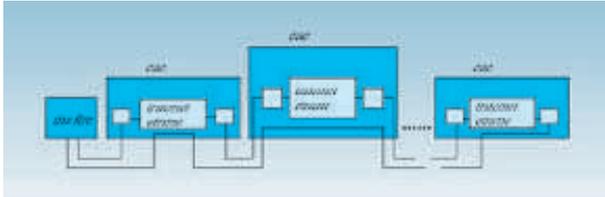


# TECHNOLOGIE

## Ethernet industriel, quelle réalité ?



Topologie d'Ethercat et architecture des réseaux.

Suite de l'article de Jean-Dominique Decotignie dont la première partie a été éditée dans le numéro d'Octobre du Monde de l'Industrie.

Après avoir rappeler les besoins à couvrir et les principes de fonctionnement d'Ethernet, la seconde partie de l'article de Jean-Dominique Decotignie est consacrée à l'analyse de différentes solutions proposées sous le vocable Ethernet industriel.

### Ethernet aujourd'hui

Depuis les origines, Ethernet a évolué en performances. La topologie a aussi été profondément modifiée. Les débits binaires sont passés de 1 Mbit/s à 10 Gbits/s. La topologie originale en bus a été abandonnée au profit d'un système arborescent, dans lequel les stations sont connectées à des concentrateurs, hubs ou commutateurs. Un hub se contente de régénérer le signal électrique qu'il reçoit sur un accès et de le propager sur tous les autres accès. Ce n'est donc qu'un amplificateur. Un commu-

teur se comporte comme une station relais. Quand un message est envoyé par une station connectée sur un des ports d'accès, le commutateur le reçoit, détermine sur quel(s) port(s) de sortie il doit l'envoyer et le réémet sur chacun des ports sélectionnés dès que le canal sur ce port est libre.

Dans le cas des hubs, le comportement du réseau ne change pas. Les collisions sont toujours possibles. Seule la topologie change. Dans le cas des commutateurs, non seulement la topologie est modifiée, mais le comportement aussi. En effet, chaque lien entre un commutateur et une station contient deux câbles, un pour chaque sens de transmission. Un des sens est utilisé par la station pour émettre à destination du commutateur. L'autre dans le sens inverse. Les deux éléments peuvent donc émettre en même temps sans risque de collision. Dans le cas du hub, la collision vient du fait que deux stations sur deux accès émettent en même temps, leurs émissions étant mélangées par le hub. Dans le cas du commutateur, ce risque disparaît, car le commutateur stocke temporairement les messages des deux stations et les émet l'un après l'autre. Il n'y a plus de collision possible. On parle alors de « full duplex Ethernet ».

Cela ne veut bien évidemment pas dire que tout problème est écarté. En effet, si les deux stations A et B émettent chacune un flux de 60 Mbits/s à destination de C, il y aura congestion au niveau

du commutateur, car le lien à 100 Mbits/s entre celui-ci est la station C ne peut supporter la combinaison des deux flux (120 Mbits/s). Les messages seront donc perdus dans le commutateur, sauf si la gestion du flux est implantée, ce qui imposera à A et B de réduire le débit de transmission. En résumé, dans l'Ethernet avec hubs, les pertes sont dues aux collisions. Dans l'Ethernet commuté, les pertes sont dues à l'encombrement des commutateurs.

### Ethernet ne satisfait pas les contraintes temps réel

A l'évidence, Ethernet, quelle que soit sa version, commutée ou non, ne permet pas de garantir un délai de transmission maximal sans que l'on doive imposer quelques restrictions. Néanmoins, dans la pratique, Ethernet offre des délais très courts (quelques microsecondes à 100 Mbits/s) lorsque le réseau n'est pas trop chargé. Les autres non plus d'ailleurs. Le plus étonnant est que bon nombre de bus de terrain mis en présence des mêmes conditions qu'Ethernet n'offrent pas plus de garanties. Ceux qui s'en sortent restreignent le trafic émis par chaque station. Par exemple, une station sur un bus CAN peut très bien empêcher les autres stations de transmettre. Pour offrir des garanties aux autres, il faut lui imposer de limiter son trafic. Dans Profibus DP par exemple, une station aura droit à un nombre maximum de messages par cycle.

