

Mode Éco : avantages et risques des modes d'exploitation économiques des ASI

Livre blanc 157

Révision n° 3

par Neil Rasmussen

Synthèse analytique

Beaucoup des ASI les plus récentes ont un mode de fonctionnement à économie d'énergie connu sous le nom de « mode éco » ou d'autres termes. Néanmoins, les études indiquent que rares sont les centres de données utilisant effectivement ce mode, en raison des effets collatéraux connus ou prévus.

Malheureusement, les documents de marketing concernant ces modes d'exploitation n'expliquent pas correctement les compromis en termes de coûts/avantages.

Cet article démontre que le mode éco permet de diminuer d'environ 2 % la consommation d'énergie d'un centre de données et explique les différentes limitations et préoccupations que son utilisation implique. Les situations dans lesquelles ces modes d'exploitation sont recommandés et contre-indiqués sont également exposés.

Introduction

L'augmentation des coûts financiers et environnementaux associés à la consommation d'énergie des centres de données et applications industrielles a suscité un élan approprié visant à améliorer l'efficacité de leurs systèmes d'énergie et de refroidissement.

Une meilleure efficacité – diminution de la PUE pour les centres de données – est réalisable à différents niveaux du centre de données :

- Architecture globale du système
- Conception du système évolutive et ajustée
- Meilleur rendement des équipements individuels
- Décisions opérationnelles

Le mode éco est une décision avantage/risque dans le cas présent

> Les noms du mode éco sont nombreux

Des noms techniques

- Bypass

Des noms donnés par les fournisseurs

- ECOConversion™ – Mode éco avancé
- ESS – Système d'économie d'énergie
- SEM – Mode super éco
- VFD – Dépendant de la tension et de la fréquence
- Mode d'économies d'énergie maximales

Cet article se concentre sur une technique particulière d'amélioration du rendement d'exploitation d'une ASI à double conversion, qui consiste à le faire fonctionner en mode éco. Le mode éco est une méthode d'exploitation de l'ASI avec un niveau de protection de l'alimentation réduit afin d'améliorer l'efficacité électrique et d'économiser l'énergie. Il est commercialisé sous plusieurs noms par les fournisseurs (voir le cadre de gauche).

Ce livre traite des sujets suivants

- Qu'est-ce que le mode éco et comment fonctionne-t-il ?
- Quels gains d'efficacité sont possibles et peuvent être attendus ?
- Pertes de protection et de fiabilité associées au mode éco
- Considérations opérationnelles

Le mode éco économise l'énergie, même si la quantité économisée est étonnamment petite. En outre, il cause une certaine réduction de la protection électrique et de la fiabilité. Cette pénalité varie en fonction de la conception de l'architecture électrique du centre de données et de l'approche conceptuelle spécifique du fournisseur de l'ASI pour mettre en œuvre la fonctionnalité du mode éco. Certains opérateurs de centres de données ou propriétaires de site estiment que les économies d'énergie valent les risques et les problèmes potentiels, d'autres non.

Modes éco détaillés

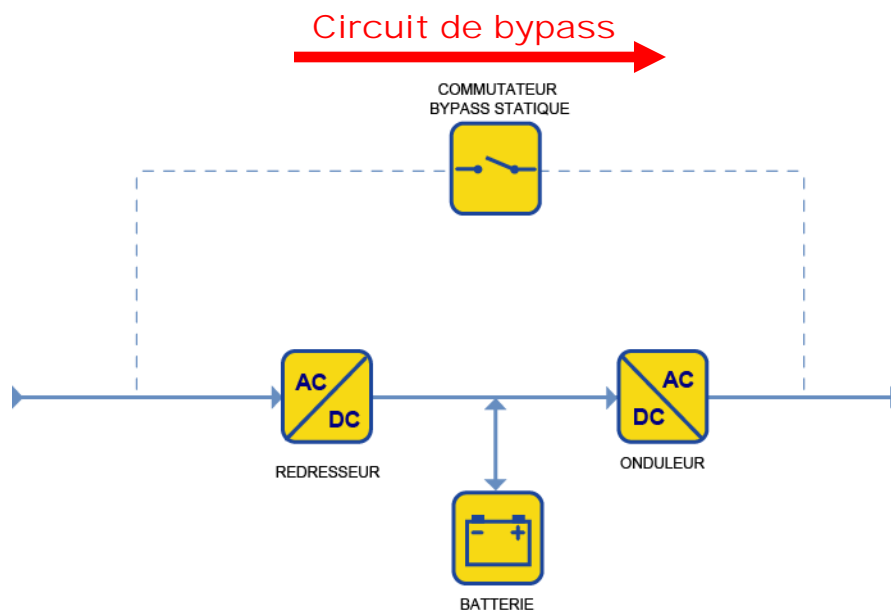
Le mode éco est très similaire au mode d'exploitation normal utilisé dans une ASI hors ligne, alors appelé mode « veille » ou « ligne interactive¹ ». Dans ces ASI monophasées, généralement plus petites, les circuits onduleur/redresseur sont « hors ligne » et ne font pas partie du circuit électrique normal. Par conséquent, en fonctionnement normal, la charge est principalement exposée à l'énergie secteur du réseau à l'état brut. Ce mode de fonctionnement est similaire à celui d'une ASI en ligne à double conversion exploitée en mode éco.

Toutes les grosses ASI en ligne à double conversion sont équipées d'un circuit de « bypass statique » qui fournit plusieurs fonctionnalités. Il constitue par exemple une source de redondance pour l'onduleur d'alimentation de l'ASI. C'est ce qu'illustre schématiquement la **Figure 1**.

¹ Voir le livre blanc n° 1, [Les différents types d'ASI](#)

Figure 1

Diagramme schématique simplifié du flux d'énergie d'une ASI en ligne à double conversion



Deux circuits principaux peuvent alimenter la charge, le circuit en ligne (double conversion) et le circuit de bypass. Veuillez noter que la charge est connectée à l'alimentation² secteur brute non filtrée lorsque le bypass est actif. Le tableau suivant illustre les cas d'utilisation des circuits pour les fonctionnements en ligne et en mode éco :

Tableau 1

Circuit électrique utilisé par une ASI présentant les différences du mode éco

	Mode en ligne	Mode éco	Commentaires
Fonctionnement normal	Redresseur/ Onduleur	Bypass	Le mode éco expose la charge à l'alimentation secteur brute
Pendant une perturbation de l'alimentation	Onduleur	Onduleur	Le mode en ligne requiert qu'il n'y ait aucun changement de circuit durant les perturbations de l'alimentation
Pendant une défaillance	Bypass	Bypass	Événement extrêmement rare

Lors du fonctionnement en ligne, l'ASI utilise le circuit de bypass uniquement en cas de défaillance. Cet événement est rare ; il peut ne jamais survenir sur tout le cycle de vie de l'ASI. **Par conséquent, en mode en ligne, la charge critique n'est pas soumise aux perturbations de l'alimentation, même durant un problème d'alimentation secteur.** En mode éco, toute anomalie de l'énergie secteur pousse l'onduleur à basculer le circuit d'alimentation entre le bypass et l'onduleur.

