

II. Sources d'alimentation

II.1 L'alimentation par les réseaux de distributions publiques (RDP)

Pour la source principale, il est nécessaire de faire le choix de l'alimentation par un réseau moyenne tension ou par un réseau basse tension.

En pratique, le raccordement à un réseau MT peut être nécessaire lorsque les puissances absorbées par les récepteurs excèdent (ou éventuellement sont prévues d'excéder) une certaine valeur – « 40 kVA dans le cas de gestionnaire du réseau algérien » – ou, si la qualité de service recherchée est incompatible, avec une fourniture basse tension. Toutefois si l'installation risque de perturber le réseau de distribution publique, le distributeur peut orienter l'exploitant vers le raccordement en moyenne tension.

a. Raccordement au réseau de distribution publique BT

De part sa situation particulière, l'interconnexion entre les installations privées et le réseau de distribution basse tension, généralement dénommé "branchement", fait en Algérie l'objet d'une norme spécifique de gestionnaire du réseau de distribution (GRD) algérien. Ce branchement peut être monophasé ou triphasé, c'est l'utilisation du client qui guide ce choix.

La puissance appelée au point de livraison (PDL) est limitée par un dispositif approprié à la valeur souscrite par l'utilisateur. Le point de livraison est un point important car toute la contractualisation avec le gestionnaire du réseau se fait à cet emplacement. Il s'agit du raccordement avec l'installation de l'utilisateur. En aval de ce point de livraison, les installations du client doivent être conformes à la norme NF C 15-100.

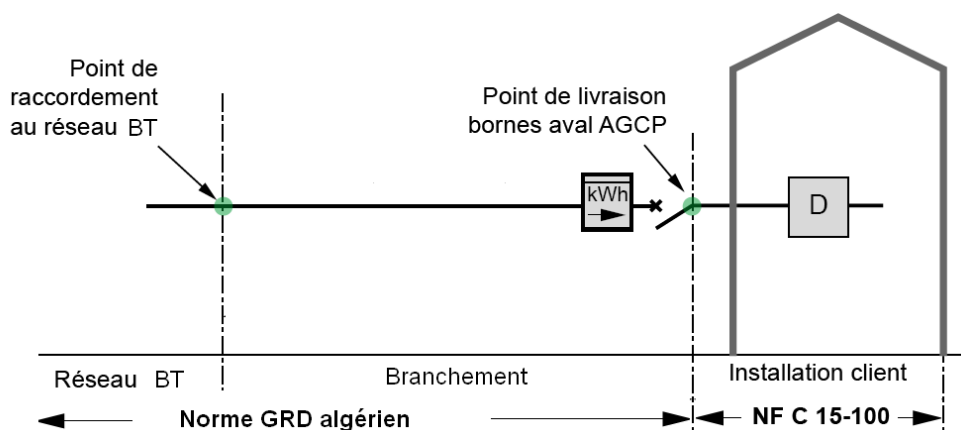


Figure II.1 Branchement individuel à puissance limitée.

b. Raccordement au réseau de distribution publique MT

Le raccordement d'une installation électrique à un réseau de distribution d'électricité MT est toujours réalisé au moyen d'un poste MT dédié, habituellement qualifié de "poste principal". En fonction de sa taille et de critères spécifiques liés principalement aux charges (tension nominale, nombre, puissance, emplacement, etc.), l'installation peut comprendre des sous-stations supplémentaires qualifiées de "postes secondaires". Les emplacements de ces postes sont

soigneusement choisis afin d'optimiser le coût lié aux câbles MT et BT. Ils sont alimentés à partir du poste principal par le circuit interne MT.

Les raccordements possibles à un réseau public MT sont les suivantes:

- simple dérivation,
- coupure d'artère,
- double dérivation, avec deux interrupteurs en charge équipés d'un inverseur de source,
- double dérivation avec double jeu de barres et interconnexion. Les deux arrivées du réseau public sont équipées d'un inverseur de sources.

