

Les bus et les réseaux de terrain en automatisme industriel

Ce guide a pour objectif de présenter les évolutions et les grandes tendances des architectures d'automatismes, de décrire les principaux bus et réseaux de terrain et de décrire le mécanisme de transmission des données.

p.1

*Architectures
d'automatismes
industriels : évolutions
et grandes tendances*

p.5

Comment ça marche ?

p.7

*Les bus et réseaux
de terrain
en automatisme industriel*

p.9

Applications

p.12

Lexique

Architectures d'automatismes industriels : évolutions et grandes tendances

Ces vingt dernières années, les architectures d'automatismes ont très fortement évolué. Ce phénomène s'amplifie avec l'arrivée des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

Ces changements successifs sont dus, d'une part, à l'évolution des besoins des utilisateurs, et d'autre part au développement des technologies.

Par utilisateurs, il faut entendre tous les intervenants : architectes réseaux, intégrateurs, metteurs en œuvre, exploitants, équipes de maintenance, etc.

■ Architectures d'automatismes, des évolutions progressives

Depuis que les automatismes sont réalisés sur la base d'unités de traitement (automates programmables), les architectures ont fortement évolué et sont passées par différents stades pour arriver aux architectures actuelles, basées sur l'adoption des grands standards de communication et sur l'arrivée des NTIC.

□ **Les automatismes centralisés**

Jusque dans les années 80, les automatismes, s'appuyant sur des automates programmables industriels (API), traitaient essentiellement des fonctions séquentielles.

En simplifiant, les API :

- géraient des demandes d'exécution et d'état de l'automatisme (image des entrées),
- élaboraient des demandes d'exécution d'actions (positionnement des sorties).

Par la suite, les API ont été amenés à gérer de nombreuses fonctions complémentaires comme des fonctions métier, des fonctions de diagnostic système et application, etc.

Les automatismes centralisés géraient tout un ensemble de fonctions qui n'avaient pas forcément d'interactions entre elles.

Lorsqu'il y avait déjà un automate dans l'usine, les automatismes qui devaient intégrer une fonction supplémentaire se posaient simplement la question : l'automate ou le système d'automatisme en place peut-il gérer les E/S supplémentaires et quelle est la capacité de mémoire disponible ?

Bien souvent, l'automatisation supplémentaire était réalisée avec cet automate existant, même si elle n'avait aucun rapport avec l'automatisme résident.

Ces automatismes centralisés amenaient des nombreuses contraintes :

- aucune autonomie des différents sous-ensembles,
- mise en service et maintenance lourdes et difficiles à effectuer du fait de la quantité d'E/S gérées,
- arrêt de l'ensemble des fonctions gérées par l'API en cas de défaut système de cet API ou d'arrêt pour la maintenance du moindre élément de l'outil de production.

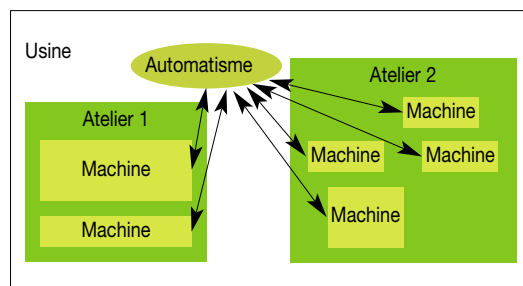


Figure 1. Les automatismes centralisés.

□ **Les automatismes décentralisés**

Du fait des contraintes imposées par les systèmes centralisés, les utilisateurs se sont orientés vers une segmentation de l'architecture. Celle-ci a été faite en découpant l'automatisme en entités fonctionnelles. Elle permet de simplifier les automatismes en réduisant le nombre d'E/S gérées et présente donc l'avantage de faciliter la mise en service et la maintenance.

Cette segmentation a généré le besoin de communication entre les entités fonctionnelles. La fonction de communication est devenue la clef de voûte de la conception des architectures d'automatismes.

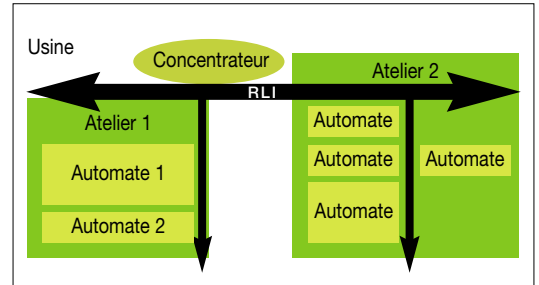


Figure 2. Les automatismes décentralisés.

Les constructeurs d'API ont donc créé des offres de réseaux locaux industriels (RLI) afin d'assurer une communication efficace entre les différents API.

□ **La décentralisation des entrées/sorties et de la périphérie d'automatisme**

A la demande des utilisateurs finaux, notamment pour faire baisser les coûts de câblage, il a été nécessaire de prendre en compte la topologie des automatismes.

Sur des sites plus étendus, il est souvent nécessaire de gérer un nombre de points diffus importants et de prendre en compte les fonctions métier réparties (variation de vitesse, dialogue homme/machine, pesage...).

La réponse des constructeurs de produits d'automatismes est arrivée avec les réseaux et bus de terrain. Ceux-ci ont permis de gérer dans un premier temps des E/S décentralisées puis la périphérie d'automatisme. Ces réseaux de terrain contribuent à réaliser des gains de câblage importants, mais surtout ils permettent de rendre accessibles des services (diagnostic, programmation...) sur tout le site.

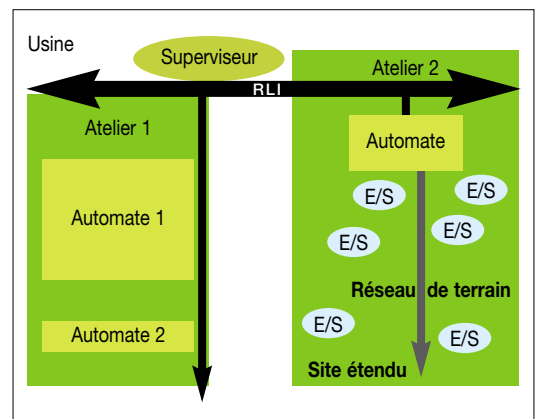


Figure 3. La décentralisation des E/S et de la périphérie d'automatisme.

■ Le rôle de l'informatique dans les automatismes

Le besoin d'assurer une communication entre les mondes de l'informatique et de l'automatisme est devenu indispensable du fait de la nécessité d'augmenter la productivité (fiabilité, pérennité...) des usines de fabrication.

Les réseaux locaux industriels d'automatismes propriétaires ont rapidement bénéficié des grands standards développés sur les architectures informatiques.