En mode en ligne, l'ASI régénère continuellement la tension de sortie. En mode éco, la charge est normalement alimentée par le circuit de bypass, permettant ainsi à l'alimentation secteur brute d'alimenter la charge. L'onduleur de l'ASI est engagé uniquement lorsque l'alimentation secteur tombe en panne. En mode éco, l'onduleur de l'ASI fonctionne en mode

² Dans ce contexte, le terme « alimentation secteur brute » désigne une alimentation ayant les mêmes tension, forme d'onde, fréquence, système de mise à la terre et impédance que l'alimentation secteur. À noter que le secteur proprement dit peut avoir une protection parallèle telle que la suppression des surtensions. Dans certains cas, un transformateur est ajouté au circuit de bypass, changeant ainsi le système de mise à la terre et l'impédance, mais la forme d'onde et la fréquence. Une ASI peut également avoir des condensateurs de sortie entre les phases de tension ou entre la phase et la masse. Ils permettent de filtrer les bruits de haute fréquence, mais ne corrigent pas la fréquence, la tension ou la forme d'onde. En fait, ils peuvent accroître des variations de tension en ajoutant des résonances comme celles vues sur la **Figure 2**.

« attente ». En principe, il s'agit d'un simple changement effectué dans le logiciel de contrôle de l'ASI. Cependant, la réalité est bien plus complexe, comme le décrivent les sections suivantes de ce document.

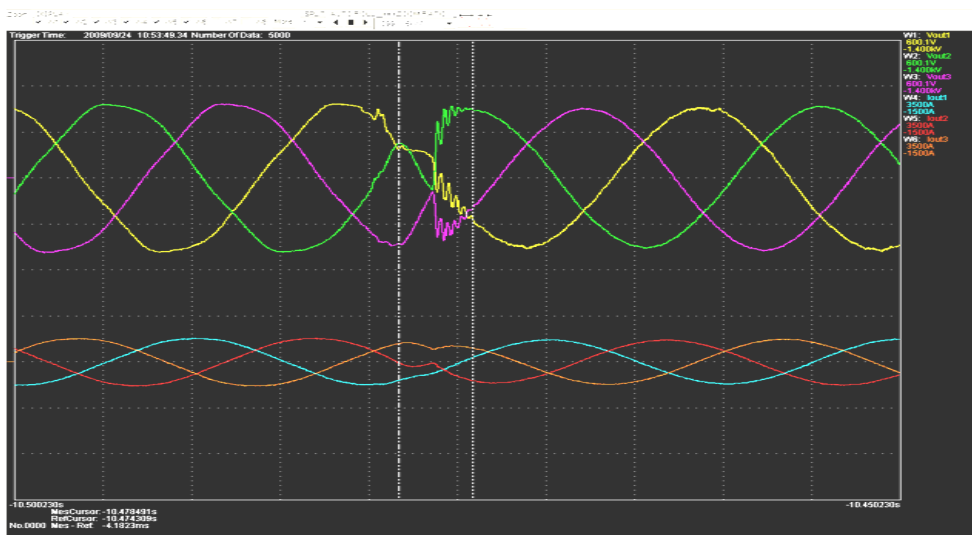
L'avantage du mode éco repose sur le fait que le rendement du circuit de bypass est généralement de 98 % à 99 %, alors que le rendement de base de l'ASI est compris entre 94 % et 97 %. Cela signifie qu'il y a une augmentation du rendement de l'ASI de 2 à 5 % lorsque le mode éco est utilisé.

Le coût du mode éco est dû au fait que la charge informatique est exposée à l'alimentation secteur brute sans le conditionnement normalement assuré par l'ASI en ligne à double conversion. L'ASI doit continuellement surveiller l'alimentation secteur et basculer rapidement sur l'onduleur de l'ASI lorsqu'un problème est détecté, et ceci avant que le problème puisse affecter la charge critique. Cela peut sembler simple mais, en fait, c'est une opération assez compliquée qui comporte plusieurs risques. Elle peut entraîner des effets indésirables, comme nous l'expliquerons plus loin dans ce document. La **Figure 2** illustre un exemple de forme d'onde de tension de sortie d'une ASI actuelle en mode éco répondant à une panne de courant.

Figure 2

Forme d'onde de tension de sortie d'ASI de 275 kVA en mode éco répondant à une panne de courant

La forme d'onde du haut est la tension de sortie, la forme d'onde du bas est l'intensité de sortie



Il faut remarquer que ce fournisseur déclare offrir une détection et une réponse de durée de transfert de 1,2 ms en cas de panne de courant, une performance qui n'est clairement pas atteinte dans cet exemple.

Il importe de noter que les divers fournisseurs mettent en œuvre le mode éco de différentes manières. Le système peut faire fonctionner l'onduleur de secours de plusieurs façons. Le mode peut être activé de différentes manières. Il peut être rétabli au mode d'ASI normal sous plusieurs conditions à des endroits différents. Certains fournisseurs prétendent avoir des méthodes spéciales brevetées pour contrôler leur commutateur de transfert. Ils partagent cependant tous le même concept de base d'exposition de la charge stratégique à des événements d'alimentation et de transfert non conditionnés, pour obtenir en retour un petit pourcentage de gain d'efficacité. Toutefois, selon la façon dont le fournisseur met en œuvre le mode éco, le niveau d'exposition de la charge au secteur brut peut être considérablement réduit.

