

LIVRE BLANC

Une solution à délai de transit ultra faible pour les services d'utilité publique

En 2003, le nord-est des États-Unis a connu la [plus grande coupure de courant](#) dans l'histoire du pays. Pendant deux jours, 50 millions d'abonnés dans huit états et plusieurs régions de l'Ontario se sont trouvés sans électricité, avec pour conséquence une perte économique estimée à 6 milliards de dollars. La cause principale de cette panne : une incapacité à reconnaître, évaluer et comprendre les insuffisances et la détérioration de certaines parties du réseau électrique sur de larges régions, un problème récurrent dans la gestion des infrastructures critiques. Avec des répercussions sur la réputation, des pénalités coûteuses et des pertes financières directes se chiffrant en milliards de dollars, la fiabilité des réseaux au niveau de l'infrastructure critique a été (et reste) un souci majeur dans le secteur des services d'utilité publique.

Outre des dégâts aux systèmes et aux équipements coûteux à réparer, les défaillances du système électrique peuvent entraîner des perturbations sur les opérations normales du système. Des perturbations importantes peuvent même provoquer la perte de stabilité des systèmes et des coupures de courant à grande échelle. L'élimination des défaillances est donc une partie intégrante de la conception, de la maintenance et de l'exploitation des systèmes de transmission et de distribution d'énergie. Les plans de protection imaginés pour identifier et éliminer les défaillances répondent à des objectifs variés sur l'ensemble du réseau :

- Retirer l'élément défaillant du reste du système.
- Limiter ou éviter les dégâts aux équipements.
- Empêcher de graves oscillations de puissance ou une instabilité du système.
- Réduire au minimum les effets négatifs sur les charges client.
- Maintenir la capacité de transfert du système électrique.
- Empêcher les blessures aux personnes.

Plans, applications et convergence

Un type de méthode couramment mis en œuvre dans les sous-stations électriques est un plan de protection assisté par télécommunications à travers le WAN. Ce type de plan facilite la coordination et le partage des données entre les dispositifs de protection et permet d'employer des méthodes qui améliorent la fiabilité, la sélectivité, la sécurité et la rapidité du plan. Des télécommunications fiables permettent la mise en œuvre de plans de comparaison différentielle, tels que la protection différentielle de ligne (87L).

Des WAN sont utilisés pour transporter les canaux multiplexés de protection par relais, en plus des autres services de sous-station (voix, téléprotection, télémétrie, vidéo, contrôle et automatisation, e-mail et LAN d'entreprise) et sont devenus une partie intégrante et nécessaire des systèmes modernes de protection des réseaux électriques.

Le protocole TDM/SONET a été largement adopté dans le secteur de la distribution électrique comme technologie favorite de transport WAN car il offre un faible délai de transit, une exploitation déterministe et une asymétrie minimale. Cependant, on note dans le secteur une nette tendance à passer à l'Ethernet et aux réseaux de paquets pour toutes les applications et les services liés à la distribution électrique, y compris la protection. Si les opérateurs s'éloignent des systèmes basés sur TDM, en particulier SONET et SDH, c'est qu'ils désirent faire converger leurs réseaux IT et OT et les standardiser avec un ensemble commun d'interfaces afin de réduire leurs dépenses d'investissement et d'exploitation. La migration vers des technologies de réseau à base de paquets telles que Carrier Ethernet a engendré un nouveau défi : celui de concevoir des services de téléprotection offrant le déterminisme et les garanties de performances exigés par les applications de protection.

