

MISE EN RÉSEAU AU MOMENT LE PLUS JUDICIEUX DU POINT DE VUE D'ABB

Le bon moment

La mise en réseau au moment le plus judicieux (TSN) permet de passer d'une pyramide d'automatisation classique à des solutions centrées sur le réseau, dans lesquelles des mouvements essentiels pour l'entreprise et la production peuvent coexister. Cela permet également de créer de nouveaux modèles commerciaux et de stimuler l'innovation. La TSN est-elle prête pour cette évolution ?

01



Maryam Vahabi
ABB Corporate Research
Västerås, Suède

maryam.vahabi@se.abb.com

Hariram Satheesh
ABB Corporate Research
Bangalore, Inde

hariram.satheesh@in.abb.com

Alexander Gogolev
Jörgen Gade
Johan Åkerberg
Xiaolin Jiang
Anciens employés d'ABB

La TSN est un ensemble de mécanismes d'amélioration de réseau qui rendent les réseaux Ethernet déterministes et capables de performances en temps réel. Ils sont décrits dans un ensemble de normes IEEE qui définissent les méthodes de façonnement du trafic, de

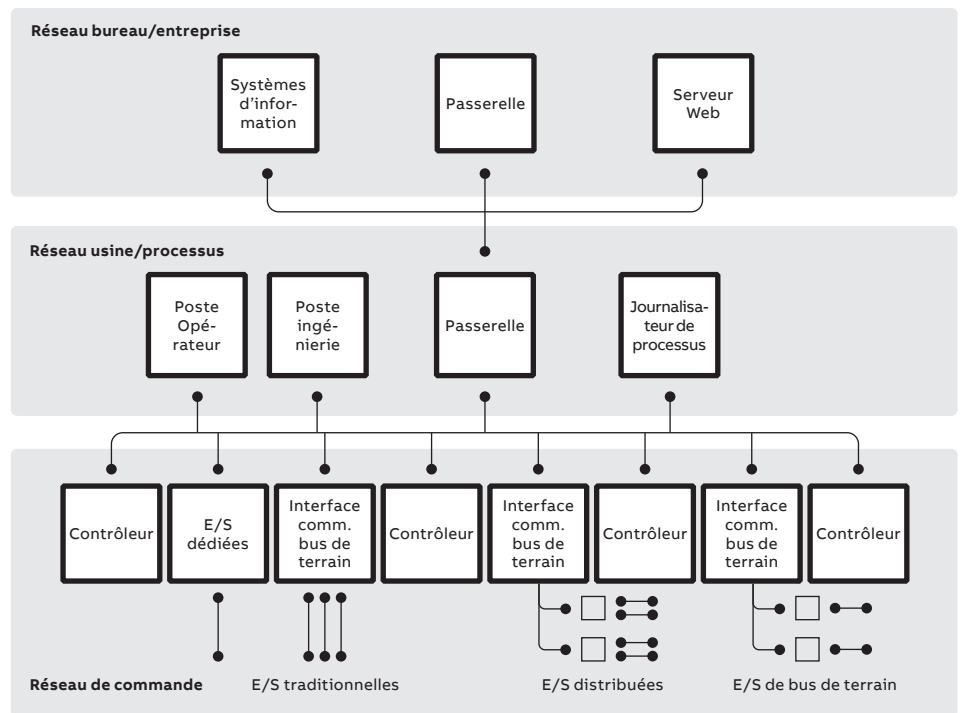
—
La TSN résout les problèmes d'interopérabilité des bus de terrain avec des interfaces et des mécanismes standardisés.

synchronisation dans l'ensemble du système, de préemption de cadre, de gestion de la qualité de service (QoS), etc. Ces fonctionnalités s'ajoutent aux normes Ethernet existantes. La TSN spécifie aussi des mécanismes supplémentaires, tels qu'une orchestration distribuée ou centralisée de réseau, la programmation à la volée de flux de données, etc.

Pourquoi avoir la TSN ?

