

Micro-grid

- 1. Schéma de liaison à la terre: rappel**
- 2. SLT dans le cas d'installations photovoltaïque**
 - 1. En site isolé**
 - 2. Systèmes hybride**
- 3. Exemple**

- Quel est l'ordre de grandeur du 1^{er} courant de défaut (microA, A, > 100A)
 - En TT
 - En IT
 - En TN

En schéma TT

- Faut il toujours relier les masses métalliques des équipements électrique a la terre?
- Comment choisir la sensibilité d'un différentiel

En schéma TN

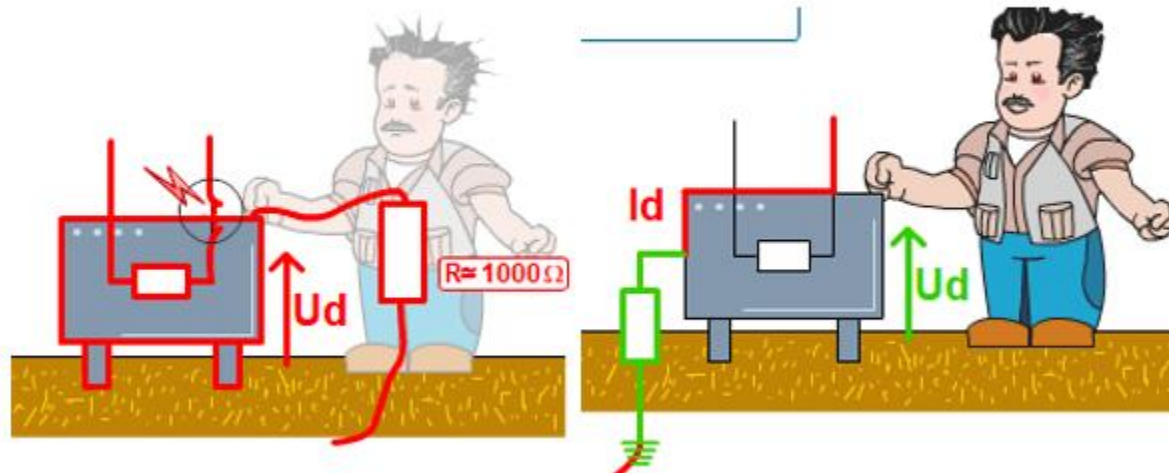
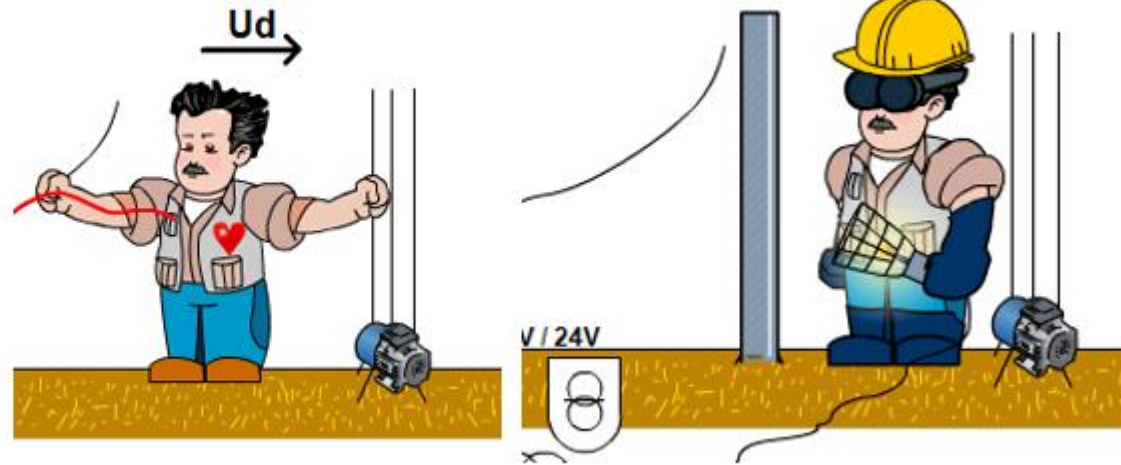
- Qui coupe le circuit en cas de défaut d'isolement
- Sous quelle condition

En schéma IT sur un seul bâtiment

- A partir de quand y a-t-il un risque pour les personnes
- Quelle est le courant de défaut dans ce cas
- Qui assure la protection

Règles de base: quel type de contact

- Le contact direct
 - Aucune pièce active ne doit être accessible à une personne non habilitée
- Le contact indirect
 - La tension de défaut (par rapport à la terre) doit être inférieure à 50V



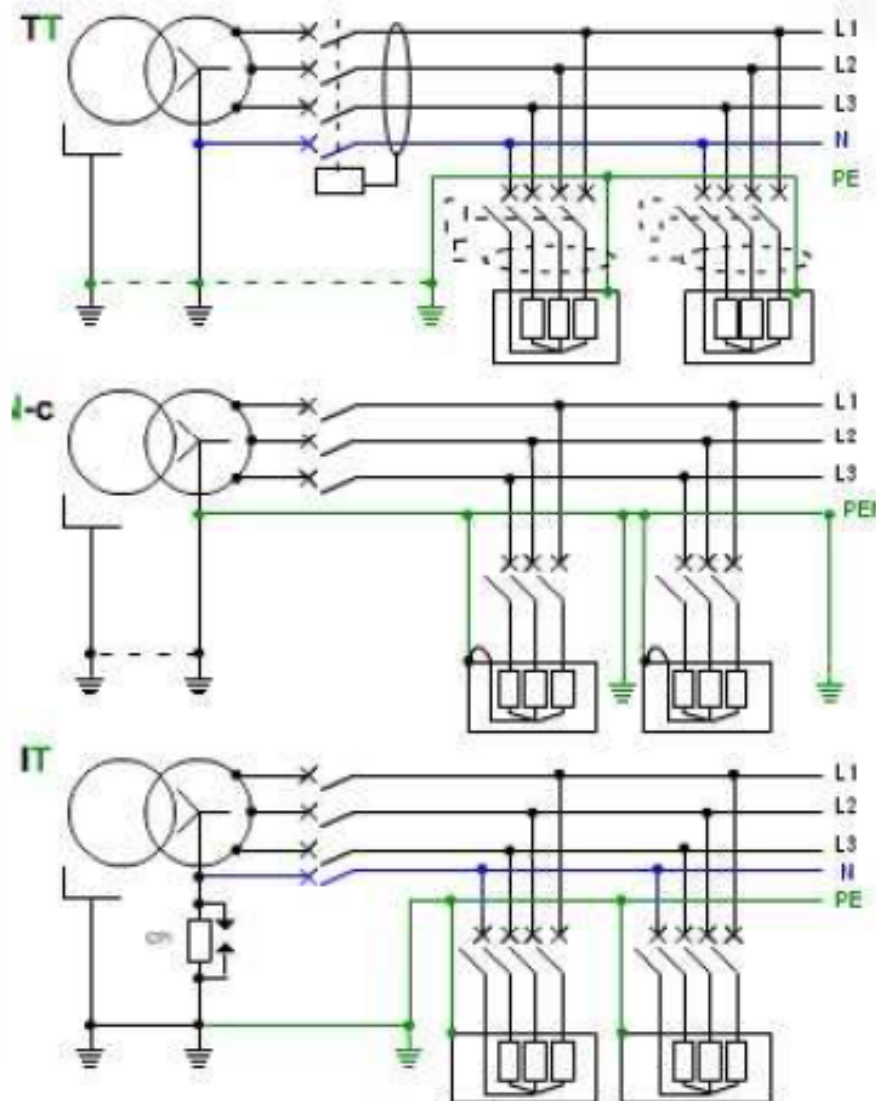
Les schémas de liaison à la terre ne s'occupe que du défaut d'isolement.

Les schémas de liaison à la terre

Lors d'un défaut d'isolement, la tension de contact dépend du point neutre du transformateur.

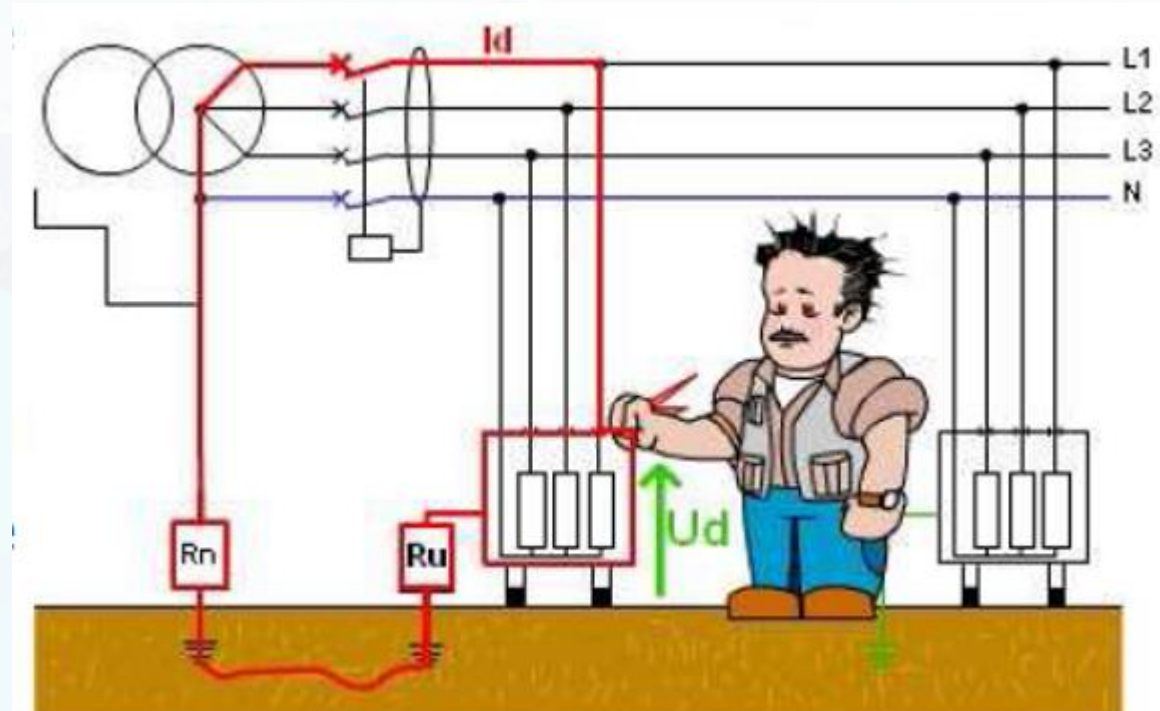
- Si le neutre est relié à la terre, la tension de défaut est dangereuse.
- Si le neutre est isolé, l'impédance d'isolation limite le courant de défaut.
- La situation devient dangereuse lors du second défaut.
- On distingue trois type de schéma de liaison a la terre normalisé en France:

TT - TN - IT



Le schéma de liaison a la terre TT

- L'intensité du courant de défaut est limité par la résistance des prises de terre.
- Un défaut d'isolement est dangereux et doit être éliminé immédiatement par un dispositif différentiel.
- La sensibilité du différentiel dépend de la résistance de la prise de terre de manière à ce que la tension de défaut ne dépasse jamais 50V



$$U_d = R_u * I_d \Rightarrow I_{\Delta n} < I_{dmax} = \frac{50}{R_u}$$

TT Protection des personnes

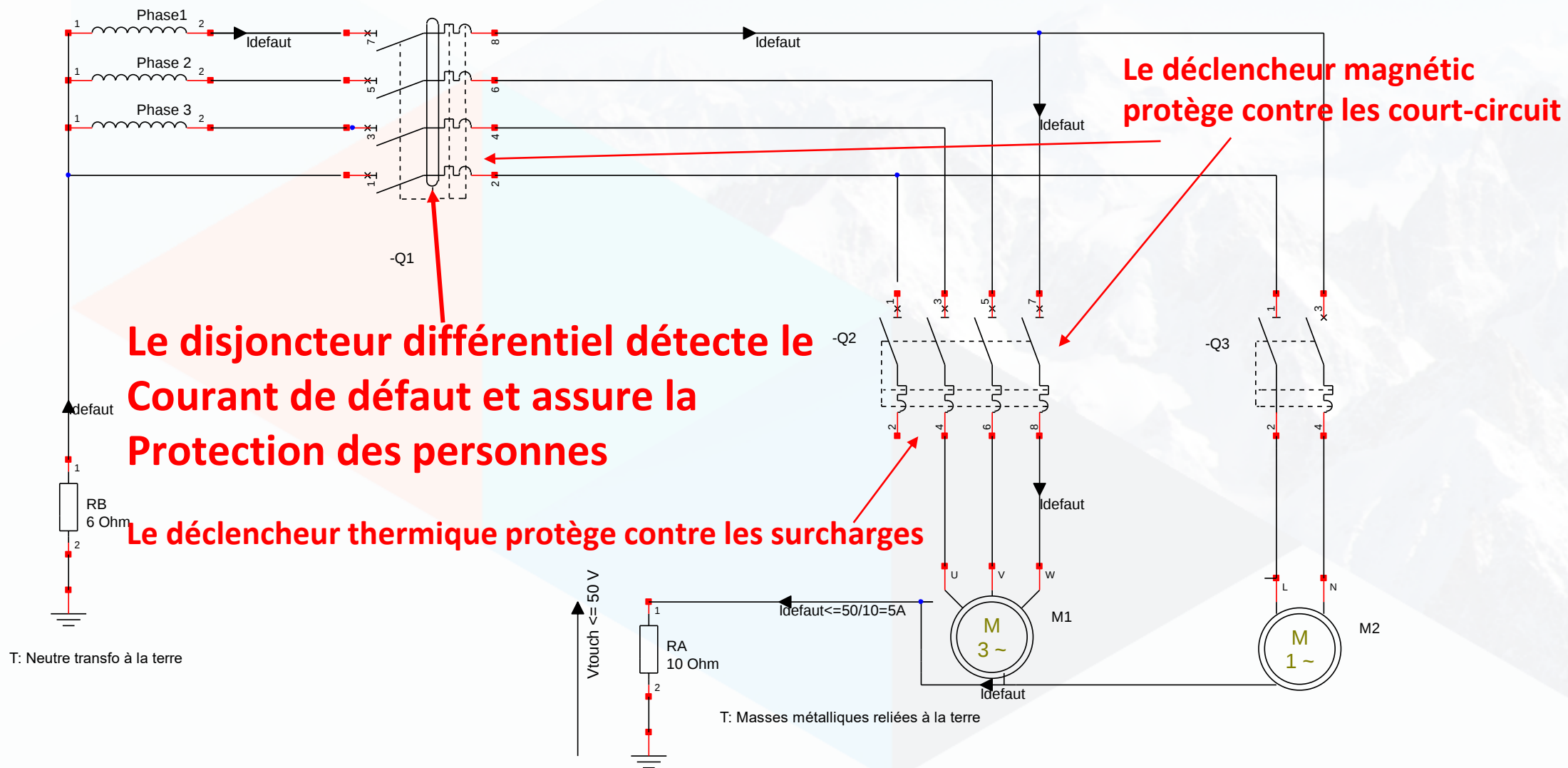
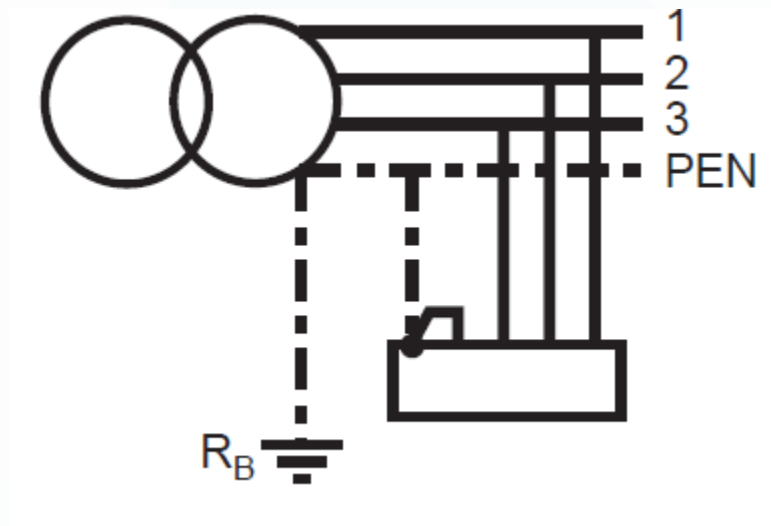


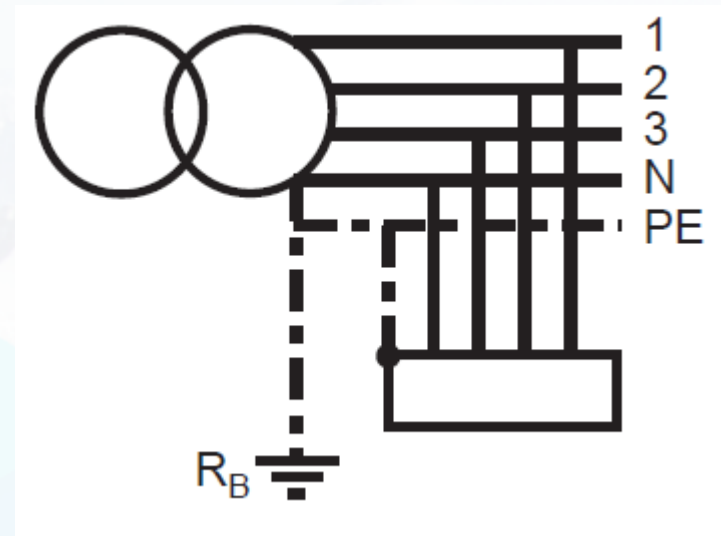
Schéma de liaison a la terre TN



PE + Neutre commun

== > TNC

On ne peut pas mettre de différentiel



PE + Neutre séparé
== > TNS

Il est possible d'installer des différentiels

Le schéma TN

- En TN, le courant de défaut est un courant de court-circuit.
- Il n'est limité que par l'impédance des câbles.
- Le premier défaut est dangereux. Il est éliminé par le disjoncteur si son seuil magnétique est inférieur au courant de défaut

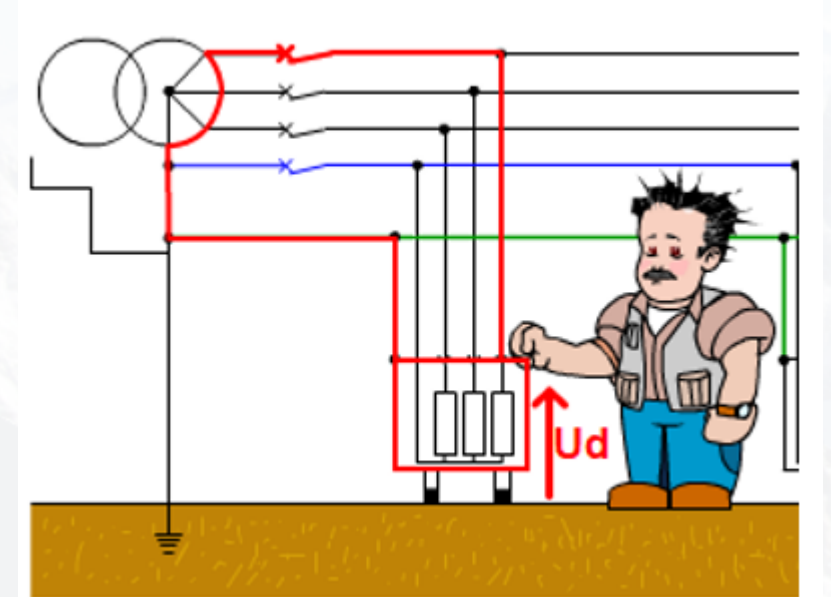
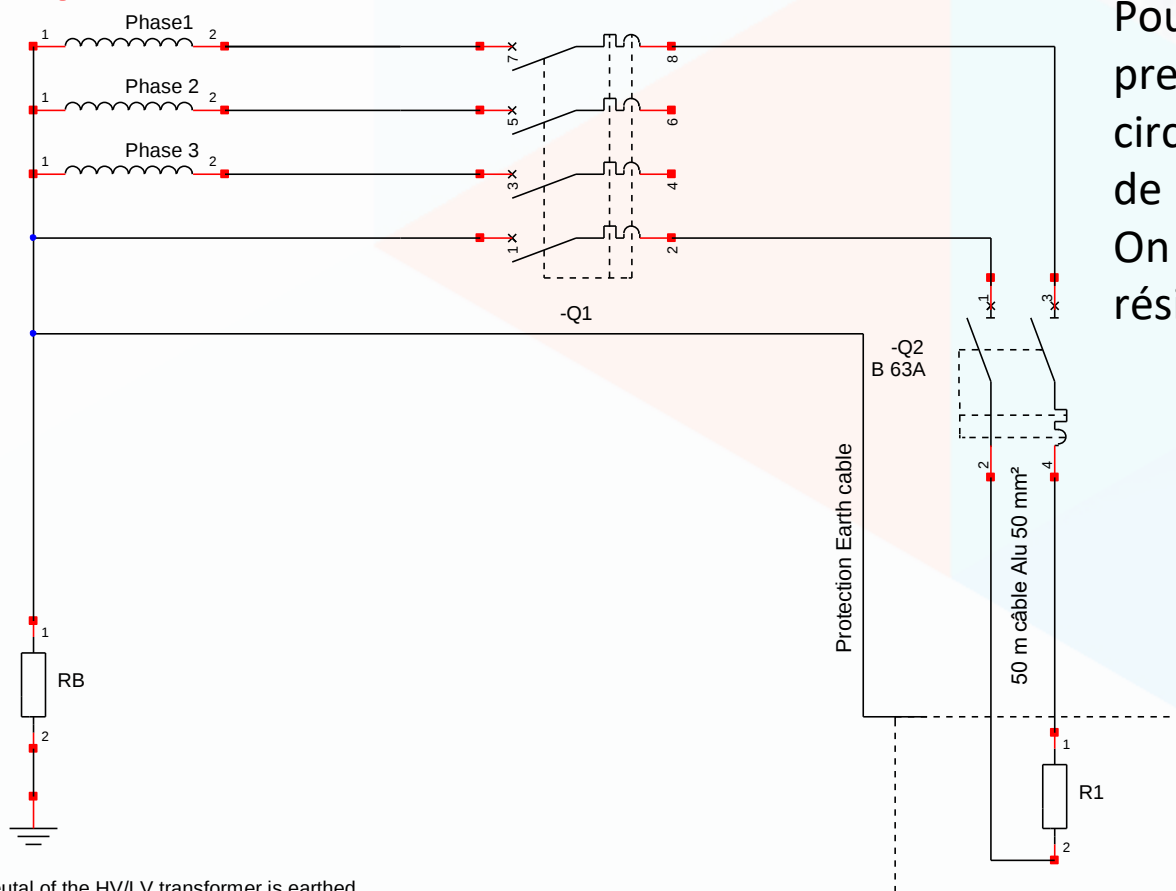