L'installation basse tension est alimenté au moyen de transformateurs abaisseurs MT / BT. Ces transformateurs sont indifféremment situés soit dans le poste principal, soit dans les postes secondaires. Les petites installations peuvent comprendre un seul transformateur MT / BT installé dans le poste principal dans la plupart des cas.

Le comptage peut être effectué soit au niveau MT soit au niveau BT. Il est autorisé au niveau BT pour toute installation comprenant un seul transformateur MT / BT, à condition que la puissance nominale du transformateur reste en dessous de la limite fixée par le distributeur local d'électricité (630 kVA dans le cas de gestionnaire du réseau algérien).

Un poste principal comprend cinq fonctions de base :

- **Fonction 1** : raccordement au réseau public MT,
- **Fonction 2** : protection générale de l'installation,
- **Fonction 3** : alimentation et protection des transformateurs de puissance MT / BT situés dans le poste,
- **Fonction 4** : alimentation et protection de la distribution interne MT,
- **Fonction 5** : comptage.

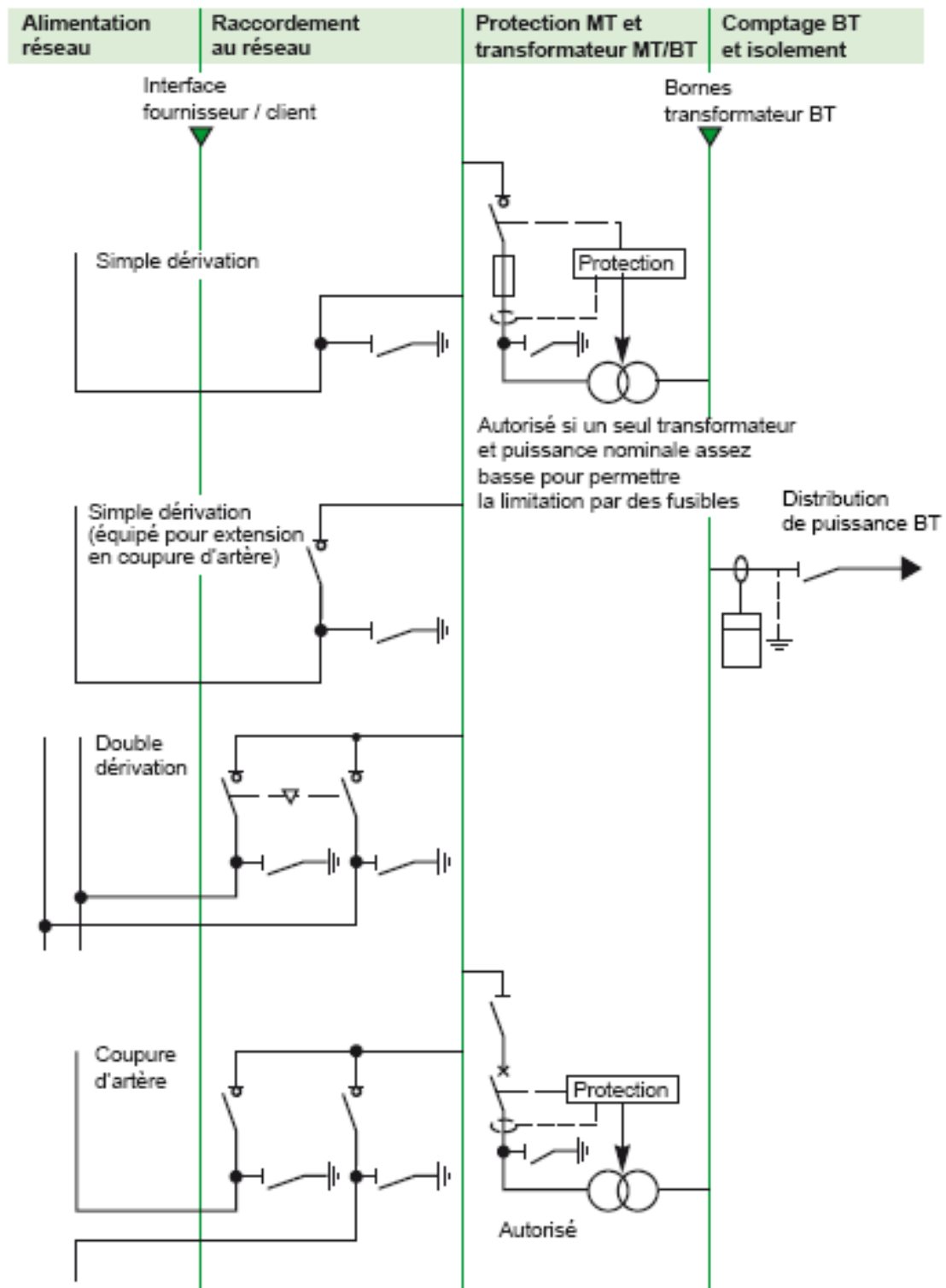


Figure II.2 Raccordement MT avec comptage BT

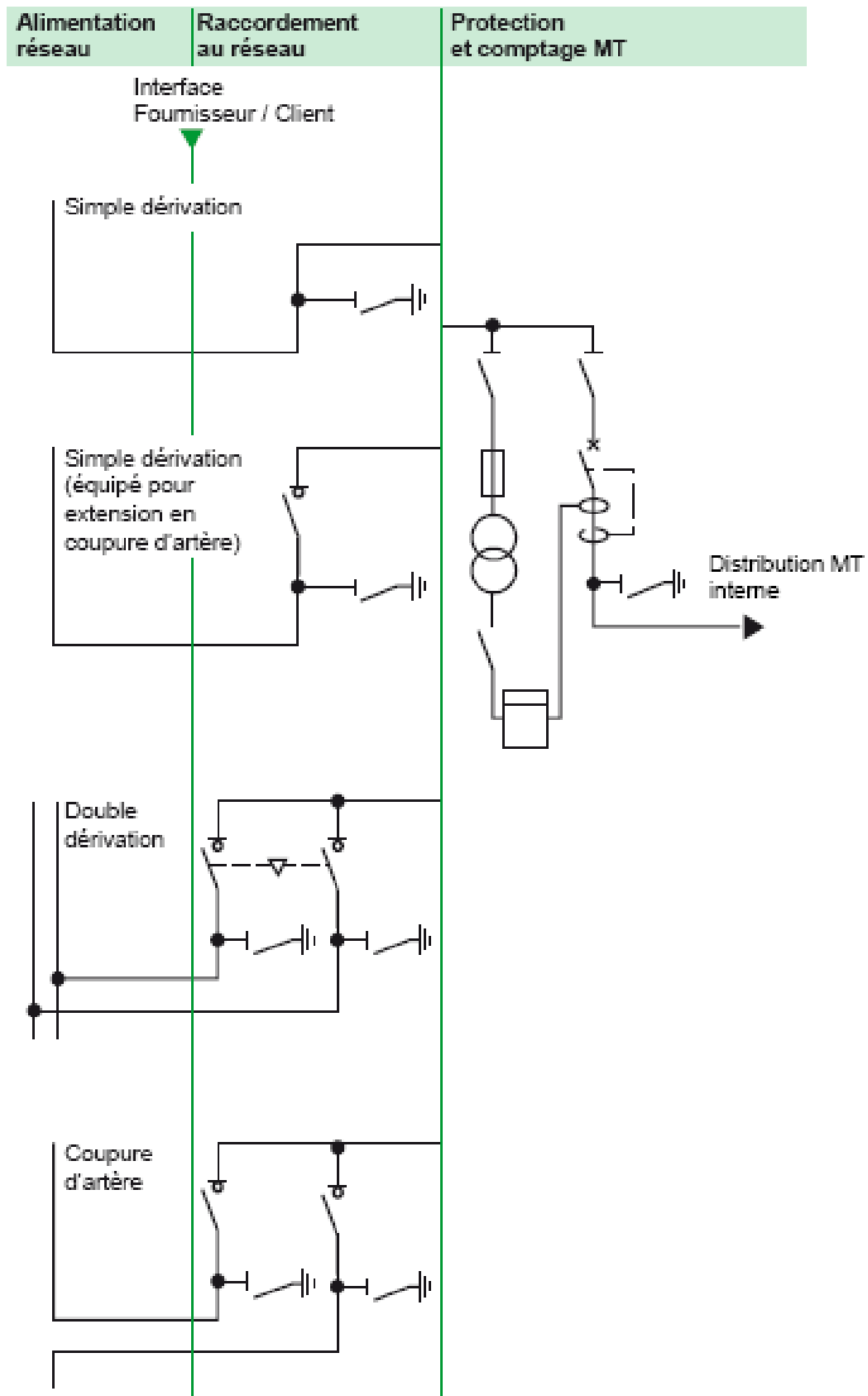


Figure II.3 Raccordement MT avec comptage MT

II.2 Alimentation de secours

a. Les alternateurs (générateurs synchrones)

Alternateur débitant sur un réseau de puissance "infinie" : Pour faire débiter l'alternateur sur le réseau de distribution ou de transport, la fréquence et la tension sont imposées, on dispose de deux moyens d'action :

- Augmenter la puissance mécanique fournie par la machine d'entraînement ;