La base de la TSN est la nature propriétaire et donc liée au fournisseur des bus de terrain existants et de toutes les limitations en termes d'équipement, de licence, de mise à niveau et de modification que cela implique. De plus, les solutions Ethernet industrielles, telles qu'EtherCAT et PROFINET ne sont pas interopérables en raison des couches supérieures propriétaires qui viennent s'ajouter aux bus de terrain Ethernet. La TSN résout ce problème d'interopérabilité avec des interfaces et mécanismes standardisés. La TSN est également un réseau convergent, ce qui permet de faire coexister plusieurs types de trafics, par exemple les applications de contrôle haute priorité et les tâches à faible priorité, telles que la navigation Internet, sur le même « câble ».

La facilité d'accès aux informations qu'elle fournit est un autre avantage de la TSN. Même dans les bus de terrain Ethernet, il est difficile d'accéder aux informations auxiliaires des appareils de terrain utilisés pour l'ingénierie, la surveillance, la maintenance prédictive, etc., du fait que les bus de terrain auraient besoin de passerelles pour la mise en cache et le pontage de données. La TSN se base sur des mécanismes Ethernet standard



02

01 La TSN crée des opportunités commerciales et techniques dans les industries de process, en ouvrant l'infrastructure des données.

02 Hiérarchie d'automatisation depuis les commandes supérieures jusqu'aux E/S : systèmes en réseaux. La TSN peut remplacer plusieurs réseaux de ce type par un seul et augmenter la capacité de trafic.

et connus et ne nécessite pas de passerelles de bas niveau.

Qu'est-ce que la TSN apporte à ABB ?

Pour une entreprise d'automatisation, l'utilisation de la TSN comporte à la fois des avantages et des défis. Un avantage clair est le fait que la TSN peut remplacer plusieurs bus de terrain par un réseau qui prend en charge un comportement plutôt déterministe, tout en fournissant une capacité de trafic plus importante →02. De plus, l'introduction des normes TSN signifie que l'équipement du réseau et les outils de gestion ne sont plus propriétaires, ce qui représente un avantage important pour les clients. L'un des défis auxquels la TSN doit faire face est le fait que les normes appropriées doivent encore être finalisées et que les outils de gestion du réseau doivent ensuite être mis en œuvre conformément à ces normes. De plus, les systèmes d'automatisation doivent être préparés pour l'utilisation de la TSN, ce qui implique des modifications logicielles et parfois matérielles.

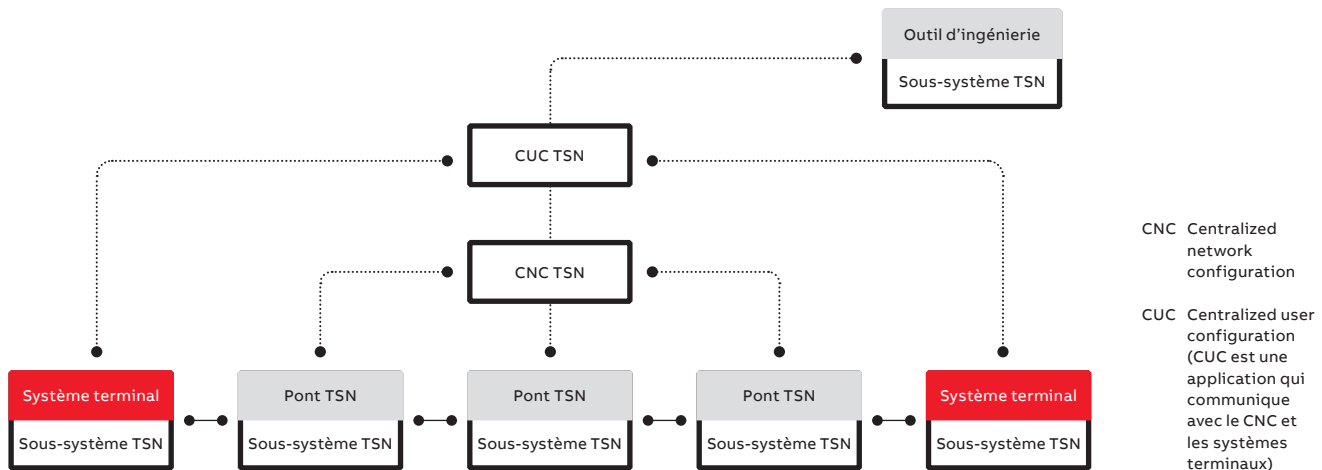
Qu'est-ce qu'un appareil « prêt pour TSN » ?

