topologies d'ASI et normalisation

LE SAVOIR-FAIRE MERLIN GERIN

MGE
UPS SYSTEMS

Rien ne doit vous arrêter

topologies d’ASI et normalisation

Auteurs : J.P. BEAUDET - J.N. FIORINA - O. PINON

Sommaire

1. abstract **2**

2. normalisation **3**
- nécessité d’une nouvelle normalisation **3**
- la nouvelle normalisation **4**

2. topologies d’ASI normalisées **5**
- définitions **5**
- ASI de type "passive standby" (en attente passive) **5**
- ASI de type "line interactive" (en interaction avec le réseau) **6**
- ASI de type "double conversion" (double conversion) **7**

3. conclusions **9**

abstract

Avec la multiplication des charges sensibles le terme ASI (Alimentation sans interruption) recouvre à présent des produits allant de quelques centaines de VA destinés à la bureautique à plusieurs MVA pour des centres informatiques ou de télécommunications.
Parallèlement, les techniques mises en œuvre se sont différenciées en fonction de la nature, du caractère critique et de la puissance des applications concernées.
Aussi, la dénomination des produits proposés a évolué de façon parfois anarchique, voire commercialement abusive pour l'utilisateur.
C'est pourquoi la **CEI** (Commission Electrotechnique Internationale) a entrepris de définir des normes sur les types d'ASI et la mesure de leurs performances, éléments repris par le **Cenelec** (Comité Européen de normalisation).
La norme **CEI 62040-3** et son équivalent Européen **ENV 50091-3** définissent maintenant clairement trois types d'ASI normalisées ainsi que les méthodes de mesure de leurs performances.
ASI fonctionnant en
- **attente passive** (en anglais **passive standby**),
- **interaction avec le réseau** (en anglais **line-interactive**),
- **double conversion**, (en anglais **double conversion**).

L'étude de ces typologies conduit à conclure que les ASI de type double conversion présentent beaucoup d'avantages, résultant en grande partie de la situation de l'onduleur en série avec le réseau :
- isolement de la charge par rapport au réseau amont,
- tolérances de tension d'entrée très large et régulation de la tension de sortie fine,
- régulation précise de la fréquance de sortie, et possibilité de fonctionner en convertisseur de fréquence lorsque cela est prévu,
- performances statiques et dynamiques beaucoup plus élevées,
- transfert sans coupure en mode autonomie (sur batterie) ou en mode bypass

Comparativement, les autres technologies présentent les inconvénients suivants :
- pas de régulation de tension pour les ASI fonctionnant en attente passive
- pas de régulation de fréquence pour les ASI fonctionnant en attente passive et en interaction avec le réseau.
- isolement rudimentaire (souvent parasurtenseur) par rapport au réseau

C'est pourquoi :
Dans le domaine des faibles puissances (< 2 kVA), les 3 types d'ASI normalisées coexistent.
Mais, le domaine des fortes puissances est le règne de la double conversion.

1. normalisation

nécessité d’une nouvelle normalisation

diversification des types d’ASI

Les ASI (Alimentations Sans Interruption) ont fait leur apparition sur le marché de façon industrielle dans les années 1970 pour répondre essentiellement au besoin d’alimentation électrique continue et de qualité des gros ordinateurs.
Elles ont ensuite évolué pour s’adapter à la multiplication et à la diversification des charges sensibles, liées à l’explosion des technologies numériques. C’est ainsi que les ASI ont du s’adapter aux besoins d’applications telles que la mini puis la micro informatique, les process industriels, l’instrumentation, les télécommunications…
S’adapter aux besoins de marchés à évolution aussi rapide a conduit à de multiples innovations techniques ainsi qu’à un élargissement des gammes en terme de puissance. Le développement s’est fait à la fois vers les faibles et fortes puissances, pour répondre respectivement aux besoins de la micro-informatique et des applications vitales de télécommunications numériques.
De ce fait, le terme ASI recouvre maintenant des produits allant de quelques centaines de VA à plusieurs MVA.

imprécisions et abus dans la terminologie utilisée

Au cours de cette évolution, les techniques mises en œuvre se sont différenciées en fonction de la nature, du caractère critique et de la puissance des applications concernées. Parallèlement la dénomination des produits proposés a évolué de façon parfois anarchique, voire commercialement abusive pour l’utilisateur.