Mode éco avancé

En mode éco standard ou « classique », tel que décrit plus haut, l'onduleur de l'ASI est principalement arrêté. En cas de coupure d'alimentation du réseau alors que l'onduleur est en veille, la tension de sortie et les formes d'onde du courant de l'ASI sont affectées négativement, comme l'illustre la **Figure 2**. Il faut un certain temps à l'ASI pour détecter la défaillance, activer l'onduleur et fournir une énergie fiable à la charge sur les batteries. Ce temps de transfert, pour une part importante, est le facteur qui permet à la perturbation d'entrée d'atteindre brièvement la sortie de l'ASI. En revanche, il s'est avéré possible de réduire considérablement cet effet négatif du mode éco standard et d'autres. Les avancées en termes de systèmes de contrôle des microprogrammes et de conception électrique ont

permis de créer ce qu'il est convenu d'appeler un « mode éco avancé ». Cette forme de mode éco est disponible à différents degrés auprès des fournisseurs d'ASI actuels.

En mode éco avancé, le circuit électrique principal en fonctionnement normal est le même qu'en mode éco standard ou classique : par le circuit de bypass. Alors qu'en mode avancé, l'onduleur demeure « activé », fonctionnant en parallèle avec l'entrée sans traiter effectivement le courant de charge. L'onduleur étant déjà « activé », il peut prendre le relais de l'alimentation à la sortie de façon plus fluide en cas de panne du secteur. La **Figure 3** présente un exemple de comparaison des formes d'onde de la tension de sortie entre modes éco standard et avancé. Elle démontre clairement la réduction des perturbations auxquelles les charges connectées sont exposées en cas de panne du secteur.

ASI fonctionnant en **mode éco standard**...

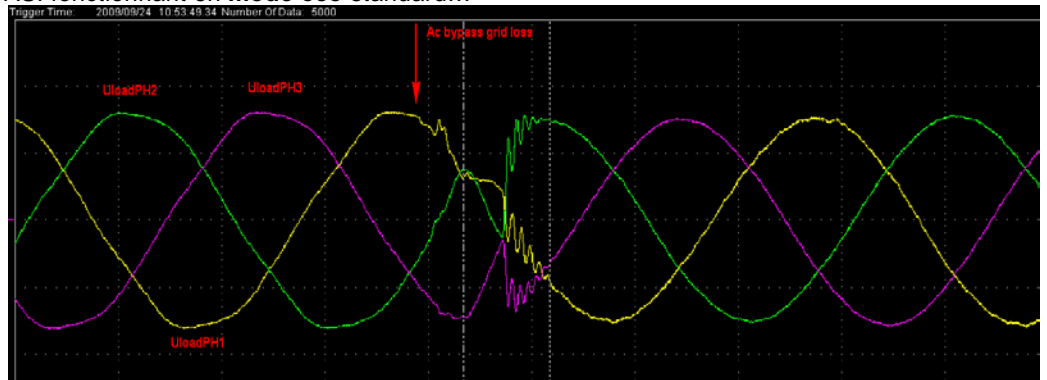
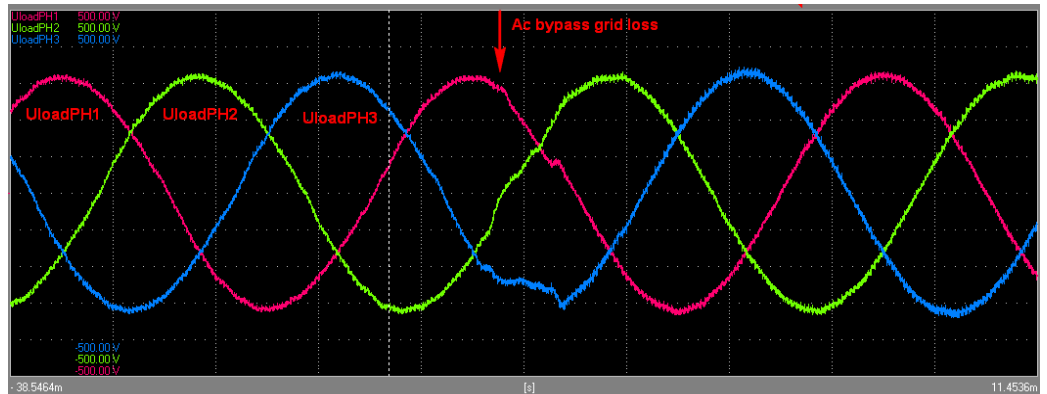


Figure 3

L'image du haut présente la forme d'onde de la tension de sortie d'une ASI triphasée fonctionnant en mode éco standard au moment d'une panne de secteur. L'image du bas présente une ASI triphasée fonctionnant en mode éco avancé lors du même événement de panne.

ASI fonctionnant en **mode éco avancé**...



Le mode éco avancé peut offrir d'autres avantages par rapport au mode éco standard. L'une des caractéristiques connues d'une ASI à double conversion fonctionnant en mode en ligne est la capacité de protéger l'alimentation secteur des courants harmoniques générés par les charges. L'injection de retour d'harmoniques dans l'alimentation du secteur ou d'autres sources, un générateur de secours par exemple, est ainsi réduite. Dans le cas des générateurs, des courants harmoniques plus faibles réduisent la déformation de la forme d'onde de tension et peuvent permettre au générateur de fonctionner de façon fiable avec une charge de kW supérieure. Cette fonction de « filtrage » d'une ASI à double conversion est absente du mode éco standard car le courant de charge (y compris les harmoniques) est renvoyé directement à l'entrée. Toutefois, en mode éco avancé, l'onduleur est activé et connecté à la sortie. Il est donc possible de le contrôler pour absorber les courants harmoniques des charges, même lorsqu'il ne traite pas l'alimentation de la charge. En principe, cette fonction de filtrage des harmoniques est capable de filtrer pratiquement au même niveau de qualité que le filtrage assuré par une ASI à double conversion ne fonctionnant pas en mode éco. Certains fournisseurs d'onduleurs à mode éco mettent en œuvre ce type de capacité de différentes façons et avec différents niveaux de performance.

Bien que le mode éco avancé offre des avantages par rapport au mode éco standard, il est accompagné d'un compromis. Le circuit de l'onduleur étant « activé » en mode avancé, le rendement global de l'ASI est inférieur à celui du mode de fonctionnement en mode éco standard. La différence est toutefois minime ; il se situe entre 0,5 % et 1,0 % en règle générale. **Ainsi, bien que le rendement en mode éco avancé soit inférieur au mode éco standard, il reste meilleur qu'en mode en ligne conventionnel.**

La plupart des systèmes d'ASI qui comportent un mode éco n'en ont pas besoin. Il s'agit d'un mode qui peut être activé et configuré par le client ou, dans certains cas, par un technicien qualifié. Par ailleurs, dans les cas où l'ASI offre un mode éco avancé, il est courant que l'utilisateur puisse choisir parmi trois modes : en ligne, éco standard et éco avancé. Le client jouit ainsi de plus de souplesse pour choisir un mode d'exploitation correspondant à son profil de risque et à ses objectifs de rendement. La **Figure 4** présente un exemple d'ASI proposé par Schneider Electric, qui offre les modes éco standard et avancé.