La communication entre ces deux mondes a d'abord été assurée par des liaisons série (RS), puis par des produits issus de partenariats entre les constructeurs d'automates programmables et les grands de l'informatique tels que IBM, HP, DEC. Ces derniers ont proposé, dans leur catalogue, une offre de coupleurs RLI comme Ethway ou Uni-Telway. Avec la standardisation progressive d'Ethernet dans les deux mondes et une tentative de standardisation d'un protocole MMS (Manufacturing Message Specification) comportant des services communs aux deux mondes, la frontière entre ces deux mondes devait tomber !

Quelques applications basées sur "cet espéranto automatisme/informatique" ont été réalisées, mais très vite, ce standard MMS n'a plus été utilisé de par sa complexité.

□ Le CIM crée une segmentation des réseaux et bus

Les mécanismes d'échange sur les architectures d'automatismes traditionnelles n'ont pas évolué depuis la prise en compte des besoins de communication. En effet, tous les principes d'échanges sont construits autour du transfert vertical de l'information (vers les niveaux n+1) de manière irrationnelle, l'objectif étant de pouvoir disposer de cette information a priori.

Or, le constat qui peut être fait est que l'information est souvent redondante donc peu légitime. Ce trop d'informations est la raison principale à la course à la performance sur les réseaux qui sont devenus en quelques années les goulets d'étranglement des architectures d'automatismes.

Le modèle CIM (Computer Integrated Manufacturing), qui se voulait être la réponse à cette quête de performance, n'a réussi qu'à créer une segmentation verticale des réseaux et des bus. Le CIM décrit les différents niveaux de communication sous une forme quantitative des données à véhiculer. Le niveau 0, niveau capteur/actionneur, nécessite un transfert performant (quelques millisecondes) mais concernant peu d'informations (données binaires), alors que le niveau 4 nécessite quant à lui de véhiculer de gros

paquets de données, des fichiers et la performance n'est plus forcément un critère prédominant.

Le CIM ne résout donc pas la problématique de la gestion de l'augmentation du trafic sur les médiums. Les offreurs de communication adaptent les performances de leurs réseaux en fonction des niveaux du CIM sur lesquels ceux-ci seront positionnés. De ce fait, la quasi-totalité des réseaux d'automatismes sont dits propriétaires et répondent essentiellement en la mise en conformité d'une approche produit et non pas exactement de la problématique utilisateur qui est son besoin. Le CIM a contribué à la segmentation de l'automatisme en niveaux : capteur/actionneur (niveau 0), automatisme (niveau 1), supervision (niveau 2), informatique (niveaux 3 et 4) en associant le couple volume/performance.

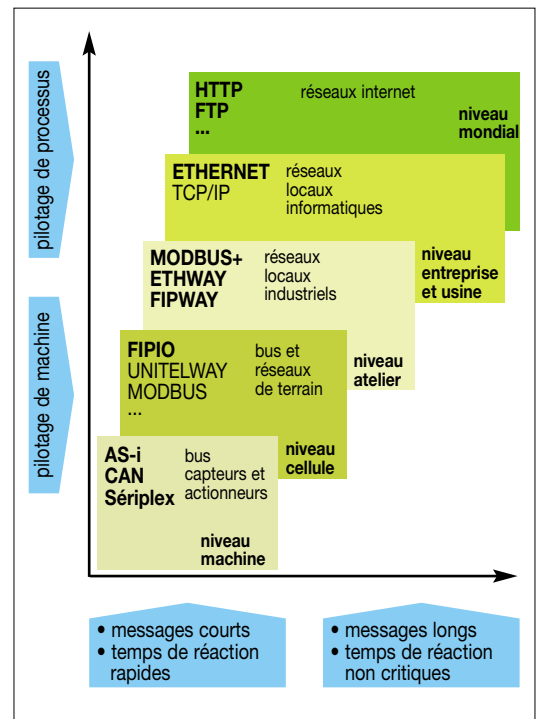


Figure 4. A chaque niveau correspond un bus ou un réseau.

Les constructeurs d'automates programmables ont créé des réseaux et des bus adaptés au besoin. Ainsi à chaque niveau, correspond un bus ou un réseau :

- les "sensor bus", bus capteurs et actionneurs unitaires simples,
- les "device bus", bus et réseaux pour la périphérie d'automatisme : variateurs, robots, axes...
- les "field bus", réseaux de communication entre unités de traitement : automates programmables, superviseurs, commandes numériques...
- les réseaux locaux industriels, pour l'établissement de la communication entre l'automatisme et le monde informatique.

■ Evolution de la communication, les grandes tendances

Avec l'adoption progressive de standards communs par les deux mondes, la frontière entre automatisme et informatique tombe. La communication entre ces deux mondes converge grâce à l'adoption de protocoles standard mondiaux Ethernet et TCP/IP, mais aussi grâce à la prise en compte de mécanismes normés tels qu'OPC. Ces nouvelles technologies, associées aux Extranet, Intranet et Internet, autorisent un accès aux données de l'automatisme en temps réel, en tout lieu, à toute personne autorisée. Cette convergence est renforcée par l'arrivée de nombreux constituants d'automatismes basés sur cette technologie. Le concept "Transparent Factory" de Schneider Electric s'appuie sur toutes ces nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

□ Transparent Factory et le CIM

Le CIM existe et a une légitimité car il a permis une certaine homogénéité dans les solutions apportées par les offreurs de communication, mais nous devons nous interroger sur le devenir de la structuration du CIM compte tenu du fait que l'intelligence et la valeur "produits" migrent vers les composants (les variateurs intègrent de plus en plus de fonctions de traitement, les E/S déportées intègrent leur diagnostic...). Naturellement, nous assistons à une augmentation des flux d'échanges inhérente à l'augmentation des capacités de traitement des composants d'automatismes et ce besoin de transfert de volume d'informations important migre vers le bas des architectures. Il devient donc obligatoire d'augmenter les capacités et les performances des réseaux de communication essentiellement sur le bas des architectures et de développer au maximum une communication horizontale.

Il n'est pas envisageable aujourd'hui de limiter à cette course à la performance, le modèle CIM devient donc dépassé dans sa formulation actuelle.