- Modifier le courant d'excitation

Réglage de la puissance active : Si on augmente la puissance mécanique en laissant le courant d'excitation constant, la puissance électrique augmente alors de la même quantité, sinon il y aurait accélération et la machine ne tournerait plus à la vitesse de synchronisme, indispensable à son fonctionnement.

Réglage de la puissance réactive : maintenant on laisse constante la puissance mécanique, et on fait varier le courant d'excitation.

Alternateur débitant sur un réseau indépendant : Lorsque l'alternateur n'est pas couplé au réseau de distribution, et débite sur un réseau indépendant, la fréquence et la tension ne sont pas imposées par le réseau. Il faut ajuster la vitesse pour que la fréquence soit correcte, en agissant sur la puissance mécanique. Cette action est réalisée par un régulateur de vitesse.

b. Les génératrices asynchrones

Génératrice asynchrone couplée à un réseau de puissance infinie : Lorsque la GA est couplée au réseau de distribution ou de transport, celui-ci impose sa tension et sa fréquence. Par ailleurs, il fournit à la GA l'énergie réactive dont elle a besoin quel que soit son régime de fonctionnement.

- **Puissance active et rendement** : La puissance électrique nominale fournie, sera à peu près égale à la puissance électrique absorbée en moteur, c'est-à-dire à la puissance mécanique nominale du moteur divisé par son rendement.
- **Couplage** : Pour coupler une GA sur le réseau, on l'accélère progressivement jusqu'à sa vitesse de synchronisme N_s puis on met le stator sous tension. À cette vitesse, le couple de la machine est nul et le courant est minimal en régime établi.
