



Collection technique

# Cahier technique n° 129

Protection des personnes  
et alimentations statiques

STSJ.-N. Fiorina



Les Cahiers Techniques constituent une collection d'une centaine de titres édités à l'intention des ingénieurs et techniciens qui recherchent une information plus approfondie, complémentaire à celle des guides, catalogues et notices techniques.

Les Cahiers Techniques apportent des connaissances sur les nouvelles techniques et technologies électrotechniques et électroniques. Ils permettent également de mieux comprendre les phénomènes rencontrés dans les installations, les systèmes et les équipements.

Chaque Cahier Technique traite en profondeur un thème précis dans les domaines des réseaux électriques, protections, contrôle-commande et des automatismes industriels.

Les derniers ouvrages parus peuvent être téléchargés sur Internet à partir du site Schneider Electric.

Code : <http://www.schneider-electric.com>

Rubrique : **Presse**

Pour obtenir un Cahier Technique ou la liste des titres disponibles contactez votre agent Schneider Electric.

La collection des Cahiers Techniques s'insère dans la « Collection Technique » de Schneider Electric.

### **Avertissement**

L'auteur dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas reproduits dans le présent ouvrage, et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni de conséquences liées à la mise en œuvre des informations et schémas contenus dans cet ouvrage.

La reproduction de tout ou partie d'un Cahier Technique est autorisée avec la mention obligatoire :

« Extrait du Cahier Technique Schneider Electric n° (à préciser) ».

# n° 129

## Protection des personnes et alimentations statiques

Cas des alimentations statiques sans interruption -ASI-  
et des systèmes de transferts statiques de sources -STS-

---

**Jean-Noël FIORINA**



Entré chez Merlin Gerin en 1968 comme agent technique de laboratoire au département ACS – Alimentations Convertisseurs Statiques – il participe à la mise au point des convertisseurs statiques. En 1977, diplômé ingénieur de l'ENSERG (Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Radioélectricité de Grenoble), il réintègre le département ACS.

D'abord ingénieur de développement, puis chargé de projet, il devient ensuite, au sein de MGE UPS Systems, Responsable Innovations puis Directeur Scientifique. Il est en quelque sorte le père des onduleurs de moyenne et forte puissance.

---



# Protection des personnes et alimentations statiques

## Cas des alimentations statiques sans interruption -ASI- et des systèmes de transferts statiques de sources -STS-

Les alimentations sans interruption -ASI- ont comme mission première d'assurer la continuité de fourniture de l'énergie électrique. Même lorsque le réseau est absent elles fournissent l'énergie nécessaire à partir de leurs batteries ou d'une source de remplacement, ou encore d'une source de secours en cas d'anomalie.

Les systèmes de transfert statiques -STS- permettent d'alimenter une utilisation à partir de deux sources indépendantes. En cas de défaut ils transfèrent automatiquement les charges d'une source à l'autre.

La mise en œuvre de ces dispositifs, en respectant les normes d'installation CEI 60364 et NF C 15-100, est assez délicate du fait du nombre de sources, de la multiplicité des configurations possibles et des différents schémas des liaisons à la terre.

Ce cahier technique permet de faire le point sur ces difficultés et apporte des explications pour choisir les solutions les mieux adaptées aux différents cas rencontrés.

## Sommaire

<b>1 Rappels : les schémas de liaison du neutre à la terre, en Basse Tension (SLT)</b>	1.1 Description	<b>p. 4</b>
	1.2 En pratique	p. 4
<b>2 Principales configuration ou types d'ASI</b>	2.1 ASI double conversion (ASI dite « ON-LINE »)	<b>p. 6</b>
	2.2 ASI fonctionnant en interaction directe avec le réseau	p. 6
	2.3 ASI fonctionnant en attente passive	p. 7
	2.4 Associations d'ASI	p. 7
	2.5 Spécificités liées aux différents types d'ASI	p. 8
	2.6 Contraintes particulières	p. 8
<b>3 Protection contre les contacts directs</b>		<b>p. 10</b>
<b>4 Protection contre les contacts indirects</b>	4.1 Choix du schéma des liaisons à la terre en aval de l'ASI	<b>p. 11</b>
	4.2 Lorsque le SLT en amont de l'ASI est en TN-C	p. 11
	4.3 Lorsque le SLT en aval de l'ASI est différent du SLT en amont	p. 11
	4.4 Lorsque les SLT en amont et en aval de l'ASI sont identiques	p. 12
	4.5 Précision sur la mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation	p. 13
	4.6 Protection contre les retours de tension en entrée	p. 13
<b>5 Application</b>	5.1 Application aux ASI unitaires	<b>p. 14</b>
	5.2 Application aux ASI mises en parallèle	p. 21
	5.3 Application aux STS	p. 26
<b>6 Protection contre les contacts indirects pour les circuits CC et la batterie</b>	6.1 Dispositifs de contrôle des circuits CC	<b>p. 31</b>
	6.2 Principaux cas d'application	p. 34
<b>7 Conclusion</b>		<b>p. 40</b>
<b>Bibliographie</b>		<b>p. 41</b>

# 1 Rappels : les schémas de liaison du neutre à la terre en Basse Tension (SLT) (normes CEI 60364-1 et NF C 15-100 § 312)

## 1.1 Description

Ces normes définissent, pour les installations basse tension, trois types de schémas des liaisons à la terre :

- le schéma **TT**, dit neutre à la terre ;
- le schéma **TN**, dit de mise au neutre ;
- le schéma **IT**, dit à neutre isolé ou impédant.

Ils sont symbolisés par 2 lettres :

- la première lettre indique la situation du neutre à l'origine de l'installation par rapport à la terre :  
**T** = liaison directe du neutre avec la terre,  
**I** = soit isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre, soit liaison du neutre avec la terre à travers une impédance ;

- la deuxième lettre indique la situation des masses par rapport à la terre :

**T** = masses reliées directement à la terre,  
**N** = masses reliées au neutre.

Deux autres lettres sont aussi utilisées en TN :

- **TN-S** = lorsque la fonction de protection est assurée par un conducteur distinct depuis le neutre ou le conducteur actif mis à la terre ;
- **TN-C** = lorsque les fonctions de neutre et de protection sont combinées en un seul conducteur (conducteur PEN).

Le tableau de la **figure 1** page suivante, résume l'ensemble de la norme concernant l'installation et l'exploitation de ces schémas.

## 1.2 En pratique

■ Le schéma **TT** est le plus simple à la conception et à l'utilisation, mais il nécessite la protection par des dispositifs différentiels à courant résiduel -DDR- de tous les circuits.

■ Le schéma **TN-S** est fortement recommandé pour l'alimentation des matériels de traitement de l'information et analogues du fait de la présence de nombreuses capacités de filtrage créant un courant de fuite important.

■ Le schéma **TN-C** est déconseillé pour les appareils communicants du fait des différences de tension inévitables entre les différentes enveloppes. Il est de plus interdit dans certains cas (par exemple pour l'alimentation électrique de zone avec risque d'incendie ou d'explosion) en raison de la circulation d'importants courants dans le conducteur PEN et dans les éléments conducteurs présents et parallèles au PEN

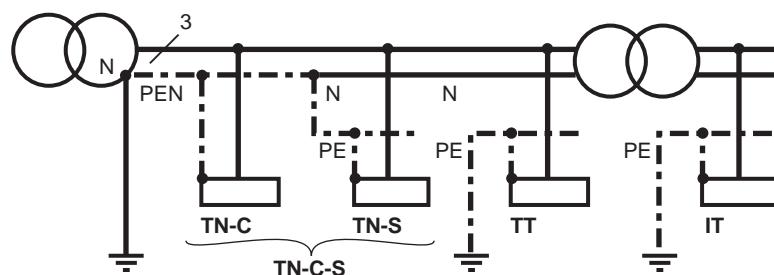
(blindages, structures métalliques des bâtiments...).

■ Le schéma **IT**, du fait de sa tolérance au premier défaut, peut être requis pour les installations de sécurité. Il nécessite un contrôleur permanent d'isolement (CPI) pour réparer le premier défaut avant l'apparition d'un deuxième.

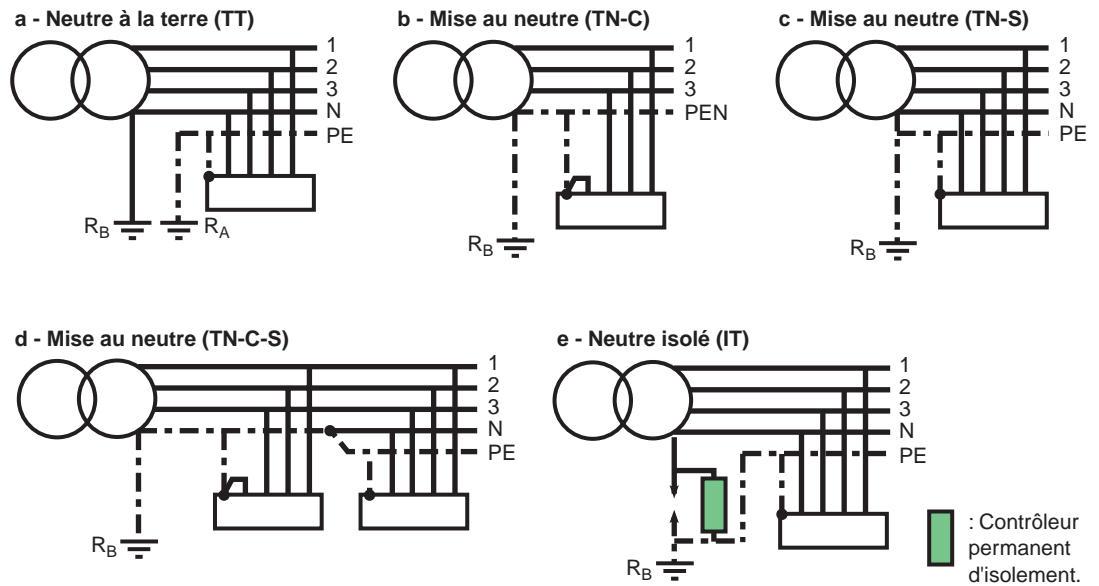
A noter qu'une installation peut être conçue avec chacun de ces SLT ou avec plusieurs SLT (cf. **fig. 2**).

Pour plus de détails sur les SLT, lire aussi les Cahiers Techniques :

- Les schémas de liaisons à la terre en BT (régimes de neutre), n°172,
- Les schémas des liaisons à la terre dans le monde et leurs évolutions, n°173,
- Le schéma **IT** (à neutre isolé) des liaisons à la terre en BT, n°178.



**Fig. 2** : exemple de coexistence entre les divers SLT.



#### Neutre à la terre -TT- (a)

##### Technique d'exploitation :

Coupure au premier défaut d'isolement.

##### Technique de protection des personnes :

La mise à la terre des masses est obligatoirement associée à l'emploi de dispositifs différentiels à courant résiduel (DDR), au moins un en tête de l'installation.

C'est la solution la plus simple à l'étude et à l'installation. Elle ne nécessite pas de surveillance permanente de l'isolement, mais chaque défaut entraîne une coupure de l'élément concerné.

Note : Si, en aval d'une ASI, pour des raisons particulières de fonctionnement, il est nécessaire de séparer la prise de terre des masses (des utilisations) de la prise de terre du neutre (onduleur), seul ce schéma neutre à la terre (TT) peut être utilisé.

#### Mise au neutre (TN)

Le schéma TN, selon les normes CEI 60364 et NF C 15-100, comporte plusieurs sous schémas :

- TN-C (b) : si les conducteurs du neutre N et du PE sont confondus (PEN) ;
- TN-S (c) : si les conducteurs du neutre N et du PE sont séparés ;
- TN-C-S (d) : utilisation d'un TN-S en aval d'un TN-C, (l'inverse est interdit).

A noter que le TN-C est interdit pour les réseaux ayant des conducteurs de section inférieure à 10 mm<sup>2</sup>.

##### Technique d'exploitation :

Coupure au premier défaut d'isolement.

##### Technique de protection des personnes :

- interconnexion et mise à la terre des masses et du neutre impératives ;

- coupure au premier défaut réalisée par déclenchement des protections de surintensité (disjoncteurs ou fusibles) ou par dispositif différentiel. Economique à l'installation, le schéma TN nécessite une étude de l'installation et un personnel d'exploitation compétent. Il se traduit par la circulation de forts courants de défaut, pouvant endommager certains appareils sensibles.

#### Neutre isolé (IT) et impédant

Avec ce schéma (e), le premier défaut d'isolement n'est pas dangereux.

##### Technique d'exploitation :

- signalisation du premier défaut d'isolement ;
- recherche et élimination obligatoires du défaut ;
- coupure si deux défauts d'isolement simultanés.

##### Technique de protection des personnes :

- interconnexion (a) et mise à la terre des masses, selon le schéma TT si toutes les masses ne sont pas interconnectées, selon le schéma TN dans le cas contraire ;
- surveillance du premier défaut par contrôleur permanent d'isolement ;
- coupure au deuxième défaut par protection de surintensité (disjoncteurs ou fusibles) ou par dispositif différentiel.

Le schéma IT est la solution assurant la meilleure continuité de service. La signalisation du premier défaut permet une prévention contre tout risque d'électrocution. Il nécessite un personnel de surveillance compétent (recherche du premier défaut).

#### En distribution publique.

Les schémas de liaison à la terre les plus utilisés sont le TT et le TN : quelques pays, par exemple la Norvège, utilisent le régime IT.

Fig. 1 : résumé des trois schémas de liaison à la terre définis par les normes CEI et NF.

## 2 Principales configuration ou types d'ASI

Comme son nom l'indique, la fonction principale d'une alimentation sans interruption, ou ASI, est la continuité de service. Mais une ASI peut remplir également d'autres fonctions et en particulier améliorer la qualité de la tension

délivrée à l'utilisation. C'est ce qui explique les diverses configurations utilisées. Les schémas simplifiés qui suivent sont destinés à expliquer leurs principales caractéristiques. Ils sont plus détaillés dans la norme ASI CEI 62040-3.

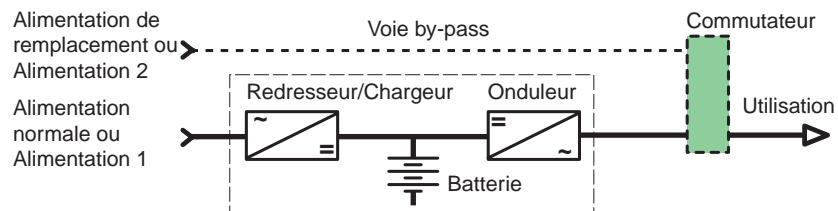
### 2.1 ASI double conversion (ASI dite « ON-LINE »)

En fonctionnement normal l'utilisation est alimentée en permanence par l'onduleur. La tension continue nécessaire à l'onduleur est fournie par le redresseur lorsque l'alimentation normale présente une tension dans les tolérances admissibles par le redresseur, ou par la batterie dans le cas contraire.

Sur ce schéma (cf. **fig. 3**) la batterie est représentée en permanence sur la partie continue de l'onduleur et le redresseur fait également fonction de chargeur de batterie. Dans certaines réalisations la batterie dispose d'un chargeur indépendant et elle est connectée à l'onduleur directement par un interrupteur lors de la disparition de l'alimentation normale. Dans d'autres réalisations surtout lorsque la tension

de la batterie est faible, un convertisseur continu / continu est inséré entre la batterie et la partie continue de l'onduleur. Dans ce cas la batterie peut disposer d'un chargeur spécifique ou bien c'est le convertisseur continu / continu qui fait office de chargeur. Une voie dite de by-pass permet d'augmenter la disponibilité de l'alimentation en cas de surcharge ou en cas d'arrêt de l'onduleur suite à une défaillance ou pour des raisons de maintenance.

Cette disposition est la plus répandue surtout pour les ASI de moyennes ou fortes puissances, car c'est celle qui donne le meilleur résultat en terme de qualité de la tension délivrée à l'utilisation. Elle convient donc pour tous les types de charge y compris les plus sensibles.

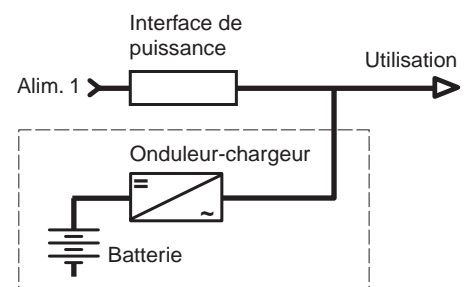


**Fig. 3** : schéma de principe d'une ASI double conversion dite « ON-LINE ».

### 2.2 ASI fonctionnant en interaction directe avec le réseau

Cette fois, en fonctionnement normal, l'utilisation est alimentée par le réseau à travers une interface de puissance (cf. **fig. 4**). Cette interface de puissance, en association avec l'onduleur connecté en parallèle avec l'utilisation, permet selon les réalisations d'améliorer la qualité de la tension fournie en introduisant une régulation de tension, et aussi de filtrer les harmoniques générés par l'utilisation.

La charge de la batterie est assurée par l'onduleur qui fonctionne en mode réversible. Lorsque la tension de l'alimentation normale sort des tolérances admissibles par l'ASI, c'est l'onduleur qui continue à alimenter l'utilisation à partir de sa batterie.



**Fig. 4** : schéma d'une ASI fonctionnant en interaction directe avec le réseau.



Il est à noter que pour éviter de perturber l'utilisation lors de la sortie de tolérances de la tension normale, il est nécessaire de disposer d'un organe de découplage ultra-rapide dans l'interface de puissance.

Par ailleurs, la tension délivrée à l'utilisation est nécessairement de même fréquence que celle de l'alimentation normale. Si cette fréquence devient mauvaise, ou varie rapidement dans le cas où l'alimentation normale est remplacée par

un groupe électrogène par exemple, il y a le choix entre transmettre ces perturbations à l'utilisation ou décharger la batterie ! C'est pourquoi cette configuration est moins employée que la précédente et est réservée à des applications moyennement ou peu sensibles.

Notons qu'il est possible d'adjoindre à ce schéma une voie by-pass avec un commutateur comme sur le schéma double conversion.

## 2.3 ASI fonctionnant en attente passive

En fonctionnement normal, l'utilisation est alimentée directement par le réseau (cf. fig. 5). Lorsque la tension du réseau sort des tolérances admissibles par l'utilisation, le commutateur permet de continuer à alimenter l'utilisation à partir de l'onduleur.

Le commutateur est souvent un relais dont le temps de coupure est inférieur à 10 ms lors du transfert de source car ce schéma est habituellement réservé aux petites puissances.

Cette configuration convient à des utilisations peu sensibles telles que les ordinateurs personnels pour lesquels le niveau de qualité de tension de l'alimentation habituelle (réseau ou éventuelles sources de remplacement), est jugé suffisant pour garantir un bon fonctionnement des appareils.

La fonction principale de ce type d'ASI est donc de pallier les absences de tension ou d'éventuels dépassement des tolérances de tension prévues.

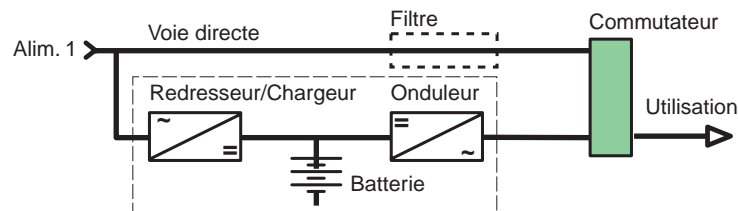


Fig. 5 : schéma d'une ASI fonctionnant en en attente passive dite « OFF-LINE ».

