# Protection de l'alimentation et topologie d'ASI

La qualité de l'alimentation est un enjeu important pour les exploitants en charge de la gestion des réseaux électriques et des installations des centres de données.

La généralisation et la dépendance grandissante vis-à-vis des équipements électroniques (par ex. technologie de l'information, électronique de puissance avec logique programmable, lampes à faible consommation d'énergie) transforment profondément la nature des utilisations électriques à alimenter. Ces applications sont à la fois la principale cause de problèmes liés à la qualité du courant et la principale victime. La non linéarité du courant de ces charges perturbent la forme d'onde de tension.

Avec les avancées technologiques, l'économie mondiale s'est orientée vers la mondialisation, entraînant la baisse progressive des marges bénéficiaires dans de nombreux secteurs d'activité.

Plus sensibles que jamais aux problèmes de qualité de l'alimentation, la majorité des processus (industriels, tertiaires et même résidentiels) se doivent de disposer d'une alimentation électrique de qualité, un facteur devenu crucial pour les entreprises qui souhaitent bénéficier d'un avantage concurrentiel, dans quelque secteur de marché que ce soit.

Les installations critiques doivent impérativement fonctionner de manière ininterrompue et toute interruption de l'alimentation, aussi brève soit-elle, peut perturber l'activité et entraîner des pertes financières considérables.

Si les centres de données sont aujourd'hui conçus avec un niveau élevé de redondance inhérent au besoin de réduire au minimum les temps d'indisponibilité, la qualité du courant reste cependant tout aussi importante que les applications critiques elles-mêmes.

Pour distribuer une alimentation permanente et de qualité, il est essentiel de connaître la nature des perturbations de l'alimentation, ainsi que les causes de ces perturbations.

## Qu'est-ce qui nuit à la qualité de l'alimentation ?

Les perturbations les plus courantes ayant un impact sur la qualité de l'alimentation sont :

- chutes de tension ou coupures dues à des défauts du réseau ;
- courtes variations de tension dues au démarrage de charges importantes ou à la présence de défauts sur le réseau ;
- distorsion des courants et tensions dues à des charges non linéaires présentes sur le système ou sur les systèmes d'autres équipements, etc. ;
- flickers dus à des charges intermittentes importantes ;
- dissymétrie dans les tensions du système d'alimentation.

## L'ASI : la garantie de la qualité de l'alimentation

La technologie moderne offre plusieurs solutions destinées à veiller à la qualité de l'alimentation ; les systèmes d'ASI statiques sont sans aucun doute la solution la plus polyvalente et la plus répandue. Cette technologie peut être adoptée pour une très large gamme de puissances nominales.

La norme EN 62040-3 a été rédigée en réponse au besoin de classification des différents types de systèmes d'ASI statiques actuellement sur le marché. Les produits sont répartis en trois grandes topologies, selon les schémas internes adoptés :

- VFD "hors ligne"
  Voltage and Frequency Dependent (Dépendant de la tension et de la fréquence) - Les utilisations sont la plupart du temps alimentées par le réseau. En cas de perte d'alimentation, les utilisations basculent automatiquement sur l'énergie de la batterie via l'onduleur afin de maintenir l'alimentation sans interruption.

- VI (ligne interactive)
  Indépendant de la tension - La charge est alimentée par le réseau et protégée contre les surtensions et sous-tensions par un stabilisateur de tension AVR (Automatic Voltage Regulator). En cas de coupure de l'alimentation secteur, la charge est instantanément alimentée par la batterie via l'onduleur.

- VFI "Online Double Conversion"
  Indépendant de la tension et de la fréquence - le seul mode de fonctionnement d'ASI qui assure une protection totale des utilisations contre tous les problèmes de qualité d'alimentation. L'alimentation est convertie deux fois (AC en DC par le biais d'un redresseur puis DC en AC par le biais d'un onduleur) pour assurer une tension de haute qualité, une fréquence stable et la protection contre les perturbations du réseau électrique. Exclusivement en cas de coupure de l'alimentation réseau, les utilisations sont alimentées par la batterie via l'onduleur. Le by-pass interne alimente les utilisations en cas d'anomalie de la tension de sortie de l'onduleur.



socomec Innovative Power Solutions

| Type de perturbation | Forme d'onde | Causes possibles | Conséquence | Topologie d'ASI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | VFD | VI | VFI |
| Coupures de tension | | Principalement dues à l'ouverture et à la fermeture automatique des dispositifs de protection pour la mise hors service d'une partie défaillante du réseau. Défaut d'isolement, foudre et arc électriques sont les principales causes de défaillance. | Ouverture des dispositifs de protection, perte d'informations et dysfonctionnement des équipement de traitement de données. | • | • | • |
| Creux/chutes de tension | | Défauts au niveau de la transmission, du réseau de distribution ou de l'installation du consommateur. Démarrage de charges importantes . | Dysfonctionnement du matériel informatique, des systèmes de sécurité ou de l'éclairage. Perte de données. Arrêt du système. | • | • | • |
| Fluctuation de la tension | | Transmetteurs (radio), équipement défectueux, mise à la terre inefficace, source EMI/RFI à proximité. | La plupart des conséquences sont identiques à celles dues à des sous-tensions. Arrêts du système, perte de données. La conséquence visible est un fonctionnement intermittent des éclairages et des écrans. | • | • | • |
| Sous-tension | | Augmentation de la puissance consommée entraînant une baisse de la tension. | Arrêts du système, perte de données, arrêt des équipements sensibles | - | • | • |
| Surtensions | | Atmosphériques : les surintensités sont causées par des décharges atmosphériques transitoires ; Transitoires : les surintensités sont dues à des défauts d'isolation entre la phase et la terre ou à une rupture du conducteur neutre ; Des commutations : les surintensités sont dues à l'ouverture des dispositifs de protection générée par la mise sous tension des groupements de condensateurs ou causée par des variations du courant inductif. | Perte de données, fonctionnement intermittent des éclairages et écrans, arrêt ou endommagement des équipements sensibles. | - | • | • |
| Pointes de tension/ phénomènes transitoires | | Foudre, arrêt d'urgence (ESD), commutation de lignes ou correction du facteur de puissance, condensateurs, correction d'anomalie des équipements. | Destruction de composants électroniques, erreurs de traitement de données ou perte de données. | - | - | • |
| Distorsion harmonique | | Équipement récents constituant des charges non-linéaires à l'instar des équipements électroniques de puissance, notamment ASD, alimentations à découpage, équipements de traitement de données, éclairages à haut rendement. | Probabilité accrue de phénomènes de résonance, surcharge du neutre dans les systèmes triphasés, surchauffe des câbles, et des équipements, pertes d'efficacité des machines électriques, interférences électromagnétiques avec les systèmes de communication, erreurs de mesure lors de l'utilisation de compteurs à moyenne, ouvertures intempestives des protections thermiques. | - | - | • |
| Bruit | | Transmetteurs (radio), équipement défectueux, mise à la terre inefficace, source EMI/RFI à proximité. | Perturbations, généralement non destructives, subies par les équipements électroniques sensibles. Susceptibles de causer la perte de données et des erreurs de traitement des données. | - | - | • |
| Variations de fréquence | | Fonctionnement instable du groupe électrogène, alimentant le réseau. | Arrêts du système, perte de données. | - | - | • |
| Parasites | | Commutation rapide des composants d'alimentation (diodes, SCR, etc.), variation rapide dans le courant de charge (soudeuses, moteurs, lasers, batteries de condensateur, etc.). | Arrêts du système, perte de données. | - | - | • |

