BROCHURE INTERACTIVE

Livre blanc

Repenser l'architecture d'alimentation des data centers à grande échelle

Comment les architectures à blocs redondants (Catcher) optimisent l'infrastructure électrique tout en maintenant une haute disponibilité.

découvrir ›



When **energy** matters

socomec
Innovative Power Solutions

Sommaire

1. Introduction

2. Principes de conception

3. Architecture distribuée

4. Architecture à blocs redondants (Catcher)

5. Cas pratique





Le défi ne consiste plus seulement à garantir la résilience, mais également à structurer l'architecture d'alimentation de manière à maintenir la disponibilité tout en maîtrisant la croissance, la complexité et les coûts de l'infrastructure et ce, à grande échelle.

L'architecture d'alimentation à l'ère des data centers à grande échelle

La haute disponibilité reste une exigence incontournable dans les data centers. Garantir une alimentation continue des charges informatiques est essentiel dans la mesure où la moindre interruption affecte directement la continuité du service et la performance opérationnelle.

Dans le même temps, les data centers passent à une nouvelle échelle. Sous l'impulsion de l'**intelligence artificielle (IA), du calcul haute performance (HPC) et du développement du cloud,** la **taille et la densité de puissance** des installations augmentent de manière significative. Les grands data centers d'une puissance **supérieure à 50 MW sont désormais monnaie courante,** les salles de serveurs individuelles fonctionnant quant à elles à des puissances de plusieurs mégawatts.

À une telle échelle, la façon dont l'infrastructure électrique est conçue est déterminante pour l'ensemble du data center. L'architecture d'alimentation a une influence directe sur :

- Le niveau de redondance garantissant l'objectif de **disponibilité** de 99,999 % (5 neuf)
- Le **taux d'utilisation de la capacité**
- La **modularité** du data center en vue de son **évolution future**
- La **complexité de la distribution électrique** pour l'alimentation des charges informatiques
- Les dépenses d'investissement et de fonctionnement **(CAPEX et OPEX)**
- **Les stratégies de maintenance** et les contraintes opérationnelles
- L'**encombrement global des équipements du site**
- **L'empreinte carbone globale du data center**

Face à cette augmentation de la taille des infrastructures, l'architecture traditionnelle doit répondre aux attentes des clients en termes de disponibilité tout en optimisant les coûts et le fonctionnement global des data centers.

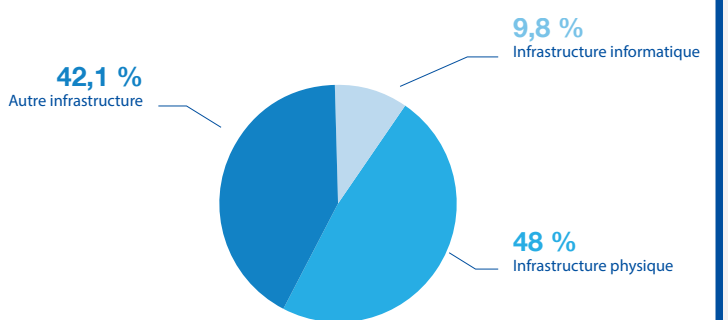
Pourquoi l'architecture est-elle importante sur le plan économique ?

Dans les environnements en colocation, l'infrastructure physique représente près de la moitié du montant total des investissements.

L'architecture d'alimentation déterminant l'intégralité du chemin d'alimentation, notamment les transformateurs, les générateurs, les tableaux de distribution, les systèmes ASI, les batteries et la distribution électrique, elle a une incidence directe sur la quantité d'équipements installés et, par conséquent, sur le coût total de possession (TCO) du data center.

Le choix de l'architecture d'alimentation est donc une décision qui ne porte pas uniquement sur la résilience, mais également sur les investissements stratégiques.

Data center de colocation : répartition des investissements par type d'infrastructure



Source : Frost & Sullivan 2025. Les autres infrastructures incluent le terrain, les bâtiments, le gros œuvre, etc.