## 2.4 Associations d'ASI

### ■ ASI mises en parallèle

De façon générale la mise en parallèle d'ASI permet d'augmenter la puissance disponible. Cette disposition s'impose lorsque la puissance demandée par l'utilisation dépasse la puissance maximale disponible pour une ASI.

Toutefois dans la majorité des cas, la mise en parallèle est utilisée pour augmenter la disponibilité, ceci afin de pouvoir continuer à alimenter l'utilisation avec une ASI en défaut.

Afin de ne pas systématiquement associer mise en parallèle et augmentation de disponibilité, la norme CEI 62040-3 réserve le terme de « mise en parallèle » à l'augmentation de puissance. La mise en parallèle pour augmenter la disponibilité est désignée par « ASI parallèle en redondance active ».

Dans ce cas la puissance totale des ASI en parallèle dépassera la puissance requise par la charge d'au moins une unité d'ASI.

□ Mise en parallèle en redondance active avec By-pass unique (cf. fig. 6).

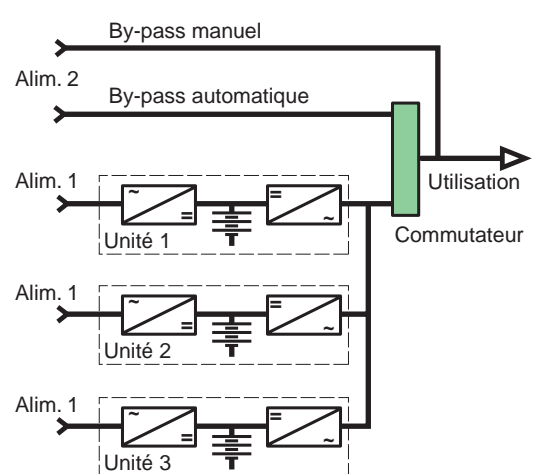
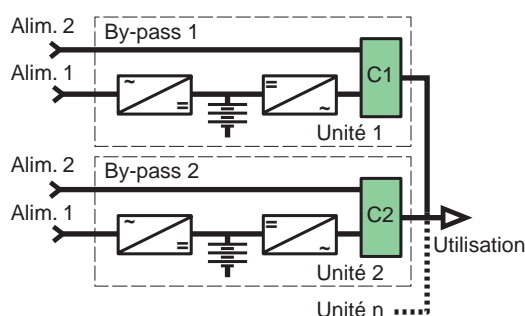


Fig. 6 : trois ASI mises en parallèle en redondance active avec by-pass automatique unique. Ici deux unités d'ASI suffisent à fournir la puissance totale demandée par la charge.

Le commutateur unique permet de transférer l'utilisation sur l'alimentation 2 en cas d'arrêt de l'ensemble des unités d'ASI.

Ce commutateur unique est habituellement installé dans une cellule spécifique qui permet en outre de réaliser la mise en parallèle des unités d'ASI et d'assurer le câblage des départs vers l'utilisation.

□ Mise en parallèle en redondance active avec une voie by-pass par unité d'ASI. Pour alimenter l'utilisation par l'alimentation 2, il faut commander simultanément tous les commutateurs qui en pratique sont des contacteurs statiques (cf. **fig. 7**).

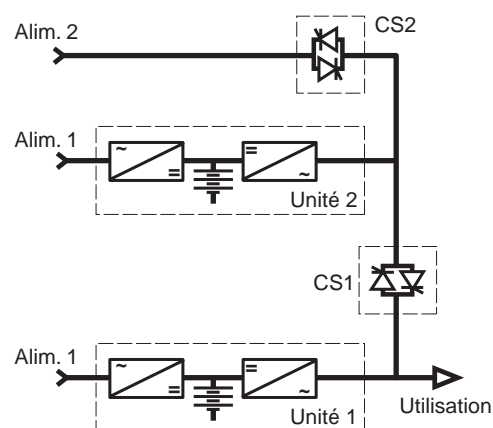


**Fig. 7 :** n ASI mises en parallèle en redondance active avec une voie by-pass par unité d'ASI, ici n-1 unités d'ASI suffisent à fournir la puissance totale demandée par la charge.

### ■ ASI en redondance passive

En cas de défaillance de l'unité d'ASI en fonctionnement, l'unité d'ASI en attente est mise en service reprenant ainsi l'alimentation de la charge. Cette configuration existe avec ou sans by-pass.

La **figure 8** présente deux ASI double conversion identiques, le réseau de secours de l'unité 1 est remplacé par l'unité 2, qui présente une disponibilité bien supérieure à celle du réseau.



**Fig. 8 :** exemple de deux ASI identiques en redondance passive avec by-pass.

## 2.5 Spécificités liées aux différents types d'ASI

Cet aperçu sur les différentes configurations d'ASI met en évidence les points essentiels suivants :

- l'ASI se comporte comme récepteur pour la ou les sources de tensions d'alimentation ;
- l'ASI se comporte comme source vis-à-vis des utilisations ;
- la tension en sortie des ASI est en principe disponible même en absence d'une ou plusieurs sources d'alimentation ;
- les ASI présentent des circuits en courant alternatif et des circuits en courant continu ;

■ dans certaines séquences de fonctionnement l'utilisation peut être alimentée directement par une des sources d'alimentation.

Par ailleurs la protection des personnes repose sur les schémas de liaison du neutre à la terre (SLT) qui nécessitent des dispositifs de protection appropriés.

Selon les installations, les SLT en amont et en aval de l'ASI peuvent être identiques ou différents.

## 2.6 Contraintes particulières

### Présence d'isolement galvanique dans une ASI

Selon les cas, les ASI peuvent comporter des transformateurs dans différentes parties qui réalisent de fait des séparations galvaniques de certains circuits par rapport aux alimentations ou aux utilisations, ce qui nécessite l'examen des cas suivants :

■ avec ou sans isolement galvanique entre les installations amont et aval, objet du chapitre 5,

■ avec ou sans isolement galvanique entre la batterie et les circuits à courant continu d'une part et les installations amont et aval d'autre part, objet du chapitre 6.

La **figure 9** page suivante, fait apparaître, pour le cas de la mise en parallèle en redondance active d'ASI de type double conversion, les différents emplacements possibles des transformateurs.

Ce cas est le plus complet puisque dans les autres configurations certaines voies n'existent pas.

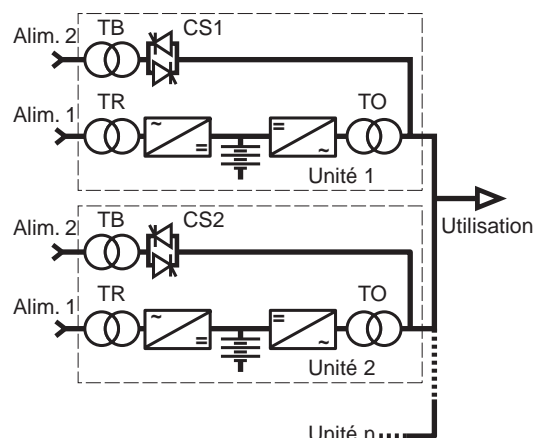
Les commutateurs ont été remplacés par les contacteurs statiques (CS) habituellement utilisés.

#### Exigence de continuité de service

La recherche de la meilleure continuité d'alimentation pour les récepteurs alimentés par l'ASI nécessite la sélectivité des protections contre les surintensités, que ces surintensités soient consécutives à un défaut entre conducteurs actifs ou à un défaut d'isolement.

De plus, le courant de court-circuit d'un onduleur étant relativement faible (de 2 à 3 fois le courant nominal), les protections doivent être définies avec beaucoup d'attention.

Par ailleurs, la présence éventuelle de filtres d'antiparasitage, particulièrement pour l'alimentation des récepteurs de type informatique, doit être prise en compte dans la définition des protections. En effet, ces filtres comportent des condensateurs placés entre conducteurs actifs et terre qui peuvent



**Fig. 9** : les différents emplacements possibles des transformateurs pour le cas de la mise en parallèle en redondance active d'ASI de type double conversion.

provoquer des fonctionnements intempestifs des protections différentielles (cf. Cahier Technique Les dispositifs différentiels résiduels, n° 114).

### 3 Protection contre les contacts directs

Les normes qui régissent la protection contre les chocs électriques sont :

- Pour l'installation
  - CEI 60364-4-41,
  - CEI 61140,
  - EN 61140,
  - NF C 15-100 partie 4-41,
- Pour les ensembles de série ou dérivés de série (appelés auparavant ensembles montés en usine)
  - CEI 60439-1,
  - EN 60439-1,
- Pour les ASI
  - CEI 62040-1-1,
  - EN 62040-1-1,
  - EN 62040-1-2.

La protection des personnes contre les risques de contact direct avec une pièce normalement sous tension est assurée, lorsque les ASI (redresseur, onduleur et éventuellement d'autres équipements tels un contacteur statique) sont installées dans des enveloppes (cf. **fig. 10**) ; le degré de protection de ces enveloppes devant être au minimum IP 2xx ou IP xxB (selon CEI et EN 60529).

En ce qui concerne les batteries d'accumulateurs, le respect de ces normes associé aux contraintes de fonctionnement conduit à trois modes d'installation :

- Intégration des batteries avec les autres constituants de l'alimentation statique (redresseur, onduleur, by-pass, interrupteur de transfert...) dans une cellule ; dans ce cas les batteries sont compartimentées,
- Installation des batteries dans des armoires séparée.



**Fig. 10** : ASI assurant la protection des personnes contre les risques de contact direct avec un degré IP 215 (ASI Galaxy 3000, source MGE-UPS).

- Regroupement des batteries dans des locaux spécialisés (délimités par les cloisons d'un bâtiment ou l'enveloppe d'une armoire) réservés à un service électrique.

De plus, les risques inhérents aux batteries d'accumulateurs (dégagements gazeux explosibles, substances corrosives), imposent des conditions particulières d'installation.

## 4 Protection contre les contacts indirects

Par contacts indirects il faut comprendre, selon les normes CEI 60364-4-41 et NF C 15-100 partie 4-41, les contacts de personnes ou d'animaux avec des masses mises accidentellement sous tension par suite d'un défaut d'isolement.

Généralement cette protection est réalisée par :

■ l'interconnexion et la mise à la terre des masses métalliques d'une installation (équipotentialité) ;

■ l'élimination d'un défaut dangereux pour les personnes (et les biens) par un dispositif de protection dont le choix dépend des schémas de liaison du neutre à la terre (cf. § 1.1).

La sécurité peut être aussi obtenue par l'emploi d'autres méthodes (classe II, séparation électrique...) généralement non appliquées dans les installations comportant des ASI.

### 4.1 Choix du schéma des liaisons à la terre en aval de l'ASI

Tous les SLT normalisés peuvent, a priori, être retenus car ils sont équivalents en ce qui concerne la protection des personnes.

Toutefois il est important de connaître leurs principales caractéristiques d'exploitation

avant de faire un choix définitif (cf. fig. 1).

De plus, la mise en œuvre des schémas des liaisons à la terre, selon leur situation relative par rapport aux ASI (amont et aval) obéit à d'autres exigences, d'où les deux sous-chapitres suivants.

### 4.2 Lorsque le SLT en amont de l'ASI est en TN-C

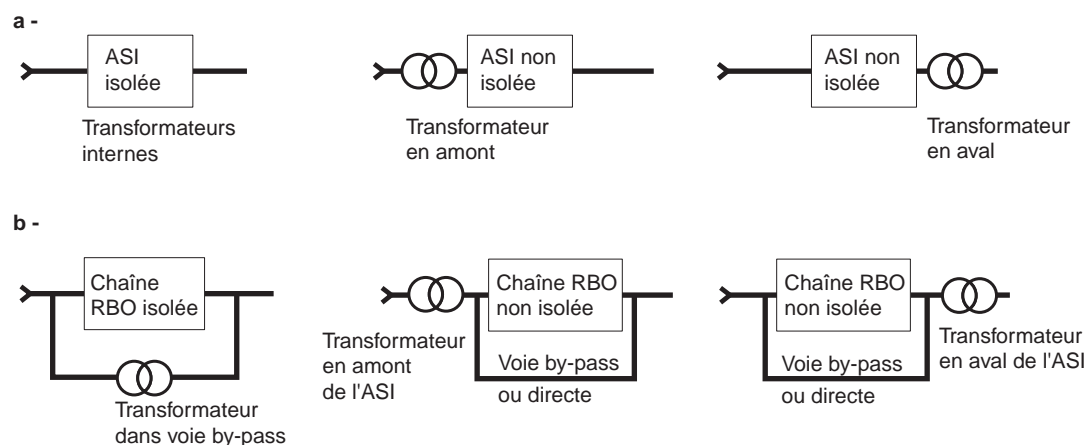
Le PEN, conducteur de protection et de neutre, ne peut jamais être interrompu. La continuité du conducteur de neutre est toujours assurée.

Le schéma aval peut donc être TN-C, TN-S ou TT sans aucune disposition particulière.

### 4.3 Lorsque le SLT en aval de l'ASI est différent du SLT en amont

Tout changement de SLT, excepté le passage du TN-C amont au TN-S ou TT aval, nécessite une séparation galvanique totale des circuits concernés. En présence d'une ASI, cette séparation, constituée

par un ou plusieurs transformateurs à enroulements séparés, peut être réalisée de différentes façons selon le nombre de voies et la présence de transformateurs à l'intérieur de l'ASI (cf. fig. 11).



**Fig. 11** : les différentes façons d'isoler galvaniquement les réseaux amont et aval d'une ASI, [a] ASI sans voie by-pass ou sans voie directe et ASI réversible (en interaction directe avec le réseau), [b] Asi avec voie by-pass ou avec voie directe.

Dans le cas des ASI à chaînes RBO isolées (redresseur - batterie - onduleur), il peut y avoir un ou plusieurs transformateurs. De ce fait les circuits à courant continu et la batterie peuvent être isolés de l'amont ou de l'aval ou complètement isolés. Parmi les nombreux schémas, les schémas

présentés ici mettent en évidence les principes appliqués pour la mise en œuvre des SLT d'une installation comportant des ASI. La connaissance de ces principes est indispensable pour la compréhension et l'analyse des offres des différents constructeurs vis-à-vis d'un besoin particulier.

#### 4.4 Lorsque les SLT en amont et en aval de l'ASI sont identiques

Il convient de distinguer les deux cas suivants :

- le schéma amont est en TN-C,
- les schémas amont et aval sont TN-S, TT ou IT.

##### Les schémas amont et aval sont TN-C

Comme pour le cas général du paragraphe 4-2 avec un schéma TN-C en amont il n'y a pas de disposition particulière.

##### Les schémas amont et aval sont TN-S, TT ou IT

Dans ces cas, lors du fonctionnement d'un dispositif de protection ou pour une opération de maintenance, le conducteur neutre en amont de l'ASI peut être interrompu ou sectionné.

- Lors de cette interruption, si une séparation galvanique n'est pas assurée sur toutes les voies, le schéma aval est un schéma IT, quel que soit le schéma amont.

D'où pour les schémas TN-S et TT :

- il est nécessaire de s'assurer de la compatibilité des équipements avec le schéma IT, notamment de la tenue en tension des condensateurs prévus pour satisfaire aux exigences de Compatibilité Electromagnétique - CEM. En effet, ces condensateurs qui supportent la tension simple dans les schémas avec neutre à la terre, risquent de devoir supporter une tension composée lors d'un défaut en schéma IT. Lors d'un défaut d'isolement d'une phase par rapport à la terre, le potentiel des autres phases par rapport à la terre correspond aux tensions entre phases.

Cependant pour les opérations de maintenance, généralement de courte durée, la probabilité d'apparition d'un défaut est très faible ; c'est pourquoi il est couramment accepté que les condensateurs ne tiennent pas cette tension composée.

- il convient de vérifier que les conditions de protection contre les contacts indirects sont satisfaites, non seulement pour le schéma TN-S ou TT, mais également pour le schéma IT : cela revient à s'assurer en schéma IT que le courant lors du défaut double est suffisant pour provoquer l'ouverture des protections (NF C 15-100, partie 4 § 411-6-4 et CEI 60364, partie 4 § 413-1-5-5)

- il est nécessaire d'assurer la protection du conducteur neutre en utilisant une détection de surintensité entraînant la coupure de tous les conducteurs actifs y compris le neutre (NF C 15-100 et CEI 60364, partie 4 § 431-2).

- pendant cette période de fonctionnement la surveillance de l'isolement n'est pas réalisée mais la protection des personnes reste bien assurée. Toutefois la durée de cet état est normalement courte puisque l'ouverture d'un dispositif de protection est la conséquence d'un défaut qui est rapidement réparé. De plus, si la sélectivité est correctement calculée, l'ouverture du dispositif de protection ne doit concerner que le départ en défaut et non les autres départs. C'est pourquoi les normes n'imposent pas de CPI sur les installations normalement exploitées en TN-S ou en TT qui comportent une ASI selon cette configuration.

Pour le schéma IT, le fonctionnement reste avec le même schéma, mais la surveillance de l'isolement n'est pas assurée pendant la période de coupure du neutre en amont.

- Si une séparation galvanique complète existe entre l'amont et l'aval de l'ASI les différents cas des figures précédentes avec des SLT amont et aval différents s'appliquent :

Le schéma des mises à la terre doit être reconstitué en aval de l'ASI :

- en schéma TN-S ou TT, par la liaison directe d'un point à la terre en aval de cette séparation galvanique,

- en schéma IT, par l'installation d'un nouveau contrôleur permanent d'isolement.

La séparation galvanique complète est recommandée pour obtenir une meilleure protection contre les perturbations présentes sur les alimentations amont.

## 4.5 Précision sur la mesure de protection par coupure automatique de l'alimentation

(NF C 15-100 partie 4 § 411 et CEI 60364 partie 4 § 413-1)

Lorsque les circuits d'utilisation en aval de l'ASI peuvent être alimentés directement par la source normale ou de remplacement (ASI avec circuit by-pass ou ASI « OFF-LINE »), il convient de vérifier les conditions de protection contre les contacts indirects, conformément à ces normes en prenant en compte les caractéristiques de la source normale (Alimentation 1) et le cas échéant, de la source de remplacement (Alimentation 2).

De plus, dans tous les cas, il convient de vérifier les conditions de protection, lorsque les circuits sont alimentés par l'onduleur, en tenant compte des caractéristiques de fonctionnement de ce dernier, fournies par le constructeur.

Il faut en particulier connaître le courant maximum que peut fournir l'onduleur pour des surcharges pouvant aller jusqu'au court-circuit et la durée pendant laquelle l'onduleur peut fournir ce courant. Habituellement le constructeur indique quels sont les dispositifs et leurs calibres pour assurer cette protection.

### Deux recommandations pratiques

- Afin de ne pas perturber l'utilisation pendant le fonctionnement des protections, il est recommandé d'utiliser des disjoncteurs rapides limiteurs ou des fusibles ultra rapides.
- Afin d'avoir des protections opérationnelles, le courant de court-circuit d'un onduleur étant limité

à des valeurs de 2 à 3 fois son courant nominal, il est recommandé de subdiviser au maximum les départs afin que le rapport entre le courant de défaut pour un départ et le courant de déclenchement du dispositif de protection soit le plus grand possible.

Ainsi avec 4 départs identiques, et un courant de court-circuit de l'onduleur égal à 2,5 fois son courant nominal, ce courant ramené à un départ vaut 10 fois son courant assigné.