□ L'impact des NTIC sur les architectures d'automatismes

La dernière décennie a vu l'apparition des nouveaux langages de programmation et des mécanismes d'échanges de données dans le monde informatique. Depuis dix ans, Ethernet TCP/IP s'est développé sur les architectures d'automatismes et est devenu un réseau fédérateur à partir du niveau 2 du CIM. La généralisation de ce réseau autorise une prise en compte simple de nouveaux outils de conduite et d'exploitation des données : MES (Manufacturing Execution System) et ERP (Enterprise Resource Planning). Parallèlement à l'apparition du MES, les postes de supervision ont tendance à se repositionner au niveau de la conduite. Dans la terminologie NTIC, il ne faut pas comprendre seulement l'utilisation d'Ethernet TCP/IP mais également les technologies et mécanismes éprouvés et usités dans le monde informatique tels que les langages JAVA, CORBA, HTML, XML mais également de nouvelles technologies issues du monde des télécommunications telles que WAP, Bluetooth, WML... Ainsi, les NTIC permettent :

- de repenser l'approche dans la conception des architectures d'automatismes,
- d'augmenter les capacités et les performances des réseaux de communication par le développement de nouveaux modèles de communication,
- de développer des services associés aux métiers des différents acteurs du procédé.

Globalement, les NTIC ont tendance à aplanir la pyramide du CIM, c'est à dire à fusionner certains niveaux, car il n'est plus utile de décrire les niveaux sous une approche quantitative mais fonctionnelle.

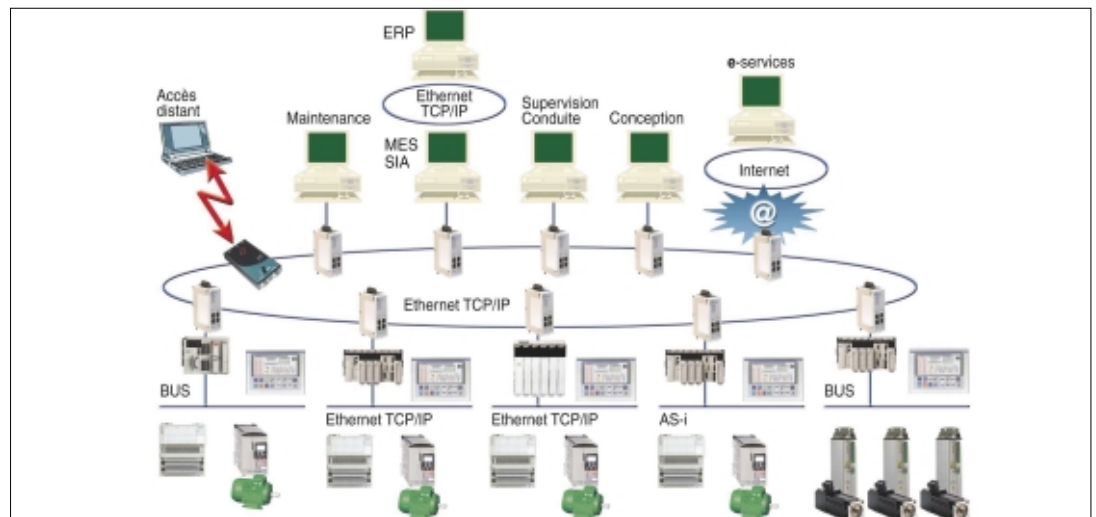


Figure 5. L'impact des NTIC sur les architectures d'automatismes.

Comment ça marche ?

■ Topologies des réseaux

■ Le modèle OSI (Open System Interconnection)

Les couches Transport, Session et Présentation peuvent être vides. C'est ce qu'on nomme un profil simplifié, largement utilisé pour les réseaux industriels. Fonctionnellement, l'ensemble des sept couches (figure 6) est divisible en deux familles bien distinctes : la première, constituée des couches 1 à 4, offre les services de communication (transfert des données), la seconde constituée des couches 5 à 7, les services d'application (utilisation des données).

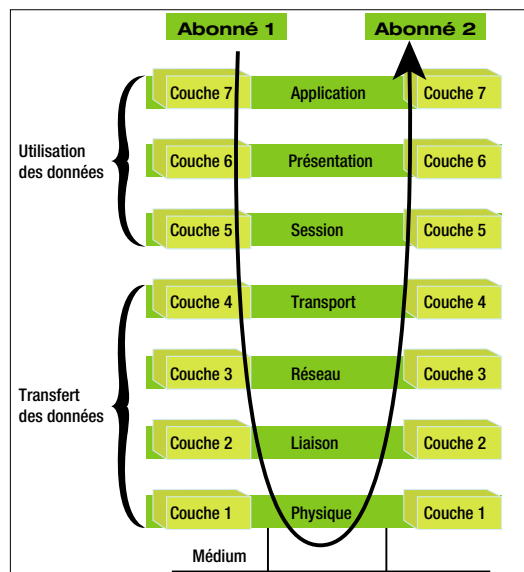


Figure 6. Le modèle OSI.

La topologie d'un réseau est caractérisée par le système de câblage du réseau ; c'est la partie physique du réseau (figure 8) :

• Point à point

C'est la forme la plus élémentaire qui implique deux machines. Elle correspondra souvent à la topologie d'une partie d'un réseau. En général, cela concerne une liaison série dont les vitesses sont vite limitées par la distance, l'utilisation de la fibre optique pouvant compenser cette faiblesse.

• Etoile

Une approche ancienne, non normalisée, correspondait à une organisation de machines esclaves reliées par liaisons point à point à une machine maître. Aujourd'hui cette topologie correspond soit au câblage par étoile passive soit à celui d'un autocommutateur privé (PABX) ou à un Hub (équipement statique qui simule un réseau local auquel sont raccordés des abonnés par dérivations, certains hubs pouvant être raccordés à un réseau principal). Le nœud central n'est pas un abonné du réseau mais une unité de distribution dont le bon fonctionnement est indispensable à la communication. Cette dernière correspond à une partie de réseau (exemple des PC familiaux rattachés à un serveur Internet ou à un réseau local de stations connectées à un serveur), dans la mesure où les équipements sont peu nombreux car le coût de câblage devient vite prohibitif et les performances douteuses.

■ L'encapsulation

C'est un mécanisme de transmission de données. Lorsqu'une application envoie des données vers le réseau, chaque couche traversée exécute un processus d'encapsulation de l'unité de données fournie par la couche supérieure en ajoutant une entête, voire une remorque, qui lui est propre. Réciproquement à la réception, chaque couche exécutera une désencapsulation pour en final ne restituer que les données utilisateurs à l'application. La figure 7 matérialise le processus d'encapsulation.