Clément Barthelmebs
Responsable marketing data center, SOCOMEC



L'époque où l'on surdimensionnait l'infrastructure pour obtenir une redondance supplémentaire est révolue. Une approche réussie consiste désormais à fournir le niveau de disponibilité adéquat tout en optimisant la flexibilité et l'efficacité de l'infrastructure.

La redondance comme choix architectural

Alors que la taille des data centers augmente, les choix effectués en matière d'architecture ont un impact de plus en plus important sur l'efficacité de l'infrastructure, la simplicité opérationnelle et l'évolutivité à long terme.

Plusieurs modèles d'architecture d'alimentation permettent d'atteindre les objectifs de disponibilité élevée tout en structurant la redondance de différentes manières.

Ces approches ne déterminent pas seulement les niveaux de résilience, mais ont également un impact sur le taux d'utilisation de l'infrastructure, la complexité de la distribution et l'évolutivité future.

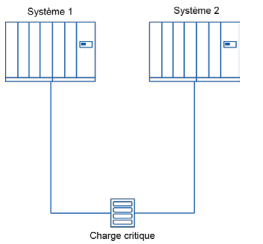
La redondance doit par conséquent être considérée comme un paramètre de conception structurant et pas seulement comme une exigence en termes de fiabilité.

Les architectures redondantes courantes incluent :

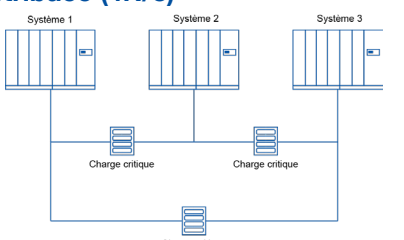
- **Les architectures 2N, dans lesquelles l'intégralité de la chaîne électrique est dupliquée de manière à créer deux chemins d'alimentation entièrement indépendants.**
- **Les architectures à redondance distribuée (telles que 4N/3), dans lesquelles la capacité de réserve est répartie entre plusieurs modules de puissance et chemins de distribution.**
- **Les configurations à blocs redondants ou N+1, dans lesquelles une capacité supplémentaire est ajoutée au niveau des composants ou des systèmes.**

Tous ces modèles sont conformes aux normes de disponibilité reconnues (telles que les classifications Tier), mais reposent sur des modes d'organisation de la redondance complètement différents.

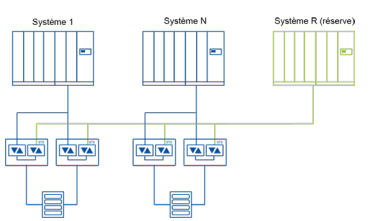
Architectures 2N



Architectures à redondance distribuée (4N/3)

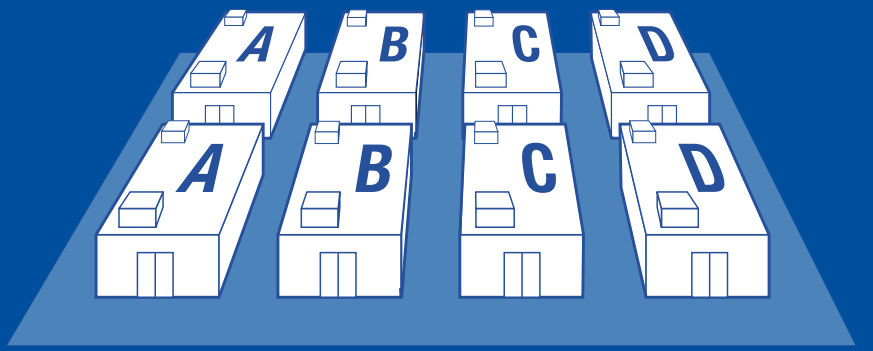


Configurations à blocs redondants ou N+1



Architecture à redondance distribuée (4N/3)

L'architecture à redondance distribuée 4N/3, souvent désignée sous le terme « 4M3 » (4 makes 3), est très répandue dans les data centers à grande échelle, où elle permet d'obtenir une tolérance élevée aux pannes tout en améliorant le taux d'utilisation de l'infrastructure.