Figure 4

Exemple d'ASI capable de fonctionner en double conversion, mode éco et mode éco avancé (Galaxy VM avec mode ECOConversion™ par Schneider Electric)

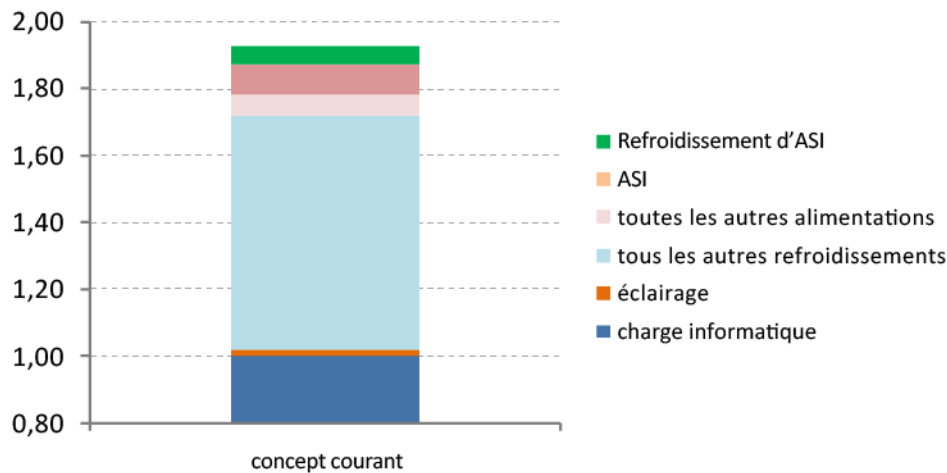


Améliorations du rendement

Le système d'ASI constitue l'un des nombreux contributeurs aux inefficacités (« pertes » électriques) d'un hôpital, d'une d'usine ou d'un centre de données. À titre d'exemple, la contribution type d'une ASI à la PUE d'un centre de données est présentée à la **Figure 5**.

Figure 5

PUE d'un centre de données classique illustrant de quelle manière la consommation d'énergie des ASI et d'autres systèmes participe à la PUE totale



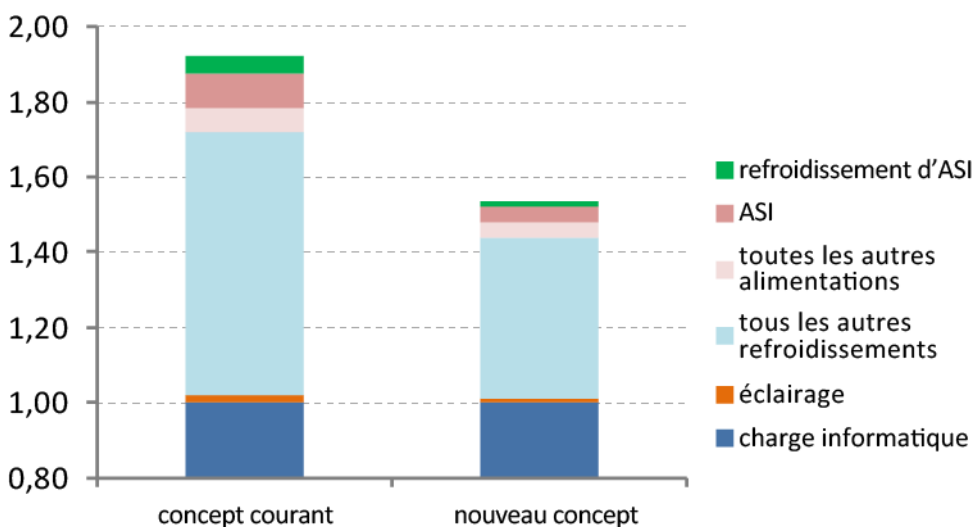
À noter que l'axe vertical du graphique commence à 0,8 (et non à zéro) pour permettre d'afficher des informations détaillées. La charge informatique apporte toujours exactement 1,0 à la valeur PUE.

En poursuivant avec l'exemple précité, la contribution de l'ASI à la PUE est double : l'énergie utilisée par l'ASI proprement dite, soit environ 9 %, et l'énergie utilisée pour refroidir la chaleur produite par les ASI, soit environ 5 %. La contribution à la PUE des pertes électriques de l'ASI est égale à la perte de l'ASI exprimée en pourcentage de la charge informatique. La contribution à la PUE de la charge de refroidissement de l'onduleur est égale à la perte de l'ASI divisée par le coefficient de performance³ (COP) marginal de l'unité de refroidissement. Pour illustrer de quelle manière ces pertes causées par les ASI contribuent à une valeur classique de PUE, ces pertes sont représentées par les deux segments principaux de la barre à la **Figure 5**.

La figure ci-dessus représente la base existante des centres de données, avec une PUE classique de 1,93. Cependant, la base existante est composée d'équipements plus anciens qui ne représentent pas la génération actuelle des appareils utilisés dans les centres de données. Les équipements de la génération actuelle utilisés dans un concept de centre de données de plus haute densité, permettent d'obtenir une meilleure PUE, comme l'illustre la **Figure 6**.

Figure 6

PUE classique des centres de données illustrant l'amélioration de la PUE des conceptions actuelles par rapport à une base existante



À noter qu'un nouveau centre de données avec une PUE de 1,54 est considérablement meilleur que la valeur de la base existante de 1,93. En réalité, la facture énergétique pour une charge informatique donnée étant directement proportionnelle à la PUE, nous pouvons affirmer **qu'un centre de données de génération actuelle a une consommation d'énergie inférieure de 20 % pour la même charge informatique par rapport à la base existante classique**. Nous pouvons maintenant ajouter une troisième entrée au tableau pour illustrer l'amélioration de la PUE en utilisant le mode éco, comme illustré à la **Figure 7**.

Lorsque le mode éco est activé, la perte de l'ASI chute de 4 % à 1,5 % (ce qui correspond à une amélioration du rendement de 96 % à 98,5 %), mais la PUE ne baisse que de 1,54 à 1,50. Cela représente une économie d'utilisation d'énergie de 2,3 %⁴. Cette analyse présuppose un centre de données fonctionnant à 50 % de charge avec des ASI modernes. En règle générale, le résultat est le suivant :

³ Le COP marginal est la capacité de climatisation progressive en watts créée par watt d'alimentation progressif requis par l'unité de refroidissement. Les valeurs classiques se situent entre 2 et 6 et sont généralement bien meilleures (plus importantes) que le COP général de l'unité de refroidissement, qui est réduit par la présence de charges fixes telles que des ventilateurs et des pompes.