- **Découplage** : Le découplage involontaire par protection se traduit généralement par un passage en survitesse du groupe machine d'entraînement-génératrice, à moins que l'ensemble ne puisse être freiné très rapidement. À cause de ces survitesses, appelées également emballements, on n'utilise pratiquement jamais de GA bipolaires (vitesse de synchronisme 3 000 tr/min à 50 Hz). Les GA tétra-polaires ne sont employés qu'à faible puissance ou lorsque le groupe comporte un frein mécanique à manque de courant.

c. **Génératrice asynchrone alimentant un réseau indépendant** : Ce type d'utilisation des GA est moins courant et réservé en pratique aux machines de faible ou moyenne puissance (mais restant inférieure à 100 kW environ). Le problème est double :

- La GA, par nature, ne fournit pas d'énergie réactive, contrairement à l'alternateur. De plus, il faudra lui fournir son énergie d'excitation.
- Comme pour toute source autonome d'énergie, il faudra stabiliser la tension et la fréquence du réseau.

d. **Avantages comparés des alternateurs et des génératrices asynchrones**

Connexion à un réseau de puissance "infinie": Pour des puissances pas très importantes, jusqu'à quelques MW, la génératrice asynchrone ne présente que des avantages par rapport à l'alternateur :

- Meilleure fiabilité : construction plus simple et généralement plus robuste.
- Simplicité et sécurité d'utilisation : couplage plus facile, appareillage plus simple, aucun risque d'alimentation inopinée d'une portion de réseau.