Principe de fonctionnement

Dans cette architecture, le data center est alimenté par **quatre sources d'alimentation indépendantes (A, B, C, D),** chacune étant protégée par son propre système ASI.

Le système est conçu de telle façon que la perte d'un système ASI ou d'une source d'alimentation peut être absorbée par les trois systèmes restants.

Cette approche offre une redondance tout en évitant le faible taux d'utilisation généralement associé aux architectures entièrement dupliquées.

Dans des conditions de fonctionnement normales :

- Les quatre systèmes ASI se répartissent la charge informatique à parts égales
- Chaque ASI fonctionne généralement jusqu'à **75 % de sa capacité nominale**
- La charge est répartie entre toutes les sources d'alimentation disponibles

En cas de panne d'une source d'alimentation :

- Les trois systèmes ASI restants absorbent automatiquement la charge affectée
- Chaque ASI augmente sa puissance de sortie jusqu'à atteindre 100 % de sa capacité
- L'alimentation de la charge informatique n'est pas interrompue : les blocs d'alimentation des serveurs utilisent automatiquement l'alimentation des sources restantes disponibles

Architecture à redondance distribuée (4N/3)

Principales caractéristiques

Haute disponibilité
Aucun point unique de défaillance.

Aucun point unique de défaillance
4 systèmes indépendants.

Redondance distribuée
Capacité de secours répartie entre les sources d'alimentation actives.

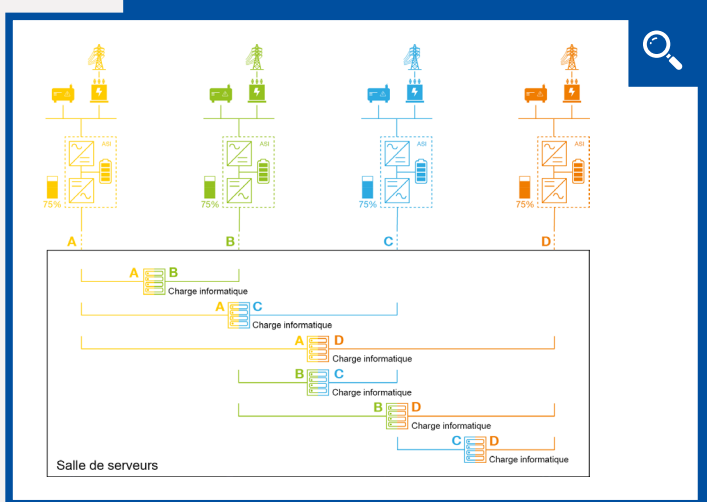
Complexité de la distribution
Plusieurs sources et interconnexions dans tout l'espace blanc.

Gestion opérationnelle
Nécessite un équilibrage de la charge et une coordination de l'infrastructure.

Utilisation de l'infrastructure
En conditions de pleine charge, les systèmes ASI fonctionnent généralement à environ 75 % de leur capacité.