⁴ L'économie d'énergie totale de 2,3 % a été calculée à partir des valeurs de PUE de 1,536 et 1,500 tirées des pertes dans les graphiques à barres. Exemple d'analyse incorrecte citée dans « Augmenter le rendement de l'ASI grâce au mode éco », UPSonNet.com : « Le gain en mode éco est très tentant. En moyenne, on obtient environ 3,5 % d'économies d'énergie, juste en tenant compte du rendement de l'ASI. En tenant compte également des besoins de refroidissement, presque 9 % de l'énergie en sortie peut être épargnée. » En réalité, une économie d'énergie de 3,5 % du rendement de l'ASI se traduit par environ 3,2 % d'économie d'énergie totale.

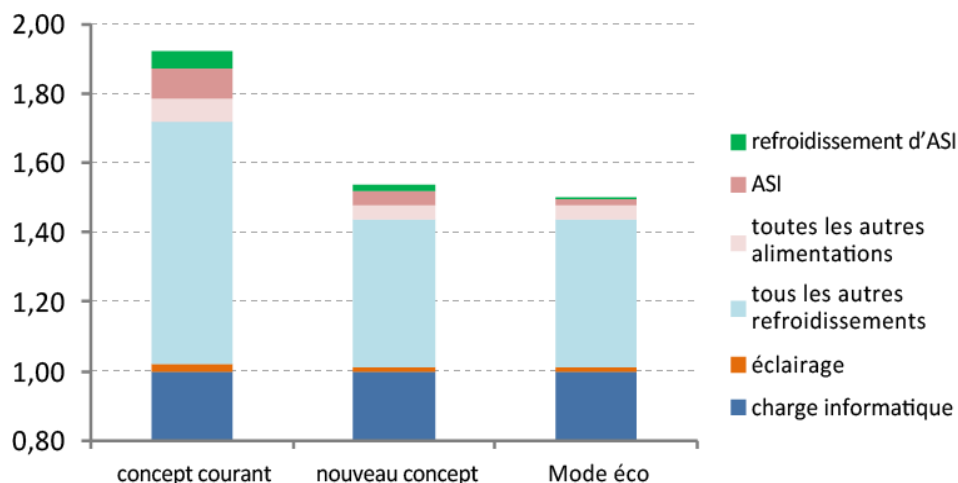
Les économies d'énergie associées à l'utilisation du mode éco (standard) de l'ASI représentent environ 2,3 %, soit des économies proches de 10 000 USD par an pour un centre de données nominal de 1 MW à 50 % de charge, avec un tarif de l'électricité de 0,10 USD/kWh.

Les économies d'énergie provenant de l'ASI seule représentent 2,54 % dans toutes les applications, notamment les hôpitaux et les usines.

L'énergie réelle économisée dépend de l'équipement et de l'architecture spécifiques choisis, de la charge d'un centre de données particulier et du coût local de l'électricité, mais les informations précitées correspondent à une estimation raisonnable des économies qui s'appliquent à une situation classique.

Figure 7

PUE classique des centres de données illustrant l'amélioration de la PUE des conceptions actuelles par rapport à une base existante



À noter que l'économie d'énergie estimée à 2,3 % concerne un système fonctionnant 100 % du temps en mode éco standard. Si le système fonctionne en mode éco à temps partiel, les économies diminuent proportionnellement. Si le système utilise le mode éco avancé, l'ASI subit des pertes supplémentaires, en fonction de la mise en œuvre du mode éco avancé et de la présence d'harmoniques de la charge. Les économies en mode éco avancé sont susceptibles de représenter environ 0,5 % de moins par rapport au mode éco standard, ou environ 1,8 %.

Il est intéressant de constater qu'en général, **les économies sur l'énergie totale consommée par un centre de données sont légèrement supérieures à l'amélioration du rendement de l'ASI**. De nombreuses discussions sur le mode éco suggèrent que les économies sur la consommation totale sont bien supérieures à l'amélioration du rendement de l'ASI, mais ces analyses présentent des hypothèses incorrectes sur la manière dont les pertes de l'ASI contribuent à la PUE et sur la manière dont les pertes de l'ASI contribuent à l'utilisation d'énergie du climatiseur.

Même si 2,3 % n'est pas un résultat de rendement important, il est précieux. Il existe malheureusement des conséquences liées au fonctionnement en mode éco qui doivent être prises en compte dans le processus décisionnel afin d'utiliser ce mode et d'en retirer un meilleur rendement. Ces considérations sont les suivantes :

- Réduction de la protection électrique
- Impacts sur la fiabilité
- Problèmes de fonctionnement

Ces facteurs poussent fréquemment les opérateurs à ne pas utiliser le mode éco. Ils seront abordés dans les sections qui suivent.

Perte de protection

L'une des fonctions clés d'un système d'ASI a toujours été de « nettoyer » l'alimentation électrique des variations de tensions, variations de fréquence ou transitoires présentes sur l'alimentation secteur brute, le concept central étant que de telles variations risqueraient de provoquer des interférences avec le fonctionnement des systèmes informatiques sensibles.

Toutefois, des améliorations remarquables sont intervenues au niveau des caractéristiques des alimentations électriques, notamment le matériel informatique, de sorte que presque tous les équipements actuels sont totalement insensibles aux variations de fréquence du secteur et conçus pour en accueillir toutes les variations de tension dans une plage de fonctionnement spécifiée. Il est indéniable que le matériel informatique actuel exige moins de stabilisation de l'alimentation qu'au cours des décennies précédentes pour être fiable.