### Cas particulier des ASI de faible puissance connectées au réseau normal par prise de courant

Les ASI de faible puissance sont celles de puissance inférieure à 3 kVA qui sont connectées par prise de courant monophasée de courant assigné maximal 16 A. Elles ne doivent pas alimenter une installation fixe. Lorsque le cordon est débranché, le conducteur de protection PE est interrompu et l'alimentation des circuits d'utilisation est assurée à partir de la batterie d'accumulateurs de l'ASI.

L'installation peut être considérée comme de faible étendue et à potentiel flottant. La protection est alors assurée par l'équipotentialité entre les différents matériels desservis. Ceci nécessite que les prises de courant en aval des ASI comportent un contact de terre.

## 4.6 Protection contre les retours de tension en entrée

Les normes ASI CEI et EN 62040-1-1 et 62040-1-2 demandent à ce qu'il y ait une protection contre un retour de tension en entrée.

- Pour les ASI de petite puissance raccordées par prise, cette exigence est particulièrement justifiée du fait que lorsque le cordon est débranché, l'apparition d'une tension sur les fiches mâles peut être dangereuse pour les personnes ou les animaux.
- Pour les ASI à poste fixe, cette mesure se justifie pour des raisons de maintenance, lorsque le personnel intervient en amont de l'ASI. Ce dispositif peut être incorporé à l'équipement ou installé à l'extérieur.

Dans ce dernier cas, le constructeur doit spécifier le type de dispositif d'isolation qui doit être utilisé.

De plus une étiquette portant la mention « ISOLER L'ALIMENTATION SANS INTERRUPTION AVANT DE TRAVAILLER SUR CE CIRCUIT » doit être apposée par l'utilisateur sur tous les dispositifs d'isolation installés dans une zone éloignée de l'ASI.



# 5 Application

## 5.1 Application aux ASI unitaires

### Les schémas de liaison à la terre en amont et en aval sont différents

■ ASI avec isolement galvanique : l'ASI intègre alors un transformateur sur chacune de ses voies.

Dans les schémas qui suivent le transformateur a été placé en amont de la chaîne RBO, c'est pourquoi il est noté TR (comme transformateur du redresseur). Il est aussi possible d'obtenir un isolement galvanique de cette voie avec un transformateur placé en aval de l'onduleur (TO).

□ Schéma TT : Le neutre de l'utilisation est relié à la terre au niveau du bornier aval de l'ASI (cf. **fig. 12**)

La protection des personnes est réalisée à l'aide d'un DDR associé à un disjoncteur, soit globalement, soit individuellement sur chaque départ.

□ Schéma TN : Le neutre de l'utilisation est relié à la terre au niveau du bornier de l'ASI.

La protection des personnes est normalement assurée par les protections de surintensités.

Si le SLT de l'utilisation est en TN-C, le conducteur commun de protection et de neutre PEN est distribué à partir de ce bornier (cf. **fig. 13**).

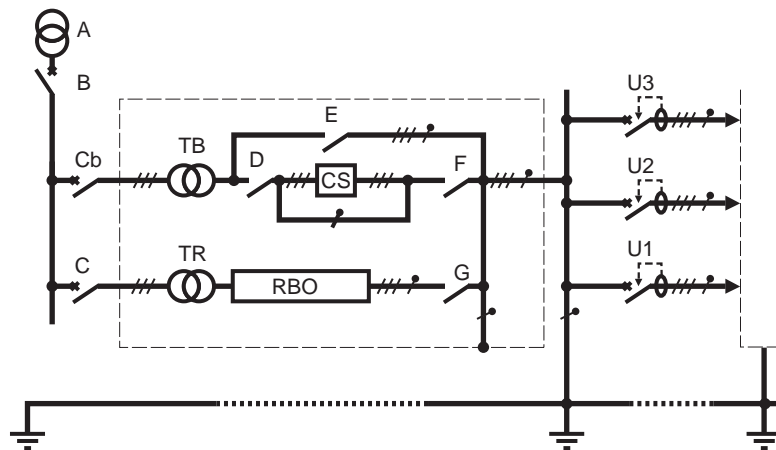


Fig. 12 : SLT TT en aval (SLT amont indifférent - TT, TN ou IT).

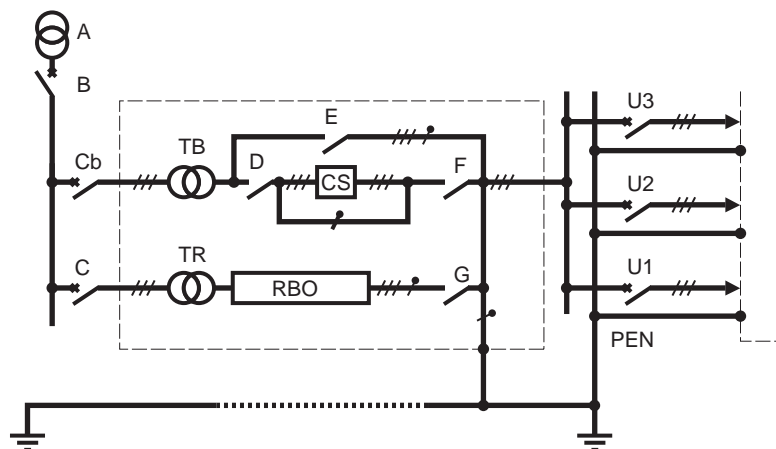


Fig. 13 : SLT TNC en aval (SLT amont indifférent - TT, TN ou IT).



Si le SLT de l'utilisation est en TN-S, ce qui est le cas le plus fréquent, le conducteur de protection et le neutre sont reliés à la même prise de terre au niveau du bornier de l'ASI (cf. **fig. 14**). Des DDR peuvent alors être placés, si nécessaire, sur les départs.

□ Schéma IT : Un CPI, connecté entre l'un des conducteurs actifs et la terre détecte les défauts d'isolement en aval de l'ASI (utilisation) ainsi que ceux de l'ASI jusqu'aux transformateurs TR ou TO (cf. **fig. 15**). La protection des personnes, au second défaut est normalement assuré par les protections de surintensités.

■ ASI sans isolement galvanique (n'intégrant pas de transformateur sur chacune des voies)

Sans isolement, les seules combinaisons possibles sont le SLT TN-C en amont de l'ASI avec, en aval, les SLT TN-S ou TT (cf. **fig. 16** page suivante). En effet, il n'est pas nécessaire

de prévoir de transformateur supplémentaire quel que soit le nombre et la position des transformateurs éventuellement présents dans l'ASI du fait de la continuité du conducteur commun de protection et de neutre PEN.

Dans ce cas le conducteur commun PEN est séparé en neutre et PE au niveau du bornier de sortie de l'ASI.

Le neutre est distribué avec le PE pour la partie de l'installation alimentée en TN-S, tandis que pour la partie alimentée en TT seul le neutre est distribué, le PE étant distribué à partir d'une terre locale.

Si d'autres combinaisons de SLT amont et aval sont nécessaires, il faut se ramener au cas précédent en ajoutant un ou plusieurs transformateurs, éventuellement à l'extérieur de l'équipement électronique lorsque l'ASI ne dispose pas de transformateurs intégrés sur chacune des voies.

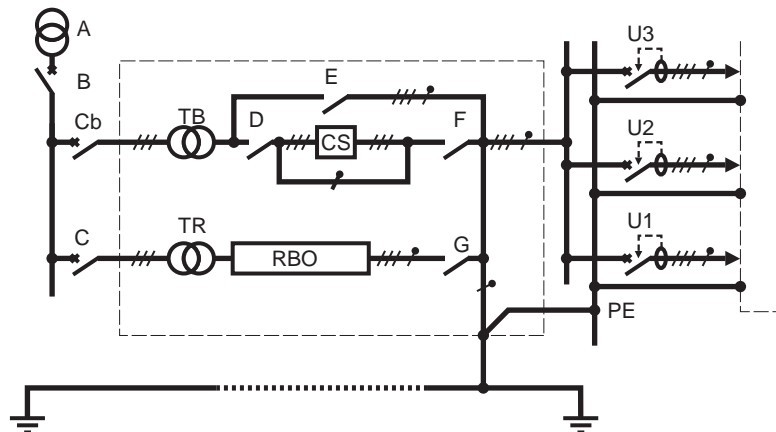


Fig. 14 : SLT TNS en aval (SLT amont indifférent - TT, TN ou IT).

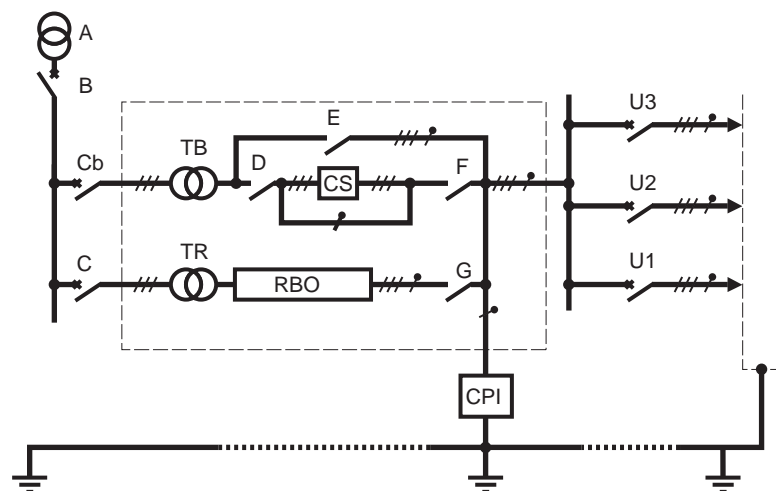


Fig. 15 : SLT IT en aval (SLT amont indifférent - TT, TN ou IT).

■ ASI double conversion avec transformateur onduleur TO

Ce type d'ASI avec un transformateur onduleur, sans isolement dans la voie by-pass est le plus courant pour les ASI de moyenne et forte puissance.

Il nécessite donc la mise en place d'un transformateur TB dans la voie by-pass.

□ Schéma amont indifférent, schéma aval TT (cf. fig. 17 )

Le neutre de l'utilisation est relié à la terre au niveau du bornier de l'ASI.

La protection des personnes est réalisée à l'aide d'un DDR associé à un disjoncteur, soit

globalement, soit individuellement sur chaque départ.

□ Schéma amont indifférent, schéma aval TN-S

Dans ce cas qui est le plus fréquent en TN, le conducteur de protection et le neutre sont reliés à la même prise de terre au niveau du bornier de l'ASI (schéma identique à la figure 15). La protection des personnes est normalement assurée par les protections de surintensité. Des DDR peuvent alors être placés sur les différents départs si le courant de défaut est insuffisant pour atteindre le seuil de déclenchement des protections de surintensité.

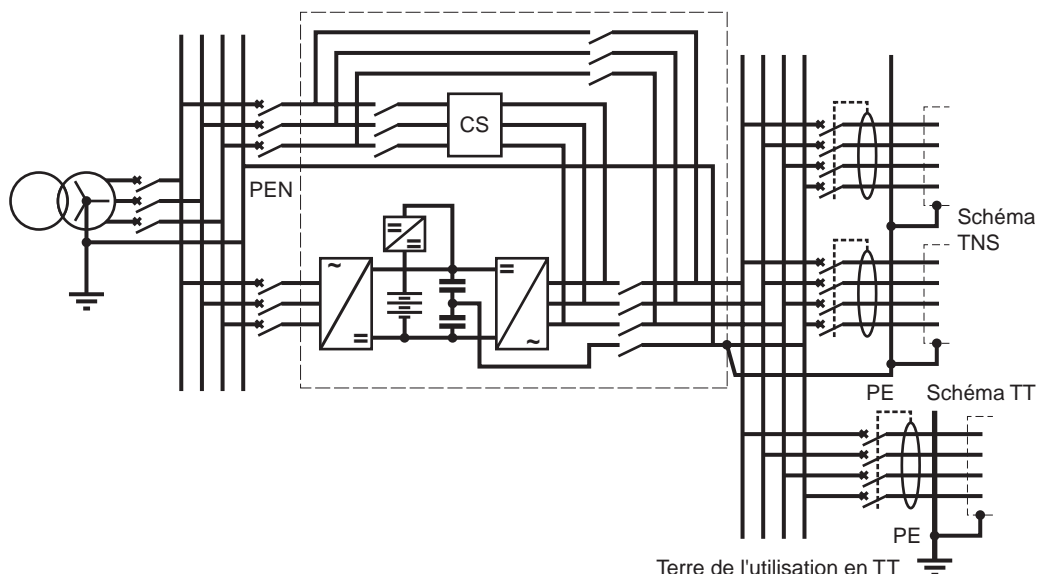


Fig. 16 : sans isolement galvanique, les combinaisons possibles sont le SLT TN-C en amont et les SLT TN-S ou TT en aval.

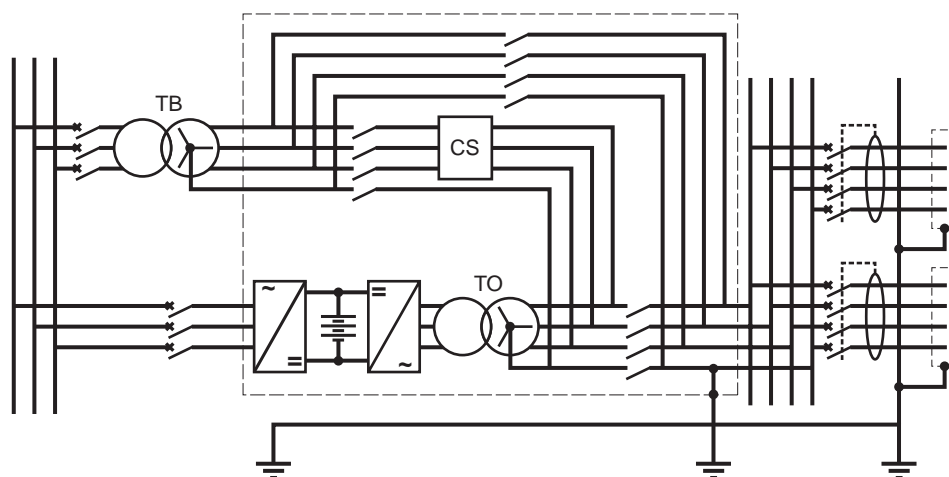


Fig. 17 : SLT amont indifférent, SLT aval TT.

□ Schéma amont indifférent, schéma aval TN-C (cf. fig. 18 )

Le neutre de l'utilisation est relié à la terre au niveau du bornier de l'ASI.  
La protection des personnes est assurée par les protections de surintensités.  
Le conducteur commun de protection et de neutre (PEN) est distribué à partir de ce bornier.

□ Schéma amont indifférent, schéma aval IT (cf. fig. 19 )

Un CPI connecté entre l'un des conducteurs actifs (ici le neutre) et la terre, détecte les défauts d'isolement sur l'utilisation ainsi que ceux de l'ASI jusqu'aux transformateurs TB et TO.  
La protection des personnes, au second défaut,

est normalement assurée par les protections de surintensités.

■ ASI double conversion n'intégrant pas de transformateur.

Ce schéma autrefois réservé aux petites puissances se rencontre de plus en plus en moyenne puissance et commence à être utilisé sur les fortes puissances.

Dans le cas très général où il y a une voie normale et une voie by-pass, il faut utiliser deux transformateurs pour réaliser l'isolement galvanique en amont. Le schéma souhaité pour l'utilisation est reconstitué en aval de l'ASI comme dans les cas précédents.

Les défauts internes de l'onduleur sont protégés par les disjoncteurs en amont.

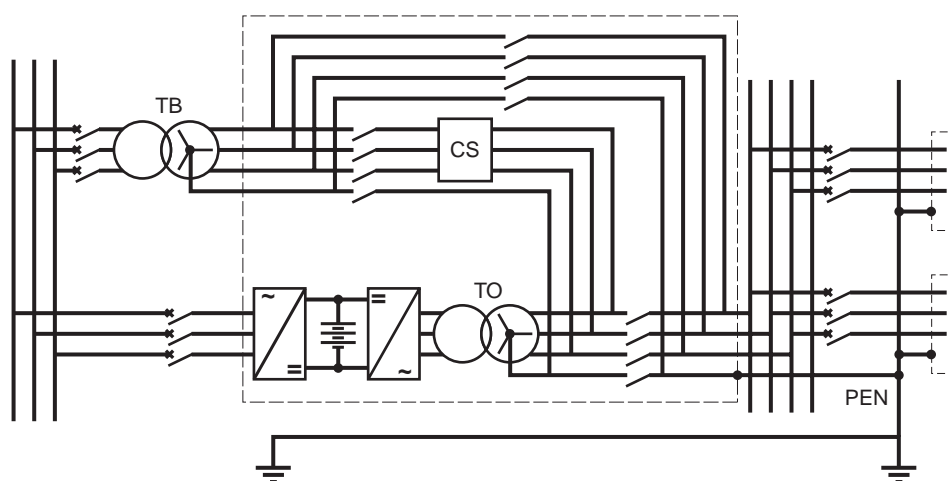


Fig. 18 : SLT amont indifférent, SLT aval TN-C.

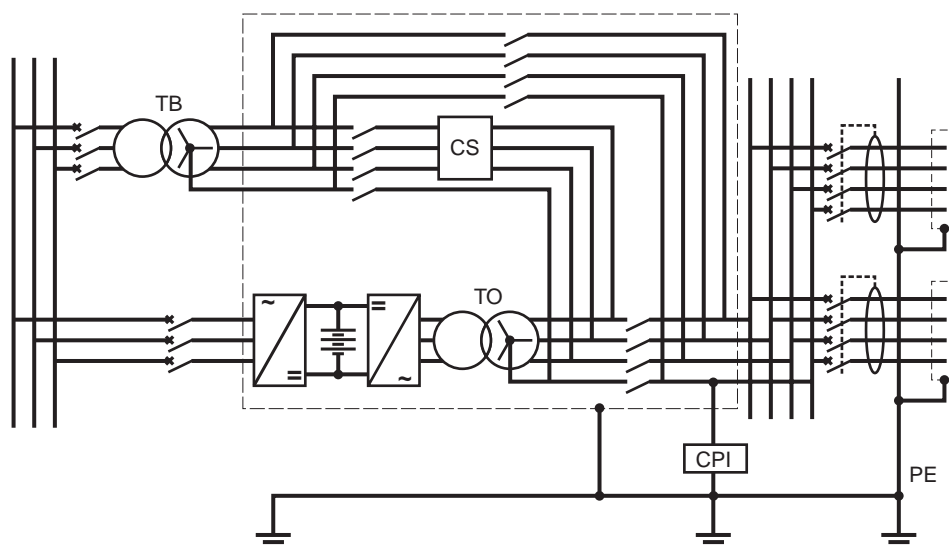


Fig. 19 : SLT amont indifférent, schéma aval IT.