Le seul avantage de l'alternateur est sa capacité à fournir de l'énergie réactive.

Alimentation d'un réseau indépendant : Les GA peuvent être utilisées pour alimenter un réseau indépendant lorsqu'il s'agit d'installations simples. En revanche, lorsque le réseau à alimenter devient plus complexe, en particulier lorsque son $\cos \varphi$ varie constamment, l'alternateur devient alors mieux adapté.

e. **Les sources de secours**

Les générateurs ont pour but d'alimenter les installations prioritaires en cas de défaillance du réseau. Ils sont placés soit sur le réseau BT du tableau prioritaire, soit en alimentation au niveau du jeu de barres MT. Une source de secours fonctionne généralement déconnecté du réseau. Un système de permutation de sources est donc nécessaire.

L'énergie électrique fournie par une source de secours est produite par un alternateur, entraîné par un moteur thermique. Aucune énergie ne peut être produite tant que l'alternateur n'a pas atteint sa vitesse nominale. Ce type de dispositif ne convient donc pas pour une alimentation sans coupure. La source de secours peut fonctionner en permanence ou par intermittence. Son autonomie est en fonction de la quantité de carburant disponible.

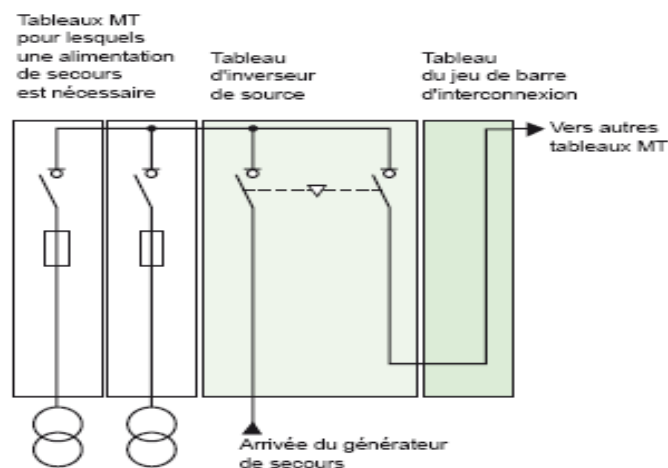


Figure II.4 Raccordement d'une source de secours en MT.

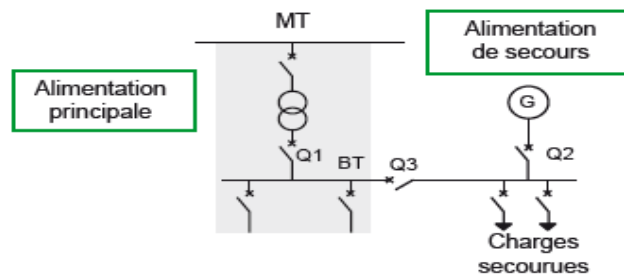


Figure II.5 Raccordement d'une source de secours en BT.

II.3 Les alimentations sans interruption (ASI)

La source principale, ou une source de remplacement (groupe électrogène) permet d'assurer la disponibilité de l'énergie électrique aux bornes des récepteurs, mais ne garantit pas la qualité de l'énergie fournie vis-à-vis de ces perturbations. Or, de nombreuses applications électroniques sensibles nécessitent une alimentation en énergie électrique exempte de ces perturbations, a fortiori de coupures, et ayant des tolérances de fluctuation autour des valeurs nominales plus strictes que celles du réseau. C'est le cas, par exemple, de centres informatiques, de centraux téléphoniques, ou de certains systèmes de contrôle-commande de processus industriels. Pour ces applications, il faut donc concilier les impératifs de disponibilité et de qualité de l'énergie électrique.