Un ordinateur personnel moderne fonctionne de manière fiable s'il peut être assuré que la tension du secteur ne chute pas de plus de 20 % durant plus de 8 millièmes de seconde environ, et que les pics de tension néfastes sont filtrés. En principe, cela est possible grâce à une ASI de bureau avec mode veille, qui est en fait une ASI fonctionnant en permanence en mode éco. Naturellement, cela laisse penser qu'un centre de données complet peut fonctionner en mode veille ou éco. Toutefois, la charge d'un centre de données, d'un hôpital ou d'un site industriel ne s'apparente pas à un ordinateur personnel, même de grande envergure. La charge de l'ASI d'un centre de données est un système complexe de circuits comportant plusieurs types d'équipements informatiques et de transformateurs différents, comprenant éventuellement d'autres dispositifs complexes tels que des tableaux de distribution électrique de commutateurs statiques, des ventilateurs et des pompes. **Tandis qu'un ordinateur personnel peut être bien caractérisé quant à sa réponse aux fluctuations d'alimentation, il est beaucoup plus difficile d'assurer les performances d'un centre de données complet ou d'une autre application industrielle.**

Il faut un certain temps au mode éco pour répondre aux problèmes d'alimentation

Le mode éco ne peut pas anticiper. Il doit réagir à un problème avéré et basculer sur l'onduleur. En d'autres termes, un problème de secteur peut atteindre la charge stratégique par l'intermédiaire de l'ASI jusqu'à ce que les quatre événements suivants se produisent :

1. Le problème d'alimentation est détecté
2. L'ASI détermine si et de quelle manière répondre
3. L'onduleur de l'ASI est sous tension (Remarque : en mode éco avancé, il est déjà alimenté)
4. Le commutateur de bypass statique est actionné (ouvert)

En pratique, ces événements peuvent durer entre 1 et 16 millièmes de seconde, pendant lesquelles la charge stratégique est soumise au problème d'alimentation. Envisagez certaines des situations suivantes :

- Alors qu'une perte de 1 à 16 ms d'alimentation n'affecte pas forcément un serveur 2U classique, une perte d'alimentation de 8 ms vers un transformateur d'alimentation peut entraîner la saturation du transformateur lorsque la tension est restaurée, en déclenchant les disjoncteurs.
- Une perte d'alimentation de quelques millisecondes seulement sur un circuit alimentant une PDU équipée d'un commutateur statique entraîne un changement d'état sur ce commutateur. Cette situation peut produire un changement d'état indésirable de l'ensemble du système d'alimentation, notamment des surcharges et des pertes de charge.
- Une perte d'alimentation durant moins de 16 ms peut activer les dispositifs de protection des pompes et des ventilateurs, créant ainsi un changement d'état inattendu et indésirable du système.

- Certains dispositifs non informatiques, comme les commutateurs et autres dispositifs auxiliaires, peuvent ne pas être aussi robustes que les serveurs pour gérer des pinces et des creux de tension dans la plage de 1 à 16 millièmes de seconde.
- Les commutateurs statiques utilisés dans l'ASI en mode éco peuvent procéder à un transfert uniquement lorsque la tension du secteur est inférieure à la tension de l'onduleur ou à un passage à zéro de la tension du secteur. Il existe des conditions, telles que des charges avec facteur de puissance réactif, dans lesquelles le commutateur de bypass statique n'est pas dégagé pendant 8 ms⁵, ce qui empêche d'assurer une coupure d'alimentation inférieure à 8 ms. Le mode éco avancé permet de commander l'onduleur de l'ASI afin qu'il absorbe le courant réactif de la charge, permettant de résoudre ce problème et d'autoriser des coupures d'alimentation plus courtes. Ce mode de fonctionnement est assuré par l'ASI illustrée à la **Figure 4**, ce qui n'est pas le cas de toutes les mises en œuvre du mode éco avancé. Lorsque des coupures inférieures à 8 ms sont requises, une analyse détaillée du mode éco de l'ASI envisagée est essentielle.
- Un commutateur de bypass statique classique ne peut pas s'ouvrir si l'énergie s'écoule vers la charge ; par conséquent, un onduleur en mode éco ne peut pas protéger la charge contre les surtensions de cycle secondaire du secteur, même s'il les détecte immédiatement.

Harmoniques et mode éco

Un autre problème concerne les harmoniques. Dans les ASI conventionnelles – et dans une large mesure les ASI utilisant le mode éco avancé – la charge est isolée du contenu harmonique de la **tension** du secteur et inversement, le secteur est isolé du contenu harmonique du **courant** de charge. En mode éco, ces deux fonctions sont inopérantes. Même s'il est vrai qu'aujourd'hui, les charges informatiques ont un faible contenu harmonique à la charge nominale, elles n'ont pas de contenu harmonique significatif durant les modes d'économie d'énergie. Cela peut affecter le système d'alimentation global si ce point n'est pas pris en compte. Il est reconnu que les centres de données, les hôpitaux et les applications industrielles sont équipés de puissants moteurs pour les refroidisseurs, les ventilateurs et les pompes, susceptibles de créer sur le secteur une tension harmonique qui ne doit pas être répercutée sur la charge informatique. Les problèmes d'harmoniques ne constituent pas un facteur dans la plupart des centres de données, mais l'utilisation du mode éco peut nécessiter qu'ils soient étudiés ou limités.

L'utilisation du mode éco nécessite davantage d'attention et d'analyse

Tous les problèmes de cette section peuvent être surmontés techniquement. Il est toutefois très difficile de garantir qu'ils ne constituent pas un facteur dans une installation spécifique, à moins que tous les aspects de la conception du centre de données ne soient caractérisés et analysés en profondeur. La réduction de protection de l'alimentation lors de l'utilisation du mode éco peut être acceptable mais ne peut certainement pas être ignorée. La plupart des applications constituent un agencement complexe de dispositifs dont les interactions sont mal caractérisées ; il est impossible de garantir le fonctionnement fiable du système avec la protection de l'alimentation réduite du mode éco. Les architectures de centres de données très standardisées et préfabriquées, dans lesquelles tous les problèmes peuvent être étudiés et testés, sont par conséquent mieux adaptées à l'utilisation des modes éco.

⁵ Lorsque les charges comportent de l'énergie réactive, à certains moments de la forme d'onde de tension CA, le courant de charge est négatif mais la tension de charge est positive. Si l'alimentation secteur connaît une défaillance due à un défaut de phase de faible impédance pendant ce temps, les redresseurs commandés au silicium du bypass statique demeurent fermés (même si leur arrêt est commandé) et ils maintiennent la sortie à la tension d'entrée (défectueuse). L'onduleur de l'ASI considère cette situation comme un défaut et tout le courant de sortie de l'ASI retourne au secteur au lieu d'alimenter la charge. La situation persiste jusqu'au passage à zéro suivant de la ligne secteur, qui peut survenir à 8,3 ms (60 Hz) ou à 10 ms (50 Hz), au moment où le bypass statique s'ouvre et quand l'onduleur alimente la charge.