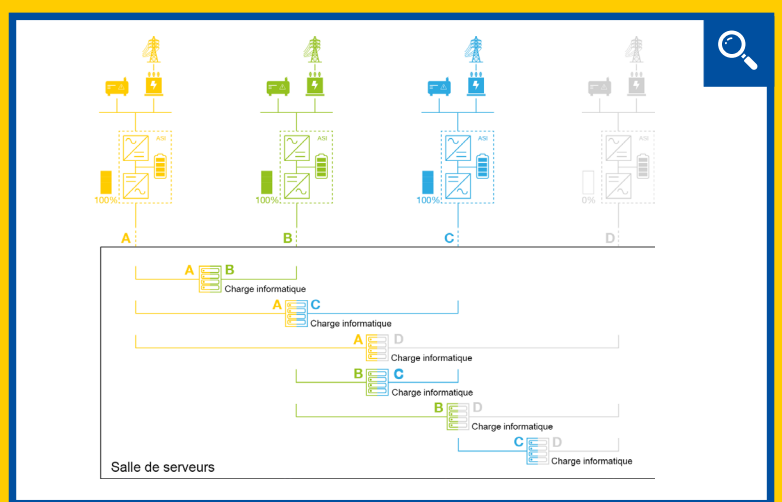
Mode de fonctionnement normal

4 sources | **Jusqu'à 75 % de taux d'utilisation**



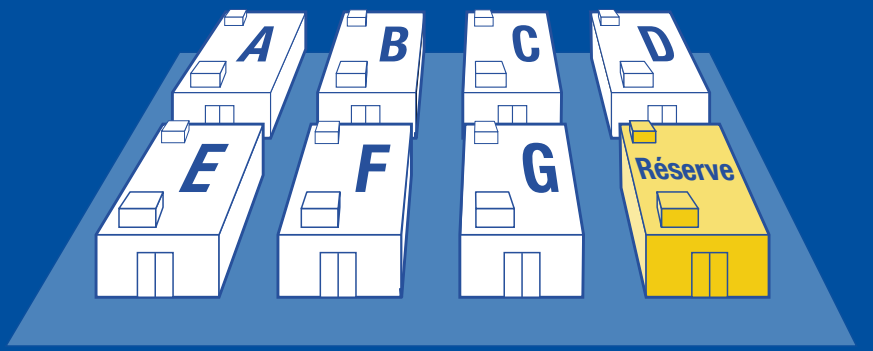
En cas de panne ou de maintenance planifiée

3 sources restantes | **Jusqu'à 100 % de taux d'utilisation'**



Architecture à blocs redondants (Catcher)

L'architecture Catcher, également appelée architecture à blocs redondants, centralise la redondance via une source de réserve partagée, optimisant le taux d'utilisation de l'infrastructure électrique active et réduisant les coûts de l'architecture globale.



Principe de fonctionnement

Dans cette architecture, le data center est divisé en plusieurs blocs de puissance principaux indépendants alimentant des groupes spécifiques de charges informatiques.

Dans cette configuration :

- N sources d'alimentation principales alimentent la charge
- 1 source redondante est installée et fait office de réserve partagée pour l'ensemble du groupe
- Chaque charge informatique est connectée à la fois à sa source principale et à la réserve via un système de transfert statique (STS)

Dans des conditions normales :

- Chaque ligne principale supporte la part de la charge qui lui est attribuée, avec un taux d'utilisation proche de 100 %
- La ligne redondante reste inactive et sans charge
- Chaque charge est alimentée exclusivement par sa source principale via le STS

En cas de panne ou de maintenance planifiée :

- La charge affectée est transférée au bloc de puissance de réserve
- Le transfert s'effectue de manière automatique sans perturbations
- Les systèmes principaux restants continuent de fonctionner sans redistribution

Ce principe de fonctionnement est très différent de celui des architectures distribuées. Au lieu de répartir la capacité de réserve entre plusieurs systèmes actifs, le modèle Catcher s'appuie sur une source de secours prête à prendre le relais en cas de défaillance d'une source principale.

Architecture à blocs redondants (Catcher)

Principales caractéristiques

Redondance partagée
Capacité de secours répartie entre plusieurs blocs de puissance.

Distribution simplifiée
Moins d'interconnexions et de sources actives dans l'espace blanc.

Gestion opérationnelle
Maintenance simplifiée grâce au nombre réduit de composants actifs.

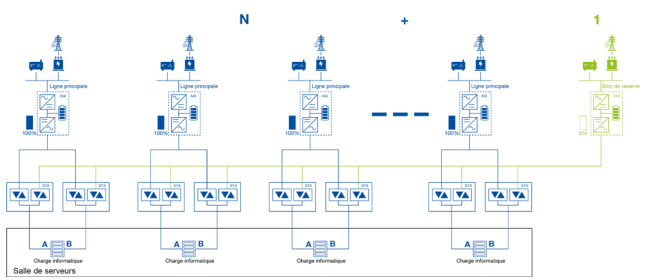
Utilisation de l'infrastructure
Dans des conditions normales, les blocs de puissance principaux peuvent fonctionner à une capacité proche de leur capacité maximale.