Cette fonction de production d'une énergie fiabilisée pour alimenter ces applications, est réalisée par les ASI (Alimentations Sans Interruption), couramment dénommées "onduleurs", qui concilient les impératifs de disponibilité et qualité de l'énergie.

Une alimentation sans interruption (ASI) peut être ajoutée si nécessaire au niveau BT pour éviter l'interruption de l'alimentation pendant le temps de démarrage du générateur. L'autonomie de la batterie ou du volant d'inertie doit être compatible avec le temps maximum de démarrage et de prise de charge du générateur.

L'énergie électrique d'une ASI est fournie à partir d'un dispositif de stockage : batterie d'accumulateurs ou volant d'inertie. Ce système permet d'éviter toute coupure d'alimentation. L'autonomie du système est limitée : de quelques minutes à quelques heures.

Une ASI comprend schématiquement les équipements suivants :

- **redresseur-chargeur**, qui produit un courant continu qui charge une batterie et alimente un onduleur,
- **onduleur** (élément électronique d'une ASI qui transforme le courant continu en courant alternatif), qui produit une énergie de qualité, c'est-à-dire : épurée de toutes les perturbations du réseau, et notamment de toutes les microcoupures, dans des tolérances compatibles avec les exigences des appareils électroniques,
- **batterie**, qui procure une autonomie de fonctionnement suffisante (8 min à 1 h et plus) pour assurer la sécurité des personnes et de l'exploitation en se substituant si besoin au réseau,
- **contacteur statique**, dispositif à semi-conducteur qui permet de commuter la charge sans temps de coupure de l'onduleur sur le réseau et vice versa.

Les types d'ASI statiques sont définis par la norme CEI 62040 qui distingue les ASI fonctionnant en :

- attente passive (en anglais : passive stand-by, parfois aussi : off-line),
- interaction avec le réseau (en anglais : line-interactive),
- double conversion (en anglais : double conversion, parfois aussi : on-line).

Pratiquement, une ASI dispose en général de deux entrées qui sont notées "Réseau 1" et "Réseau 2" dans la suite de ce chapitre.

- L'entrée Réseau 1 est alimentée par le réseau source, en pratique par un câble tiré depuis un départ du réseau amont de distribution publique ou privée.
- L'entrée Réseau 2 est alimentée par le réseau secours, en pratique par un câble tiré d'un départ du réseau amont distinct de celui alimentant l'entrée Réseau 1, ce départ pouvant être secouru (ex : groupe électrogène, autre ASI, etc.). Lorsqu'il n'existe pas de réseau secours disponible, l'entrée Réseau 2 est alimentée par le réseau source (dédoublage du câble de l'entrée Réseau 1). L'entrée Réseau 2 est aussi utilisée pour alimenter le circuit bypass de l'ASI lorsqu'il existe. Ainsi, le bypass sera alimenté par le réseau secours ou le réseau source, selon la disponibilité ou non d'un réseau secours.

a. ASI fonctionnant en attente passive (passive stand-by ou off-line)

Principe de fonctionnement : L'ASI intervient en parallèle et en secours du réseau.

- **Mode normal :** La charge est alimentée par le réseau, via un filtre qui élimine certaines perturbations et peut réaliser une régulation de la tension (la norme parle de "dispositifs additionnels de conditionnement"). L'ASI est en attente passive.
- **Mode autonomie :** Lorsque la tension alternative du réseau d'entrée est hors des tolérances spécifiées de l'ASI ou en cas de défaillance de ce réseau, l'onduleur et la batterie assurent la permanence de l'alimentation de la charge après un temps de permutation très court (< 10 ms). L'ASI continue à fonctionner sur batterie jusqu'à la durée d'autonomie de cette dernière ou au retour du réseau en tolérance, ce qui provoque le transfert de l'alimentation sur le réseau en mode normal.