Maintenir le réseau
électrique opérationnel
En savoir plus



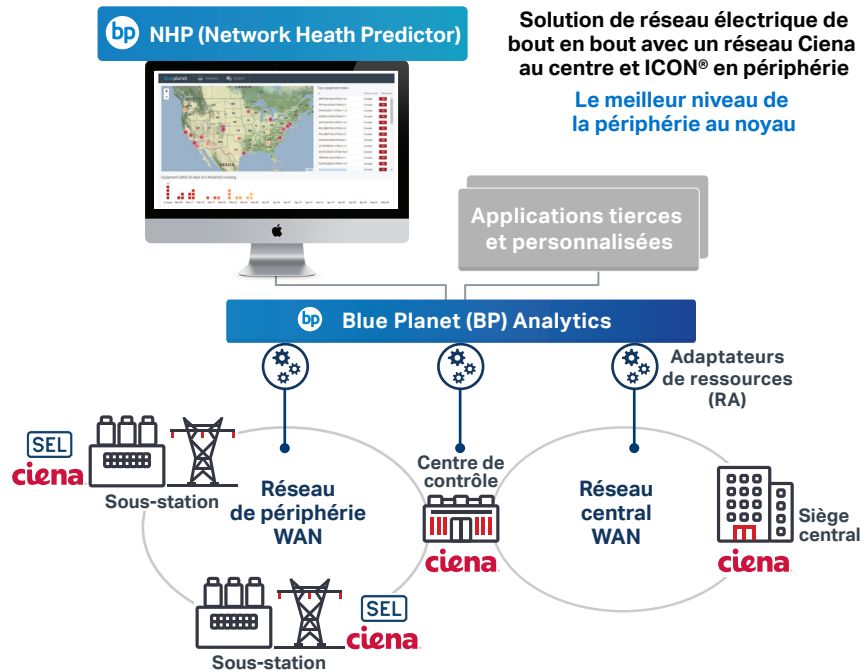


Figure 1. Solution de réseau électrique de bout en bout avec un réseau Ciena au centre et ICON en périphérie

Si les opérateurs s'éloignent des systèmes basés sur TDM, en particulier SONET et SDH, c'est qu'ils désirent faire converger leurs réseaux IT et OT et les standardiser avec un ensemble commun d'interfaces afin de réduire leurs dépenses d'investissement et d'exploitation.

Pour éviter une panne de courant telle que celle de 2003, il faut une solution assurant un délai de transit ultra faible et un basculement très rapide. En cas de défaillance d'un système électrique, des plans de protection assistés par télécommunications sur le WAN se mettent en œuvre pour isoler la défaillance et empêcher l'apparition d'une instabilité autour de celle-ci. La correction des défaillances sur les infrastructures majeures de transmission doit s'effectuer en quelques millisecondes. Si la défaillance du système électrique n'est pas détectée et communiquée dans les plus brefs délais, les équipements risquent d'être endommagés et de plus vastes portions du réseau peuvent être affectées.

Pour relever ces défis, Ciena a conclu un partenariat avec une solution de premier choix pour les sous-stations électriques, fournie par [Schweitzer Engineering Labs \(SEL\)](#).

La solution de transport par paquets déterministe SEL ICON (Integrated Communications Optical Network) prend l'approche innovante d'assurer un trafic critique avec des délais de transit réduits et déterministes sur un réseau de

transport Carrier Ethernet de Ciena. Le concept est de préserver les performances de TDM, qui sont actuellement disponibles sur la plate-forme ICON SONET, sans dégradation lorsque le transport se fait sur Carrier Ethernet selon un protocole de transport WAN.

[À propos de Ciena et de la solution SEL](#)



Résultats des tests de délai de transit et de basculement d'une encapsulation SONET à travers un réseau central Carrier Ethernet Ciena

Les résultats de tests suivants démontrent qu'il est possible, avec le concept SEL ICON VSN (Virtual SONET Network), de fournir de manière constante un faible délai de transit, une faible asymétrie des canaux et une restauration extrêmement rapide des systèmes OT à la suite de défaillances sur les réseaux centraux et de périphérie. Ces résultats de performances respectent les exigences des applications de protection.

Plusieurs standards définissent les exigences en matière de performances des canaux de communication pour les applications de sous-stations électriques. En prenant les critères de performances spécifiés dans IEEE 1646 et CEI TR 61850-90-12 et en incluant les exigences d'asymétrie et de restauration des fabricants de relais, nous pouvons établir une synthèse des exigences de performances des canaux de communication pour les applications de protection (cf. tableau I).

Plan	Délai de transit (ms)	Asymétrie (ms)	Restauration (ms)
Protection 87L	5	< 0,5	5
Protection pilote	8	5	5
Déclenchement de transfert direct	10	5	5

Tableau I. Exigences de performances des canaux de communication pour les circuits de protection

Tests de délai de transit et résultats

Les tests suivants fournissent des données de performances concernant l'encapsulation de services avec SEL ICON sur un réseau central Carrier Ethernet (Ciena 3930/3932 IT WAN Node). Ce réseau utilisait la topologie présentée sur la figure 2.