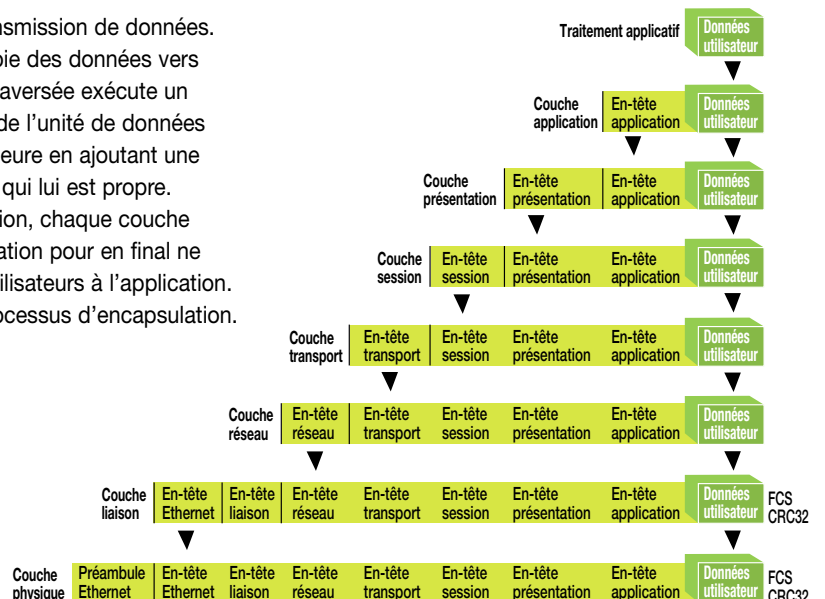


Figure 7. Mécanisme d'encapsulation.

• **Bus**

C'est la topologie la plus commune aux LAN (Local Access Network) car la plus économique. Chaque nœud est raccordé au bus par l'intermédiaire de modules de dérivation actifs ou passifs suivant le protocole de réseau.

• **Arbre**

Chaque nœud peut être un abonné ou un hub. C'est une variante de la topologie en étoile avec les mêmes faiblesses. Cette architecture revient en force avec les techniques du type Ethernet en fibre optique 10 base F et Ethernet commuté du type 100 base VG (le réseau est découpé en tronçons reliés par des ponts qui filtrent les trames en fonction du destinataire diminuant ainsi les collisions ; l'extrême est d'associer la fonction pont filtrant à chaque coupleur d'abonné, pour éliminer ainsi les collisions).

• **Maille**

C'est la forme classique d'organisation WAN (World Access Network). Les équipements sont reliés entre eux pour former une toile (Web) d'araignée (comme Internet). Chaque nœud a un rôle de routeur. Pour atteindre un nœud, les chemins sont multiples et choisis en fonction de critères comme la disponibilité d'un nœud ou d'un WAN, la qualité de transmission ou la charge ponctuelle sur un tronçon WAN donné.

• **Anneau**

Chaque nœud est relié à ses voisins pour former une boucle fermée et a un rôle actif dans la propagation des échanges. Cette structure est bien adaptée aux LAN, en particulier si l'on recherche la disponibilité. Une rupture de liens entre deux nœuds peut être gérée pour garantir la communication. Chaque nœud a la possibilité de régénérer le signal et la structure se prête facilement à l'utilisation de la fibre optique, les distances de couverture pouvant être grandes.

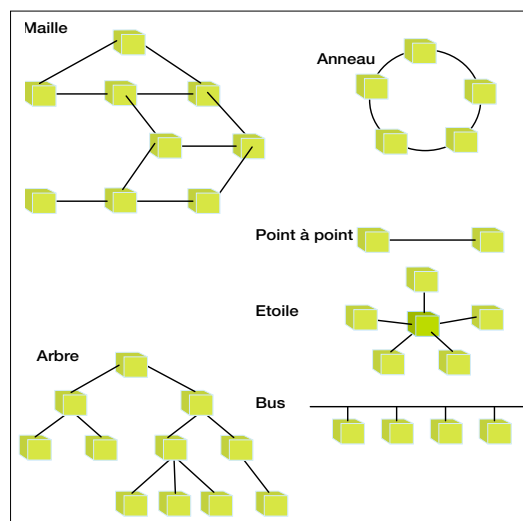


Figure 8. Représentation des différentes topologies de réseaux.

■ **Différents types d'interconnexion de réseaux**

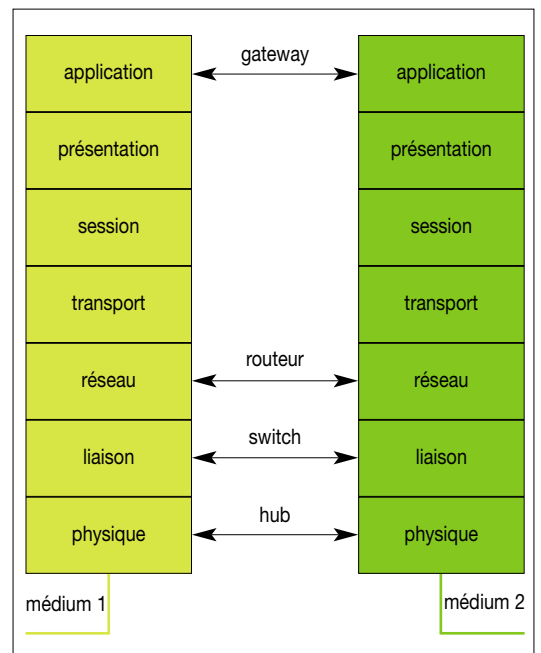


Figure 9. Différents types d'interconnexions de réseaux.

Gateway

Unité fonctionnelle qui permet l'interconnexion de deux réseaux d'architecture différente.

Routeur

Il crée une segmentation logique de réseaux. Il assure le passage de l'information entre deux sous-réseaux logiques distincts en choisissant le meilleur chemin. C'est la couche réseau qui assure ce routage. Il n'est pas transparent, il faut donc l'adresser pour le traverser.

Switch

Il transmet les données reçues sur un port, seulement vers le port sur lequel la station destinataire est connectée. Il assure la prolongation du support au delà des limites en distance du standard (segment) en réalisant une remise en forme des signaux. Il supprime les collisions et les paquets non valides et réduit la charge moyenne sur le réseau entier. Synonyme : Bridge.

Hub

Les données reçues sur un port sont envoyées à tous les autres ports. Le hub ne possède pas de mémoire interne et diffuse les collisions ; plus il y a d'équipements, plus il y a de collisions et plus la charge est importante. Pour de plus longues distances, utiliser des switches. Synonyme : répéteur.

Les bus et réseaux de terrain en automatisme industriel

■ Bus capteurs et actionneurs

□ Bus AS-i

AS-i (Actuator Sensor interface) est un bus de capteurs et d'actionneurs. C'est un bus déterministe aux temps de réponse très courts qui s'appuie sur un standard industriel ouvert soutenu par l'association AS-i. Cette association compte parmi ses membres les leaders du marché des capteurs, des actionneurs, des automates programmables et de la connectique.