ASI "on-line"

Au début, dans les années 70, la terminologie d’ASI "on-line" a été couramment utilisée. Elle se réfère à une topologie comportant principalement (figure 1) :
■ un redresseur-chargeur en entrée qui prélève et redresse l'énergie du réseau pour charger ou maintenir une batterie et alimenter un onduleur,
■ une batterie qui assure une autonomie de fonctionnement en cas de coupure du réseau,
■ un onduleur qui fournit une énergie de qualité constante élevée (fréquence, tension… dans des tolérances strictes)
■ généralement un contacteur statique (bypass statique) qui peut transférer sans coupure la charge sur le réseau si nécessaire, pour permettre un fonctionnement "dégradé" (sans onduleur) de la charge.

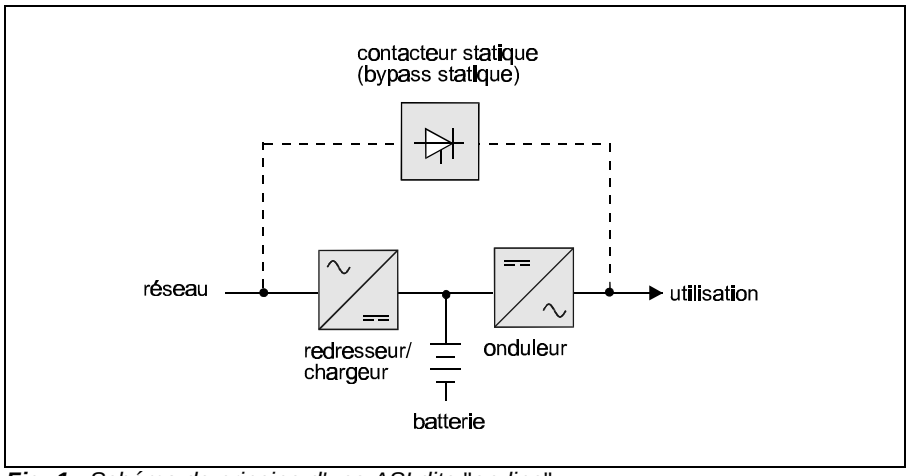

Fig. 1 *: Schéma de principe d'une ASI dite "on-line".*

Les normalisateurs ont constaté que l’appellation "on-line", qui signifie littéralement "sur le réseau", n’était pas satisfaisante en regard de cette topologie.
En effet la charge est alimentée par l’onduleur et non pas directement par le réseau.
Néanmoins cette dénomination a été assez rapidement assimilée à des ASI dont la charge est alimentée en permanence par un onduleur en série avec le réseau.
Elle concernait surtout les ASI de fortes puissances (≥ 10 kVA).

ASI "off-line"
Dans les années 80, avec la diversification des charges et des puissances, sont apparues les ASI "off-line", par opposition à "on-line".
Cette dénomination se réfère a une topologie différente (figure 2). L'onduleur n'est pas en série avec le réseau, mais en parallèle et en attente passive. Il n'intervient plus en permanence, mais uniquement lorsque le réseau est hors tolérance.
Un filtrage aux fonctions parfois floues, car présenté abusivement comme une régulation de tension, complète la topologie.
Il n'y a plus de contacteur statique, ce qui introduit un temps de permutation rédibitoire pour certaines applications.

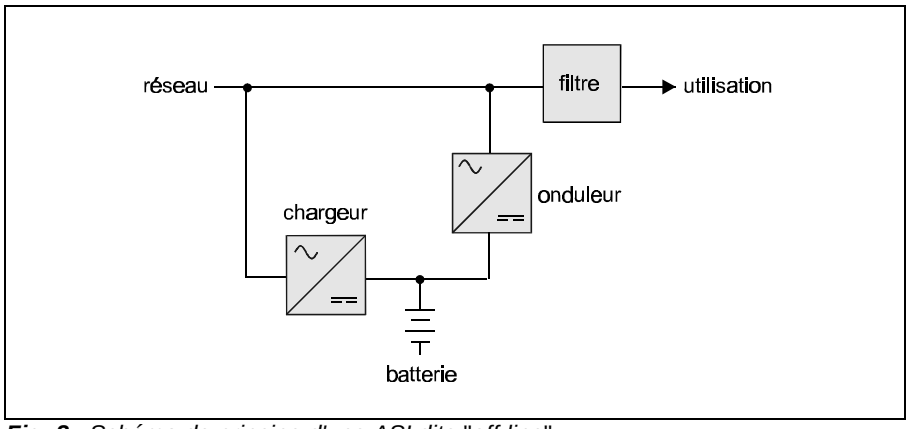

***Fig. 2** : Schéma de principe d'une ASI dite "off-line".*

Là aussi, les normalisateurs ont constaté que l'appellation "off-line", qui signifie "non alimenté par le réseau", n'était pas satisfaisante. En effet la charge est principalement alimentée par le réseau alors que l'onduleur n'intervient qu'épisodiquement.
Néanmoins l'usage a entériné cette topologie et sa terminologie, qui concernait surtout les ASI de faibles puissances (≤ 2 kVA).