Au niveau du système et du logiciel, la définition « prêt pour TSN » peut inclure un produit doté

d'un outil de gestion permettant une gestion efficace de la TSN. Au niveau matériel, au moins deux types d'appareils peuvent être définis comme prêts pour TSN : le pont de réseau et le système terminal.

L'introduction des normes TSN signifie que l'équipement du réseau et les outils de gestion ne sont plus propriétaires.

Aujourd'hui, certains ponts de réseaux sont conçus pour être prêts pour TSN, ce qui peut porter à confusion car ils prennent souvent en charge différents sets de fonctionnalités TSN. Cependant, le consensus dans ce cas est que deux fonctionnalités sont essentielles dans les ponts de réseaux prêts pour TSN : synchronisation temporelle et organisation du trafic en fonction de l'heure (planification du trafic). Ces fonctionnalités permettent à n'importe quel pont de se synchroniser précisément avec le réseau et de transmettre des données à des



03

heures définies, à la nanoseconde près. Certains ponts permettent déjà la préemption de trame, dans laquelle les trames de données importantes peuvent préempter à la volée les trames de données non importantes.

Pour les systèmes terminaux, les choses sont à peu près les mêmes. En fonction du cas d'utilisation, les fonctionnalités de la TSN peuvent être mises en œuvre dans un matériel spécifique, ou, option moins coûteuse, dans un logiciel. Dans ce cas, les performances de la TSN ne sont pas optimales, mais des tests initiaux montrent que

L'ignorance des protocoles de plus haut niveau est un autre avantage de la TSN.

le déterminisme obtenu est approprié pour les cas d'utilisation avec des boucles de contrôle à la milliseconde près. Des boucles de contrôle plus rapides, à la microseconde près, nécessitent des mises à niveau matérielles et logicielles TSN spécifiques pour les systèmes terminaux.

Perspective du système et configuration et orchestration ouvertes

Comme indiqué dans le diagramme →03, un système d'automatisation utilisant la TSN se base sur des systèmes terminaux qui produisent et consomment des données transportées via un réseau TSN à l'aide de ponts TSN programmés en temps réel. Pour garantir un déterminisme élevé, ces ponts doivent être configurés pour définir

quelles données doivent être transmises vers où et à quel moment. La TSN dispose d'un avantage dans ce cas, car elle fournit une méthode selon laquelle les entités de configuration du réseau peuvent négocier cette configuration, - CUC et CNC dans le diagramme →03, en fonction des demandes de l'appareil. Les outils d'ingénierie peuvent également jouer un rôle dans la configuration via des protocoles standard tels que NETCONF, le protocole de configuration de réseau ou RESTCONF (un protocole HTTP), contrairement aux méthodes de configuration propriétaires des bus de terrain.

Pendant que continue le débat pour savoir quel protocole spécifique adopter, certains fournisseurs de commutateurs mettent déjà en place NETCONF, disponible gratuitement, sur leurs ponts. L'utilisation de ce type de système indique que les réseaux d'automatisation avec TSN ne seront pas la propriété des fournisseurs de bus de terrain, mais deviendront un marché libre pour les outils de gestion de réseaux.