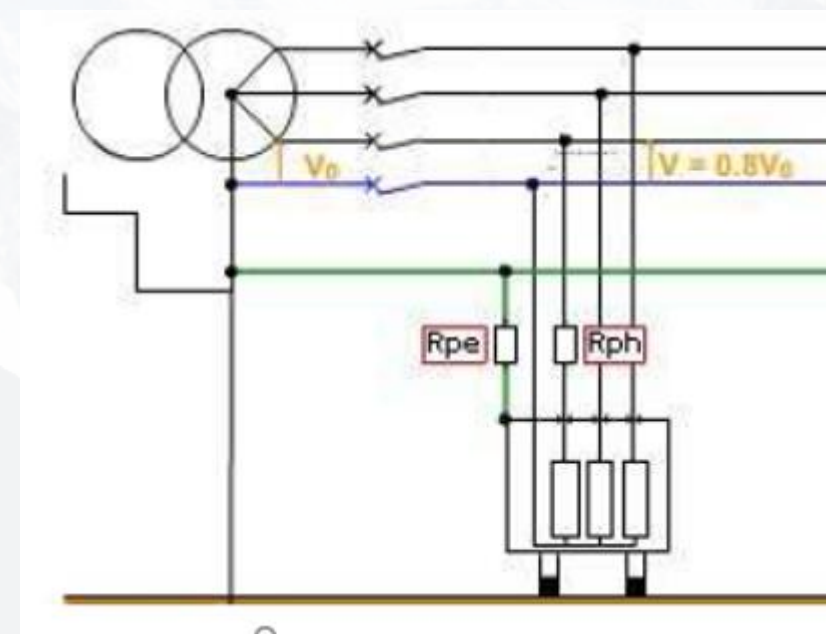
Schéma de liaison a la terre TN

Le courant de défaut n'est limité que par l'impédance des câbles.

Le déclencheur magnétique doit détecter le courant de défaut et assurer la protection des personnes.



Pour le calcul, on ne prendra en compte que le circuit terminal avec 80% de la tension nominale. On considère les câbles résistifs.



$$I_d = \frac{0,8 \cdot V_0}{R_{PH} + R_{PE}} = \frac{0,8 \cdot V_0 \cdot S_{PH}}{\rho (m + 1) \cdot L} > I_m$$

$$U_d = 0,8 \cdot V_0 \cdot \frac{R_{PE}}{R_{PH} + R_{PE}} = 0,8 \cdot V_0 \cdot \frac{m}{m + 1} \quad m = \frac{S_{PH}}{S_{PE}}$$

Zones de SURVOL

Remarques sur le TN

- Les circuits ne peuvent être modifiés sans précaution, car tout allongement d'un circuit diminue le courant de défaut et donc peut entraîner un non respect de la protection.
- On peut quand même utiliser un disjoncteur différentiel:
 - En régime TNS,
 - Sur les circuits devant être modifiés en exploitation,
 - Sur les circuits de prises de courant sur lequel sont branchés des circuits de longueur et de section inconnus
- Caractéristique:
 - Le moins cher à l'installation,
 - Nécessite une surveillance,
 - Coupure au premier défaut.

Le schéma IT

- Au premier défaut d'isolement, le courant de défaut est limité par l'impédance d'isolement du réseau.
- La tension de défaut n'est pas dangereuse.

- Souvent limité à une partie de l'installation (îlot IT) ou la continuité de service est importante.

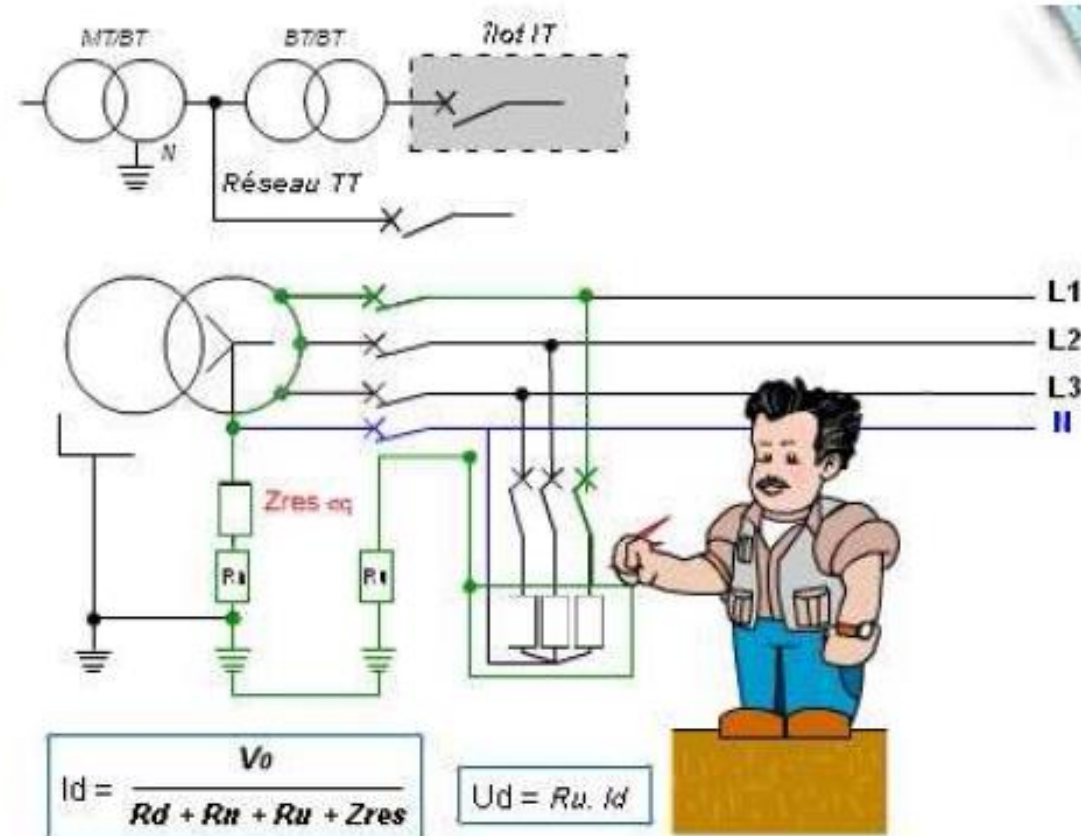


Schéma IT: 2eme défaut – court-circuit

- Défauts sur le même bâtiment.
- Le deuxième défaut entraîne un court circuit.
- Même chose si les deux défauts ont lieu sur le même bâtiment.