autres terminologies
Dans les années 90, d'autres techniques ont été utilisées . On a parlé de "line interactive" pour des onduleurs a fonctionnement réversible. Mais le flou engendré par la multiplication des variantes de topologies a ouvert la porte a des abus. On ainsi a ainsi vu des termes comme "in line" et des abus manifestes d'utilisation de l'appellation "on-line".

la nouvelle normalisation

Cette situation, autorisant les ambiguïtés, voire les tromperies, devenait préjudiciable à l'utilisateur et pénalisait les fabricants sérieux.
Le besoin d'une normalisation précisant les choses s'est fait sentir.
C'est pourquoi un groupe de travail de la **CEI** (Commission Electrotechnique Internationale) a entrepris de définir des norme sur les types d'ASI et la mesure de leurs performances. Le **Cenelec** (Comité Européen de normalisation) a repris les éléments de la normalisation CEI.
Les résultats de ces travaux sont la norme **CEI 62040-3** et son équivalent Européen **ENV 50091-3** (le V signifiant qu'elle est émise pour une durée probatoire de trois ans) qui définissent clairement les types d'ASI normalisées ainsi que les méthodes de mesure de leurs performances.
Ce qui suit présente cette typologie d'ASI normalisées avec les avantages et inconvénients de chaque type et leur domaine d'utilisation.

2. topologies d'ASI normalisées

définitions

Les normes **CEI 62040-3** et **ENV 50091-3** distinguent les 3 types d'ASI suivants :

ASI fonctionnant en
- **attente passive** (en anglais **passive standby**),
- **interaction avec le réseau** (en anglais **line-interactive**),
- **double conversion**, (en anglais **double conversion**).

Cette typologie se réfère au fonctionnement des ASI par rapport au réseau, terme qui recouvre en fait l'organisation de la distribution en amont de l'ASI.
Les normes définissent la terminologie suivante pour le réseau :
- **réseau source** : réseau dont la puissance est normalement disponible de façon continue, habituellement fournie par une compagnie de distribution électrique, mais parfois par la propre station de puissance de l'opérateur.
- **réseau secours** : réseau prévu pour remplacer le réseau source en cas de défaillance de celui-ci.

En pratique, une ASI dispose d'une ou deux entrées.
- l'**entrée (réseau) normal** (ou réseau 1) est alimentée par le **réseau source**.
- l'**entrée (réseau) bypass** (ou réseau 2) lorsqu'elle existe, est également alimentée par le **réseau source** ou, si cela est possible, par le **réseau secours** (câble distinct issu du même TGBT).

ASI de type "passive standby" (en attente passive)

principe de fonctionnement

☞ *L'onduleur intervient **en parallèle et en secours** du réseau.*

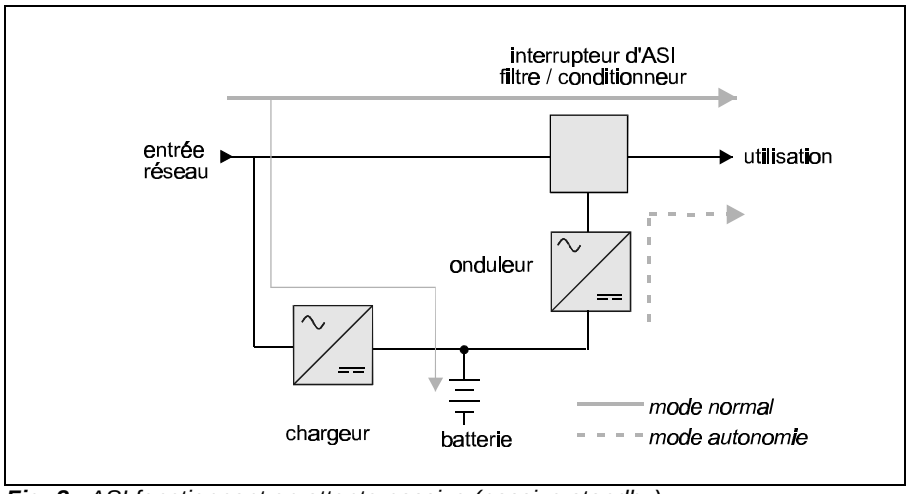

***Fig. 3** : ASI fonctionnant en attente passive (passive standby).*

- **mode normal** :