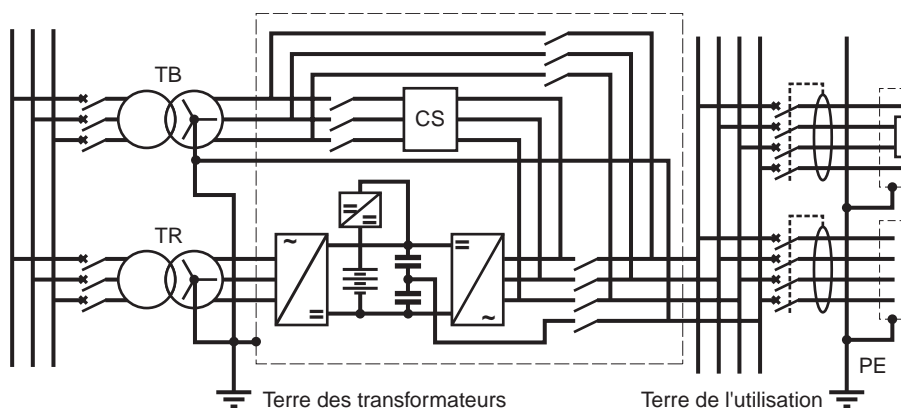
Cette disposition avec deux transformateurs se justifie principalement pour deux raisons :

- dans le cas où les deux sources de tension alternative ne sont pas issues du même jeu de barres,
- dans le but d'améliorer la disponibilité, puisqu'en cas de défaut sur un transformateur, ou sur une entrée, l'autre voie n'est pas affectée.

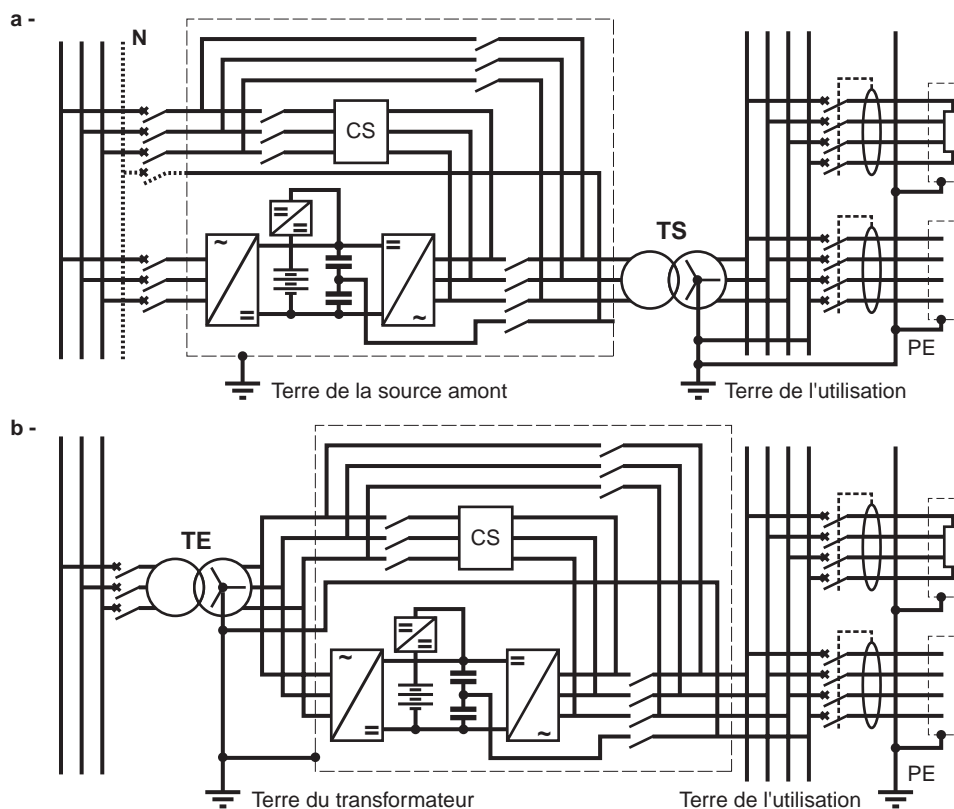
La **figure 20** en donne un exemple avec le schéma amont indifférent et schéma aval TT. Il est également possible de n'utiliser qu'un seul transformateur, en le plaçant en sortie.

Dans ce cas il est possible de reconstituer en aval du transformateur de sortie le SLT désiré (cf. **fig. 21a** ).

Le neutre en amont de l'ASI n'est utilisé que s'il est nécessaire au fonctionnement de l'ASI. Le transformateur introduit une chute de tension par rapport à la sortie de l'ASI, qui peut être gênante si le courant de l'utilisation comporte un taux élevé de distorsion et particulièrement avec l'harmonique 3. Dans ce cas il est possible d'utiliser un transformateur avec un secondaire en zig-zag pour réduire l'impédance homopolaire.



**Fig. 20** : avec les deux transformateurs TB et TR placés en amont (cas de 2 sources distinctes), les SLT amont et aval peuvent être différents.



**Fig. 21** : avec un seul transformateur TS [a] ou TE [b] les SLT amont et aval peuvent être différents.

Une autre possibilité consiste à réguler la tension au secondaire du transformateur, auquel cas celle-ci retrouve toutes les qualités de l'appareil initial.

Dans la mesure où les deux sources d'alimentation alternatives proviennent du même jeu de barres ce qui est le cas le plus fréquent, le schéma de la **figure 21b** page précédente avec un seul transformateur est également possible.

Ce cas correspond également à celui des ASI avec by-pass et une seule arrivée pour l'alimentation alternative à la différence près que le pontage entre les deux voies est fait à l'intérieur de l'ASI.

**Les schémas de liaison à la terre en amont et en aval sont identiques, et il n'y a pas d'isolement galvanique.**

Le cas où il y a un isolement galvanique se ramène aux cas précédents avec en amont le même schéma qu'en aval. C'est pourquoi seul le cas où il n'y a pas d'isolement galvanique est développé ci-après.

■ Pour le schéma TN-C

Il n'y a rien de particulier à faire du fait de la continuité du conducteur de neutre. Le schéma aval peut même être en TN-S ou TT, sans qu'aucune disposition particulière ne soit nécessaire, comme il a été vu au paragraphe précédent.

L'exemple de la **figure 22a** illustre le cas du TN-C amont TN-C aval pour une ASI sans transformateur.

■ Pour les schémas amont et aval en TN-S, TT ou IT

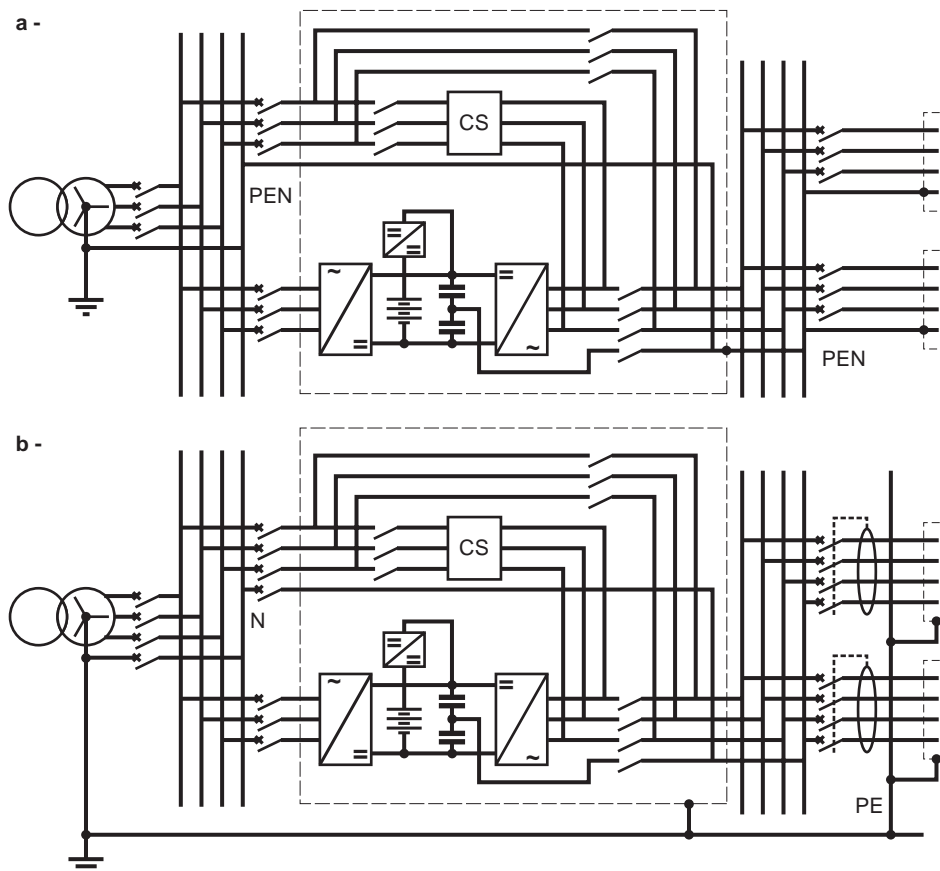
Le sectionnement et la coupure du neutre en amont de l'ASI lors de certaines séquences, isole ce conducteur de la terre en aval de l'ASI. Cette disposition impose une réflexion particulière pour assurer la sécurité des personnes intervenant sur la partie secourue de l'installation.

La **figure 22b** relative au schéma TN-S illustre ce cas.

La solution souvent préconisée est d'assurer une séparation galvanique sur toutes les voies. Dans ces conditions, les schémas possibles sont ceux vus dans les cas précédents pour lesquels les schémas en amont étaient indifférents.

Toutefois, le problème mérite d'être analysé : pendant cette période les conditions de fonctionnement pour l'utilisation sont alors celles du schéma IT.

□ Pour les biens ou les personnes, ce mode de fonctionnement ne présente pas de danger, à condition de s'assurer que les conditions de protection des personnes contre les contacts indirects sont satisfaites pour le schéma IT.



**Fig. 22 :** sans isolement galvanique, SLT identiques en amont et en aval.

□ Pour les appareils alimentés par l'ASI, ils doivent être prévus pour fonctionner avec ce schéma. En particulier, les condensateurs de filtrage pour la CEM, doivent pouvoir supporter la tension composée lors d'un défaut en schéma IT (voir le chapitre 4.2).

□ En ce qui concerne l'absence de CPI, bien que le fonctionnement se trouve dans les conditions du schéma IT, le fait qu'il n'y ait pas de CPI n'apporte pas de gêne à l'exploitant. Ce dispositif ne sert qu'à détecter le premier défaut, dans le but de pouvoir le réparer avant qu'un deuxième défaut n'entraîne la coupure de l'alimentation.

Pour bénéficier de la meilleure continuité de service en schéma IT, il est possible de placer un CPI en aval de l'ASI et de ne le mettre en fonctionnement que lorsque la tension en amont disparaît. Le schéma de la **figure 23** illustre cette possibilité d'où la présence du CPI 1.

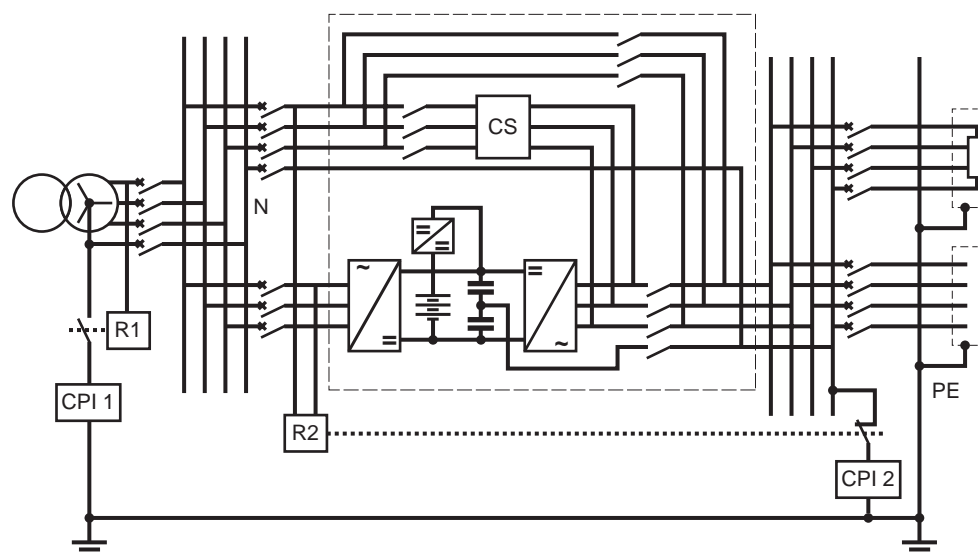
Le CPI 2 est mis en service par l'intermédiaire du relais R2 seulement lorsque les tensions en amont de l'ASI ont disparues.

Malgré l'absence de tension en amont de l'ASI, il est possible et même très probable que le conducteur neutre ne soit pas interrompu. L'ouverture d'un disjoncteur se fait soit sur défaut, soit pour la maintenance.

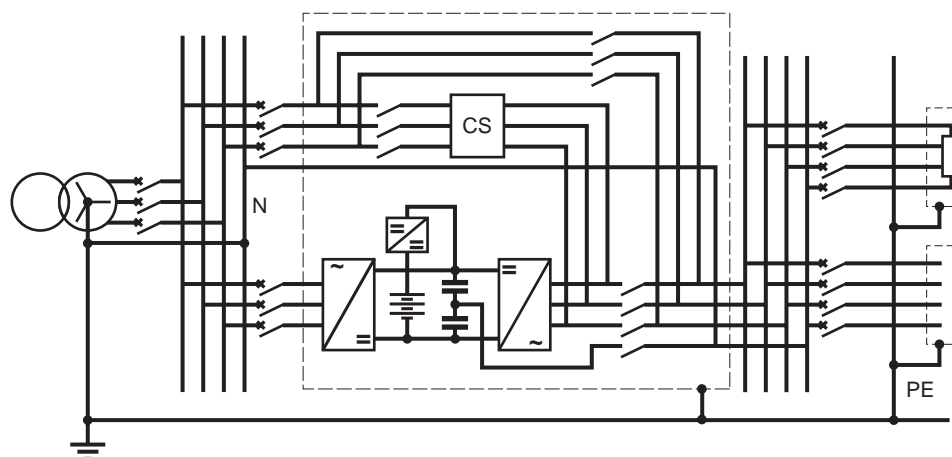
Dans le cas où le CPI 2 risquerait d'être perturbé par le CPI 1, un relais R1 permet de le mettre hors service, lorsque la tension au secondaire du transformateur est nulle.

Par ailleurs dans le cas du schéma TN-S, selon les pays, la coupure du neutre n'est pas toujours pratiquée (voir le CT 173). Si le neutre n'est pas coupé, il n'y a pas de problème particulier et tout se passe comme pour le schéma TN-C.

La seule différence est qu'il y a un conducteur de neutre et un PE au lieu d'avoir un PEN (cf. **fig. 24**).



**Fig. 23 :** SLT IT amont et aval, CPI2 mis en service par absence de tension amont.



**Fig. 24 :** SLT TN-S amont et aval.

### Cas des ASI de petite puissance raccordées par prise.

Pour ces appareils, il n'y a qu'une arrivée réseau, de ce fait les alimentations normale et by-pass (si elles existent) sont communes.

Par ailleurs la liaison à la terre est obtenue par l'intermédiaire du fil vert-jaune du cordon qui présente toujours un risque de coupure ou de débranchement de la prise.

A noter qu'insérer un transformateur d'isolement pour réaliser un SLT en aval de l'ASI différent du SLT en amont ne change pas ce risque.

Dans le cas très général, où les schémas amont et aval sont identiques, sans d'ailleurs que l'utilisateur les connaisse, il n'y a rien de particulier à faire ; la sécurité des personnes est assurée par l'équipotentialité des masses. Il faut donc que toutes les prises en aval des ASI aient un contact de terre.

## 5.2 Application aux ASI mises en parallèle

### Les schémas de liaison à la terre en amont et en aval des ASI sont différents

#### ■ ASI avec isolement galvanique

Lorsque l'ASI dispose de transformateurs sur chacune des voies (ASI avec isolement galvanique), il suffit de recréer en aval le schéma souhaité, comme dans le cas des ASI unitaires.

Dans le schéma de la **figure 25** les transformateurs ont été placés en amont des chaînes RBO, c'est pourquoi il est noté TR (comme transformateur du redresseur). Il aurait été possible d'obtenir un isolement galvanique de cette voie avec un transformateur dans l'onduleur (TO).

#### ■ ASI sans isolement galvanique

Si les ASI n'ont pas un isolement complet, il faut rajouter des transformateurs d'isolement sur les voies qui n'en ont pas.

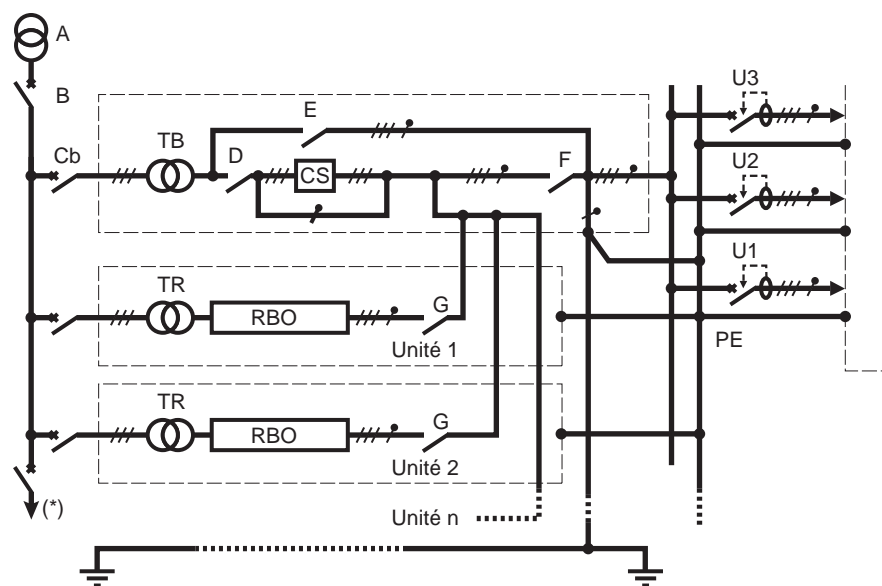
Il est possible d'utiliser un seul transformateur pour l'ensemble des alimentations 1 ainsi qu'un seul transformateur pour l'alimentation 2.

Lorsque la mise en parallèle est utilisée pour améliorer la fiabilité, il est toutefois déconseillé d'utiliser un seul transformateur pour l'ensemble des alimentations 1, car il constitue un nœud de fiabilité.

Pour l'alimentation 2, un seul transformateur suffit normalement car sa fiabilité est grande par rapport à celle du réseau.

Lorsque le secours est unique et réalisé avec un NS, ce qui est la solution optimale pour la fiabilité, un seul transformateur pour l'alimentation 2 est nécessaire.

La mise en parallèle d'appareils unitaires avec la mise en parallèle des CS, autorise plusieurs chemins pour les courants de neutre et de phase des circuits d'alimentation. Elle présente donc le risque d'une surcharge de certains conducteurs. La maîtrise de la répartition des courants dans chacun des conducteurs n'étant pas aisée, la suppression de ce risque est le plus souvent réalisée avec l'emploi d'un seul câble jusqu'au voisinage des ASI.



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 25** : l'isolement galvanique créé par les transformateurs placés en amont autorise des SLT différents, en amont et en aval des ASI.

□ Cas du contacteur statique unique

- Cas d'ASI avec transformateur onduleur (TO)

La **figure 26** illustre le cas du schéma TN-S en aval, et indifférent en amont.

Dans ce cas il suffit de rajouter un transformateur dans la voie by-pass (TB) pour obtenir l'isolement complet. Cette disposition s'applique aussi bien à l'augmentation de puissance qu'à la redondance active.