Évolutivité et flexibilité
Architecture modulaire permettant une augmentation progressive de la capacité au fur et à mesure que la demande augmente.

Durabilité
Moins d'équipements électriques et de lignes de distribution, ce qui réduit l'empreinte carbone globale.

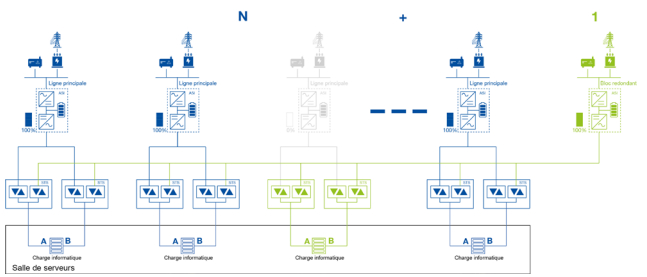
Mode de fonctionnement normal

N + R sources | Jusqu'à **100 %** de taux d'utilisation



En cas de défaillance

(N-1) + R sources restantes | Jusqu'à **100 %** de taux d'utilisation



Architecture à blocs redondants (Catcher)

Plusieurs architectures Catcher peuvent être mises en œuvre dans un data center. La principale différence réside dans la manière dont le bloc redondant est connecté et transféré aux entrées d'alimentation des côtés A et B des racks informatiques en cas de défaillance d'une source d'alimentation.

Trois architectures types peuvent ainsi être envisagées :

Architecture Catcher à double STS

Les chemins d'alimentation A et B des serveurs sont connectés au bloc redondant via des unités STS dédiées.

- En cas de défaillance d'une source d'alimentation, les flux des chemins A et B sont immédiatement transférés au bloc redondant.
- La continuité de l'alimentation de toutes les charges informatiques est ainsi maintenue conformément à la courbe ITIC.
- La redondance complète à double chemin est ainsi préservée.

Niveau de résilience le plus élevé

VOIR ARCHITECTURE 1

Architecture Catcher à STS unique

Un seul chemin d'alimentation est connecté au bloc redondant via un STS dédié.

- En cas de défaillance d'une source d'alimentation, le flux d'alimentation protégé est transféré immédiatement au bloc redondant.
- La continuité de l'alimentation des charges informatiques est maintenue conformément à la courbe ITIC via un seul chemin d'alimentation entièrement protégé.
- Un seul chemin d'alimentation entièrement protégé est maintenu.

Optimisation des dépenses d'investissement et maintien d'un seul chemin d'alimentation entièrement redondant

VOIR ARCHITECTURE 2

Architecture Catcher à STS + ATS

Le bloc redondant est connecté via l'association d'un STS et d'un ATS.

- En cas de défaillance d'une source d'alimentation, un flux d'alimentation est immédiatement transféré via le STS tandis que le deuxième flux d'alimentation est transféré via l'ATS (généralement dans un délai de 500 ms).
- La continuité de l'alimentation des charges informatiques est maintenue.
- La redondance à double chemin est préservée après la défaillance de la source d'alimentation.

Juste équilibre entre résilience et dépenses d'investissement

VOIR ARCHITECTURE 3

Pourquoi le STS est-il un élément essentiel des architectures à blocs redondants ?

Dans une architecture à blocs redondants, le système de transfert statique (STS) est le composant qui connecte la charge critique à la source d'alimentation principale ou à la ligne d'alimentation de réserve.



Dans des conditions de fonctionnement normales, la charge est alimentée par son chemin d'alimentation principal. En cas de défaillance, de dégradation de la source ou de maintenance, le STS transfère automatiquement la charge au chemin de réserve, garantissant ainsi la continuité de l'alimentation.