☐ La charge est alimentée par le réseau en général via un filtre/conditionneur qui élimine certaines perturbations et peut réaliser une régulation de la tension. Les normes ne mentionnent pas ce filtre et parlent seulement d'un "interrupteur d'ASI". Elles précisent toutefois que "des dispositifs additionnels peuvent être incorporés pour assurer le conditionnement de l'alimentation, par exemple transformateur ferro-résonnant ou à commutation de prises automatique".
☐ L'onduleur est en parallèle avec le réseau et 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 (en général <10 ms). Les normes ne mentionnent pas de temps, mais précisent que "la charge est transférée sur l'onduleur directement ou par l'intermédiaire de l'interrupteur d'ASI qui peut être statique ou électromécanique".
☐ L'ASI continue à fonctionner sur batterie pendant la durée d'autonomie ou, suivant le cas, jusqu'à ce que le réseau revienne dans les tolérances spécifiées, ce qui entraîne la permutation retour au mode normal.

avantages
■ simplicité du schéma
■ coût réduit.
■ faible encombrement

inconvénients
■ pas d'isolement véritable de la charge par rapport au réseau amont.
■ temps de basculement : l'absence d'un véritable contacteur statique 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...).
■ pas de régulation de la tension de sortie.
■ pas de régulation de la fréquence de sortie, qui dépend de celle du réseau.

utilisation
Cette configuration résulte d'un compromis entre un niveau acceptable de protection contre les perturbations et le coût correspondant.
C'est en fait une reprise de la configuration "off-line" présentée au début. Les normes, qui font référence à ce terme, préconisent l'utilisation de la terminologie "passive standby" (en attente passive) qui rend beaucoup mieux compte de la réalité du fonctionnement.
Les inconvénients exposés font que, pratiquement, ce type d'ASI n'est utilisable qu'avec de **faibles puissances (< 2 kVA**), et excluent son utilisation en convertisseur de fréquence.

ASI de type "line interactive" (en interaction avec le réseau)

principe de fonctionnement

☞ *L'onduleur intervient **en parallèle et en secours** du réseau ; il **assure aussi la charge de la batterie**. Il interagit de ce fait avec le réseau par un fonctionnement réversible. Les termes «Boost/Buck», «AVR» (ajustement automatique de la tension) et «Delta Conversion» désignent des topologies de type line-interactive.*

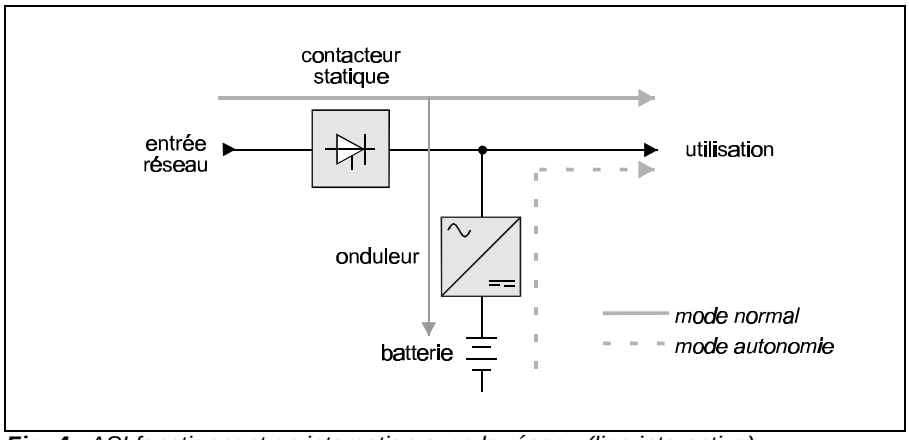

***Fig. 4** : ASI fonctionnant en interaction avec le réseau (line interactive).*

Les normes définissent 3 modes de fonctionnement :
■ **mode normal** :
La charge est alimentée par le "réseau conditionné" constitué par l’onduleur en parallèle avec le réseau. L’onduleur est en fonctionnement 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. L’interrupteur de puissance (ex : contacteur statique) l’alimentation d’entrée pour éviter un retour d’alimentation depuis l’onduleur.
□ L’ASI continue à fonctionner sur batterie pendant la durée d’autonomie ou, suivant le cas, jusqu’à ce que le réseau revienne dans les tolérances spécifiées, ce qui entraîne le retour au mode normal.
■ **mode bypass** :
Ce type d’ASI peut comporter un bypass de maintenance. En cas de défaillance d’une des fonctions de l’ASI, l’alimentation de la charge peut être alors transférée sur l’entrée bypass via le bypass de maintenance.