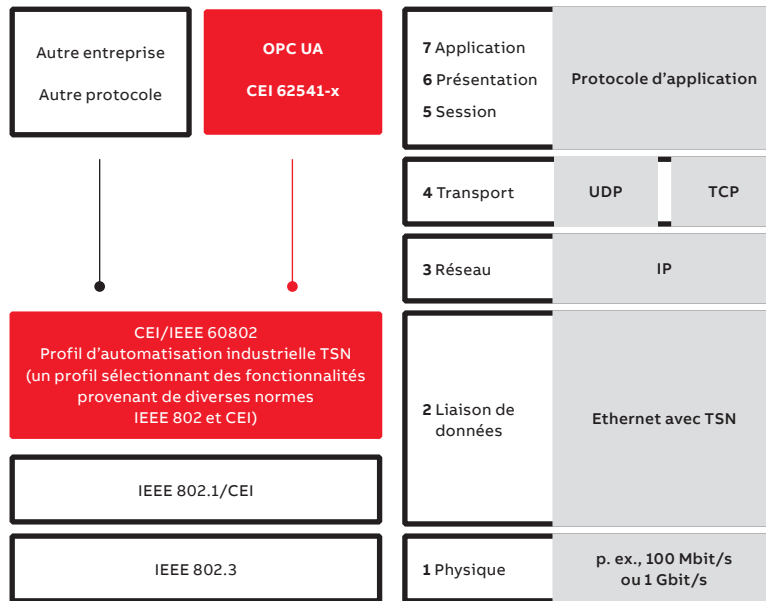
OPC UA et autres protocoles de niveau plus élevé

OPC UA (qui signifie « Open Platform Communications United Architecture », une architecture non dépendante du fournisseur) est souvent nommé à côté de TSN comme étant l'un des piliers de l'architecture de communication de l'industrie 4.0. « OPC UA sur TSN » se rapporte généralement à OPC UA PubSub (une norme OPC UA de publication-abonnement) et, moins souvent, à un serveur client OPC UA. Cette différenciation est basée sur les capacités de fonctionnement en temps réel de PubSub (standardisation en cours de finalisation) et sur le manque de ces capacités dans le serveur client OPC UA.

— 03 Une prise en charge de la TSN est nécessaire pour les ponts, les systèmes terminaux, les outils d'ingénierie, etc.

— 04 OPC UA et TSN dans une pile pour les systèmes terminaux d'automatisation et le modèle OSI/RM.

— 05 Hiérarchie d'automatisation traditionnelle et architecture de contrôle future avec convergence IT/OT.