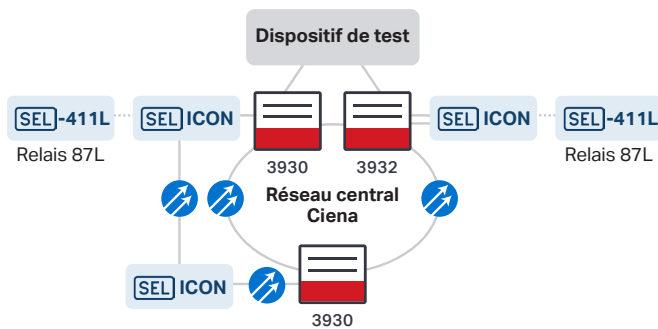


Figure 2. Topologie de réseau test

Pour établir un ensemble de données de référence, deux relais 87L ont été connectés dos-à-dos avec un cavalier de fibre optique (cf. figure 3).

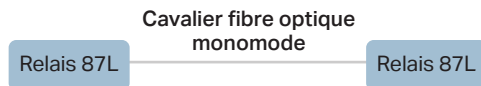


Figure 3. Topologie de réseau test

Ensuite, les relais 87L de référence ont été connectés à un VSN à trois nœuds. Les données de délai de transit et d'asymétrie ont été enregistrées pour être comparées aux données de relais de référence. La figure 4 présente la topologie du système de test VSN.

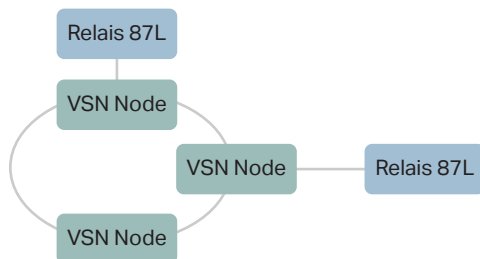


Figure 4. Réseau de test VSN

Le réseau de test VSN a ensuite été étendu à la topologie présentée sur la figure 1. Un WAN Carrier Ethernet Ciena à trois nœuds a été inséré pour servir de réseau central, de telle sorte que le VSN de test se trouvait relié via le WAN et que les relais 87L étaient toujours connectés au VSN. Un dispositif de test a été utilisé pour générer le trafic réseau, simulant des conditions classiques de charge de trafic. L'objectif était de vérifier que le réseau central pouvait utiliser les paramètres QoS (qualité de service) pour accorder au VSN une plus haute priorité qu'au reste du trafic réseau et ainsi maintenir des performances déterministes. Pour le réseau central Carrier Ethernet de Ciena, on a octroyé au VSN une classe de service résolue fixe (F-RCoS) de 0, tandis que le trafic issu du dispositif de test recevait un F-RCoS de 7.

Les tests ont été réalisés sur les nœuds du WAN central Carrier Ethernet Ciena présentés à la figure 1. Dans chaque test, un relais 87L a été utilisé pour établir un circuit de protection 87L et les fonctionnalités de mesure internes des relais ont été utilisées pour mesurer le délai de transit et l'asymétrie du canal. Les paramètres de performances de délai de transit et d'asymétrie ont été enregistrés pour la mise en œuvre du réseau Carrier Ethernet. Une série de cinq mesures séparées a été effectuée à chaque test pour calculer ensuite la moyenne des délais de transit et des asymétries.

Le tableau II présente les résultats comparés aux données de référence et à celles liées au VSN seul. Chaque appareil périphérique OT du VSN utilisait un tampon de gigue de taille variable basé sur la variation PDV du réseau central afin d'optimiser les délais de transit via le réseau central IT. Un paramètre PDV a été utilisé pour ajuster la taille du tampon de gigue. Pour le réseau Carrier Ethernet, la variation PDV utilisée était de 50 µs.

Les résultats de test repris dans le tableau II montrent que le réseau Carrier Ethernet de Ciena n'a allongé le délai de transit aller-retour que de 1 ms par rapport aux configurations de référence et par VSN uniquement. Le réseau central a introduit une asymétrie minimale et les résultats sont largement conformes aux exigences de performances des canaux de communication des circuits de protection 87L résumés dans le tableau I.