avantages
■ coût pouvant être inférieur à celui d’une ASI de puissance équivalente fonctionnant en double conversion.

inconvénients
■ pas d’isolement véritable de la charge par rapport au réseau amont.
■ pas de régulation de la fréquence de sortie, qui dépend de celle du réseau.
■ faible protection contre les surtensions et pics de tension
■ conditionnement de la tension de sortie moyennement performant, l’onduleur n’étant pas en série avec le réseau. La norme parle du "réseau conditionné" constitué par le réseau en parallèle avec l’onduleur. Ce conditionnement est toutefois limité par le mode de fonctionnement réversible de l’onduleur.
■ faible rendement en fonctionnement sur charges non linéaires

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.

ASI de type "double conversion" (double conversion)

principe de fonctionnement

☞ *L’onduleur est inséré **en série** entre le réseau et l’utilisation. La puissance électrique transite en permanence par lui.*

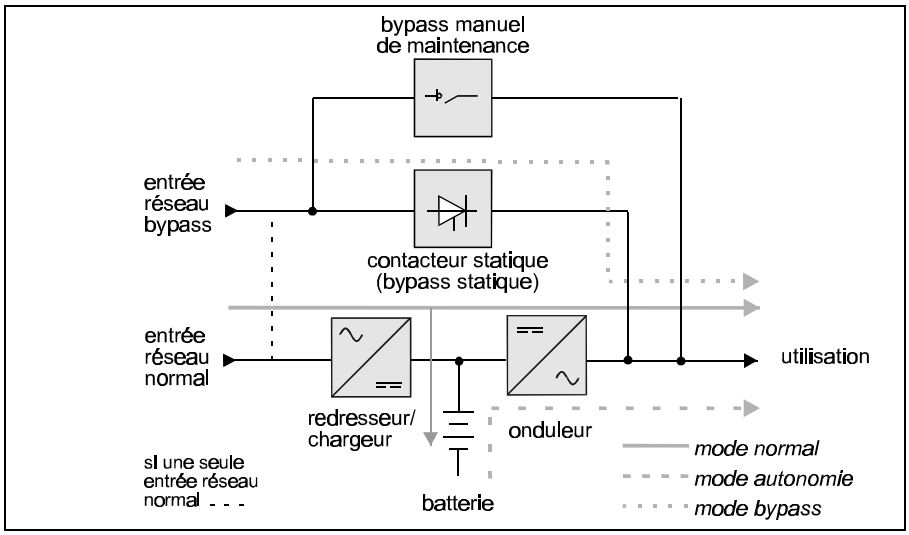

***Fig. 5** : ASI fonctionnant en double conversion (double conversion).*

2. topologies d’ASI normalisées (suite)

Les normes définissent les modes de fonctionnement suivants :
■ **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.
☐ L’ASI continue à fonctionner sur batterie pendant la durée d’autonomie ou, suivant le cas, jusqu’à ce que le réseau revienne dans les tolérances spécifiées, ce qui entraîne le retour au mode normal.
■ **mode by pass** :
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 bypass (entrée 2) via le bypass dans les cas suivants :
☐ défaillance de l’ASI,
☐ transitoire de courant de charge (courant d’appel ou d’élimination de défaut),
☐ surcharges
☐ fin d’autonomie de batterie.
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.
L’ASI est synchronisée avec le réseau d’alimentation du bypass afin de pouvoir assurer un transfert sans coupure de l’onduleur vers ce réseau.
Note : une autre voie, appelée bypass de maintenance, est prévue pour pouvoir réaliser la maintenance. Sa fermeture est réaliséée par un interrupteur manuel.

avantages

■ régénération permanente de la tension fournie en sortie par l’onduleur, que la puissance provienne du réseau ou de la batterie.
■ isolement de la charge par rapport au réseau amont et donc pas de report des fluctuations du réseau amont telles que surtensions, pics, sur l’aval.
■ acceptation de tolérances de tension d’entrée très large tout en permettant une régulation de la tension de sortie précise
■ régulation précise de la fréquence de sortie. Possibilité de fonctionner en convertisseur de fréquence, lorsque cela est prévu, en inhibant le contacteur statique.
■ performances statiques et dynamiques beaucoup plus élevées.
■ passage instantané en mode autonomie en cas de défaillance du réseau
■ transfert sans coupure en mode bypass
■ bypass manuel facilitant la maintenance.