# Solutions pour la disponibilité et la flexibilité

Différentes configurations permettent de bâtir des architectures conçues pour répondre aux conditions de disponibilité, de flexibilité et d'économie d'énergie les plus strictes, et pour assurer :

**Simplicité d'exploitation**

Compte tenu de la criticité des utilisations alimentées en aval des ASI, les interruptions de service pour effectuer les opérations de maintenance sont de moins en moins possibles. Différents schémas ont été spécialement étudiés pour répondre à cette contrainte d'exploitation.

**Augmentations de puissance**

L'évolution dans le temps des applications alimentées nécessite fréquemment la possibilité d'augmenter la puissance des ASI. Les schémas proposés intègrent cette contrainte pour préserver votre investissement initial.

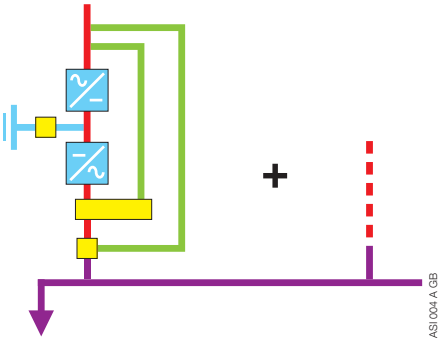
**Augmentation de la disponibilité**

Pour augmenter la disponibilité, la mise en parallèle d'un équipement supplémentaire au besoin de puissance des utilisations (en redondance) permettra, en cas d'arrêt d'une ASI, la continuité de l'alimentation sans avoir recours au by-pass.

## ASI unitaire

**Une solution évolutive**

Cette architecture est sécurisée par l'intégration d'un by-pass automatique qui constitue un premier niveau de redondance assurée par le réseau. La présence d'un by-pass de maintenance permet d'effectuer les interventions sans arrêt des utilisations. Elle peut constituer la première étape de votre investissement, avec la possibilité d'évoluer avec vos besoins, vers une solution d'architecture parallèle modulaire pour une augmentation de puissance ou de disponibilité (redondance).



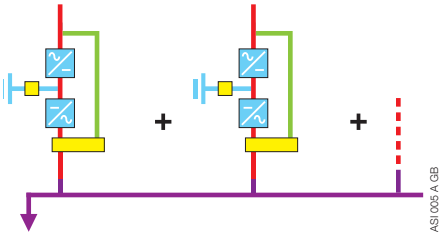

*Module unitaire avec by-pass ou configuration redondante 1+1*

## Systèmes ASI en parallèle

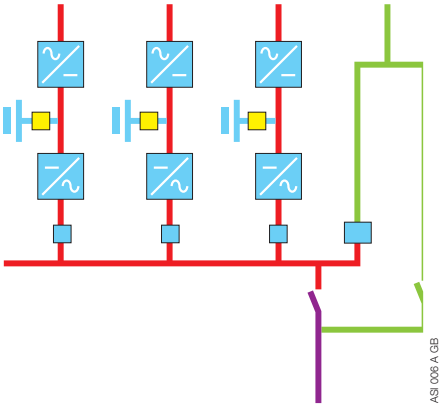
**L'évolution sans contrainte**

Il s'agit de la solution la plus simple pour garantir la disponibilité et l'évolutivité de l'alimentation en cas d'extension non programmée prévoyant la mise en parallèle d'ASI ayant chacune son propre by-pass. Cette configuration permet d'augmenter la puissance disponible, elle est compatible avec la redondance N+1. L'extension peut également être réalisée en maintenant les utilisations alimentées par le système.

Pour plus de souplesse, des systèmes ASI en parallèle sont également proposés avec un by-pass centralisé sur la source d'alimentation auxiliaire : dans cette configuration, le by-pass statique est en parallèle des modules ASI et peut être dimensionné en fonction des particularités du site (capacité de court-circuit, sélectivité, etc.).