- Cas d'ASI sans transformateur

Dans ce cas, il faut ajouter un transformateur dans chacune des unités d'ASI ainsi que le

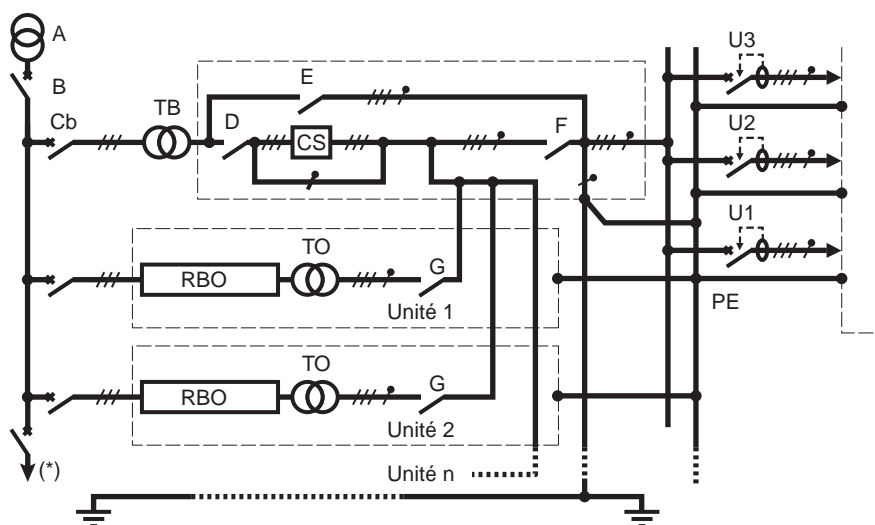
transformateur sur la voie by-pass TB (cf. **fig. 27**).

Il est préférable de placer les transformateurs en amont des redresseurs (TR) plutôt qu'en aval des onduleurs afin de préserver la qualité de la tension de sortie des onduleurs.

Si la mise en parallèle ne sert qu'à augmenter la puissance, il est possible de n'utiliser qu'un seul transformateur TR en amont des redresseurs.

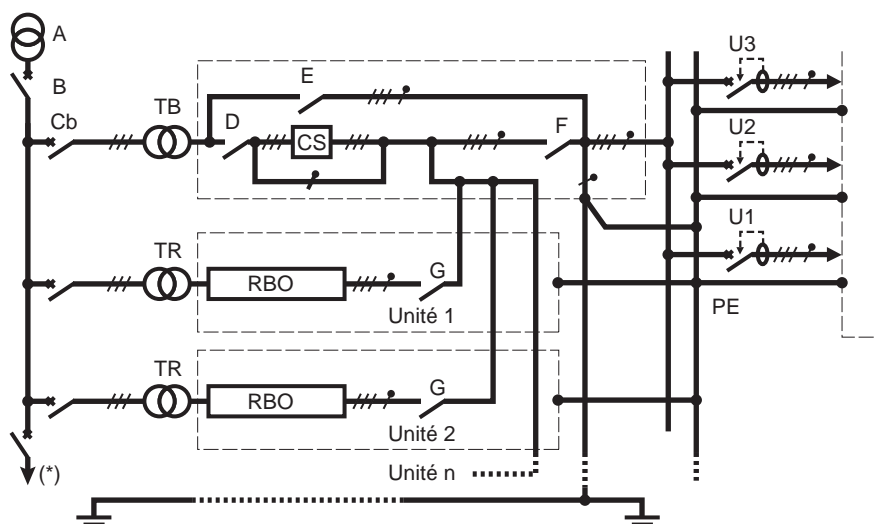
□ Cas des mises en parallèle avec une voie by-pass par unité d'ASI.

De façon générale il faut placer des transformateurs sur les voies qui n'en ont pas.



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 26** : un transformateur dans la voie by-pass (TB) permet d'obtenir l'isolement complet d'un ensemble d'ASI avec transformateur onduleur (TO), autorisant ainsi des SLT différents, en amont et en aval des ASI.



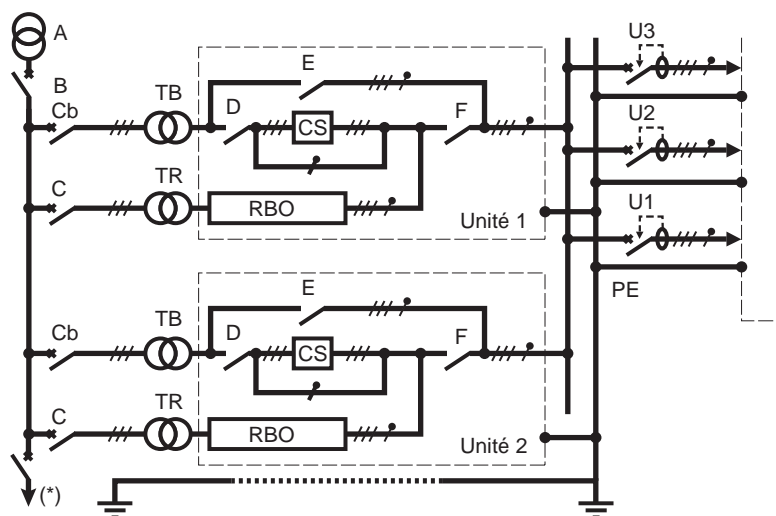
(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 27** : les transformateurs en amont des redresseurs (TR) permettent d'obtenir l'isolement complet d'un ensemble d'ASI sans transformateur et autorisent ainsi des SLT différents, en amont et en aval des ASI, tout en préservant la qualité de la tension de sortie.



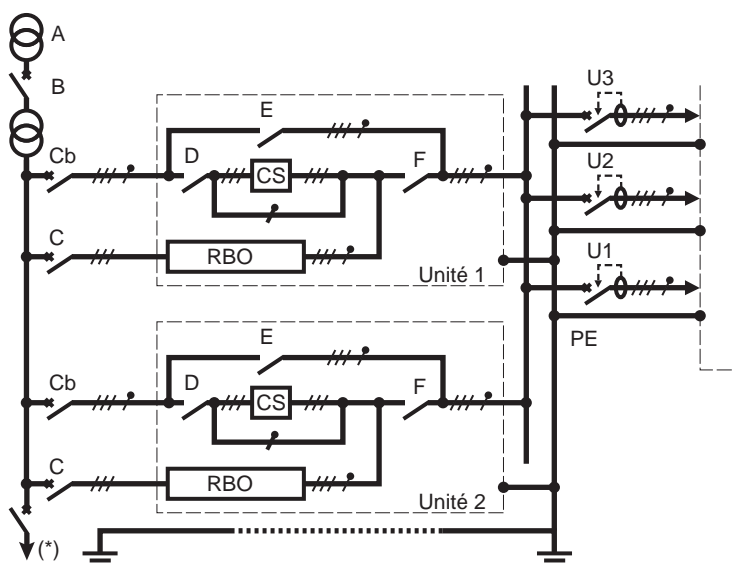
- Cas d'ASI sans transformateur d'isolement  
 Dans ce cas et lorsqu'il s'agit d'une mise en parallèle redondante il faut placer des transformateurs sur chacune des voies.  
 Comme dans l'exemple précédent, les transformateurs en amont des redresseurs TR sont préférables aux transformateurs en aval des onduleurs TO pour préserver la qualité de la tension délivrée par les onduleurs (cf. fig. 28 ).  
 Pour une augmentation de puissance, il est possible d'utiliser un transformateur pour les

redresseurs et un transformateur pour les voies by-pass, et même d'utiliser un seul transformateur pour l'ensemble ( cf. fig. 29 ).  
 Dans ce cas toutefois il faut veiller à ce que la répartition des courants dans les différentes voies by-pass soit correcte dans les conducteurs des phases et de neutres.  
 Si pour des raisons fonctionnelles le neutre est nécessaire pour le fonctionnement des redresseurs le problème devient encore un peu plus délicat car il y a alors deux fois plus de neutres disponibles.



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 28 :** mise en parallèle d'ASI, chacune alimentée par un transformateur (TR) et ayant chacune une voie by-pass précédée d'un transformateur (TB) afin d'obtenir l'isolement galvanique complet de l'ensemble et ainsi autoriser des SLT différents, en amont et en aval des ASI, tout en préservant la qualité de la tension de sortie.



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 29 :** un seul transformateur placé en amont offre l'isolement galvanique complet de l'ensemble indispensable pour autoriser des SLT différents en amont et en aval des ASI mises en parallèle ayant chacune une voie by-pass.

■ Cas du schéma TN-C amont avec schéma aval TN-S ou TT

Comme pour les appareils unitaires il n'y a pas de précaution particulière du fait de la continuité du neutre (cf. **fig. 30**).

**Les schémas de liaison à la terre en amont et en aval sont identiques, et il n'y a pas d'isolement galvanique**

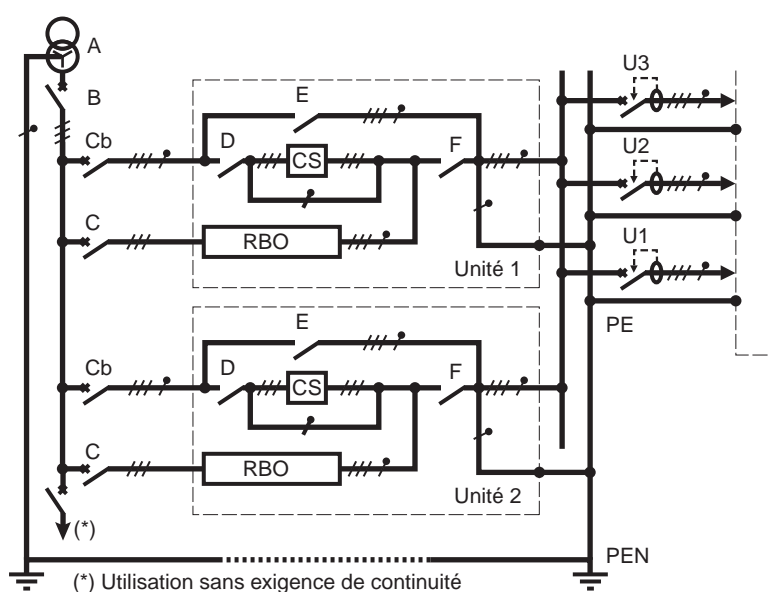
Comme pour les ASI unitaires, le cas où il y a un isolement galvanique ou que cet isolement galvanique est souhaité pour limiter les perturbations hautes fréquences transmises par les alimentations ou pour éviter les inconvénients possibles du fonctionnement en schéma IT

pendant l'interruption du neutre, la situation est identique au cas précédent avec en amont le même schéma qu'en aval. C'est pourquoi seul le cas où il n'y a pas d'isolement galvanique est développé ci-après.

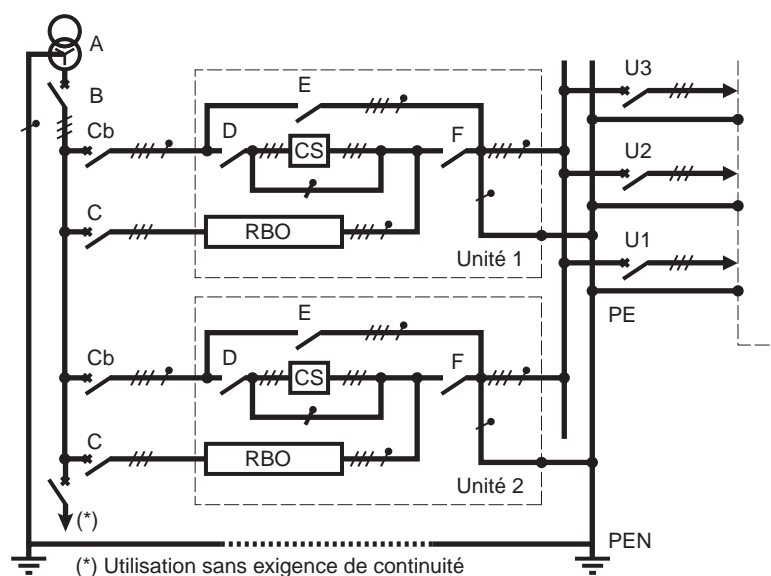
■ Pour le SLT TN-C

Il n'y a rien de particulier à faire du fait de la continuité du conducteur de neutre.

Le SLT aval peut même être en TN-S ou TT, sans qu'aucune disposition particulière ne soit nécessaire, comme il a été vu au chapitre 2. La **figure 31** illustre le cas du TN-C amont TN-C aval pour une mise en parallèle redondante d'ASI sans transformateur.



**Fig. 30** : SLT amont et aval différents, TNC amont et TNS aval.



**Fig. 31** : SLT amont et aval identiques.

■ Pour les SLT TN-S, TT ou IT

Comme pour les ASI unitaires, la seule difficulté provient de la coupure possible du conducteur de neutre.

Les remarques faites précédemment restent valables et les mêmes dispositions sont applicables.

□ Exemple de la mise en parallèle d'unités d'ASI avec transformateur onduleur (TO) et CS unique (NS)

La **figure 32a** illustre ce cas pour le schéma TN-S en amont et en aval.

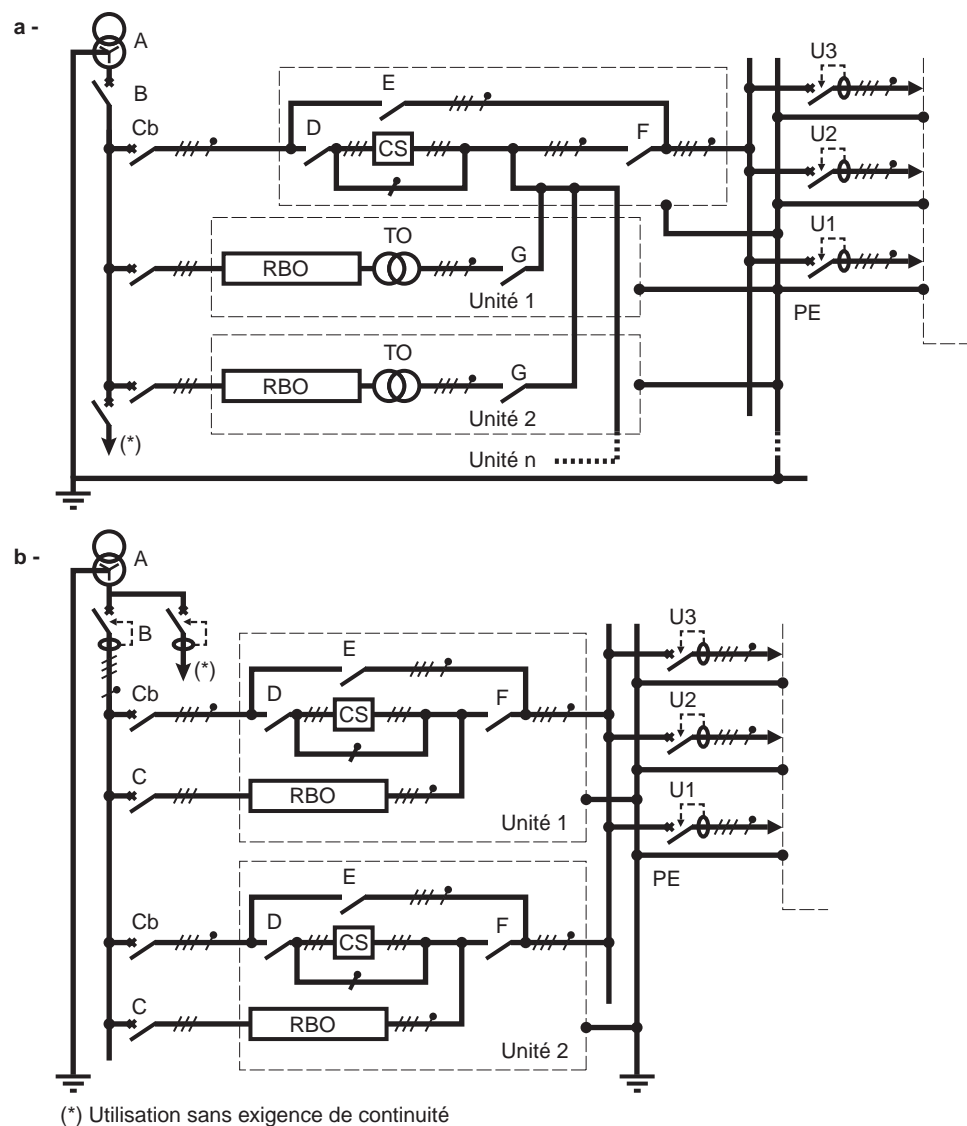
Dans ce cas s'il y a coupure du neutre (par exemple lors de l'ouverture d'un disjoncteur amont B ou Cb) le SLT aval devient IT, la protection des personnes est assurée et le CPI n'est pas obligatoire comme expliqué dans le paragraphe 4.3.

Dans certains cas des précautions sont à prendre, en particulier avec le schéma TT avec lequel des déclenchements intempestifs de DDR peuvent se produire lorsque des câbles se trouvent en parallèle.

□ Exemple de la mise en parallèle d'appareils sans isolement avec une voie by-pass par unité d'ASI.

La **figure 32b** illustre le cas du schéma TT amont et aval.

Du fait de la mise en parallèle des deux voies by-pass, les courants dans les conducteurs de phase et de neutre des deux voies se répartissent en fonction des impédances des conducteurs et des contacteurs statiques. La somme des courants pour chacune des voies n'est pas nulle ce qui risque de faire déclencher les DDR s'ils sont placés sur ces voies.



**Fig. 32 :** exemples de la mise en parallèle de plusieurs unités d'ASI. **[a]** TN-S en amont et en aval avec transformateur onduleur (TO) et un seul contacteur statique, **[b]** TT amont et aval sans isolement avec un by-pass par unité.

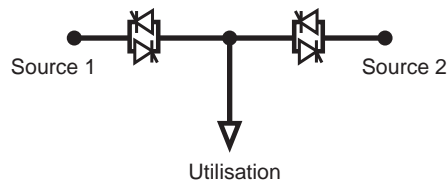
La solution consiste donc à placer un seul DDR commun en tête des deux voies ; ce DDR agit sur le disjoncteur commun B. Il est à noter qu'avec la mise en parallèle d'unités d'ASI avec un seul CS, ce problème est inexistant.

## 5.3 Application aux STS

### Principe et difficulté

Les STS -Static Transfer Switches- sont des dispositifs de transferts statiques de sources (cf. **fig. 33**).

Ils permettent d'améliorer la disponibilité de l'énergie pour des utilisations particulières qui peuvent être alimentées à partir de 2 sources différentes.



**Fig. 33** : commutation de l'alimentation d'une charge par contacteurs statiques entre deux sources distinctes.

Au départ une des sources est affectée à l'utilisation. En cas de défaillance de cette source, un transfert est réalisé par des contacteurs statiques pour que l'utilisation continue d'être alimentée par l'autre source.

Les deux sources ainsi que l'utilisation n'ont pas forcément le même schéma de liaison du neutre.

Lorsque les schémas des deux sources et de l'utilisation sont identiques, les conducteurs de neutre présentent une difficulté : s'ils sont reliés, ils risquent d'être traversés par des courants importants, et s'ils ne le sont pas il faut les commuter lors des transferts de source.

Cette commutation peut se faire sans recouvrement, c'est-à-dire avec coupure de l'alimentation ou avec recouvrement pour éviter cette coupure. Mais alors un courant transitoire peut s'établir et provoquer, par exemple, l'ouverture de DDR s'il y en a, voire de disjoncteurs si le courant d'échange est important. Dans le cas où les SLT amont et aval sont différents, la situation est plus simple car il faut utiliser un ou plusieurs transformateurs et réaliser le schéma souhaité en aval du dispositif. La commutation ne fait alors intervenir que les conducteurs de phase.