inconvénients

■ prix plus élevé, mais compensé par les nombreux avantages

utilisation

Cette configuration est la plus complète en termes de protection de la charge, de possibilités de régulation et de performances. Elle revient en fait à la configuration "on-line" présentée au début. Les normes, qui font référence à ce terme, préconisent l’utilisation de la terminologie "double conversion" qui rend beaucoup mieux compte de la réalité du fonctionnement.
Cette configuration permet notamment des permutations sans coupure lors des transferts de la charge du mode normal en mode bypass et vice versa (par le contacteur statique) et l’indépendance de la tension et de la fréquence de sortie par rapport aux conditions de la tension et de la fréquence d’entrée.
Ses nombreux avantages font que pratiquement, c’est la **seule configuration utilisée pour proteger les application critiques dans les moyennes et fortes puissances** (à partir de 10 kVA).

3. conclusions

Les nouvelles normes **CEI 62040-3** et son équivalent Européen **ENV 50091-3** ont mis un terme à la confusion préjudiciable à l'utilisateur en définissant 3 types d'ASI et les conditions de mesures de leurs performances.

Les trois types d'ASI normalisées sont définies par leur topologie et leur fonctionnement.

Il s'agit des ASI fonctionnant en :
- **attente passive** (en anglais **passive standby** – équivalent de off-line)
- **interaction avec le réseau** (en anglais **line-interactive**),
- **double conversion**, (en anglais **double conversion** – équivalent de on-line)

Les normes préconisent l'utilisation de ces nouvelles terminologies de préférence aux anciennes terminologies off-line et on-line, car elles rendent beaucoup mieux compte de la réalité du fonctionnement de l'ASI.

On peut retenir de la comparaison entre ces types les points clés suivants :

Les ASI fonctionnant en **double conversion** représentent l'essentiel des ventes en **moyennes et forte puissances** (95 % des cas à partir de quelques kVA, et 98 % au dessus de 10 kVA).

Cela tient au fait qu'elles ont **beaucoup de points forts** pour répondre aux besoins des charges sensibles à ces niveaux de puissance, résultant en grande partie de la situation de l'onduleur en série avec le réseau :
- régénération permanente de la tension fournie en sortie par l'onduleur,
- isolement de la charge par rapport au réseau amont,
- tolérances de tension d'entrée très large avec une régulation de la tension de sortie fine,
- régulation précise de la fréquence de sortie et possibilité de fonctionner en convertisseur de fréquence lorsque cela est prévu,
- performances statiques et dynamiques beaucoup élevées,
- transfert sans coupure en mode autonomie (sur batterie) ou en mode bypass
- bypass manuel facilitant la maintenance.

Par ailleurs elles ont **peu de point faibles**, sinon leur prix plus élevé, mais expliqué par les différences de performances obtenues souvent indispensables compte tenu du caractère critique des charges alimentée. Egalement des pertes légèrement supérieures (quelques pourcents).

Dans ces domaines de puissance **les autres technologies restent marginales**, malgré un écart de prix significatif.

Elles présentent les inconvénients suivants :
- pas de régulation de tension pour les ASI fonctionnant en attente passive
- pas de régulation de fréquence pour les ASI fonctionnant en attente passive et en interaction avec le réseau.
- isolement rudimentaire (souvent parasurtenseur) par rapport au réseau du fait de la position en parallèle de l'onduleur

En conclusion :

☞ ***Dans les faibles puissances (< 2 kVA) les 3 types d'ASI normalisées coexistent.***

C'est le rapport performances/prix par rapport à ce que la charge peut accepter et aux risques encourus (risque pour les personnes, coût de pertes de production…) qui détermine le choix.

☞ ***Le domaine des fortes puissances est le règne de la double conversion.***

MGE UPS SYSTEMS
140, avenue Jean Kuntzmann
Zirst Montbonnot Saint Martin
38334 SAINT ISMIER Cedex
France
Tel : 33 (0) 4 76 18 30 00
www.mgeups.com

MGE0248FRI

En raison de l'évolution des normes et du matériel, les caractéristiques indiquées par les textes et les images de ce document ne nous engagent qu'après confirmation par nos services.

Toutes les marques citées appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

Publication : MGE UPS SYSTEMS - 11/99
Conception-rédaction : P. Andréani - INTERDOC