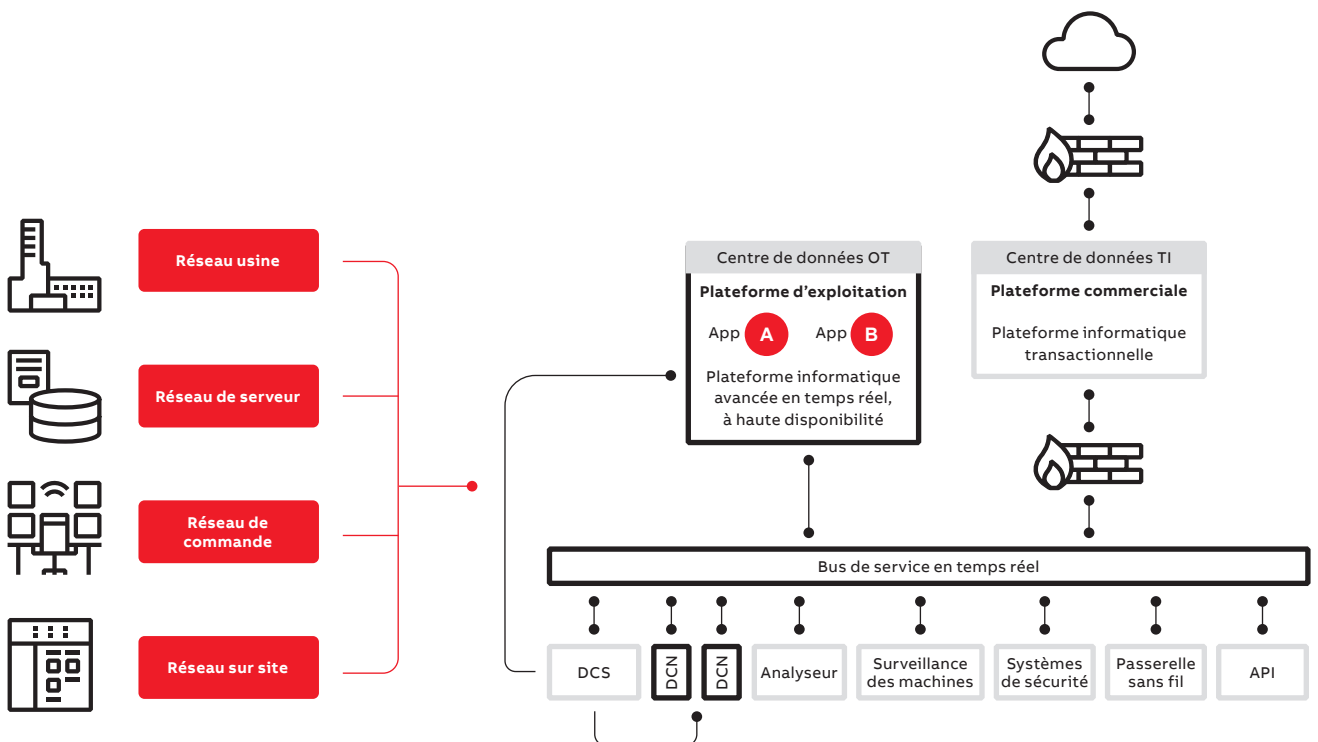
04

Quoi qu'il en soit, un avantage de la TSN est son ignorance des protocoles de plus haut niveau, qu'il s'agisse de PubSub, du serveur client OPC UA ou de toute application non-OPC UA. Comme cela est indiqué dans le diagramme →04, la TSN permet les communications sur les bas niveaux, sous le niveau de réseau (« 3 ») du modèle de référence/d'interconnexion des systèmes libres (OSI/RM) et fournit ainsi des interfaces standard aux applications et protocoles situés plus haut dans le diagramme. Les évaluations montrent que, dans un réseau à plusieurs bonds, la TSN peut garantir des latences demande-réponse se trouvant dans la plage des millisecondes, même

pour les appareils intégrés limités utilisant un serveur client OPC UA.

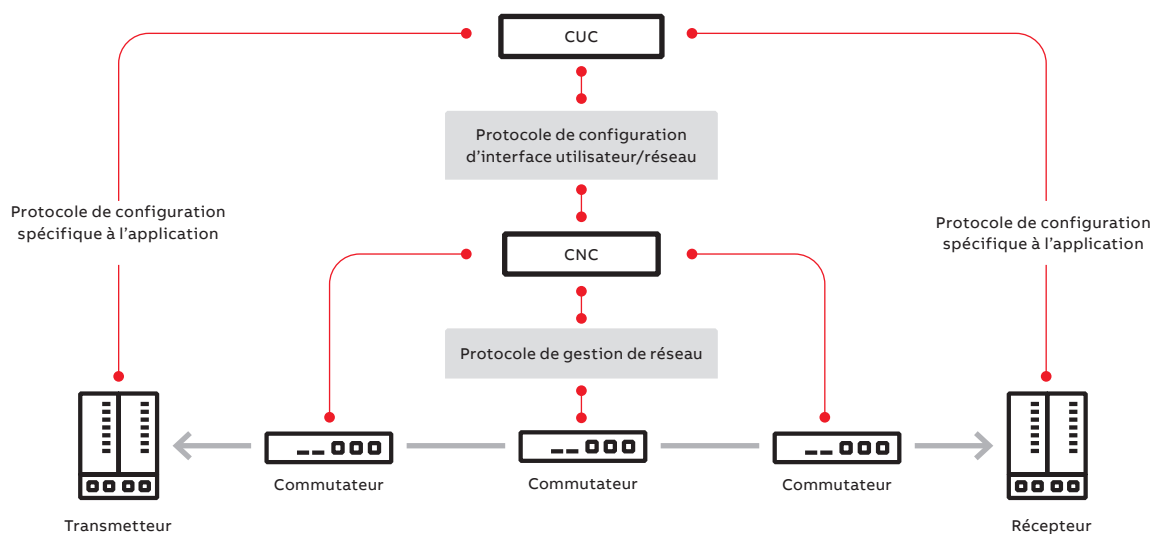
Cas d'utilisation : TSN pour réseaux de communication des trains de nouvelle génération