### Les schémas amont et aval sont différents

Dans le cas très général où les deux sources et l'utilisation ont des SLT différents la solution consiste à utiliser deux transformateurs d'isolement.

Cependant, le nombre de configurations possibles étant important, il est recommandé de demander aux constructeurs de préciser quelles sont les précautions à prendre ainsi que l'appareillage associé.

Les figures qui suivent illustrent les cas des différentes possibilités de SLT aval pour des schémas amont indifférents.

#### ■ Schéma aval TT (cf. **fig. 34a** ci-contre)

Les neutres des deux transformateurs sont reliés et reliés à une terre locale.

Ce neutre commun est celui de l'utilisation, et le transfert de sources se fait à l'aide de CS triphasés, le neutre n'étant pas commuté. Le conducteur de protection PE de l'utilisation est relié à la terre locale de l'utilisation.

#### ■ Schéma aval TN-S (cf. **fig. 34b** ci-contre)

Les neutres des deux transformateurs sont reliés à la terre de l'utilisation.

Ce neutre commun est celui de l'utilisation, et le transfert de sources se fait à l'aide de CS triphasés, le neutre n'étant pas commuté, comme dans le cas du schéma TT. Le conducteur PE est relié à cette terre.

#### ■ Schéma aval TN-C (cf. **fig. 34c** ci-contre)

Les neutres des deux transformateurs sont reliés à la terre de l'utilisation.

A partir de cette prise de terre le conducteur commun de protection et de neutre est distribué. Le transfert de sources se fait à l'aide de CS triphasés, le neutre n'étant pas commuté surtout dans ce cas où il est interdit de l'interrompre puisqu'il sert aussi de conducteur de protection.

#### ■ Schéma aval IT (cf. **fig. 34d** ci-contre)

Les neutres des 2 transformateurs sont reliés mais isolés de la terre.

Le conducteur PE est tiré à partir de la terre locale. Un CPI est connecté entre le neutre commun et la terre pour surveiller l'isolement de l'installation.

Dans le cas où les sources ont le même schéma, et que l'utilisation a un schéma différent, il est évidemment possible d'utiliser la disposition précédente, mais il est également possible de n'utiliser qu'un seul transformateur.

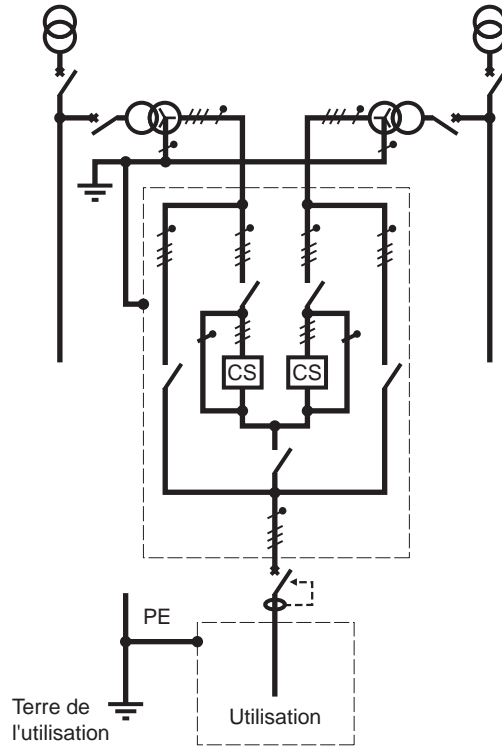
Il faut toutefois que les neutres des deux sources soient reliés à la même terre. Dans le cas du schéma IT, les neutres sont évidemment isolés de la terre. Ils doivent être reliés ensemble si un seul CPI contrôle l'installation.

Un peu moins intéressante sur le plan de la disponibilité, puisque le transformateur commun est un nœud de fiabilité, cette disposition à l'avantage d'être plus économique.

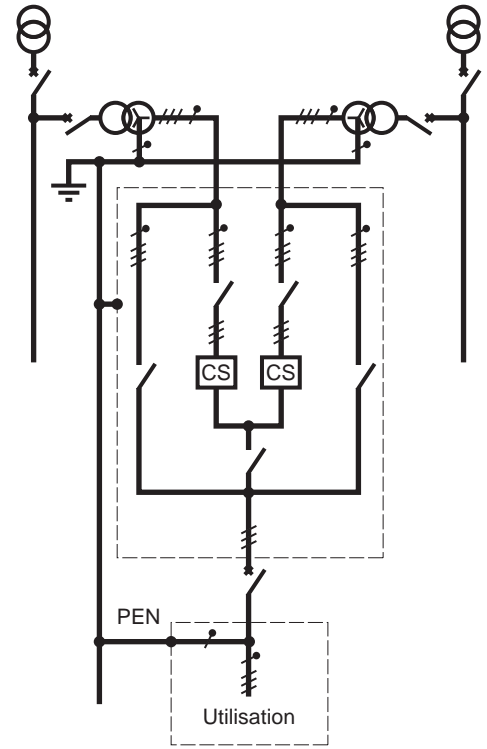
Dans ce cas, le schéma aval est réalisé au secondaire du transformateur.

Le transfert de source se fait également en triphasé, le neutre n'étant pas utilisé.

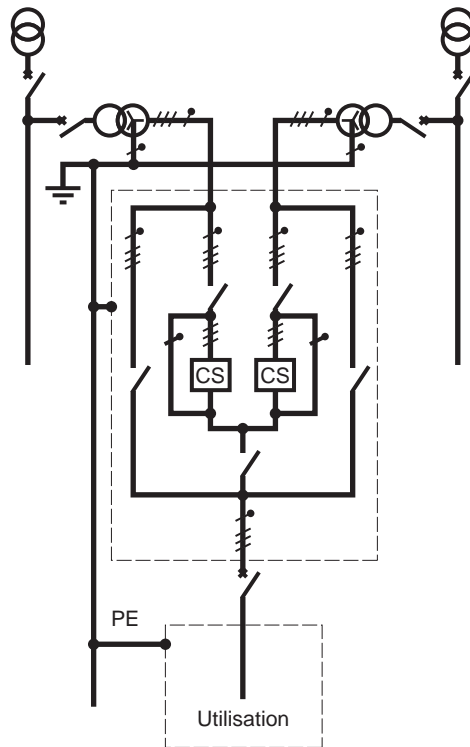
a - Schéma aval TT



c - Schéma aval TNC



b - Schéma aval TNS



d - Schéma aval IT

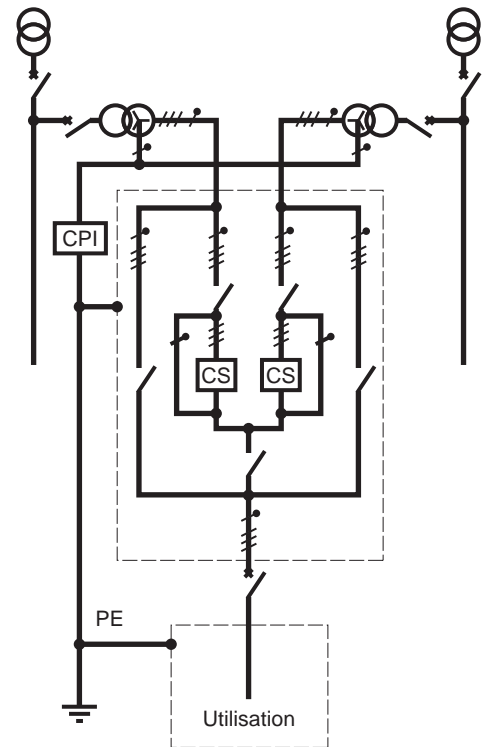


Fig. 34 : SLT amont indifférents, avec SLT aval [a] TT, [b] TN-S, [c] TN-C, [d] IT.

La **figure 35** indique comment les connexions sont réalisées dans le cas d'un schéma TT amont et TN-S aval.

La **figure 36** indique comment les connexions sont réalisées dans le cas d'un schéma IT amont et TN-S aval.

Ici les deux CPI contrôlent l'isolement par rapport à la même terre à laquelle est raccordé le conducteur de protection PE.

■ Cas particulier du schéma TN-C amont et TN-S aval (cf. **fig. 37** page suivante)

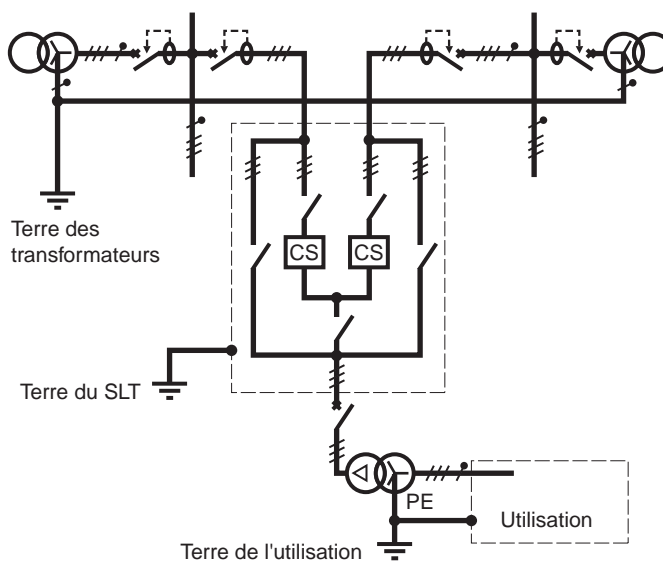
Cette fois le transformateur n'est pas nécessaire du fait de la continuité du neutre.

Le conducteur PEN est séparé en N et PE au niveau du bornier de sortie du STS.

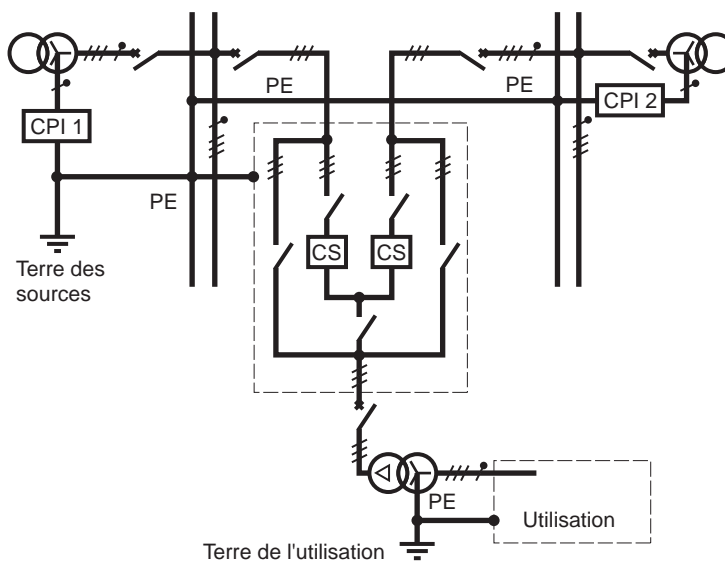
**Les schémas amont et aval sont identiques**

Il n'y a pas d'inconvénient à utiliser des transformateurs comme précédemment, mais il est possible de s'en dispenser en prenant les précautions qui suivent.

■ Pour tous les SLT, excepté le schéma IT, les neutres des transformateurs doivent être reliés à la même prise de terre afin que le STS et l'utilisation aient le même conducteur de protection PE que les sources.



**Fig. 35** : cas de SLT TT amont et TN-S aval.



**Fig. 36** : cas de SLT IT amont et TN-S aval.

Si cette liaison n'est pas réalisée, le PE utilisé pour le STS et son utilisation appartiennent seulement à l'une des sources, ce qui ne permet pas de garantir le fonctionnement correct des protections en cas de défaut d'isolement.

Si cette disposition n'est pas possible, il faut au minimum interconnecter les terres des deux sources au niveau des tableaux BT amont.

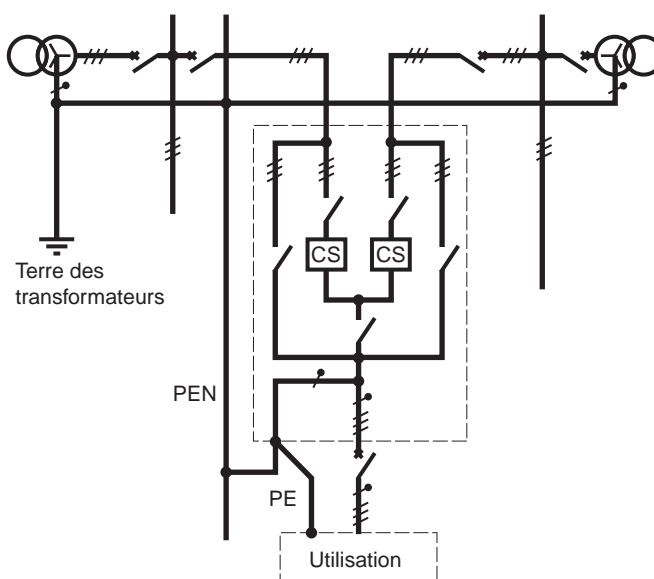
■ Pour le schéma IT et pour la même raison, la prise de terre des deux sources doit être la même. Par ailleurs il est souhaitable que les neutres des transformateurs soient reliés afin d'éviter de brusques variations de potentiel des

conducteurs actifs de l'utilisation lors des transferts de source. Ceci implique que l'ensemble de l'installation soit surveillé par un seul CPI.

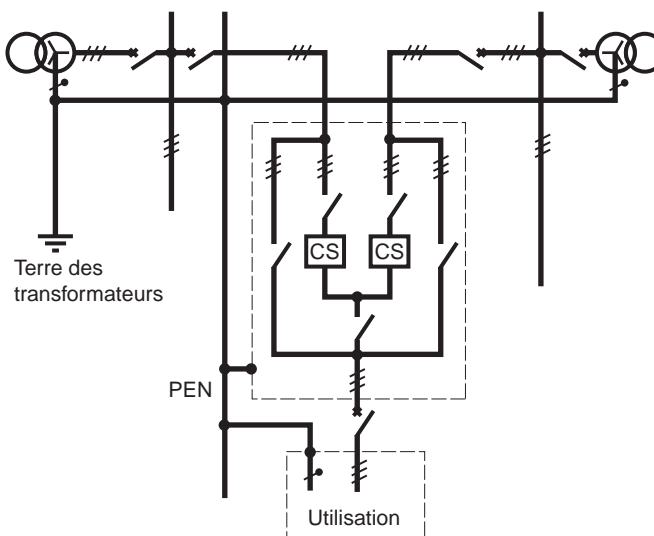
■ Si le neutre n'est pas distribué en aval, il suffit de faire des transferts tripolaires comme pour les cas précédents.

Si le neutre est distribué en aval, il convient de commuter également ce conducteur sauf dans le cas du schéma TN-C pour lequel le neutre et le conducteur de protection sont confondus.

Le cas de cette disposition est représenté dans la **figure 38**.

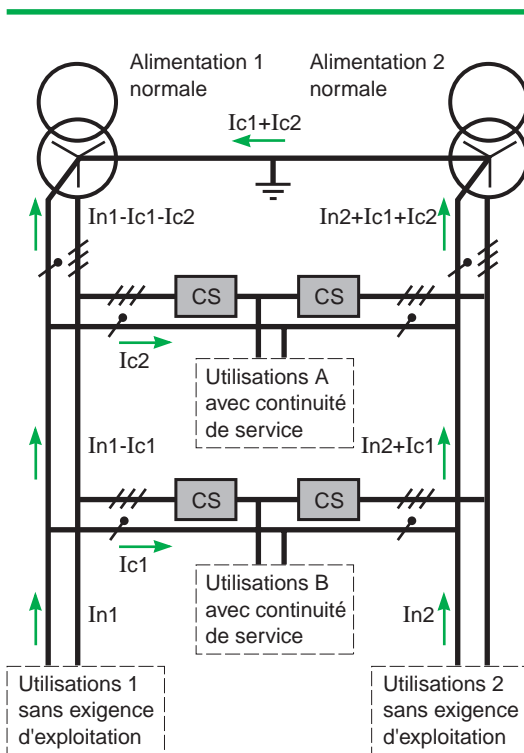


**Fig. 37** : cas de SLT TN-C amont et TN-S aval.



**Fig. 38** : avec le SLT TN-C, il n'est pas nécessaire de commuter le Neutre même s'il est distribué en aval.

Pour les autres cas, la commutation du neutre se justifie en raison des courants de circulation importants qui peuvent siéger dans ce conducteur s'il est relié de façon permanente aux deux sources (cf. **fig. 39**).



Sur le schéma ci-dessus, les utilisations 1 et 2, sans exigence d'exploitation, font circuler dans le neutre des courants  $I_{n1}$  et  $I_{n2}$ .

Si les neutres sont reliés de façon permanente, il y a des courants de circulation entre ces deux conducteurs, puisqu'il y a deux chemins possibles de retour vers les sources.

Si les courants  $I_{n1}$  et  $I_{n2}$  sont très différents, les courants de circulation peuvent avoir des valeurs importantes et même dépasser dans certains cas les calibres des STS.

Si le schéma commun est en TN-S ou IT, les protections contre les surcharges fonctionneront, mais au détriment de la continuité de service !

En TT, ce sont les DDR qui voient un courant homopolaire permanent, même sur les disjoncteurs de tête des sources.

**Fig. 39** : hors le cas des SLT TN-C, la commutation du neutre se justifie en raison des courants de circulation importants qui peuvent parcourir ce conducteur.

Il faut donc commuter les neutres, et pour cela il y a deux possibilités :

1- Cette commutation se fait sans recouvrement.

Il n'y a alors pas de mise en parallèle de ces conducteurs même de façon transitoire, mais le temps de transfert peut dépasser 10 ms.

De plus, il y a un court instant pendant lequel le potentiel du neutre de l'utilisation du STS concerné est indéterminé, et le maintien de l'équilibre des tensions simples n'est plus garanti. Il faut donc s'assurer que ces perturbations sont acceptables pour l'ensemble des appareils alimentés.

2- Cette commutation se fait avec recouvrement.

Le transfert est plus rapide (quelques ms) et le potentiel du neutre de l'utilisation reste fixé pendant la commutation. Pour garantir ce recouvrement des neutres, une des solutions possibles est de placer, en parallèle avec les thyristors de chaque CS, un contacteur qui en assure la continuité. En effet, si le courant s'annule dans l'un des thyristors du CS du neutre, la mise en conduction du thyristor inverse ne peut se faire que lorsque la tension à ses bornes a atteint une valeur suffisante, ce qui signifie que le potentiel du neutre est différent de celui de la source.

De plus, un courant d'échange transitoire apparaît, et il faut s'assurer qu'il est sans inconvénient pour l'installation en particulier dans le cas du schéma TT avec les DDR qui « voient » ce courant. Ceux-ci, pour ne pas déclencher intempestivement, doivent avoir un seuil approprié ou une temporisation (cf. **fig. 40**).



**Fig. 40** : dispositif différentiel super immunisé type siE (Interrupteur différentiel ID, marque Merlin Gerin).



## 6 Protection contre les contacts indirects pour les circuits CC et la batterie

La batterie, réserve d'énergie indispensable à une ASI statique, doit être isolée de la terre, car ce mode d'exploitation favorise la continuité de service.

En l'absence de transformateur, et du fait de l'emploi de semi-conducteurs dans les ASI statiques, il existe une continuité électrique entre l'installation amont, l'ASI et l'installation aval, d'où :

- un défaut d'isolement des circuits CC peut être détecté par les dispositifs de protection des installations amont et aval ;
- ces dispositifs de protection peuvent être perturbés par la présence d'un défaut d'isolement sur les circuits CC.