Le STS ne se contente donc pas d'effectuer un transfert entre sources : il permet de structurer la redondance au niveau des blocs tout en préservant la tolérance aux pannes requise dans les data centers critiques.

Principales fonctions du système de transfert statique (STS)

Transfert automatique de sources
Transfère la charge du chemin d'alimentation principal au chemin de réserve en cas de défaillance, de dégradation de la source ou de maintenance.

Isolation des défauts
Permet d'isoler les perturbations électriques et d'empêcher la propagation des défauts entre les chemins d'alimentation.

Les disjoncteurs d'entrée supplémentaires intégrés au STS améliorent la sélectivité du système.

Protection contre la propagation des courts-circuits
Le STS intelligent détecte les anomalies et empêche la propagation des défauts de court-circuit dans le bloc redondant.

Gestion intelligente de la charge
Les fonctions de contrôle intégrées gèrent les séquences de transfert afin d'empêcher la surcharge du chemin de réserve en cas d'anomalies.

Fiabilité éprouvée
Les technologies STS modernes offrent un MTBF de plusieurs millions d'heures et ont fait leurs preuves dans une multitude d'environnements critiques.

Cas pratique
Data center informatique de 60 MW

Pour illustrer les différences structurelles existant entre l'architecture distribuée et l'architecture à blocs redondants, examinons un cas pratique simplifié portant sur des salles de serveurs. Cette comparaison montre comment l'organisation de la redondance a une incidence directe sur l'infrastructure devant être installée pour supporter une charge informatique donnée et pourquoi l'architecture devient un paramètre de conception de plus en plus important à mesure que la taille des data centers augmente.



Définition du cas pratique

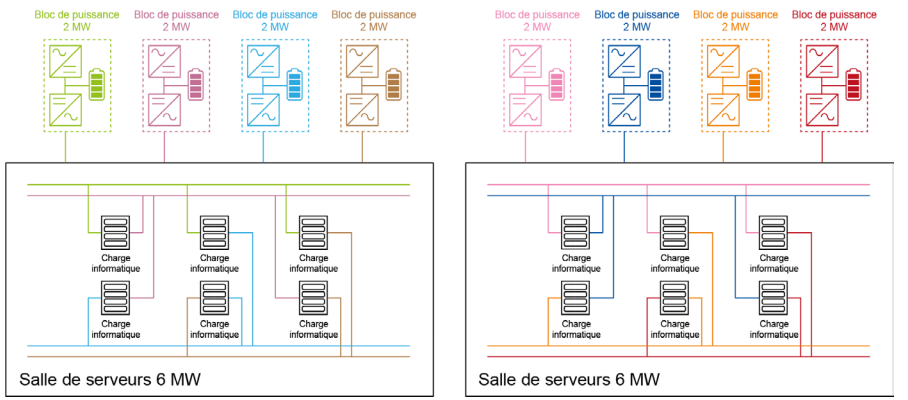
Le scénario de référence s'appuie sur les données suivantes :

- 10 salles de serveurs d'une puissance de 6 MW chacune
- Charge informatique totale : 60 MW

Une conception de data center Tier 3 est envisagée en recourant à deux approches architecturales différentes :

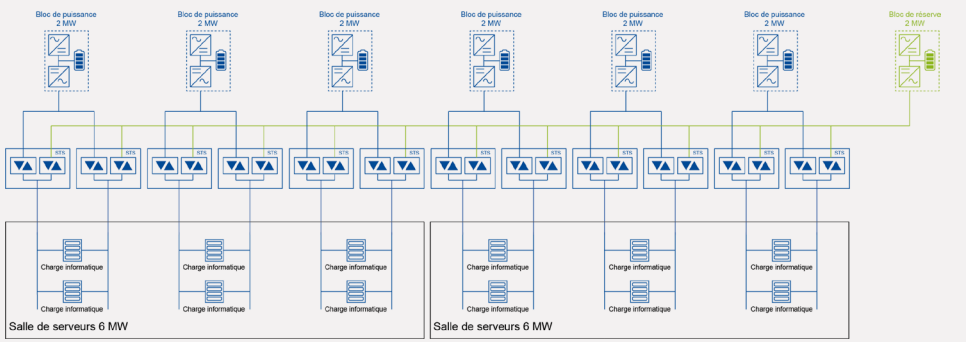
- une architecture distribuée – « 4 makes 3 » (4N/3)
- une architecture à blocs redondants (6+1)