Paramètre	Ligne de base (ms)	VSN (ms)	VSN et Carrier Ethernet (ms)
Délai de transit (aller-retour)	0,1	0,1	1,1
Asymétrie	0,0	0,0	0,04

Tableau II. Résultats des tests de performances des canaux de communication

Ce qui est plus important, les tests ont confirmé que des paramètres QoS appropriés peuvent être définis pour fournir aux circuits VSN une priorité suffisante sur les autres services afin d'assurer la remise déterministe des trames VSN et préserver ainsi l'intégrité et le timing des données SONET encapsulées.

Un transport de paquets déterministe assure des performances de pointe

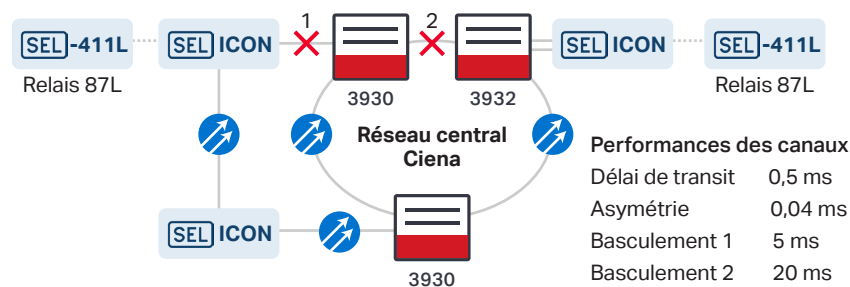


Figure 5. Résultats des tests de basculement du réseau central et de périphérie

Résultats des tests de rétablissement du réseau

Les performances de rétablissement du réseau sur des chemins VSN peuvent être optimisées en aménageant des tunnels point à point non protégés à travers le réseau central. Le rétablissement du réseau est alors effectué par l'appareil de périphérie OT du VSN plutôt que par le réseau central.

Les tests de rétablissement suivants ont été réalisés afin de comparer les performances des basculements par la périphérie par rapport à ceux par le réseau central. Le test de basculement du réseau central consistait à rompre la fibre sur la liaison, comme présenté sur la figure 5 (Basculement 1) et à faire basculer le réseau central vers le chemin redondant du côté opposé de l'anneau. Dans le test de basculement par le réseau de périphérie présenté à la figure 5 (Basculement 2), une liaison entre l'appareil de périphérie OT et le nœud du WAN Carrier Ethernet Ciena a été rompue et c'est le réseau de périphérie OT qui a effectué le rétablissement.

Les résultats de test de basculement de la figure 5 montrent qu'on peut obtenir un gain significatif de performances en utilisant le réseau de périphérie OT pour le rétablissement du réseau.

Résumé

Les sociétés de distribution électrique mettent en œuvre des réseaux électriques hautement intelligents pour améliorer leur efficacité opérationnelle, répondre aux besoins des consommateurs et honorer leurs missions administratives. Ces réseaux intelligents s'appuient sur un réseau de communications bidirectionnelles qui doit offrir une haute fiabilité et un faible délai de transit, tout en étant économique à installer et à exploiter.

Ce document vous a montré qu'une approche VSN offre une méthode permettant d'assurer le transport d'un trafic critique de protection de système de contrôle sur un WAN Carrier Ethernet tout en veillant à ce que les performances des canaux de communication respectent les exigences des normes IEEE 1646 et CEI TR 61850-90-12. Cette approche apporte une réponse élégante au défi lié à la migration des circuits de protection sur TDM vers Ethernet sans dégrader les performances du réseau. La conception, la planification et la mise en œuvre des réseaux OT sont grandement simplifiées dans le cas de réseaux complexes, avec des éléments réseau centraux et en périphérie dans les sous-stations qui impliquent de combiner des équipements provenant de différents fabricants et de diverses technologies de transport.

Cette solution utilise un modèle de dimensionnement simplifié qui évolue facilement à mesure que la topologie du réseau change et s'étend. En utilisant des tunnels point à point dans le réseau central Carrier Ethernet avec le paramètre de QoS le plus élevé en dessous du NMS, le maintien des performances des circuits critiques est assuré à mesure que des modifications sont apportées au réseau, ce qui évite de devoir gérer individuellement chaque circuit de protection. Qui plus est, même si le trafic bénéficie d'une plus haute priorité, le délai sur tout le reste du trafic est négligeable (au maximum 0,1 μ s par liaison réseau pour un réseau central 10GbE).

Trouvez les réponses à vos questions
La communauté Ciena