Mais dans certaines séquences de fonctionnement, la batterie et les circuits à courant continu peuvent être complètement isolés des installations amont et aval.

Selon la CEI 60364 et la NF C 15-100, un contrôle spécifique de ces circuits n'est pas obligatoire si :

- une équipotentialité entre les éléments conducteurs du bâtiment et les masses existe ce qui est le cas lorsque la batterie et les circuits à

courant continu sont dans le même local, dans des armoires électriques ou dans la même armoire que les autres composants de l'ASI (équipotentialité locale de l'ASI) ;

- si l'installation est faite en cohérence avec le chapitre 413-2 de CEI 60364-4-41 ou du chapitre 412 de la NF C 15-100 (par exemple isolation supplémentaire par liaison de classe II lorsque la batterie est éloignée du reste de l'alimentation).

De plus dans les autres cas, les conditions imposées à l'installation ( CEI 60364-5-55 et NF C 15-100 §554-2) de la batterie et de sa connexion jusqu'au disjoncteur « batterie », rendent le risque de défaut hautement improbable ; ce qui est considéré comme suffisant pour assurer la protection des personnes contre les contacts indirects sur cette portion d'installation.

Il reste donc à examiner les moyens à mettre en œuvre pour assurer la protection des personnes sur la partie d'installation CC qui peut présenter des risques ; cette partie étant délimitée par le redresseur, l'onduleur et le disjoncteur « batterie ».

### 6.1 Dispositifs de contrôle des circuits CC

Comme indiqué précédemment, la batterie d'accumulateurs d'une ASI est à polarités isolées. Aussi les contrôleurs permanents d'isolement « CPI » sont les dispositifs les plus employés pour surveiller les circuits CC, mais selon les schémas de liaison du neutre des installations en alternatif les DDR peuvent également être utilisés.

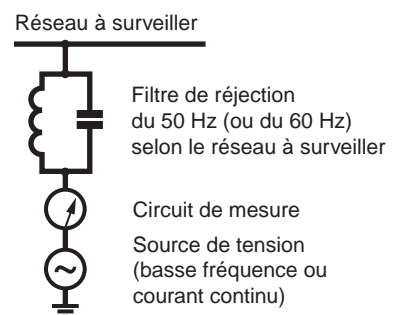
#### Les contrôleurs permanents d'isolement

- Contrôleur permanent d'isolement à injection de courant à basse fréquence (2, 5 ou 10 Hz) (cf. **fig. 41**)

Son principe : il applique une source de tension alternative à basse fréquence entre une des polarités des circuits CC et la terre ; l'apparition d'un défaut d'isolement sur les circuits CC fait circuler un courant qui est détecté par les circuits de mesure (cf. **fig. 42**).

Ces contrôleurs, qui surveillent aussi bien les réseaux à courants alternatifs, mixtes et continus, permettent aussi la recherche des défauts d'isolement. Ils sont donc préconisés si :

- il existe un véritable réseau courant continu (plusieurs utilisations), ce qui n'est pas le cas des ASI ;
- il n'y a pas isolement galvanique entre la batterie et l'installation aval à l'ASI.



**Fig. 41** : schéma de principe d'un contrôleur permanent d'isolement -CPI- à injection de courant.



**Fig. 42** : Vigilohm XM200, un CPI à injection de courant à basse fréquence et Vigilohm TR22A, un CPI à injection de courant continu (marque Merlin Gerin).

■ Contrôleur permanent d'isolement à injection de courant continu

Le principe est le même que celui utilisé par les CPI précédemment cités mais sa source délivre un courant continu. Ce type de CPI, très précis pour la surveillance des réseaux à courant alternatif ne convient pas pour les circuits à courant continu, car la tension continue apparaissant lors d'un défaut d'isolement modifie la sensibilité du dispositif à seuil du contrôleur. Il est généralement déconseillé sur les réseaux mixtes (CA et CC). Certains CPI à injection de courant continu sont cependant capables de signaler la présence d'un défaut sur la partie « continu » d'un réseau (cf. fig. 42).

■ Contrôleur permanent d'isolement à balance voltométrique (cf. fig. 43)

C'est un contrôleur permanent d'isolement, passif.

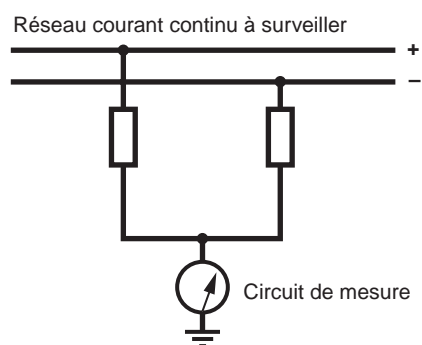


Fig. 43 : schéma de principe d'un contrôleur permanent d'isolement -CPI- à balance voltométrique.

Il est constitué d'un diviseur résistif créant un point milieu pour la tension continue. Le circuit de détection de défaut est placé entre ce point milieu et la terre. Un défaut d'isolement sur le (+) ou sur le (-) fait circuler un courant à la terre à travers une des résistances et le circuit de détection qui, associé à un dispositif à seuil, permet une alarme ou un déclenchement (cf. fig. 44).



Fig. 44 : le Vigilohm TR5, un CPI à balance voltométrique (marque Merlin Gerin).

**Les dispositifs différentiels à courant résiduel (DDR)**

Ils sont destinés à détecter tout courant anormal de défaut à la terre.

Des précautions sont cependant à prendre lors de leur choix lorsque l'installation a une partie en courant alternatif et une partie en courant continu sans séparation galvanique (réseau mixte).

Selon la norme CEI 60755 il y a 3 classes de DDR

- LES DDR de classe AC : ils ne fonctionnent qu'en alternatif pur ;
- Les DDR de classe B : ils fonctionnent avec toutes les formes de courant de défaut y compris avec du continu pur ;
- Les DDR de classe A : ils peuvent fonctionner avec des courants non alternatifs selon les diagrammes de la figure 45.

Avec des redresseurs monophasés, les courants de défauts sur le circuit continu sont le plus souvent d'une allure compatible avec des DDR de type A. Toutefois avec certains schémas, le courant de défaut peut être continu, ce qui nécessite des DDR de type B.

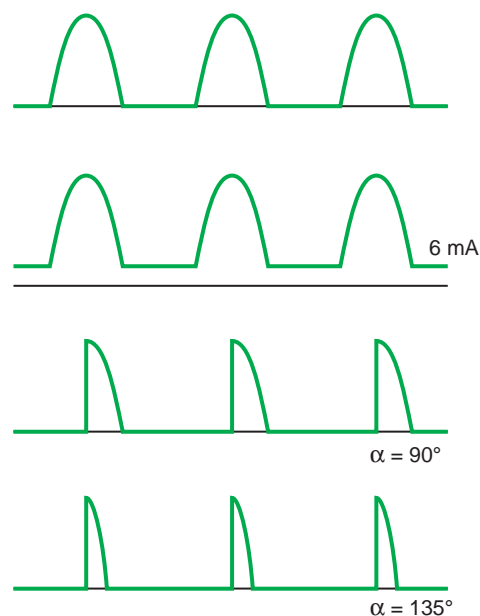


Fig. 45 : différentes formes de courants de défaut non alternatifs applicables aux DDR de classe A.

Enfin, dans la plupart des cas, les courants de défaut sur le continu pour des redresseurs triphasés sont continus. Ils nécessitent donc l'emploi de DDR de type B (cf. fig. 46 page suivante).

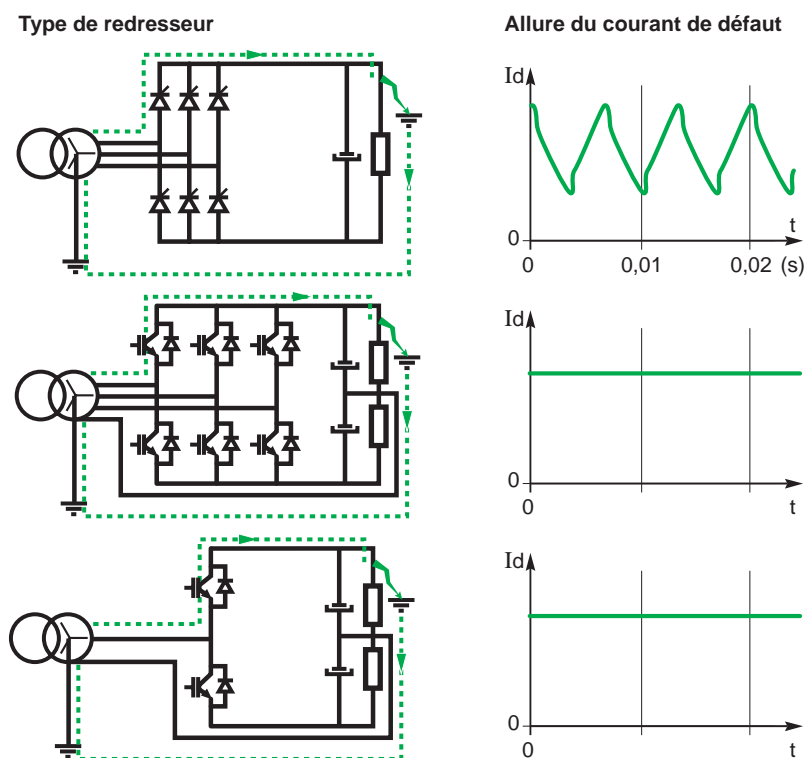


Fig. 46 : différentes formes de courants de défaut nécessitant des DDR de classe B.

Il est donc nécessaire de consulter le constructeur pour savoir quel type de DDR doit être associé au convertisseur, à moins que celui-ci ne l'indique dans sa notice d'installation.

#### Perturbations dues aux filtres

Des filtres CEM à base de condensateurs raccordés à la terre, se rencontrent couramment devant les ordinateurs et les ASI. Ils peuvent perturber les dispositifs de protection (alarmes et/ou déclenchements indésirables), en particulier :

- avec des DDR, ils sont souvent la cause de fonctionnements intempestifs :
  - en service (courant de fuite à la terre dû au déséquilibre des capacités entre phases et terre), le seuil des DDR doit être alors augmenté.
  - à la mise sous tension (charge de leurs capacités), mais une temporisation des DDR suffit pour y remédier ;
- avec des CPI, ils peuvent parfois provoquer :
  - une signalisation passagère de défaut lors de la mise sous tension pour les CPI à injection de courant continu (charge des condensateurs),
  - voire une signalisation permanente avec des CPI à injection de courant alternatif.

Pour éviter ces phénomènes, à titre indicatif, ces filtres ne doivent pas avoir une capacité totale dépassant :

- 30  $\mu\text{F}$  pour un CPI à injection de 2,5 Hz,
- 6  $\mu\text{F}$  pour un CPI à injection de 10 Hz.

#### Perturbations dues aux courants de fuite haute fréquence - HF -

Bien que les courants haute fréquence émis par les ASI soient de niveaux faibles conformément à la norme CEI 62040-2, il se peut que certains dispositifs différentiels soient perturbés et présentent des déclenchements intempestifs.

De plus lors de certaines séquences de fonctionnement, les dispositifs différentiels peuvent être traversés par les courants HF des utilisations raccordées en aval de l'ASI ou même par la somme des courants de l'ASI et des utilisations.

Pour éviter ces difficultés il est recommandé d'utiliser des DDR immunisés contre ce type de perturbations.

**Nota** : Les contrôleurs d'isolement à injection de courant à basse fréquence ne sont pas perturbés par ces courants de fuite.

### Interaction entre les dispositifs de contrôle des circuits CC et ceux des installations amont et aval

- Cette interaction est directement liée au schéma de l'ASI, elle dépend en particulier :
  - de la présence ou non d'un contacteur statique,
  - du nombre d'ASI, une seule ou plusieurs en redondance passive ou active,
  - de la présence ou non de transformateurs d'isolement galvanique TR ou TO.
- Cette interaction est directement dépendante des dispositifs de protection choisis et des SLT des installations « amont » et « aval ». Il est à noter que :
  - pour le schéma le plus courant (ASI unitaire, sans transformateur sur le by-pass) il est impératif d'avoir en aval le même schéma de liaison du neutre qu'en amont de l'ASI ; ce qui n'exclut pas le passage de TNC à TN-S ou de TN à TT ;
  - pour la continuité de service, le schéma IT en aval (et en amont) est la meilleure solution.
- Cette interaction peut être :
  - positive, par exemple le dispositif de protection amont surveille également les circuits à courant continu ;

#### □ négative :

- entre deux CPI

Comme sur les circuits en alternatif, deux appareils de même type raccordés sur deux parties d'une installation non séparées électriquement, se perturbent mutuellement. Il faut donc empêcher cette éventualité, avec un relais tel R1 sur le schéma de la figure 23.

- entre un CPI à injection et un CPI à balance voltométrique

Un CPI à injection de courant continu ou à basse fréquence va mesurer la résistance interne ( $R/2$ ) d'un dispositif à balance voltométrique (quelques dizaines de  $k\Omega$ ). Placés de part et d'autre d'un convertisseur de puissance (redresseur ou onduleur) sans isolement galvanique, la perturbation de l'un par l'autre sera directement dépendante du taux de conduction des semi-conducteurs du convertisseur.

#### □ ou nulle :

- s'il y a isolement galvanique entre la batterie et les installations (en alternatif) amont et aval,
- entre CPI et DDR ou disjoncteur.

## 6.2 Principaux cas d'application

Les solutions préconisées dans ce paragraphe complètent les dispositions à prendre, pour la protection des personnes sur les installations en aval de l'ASI, déjà décrites dans le chapitre 4. Sauf exception, elles sont à appliquer au niveau de chaque chaîne de l'ASI.

Lorsqu'une ASI comporte des circuits CC non isolés des installations amont et/ou aval, et lorsque la protection des personnes rend nécessaire l'utilisation de DDR, ceux-ci doivent être de type A ou B (cf. § précédents).

D'une façon générale lorsque les circuits CC sont isolés des installations amont et aval, il y a lieu d'utiliser un CPI : le CPI 3.

Lorsque les circuits CC ne sont pas isolés, la protection des personnes est à étudier selon les liaisons électriques de ces circuits avec les installations amont et aval, d'où les différents cas suivants.

### Circuits CC isolés des installations amont et aval (présence des transformateurs TR et TO - cf. fig. 47)

Il n'y a pas d'interaction des dispositifs de contrôle.

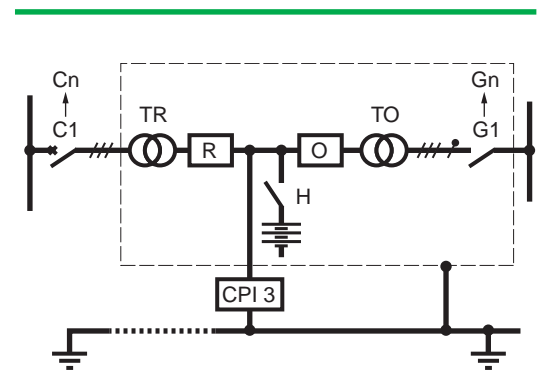


Fig. 47 : surveillance de l'isolement d'une chaîne d'ASI avec batterie d'accumulateurs isolée des installations amont et aval.

Le CPI 3 destiné à surveiller l'isolement des circuits CC peut être à balance voltométrique ou à injection de courant à basse fréquence.

La protection au second défaut est alors assurée :

- par le disjoncteur H lorsque l'ASI est autonome ;
- par le disjoncteur H et la protection amont (ou interne) au redresseur lorsque l'ASI est alimentée.

**Circuits CC non isolés de l'installation amont**  
(présence d'un transformateur TO, mais pas de TR)

Pour les cas qui suivent, de façon générale, lorsque la tension d'alimentation est présente la protection est assurée par les dispositifs amont. Lorsque cette tension disparaît, les circuits CC sont isolés de l'amont (redresseur bloqué) et de l'aval (par TO). Ces circuits sont donc temporairement en schéma IT. Comme il a été vu dans le chapitre précédent, ce mode de fonctionnement ne pose pas de problème pour la sécurité puisqu'il apporte même une tolérance au premier défaut.

En cas de deuxième défaut le disjoncteur batterie et/ou les protections internes de l'onduleur assurent la protection.

Si toutefois une surveillance de ces circuits et en particulier de la batterie est souhaitée en cas d'autonomie longue ou en cas de batterie éloignée de l'ASI, l'absence de tension fait que le redresseur est alors bloqué et que les circuits CC sont isolés. Un CPI peut alors être prévu pour signaler le premier défaut d'isolement sur ces circuits CC. Il s'agit du CPI 3 sur les figures suivantes qui est connecté automatiquement par un relais de tension (R3).

■ Installation amont exploitée en schéma TT.  
(cf. fig. 48)

En présence de tension en amont du redresseur, le DDR placé sur l'alimentation de l'ASI assure la protection en provoquant l'ouverture du disjoncteur C.

**Nota** : mis en service par le relais R3, le CPI 3 surveille l'isolement des circuits CC lorsqu'ils sont isolés.

■ Installation amont exploitée en schéma TN.  
(cf. fig. 49)

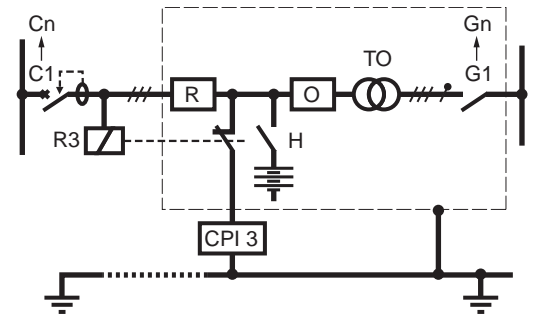
En présence de tension en amont du redresseur, la protection des personnes peut être assurée par :

- le disjoncteur C placé sur l'alimentation de l'ASI, si le calcul de l'impédance de la boucle de défaut a permis de confirmer son choix,
- un DDR ou une interconnexion supplémentaire dans le cas contraire, avec le schéma TN-S.

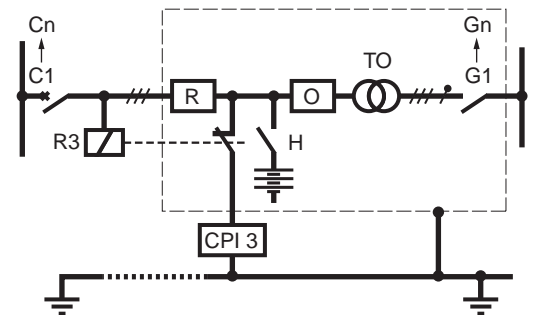
**Nota** : mis en service par le relais R3, le CPI 3 surveille l'isolement des circuits CC lorsqu'ils sont isolés.

■ Installation amont exploitée en schéma IT  
(cf. fig. 49).

En présence de tension en amont du redresseur, le CPI 1 de l'installation amont contrôle l'isolement des circuits CC (interaction positive).



**Fig. 48** : surveillance de l'isolement d'une chaîne d'ASI avec batterie d'accumulateurs non isolée de l'installation amont exploitée en schéma TT, et isolée de l'installation aval.



**Fig. 49** : surveillance de l'isolement d'une chaîne d'ASI avec batterie d'accumulateurs non isolée de l'installation amont exploitée en schéma TN ou IT, et isolée de l'installation aval.