*Système d'ASI parallèle modulaire avec by-pass distribué*




*Système d'ASI parallèle modulaire avec by-pass centralisé*



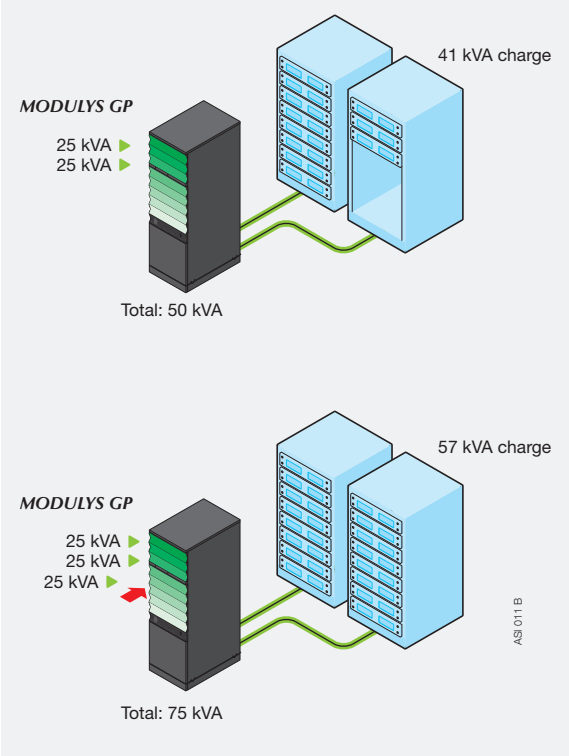
socomec Innovative Power Solutions

## Systèmes avec modularité verticale et horizontale

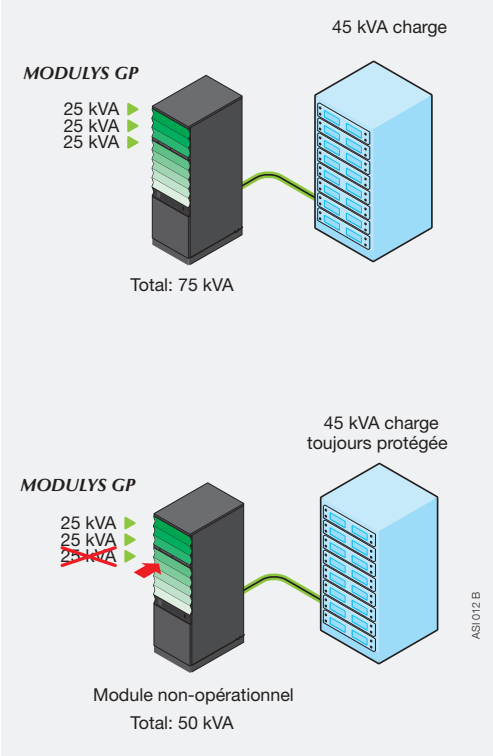
### Souple et totalement modulaire

Il s'agit là d'un concept nouveau et totalement inédit d'ASI qui s'adapte à toutes les évolutions. Il permet de réaliser l'augmentation de puissance par l'ajout successif de modules.

L'augmentation de la disponibilité (redondance) s'effectue simplement en utilisant un module supplémentaire par rapport à la puissance nécessaire pour l'alimentation des utilisations. Tous les modules sont embrochables ("plug-in"). Le retrait ou l'ajout de modules s'effectue à chaud (hot-swap) sans affecter le fonctionnement général de l'installation.




*Configuration évolutive*




*Configuration redondante évolutive*

# Solutions pour la disponibilité et les économies énergétiques

## Green Power 2.0

### Économies énergétiques : rendement élevé sans compromis

- Offre le plus haut rendement du marché en le mode VFI – Double Conversion, le mode de fonctionnement d'ASI qui assure une protection totale de la charge contre tous les problèmes de qualité d'alimentation.
- Haut rendement testé et certifié par un organisme indépendant international.
- Le rendement a été testé et certifié dans différentes conditions de charge et de tension afin correspondre aux situations réelles sur site.
- L'excellent rendement en mode VFI est assuré par une innovante topologie (technologie à trois niveaux) conçue pour toutes les gammes d'onduleurs Green Power 2.0.

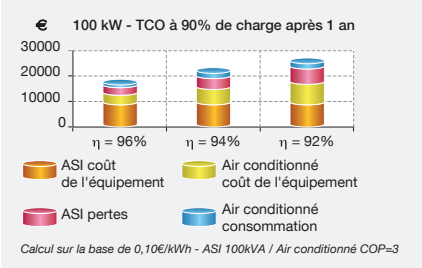
### Puissance maximale : kW=kVA

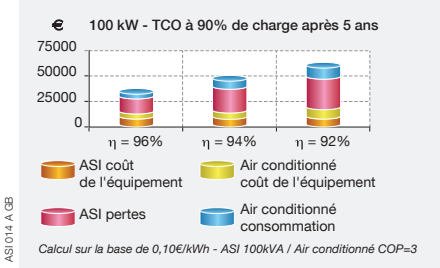
- Aucune baisse d'alimentation avec les serveurs de dernière génération dans les conditions courantes des centres de traitement de données (facteur de puissance capacitif ou unitaire).
- Pleine puissance, selon la norme CEI 62040 : kW=kVA (facteur de puissance unitaire) garantissant une puissance active supplémentaire de 25 % par rapport aux anciennes générations d'ASI.
- Alimentation des charges jusqu'à FP 0,9 capacitif, sans déclassement apparent de la puissance.

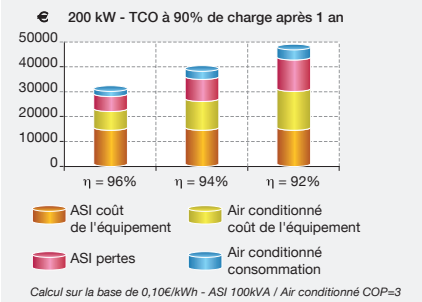
### Importantes économies (coût total de possession)

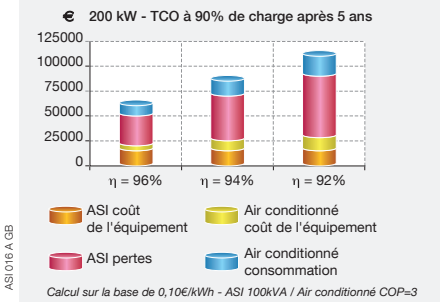
- Économies d'énergie optimales grâce à un rendement de 96 % en mode VFI Double conversion : 50 % de pertes d'énergie en moins, par rapport aux anciennes générations d'ASI, procurant d'importantes économies énergétiques.
- ASI auto-amortie grâce aux économies d'énergie.
- Mode d'économie d'énergie pour un rendement accru des systèmes parallèles.
- kW=kVA procure une puissance maximale avec une ASI de même calibre : aucun sur-dimensionnement, et donc baisse de la facture énergétique.
- Optimisation de l'infrastructure en amont (sources et distribution) grâce au redresseur IGBT ultra performant.