L'industrie ferroviaire européenne étudie actuellement un système embarqué de contrôle et de gestion des trains (TCMS) de nouvelle génération. Un TCMS relie tous les appareils embarqués, y compris la Wi-Fi passager, les commandes de sécurité des portes et des freins et les services pour l'opérateur, en utilisant le réseau Ethernet ferroviaire existant →05. Le nouveau TCMS vise à utiliser une infrastructure à réseau convergent



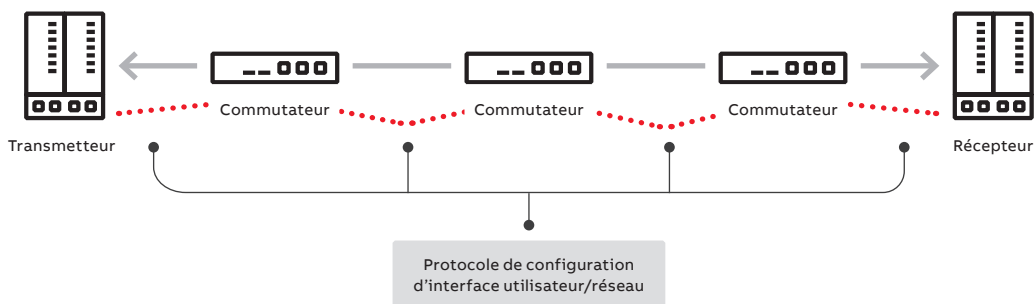
05

Centralisé



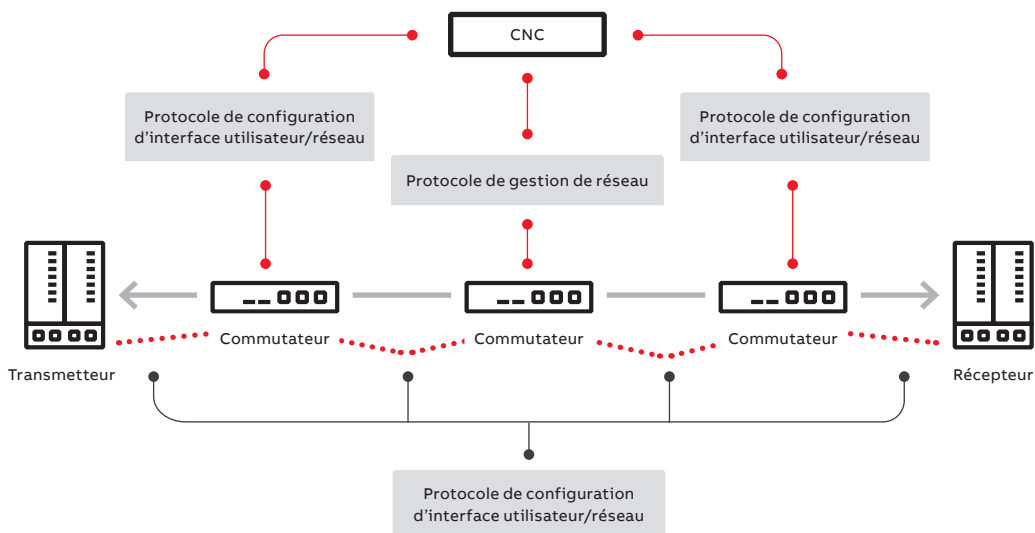
06

Décentralisé



07

Hybride



08

—
06 TSN avec configuration centralisée : un CUC simple et un CNC simple.

—
07 TSN avec configuration décentralisée : Le CNC et le CUC sont répartis parmi les commutateurs.

—
08 TSN avec configuration hybride : un CUC/CNC simple, avec des éléments répartis.

pour intégrer des fonctions de sécurité à niveaux différents de criticité, des fonctions essentielles pour le temps et la mission et des fonctions du train non essentielles. Les capacités de la TSN répondent parfaitement à ces exigences.