Architecture distribuée (4N/3)
Charge informatique de 12 MW



VOIR PLUS

Architecture à blocs redondants (Catcher) 6+1
Charge informatique de 12 MW



VOIR PLUS

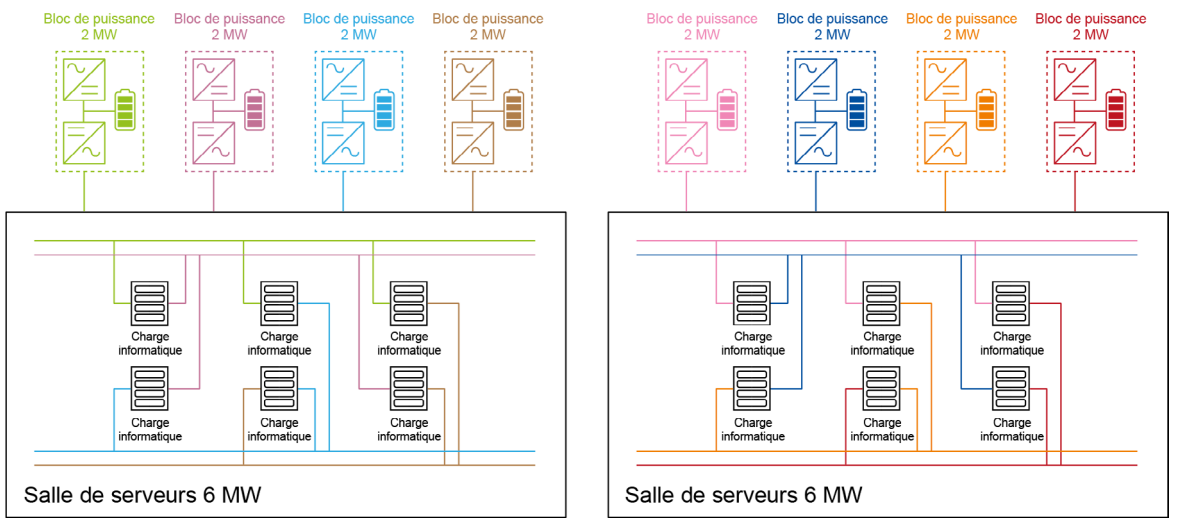
Architecture distribuée (4N/3)