### Avantages



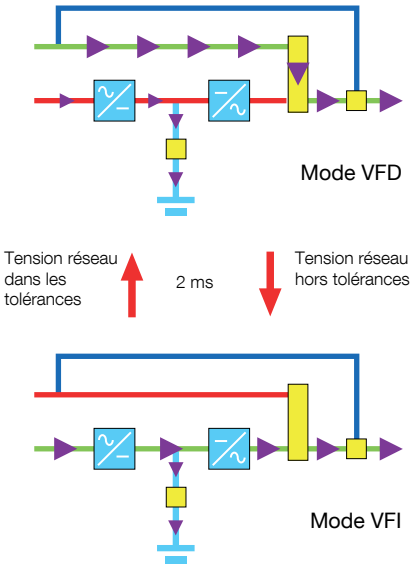



socomec
Innovative Power Solutions

## Fast EcoMode

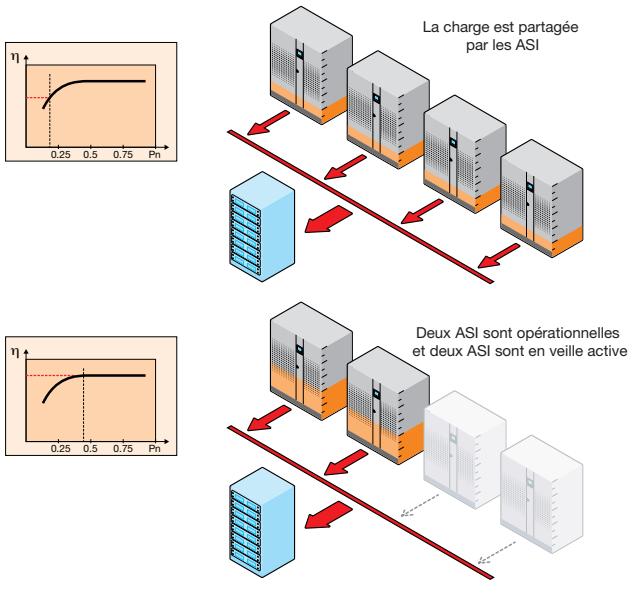
En option pour la gamme DELPHYS GP, le mode de fonctionnement automatique FAST EcoMode permet d'optimiser le rendement en fonction de la qualité de la tension d'entrée (tension, fréquence, distorsion harmonique). Lorsque la tension d'entrée se trouve dans les limites de tolérance (la valeur peut être paramétrée), les utilisations sont alimentées par le by-pass (mode VFD) et le rendement atteint 99 %. Lorsque la tension est en dehors des limites de tolérance, le système transfère instantanément les utilisations en mode "on-line" jusqu'au retour des conditions normales

Les batteries sont en permanence maintenues en charge floating pour maximiser leur durée de vie et éviter des redémarrages fréquents du redresseur.




## Energy Saver

- Cette fonction optimise le rendement (⑵) de vos ASI en parallèle en fonctionnement avec une puissance partielle.
- Seules les ASI nécessaires pour fournir l'énergie demandée par les utilisations sont en fonctionnement.
- La redondance est néanmoins assurée par le maintien en fonctionnement d'une unité supplémentaire.
- Lors d'une augmentation de la puissance consommée par les utilisations, les onduleurs nécessaires pour répondre à la demande de puissance redémarrent immédiatement.
- Ce type de fonctionnement est parfaitement adapté aux applications dont la puissance varie fréquemment.
- Energy Saver permet de maintenir un rendement élevé au niveau du système global.



# Technologies ASI

## Technologies avec ou sans transformateur

Les deux technologies d'onduleurs disponibles sur le marché sont :

- technologie avec transformateur. Utile lorsque les sources principales (réseau 1) et secondaires (réseau 2) viennent de différents réseaux d'alimentation avec des neutres différents ;
- technologie sans transformateur. Offre les avantages d'un haut rendement et des dimensions réduites.

Ces deux technologies possèdent des avantages et des inconvénients. La difficulté consiste à trouver le bon compromis, en tenant compte des conditions du site et des contraintes, comme l'encombrement, le régime de neutre, le rendement, le courant de court-circuit etc. SOCOMEC propose l'une ou l'autre de ces technologies, en fonction des besoins.

### Un redresseur à IGBT " propre "

Il évite toutes perturbations sur le réseau amont (alimentation et distribution).

- Cette technologie garantit le prélèvement d'un courant avec un taux de distorsion harmonique exceptionnellement faible : THDI < 2,5 %.

### Un redresseur à performances constantes

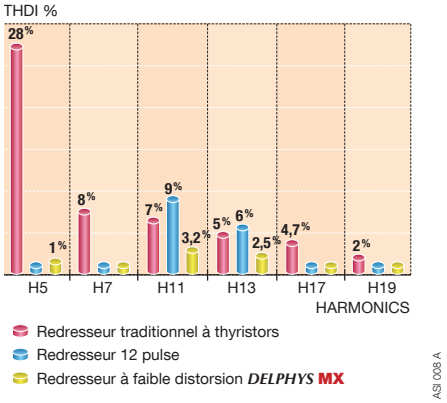
- Les performances d'un redresseur à IGBT sont indépendantes des variations de fréquence pouvant être engendrées par un groupe électrogène.
- Le facteur de puissance et le THDI en entrée du redresseur sont constants quel que soit l'état de charge de la batterie (niveau de tension continu) et du taux d'utilisation de l'onduleur.

### Un redresseur à IGBT économique

- Le facteur de puissance en amont du redresseur est de 0,99, réduisant de 30 % la consommation en kVA par rapport aux technologies conventionnelles. La réduction du courant d'entrée entraîne une économie sur le dimensionnement des sources, des câbles et des protections.
- Les performances du redresseur :
  - faible THDI amont ;
  - redémarrage progressif et temporisé ;
  - possibilité de différer la recharge batterie lors du fonctionnement sur groupe électrogène.
- Cela permet de diminuer l'impact à la reprise par le groupe électrogène, la puissance consommée et d'éviter son surdimensionnement.

DELPHYS MX vous garantit la compatibilité optimale avec votre système d'alimentation électrique basse tension et en particulier avec les groupes électrogènes :

- Courant sinusoïdal en entrée du redresseur, THDI : < 4,5 % sans filtre.
- Facteur de puissance élevé en amont du redresseur : 0,93 sans filtre, diminuant le courant consommé, donc le dimensionnement des câbles et des protections.
- Démarrage progressif et séquentiel des redresseurs en parallèle qui facilite la reprise par le groupe.
- La fonction charge de batterie est différée pour diminuer la puissance consommée lors du fonctionnement sur le groupe.




## La régulation numérique SVM (Space Vector Modulation)

La régulation numérique SVM avec un transformateur d'isolement installé en sortie d'onduleur, offre :

- Une tension de sortie parfaitement sinusoïdale THDV < 2 % avec charges linéaires et < 3 % avec des charges non linéaires.
- Une précision de la tension de sortie même en régime de charges totalement déséquilibrées entre phases.
- Une réponse instantanée aux importantes variations de charge sans déviation de la tension de sortie (± 2 % en moins de 5 ms).
- Une importante capacité de courant de court-circuit, jusqu'à 4 In (Ph/N) permettant de faciliter la sélectivité.
- Un isolement galvanique intégral entre le circuit continu et les utilisations.

La régulation numérique SVM, les composants haute performance et les ponts IGBT permettent l'alimentation :

- De charges non linéaires avec un facteur de crête jusqu'à 3.
- Une puissance active sans déclassement, avec des charges ayant un facteur de puissance inductif et jusqu'à 0,9 capacitif.



socomec Innovative Power Solutions

# Systèmes de transfert statique (STS) une architecture haute disponibilité

## Systèmes de transfert statique (STS)

Les systèmes de transfert statique (STS) sont des commutateurs intelligents qui transfèrent sans perturbations les utilisations vers une source alternative lorsque la source principale est hors tolérance. Ceci assure une "haute disponibilité" de l'alimentation électrique pour les installations sensibles ou critiques.

