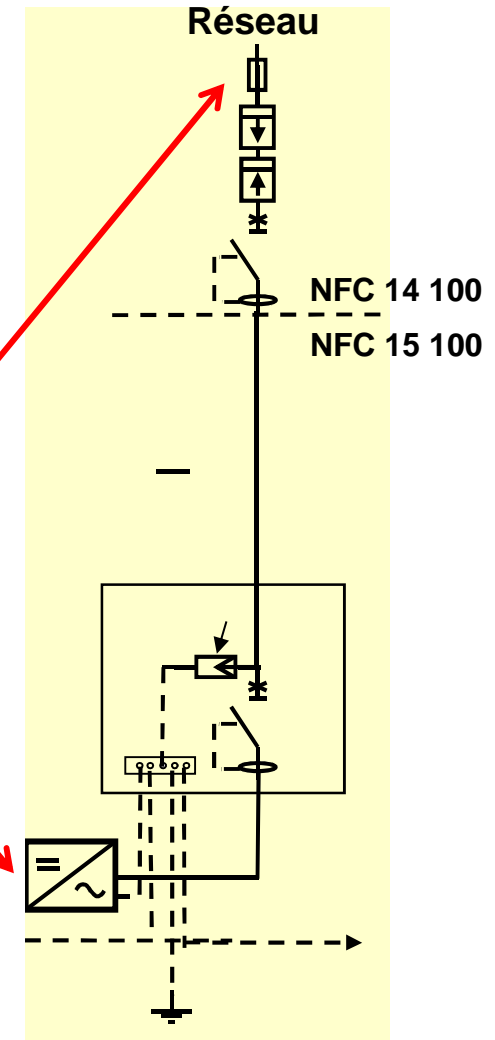
Protection contre les risques d'incendie

■ Côté AC

- Pas de surcharge en sortie d'onduleur:
 - » courant d'emploi: courant maximal de l'onduleur ou 1,1 fois le courant nominal
 - » Si $P \leq 36\text{kVA}$ section des conducteurs aval AGCP $\geq 10\text{ mm}^2\text{ Cu}$

- Protection contre les courts-circuits par disjoncteur (ou fusible)
 - » réseau = source
 - » onduleur = récepteur

- Dimensionnement conformément aux prescriptions des articles 433 et 434 de la norme NFC 15-100
 - » Branchement à puissance limitée ($\leq 36\text{ kVA}$): pouvoir de coupure de 3 kA
 - » Pas de protection nécessaire entre onduleur et transformateur (BT/BT, HT/BT) si protection sur HTA



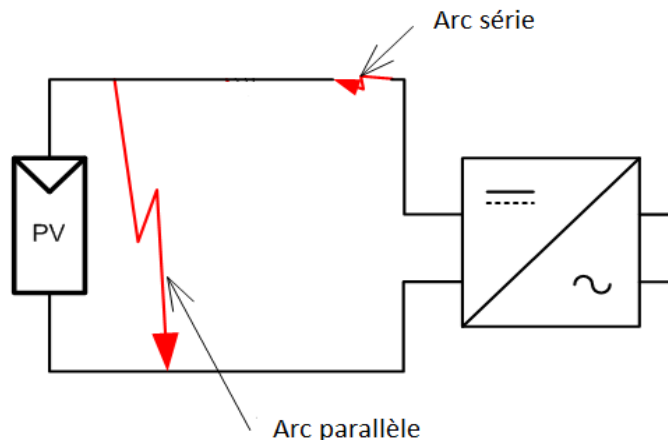
Protection contre les risques d'incendie

❑ Arc électrique

- Dangereux en photovoltaïque si ouverture de circuit en charge et maintien d'une faible distance entre conducteurs

Exemples :

- ❑ Mauvais contact au niveau des connexions (arc série)
- ❑ Mauvais contact entre 2 conducteurs de polarité opposée (arc parallèle): contact direct ou double défaut d'isolement par rapport à la terre



Risque d'incendie et de brûlure

Source SMA

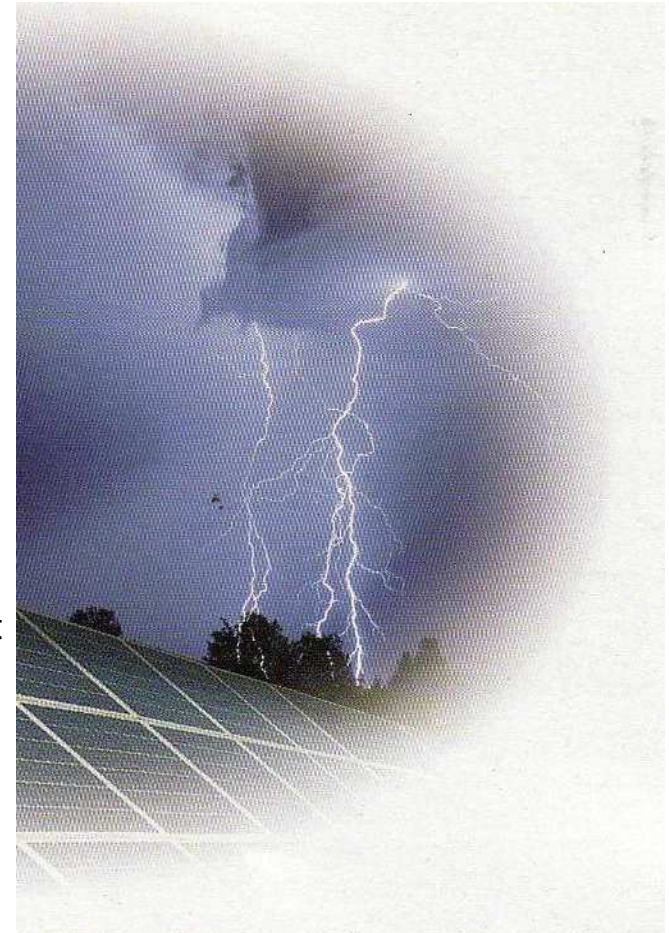
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

□ Impact direct : Courant de foudre atteignant l'installation => destruction

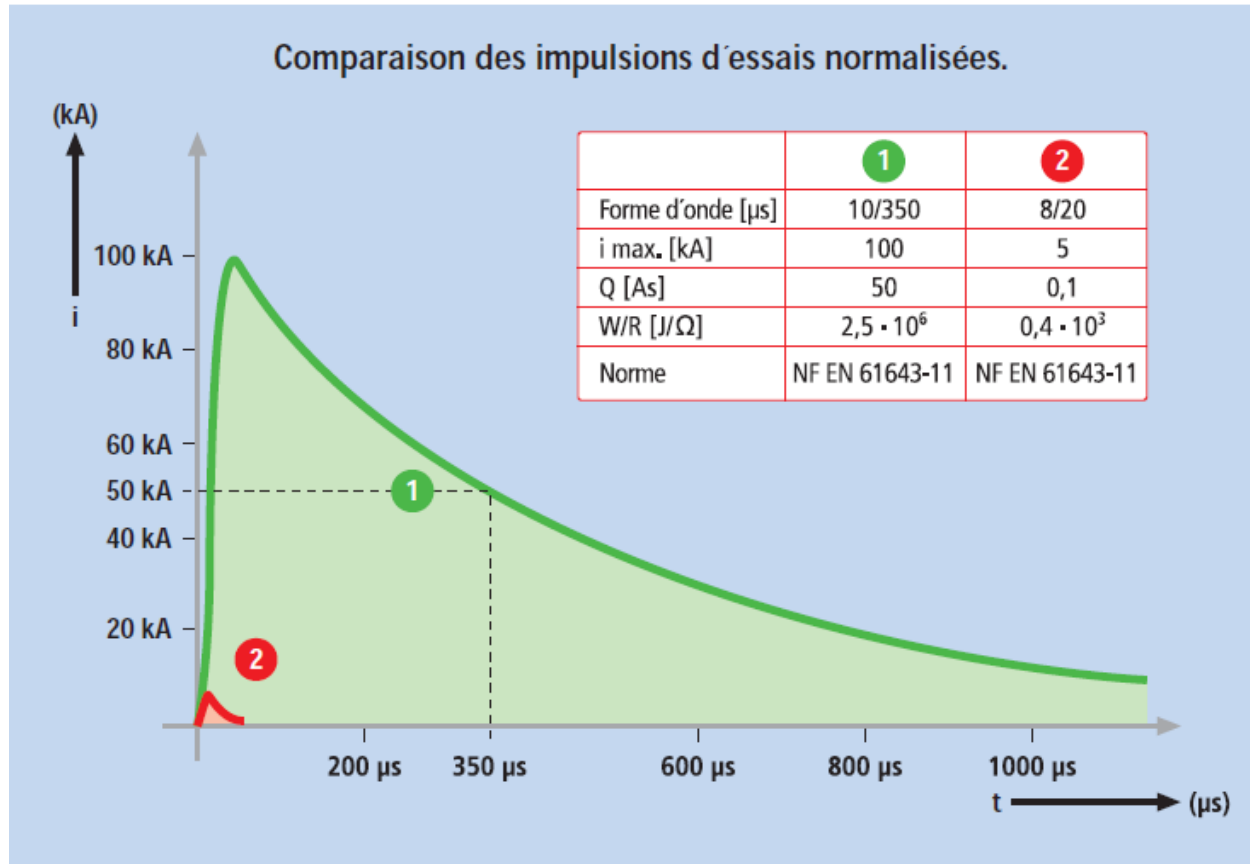
- Moyens de protection :
 - Mise en place d'un paratonnerre
 - Parafoudres spécifiques (T1)

□ Impact indirect : Surtensions sur câbles DC et AC

- Moyens de protection :
 - Equipotentialité des différentes masses métalliques et liaisons à la terre
 - Protection des composants par mise en œuvre de parafoudres (T2)