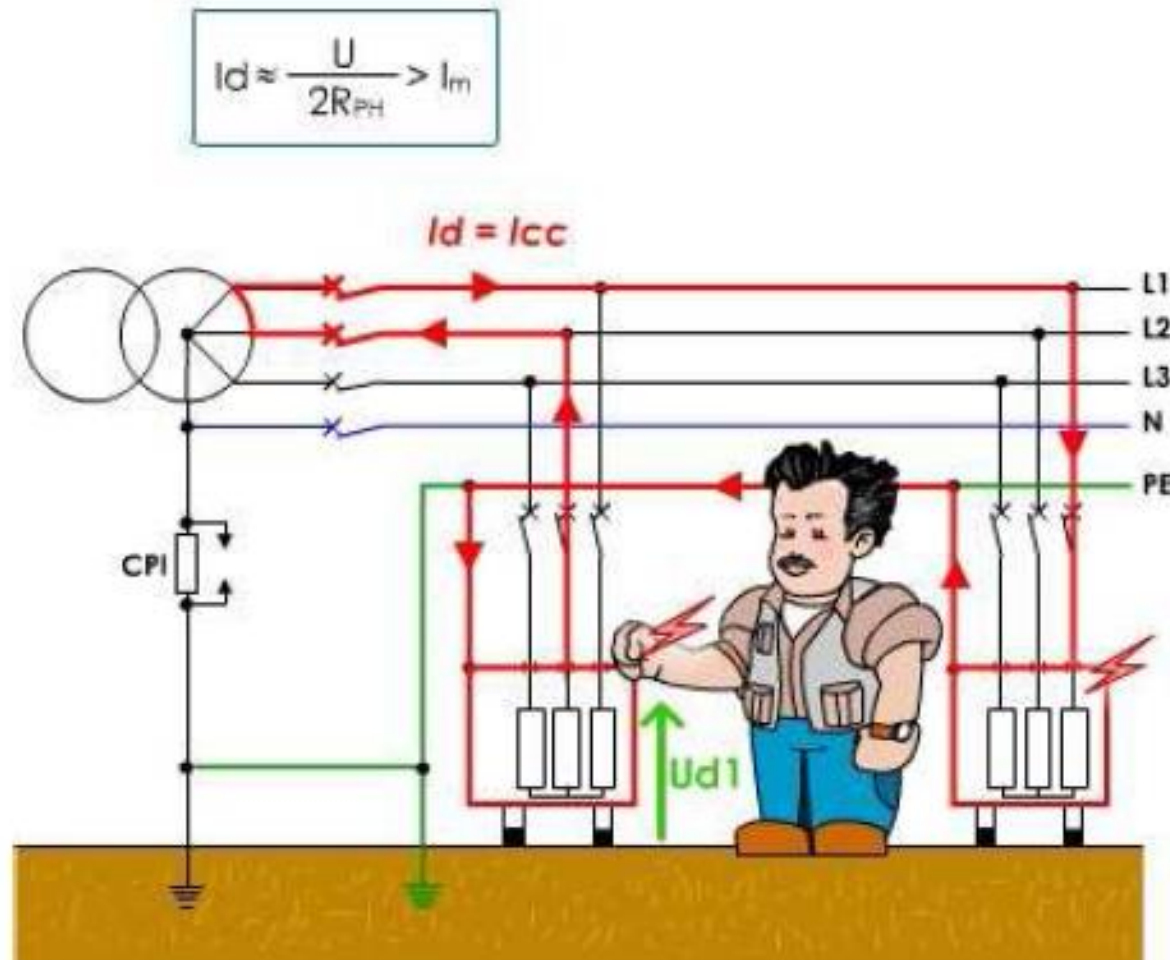


Schéma IT: 2 prises de terre

- Défauts dans deux bâtiments différents. (2 prises de terre)
- Au second défaut, la tension sur les masses métalliques devient dangereuse.
- Le courant de défaut doit être détecté par des disjoncteurs différentiels

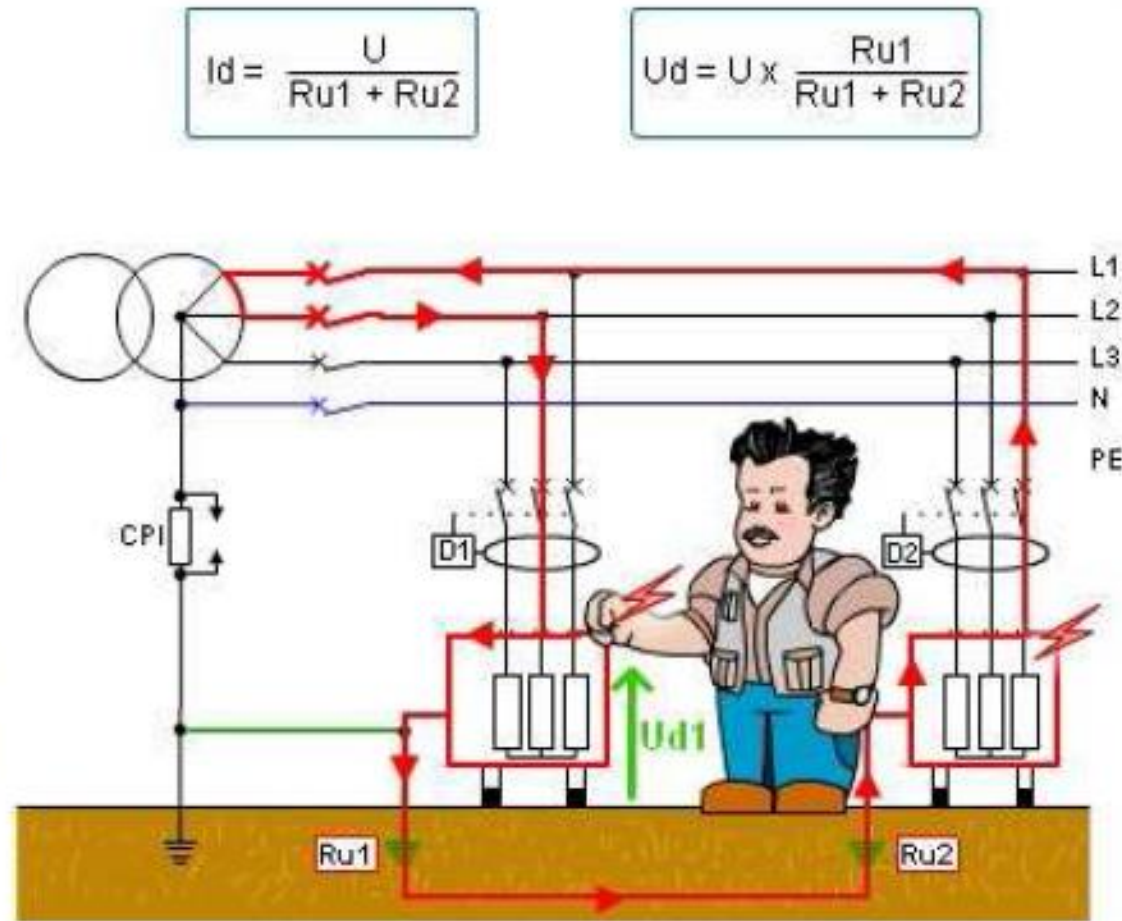
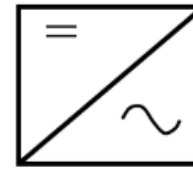
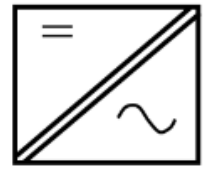


Schéma de liaison à la terre dans le cas de production photovoltaïque

Onduleur isolé ou non

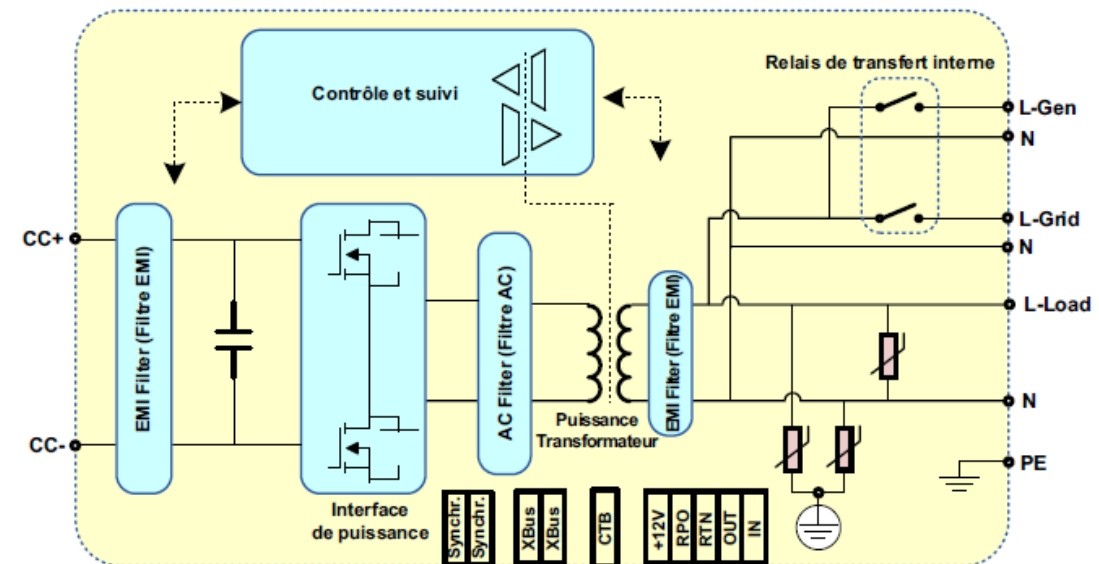
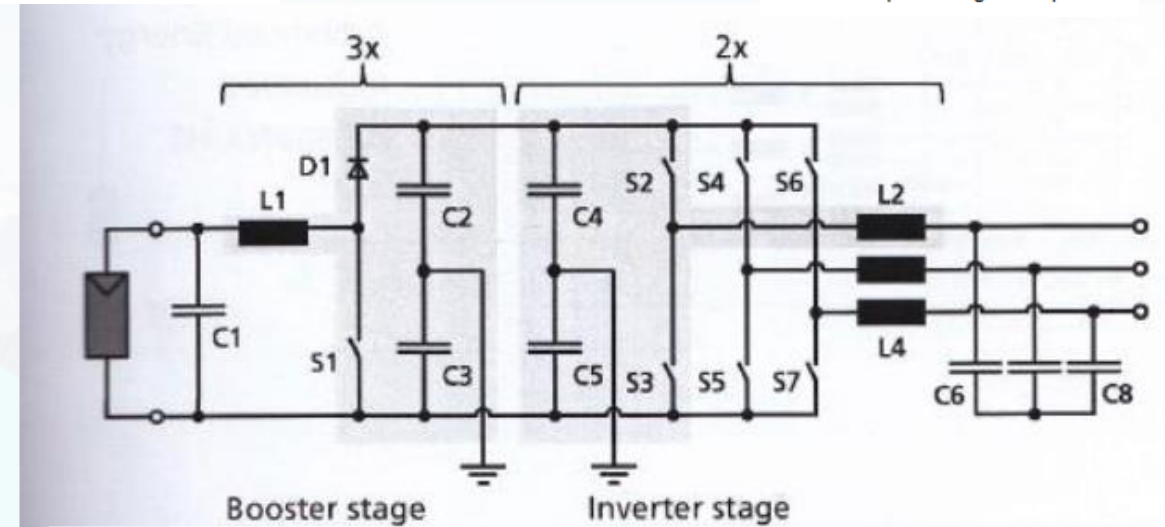


Représentation d'un onduleur sans séparation galvanique



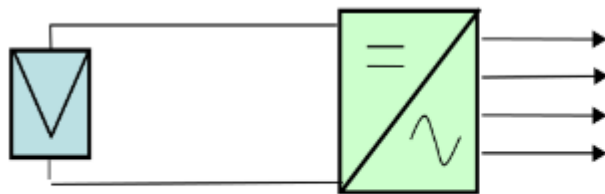
Représentation d'un onduleur avec séparation galvanique

- Certains onduleurs sont équipés d'un transformateur : celui-ci est responsable de l'**isolation galvanique** entre les deux circuits électriques en entrée et en sortie de l'onduleur
- **Avantage d'un transformateur**
 - la séparation galvanique est une protection efficace contre les surtensions éventuelles,
 - Elle permet un changement de schéma de liaison à la terre
 - elle garantit un courant plus stable en sortie, notamment en supprimant les courants de fuite.
- En contrepartie le rendement diminue de l'ordre de 1 %
- Sans isolation les modules photovoltaïque doivent être isolé