Le but des systèmes STS est :

- D'assurer la redondance de l'alimentation électrique des installations critiques par deux sources d'alimentation indépendantes.
- D'accroître la fiabilité de l'alimentation électrique des installations sensibles.
- De faciliter la conception et l'extension des installations qui garantissent une alimentation à haute disponibilité.
- D'accroître la flexibilité générale du site en permettant un remplacement de source ou une maintenance simple et sans danger.

Les systèmes STS utilisent une technologie fiable et éprouvée de commutation à thyristors. Elle autorise des commutations rapides et totalement sécurisées soit en mode automatique soit en mode manuel sans interrompre l'alimentation du système.

L'utilisation de composants de haute qualité, une architecture tolérante aux pannes, la capacité de déterminer l'emplacement du défaut, la gestion des défauts et des charges avec des courants d'appel élevés sont autant de caractéristiques parmi beaucoup d'autres qui font des systèmes de transfert statiques la solution idéale pour atteindre une disponibilité maximale de l'alimentation électrique.

Les STS peuvent également protéger contre :

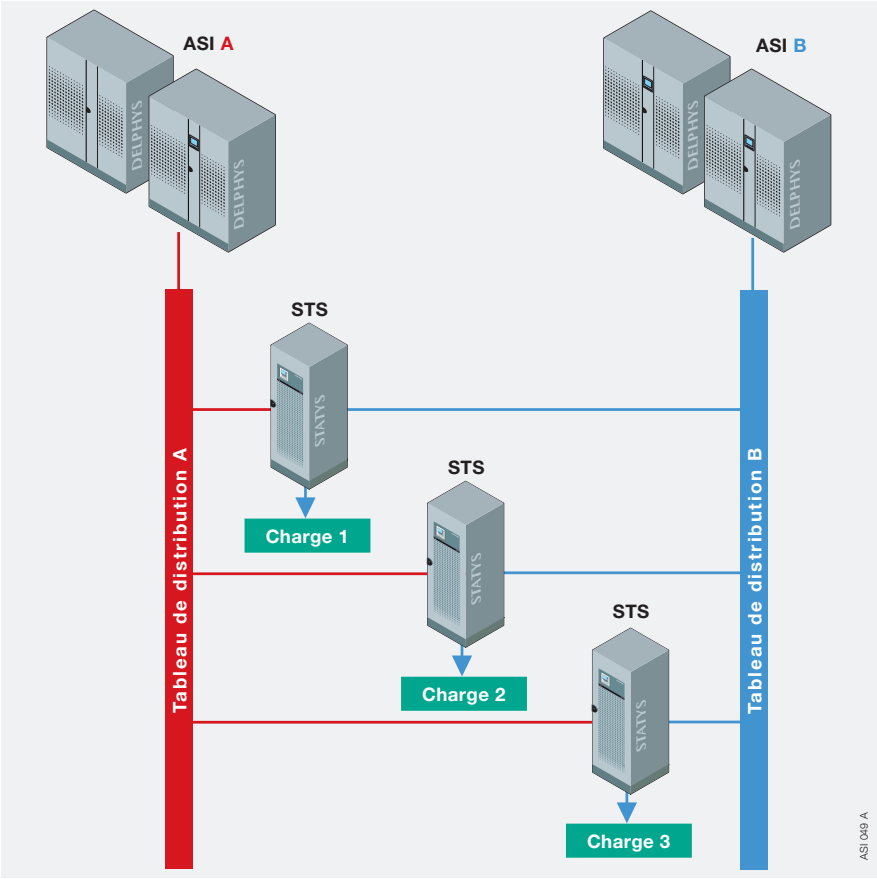
- Les défaillances de l'alimentation principale.
- L'ouverture accidentelle de la protection amont.
- Les perturbations causées par un équipement défaillant (court-circuit) alimenté par la même source d'alimentation.
- Les erreurs d'exploitation (ouverture de circuits) survenant dans la chaîne de l'alimentation.

## Systèmes de transfert statique : exemples

Le STS assure la redondance entre 2 systèmes d'ASI indépendants.

Chaque STS est dimensionné en fonction de la puissance des utilisations (ou de l'ensemble des utilisations) qu'il alimente.

Il est judicieux d'installer le STS aussi proche que possible de la charge, ainsi il assure la redondance de la distribution amont et maintient le nœud de fiabilité (le câble entre le STS et la charge) aussi court que possible. L'installation de plusieurs STS assure également la séparation des utilisations.



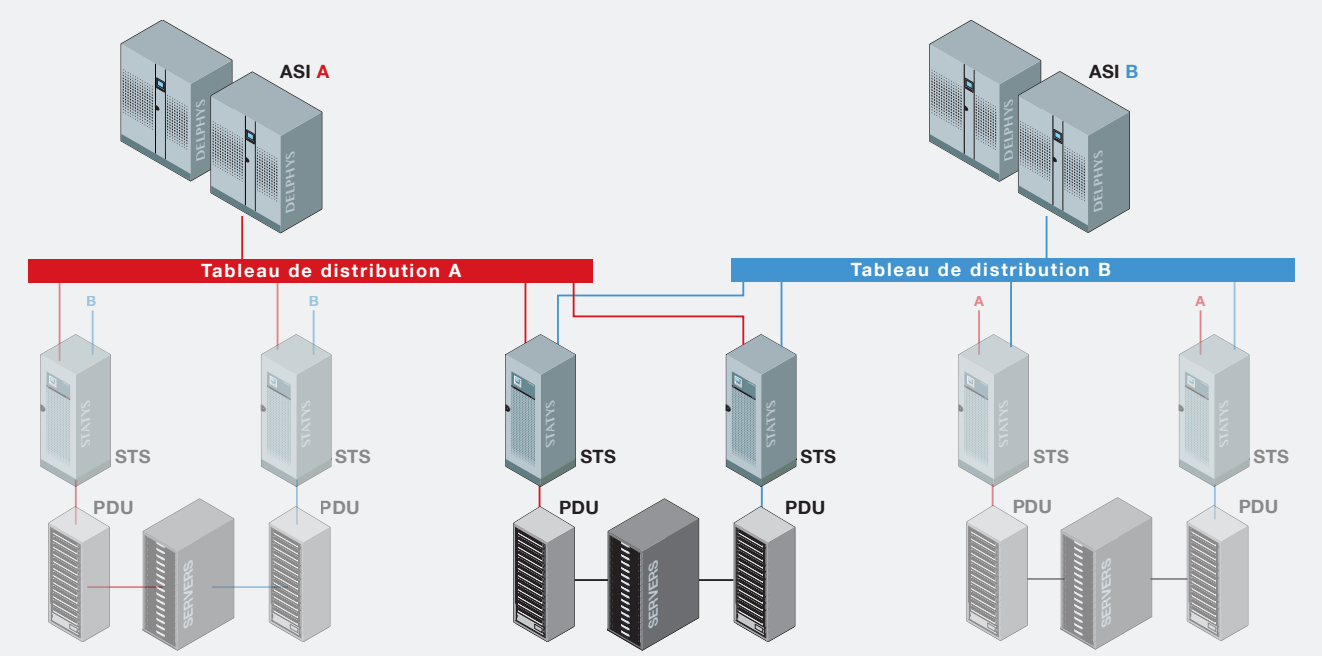
# Systèmes de transfert statique (STS)