- **Coups de foudre**



Des niveaux d'énergies différentes
=
Des performances matériels différentes

Coup de foudre direct



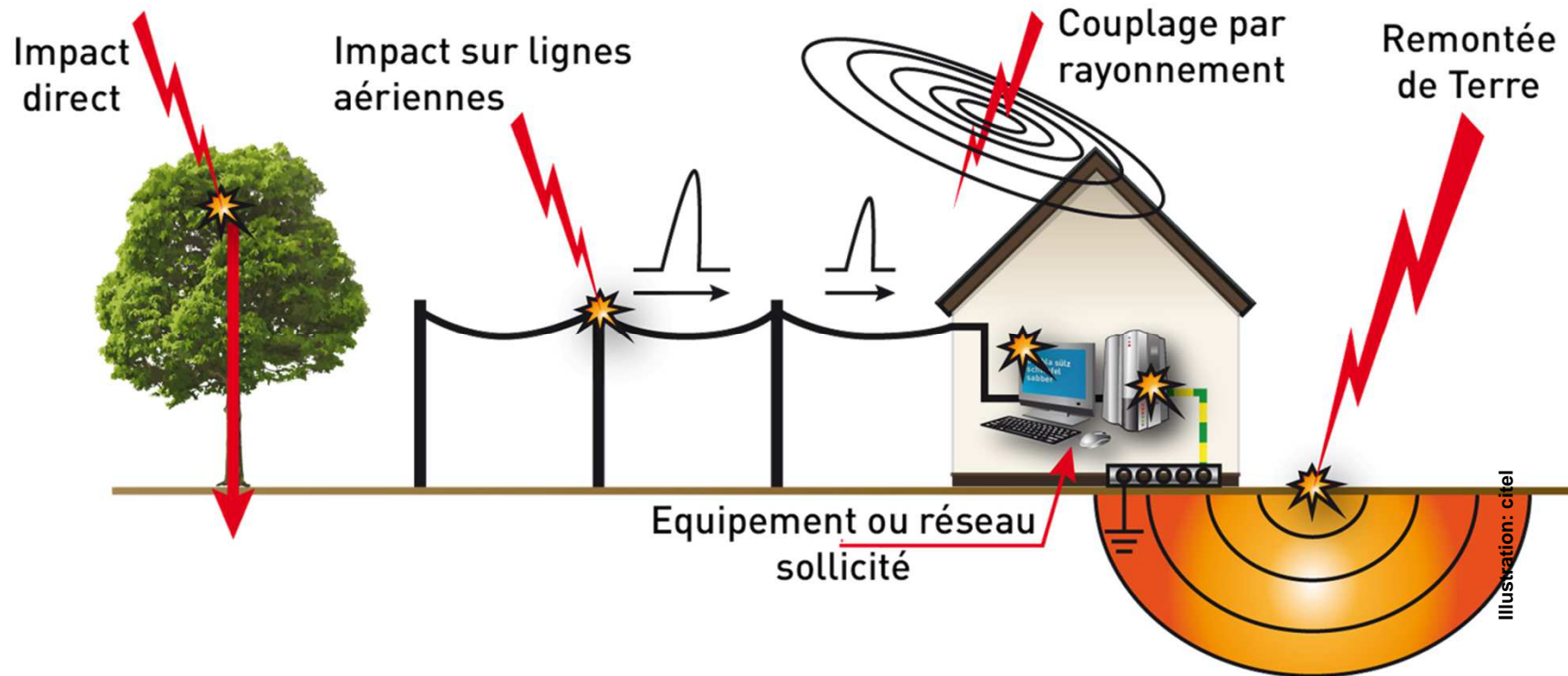
Coup de foudre indirect, mais pas sans effets...



Effets de foudre et dispositifs de protection

Effets	Risques	Conséquence	Protection
Direct: Impact de foudre	Milliers d'Ampère μ seconde	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction de tout matériel (électrique ou non), incendie,... • Energie très grande à écouler 	<ul style="list-style-type: none"> • Paratonnerre pour canaliser la foudre. • Parafoudre type 1 pour limiter les différences de potentiels entre polarités/phase/neutre/ terre
Indirect: Champ magnétique	Boucle d'induction magnétique (loi de Maxwell-Faraday)	<ul style="list-style-type: none"> • Surtension importante aux bornes de la boucle. Rupture de l'isolant électrique. Destruction: onduleur, module, cables 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter la surface des boucles entre polarités, phase, terre: Les câbles doivent cheminer jointivement • Parafoudre type 2 pour limiter la DDP entre polarités /masses/terre
Indirect: Différence de potentiel entre les masses/terres elec	Différence de potentiel entre les masses/terres elec	<ul style="list-style-type: none"> • Rupture de l'isolant électrique • Electrification de l'intervenant • « Remonté de terre » 	<ul style="list-style-type: none"> • Liaison équipotentielle des masses. • Raccordement des masses à la terre. • Interconnexion des terres • Parafoudre type 2

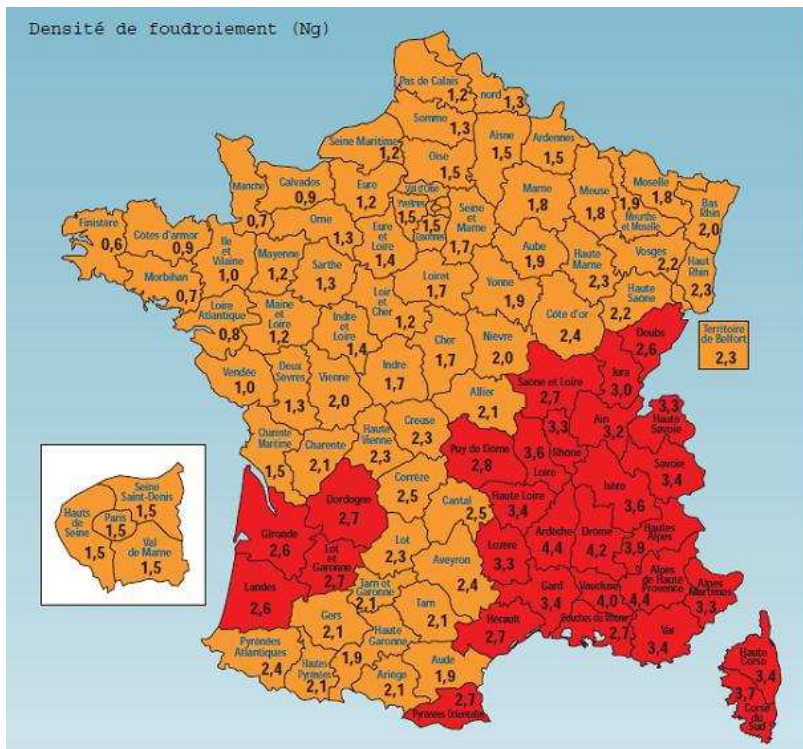
Coup de foudre: Différents effets



Une installation PV n'accroît pas le risque foudre mais une mauvaise mise en œuvre de l'installation peut entraîner des conséquences coûteuses.

Quand mettre un parafoudre côté AC ?

Rappel C15-100 article 443



L'analyse du risque comporte trois étapes :

- 1) évaluation du niveau d'exposition du site aux surtensions de foudre F
- 2) évaluation des conséquences des perturbations sur les matériels et la sécurité des personnes G
- 3) résultat de l'analyse.

Caractéristiques et alimentation du bâtiment	Densité de foudroiement (N_g) Niveau kéraunique (N_k)	
	$N_g \leq 2,5$ $N_k \leq 25$	$N_g \geq 2,5$ $N_k \geq 25$
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire ⁽²⁾	Obligatoire ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne ⁽³⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Obligatoire ⁽⁵⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire ⁽⁴⁾	Non obligatoire ⁽⁴⁾
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes ⁽¹⁾	Selon analyse du risque	Obligatoire

⁽¹⁾ c'est le cas par exemple :

- de certaines installations où une médicalisation à domicile est présente ;
- d'installations comportant des Systèmes de Sécurité Incendie, d'alarmes techniques, d'alarmes sociales, etc.

⁽²⁾ Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre (voir annexe G), la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire. Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 ($I_n \geq 5$ kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives (voir annexe G).

⁽³⁾ Les lignes aériennes constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre sont à considérer comme équivalentes à des câbles souterrains.

⁽⁴⁾ L'utilisation de parafoudre peut également être nécessaire pour la protection de matériels électriques ou électroniques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critique dans l'installation comme indiqué par l'analyse du risque.

⁽⁵⁾ Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie en 6.2.2.

Quand mettre un parafoudre côté DC ?

2. Parafoudre DC type2 obligatoire si :

- L'installation est équipée d'un paratonnerre
- La longueur des câbles DC dépasse la longueur critique fonction de:
 - La zone de foudroiement
 - La nature du bâtiment

NFC15-712
Tableau 9 § 13.2.2.1

Type d'installation	Locaux d'habitation individuelle	Centrale de production au sol	Bâtiments Tertiaires/ Industriels/Agricoles
Lcrit (en m)	115/Ng	200/Ng	450/Ng
$L \geq L_{crit}$	Parafoudre(s) obligatoire(s) côté DC ⁽²⁾		
$L < L_{crit}$	Parafoudre(s) non obligatoire(s) côté DC ⁽¹⁾		

Note 1 : L'utilisation de parafoudres peut également être nécessaire pour la protection d'installations photovoltaïques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critiques.

Note 2 : La mise en œuvre de parafoudres peut ne pas être indispensable dans le cas où tous les câbles DC sont protégés par des enveloppes métalliques assurant un écran réduisant les effets électro magnétiques.

NB: le parafoudre doit être installé en priorité à proximité de l'onduleur.