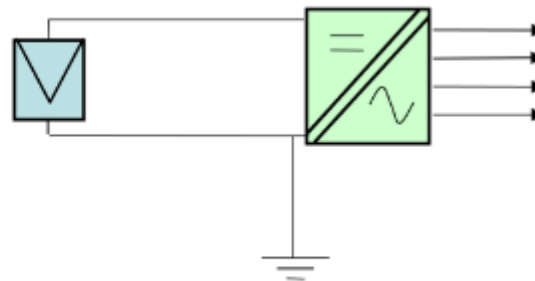


Mise à la terre des panneaux

- D'une manière générale, la plupart des installations photovoltaïques constituées de modules photovoltaïques ne nécessitent pas la mise à la terre d'une polarité DC.
- Certains fabricants de cellules photovoltaïques préconisent de relier une polarité à la terre pour des raisons fonctionnelles (pour éviter des dégradations des performances énergétiques réversibles ou non selon les technologies de cellules PV).
- Cela influe sur la protection contre les contacts indirects



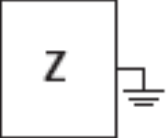
Aucune polarité à la terre



Une polarité DC reliée à la terre

Si une polarité est reliée à la terre, l'onduleur doit être isolé

La très basse tension (C15-100)

DOMAINE DE TENSION	ALIMENTATION	LIAISON A LA TERRE	SECTIONNEMENT ET PROTECTION CONTRE LES COURT-CIRCUITS	PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS	PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS	RÉCEPTEURS
TBTS	Transformateur de sécurité conforme à la norme NF C 52 742  Classe II	INTERDITE	De tous les conducteurs actifs 	NON	NON	
TBTP	Transformateur d'isolement conforme à la norme NF C 52 742  Classe I	Conducteur actif relié à la terre 	De tous les conducteurs actifs 	NON	NON	
TBTF	Transformateur d'origine indéterminée 	Conducteur actif relié à la terre 	De tous les conducteurs actifs 	OUI  (Dispositif différentiel)	OUI (Appareils IP 2x)	

Attention: En cas de local humide, on applique les mêmes règles que dans un local sec en divisant les limites de tension par 2. En courant continu, les limites de tension changent.

Synthèse de la protection contre les contacts directs (C- 15 712-2 – site isolée)

Tension continue Tension alternative	$U_{ocmax} \leq 30 \text{ V}$ $U_{ocmax} \leq 12 \text{ V}$	$30 < U_{ocmax} \leq 60$ $12 < U_{ocmax} \leq 25$	$60 < U_{ocmax} \leq 120$ $25 < U_{ocmax} \leq 50$
TBTS Protection contre les contacts directs	Non nécessaire	Non nécessaire	Nécessaire
TBTP Protection contre les contacts directs	Non nécessaire	Nécessaire	Nécessaire

Installation connecté au réseau: Coté générateur PV

- Dans une installation connecté au réseau, dans la majorité des cas, la partie DC est réalisé selon les règles de la classe II (double isolation) ou en TBT. Il n(y a pas de contact direct ou indirect)
- Généralement, aucune polarité n'est relié a la terre.
- Les armatures métalliques des modules et des structures doivent être reliée à la terre pour minimiser les effets dus aux surtensions induites.
- Cas particulier
 - Parfois, certaines technologie de panneau photovoltaïque nécessite qu'une polarité soit reliée à la terre, dans ce cas:
 - Il faut une isolation galvanique entre les parties AC et DC.
 - La mise à la terre doit être faites en un point unique proche de l'onduleur et en amont du dispositif de coupure.
 - Si la mise à la terre se fait par l'intermédiaire d'une résistance, il peut y avoir besoin d'une protection par coupure automatique, et d'un contrôleur permanent d'isolement.

Installation connecté au réseau: Coté AC

- Si relié au réseau public TT
- Si raccordé à un réseau d'entreprise ou au réseau HTA a l'aide d'un transformateur HTA/BT généralement TN (exceptionnellement IT)

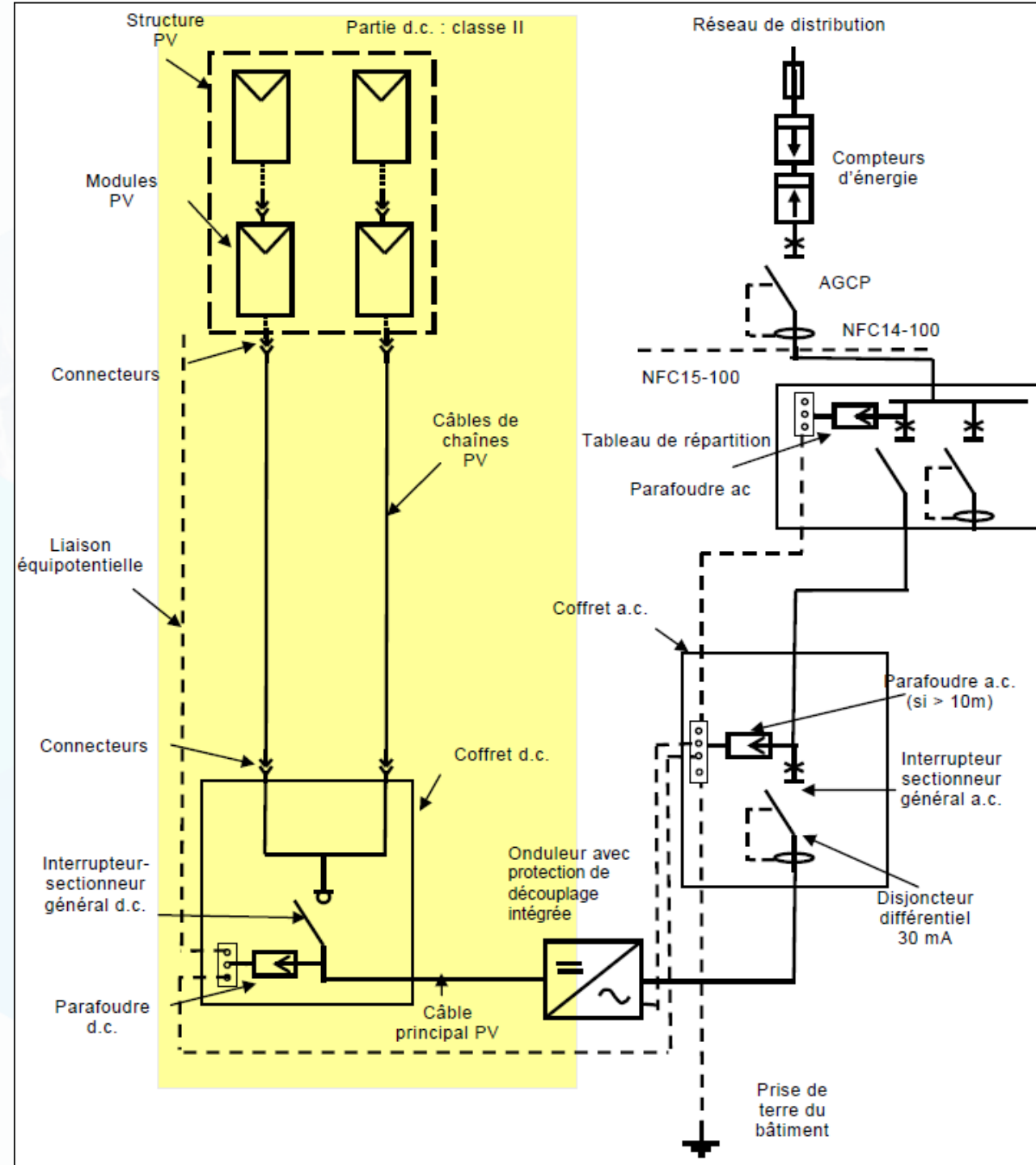


Schéma de liaison à la terre pour site isolé

Protection contre les contacts directs ou indirects sur la partie distribution DC

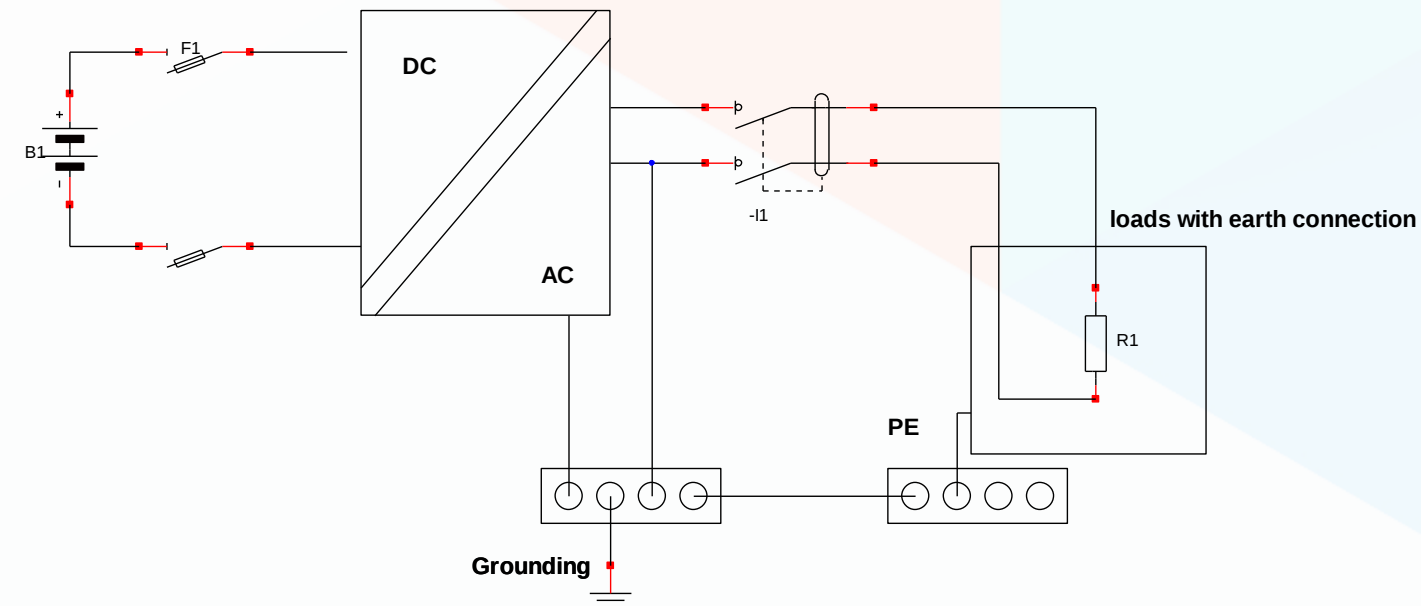
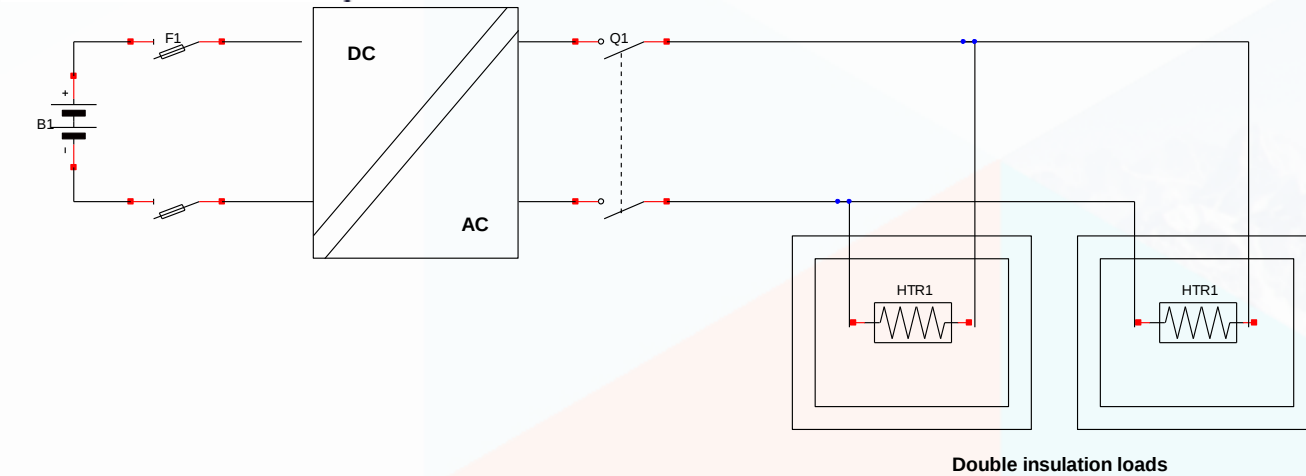
- Un isolement galvanique entre la partie distribution d.c. et la partie utilisation a.c. est exigé. Il peut être intégré à l'onduleur ou être externe. Cette disposition :
 - protège l'onduleur des conséquences d'un défaut d'isolement ;
 - permet le libre choix du schéma des liaisons à la terre de la partie utilisation a.c.
- Partie $U_{dc} < 120V$
 - Tension Champ photovoltaïque ou batterie $< 120V$ DC (TBTS ou TBTP). Toute liaison à la partie AC doit être faite par un transformateur de sécurité. Si une polarité relié à la terre TBTP, sinon TBTS.
 - Pas de protection contre les contacts directs nécessaire si $U < 60V$
- avec $U_{dc} > 120V$,
 - Schéma IT: Aucune polarité n'est relié à la terre. Réalisé suivant les règles de la classe 2. Il doit y avoir un Contrôleur Permanent d'isolement.
 - Exceptionnellement, cas du schéma TN si il y a des convertisseur non isolé relié au bus DC ou une polarité à la masse.