## Systèmes de transfert statique : exemples

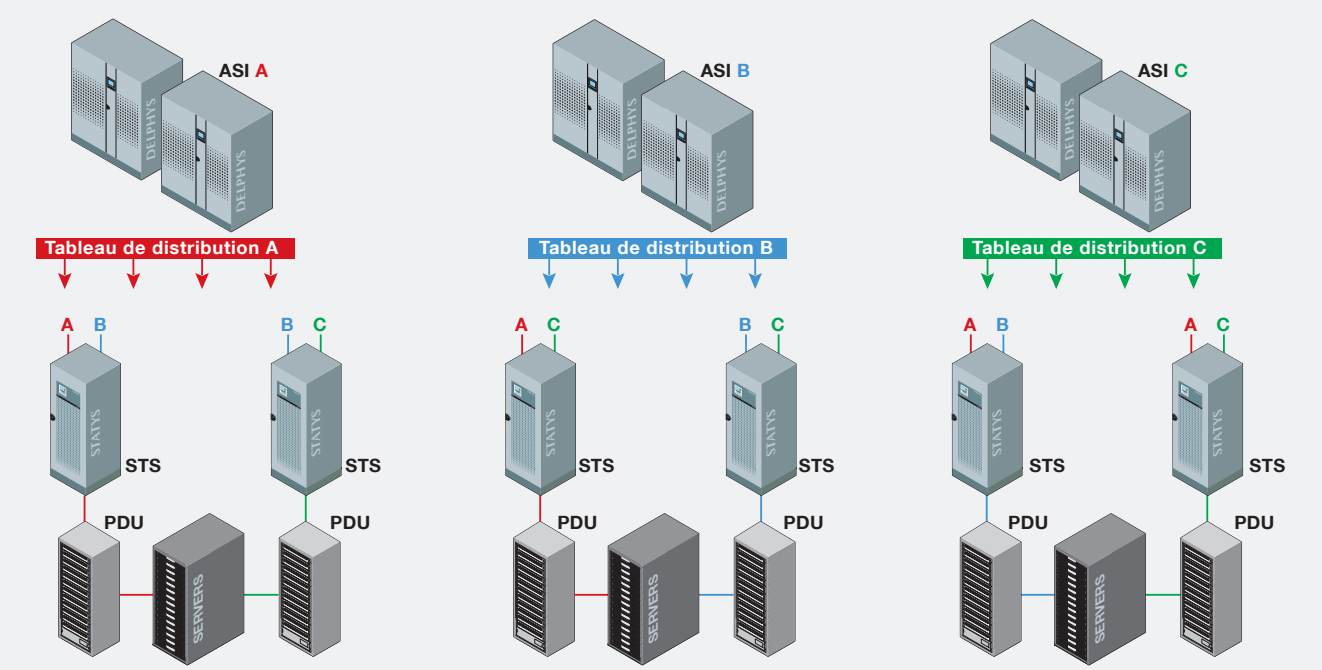
Les systèmes de transfert statique assurent disponibilité élevée et souplesse de maintenance du site.
Avec l'architecture '2N + STS', la charge est toujours alimentée par un courant de qualité sur chaque entrée même en cas d'interruption de distribution d'alimentation suite à une défaillance critique ou à une maintenance longue durée (par exemple, remplacement de source ou défaillance de l'infrastructure électrique).

L'association d'une architecture multi-source et d'un STS reliant la charge à deux sources indépendantes garantit une alimentation ininterrompue même lorsqu'une des deux sources est indisponible. L'application critique bénéficie donc d'une tolérance aux pannes extrêmement élevée.

Dans les deux exemples, le STS peut être centralisé (un calibre STS élevé pour chaque tableau de distribution d'alimentation) ou distribué (à proximité de chaque salle de serveurs, rangée, rack, etc.). Le choix de l'une ou l'autre solution dépend de l'installation à protéger et de la disponibilité prévue ou du niveau exigé de maintenabilité.




*STS dans une architecture 2N*




*STS dans une architecture multi-sources*



socomec Innovative Power Solutions

# Stockage d'énergie

## Expert Battery System : la protection de vos investissements batteries

La technologie Expert Battery System (EBS) est un système de gestion du chargeur de batterie.

Il réagit à la température de fonctionnement pour préserver la longévité de la batterie et réduire les coûts d'utilisation en :

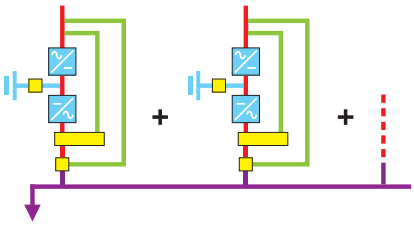
- Gérant la recharge selon un algorithme qui s'adapte en fonction de l'environnement et de l'état de la batterie.
- Éliminant la surcharge due au phénomène de Floating permanent qui accélère la corrosion des plaques positives et provoque le dessèchement des séparateurs.
- Isolant la batterie du bus courant continu, (fonction chargeur indépendante). Le vieillissement prématuré, provoqué par l'ondulation résiduelle imposée par le pont mutateur, est supprimé.

Les tests menés par SOCOMEC avec plusieurs marques de batteries, et de nombreuses années d'expérience, montrent que l'EBS permet d'améliorer la longévité de la batterie de 30 % par rapport aux systèmes de gestion traditionnels des batteries.