Impacts sur la fiabilité

La section précédente traitait de la réduction de protection de l'alimentation résultant du mode éco. Cette section traite des problèmes qui peuvent affecter la fiabilité du système.

Le choc thermique et les cycles

Un système fonctionnant en mode éco doit démarrer l'onduleur et transférer en réponse aux événements d'alimentation détectés. La fréquence d'apparition des événements de transfert dépend de plusieurs facteurs, notamment les paramètres de sensibilité sur l'ASI, la qualité d'alimentation du secteur et les perturbations de l'ASI créées dans l'installation par un autre équipement. Si cela se produit une fois par mois ou une fois par heure, la variation d'échelon de l'alimentation appliquée à l'onduleur de l'ASI provoque un événement thermique et un choc thermique au système. Il est bien connu que les transitoires thermiques sont une cause principale de panne des systèmes d'alimentation électronique.

Pire encore, le transitoire thermique est appliqué au moment précis où l'ASI est le plus nécessaire, et il n'existe aucune alternative. Par conséquent, le risque de panne est concentré au moment précis où le système est le plus indispensable.

En fonctionnement normal de l'ASI sans mode éco, il n'existe pas de choc ou de transitoire thermique lorsque l'alimentation secteur tombe en panne. Si l'onduleur de l'ASI connaît un dysfonctionnement aléatoire, il est pratiquement certain que cela se produira lorsque l'alimentation secteur sera présente et l'ASI se dirigera vers le bypass sans perte de charge.

Usure des composants

La durée de service de nombreux composants électriques est affectée par la température de service et la contrainte du courant dans le temps. Lorsqu'une ASI fonctionne en mode éco, son redresseur et son onduleur ainsi que les condensateurs associés et autres dispositifs sont principalement contournés par le bypass et ne fournissent pas une énergie importante à la charge. La température de ces dispositifs est ainsi diminuée, ce qui prolonge leur durée de service et réduit le taux de pannes.

Il importe toutefois de savoir que le taux de panne d'une ASI n'est pas directement lié à la perte de fonction ou à l'interruption de la charge stratégique. Les pannes de l'onduleur ou du redresseur de l'ASI ne font généralement pas baisser la charge car elles se produisent principalement en présence du secteur et lorsque l'ASI protège la charge en basculant sur le bypass. Par conséquent, bien que l'usure réduite des composants présente un avantage en mode éco, elle ne compense ou n'équilibre pas nécessairement les risques en raison du choc thermique et des cycles décrits dans la section précédente.

Durée de service de la batterie

Il existe deux facteurs intéressants concernant le mode éco et la durée de service de la batterie : l'usure de la batterie et sa température de fonctionnement.

Les transferts vers l'onduleur entraînent généralement le fonctionnement momentané sur batterie, même si l'alimentation secteur est présente et que le chargeur de batterie est capable de fonctionner. Cela signifie que le fonctionnement en mode éco nécessite un transfert vers la batterie beaucoup plus souvent que la même ASI fonctionnant en mode à double conversion. Cela peut être sans conséquence si ces événements ne se produisent qu'une seule fois tous les quelques mois, mais peut créer une usure inutile de la batterie si ces événements se produisent plusieurs fois par jour. Cette usure supplémentaire de la batterie dépend de la mise en place du mode éco, de la qualité de l'alimentation locale et des paramètres du mode éco. Il peut être difficile de prévoir l'usure de la batterie, c'est pourquoi elle doit être établie dans le temps avec une expérience en temps réel sur un site spécifique.

En principe, le mode éco est plus efficace et l'ASI génère moins de chaleur. Cela peut signifier que les batteries fonctionnent à une température plus froide et, par conséquent, durent plus longtemps. Mais en réalité, cet effet ne peut pas être supposé et la température de la batterie sera fortement affectée par la conception de l'ASI. Par exemple, si les batteries reçoivent le refroidissement des ventilateurs de l'ASI et que ces derniers sont éteints en

mode éco, les batteries peuvent en réalité fonctionner à des températures plus élevées en mode éco. Si les batteries se trouvent dans des armoires isolées de l'électronique d'alimen-

tation de l'ASI, l'effet du mode éco peut être nul. Par conséquent, toute hypothèse générale de l'effet du mode éco sur la durée de vie de la batterie est impossible, et l'impact du mode éco sur la température de la batterie doit être établi au cas par cas.

Dépannage

Une ASI dans son paramétrage normal détecte des pannes de sortie et bascule vers le bypass pour obtenir le dépannage supplémentaire actuellement nécessaire pour ouvrir rapidement les dispositifs de protection en amont. Cette fonctionnalité est précieuse car elle permet d'éviter les indisponibilités des charges informatiques durant une condition de panne. Cependant, lorsque l'ASI est en mode éco, il peut s'avérer très difficile de distinguer une panne de sortie d'une perte de puissance à l'entrée. Durant une panne de sortie, une ASI en mode éco peut détecter une baisse de la tension d'entrée qui entraîne une commutation sur l'onduleur, ce qui rallonge le temps de dépannage et expose éventuellement la charge stratégique à une perte momentanée d'alimentation. Certains fournisseurs, comme Eaton, déclarent posséder un système de contrôle sophistiqué et des algorithmes de détection dans leur ASI en mode éco afin de réduire ce problème. Il s'agit néanmoins d'un facteur supplémentaire qui doit être pris en compte puisque les gains d'efficacité du mode éco sont contrebalancés par les différents coûts et risques.

L'utilisation du mode éco entraîne des conséquences sur l'exploitation qu'il peut être important de connaître et de prévoir. Elles sont traitées dans les sections suivantes.

Essais

Le comportement du mode éco est spécifique à chaque site. Il est affecté par la qualité de l'alimentation secteur et l'effet exercé sur cette dernière par d'autres charges au sein de l'installation. C'est pourquoi il importe de faire des essais pour déterminer si le mode éco est compatible avec l'installation et les paramètres appropriés du mode éco. Cela implique des essais de mise en service, ainsi que des mesures continues pour déterminer s'il fonctionne comme prévu.

La vérification du fonctionnement fiable du mode éco dans un centre de données ou un hôpital réel est difficile. Il existe de nombreux types de transitoires et d'événements liés à l'alimentation qui sont très difficiles à simuler durant les essais.