RETOUR AUX ARCHITECTURES

2 salles de serveurs représentent

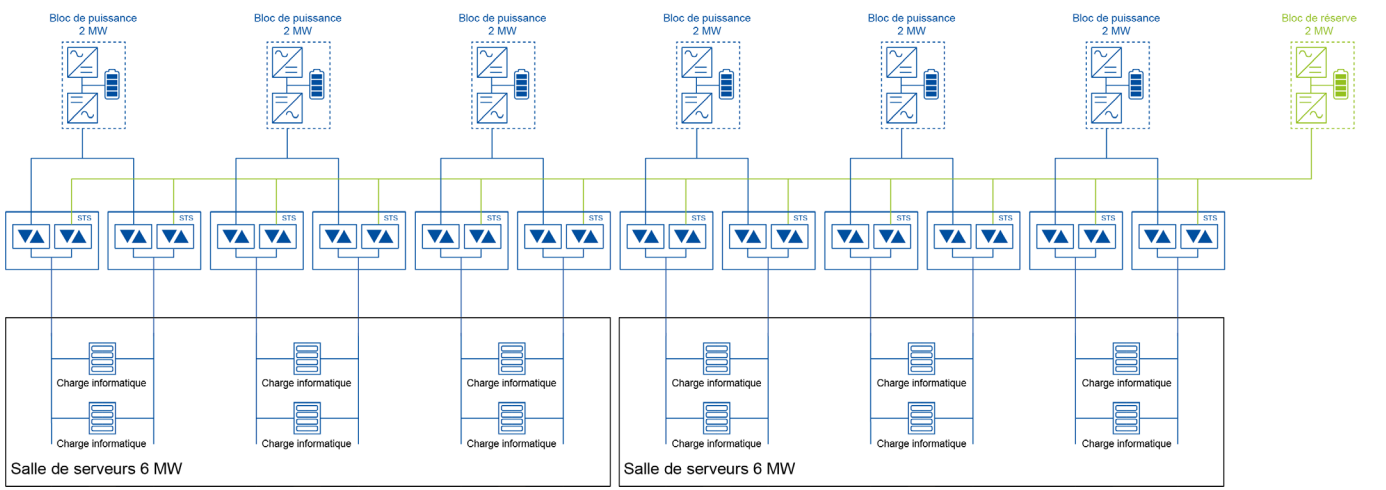
une puissance installée totale de 16 MW pour charge IT de 12 MW

soit une capacité de 25 % inutilisée la plupart du temps



Architecture à blocs redondants (Catcher)

RETOUR AUX ARCHITECTURES



2 salles de serveurs représentent

une puissance installée totale de 14 MW pour charge IT de 12 MW

soit 1/6 de la capacité inutilisée la plupart du temps

Même disponibilité. 10 MW d'infrastructure en moins.

Data center informatique de 60 MW – architecture 4N/3 par rapport à une architecture à blocs redondants

Architecture 4N/3

80 MW
puissance critique installée

-10 MW
-12,5 %
puissance installée en moins

Architecture à blocs redondants

70 MW
puissance critique installée, STS inclus

Économie d'une infrastructure de 10 MW

- Groupes électrogènes
- Cellules MT et transformateurs
- Systèmes ASI + batteries
- Distribution électrique et protection : appareillages BT, busways, câbles
- Installation et mise en service

CAPEX
Des millions d'économies potentielles

Moins d'équipements à acheter et à mettre en service

Empreinte carbone
> 80 % réduction de l'empreinte carbone nette des équipements 10 MW versus STS installé

Moins d'équipements à fabriquer, à transporter et à installer = réduction de l'empreinte carbone intrinsèque

Opérations
Moins d'équipements, exploitation simplifiée

Moins de maintenance préventive, de remplacements de batteries, de tests des générateurs...

Avec les blocs redondants, l'efficacité de l'infrastructure se traduit par une réduction du TCO — sans compromettre la disponibilité.

Les principaux points à retenir

La disponibilité reste une exigence incontournable

Des architectures différentes peuvent être utilisées pour répondre aux mêmes exigences en termes de résilience.

01 À grande échelle, le choix de l'architecture est primordial

Alors que la taille des data centers augmente, les choix effectués en matière d'architecture ont un impact de plus en plus important sur les dépenses d'investissement (CAPEX), la simplicité opérationnelle et l'évolutivité à long terme.

02 La redondance peut être organisée différemment

Les architectures distribuées et à blocs redondants atteignent les objectifs de disponibilité via des approches différentes.

03 L'efficacité de l'infrastructure revêt une importance croissante

L'impact des choix effectués en matière d'architecture ne se limite pas à la résilience. Il se répercute également sur l'empreinte carbone, les besoins de maintenance et le taux d'utilisation de l'infrastructure.

04 Les architectures à blocs redondants fournissent une approche alternative

En partageant la capacité de réserve via la technologie de transfert par STS, les architectures à blocs redondants offrent une disponibilité élevée tout en réduisant la duplication des infrastructures.

Merci !

socomec
Innovative Power Solutions