Partie courant continu

Protection contre les surtensions atmosphériques

$$L = L_{c1} + L_{c2} + L_{c3}$$

En cas de plusieurs onduleurs, la longueur à considérer est la somme de toutes les longueurs L par onduleur

- Exemple: N_g ($N_g = N_k/10$) = 4 (Sud-Est de la France)
 $L_{crit} = 115/4 = 28,75$ m si locaux d'habitation individuels
- Parafoudres DC obligatoires si $L \geq 28,75$ m

Le parafoudre se pose en priorité à proximité de l'onduleur

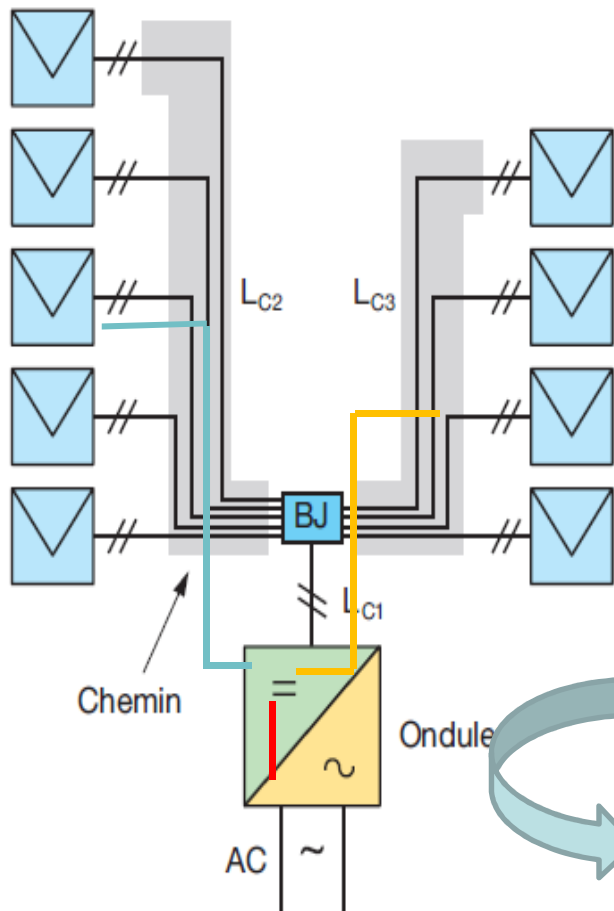
(c'est l'appareil le plus fragile/couteux)

Si la distance entre le parafoudre et le champ PV est supérieure à 10m

Et si la tension de protection du parafoudre (U_p) est supérieure à la moitié de la tension de tenue au choc du module (U_w module)

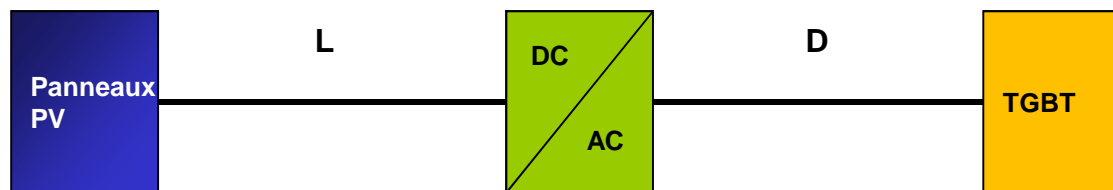
Alors il est nécessaire d'ajouter un parafoudre près du champ PV.

$$U_p \leq \frac{1}{2} \times U_w \rightarrow \text{2}^{\text{ème}} \text{ parafoudre non obligatoire}$$



Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

□ Type de parafoudres



		Panneaux PV — Onduleur DC		Onduleur AC — TGBT	
		DC		AC	
		L < 10 m	L > 10 m	D < 10 m	D > 10m
Installation avec paratonnerre (LPS)	SPF non isolé	— T1	T1 — T1	— T1	T2 — T1
	SPF isolé	— T2	T2 — T2	— T1	T2 — T1
Installation sans paratonnerre		— T2	T2 — T2	— T2	T2 — T2

T1= Parafoudre Type 1 ou Class 1 ; T2 = Parafoudre Type 2 ou Class 2

La mise en œuvre des parafoudres AC répond aux règles standard d'installation

Comment bien choisir un parafoudre?

- Vérifier que la tension de protection du parafoudre (U_p) soit inférieure à la tension de tenue au choc de l'équipement à protéger U_w (U_w onduleur \geq à 2500V et U_w module \geq à 8000V),
- Vérifier que la tension maximum du générateur
 - AC: +10% de $U_n=230/400V$
 - DC: $U_{ocmax} = 1,2 U_{ocstc}$

...ne dépasse pas la tension maximum supportée par le parafoudre en régime permanent (U_c ou U_{cpv}).

- Pour une protection optimale il faut:
 - Alimenter le parafoudre au travers d'une protection de découplage en amont. Privilégier le fusible au disjoncteur
 - Raccorder la sortie du parafoudre avec une section au moins égale à la section d'entrée avec un minimum de 6mm².
 - Raccorder le parafoudre sur un conducteur principal de terre (16mm²) sous 50cm
 - Travailler l'équipotentialité des terres au niveau des parafoudres pour qu'elle soit la plus courte possible.

Uw : Surtension supportée par les appareils

En absence d'indication, le tableau 10 du Guide C15712 §13.3.2.3 nous permet de connaître sa tension assignée de tenue au choc Uw en fonction de sa tension maximale supportée en régime permanent Umax ou Uocmax

Tension maximale que supporte le système PV Umax ≤ à	Uw Module PV de classe A (double isolation)	Uw convertiseur	Catégorie Un= 230/400V	Uw	Exemple
100 V	1500 V	2500 V (appareillage type II, exigence minimum)	I	1500 V	matériel sensible tel que PC, informatique, TV, HiFi, Vidéo, Alarme...
150 V	2500 V		II	2500 V	Appareil électrodomestique, outils portatif...
300 V	4000 V		III	4000 V	Armoire, canalisation et appareil de distribution
600 V	6000 V	4000 V	IV	6000 V	Compteur EDF, parafoudre, matériel industriel...
1000 V	8000 V	6000 V			

© Ines-mv



En aucun cas un parafoudre AC ne peut être utilisé sur la partie DC

Parafoudre: Exemple de choix

Suite de notre exemple: $N_g=4 \rightarrow L_{crit} = 28,75m$ la longueur réelle des câbles est de 30m.

Faut-il un parafoudre coté AC? **Oui** Coté DC **Oui**

Quels parafoudres choisissez vous pour une installation de PV 9kWc (4 x 10modules)

Coté AC: **Parafoudre 4 (9kWc \rightarrow triphasé!)**

$U_{ocstc} \text{ module} = 50V \rightarrow U_{oc} \text{ max} = 600V$

$U_{max} \text{ module} 1000V \rightarrow U_w = 8000V$

Faut-il un 2^{ème} parafoudre à proximité des modules?

L > à 10m donc un second parafoudre est :

- **Nécessaire si vous avez choisis le parafoudre2**
- **Pas nécessaire si vous avez choisis le parafoudre1 ($U_p \leq \frac{1}{2} \times U_w$)**

Question expert

- **Un fusible de déconnection est il nécessaire?**

Coté AC: **Préférable pour ne pas couper toute l'installation mais le disjoncteur de branchement limite $I_p < 125A$**

Coté PV: **Non car le courant admissible par le parafoudre $I_{scwpv} > I_{scgéné} PV$**



PVD 40-600

Parafoudre	1	2	3	4
Type	DC	DC	AC	AC
U_{cpv} ou U_c	670	1000	275	400
U_p	1200	4500	1200	2000

Coupure intégrée si courant de court circuit du générateur limité à

I_{scwpv} ou I_p	≤ 100	≤ 200	≤ 50	≤ 125
----------------------	------------	------------	-----------	------------

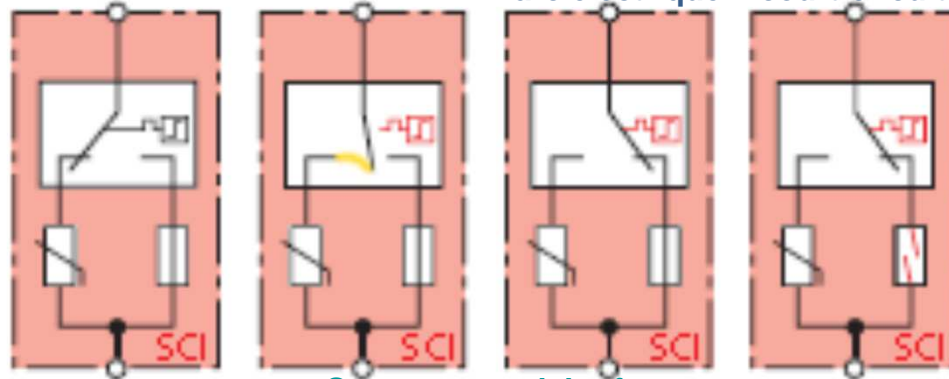
Fin de vie du PF et Organe de coupure associé

En fin de vie le parafoudre peut rester ouvert ou fermé et mettre le champ en court circuit.

- ❑ Le phénomène existe en AC et DC mais l'extinction de l'arc pose un problème particulier en DC
- ❑ La protection de découplage intégrée au parafoudre se généralise encore faut-il s'en assurer!
- ❑ La protection de découplage intégrée est limitée à une valeur
 - En PV: I_{scwpv} doit être supérieur à I_{scmax} du générateur PV ($I_{scgéné} = 1,25 \times I_{scstc} \times \text{nb de chaînes en parallèle}$)
 - En AC: un disjoncteur ou fusible (type Gg) en amont dont le calibre I_n est inférieur à la valeur spécifiée.