Pour obtenir des garanties avec Ethernet, on peut faire comme les autres, à savoir limiter le trafic. On peut montrer par exemple qu'on peut exploiter un réseau Ethernet commuté à 93 % et que le délai maximum de transfert d'un message ne dépassera pas 0,5 ms dans le cas où il n'y a qu'un seul commutateur [1]. La technique utilisée pour limiter le trafic est le lissage de trafic, chaque station se voyant octroyé un débit moyen donné. Il n'y a eu dans cette expérience aucune perte de trame par encombrement du commutateur. L'avantage d'une telle technique est qu'elle ne nécessite que peu de modifications de chaque station et aucune coordination par une station particulière.

L'inconvénient est que, si une station ne joue pas le jeu, les garanties sont perdues. En effet, toutes les politiques qui impliquent une restriction dans le trafic généré par une station (c'est le cas de la majorité des solutions Ethernet industriel) n'offrent plus aucune garantie en présence de stations étrangères même si celles-ci respectent le protocole Ethernet à la lettre.

La seule solution est de limiter le trafic des stations étrangères par des moyens externes. L'utilisation de commutateurs est un de ces moyens. Il est possible de configurer un com-

## SEPEM Industries

Salons des Services, Equipements, Process Et Maintenance

Les salons des solutions "cœur d'usine" pour toutes les industries\*

DOUAI Gayant

27-28-29 janvier 2009

10 750 SITES DE PRODUCTION TOUS SECTEURS

2008 EDITION : 300 Exposants

NORD

ANGERS Parc Expo

9-10-11 juin 2009

10 150 SITES DE PRODUCTION TOUS SECTEURS

NOUVEAU ! 280 Exposants

CENTRE OUEST

Renseignements et inscription : [www.sepem-industries.com](http://www.sepem-industries.com)

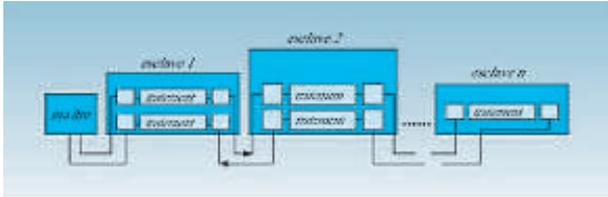
Réserved votre stand au 05.53.49.53.00

CERTAINS SAVENT DEJA QU'EXPOSER EN "REGION" N'EST PAS UN GROS MOT... ET VOUS ?

EVEN

BP 17 - 47150 Monflanquin (France)  
Tél: +33 (0)5 53 49 53 00 - Fax: +33 (0)5 53 49 53 01  
mail : contact@even-pro.com

# TECHNOLOGIE



Topologie de Sercos III et architecture des nœuds.

mutateur pour qu'il limite le trafic venant sur certains accès. En fait, le standard IEEE 802.1D qui régit les commutateurs prévoit ce cas. Il introduit une notion de priorité, étant entendu que le commutateur devra d'abord traiter le trafic prioritaire avant le trafic qui ne l'est pas. Il suffit alors de considérer que le trafic venant des stations étrangères a une priorité inférieure à la priorité du trafic des stations conformes temps réel.

En résumé, il est possible d'offrir des garanties en limitant le trafic de chaque station connectée. Si certaines stations ne jouent pas le jeu, il est aussi possible de s'en sortir en utilisant les priorités des commutateurs (IEEE 802.1D). Par contre, il n'est pas possible de limiter la gigue dans les transferts avec ces approches. Ceci n'est néanmoins pas un problème, car il est possible de résoudre le problème à l'aide d'horloges synchronisées avec par exemple le protocole IEEE 1588. Voyons maintenant comment les différentes propositions obtiennent leurs garanties.

## Les différentes propositions

Un certain nombre de propositions utilisent Ethernet tel quel en ajoutant une couche d'application industrielle. C'est dire qu'elles n'offrent aucunes autres garanties que celles données par Ethernet. C'est le cas de Profinet V1 et V2, Modbus TCP, JetSync, Ethernet IP, ou Real-Time Publish-Subscribe. Si presque toutes utilisent les protocoles TCP et IP, Profinet V2 (SRT) vise à améliorer les performances moyennes en supprimant ces couches. Ces solutions ne peuvent communiquer entre elles mais peuvent coexister sur le même réseau. Elles peuvent aussi coexister avec tout nœud qui utilise Ethernet sans modifications.