Protection contre les contacts directs ou indirects sur la partie AC

- La protection contre les contacts indirects est assurée :
 - - par isolation double ou renforcée ;
 - - ou par coupure automatique de l'alimentation, selon l'une des mesures suivantes :
 - en schéma TT par coupure au premier défaut ;
 - en schéma TN par coupure au premier défaut ;
 - en schéma IT par coupure au second défaut.
- En schéma TN ou IT, du fait de la présence de sources ayant une faible puissance de court-circuit, la protection contre les contacts indirects est assurée par dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR).
- Dans le cas des locaux d'habitation, le schéma de la partie utilisation AC. doit être de type TN-S ou TT

Schéma de liaison à la terre en site isolé

Pour les petits système isolés, la protection
Peut être assurée par une double isolation

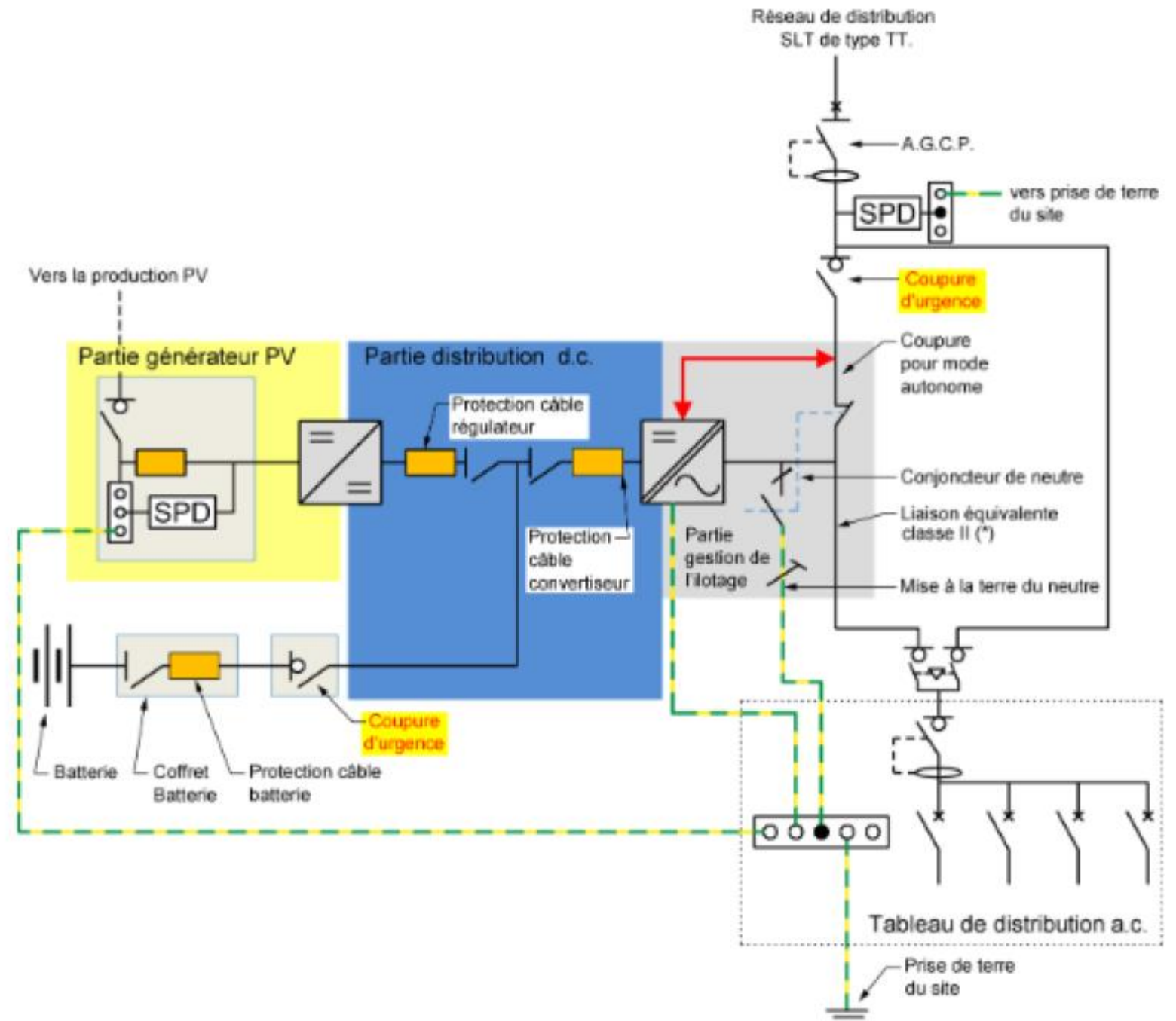


Pour les autres, on peut choisir une schéma TT ou TN vu
précédemment . Si il n'y a qu'une seule prise de terre,
on se retrouve dans le cas du TN