AS-i offre donc l'avantage de ne pas être un réseau propriétaire. Son raccordement vers le niveau supérieur dans la hiérarchie des réseaux peut être réalisé au travers des passerelles (comme la passerelle Fipio/AS-i) ou en utilisant les capacités de communication d'un coupleur de bus (automate...).

La topologie d'AS-i est libre : point à point, en ligne ou en arbre en anneau.

Voir application page 9 (Hôpital de Dreux).

□ Bus CANopen

Le bus CANopen s'appuie sur la technologie CAN (Controller Area Network), développée à l'origine pour les systèmes embarqués des véhicules automobiles ; la technologie CAN est maintenant utilisée dans de nombreux domaines comme : le transport, les équipements mobiles, les équipements médicaux...

Le bus CANopen s'impose désormais dans les automatismes industriels et en particulier sur les machines. Il utilise une double paire torsadée blindée sur laquelle le raccordement d'un maximum de 127 équipements s'effectue par simple dérivation.

Le débit binaire variable entre 10 Kbits/s et 1 Mbits/s est conditionné par la longueur du bus.

■ Bus de terrain

□ Bus Fip

Sur la base du standard WorldFip, deux profils ont été développés :

- Fipio, bus d'E/S de l'automate (niveau 1),
- Fipway, bus de synchronisation (niveau 2).

Le bus de terrain Fipio est un standard de communication entre différents constituants d'automatisme (niveau 1). Il permet la connexion de 127 équipements à partir du point de connexion

intégré au processeur. Ce bus de terrain est basé sur les mécanismes producteurs/consommateurs. Il est destiné au déport d'E/S jusqu'à 15 km et accueille des équipements tiers.

■ Réseaux locaux industriels (RLI)

□ Réseau Fipway

Le réseau Fipway est un réseau local industriel assurant la communication entre les différents automates programmables Micro, Premium et TSX Série 7.

Il sert de bus de synchronisation entre automates ; il est dérivé de la norme FIP et inclut de nombreux services complémentaires.

□ Bus Modbus et Jbus

Le bus Modbus (le bus Jbus est une variante de Modbus) répond aux architectures Maître/Esclave. Il a été créé par la société Modicon en 1978 pour interconnecter les automates programmables. Le bus est composé d'une station Maître et de stations Esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas réalisable).

□ Réseau Modbus Plus

Le réseau Modbus Plus est un réseau local industriel, déterministe et performant, répondant à des architectures étendues de type Client/Serveur, combinant haut débit (1 Mbit/s), supports de transmission simples et économiques ainsi que de nombreux services de messagerie. On peut lui connecter 64 nœuds sur 1 800 m (32 nœuds sur 450 m sans répéteur) sur paire torsadée.

■ Réseaux Ethernet TCP/IP

Ethernet sans protocole de communication n'est pas un réseau mais un médium normé. Il concerne les couches Liaison (2) et Physique (1) du modèle OSI. Bien qu'il existe une différence entre Ethernet et IEEE 802.3, par abus de langage, Ethernet est assimilé à la norme 802.3. Il est à noter qu'Ethernet TCP/IP est un réseau non déterministe.

Les principales caractéristiques de configuration d'Ethernet sont :

- un tronçon (ou segment) principal Ethernet ne peut excéder 500 m,
- un tronçon ne peut pas accepter plus de 100 nœuds, la distance minimale entre deux nœuds devant être supérieure à 2,5 m.

Le câble est généralement marqué tous les 2,5 m (par nœud, on entend toute entité unique adressable sur Ethernet),

- le chemin entre 2 nœuds distants ne doit pas :
 - traverser plus de 2 répéteurs (ou 4 demi-répéteurs ou 1 répéteur et 2 demi-répéteurs),

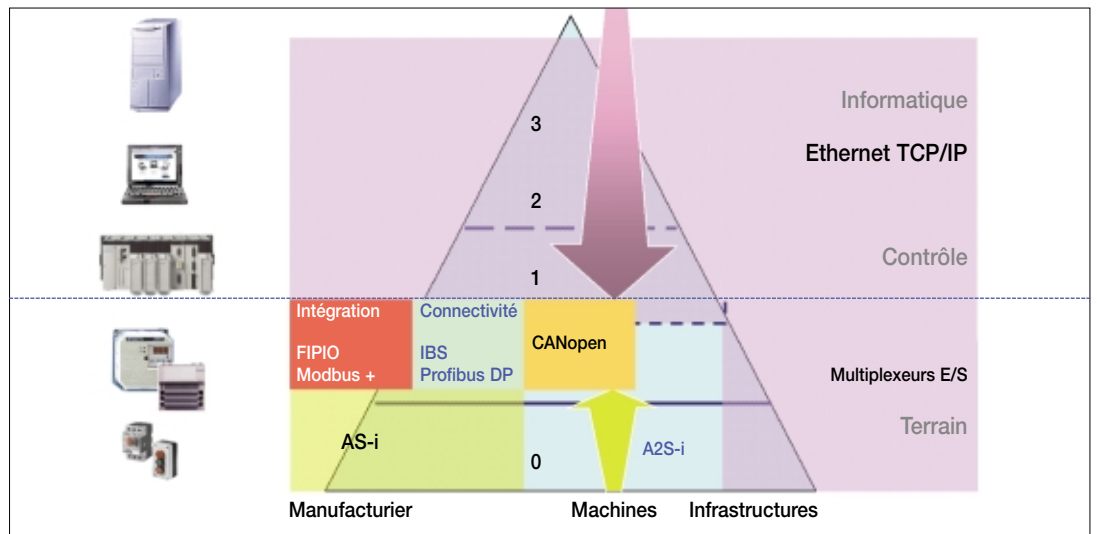


Figure 10. Le choix de Schneider Electric en matière de réseaux.

- présenter plus de 1 500 m de câble coaxial,
- présenter plus de 1 000 m de liaisons point à point (entre demi-répéteurs présents),
- le câble de transceiver (ou dérivation) ne peut excéder 50 m (liaison transceiver vers coupleur station, vers répéteur, vers demi-répéteur),
- la distance théorique maximale entre deux stations est de 2,8 km.

Toutes ces limitations sont liées à la technique CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) et à la vitesse de propagation des signaux électriques sur les médias ou dans les constituants, ainsi qu'aux phénomènes de réflexion.

Il existe une multitude de protocoles associables à Ethernet. Deux sont devenus des standards, à savoir : TCP et IP.