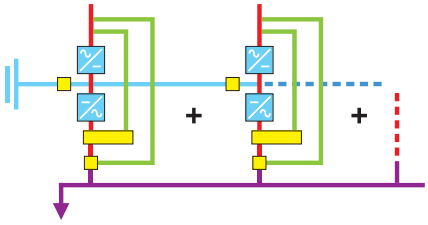
## Batteries partagées : dimensionnement des batteries optimisé pour les systèmes en parallèle

Proposé avec des batteries distribuées, DELPHYS GP permet d'optimiser la taille des batteries grâce au partage de ces dernières. Cette solution permet de réduire l'encombrement et le poids de la batterie, le monitoring batterie, le câblage ainsi que la quantité de plomb.

Associée à une connexion appropriée (fusibles et contacteurs de raccordement), cette solution vous permet également d'accroître la disponibilité des batteries et des ASI en cas d'anomalie interne.




*Batteries distribuées*




*Batteries partagées*

# Systèmes de stockage d'énergie pour ASI

Une batterie est un système de stockage d'énergie électrochimique capable de produire une différence de potentiel permettant la circulation d'un courant électrique dans un circuit jusqu'à épuisement de l'énergie.

Les batteries se divisent en deux types :

- primaires : batteries qui, une fois épuisées, ne peuvent être rechargées et retrouver leur état de charge initial (batteries non rechargeables)
- secondaires : ces batteries (également appelées accumulateurs) peuvent être rechargées et retrouver leur état de charge initial. Elles se rechargent au moyen d'un chargeur de batteries dont les caractéristiques correspondent à la technologie des batteries considérées.

**Paramètres des batteries et définitions**

- Capacité (C) : courant moyen exprimé en Ah que fournit une décharge complète de batterie au cours d'une période de temps donnée. Par exemple, C indique le courant fourni par la batterie par décharge d'une heure, C/5 le courant fourni par décharge de 5 heures, C/10 le courant fourni par décharge de 10 heures, etc.
- La capacité nominale est fonction de la technologie utilisée par les batteries : par exemple, la capacité nominale des batteries plomb-acide est C/10, tandis que celle des batteries nickel-cadmium est C/5.
- Densité d'énergie : la quantité d'énergie stockée par unité de volume ou poids, exprimée en Ah/kg ou Wh/kg.
- Profondeur de décharge (PdD) : la fraction de la capacité (ou d'énergie) prise de la batterie au cours de la phase de décharge. Exprimée en pourcentage de la capacité, elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$PdD = \frac{\text{Capacité déchargée}}{\text{Capacité nominale}}$$

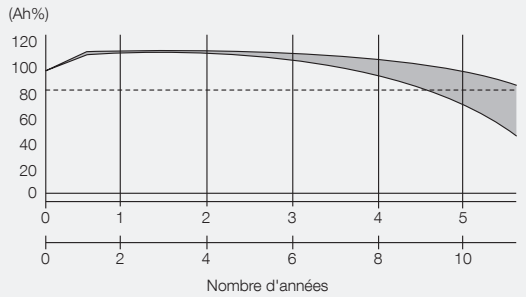
- État de charge (EdC) : la fraction de la capacité (ou d'énergie) restant dans une batterie. Exprimée en pourcentage de la capacité, elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$EdC = \frac{\text{Capacité restante.}}{\text{Capacité nominale}} = 1 - PdD$$

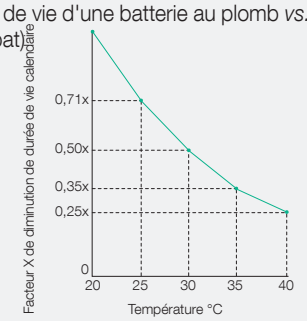
$$PdD + EdC = 100\ \%$$

- Durée de vie calendaire : date après laquelle la batterie régulièrement chargée et utilisée à température contrôlée voit sa capacité nominale initiale réduite à 80 %. Normalement, les fabricants de batterie parlent de " durée de vie estimée " puisqu'il s'agit d'une estimation réalisée à l'issue de tests en laboratoire. La durée de vie de service des batteries est un paramètre important afin de comparer les différentes technologies utilisées.
- Endurance cyclique : le nombre de cycles de charge et de décharge à température contrôlée que la batterie peut effectuer avant que la capacité nominale ne soit réduite à 80 % de la valeur initiale. L'endurance cyclique est très sensible à la température et à la profondeur de charge dans la mesure où elle est déclarée à une valeur de PdD précise.
- Durée de vie effective : la durée de vie utile de la batterie dans des conditions d'utilisation réelles. Elle dépend de la durée de vie calendaire, de l'endurance cyclique, de la température ambiante et du type de charge et de décharge.
- Autodécharge : le pourcentage de capacité de charge perdu par la batterie pendant une période de non-utilisation (par exemple, pendant son stockage dans un entrepôt). Ce paramètre est lié au type de batterie et dépend largement de la température (le pourcentage d'autodécharge augmente avec la température).
- Impédance interne : elle se compose d'un élément inductif, capacitif et résistif. L'impédance interne entrave le passage du courant, augmentant la production de chaleur dans la phase de décharge. La partie la plus importante de l'impédance est l'élément résistif puisqu'il indique l'état de santé de la batterie et une éventuelle détérioration en cours. La résistance interne est influencée par divers facteurs, le plus important étant la température. Les valeurs d'impédance typique changent en fonction de la technologie de la batterie et de sa capacité.

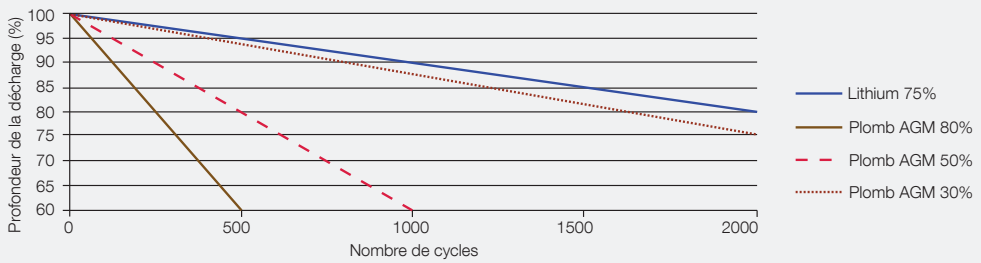
Durée de vie d'une batterie au plomb en floating à 20 °C




Durée de vie d'une batterie au plomb *vs.* température (Eurobat)