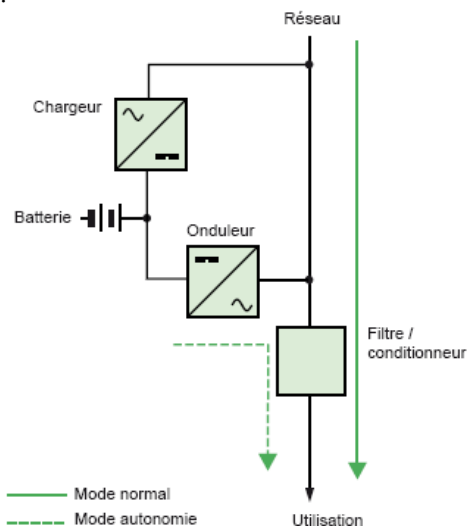


Figure II.6 ASI fonctionnant en attente passive.

Utilisation : Cette configuration résulte en fait d'un compromis entre un niveau acceptable de protection contre les perturbations et le coût correspondant. Elle n'est utilisable qu'avec de faibles puissances (< 2 kVA). D'autre part, fonctionnant sans véritable contacteur statique, elle fait intervenir un temps de basculement sur l'onduleur. Ce temps est acceptable pour certaines applications unitaires, mais incompatible avec les performances requises par des ensembles plus complexes et sensibles (gros centres informatiques, centraux téléphoniques, etc.). En outre, la fréquence de sortie n'est pas régulée et il n'y a pas de bypass.

b. ASI fonctionnant en interaction avec le réseau (line interactive)

Principe de fonctionnement : L'ASI intervient en parallèle et en secours du réseau mais assure aussi la charge de la batterie. Il interagit de ce fait avec le réseau par un fonctionnement réversible.

- **Mode normal** La charge est alimentée par le réseau conditionné constitué par le réseau en parallèle avec l'ASI. Cette ASI est en fonctionnement permanent afin de conditionner la puissance de sortie et/ou d'assurer la recharge de la batterie. La fréquence de sortie est dépendante de la fréquence du réseau.
- **Mode autonomie** Lorsque la tension du réseau d'entrée est hors des tolérances spécifiées de l'ASI ou en cas de défaillance du réseau, l'onduleur et la batterie assurent la permanence de l'alimentation de la charge après un transfert sans coupure grâce à un contacteur statique. Ce dernier déconnecte également l'alimentation d'entrée pour éviter un retour d'alimentation depuis l'onduleur. L'ASI continue à fonctionner sur batterie jusqu'à la durée d'autonomie de cette dernière ou au retour du réseau en tolérance, ce qui provoque le transfert de l'alimentation sur le réseau en mode normal.
- **Mode bypass** Ce type d'ASI peut comporter un bypass. En cas de défaillance d'une des fonctions de l'ASI, l'alimentation de la charge peut être alors transférée sur l'entrée 2 via le bypass (alimentation par le réseau source ou secours selon l'installation).

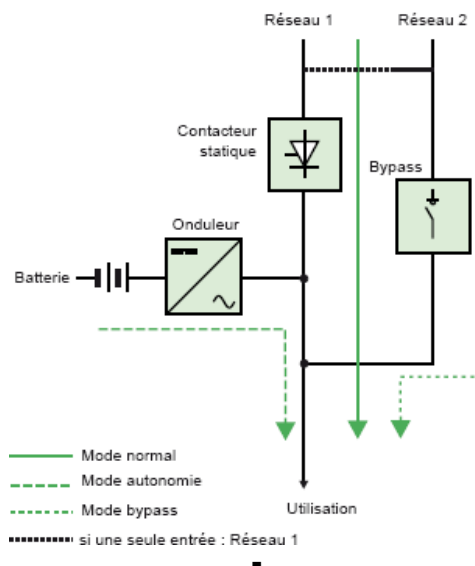


Figure II.7 ASI en interaction avec le réseau.