Schéma de liaison à la terre des installations hybrides

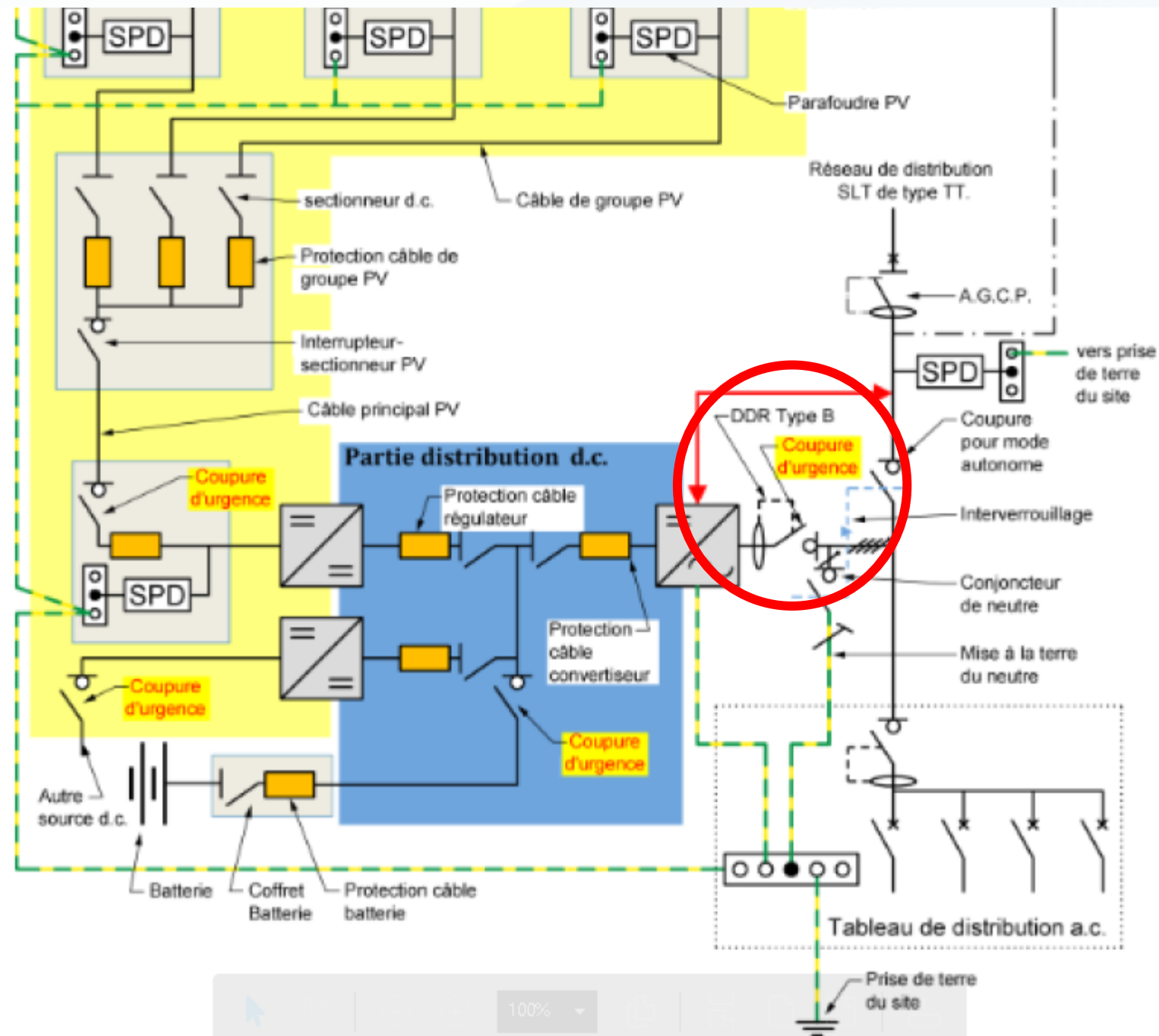
Principe

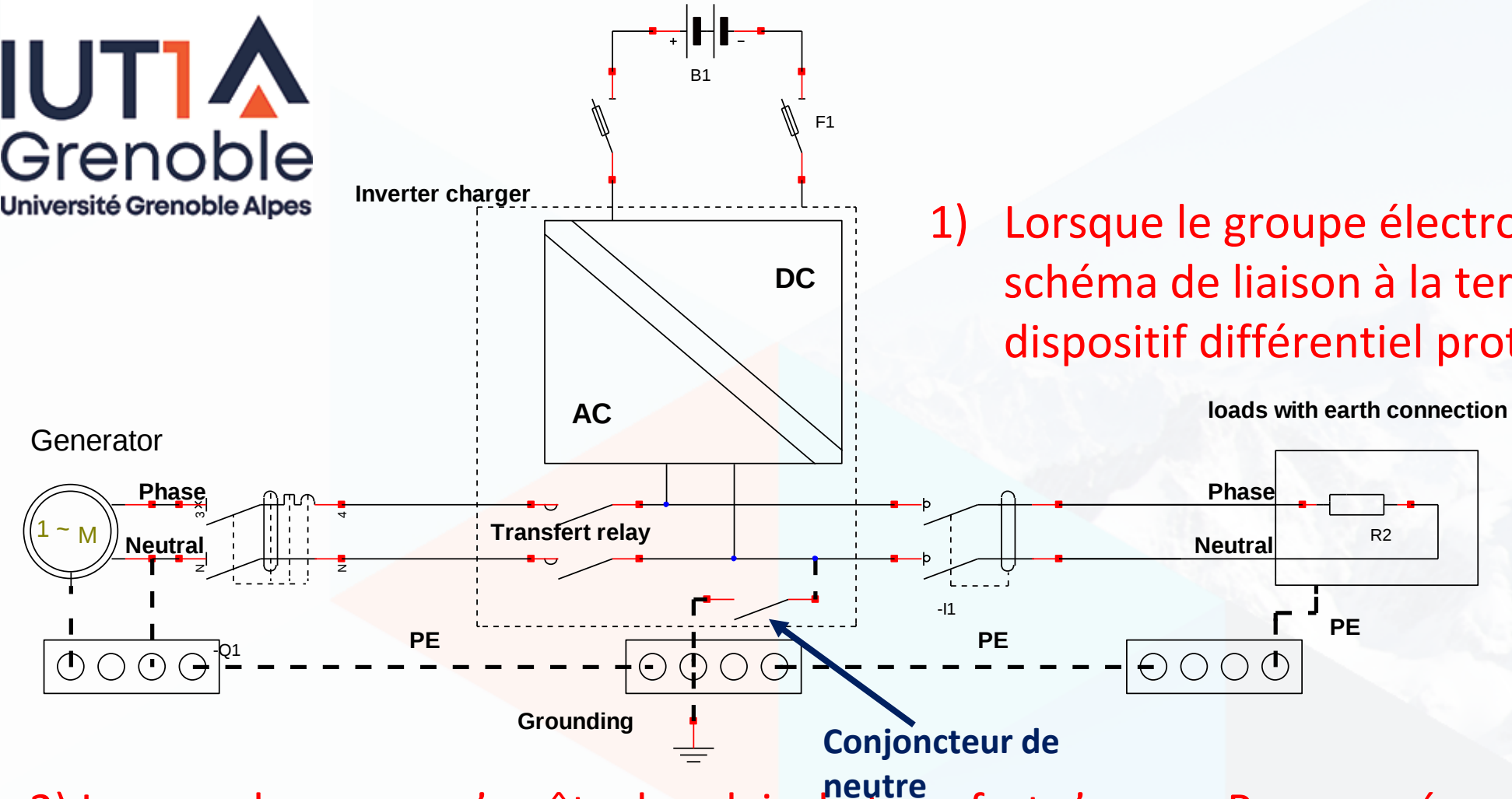
- Exemple d'installation PV avec stockage reliée au réseau public onduleur isolé