□ **IP (Internet Protocol) :**

IP est le protocole principal de la couche réseau qui est utilisé à la fois par TCP, UDP, ICMP et IGMP. Une application peut également accéder directement à IP (rare mais possible).

Chaque bloc de données qui circule sur l'Internet traverse la couche IP de tous les hôtes en extrémités du réseau ou routeurs intermédiaires. Il assure le routage des messages qui est direct si le destinataire est sur le même réseau ou indirect via routeur ou passerelle. Le service est non fiable, il n'existe aucune garantie que le datagramme arrive à destination. Il fournit un service qualifié de "au moindre effort" ou "au mieux". En cas de saturation de buffers, IP ne sait que rejeter un datagramme et essayer de prévenir l'émetteur via un message ICMP.

La fiabilité doit être assurée par les couches supérieures.

□ **TCP (Transmission Control Protocol) :**

TCP est destiné à être implémenté sur la couche transport du modèle OSI. C'est un protocole

de transport fiable orienté connexion et flux de données. TCP se charge de traiter la non fiabilité d'IP.

L'offre Ethernet TCP/IP de Schneider Electric implémente sur la couche application les protocoles applicatifs natifs que sont UNI-TE et Modbus. Ceci afin de satisfaire aux besoins de dialogue d'application à application et ainsi assurer l'interopérabilité des différentes plates-formes automates.

De nombreux services sont disponibles sur les coupleurs Ethernet de Schneider Electric, à savoir :

- applets de diagnostic embarqués afin de pouvoir assurer un diagnostic de l'automate et de sa configuration de manière simple et transparente au travers d'un navigateur Internet,
- applet d'éditeur de données dont l'objectif est de pouvoir accéder à la base de données (protégée par mot de passe) de l'automate par un navigateur Internet,
- applet d'éditeur graphique permettant de visualiser et commander, depuis un navigateur Internet, sous forme graphique (bargraphes, curseur, rotacteur, afficheur, courbes...) les données du procédé,
- applet "diag viewer" autorisant le report d'alarmes générées par un Premium et d'en gérer les acquis. Ceux-ci seront distribués sur le réseau Ethernet TCP/IP pour ainsi en faire bénéficier la totalité des acteurs. Diag viewer est accessible par un navigateur Internet.

Ces fonctions sont fournies avec les coupleurs concernés et ne nécessitent aucun développement. De plus, certains coupleurs disposent d'une mémoire utilisateur permettant le chargement de pages HTML et ainsi autoriser la conception d'un dialogue homme/machine temps réel embarqué.

Voir application page 11 (IUT de Brest).

Applications

■ Bus de terrain AS-i et réseau inter automates Fipway à l'hôpital de Dreux

Le fil jaune conduit la ronde des chariots

La section BTS électrotechnique du lycée Edouard Branly à Dreux a réalisé la rénovation de l'automatisme de contrôle et de commande des chariots d'approvisionnement de l'hôpital de la ville. Son choix s'est porté sur la mise en œuvre d'un bus de terrain AS-i relié à des automates programmables Micro.

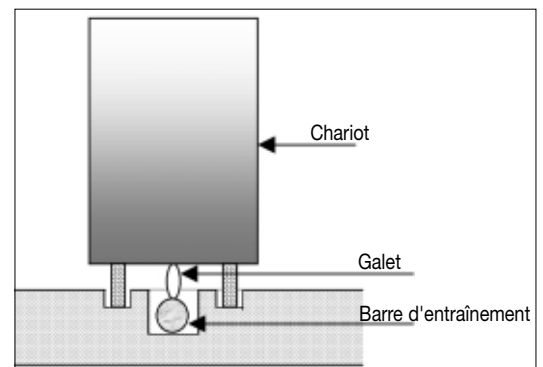


"L'approvisionnement des différents services de l'hôpital de Dreux est réalisé à l'aide de chariots transportant le linge, les produits pharmaceutiques et les plateaux repas. Tous les transferts étaient gérés par un automatisme qui, vétuste, ne donnait plus la garantie d'un fonctionnement fiable et n'offrait pas de convivialité au niveau du dialogue homme/machine. Les services techniques de l'hôpital, avec qui nous travaillons depuis plusieurs années dans le cadre de thèmes d'examen du BTS électrotechnique, nous ont confié l'étude et la réalisation d'un nouvel automatisme se substituant au précédent. Cette mission était toutefois assortie d'un impératif, celui de ne pas interrompre la continuité de service. Nous avons relevé le défi en mettant en œuvre un automatisme s'appuyant sur cinq automates Micro et trois bus de terrain AS-i", explique Didier Jublanc, professeur d'électrotechnique en section BTS au lycée Edouard Branly à Dreux, dans le département de l'Eure-et-Loir.



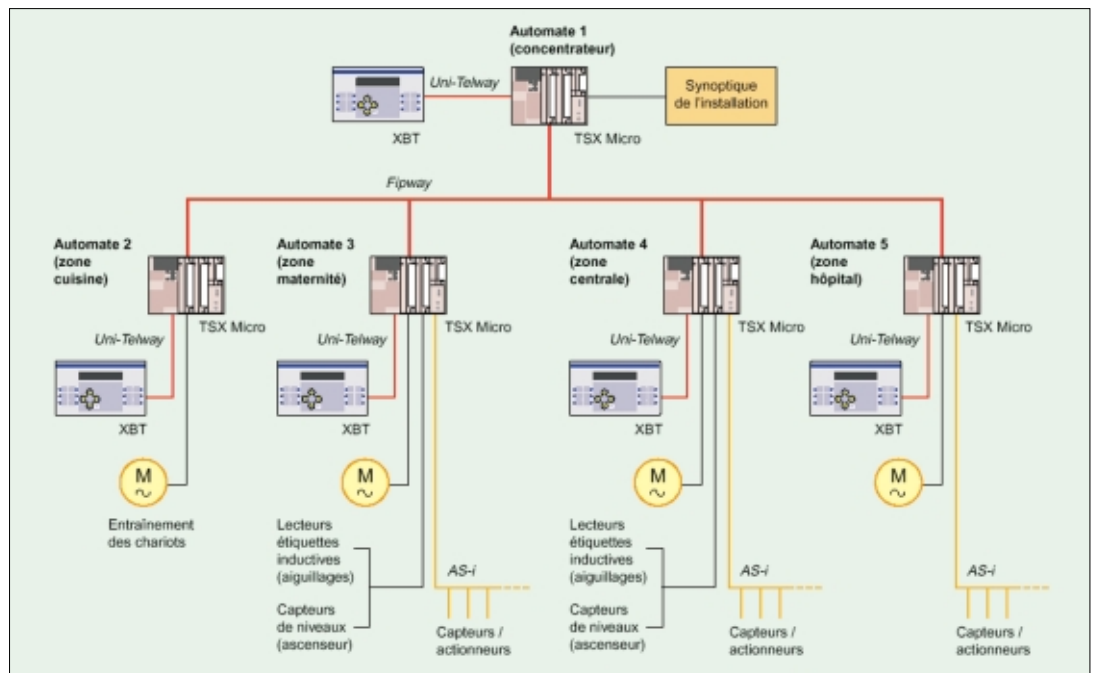
300 chariots chargés de l'approvisionnement