Utilisation : Cette configuration est mal adaptée à la régulation de charge sensible en moyenne et forte puissance car ne permettant pas de régulation de la fréquence. Elle reste de ce fait marginale dans le domaine des moyennes et fortes puissances.

c. ASI fonctionnant en double conversion (ou on-line)

Principe de fonctionnement : L'onduleur est inséré en série entre le réseau et l'application.

- **Mode normal** La puissance fournie à la charge transite par la chaîne convertisseur-chargeur onduleur qui réalise une double conversion alternatif-continu-alternatif, d'où la dénomination utilisée.
- **Mode autonomie** Lorsque la tension alternative du réseau d'entrée est hors des tolérances spécifiées de l'ASI ou en cas de défaillance de ce réseau, l'onduleur et la batterie assurent la permanence de l'alimentation de la charge, après un transfert sans coupure grâce à un contacteur statique. L'ASI continue à fonctionner sur batterie jusqu'à la durée d'autonomie

de cette dernière ou au retour du réseau en tolérance, ce qui provoque le transfert de l'alimentation sur le réseau en mode normal.

- **Mode bypass** Ce type d'ASI comporte en général un bypass statique, le plus souvent appelé contacteur statique. L'alimentation de la charge peut alors être transférée sans coupure sur l'entrée 2 via le bypass (alimentation par le réseau source ou le réseau secours selon l'installation) dans les cas suivants :
 - défaillance de l'ASI,
 - transitoire de courant de charge (courant d'appel ou d'élimination de défaut) ;
 - pointes de charge.

Toutefois l'adjonction d'un bypass suppose des fréquences d'entrée et de sortie identiques et, si les niveaux de tension sont différents, un transformateur de bypass doit être prévu. Pour certaines charges, il faut synchroniser l'ASI avec le réseau d'alimentation du bypass pour maintenir la permanence de l'alimentation dans de bonnes conditions. Par ailleurs, en mode bypass une perturbation du réseau d'entrée peut se répercuter sur l'utilisation, puisque l'onduleur n'intervient plus. Nota : une autre voie de bypass, appelée souvent bypass de maintenance, est prévue pour pouvoir réaliser la maintenance. Sa fermeture est commandée par un interrupteur manuel.

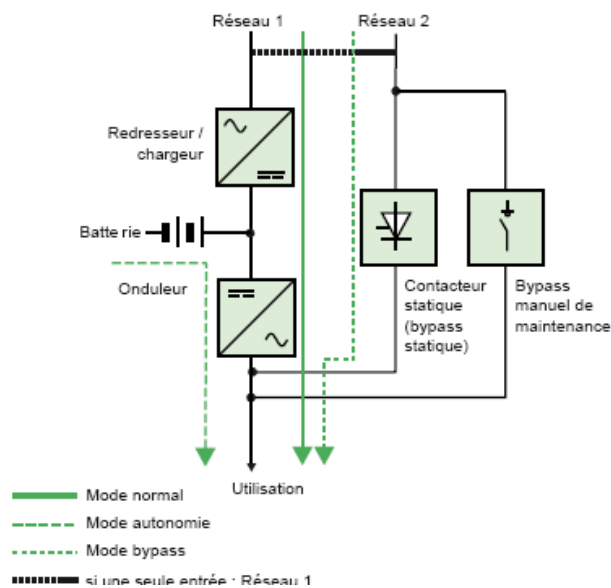


Figure II.8 ASI en double conversion

Utilisation : Dans cette configuration, il n'y a pas de temps de permutation lors des transferts de la charge sur onduleur du fait de la présence d'un contacteur statique. Cette configuration permet aussi à la tension et à la fréquence de sortie d'être indépendantes des conditions de la tension et de la fréquence d'entrée. Ceci permet à l'ASI, lorsqu'elle est conçue pour, de fonctionner en convertisseur de fréquence. C'est la principale configuration utilisée pour les moyennes et fortes puissances (à partir de 10 kVA).