Principe

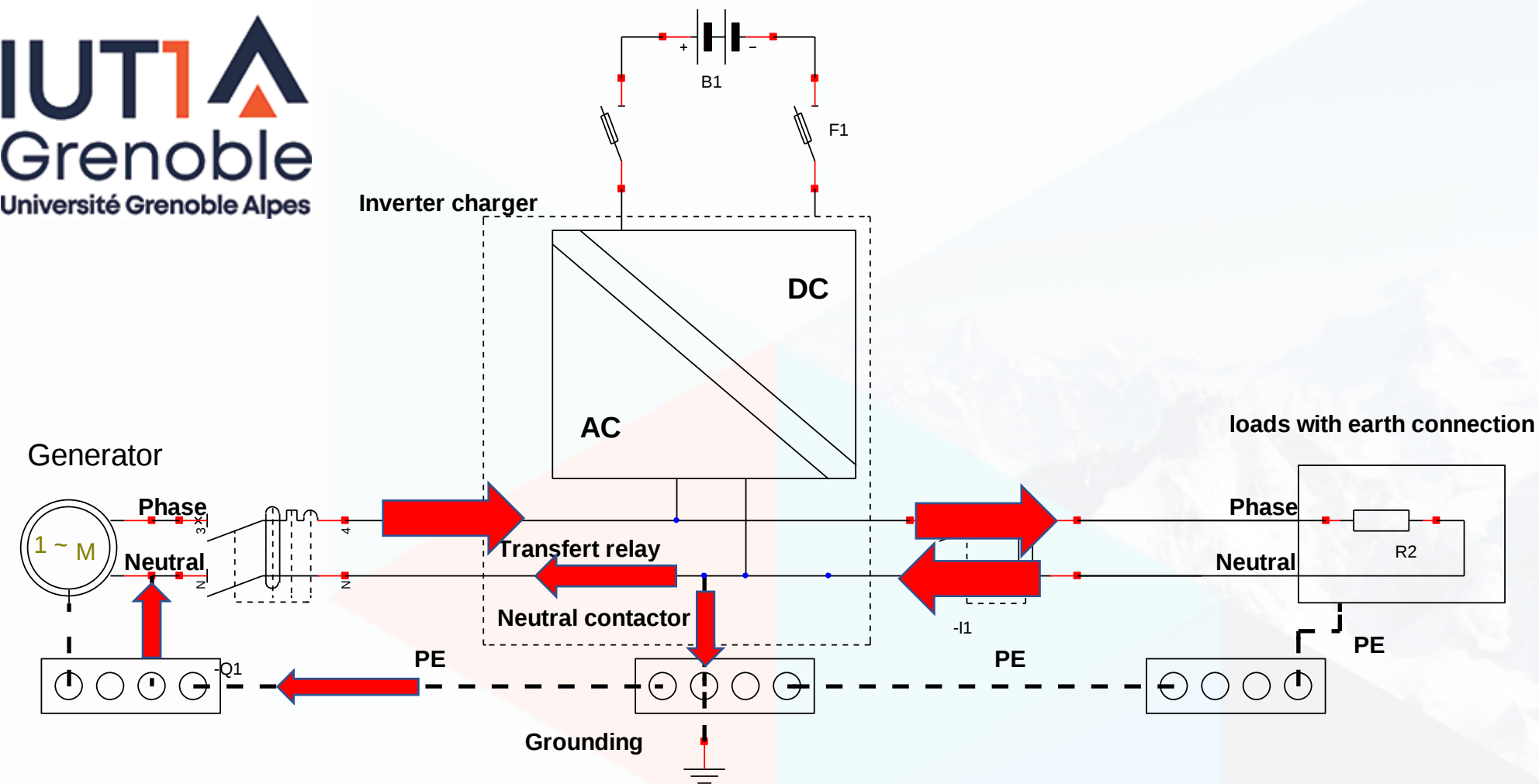
- Sans isolation galvanique



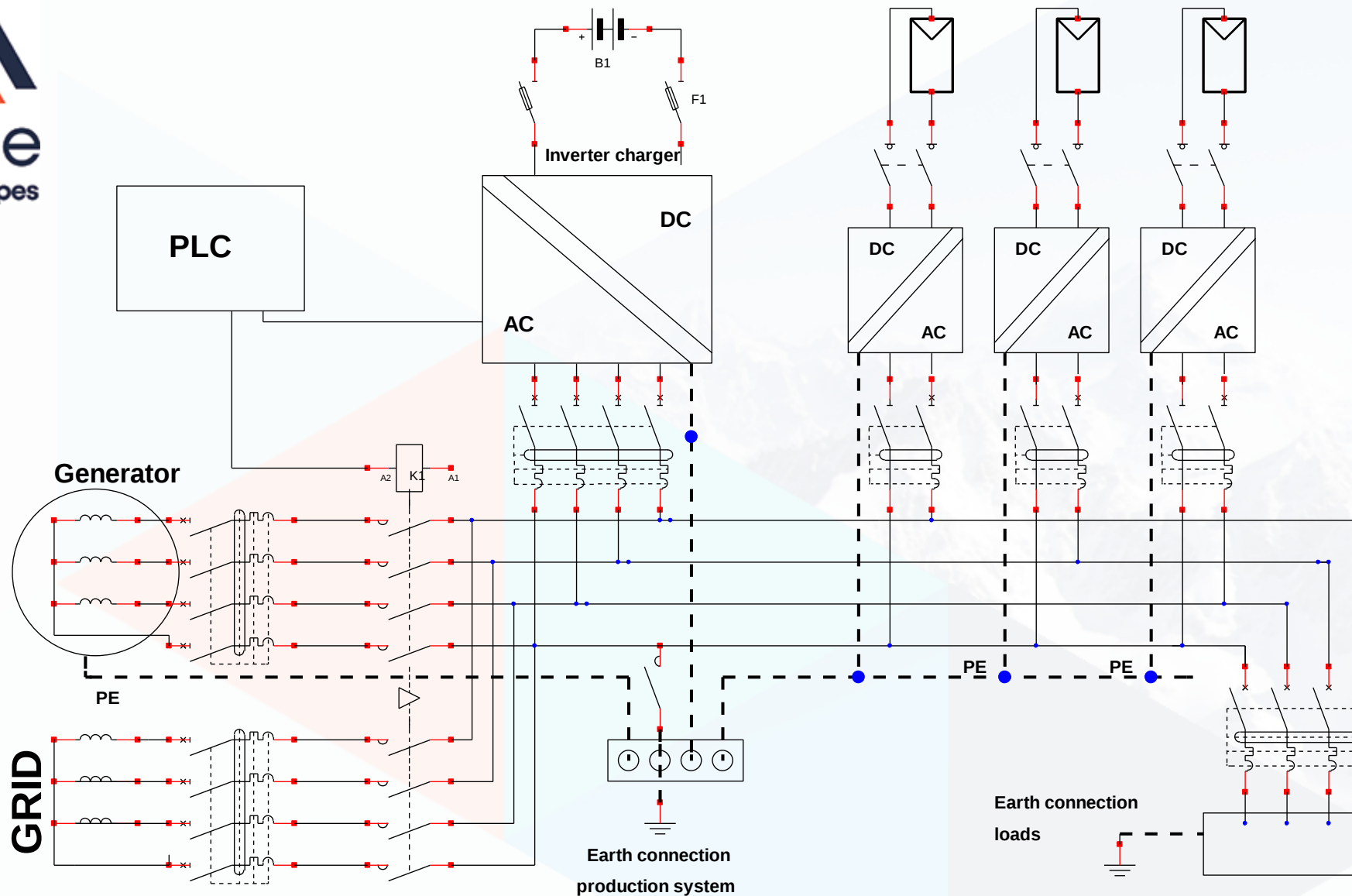


1) Lorsque le groupe électrogène fonctionne, le schéma de liaison à la terre est de type TNS. Un dispositif différentiel protège les personnes

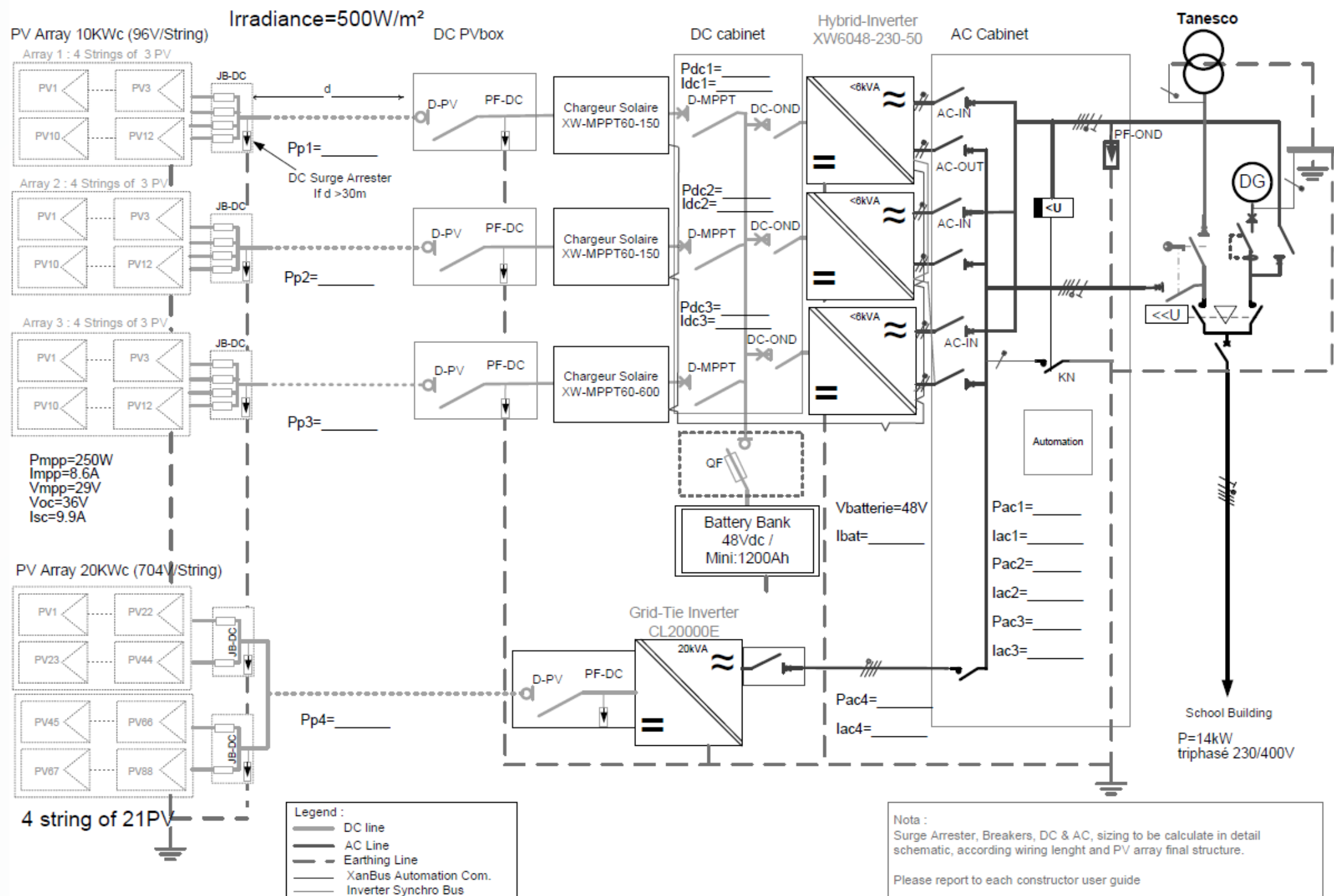
2) Lorsque le groupe s'arrête, le relais de transfert s'ouvre. Pour recréer un TNS, le neutre doit être relié à la terre.
== > C'est le rôle du conjoncteur de neutre..



La mise en oeuvre d'un conjoncteur de neutre est à prévoir pour connecter le neutre à la terre sans chevauchement avec la mise à la terre du neutre en amont pour éviter tout déclenchement intempestif du DDR..

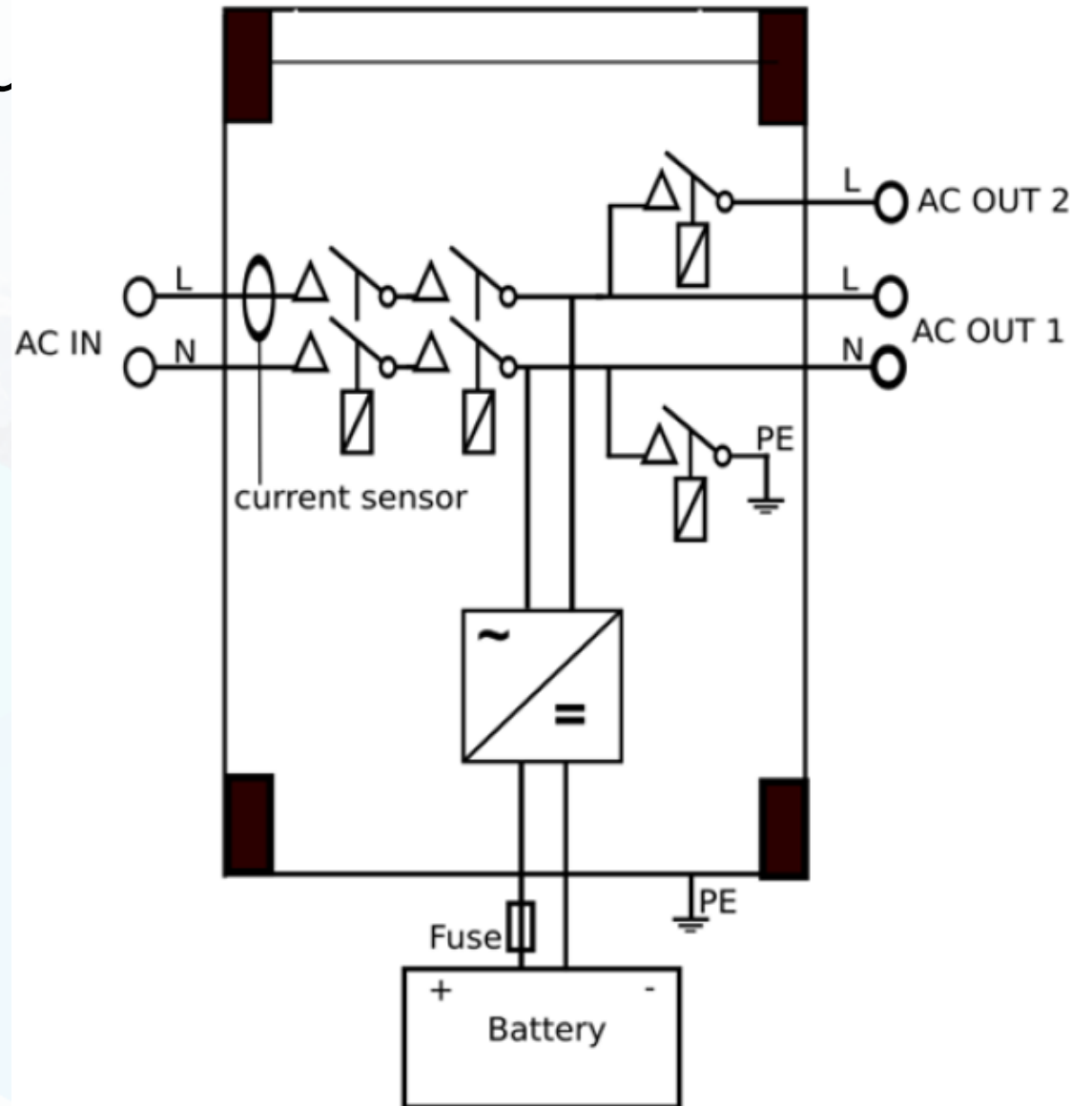


Dans le cas de plusieurs onduleurs fonctionnant en parallèle, la mise à la terre du neutre doit se faire en un seul point externe et commun aux onduleurs.



Exemple victron Multiplus

- Le commutateur de transfert est interne à l'appareil.
- Il est adapté pour être en série avec le réseau
- En l'absence de réseau, le commutateur de transfert s'ouvre
 - Seul AC OUT 1 est alimenté
 - Le contacteur de neutre se ferme



Exemple victron Multiplus

- Système triphasé utilisant un commutateur externe
- L'onduleur est en parallèle au réseau