Cas d'utilisation : Mise en œuvre précoce de la TSN pour l'automatisation de processus

L'automatisation de processus ne nécessite que rarement des latences à la microseconde près et un niveau négligeable de gigue lors des échanges de données, mais le déterminisme de réseau de la TSN lui est bénéfique. La TSN peut garantir la synchronisation entre les dispositifs terminaux et un échange à temps des données, avec très peu de gigue, ce qui renforce la stabilité du contrôle de process.

Les réseaux de technologie opérationnelle (OT) et de technologie de l'information (IT) sont aujourd'hui séparés dans les systèmes d'automatisation de processus et les données de chaque domaine s'y trouvent bloquées. La TSN peut déverrouiller les domaines pour ouvrir de nouvelles opportunités via l'intégration IT/OT, tout en continuant à garantir le déterminisme dans ces réseaux convergents. La convergence IT/OT sur un réseau peut permettre au personnel OT d'accéder directement à l'Intranet/Internet et de télécharger des mises à jour logicielles ou des manuels. De plus, l'accès universel et uniforme aux données simplifie la maintenance et le diagnostic et permet l'utilisation d'applications de mégadonnées →05.

—
L'adoption par phases de mécanismes de TSN déjà bien développés pourrait être une solution pour les applications vierges et de réhabilitation.

Exigences de gestion de réseau

Une partie essentielle du choix de la TSN est le fait que les mécanismes de gestion de réseau propriétaires doivent s'ouvrir. Les aspects essentiels dans ce cas sont la configuration générale du réseau et les éléments spécifiques aux systèmes terminaux.

Dans les grands systèmes répartis aux exigences variées, la configuration de réseau peut rapidement devenir complexe. Pour limiter cela, la

TSN divise la configuration du système. Tout d'abord, elle divise les systèmes terminaux en Transmetteurs (producteurs de données) et Récepteurs (consommateurs de données). Ensuite, le dispositif de gestion de réseau de la TSN définit deux modules de configuration ; le CUC (pour s'adapter aux exigences Transmetteur/Récepteur) et le CNC (pour gérer la topologie de réseau et l'attribution des ressources). Dans un exemple simple, le module CUC rassemble les demandes de service provenant des Transmetteurs et des Récepteurs et vérifie auprès du CNC si ces demandes sont faisables dans le réseau actuel. Ensuite, le CNC configure l'infrastructure de réseau, pendant que le CUC fournit la configuration obtenue aux systèmes terminaux.

La TSN prévoit l'installation du CUC et du CNC dans l'un des trois modèles suivants. Dans le système centralisé →06, ces outils de gestion de réseau se trouvent dans un seul et même endroit. Dans le système réparti →07, le CUC et le CNC sont répartis parmi les ponts en un ensemble de modules communicants. Il est possible de fusionner ces deux modèles pour créer un système hybride →08. Le modèle approprié est sélectionné en fonction de la complexité du système, de l'ensemble des fonctionnalités configurées et des capacités des systèmes terminaux et des ponts.

La TSN ouvre l'avenir aux réseaux

Avec la TSN, les fournisseurs de systèmes d'automatisation ont la possibilité de fournir des solutions, c'est-à-dire des combinaisons appropriées d'outils TSN qui exploitent les avantages de la TSN pour permettre au fournisseur de contrôler les performances du réseau dans les nouveaux projets. De plus, les sites de réhabilitation dotés de systèmes terminaux sans TSN présentent une occasion supplémentaire de mise à niveau. L'installation par étapes de mécanismes de TSN déjà bien développés pourrait être une solution pour les applications vierges et de réhabilitation.

La libération des informations dans les industries de process présente des avantages en termes de compétitivité et d'opportunités commerciales. La TSN permet le passage des solutions pyramidales d'automatisation industrielle actuelles aux solutions en cloud et à l'IdO industriel permettant d'exploiter ces informations. La TSN peut faire coexister le trafic de données essentielles à l'activité commerciale et à la production et créer des innovations et des modèles commerciaux entièrement nouveaux dans de nombreux segments industriels différents. •