Les chariots, au nombre de 300, sont chargés dans les sous-sols de l'hôpital et rejoignent leur point de destination en se déplaçant à la vitesse de 5 km/h sur une voie. Celle-ci est constituée d'une part de deux rainures parallèles creusées dans le sol accueillant et guidant les quatre roues des chariots, et d'autre part d'un caniveau, situé entre les deux rainures précédentes, dans lequel tourne une barre cylindrique entraînée par plusieurs moteurs asynchrones. Chaque chariot est équipé d'un galet qui, frottant sur la barre, transmet le mouvement de déplacement. Des aiguillages assurent les changements de direction et deux ascenseurs permettent l'acheminement des chariots dans les services répartis sur dix étages. A leur sortie de l'ascenseur, les chariots quittent la voie et sont poussés manuellement jusqu'à leur destination finale. L'installation est divisée en quatre zones (cuisine, maternité, centrale et hôpital). Chaque zone est découpée en tronçons élémentaires effectuant chacun une opération simple de transfert de chariot. 300 capteurs de position inductifs assurent la détection de présence et le suivi des chariots. Chaque chariot embarque une étiquette d'identification inductive contenant l'information de destination. Des lecteurs, placés au niveau des aiguillages, réalisent le décodage de l'étiquette et orientent le chariot.



Une longueur de 400 mètres couverte par 3 bus AS-i

L'automatisme de l'installation repose sur quatre automates Telemecanique Micro, chacun d'eux étant affecté au contrôle d'une zone. Chaque automate pilote une série de moteurs asynchrones liés à l'entraînement des chariots et gère un bus de terrain AS-i, le fameux fil jaune, sur lequel sont connectés, via des boîtiers de raccordement (XZ-SDA40D3 à 4 E et XZ-SDA22D32 à 2 E/2 S), les capteurs de position et des gyrophares signalant la présence des chariots lors d'un franchissement de porte. Le réseau AS-i développe une longueur totale de 400 mètres, répartie en deux bus de 100 m et un troisième de 200 m. Pour ce dernier, il a été nécessaire d'installer



Architecture de l'automatisme de contrôle et de commande des chariots de l'hôpital de Dreux.

un répéteur (XZ-MA1) afin de prolonger de 100 m la liaison. Un terminal Magelis, relié via Uni-Telway à chacun des automates, assure la fonction de dialogue homme/machine. Les quatre automates communiquent entre eux et avec un cinquième par l'intermédiaire d'un réseau Fipway.

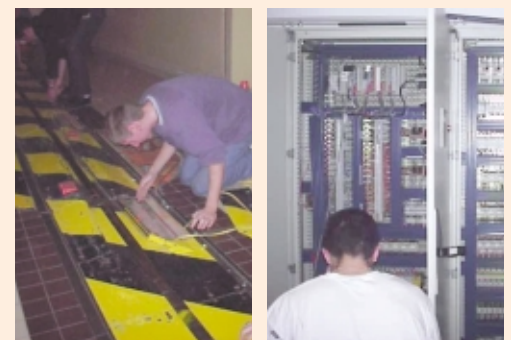
Ce cinquième automate, agissant en concentrateur, collecte les informations et pilote un synoptique à voyants lumineux traduisant l'état de l'installation. Le choix du bus AS-i a été motivé par la configuration du bâtiment imposant une grande longueur de voie. Cette solution génère de substantielles économies de câblage puisque les capteurs/actionneurs se connectant directement sur le bus, les fils entre capteurs/actionneurs et automates sont désormais supprimés.

La mise en service est également plus aisée car les informations sont visualisées directement sur l'automate et le contrôle des entrées et des sorties s'effectue automatiquement par une simple lecture.

"Nous avons réalisé cette rénovation sur quatre années, chaque année correspondant à une zone. Grâce à la disponibilité des services techniques de l'hôpital dirigés par Guy Jouanneau et son adjoint Thierry Noël, auxquels il faut associer Daniel Goussu, électricien de maintenance et véritable tuteur des étudiants, nous avons mené à bien notre mission. Les étudiants bénéficient d'une solide formation technique, dépassant la simple théorie et la simulation, puisqu'ils se frottent aux réalités du terrain avec un double objectif à atteindre dans un délai fixé : le succès à l'examen et la réussite de la rénovation", conclut Didier Jublanc. ■ MR

Le lycée Edouard Branly

Localisé à Dreux, le lycée polyvalent Edouard Branly accueille 1 200 élèves. Il prépare aux baccalauréats généraux L, ES et S (option SI), aux baccalauréats technologiques STI mécanique, électronique et électrotechnique, ainsi qu'aux CAP/BEP électronique, électrotechnique et maintenance des systèmes automatisés (MSMA). Il offre également la poursuite des études avec un éventail de cinq BTS : électronique, maintenance industrielle, assistant technique d'ingénieur, mécanique et automatismes industriels (MAI) et bien sûr électrotechnique. Pour ces deux dernières spécialités, des applications industrielles sont réalisées chaque année dans le cadre de la préparation des thèmes d'examen. Parmi ces applications, le lycée compte des références dans le secteur de la pharmacie, des cosmétiques, de l'environnement (traitement des eaux), de la mécanique...



■ Réseau Ethernet TCP/IP à l'IUT de Brest

Un serveur Web sur un automate micro

L'IUT de Brest dispose de deux PC sous Windows 98 et d'une maquette simulant un atelier flexible composé par des stations de distribution, de contrôle, d'usinage et de stockage.

l'un de ces coupleurs sont présentées sous forme de pages standard Web au format HTML et sont ainsi accessibles par tout navigateur Internet du marché capable d'exécuter du code Java embarqué. La fonction de diagnostic système permet de visualiser en temps réel à partir d'un navigateur Internet la configuration de l'automate Micro, le diagnostic détaillé de chaque module appartenant à cette



Un des deux PC, muni du logiciel Factory Cast, gère le site Web du coupleur de l'automate Micro.