Comparaison endurance cyclique






socomec Innovative Power Solutions

## Batterie plomb-acide

Les batteries plomb-acide sont les plus utilisées dans les applications stationnaires. Leur durée de vie estimée varie entre 3 et 12 ans (source Eurobat). L'endurance cyclique est généralement limitée. Les batteries plomb-acide constituent une technologie éprouvée à moindre coût. Il existe de nombreux types de batteries plomb-acide, bac ventilé et fermé par exemple (batteries plomb-acide à régulation par soupape, VRLA, nécessitant moins d'entretien). Les batteries VRLA peuvent être de type AGM (absorbed glass material - électrolyte absorbée dans une feuille de fibre) ou GEL (l'électrolyte est un gel, utilisé dans des environnements à température plus élevée et applications spécifiques). L'un des désavantages des batteries plomb-acide est que la diminution de la capacité utile diminue avec l'augmentation de la puissance déchargée. Par exemple, lorsque la batterie est déchargée en une heure, seulement 50 % à 70 % de la capacité nominale est disponible. Les autres inconvénients sont la faible densité d'énergie (le plomb pèse lourd) et l'utilisation de plomb qui est un matériau dangereux, interdit ou dont l'usage est réglementé dans certains environnements et applications. Les avantages sont un ratio coût/performance favorable, un recyclage facile et une technologie de charge simple.

## Batterie nickel-cadmium (NiCd)

Par rapport aux batteries plomb-acide, les batteries NiCd ont une densité de puissance plus élevée et un nombre de cycles supérieur. Les batteries NiCd sont relativement plus solides. Ce sont les seules batteries offrant de bonnes performances à basses températures (entre -20 °C et -40 °C). Leur durée de vie estimée reste bonne à des températures élevées, raison pour laquelle elles sont utilisées dans les pays chauds et dans les applications à température élevée. Les systèmes de batterie utilisant des batteries NiCd ventilées fonctionnent à un niveau similaire aux batteries plomb-acide. Elles sont généralement ventilées. Elles doivent donc être empilées verticalement avec une bonne ventilation. Elles ne peuvent pas être transportées en état de charge (l'électrolyte est expédié séparément).

## Batterie Lithium-ion (Li-ion)

Les batteries Li-ion ont une densité d'énergie gravimétrique élevée. Elles sont donc plus légères et moins encombrantes que les batteries plomb-acide ou NiCd. Leur durée de vie calendaire (supérieure à 10 ans) et l'endurance cyclique (milliers de cycles) sont excellentes même à températures élevées. Compte tenu du rendement élevé et l'absence de surdimensionnement pour les autonomies courtes (typique des applications ASI). La plupart des électrodes en oxyde métallique sont thermiquement instables et peuvent se décomposer à températures élevées, avec pour effet la libération d'oxygène susceptible de provoquer un emballement thermique. Afin de réduire ce risque, les batteries Li-ion connectées en série pour obtenir une tension compatible avec les ASI, sont équipées d'un module de contrôle destiné à éviter les surcharges et les décharges profondes. Un circuit d'équilibrage de tension est installé pour contrôler le niveau de tension de chaque élément et empêcher les dérives de tension entre eux.

## Supercondensateurs / Ultracondensateurs

Plusieurs technologies différentes se rangent sous les appellations " super-condensateurs " ou " ultra-condensateurs ". Les 2 principales technologies sont :

- la technologie des condensateurs électriques double couche symétrique (EDLC symétrique), dans laquelle du charbon actif est utilisé pour les deux électrodes. Le mécanisme de charge est purement électrostatique : aucune charge ne se déplace sur l'interface électrode/électrolyte ;
- la technologie des condensateurs électriques double couche asymétrique (EDLC asymétrique), une électrode de batterie est utilisée pour une des électrodes. Elle possède une plus grande capacité que l'électrode charbon, ainsi sa tension ne change pas beaucoup avec la charge. Cela permet d'obtenir une tension d'élément globalement plus élevée.

Les super-condensateurs permettent de délivrer des pointes d'énergie durant les pics, puis de rapidement stocker de l'énergie. Leur résistance interne extrêmement faible permet une décharge et une recharge très rapide. Par ailleurs, aucune matière dangereuse n'est en général utilisée et l'autodécharge de ces batteries est extrêmement faible. Peu de courant est donc utilisé en mode floating (signifiant moins de consommation d'énergie pour l'ASI).

## Condensateurs Lithium-ion (LIC)

Les condensateurs Li-ion sont des hybrides entre une batterie et un condensateur (EDLC asymétrique). Ils comprennent une cathode en charbon actif (d'où l'absence de risques d'emballement thermique[1]), une anode de charbon dopée au lithium et un électrolyte contenant du sel de lithium, comme dans une batterie. Cette conception hybride permet d'obtenir un condensateur qui réunit les meilleures caractéristiques de performance des batteries et des condensateurs La conception de batterie hybride présente de nombreux avantages. Une densité d'énergie et une tension élevées. Connectés en série, un tiers de condensateurs Lithium-ion en moins sont nécessaires par rapport aux condensateurs EDLC conventionnels. Un autre avantage est le très faible taux d'auto décharge : il conserve 95 % de sa charge pendant 3 mois. De par la très faible consommation de courant en Floating, l'ASI consomme moins d'énergie et l'intervalle de recharge du condensateur Lithium-ion peut être plus espacé. Cette technologie accepte avec un nombre de cycles élevé (durée de vie estimée à un million de cycles de charge/décharge) et une large plage de température (entre -20 °C et 70 °C), ce qui la rend idéale pour des environnements difficiles.

## Stockage d'énergie à air comprimé (CAES)

Avec le stockage d'énergie à air comprimé, l'alimentation électrique sert à comprimer l'air et à le stocker dans un réservoir dédié. Lorsque l'alimentation est requise, l'air comprimé est acheminé dans un détendeur, puis un générateur le convertit en électricité. Ce mode de stockage est généralement utilisé comme relais d'alimentation (démarrage du groupe électrogène) mais ne convient pas lors de fréquentes micro-coupures. Les systèmes CAES peuvent être configurés en parallèle afin d'augmenter l'autonomie ou la redondance. Les systèmes CAES conviennent pour une utilisation dans les environnements difficiles, la température ambiante n'ayant aucune incidence sur leur durée de vie. Une fois rechargés, ces systèmes ne nécessitent que peux d'énergie, ce qui renforce l'efficacité globale par rapport à une ASI avec batteries.

*(1) Emballement thermique : situation anormale dans laquelle la batterie génère de la chaleur plus rapidement qu'elle ne peut la dissiper. L'emballement thermique peut faire fondre les composants en plastique de la batterie, libérant du gaz, de la fumée et de l'acide susceptible d'endommager les équipements situés à proximité.*