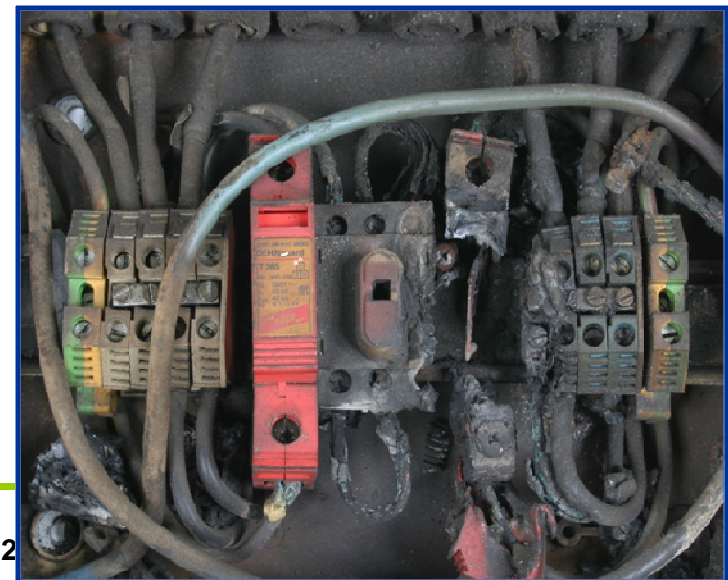
Exemple et principe de déconnexion du parafoudre PV en cas d'emballement thermique

Etat initial	Déconnexion	Extinction de l'arc électrique	Interruption du court-circuit
--------------	-------------	--------------------------------	-------------------------------



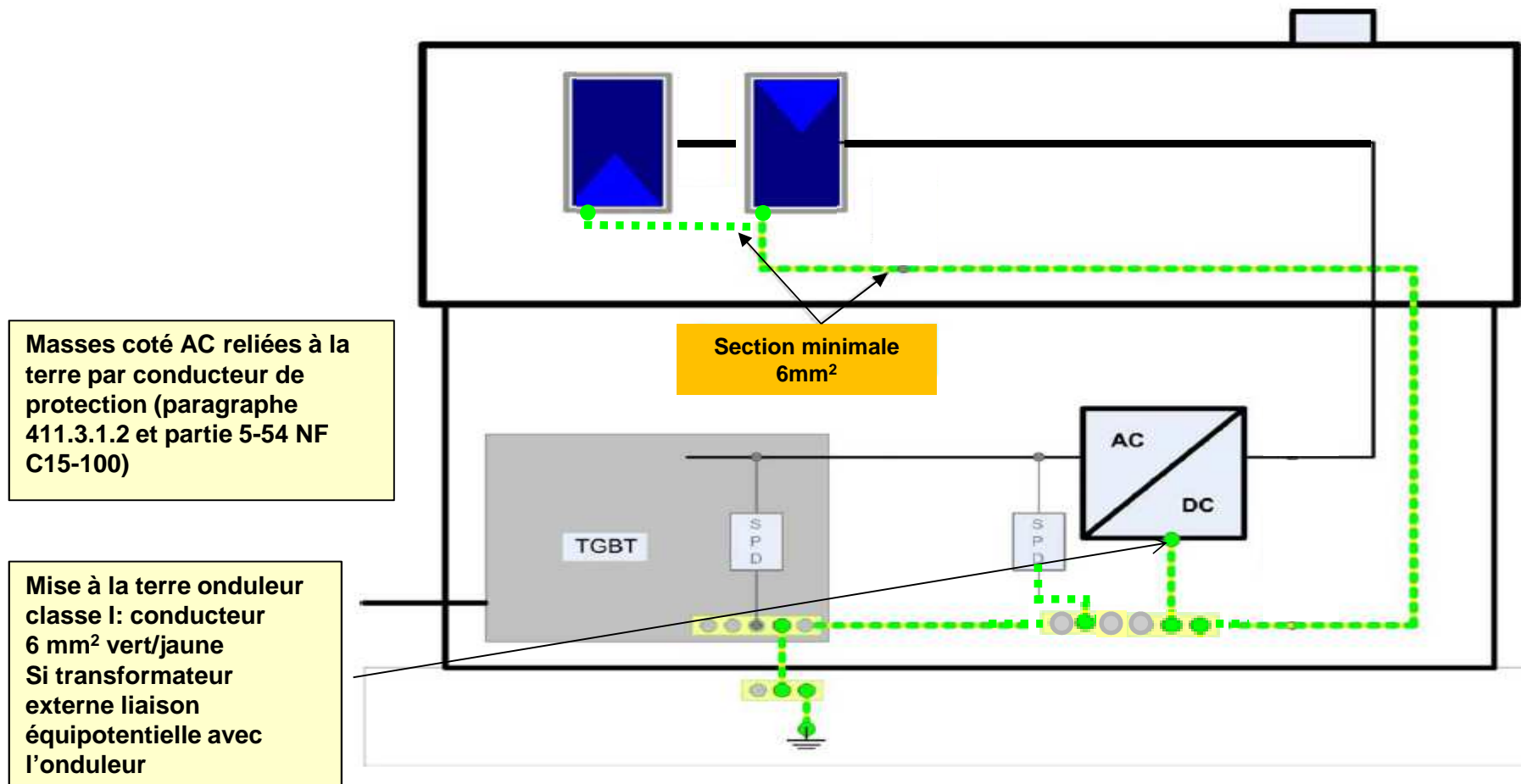
Source www.dehn.fr

Exemple de dommages:



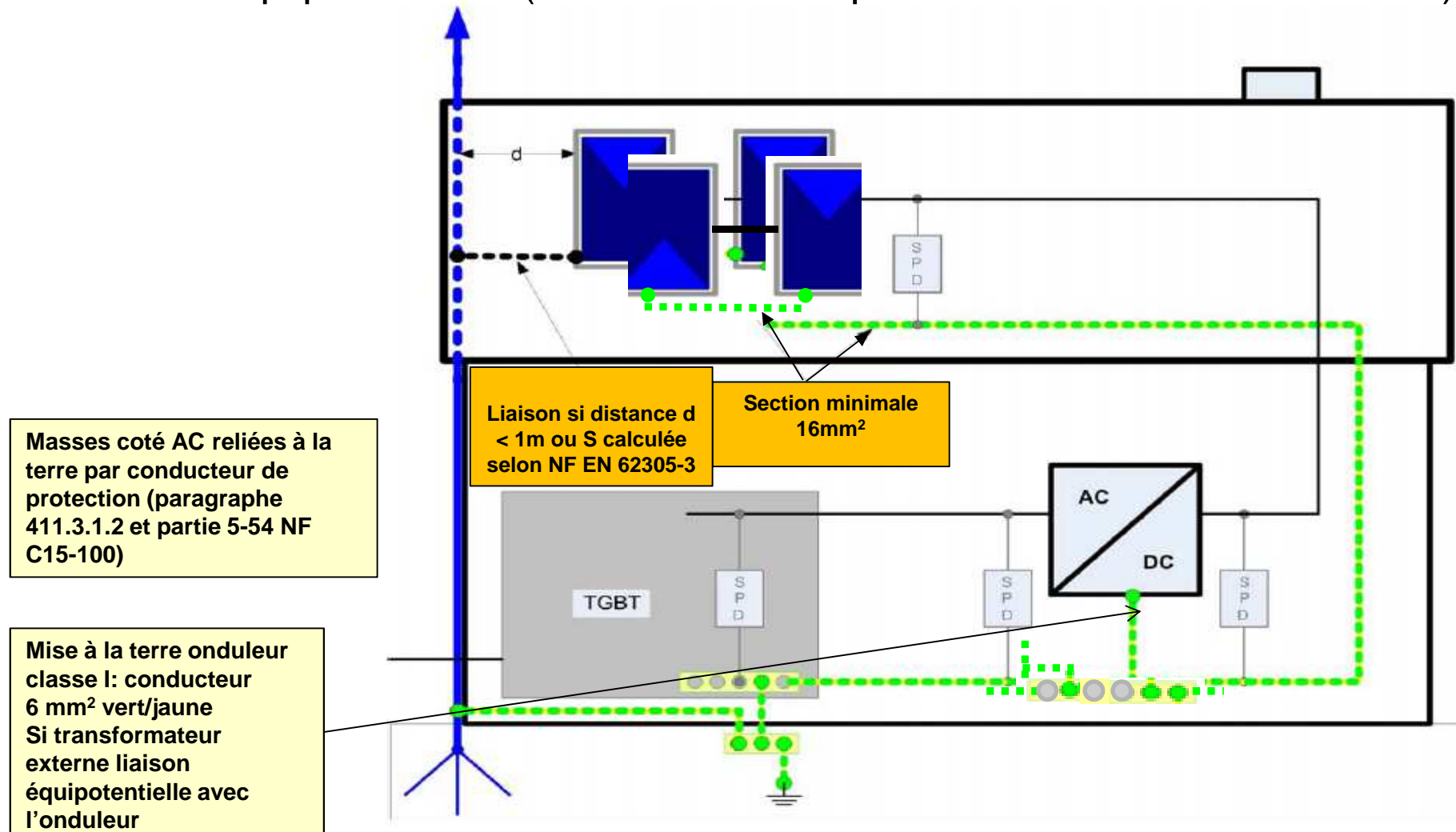
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Par équipotentialité (installation sans paratonnerre)



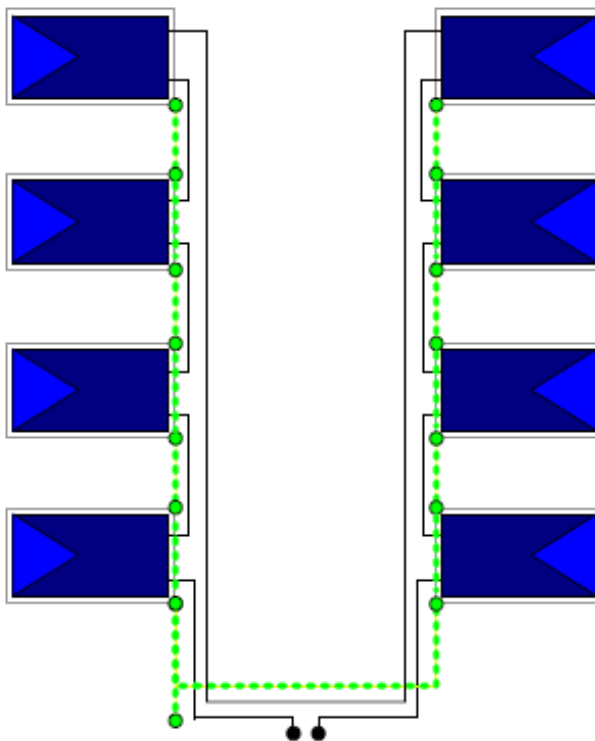
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Par équipotentialité (installation avec paratonnerre UTE C61-740-52)