Deux propositions, Ethernet Powerlink (EPL) et Ethernet for Plant Automation (EPA), limitent le trafic en ajoutant une deuxième politique d'accès au canal au-dessus d'Ethernet. Dans les deux cas, le temps est divisé en cycles de durée constante.

Un réseau EPL possède une station particulière appelée managing node (nœud de gestion) qui gère le cycle et interroge toutes les autres stations. Au début du cycle, elle envoie un message qui sert de synchronisation aux autres stations. Elle interroge ensuite les stations esclaves les unes après les autres. Une station ne peut donc émettre qu'en réponse à une interrogation du managing node. Elle a un temps limité pour répondre et sa réponse est envoyée en diffusion. Elle est donc disponible

à toutes les stations. Une station peut être interrogée lors de chaque cycle ou tous les N cycles selon une configuration initiale fixe. Une fenêtre asynchrone est réservée à la fin du cycle pour interroger des esclaves qui auraient signalé une demande de trafic asynchrone lors de l'interrogation périodique. Ce mécanisme est destiné au trafic sans contrainte temporelle.

Un des principaux problèmes d'EPL est la faible utilisation du canal. Le temps d'attente d'une réponse correspondant à quatre trames de longueur minimale à 100 Mbits/s, le canal sera utilisé au sixième de sa capacité sans parler de la perte due à la taille minimale des trames (64 octets). On peut dès lors se demander si cela vaut la peine d'utiliser Ethernet.

EPA améliore l'utilisation en supprimant le nœud de gestion (« managing node »). Dans la fenêtre périodique, chaque station sait à quel instant elle doit émettre. Le début du cycle est obtenu localement sur la base de l'horloge de la station. Les horloges sont toutes synchronisées à l'aide du protocole IEEE 1588. Par contre, chaque station émet dans chaque cycle ce qui entraîne une perte d'efficacité si les trafics diffèrent d'une station à l'autre. Il existe aussi une fenêtre asynchrone qui permet aux stations qui en ont fait la demande dans la fenêtre périodique d'écouler du trafic asynchrone. L'accès est réglé par un système de priorités. Autant EPL qu'EPA n'offrent des garanties qu'en absence d'erreur et en absence de stations exogènes (non conformes aux règles de EPA ou de EPL) sur le réseau. Dans les deux cas, le comportement est difficilement prévisible.

Deux propositions, Ethercat et Sercos III, définissent deux modes de fonctionnement. Un mode compatible avec Ethernet mais qui n'offre pas de garanties et un mode spécial qui en offre. Dans le premier mode, une station peut être connectée à un réseau Ethernet. Ce mode est destiné à la configuration. Dans les deux propositions, le deuxième mode correspond à un réseau en anneau. Chaque nœud est pourvu de deux interfaces. Pour Ethercat, la solution est très similaire à Interbus.

Le maître envoie une trame selon le format Ethernet. Dans cette trame, le champ de

Système de vision industrielle CV-5000

## Contrôler à grande vitesse

DETECTER MESURER CONTRÔLER OBSERVER PROTÉGER IDENTIFIER

Le plus rapide du marché :  
traitement de 1 million de pixels en 20,5 ms

Une stabilité exceptionnelle

12 modèles de caméras  
de 240 000 à 2 millions de pixels  
(dont le modèle ultra compact, le plus miniaturisé de l'industrie)

18 fonctions d'inspection, dont l'OCR

Fonctions statistiques avancées

KEYENCE

L'excellence de l'automatisation

CAPTEURS LASER | CAPTEURS COULEURS | CAPTEURS À CONTACT  
CAPTEURS À FIBRE OPTIQUE | CAPTEURS PHOTOÉLECTRIQUE  
CAPTEURS DE DÉPLACEMENT ET MICROMÈTRES  
VISION INDUSTRIELLE  
VIDÉOMICROSCOPES  
BARRIÈRES IMMATÉRIELLES  
LECTEURS CODE-BARRE