Paramètres du mode éco

Toutes les ASI en mode éco présentent différents paramètres qui peuvent être adaptés au site ou aux préférences de l'utilisateur. En règle générale, il s'agit du réglage des sensibilités ou des délais associés au mode éco. Si la sensibilité du mode éco est trop haute, elle peut réagir de manière excessive à de petites perturbations du secteur et activer l'onduleur trop souvent. Si la sensibilité est trop faible, le mode éco peut être trop lent à réagir lors un important problème d'alimentation. Généralement, l'ASI possède également une fonctionnalité pour désactiver le mode éco pendant un instant s'il constate un problème d'alimentation puis le réactiver après un certain temps d'alimentation stable. Certains paramètres peuvent également être associés à cette fonction. Ces paramètres ne sont pas standardisés par les différents fournisseurs d'ASI et peuvent porter des noms différents ou fonctionner différemment.

Con- séquences sur l'explo- itation

Certains fournisseurs offrent la possibilité de programmer les périodes durant lesquelles le mode éco est activé. Par exemple, l'activité du mode éco peut être programmée pendant la nuit et les weekends, lorsque la fiabilité informatique est un facteur moins sensible.

Les paramètres du mode éco peuvent nécessiter des réglages dans le temps, et les paramètres actuels et leur historique doivent être documentés.

Procédures

Les gestionnaires d'exploitation doivent envisager d'établir des procédures relatives à l'utilisation du mode éco. Il peut par exemple établir une procédure pour désactiver la fonctionnalité de mode éco si des transitions fréquentes sont observées (causées par des activités de construction voisines, par exemple). Une autre possibilité consiste à établir une procédure pour désactiver le mode éco en cas d'orage afin d'améliorer la résistance du système⁶.

Outils d'investigation électriques

Dans les applications à haute disponibilité comme les centres de données et les hôpitaux, il est souvent nécessaire d'identifier la cause première en cas de perte de charge ou de panne. Les wattmètres ayant des capacités d'enregistrement et d'investigation, tels que les compteurs et les logiciels de la série PowerLogic™ ION, peuvent enregistrer les détails de l'alimentation durant les événements de panne pour une analyse ultérieure et sont généralement utilisés à cette fin. Certains clients font confiance à l'isolation de l'ASI pour réduire le besoin d'outils d'investigation électriques dans le centre de données, ou se passent de cette capacité pour des raisons de coût ou autres. En revanche, lorsque le mode éco est utilisé, l'exposition de la charge stratégique à l'alimentation non filtrée ainsi que l'augmentation de la fréquence de commutation de mode dans l'ASI renforcent considérablement le besoin d'outils d'investigation de l'alimentation (lorsque l'identification des causes premières des problèmes d'alimentation est souhaitée).

⁶ Certains fournisseurs ont même envisagé d'automatiser cette fonction grâce à la transmission des alertes météorologiques à l'ASI.

Conclusion

Le mode éco représente un moyen potentiel d'économiser de l'énergie dans les centres de données, les hôpitaux et autres applications d'ASI. Les opérateurs de centres de données peuvent espérer réaliser des économies de l'ordre de 2 à 3 % de l'énergie totale si le mode éco est activé. Un pourcentage d'économie plus élevé est possible si le centre de données fonctionne avec des charges électriques très légères. Les économies d'énergie associées au mode éco diminuent avec l'arrivée d'ASI de nouvelle génération offrant un meilleur rendement.

L'utilisation du mode éco comporte des risques. Le mode éco introduit plusieurs nouveaux modes de fonctionnement du centre de données et réduit la protection de l'alimentation. Les alimentations électriques et l'équipement informatique actuels sont plus résistants aux variations de la puissance que les générations précédentes de ces équipements, suggérant qu'ils puissent fonctionner avec fiabilité en mode éco. Les systèmes complexes, composés d'un mélange d'équipements informatiques, de transformateurs, de commutateurs de transfert et éventuellement d'autres charges non informatiques, sont toutefois moins prévisibles sur le plan des réponses aux événements peu fréquents et inhabituels liés à l'alimentation. En outre, leur compatibilité avec le mode éco est moins sûre. Ces considérations ont autrefois beaucoup limité l'utilisation du mode éco dans les centres de données réels, et il est probable que cette situation perdure.

En revanche, l'avènement du mode éco avancé a considérablement diminué ces risques (déjà rares), pour un coût minime en termes de rendement par rapport au mode éco standard. Le mode éco avancé permet des économies d'énergie en offrant une meilleure protection aux charges connectées que le mode éco standard. Différents fournisseurs mettent en œuvre le mode éco avancé selon diverses méthodes, ce qui produit des variations importantes en termes de réaction aux pannes, atténuation des harmoniques et autres caractéristiques entre les différentes ASI.

Le fonctionnement du mode éco s'apparente à la transmission d'un bâton lors d'une course de relais. Un fonctionnement correct est essentiel. Chaque transmission est un peu différente et, à de rares occasions, un problème peut survenir. C'est pourquoi le mode éco doit être utilisé dans les situations où le nombre de transmissions est le plus faible possible, par exemple lorsque la qualité de l'alimentation est excellente.

À mesure que la conception des centres de données, des hôpitaux et des installations industrielles se normalise, l'amélioration de l'équipement continue et les expériences concrètes du mode éco s'accumulent, tandis que la prévisibilité et la confiance dans ce mode évoluent positivement.



À propos de l'auteur

Neil Rasmussen est vice-président senior du service Innovation de Schneider Electric. Il est chargé de la direction technique du plus important budget au monde consacré à la recherche et au développement de l'infrastructure physique (alimentation, climatisation et rack) de réseaux stratégiques.

Neil Rasmussen détient 25 brevets liés au haut rendement et à l'infrastructure d'alimentation et de refroidissement des centres de données à haute densité. Il a publié plus de 50 livres blancs portant sur les systèmes d'alimentation et de refroidissement, dont une grande partie a été traduite dans plus de 10 langues. Il s'est récemment intéressé plus spécifiquement à l'amélioration du rendement énergétique. Il est internationalement reconnu dans son rôle de conférencier sur le thème des centres de données à haut rendement. Neil Rasmussen travaille actuellement au développement d'infrastructures évolutives à haut rendement et haute densité pour les centres de données. C'est l'un des principaux architectes du système InfraStruXure d'APC.



Les différents types de systèmes d'ASI

Livre blanc 161



Consultez tous les livres blancs

whitepapers.apc.com



Voir tous les outils TradeOff

tools.apc.com



Contactez-nous

Pour des commentaires sur le contenu de ce livre blanc :

Data Center Science Center
dcsc@schneider-electric.com

Si vous êtes client et si vous avez des questions relatives à votre projet de datacenter :

Contactez votre représentant Schneider Electric
www.apc.com/support/contact/index.cfm