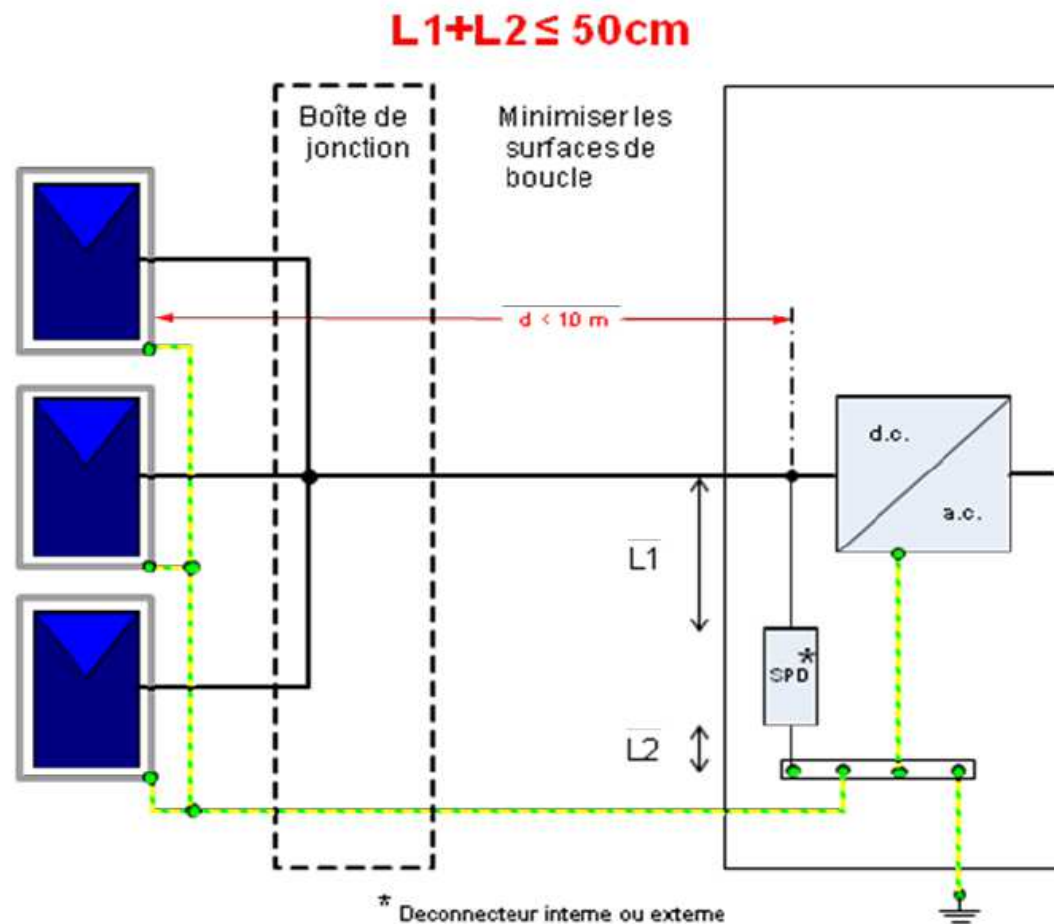
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Mise en œuvre du câblage DC
 - Limitation des tensions induites dues à la foudre par limitation des surfaces de boucles



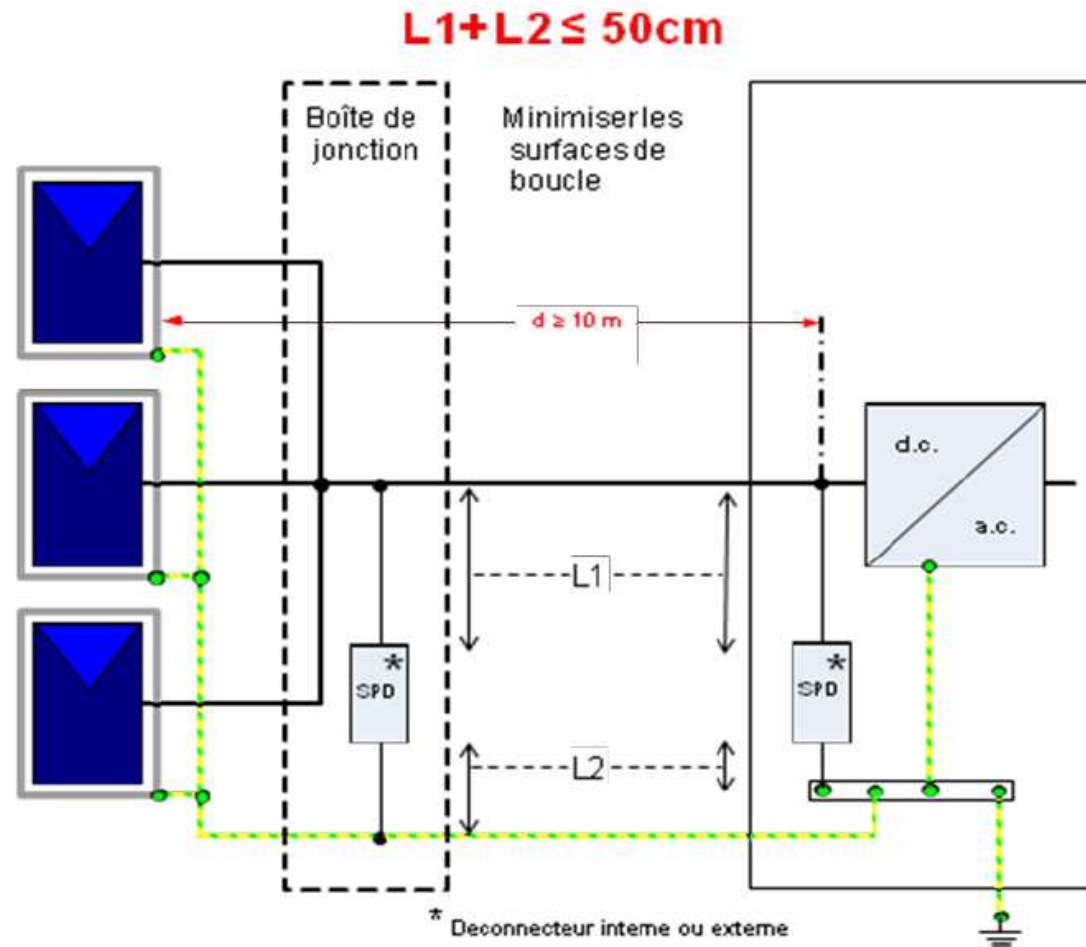
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Mise en œuvre des parafoudres si $D < 10\text{m}$ entre champ PV et onduleur



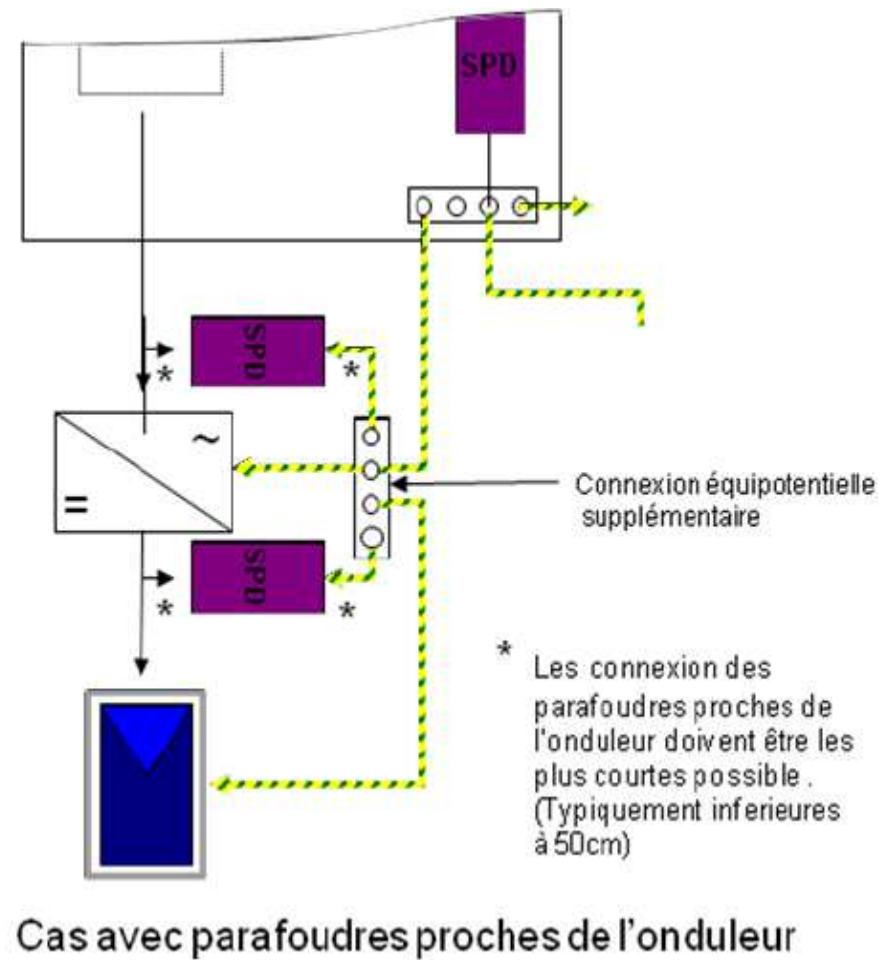
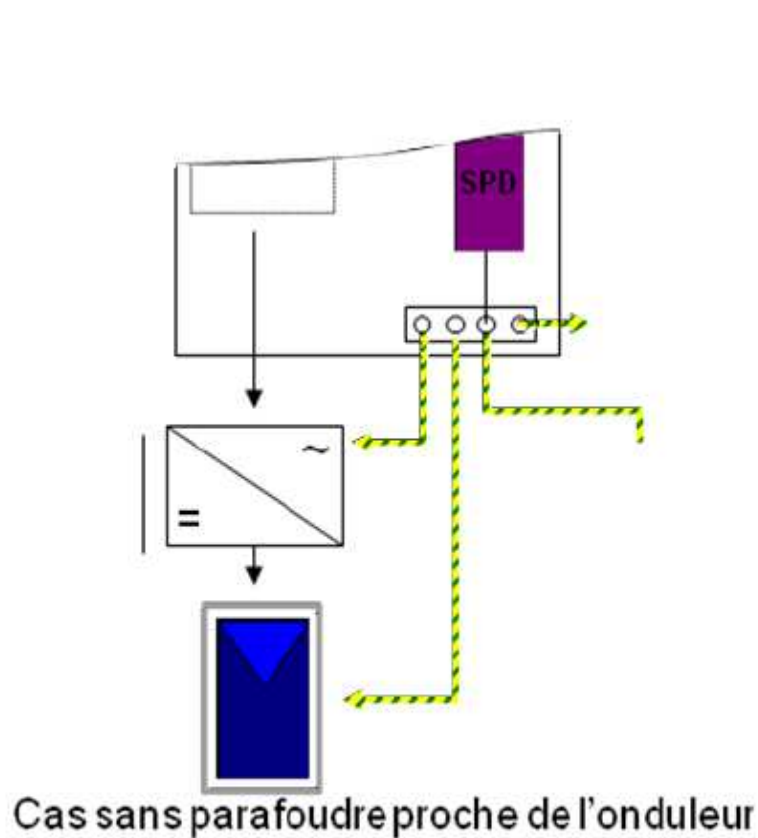
Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Mise en œuvre des parafoudres si $D \geq 10\text{m}$ entre champ PV et onduleur



Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique

- Mise en œuvre côté AC et DC



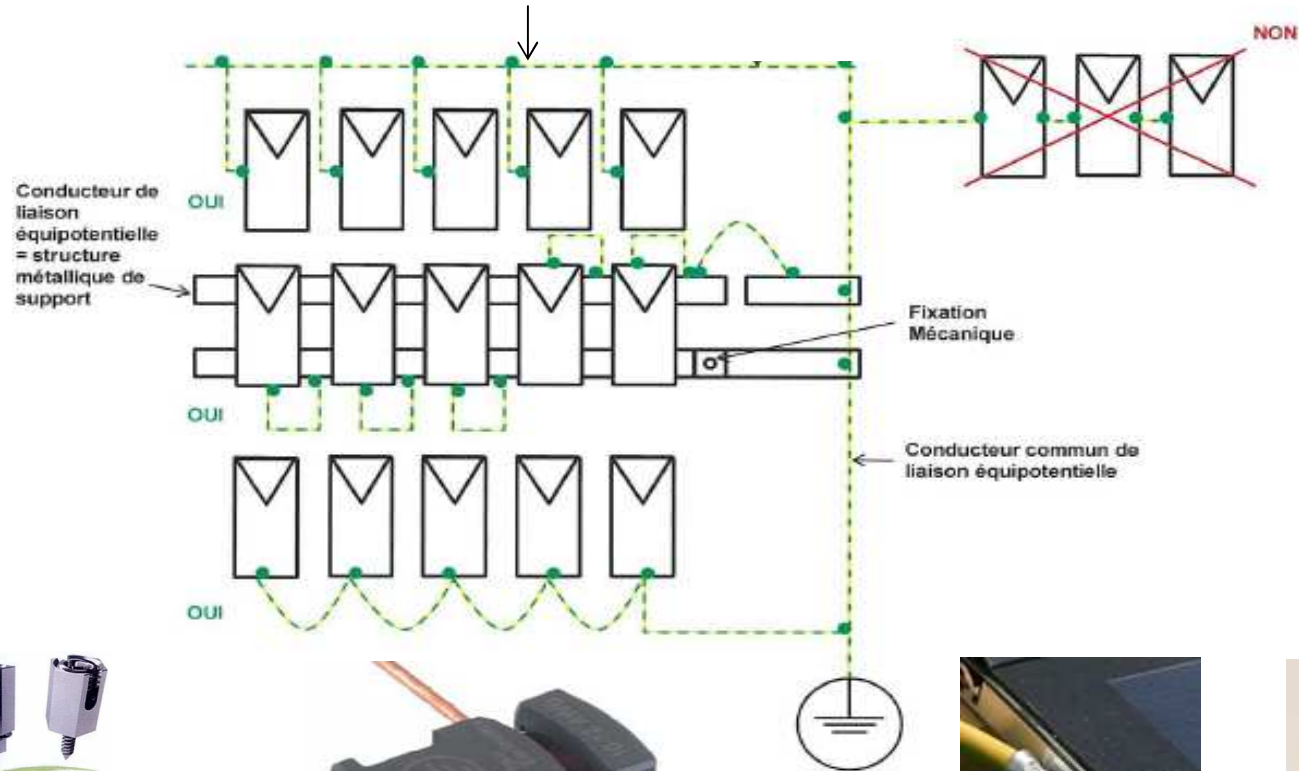
Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

MISE À LA TERRE DES MASSES DANS LES INSTALLATIONS PV

Mise à la terre des masses

❑ Équipotentialité des modules PV et structures métalliques

Conducteur de liaison équipotentielle 6 mm²



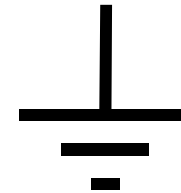
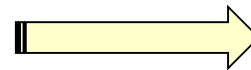
Tyco electronics