[www.keyence.fr/CV5000](http://www.keyence.fr/CV5000)

INFO C1636

## ANNEAUX D'ARRÊT SPIRALÉS SANS OREILLES QUI INTERFÈRENT

ÉCHANTILLON GRATUIT  
POUR ESSAIS

Anneaux d'arrêt  
spiralés

Circlip

PLANS CAO

PLANS CAO GRATUITS DE TOUTES  
LES PIÈCES DU CATALOGUE

ACIER INOXYDABLE DE STOCK

- 5.000 références en stock
- Acier au carbone ou acier inoxydable en stock de 6 mm à 400 mm
- Sans frais d'outillage sur produits spéciaux, de 5 à 2 300 mm

COMPATIBLE DANS LES GORGES POUR CIRCLIPS

- Section uniforme n'interfère pas avec l'assemblage
- Opérationnel dans les cas de contraintes d'assemblage radial importantes
- Montage et démontage facile

Smalley®  
Europe

Maintenant avec un bureau en France

[www.smalley.com](http://www.smalley.com) ■ +33 130 131 575

[europa@smalley.com](mailto:europa@smalley.com)

INFO C1637

## Doigts d'indexage

la gamme s'enrichit encore

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE

**EMILE MAURIN** N° Indigo 0 825 007 888

E-mail : esm@emile-maurin.fr - Site : www.emile-maurin.fr

ELEMENTS STANDARD MECANIQUES

## INFO C1638

Innovations → Produits → Solutions → Résultats

### Matrix200™ & Matrix400™

Lecteurs de codes 1D & 2D dédiés aux Applications Industrielles

**Matrix-400**

Excellentes Performances

- > Modèles 1,3 & 2,0 MPixels
- > Puissant éclairage intégré
- > Simplicité d'utilisation & installation
- > Interface intuitive X-PRESS
- > Spot de retour de bonne lecture

Flexibilité & Polyvalence

- > Optiques C-Mount
- > Analyse de codes

Robustesse

- > IP67
- > 0-50°C

**Matrix-200**

Excellentes Performances

- > Capteur WVGA (752 x 480)
- > Interface intuitive X-PRESS
- > Simplicité d'utilisation & installation
- > Connectivité USB
- > D-NET com. haute vitesse

Flexibilité & Polyvalence

- > Dimensions 50 x 25 x 45 mm
- > Modèle avec fenêtre 90°

Robustesse

- > IP65
- > 0-50°C

Tél: 01.60.92.11.11  
Fax: 01.60.92.13.40  
Info.automation.fr@datalogic.com  
www.automation.datalogic.com

**DATALOGIC™**

## INFO C1639

## Lampes LED

**sunnex™**

Sunnex LS

Sunnex LM

**sunnex™**

Tel: +33 (0)4 4239 7896 • sunnex@sunnex.fr • www.sunnex.fr

## INFO C1640

données est divisé en zones pour chacun des esclaves. Chaque esclave reçoit la trame sur l'accès d'entrée et la retransmet bit par bit sur l'accès de sortie. Quand passe la zone de données affectée à la station, celle-ci copie les données et les met à disposition du logiciel résident sur l'esclave. Celle-ci peut avoir des données à envoyer au maître. Ces données sont copiées à la volée en modifiant les valeurs des bits retransmis dans une zone spécifique à chaque esclave. Le dernier esclave de la chaîne boucle l'anneau en renvoyant ce qu'il reçoit sur son accès d'entrée. Chaque esclave retransmet sans altération ce qu'il reçoit sur son accès de sortie vers son accès d'entrée.

Avec EtherCat, la communication du maître vers les esclaves et vice versa est extrêmement efficace. Avec un message de 1500 octets dont la durée de transmission est de 0,12 ms à 100 Mbits/s, on peut mettre à jour près de 12 000 points de sortie et lire le même nombre d'entrées. Par contre, deux esclaves ne peuvent communiquer directement. Sercos III lève cette limitation en permettant à chaque esclave de lire la trame lorsqu'elle revient depuis le dernier esclave de la chaîne. Cette astuce permet aussi d'implanter une communication d'esclave à esclave utilisant les protocoles TCP et IP. A l'évidence, les deux propositions offrent d'excellentes performances bien supérieures aux performances des réseaux de terrain actuels. Par contre, le réseau doit absolument être homogène, composé de nœuds qui se conforment tous à un des deux protocoles.