**Nota** : mis en service par le relais R3, le CPI 3 surveille l'isolement des circuits CC lorsqu'ils sont isolés.

La protection au second défaut est alors assurée :

- lorsque l'ASI est alimentée par le disjoncteur C placé sur l'alimentation de l'ASI, si le calcul de l'impédance de la boucle de défaut a permis de confirmer son choix, ou par un DDR dans le cas contraire ;
- pendant l'autonomie, par le disjoncteur batterie.

Cas particuliers des ASI alimentées par l'intermédiaire de prises de courant, de courant assigné au plus égal à 32 A.

De telles prises de courant sont à protéger par un DDR à haute sensibilité,  $I_{\Delta n} < 30 \text{ mA}$  (NF C 15-100 § 532). Aussi, lorsque ces ASI ne comportent pas un transformateur TR et que des mesures particulières (classe II, double isolation) ne sont pas mises en œuvre, il convient de réaliser cette protection avec un DDR de type A, à haute sensibilité.

**Circuits CC non isolés de l'installation aval**  
(présence d'un transformateur TR, mais pas de TO)

Dans ce cas, si les schémas de neutre en amont et en aval de l'ASI sont différents, il y a lieu de placer un transformateur d'isolement TB.

■ Installation aval exploitée en schéma TT.

□ sans TB

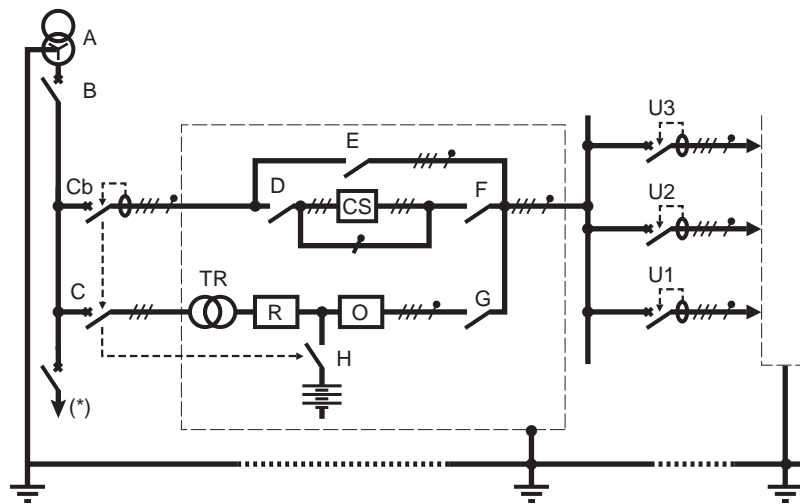
En présence de tension en amont du redresseur, le DDR placé sur le by-pass assure la protection en cas de défaut sur les circuits CC en provoquant l'ouverture du disjoncteur H de batterie et des disjoncteurs C et Cb placés sur l'alimentation de l'ASI (cf. **fig. 50**).

Lorsque cette tension disparaît, les circuits CC ainsi que l'installation aval continuent à être protégés par ce même DDR si le conducteur de neutre n'est pas interrompu. Cela nécessite que l'alimentation auxiliaire de ce DDR soit prise en aval de l'ASI.

Si le conducteur de neutre est interrompu, les circuits CC ainsi que l'installation aval se trouvent dans les conditions du schéma IT.

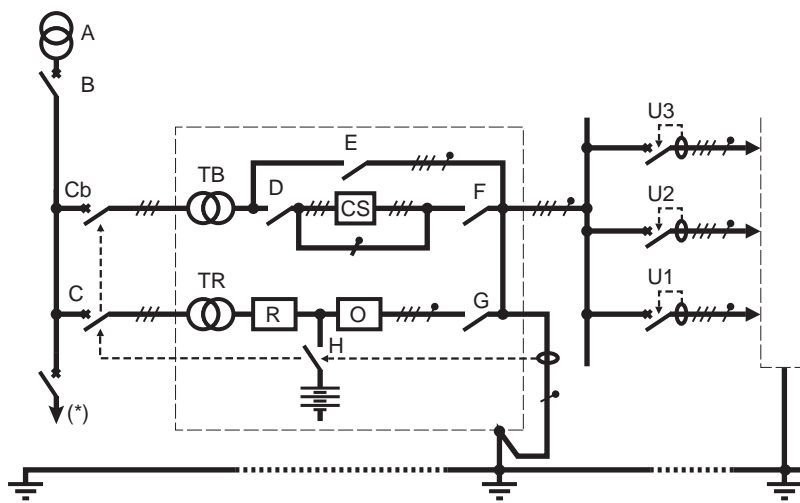
□ avec TB

Cette même protection est alors assurée en permanence par un DDR placé sur la liaison du neutre à la terre en sortie de l'ASI (cf. **fig. 51**).



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 50** : dispositifs de protection des personnes d'une chaîne d'ASI pour les circuits CC isolés de l'installation amont et non isolés de l'installation aval exploitée en schéma TT, sans transformateur TB.



(\*) Utilisation sans exigence de continuité

**Fig. 51** : dispositifs de protection des personnes d'une chaîne d'ASI pour les circuits CC isolés de l'installation amont et non isolés de l'installation aval exploitée en schéma TT, avec transformateur TB.



Avec ou sans TB, ces dispositions présentent toutefois l'inconvénient de provoquer la coupure totale d'alimentation des utilisations. Aussi, lorsque la continuité de service est indispensable et en particulier dans le cas d'ASI redondantes, les dispositions suivantes peuvent être prises. Elles consistent à isoler la chaîne en défaut du reste de l'installation et pour cela :

- en permanence chaque sortie de chaîne est surveillée par un DDR qui assure la protection en provoquant l'ouverture des disjoncteurs C et H et de l'interrupteur ou du disjoncteur J de la chaîne en défaut (cf. **fig. 52**) ;
- s'il n'y a pas le transformateur TB, la sélectivité doit être vérifiée entre le DDR amont et les DDR aval. Si l'interrupteur G de sortie est commandable à l'ouverture il n'est pas nécessaire de rajouter

le dispositif J, le DDR pouvant agir directement sur lui.

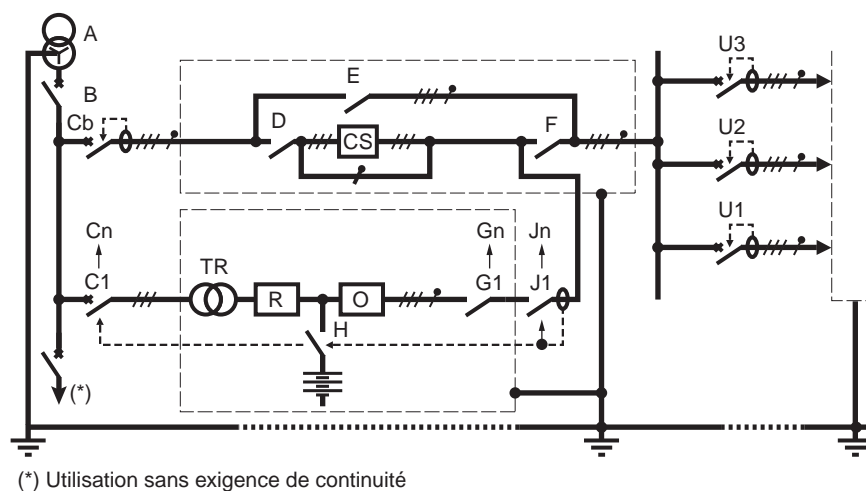
■ Installation aval exploitée en schéma TN

La protection des personnes est normalement assurée, dès l'apparition d'un défaut d'isolement, par l'ouverture des disjoncteurs C et H. Si les conditions nécessaires au bon fonctionnement des disjoncteurs ne sont pas remplies (schéma TNS en particulier), les dispositions prévues au paragraphe précédent (schéma TT) sont à mettre en place.

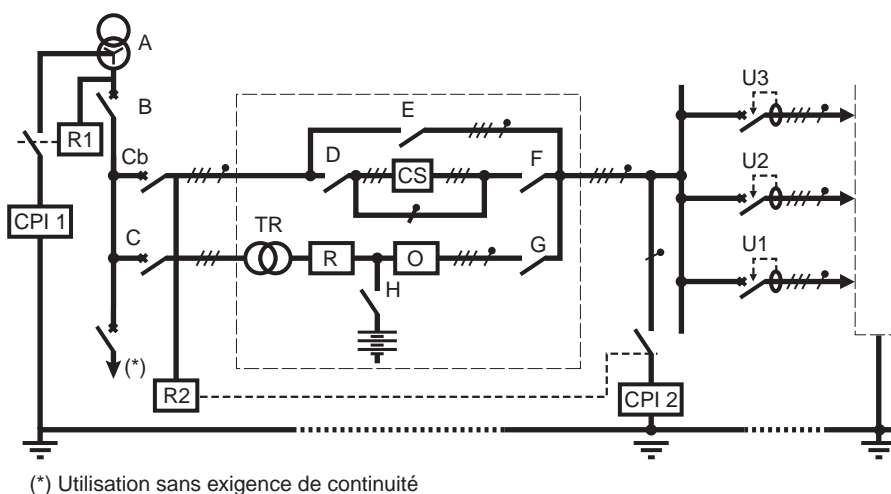
■ Installation aval exploitée en schéma IT

La surveillance des circuits CC, est assurée par :

- le CPI 1, lorsque le by-pass maintient la continuité électrique,
- le CPI 2, lorsque l'ASI alimente les utilisations en autonomie (cf. **fig. 53**).



**Fig. 52** : dispositions à prendre pour isoler une chaîne d'ASI en cas de défaut d'isolement, pour des ASI isolées de l'installation amont et non isolées de l'installation aval exploitée en schéma TT.



**Fig. 53** : dispositifs de protection des personnes d'une chaîne d'ASI pour les circuits CC isolés de l'installation amont et non isolés de l'installation aval exploitée en schéma IT, sans transformateur TB.

Ce CPI2 est mis en service par l'intermédiaire du relais R2 seulement lorsque la tension en amont du by-pass a disparu.

Malgré l'absence de tension en amont, il est possible et même très probable que le conducteur neutre n'est pas interrompu. L'ouverture d'un disjoncteur se fait soit sur défaut, soit pour la maintenance.

Dans le cas où le CPI 2 risque d'être perturbé par le CPI 1, un relais R1 permet de le mettre hors service lorsque la tension au secondaire du transformateur est nulle.

La protection au second défaut est alors assurée comme :

- en schéma TN si les masses sont reliées,
- en schéma TT si les masses ne sont pas reliées.

### Circuits CC non isolés des installations amont et aval

Dans ce cas, les schémas de neutre en amont et en aval de l'ASI sont obligatoirement identiques.

■ Installations exploitées en schéma TT. (cf. fig. 54)

En présence de tension en amont du redresseur et du by-pass, le DDR placé sur l'alimentation commune assure la protection en provoquant l'ouverture des disjoncteurs C et Cb et du disjoncteur batterie H.

En cas de disparition de la tension en amont de l'ASI et si le conducteur de neutre n'est pas interrompu, ce DDR continue à assurer la protection pourvu que son alimentation soit prise en sortie de l'ASI.

Si le conducteur de neutre est interrompu, le fonctionnement se fait selon le schéma IT.

Cette disposition présente toutefois l'inconvénient de provoquer la coupure totale d'alimentation des utilisations.

Lorsque la continuité de service est indispensable et en particulier dans le cas des ASI redondantes, les dispositions de la figure 55 doivent être réalisées.

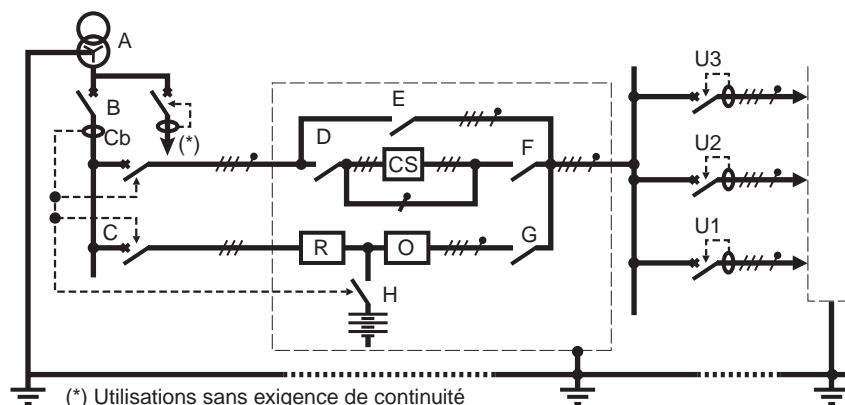


Fig. 54 : protection des personnes pour les circuits CC d'une chaîne d'ASI non isolée des installations amont et aval exploitées en schéma TT -Disposition de base-

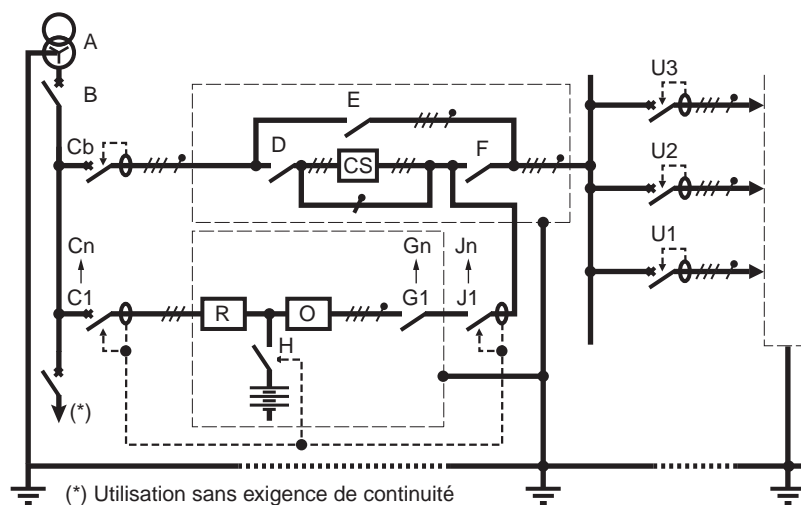


Fig. 55 : protection des personnes pour les circuits CC d'une chaîne d'ASI non isolée des installations amont et aval exploitées en schéma TT -Disposition pour optimiser la continuité de service-



Les DDR placés en amont du redresseur et en aval de l'onduleur de chaque chaîne provoquent l'ouverture des disjoncteurs C et J de chacune des chaînes. La sélectivité entre ces DDR et celui en amont de la voie by-pass doit être vérifiée pour assurer la disponibilité de cette voie.

■ Installations exploitées en schéma TN

La protection des personnes est normalement assurée, dès l'apparition d'un défaut d'isolement, par l'ouverture des disjoncteurs C et H. Si les conditions nécessaires au bon fonctionnement des disjoncteurs ne sont pas remplies, par exemple en schéma TNS il faut prendre les dispositions du paragraphe précédent (schéma TT).

■ Installation aval exploitée en schéma IT

La surveillance des circuits CC, est assurée par :

□ le CPI 1, lorsque la tension est présente en amont de l'ASI,

□ le CPI 2, lorsque l'ASI alimente les utilisations en autonomie (cf. **fig. 56**).

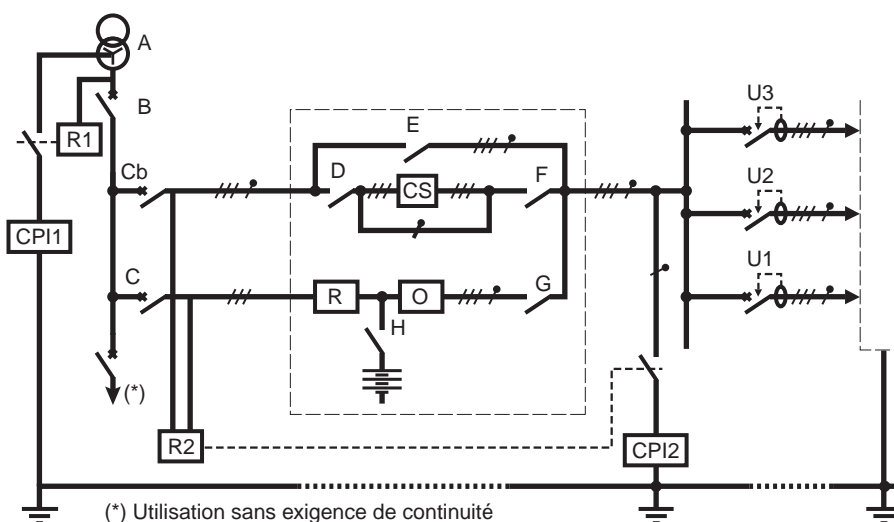
Le CPI 2 est mis en service par l'intermédiaire du relais R2 seulement lorsque la tension en amont a disparu.

Malgré l'absence de tension en amont, il est possible et même très probable que le conducteur neutre ne soit pas interrompu. L'ouverture d'un disjoncteur se fait soit sur défaut, soit pour la maintenance.

Dans le cas où le CPI 2 risque d'être perturbé par le CPI 1, un relais R1 le met hors service lorsque la tension au secondaire du transformateur est nulle.

La protection au second défaut est alors assurée comme :

- en schéma TN si les masses sont reliées,
- en schéma TT si les masses ne sont pas reliées.



**Fig. 56** : protection des personnes pour les circuits CC d'une chaîne d'ASI non isolée des installations amont et aval exploitées en schéma IT.

## 7 Conclusion

---

La mise en œuvre de matériels destinés à la protection des personnes contre les contacts indirects sur des réseaux comportant des circuits CC s'avère effectivement plus délicate qu'il n'y paraît au premier abord.

Il convient donc d'être très attentif aux différentes configurations pouvant être installées ou pouvant apparaître en cours d'exploitation, par exemple lors d'un défaut.

C'est pourquoi l'emploi de matériels accompagnés d'une documentation sérieuse et l'aide de spécialistes ou d'installateurs professionnels apportent souvent une réponse complète et sûre pour un besoin défini dans une configuration donnée.

# Bibliographie

## Normes

- CEI 60364, NF C 15-100 : installations électriques à basse tension.
- CEI et EN 60439-1 : Ensembles d'appareillage à basse tension. Ensembles de série et ensembles dérivés de série.
- CEI 60529 : Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP).
- CEI 60755 : Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel.
- CEI et EN 62040 : Alimentation sans interruption (ASI).
- Partie 1-1 : Prescriptions générales et règles de sécurité pour les ASI utilisées dans des locaux accessibles aux opérateurs.
- Partie 1-2 : Prescriptions générales et règles de sécurité pour les ASI utilisées dans des locaux d'accès restreint.
- Partie 3 : Méthode de spécification des performances et procédures d'essais.

## Guide

- UTE C 15402 : Guide pratique. Alimentations sans interruption (ASI) de type statique. Règles d'installation.

## Cahiers Techniques Schneider Electric

- Les dispositifs différentiels résiduels, R. CALVAS, Cahier Technique n° 114.
- Les schémas de liaisons à la terre en BT (régimes de neutre), B. LACROX, R. CALVAS, Cahier Technique n° 172.
- Les schémas des liaisons à la terre dans le monde et leurs évolutions, B. LACROX, R. CALVAS, Cahier Technique n° 173.
- Le schéma IT (à neutre isolé) des liaisons à la terre en BT, F. JULLIEN, I. HERITIER, Cahier Technique n° 178.

**Schneider Electric**

Direction Scientifique et Technique,  
Service Communication Technique  
F-38050 Grenoble cedex 9  
Télécopie : 33 (0)4 76 57 98 60  
E-mail : fr-tech-com@schneider-electric.com

Réalisation : AXESS  
Edition : Schneider Electric

- 20 € -

*\* Construire le nouveau monde de l'électricité*