Mise à la terre des masses

□ Équipotentialité des modules PV et structures métalliques

Liaison équipotentielle



Structure métallique
des modules



Structure métallique
des supports



Chemins de
câbles métalliques



Mise à la terre des masses

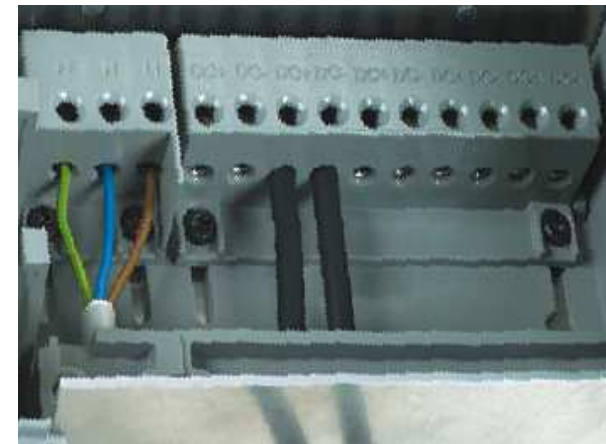
❑ Mise à la terre de l'onduleur

- Mise à la terre directe de la masse par un conducteur de section de 6mm² Cu



et

- Mise à la terre par le conducteur de protection (vert/jaune) de la partie AC

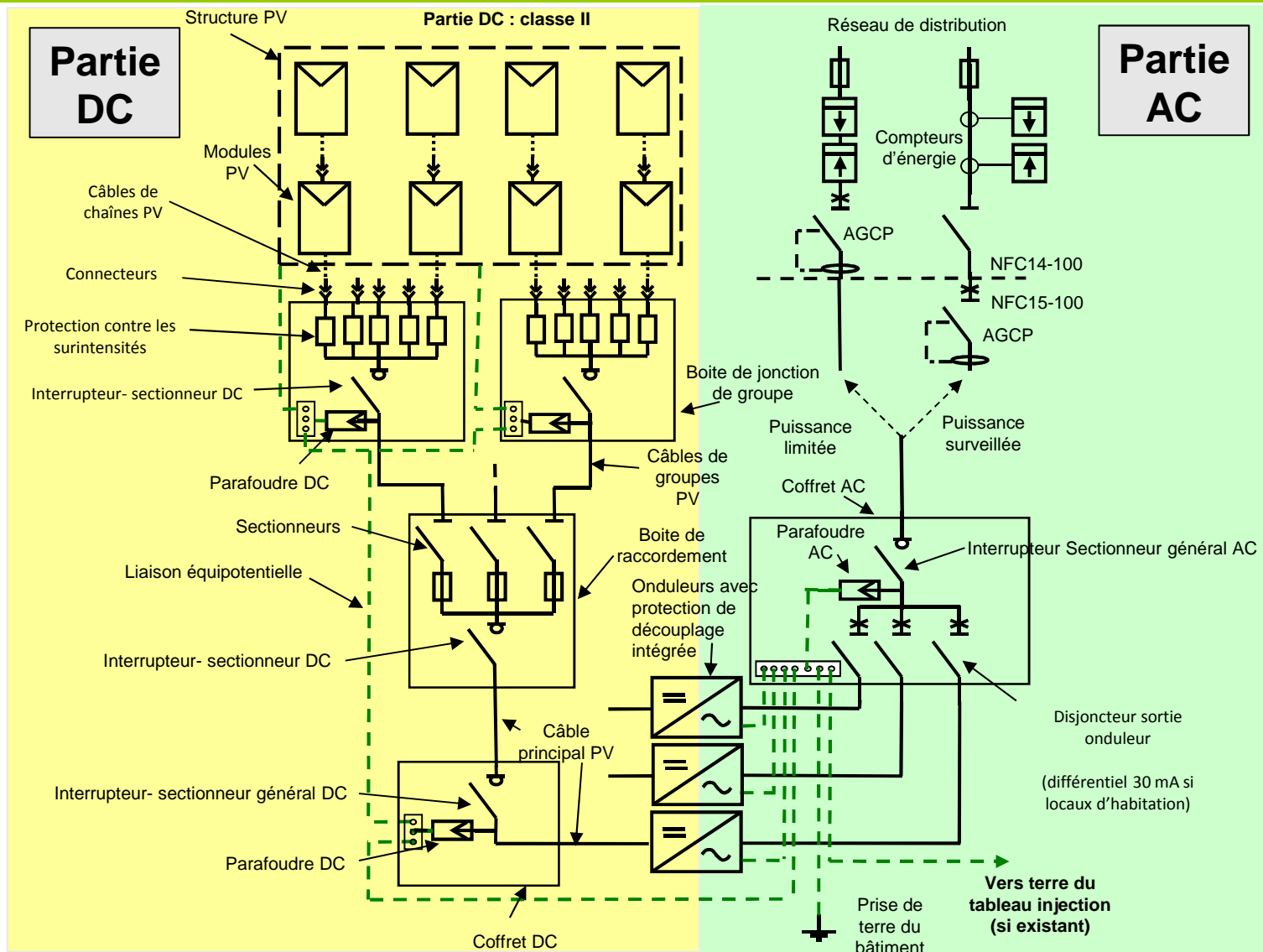


Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

CHOIX ET MISE EN ŒUVRE DES MATÉRIELS DANS UNE INSTALLATION PV

Composants d'une installation PV

Schéma unifilaire type

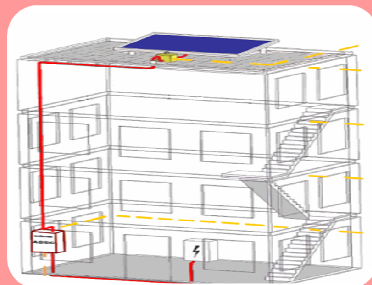


Généralités



Tension assignée d'emploi des matériels DC

- $U_e \geq U_{ocmax} = k \times U_{ocstc}$



Matériel dans les parties communes collectives

- Cheminement canalisation par l'extérieur
- IP44 et IK07 minimum (NF EN 62262) en extérieur
- Interventions en toute sécurité sur matériels, appareillages et connexions démontables



Emplacement matériels

- Conforme article 513 norme NF C15-100 (facilité pour manœuvre, visite, entretien et accès aux connexions)
- Conforme à l'article 771 norme NF C15-100 pour les locaux d'habitation

Les modules photovoltaïques

☐ Normes



- ☐ NF EN 61 730-1-2 Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques
 - Partie 1: Exigences pour la construction (CEI 61730-1)
 - Partie 2: Exigences pour les essais (CEI 61730-2)

- ☐ NF EN 61 215 Modules photovoltaïques au Si cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation
- ☐ NF EN 61 646 Modules photovoltaïques en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation

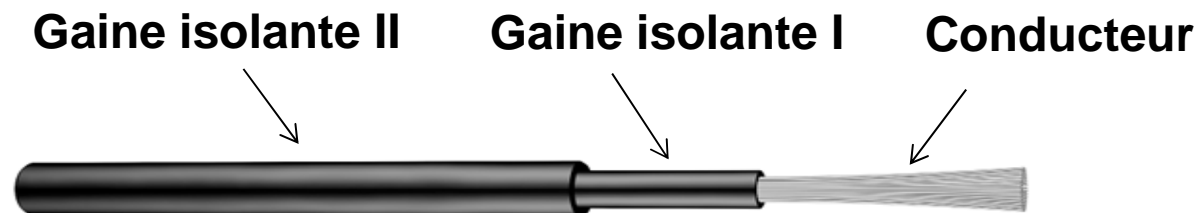
Les modules photovoltaïques

- ❑ Classe II si intégré dans un générateur PV avec $U_{ocmax} \geq 120VDC$
- ❑ Caractéristiques électriques identiques des modules constituant un même champ PV
- ❑ Tension max module $> U_{ocmax}$ générateur
- ❑ Courant inverse maximal (I_{rm}): valeur assignée d'éventuel dispositif de protection contre les surintensités
- ❑ Disposition pour mise à la terre du cadre métallique



Câbles DC

- ❑ Guide de choix des câbles PV : guide UTE C32-502
 - Température d'âme 90°C ou 120°C en régime permanent
 - Classe II
 - Mono-conducteur
 - Résistant au UV: influence externe AN3 ou interposition d'écran
 - Tenue aux intempéries
- ❑ Dimensionnement conforme à la NF C15-100 (annexe B)
- ❑ Mise en œuvre: guide UTE C15-520



Connecteurs DC

- ❑ Conformement à la norme NF EN 50521
- ❑ IP 44 minimum
- ❑ Chaque couple mâle/femelle de même type et même marque
- ❑ Démontables avec un outil (par construction ou installation) si accessible à personne non avertie
- ❑ Rappel: dispositif de sectionnement « ne pas ouvrir en charge »



Appareillages et ensemble d'appareillages DC

□ Fusibles ou disjoncteurs DC

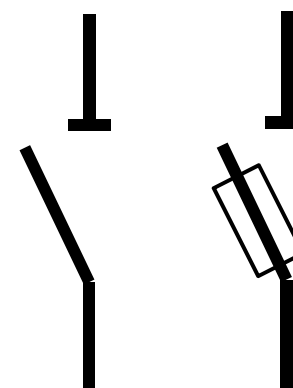
- Fusibles conformes à la norme NF EN 60 269 -1 et PR NF EN 60 269-6 (sortie imminente)
- Disjoncteurs conformes à la norme CEI 60 947-2
- Tension assignée d'emploi: $U_e \geq U_{ocmax} = k_u \times U_{ocstc}$
- Courant assigné I_n : $1,4 I_{sc\ stc} < I_n < I_{RM}$
- Courant conventionnel fusibles : $I_{nf} = 1,13 I_n$ et $I_f = 1,45 I_n$
- Marquage spécifique courant continu : gPV
- Calibres normalisés : quelques A à quelques 100 A



Appareillages et ensemble d'appareillages DC

□ Sectionneur

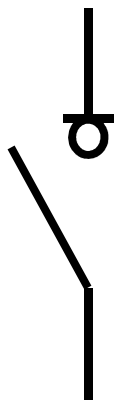
- Ne possède pas de pouvoir de coupure: **ne doit pas être manœuvré en charge**
- Signalétique « Ne pas manœuvrer en charge »
- Catégorie d'emploi: DC20
- Présence obligatoire dans les boites de raccordement
- Courant d'emploi: 1,25 I_{sc stc} minimum
- Tension assignée d'emploi: $U_e \geq U_{ocmax} = k_u \times U_{ocstc}$



Appareillages et ensemble d'appareillages DC

□ Interrupteur sectionneur bipolaire DC

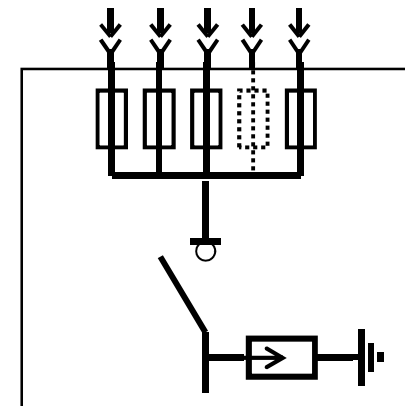
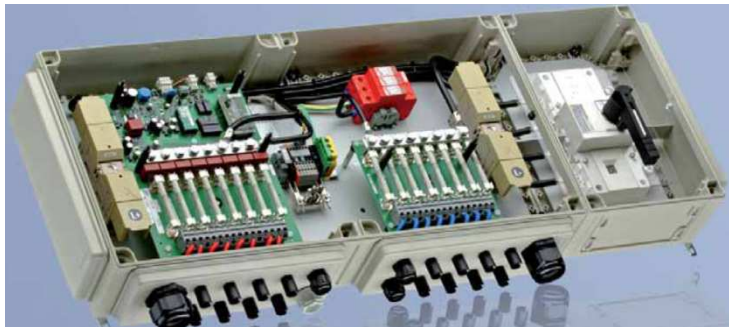
- Catégorie d'emploi: DC21B minimum (interrupteurs, combiné-fusibles)
- Manœuvrable en charge en cas d'urgence
- Présence obligatoire dans chaque boîte ou coffret DC
- Courant d'emploi: 1,25 I_{sc} stc minimum
- Tension assignée d'emploi: $U_e \geq U_{ocmax} = k_u \times U_{ocstc}$



Appareillages et ensemble d'appareillages DC

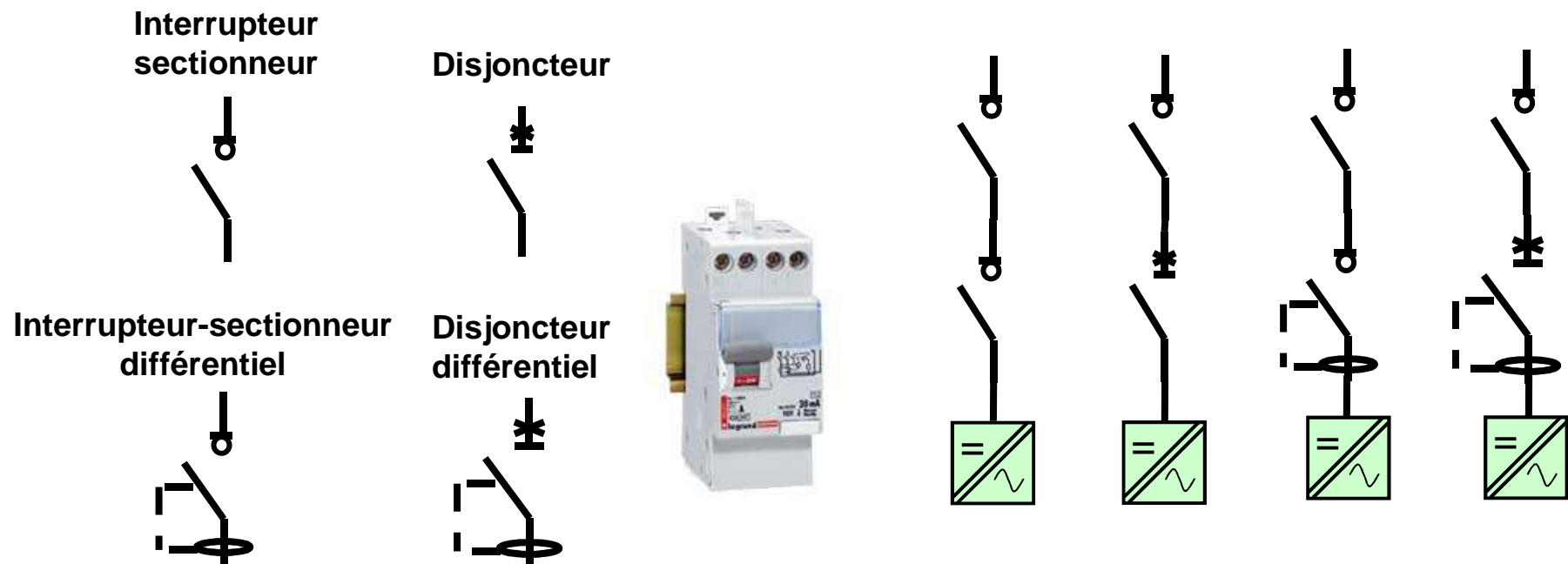
□ Boite de jonction, raccordement et coffret DC