### Que nous réserve l'avenir?

Il existe encore d'autres propositions qui se qualifient d'Ethernet industriel mais qui sont moins connues. D'autres viendront probablement encore. Sur l'ensemble des propositions, bien peu offrent autre chose que les garanties données par Ethernet lui-même. Deux propositions sortent du lot avec des performances impressionnantes. Elles ne sont malheureusement pas compatibles avec Ethernet dans ce cas. Peut-être la solution est-elle d'utiliser Ethernet dans sa version moderne, full duplex

## Variateurs numériques compacts CC à 1050 A



Sprint Electric vient d'étendre sa gamme de variateurs CC numériques avec deux variantes, 2 et 4 quadrants, proposées jusqu'à 1050 A. « Grâce à ces modèles, notre gamme couvre désormais un plus grand nombre d'applications notamment dans les industries de l'acier, du plastique, du caoutchouc et du papier. » déclare Gary Keen, responsable des ventes monde de Sprint Electric. « Par ailleurs, la compacité des variateurs PLX, même pour les hautes puissances, les rendent très intéressants pour les rénovations car ils assurent des gains de place importants dans les armoires » continue Gary Keen. Tous les modèles comprennent une gamme de blocs logiciels et permettent de travailler sur une large plage de vitesses y compris en désexcitation grâce au pont d'excitation entièrement piloté.

**Transtech SA**  
Tél. 03 80 55 00 00

INFO C4806

avec commutateurs et priorités, tout en limitant le trafic.

La coexistence avec des stations exogènes, qui ne s'autolimitent pas, se faisant en mettant un commutateur devant chaque nœud. Finalement, l'utilisation du protocole IEEE 1588 permettra de synchroniser les actions. Il semble que cette voie entièrement composée de standards internationaux existants soit proche de celle suivie par la version IRT de Profinet. De l'avis général, les réseaux de terrain actuels ont encore de beaux jours. Leurs performances sont souvent aussi bonnes que celles des Ethernet industriels. Il existe une grande offre d'équipements et des outils de mise en œuvre et de diagnostic performants.

*Jean-Dominique Decotignie responsable du groupe temps réel et réseaux du Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM). JDD est aussi professeur à la faculté d'informatique et communications de l'Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL)*

### Références

[1] J. Löser, H. Härtig: *Low Latency Hard Real-Time Communication over Switched Ethernet*, Proc. 16th Euromicro Conf. on Real-Time Systems, 30 juin - 2 juillet, 2004, Catania, Italie, pp. 13-22.

### Littérature

- *Traité I2S, volume 2 : Systèmes Temps réel: Ordonnancement, Réseaux, Qualité de Service*, Hermes, Paris.

- J.-P. Thomesse : *Fieldbus Technology in Industrial Automation*, Proc of the IEEE, Vol 93, N° 6, juin 2005., pp. 1073-1101.

- J.-D. Decotignie : *Ethernet Based Real-Time and Industrial Communications*, Proc of the IEEE, Vol 93, n° 6, juin 2005, pp. 1102-1117.

- M. Felser : *Real-time Ethernet - Industry Prospective*, Proc of the IEEE, Vol 93, n° 6, juin 2005., pp. 1118-1129.

## Compression/éjection pour cartes cPCI



Compatibles avec toutes les tailles de cartes cPCI, ces mécanismes de compression/éjection sont proposés avec un éventail d'accessoires : viroles à sertir par pression et autoclipsables, vis de retenue, blocs de montage de circuit imprimé et ensembles microrupteur. Lorsqu'on insère la carte cPCI dans le connecteur du fond de panier, les poignées de compression/éjection s'engagent sur le rail de montage pour assurer une connexion ferme. Le bouton d'actionnement de chaque éjecteur est aisément accessible, en étant cependant protégé pour empêcher tout actionnement accidentel. Un micro-rupteur disponible en option permet de signaler l'insertion de la carte et son extraction.

**Southco Europe**  
Tél. 0800 912 756

INFO C4809