- Indice de protection \geq à IP 44
- Dispositions constructives mises en œuvre pour éviter tout risque de court-circuit entre polarités
- Utilisation de la classe II ou par isolation équivalente (§ 412 de la norme NFC15-100)
- Signalétique de repérage et de signalisation de danger, intérieure et extérieure
- Dispositif de sectionnement sur chaque entrée (par connecteur DC en entrée boîte de jonction)
- Ouverture avec un outil (par construction ou installation) si accessible à personne non avertie
- Présence éventuelle de dispositifs de protection contre les surintensités (sur chaque polarité)
- Interrupteur sectionneur en sortie
- Présence éventuelle de parafoudres DC PV
- Présence éventuelle de système de monitoring
- Si présence de tension AC, séparation physique avec la partie DC



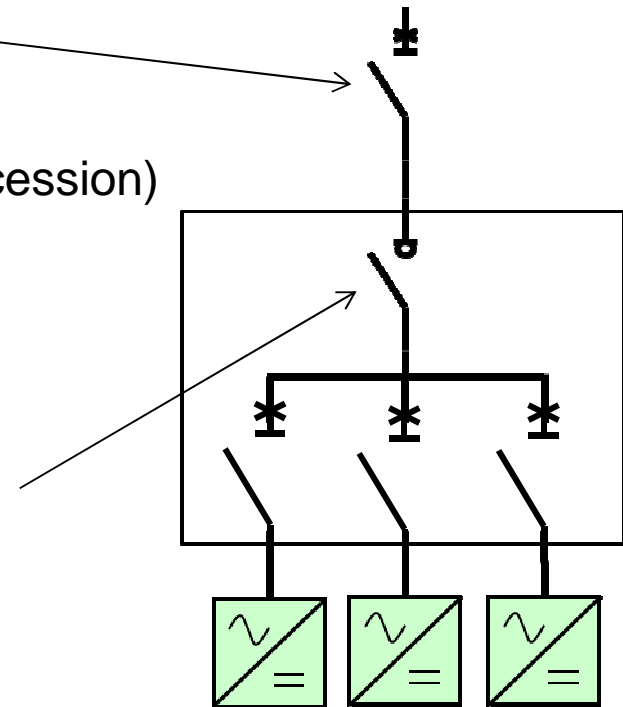
Appareillages et ensemble d'appareillages AC

- En sortie de chaque onduleur
 - Dispositif de coupure et de sectionnement (interrupteur-sectionneur ou disjoncteur)
 - Dispositif de coupure et sectionnement avec fonction différentielle 30mA (à immunité renforcée) si locaux d'habitation
 - Choix du calibre en fonction des contraintes d'implantation (proximité à pleine puissance) et température ambiante



Appareillages et ensemble d'appareillages AC

- ❑ Sur la liaison principale AC (en aval du point de livraison):
 - < 36 kVA : protection assurée par l'AGCP (en concession)
 - $36 < P < 250$ kVA : protection assurée par l'AGCP (producteur)
- ❑ Sur la liaison principale AC (proximité onduleur):
 - Dispositif de coupure et de sectionnement général
 - Dispositif facilement reconnaissable et rapidement accessible
 - Identification par étiquette
- ❑ Caractéristiques électriques
 - Courant d'emploi: I_{max} ou $1,1 I_n$ de l'onduleur
 - Tension assignée d'emploi: tension réseau
 - Pouvoir de coupure
 - 3 kA pour les branchements à puissance limitée (≤ 36 kVA)
 - A calculer dans les autres cas suivant la norme NFC 15-100



Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution

SIGNALISATION

Signalisation: vente PV totale



Ne pas manœuvrer en charge

A l'intérieur des boîtes de jonctions
À proximité des connecteurs, sectionneurs-fusibles, parafoudres débroschables..



Attention câbles courant continu sous tension

Sur les extrémités des canalisations DC à minima, sur la face avant des coffrets DC et des boîtes de jonction



Ne pas manœuvrer en charge

A l'intérieur des coffrets DC
À proximité des connecteurs, sectionneurs-fusibles, parafoudres débroschables..

Coupure urgence entrée onduleur

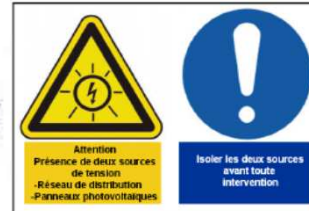
Boîte de jonction

Coffret de protection DC

Coffret de branchement

Signalétique distributeur

Onduleur



Coffret de protection AC

Sectionnement général Installation photovoltaïque

Coupure urgence sortie onduleur

Panneau de contrôle



Production photovoltaïque



Coupure photovoltaïque

Coupure réseau de distribution

Source GIMELEC

Signalisation: vente de surplus



Ne pas manœuvrer en charge

A l'intérieur des boîtes de jonctions
À proximité des connecteurs, sectionneurs-fusibles, parafoudres débroschables..



Attention câbles courant continu sous tension

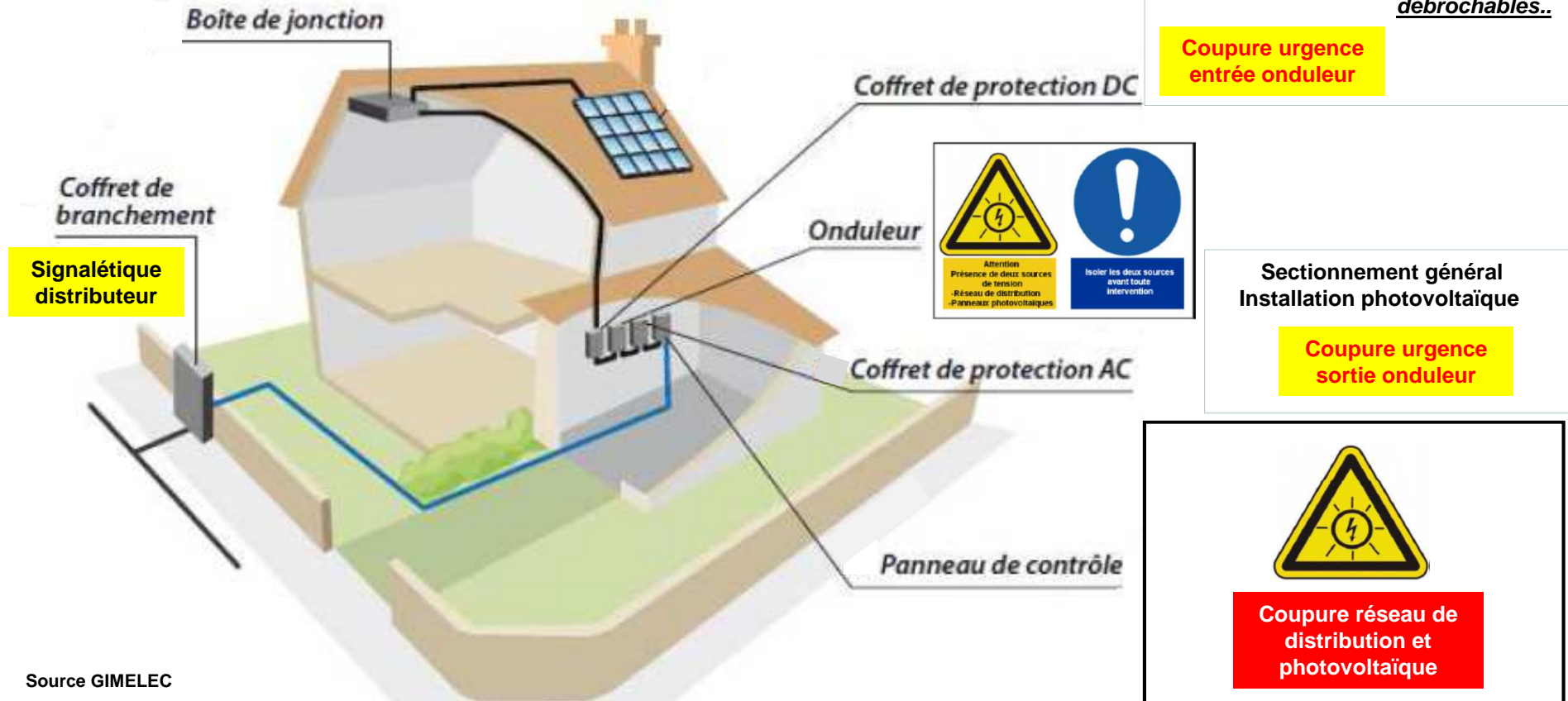
Sur les extrémités des canalisations DC à minima, sur la face avant des coffrets DC et des boîtes de jonction



Ne pas manœuvrer en charge

A l'intérieur des coffrets DC
À proximité des connecteurs, sectionneurs-fusibles, parafoudres débroschables..

Coupure urgence entrée onduleur



Source GIMELEC