Cette maquette est commandée par un automate Micro (TSX 3720) muni d'un coupleur Ethernet (TSX ETZ 510).

Pour le pilotage et le suivi de la production, il a été choisi de réaliser un serveur Web à partir de l'automate, avec des pages spécifiques de supervision sur le coupleur Ethernet.

Le coupleur Ethernet TSX ETZ 510 inclut, en plus de la gestion du protocole TCP/IP standard, une fonction serveur Web embarqué. Ce serveur est un serveur de données temps réel automate.

Toutes les données du processeur Micro supportant

configuration et l'état des entrées/sorties.

De plus, le coupleur Ethernet avec serveur Web embarqué dispose également d'un espace mémoire de type Flash EPROM, accessible comme un disque dur et permettant l'hébergement de pages Web spécifiques. Ces pages Web sont créées avec les éditeurs standard du marché permettant la création et l'édition au format HTML. Sur ces pages, il est possible de visualiser toutes les variables automate en temps réel grâce à des applets JAVA dans différents synoptiques, autorisant la réalisation d'applications de supervisions distantes. ■

L'IUT de Brest

Composante de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), l'Institut universitaire de technologie de Brest accueille plus de 1 000 étudiants, en formation initiale et continue, sur les sites de Brest et de Morlaix.

Il offre un éventail de formations préparant cinq spécialités de DUT (GEII, GMP, GB, GEA et GACO)* et des licences professionnelles dans les domaines de la production industrielle, du commerce et

de la distribution.

L'IUT de Brest héberge également un laboratoire de recherche de l'UBO : le LUSIG (Laboratoire des Systèmes Industriels et Géophysiques).

*GEII : Génie Electrique et Informatique Industrielle,

GMP : Génie Mécanique et Productique,

GB : Génie Biologique,

GEA : Gestion des Entreprises et des Administrations,

GACO : Gestion Administrative et Commerciale.

Lexique *pour comprendre la "langue"*

Applet : Petit programme téléchargé qui s'exécute sur l'équipement client qui en fait la demande.

AS-i : Actuator Sensor Interface. Norme de bus de terrain de niveau 0 (ou bus de capteurs/actionneurs).

ASIC : Application Specific Integrated Circuit. Circuit intégré dans laquelle les signaux sont transmis avec une atténuation inférieure à trois décibels. Par abus de langage, désigne le débit maximum utile du médium.

Bande passante : Mesure la largeur de la plage de fréquences dans laquelle les signaux sont transmis avec une atténuation inférieure à trois décibels. Par abus de langage, désigne le débit maximum utile du médium.

Bus déterministe : Bus temps réel ; les temps de réponse du système sont compatibles avec les appareils commandés.

CIM : Concept élaboré dans les années 80, le CIM (Computer Integrated Manufacturing, traduit en français par Système Intégré de Production, soit SIP) s'est avéré quelque peu "académique" vis-à-vis des réalités industrielles. Néanmoins, il a eu le mérite de bien structurer les différentes fonctions dans l'entreprise. Cette structuration a permis de mieux appréhender les besoins, la nature et l'importance des flux d'informations qui conditionnent le choix des solutions optimales de communication dans les différents niveaux de la pyramide CIM.

Coupleur : Interface électronique de communication permettant le raccordement d'un équipement à un réseau.

Diag Viewer : Fonction de diagnostic disponible pour la plate-forme automate Premium.

Équipement : Désigne dans ce guide technique tout produit d'automatisme raccordé au bus : automate, variateur de vitesse, distributeur pneumatique, robot, interface homme/machine, etc.

FIP (Factory Instrumentation Protocol) : Bus de terrain couvrant les niveaux 1 et 2.

HTML : Langage de programmation qui permet la définition et la réalisation de documents (textes, images...) conformes aux algorithmes de décriptage et d'affichage propres aux logiciels de navigation sur Internet.

Java : Langage informatique orienté objet dédié à internet.

LAN (Local Area Network) : Réseau local.

Médium : Support physique de la communication (paire torsadée, câble coaxial, fibre optique).

Message : Information échangée sur un réseau au travers de services définis dans un protocole de messagerie : lecture, écriture, téléchargement de zones mémoires, fichiers, etc.

Objet d'automatisme : Représentation modélisée et structurée décrivant les fonctions, les services offerts et le comportement d'un automatisme.

Protocole : Désigne les règles de dialogue entre mêmes couches des entités communicantes.

Réseau d'entreprise : Réseau local utilisé dans les applications de bureautique et de gestion.

Réseau local : Réseau limité à une zone ne dépassant pas quelques kilomètres ; en général, il s'agit de réseaux restreints à un bâtiment ou une entreprise, c'est-à-dire restant dans un domaine privé et ne traversant pas le domaine public. Par opposition, on parle de WAN (Wide Area Network) pour les réseaux comme le Réseau Téléphonique Commuté ou le réseau Internet.

RLI : Abréviation pour Réseau Local Industriel. Réseau local utilisé dans un environnement industriel (production...). Il permet la communication entre les équipements d'automatisme.

TCP/IP (Transport Control Protocol/Internetwork Protocol) : Protocoles de communication utilisés notamment pour la transmission des informations sur le web.

Trame : Suite de bits ou caractères émis de façon ininterrompue par un équipement sur le réseau et dont l'ensemble constitue une information cohérente interprétable par le ou les destinataires (messages, questions ou réponses, diffusion d'une valeur...). La longueur des trames est toujours limitée.

WAN (Wide Area Network) : Par opposition aux LAN, réseau couvrant une large zone, en général réseau public : Réseau Téléphonique Commuté, Internet...

A noter que depuis quelques années, on parle aussi de MAN (Metropolitan Area Network) ; il s'agit de réseaux rapides couvrant quelques dizaines, voire centaines de kilomètres (des zones métropolitaines).

WWW : World Wide Web ou Web. Permet un accès à l'échelle planétaire à des services et des documents avec un outil hypertexte, tels que Internet Explorer ou Netscape. Ces logiciels (ou navigateurs Web) utilisent le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol). Les documents échangés sont basés sur le langage HTML (HyperText Mark-up Language).

Avertissement

Schneider Electric dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas reproduits dans le présent guide et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni de conséquences liées à la mise en œuvre des informations et schémas contenus dans ce guide.

Bibliographie

- Guide technique Réussites N° 13 "Transparent Factory" Schneider Electric
- Cahier technique N° 197 "Bus de terrain" Schneider Electric
- Document sur les NTIC de l'IUT de Brest par Stéphane Barré, A. Mamoune et J. Le Guen
- Livre "Les réseaux" de G. Pujolle 3^{ème} édition

Les textes et les illustrations de ce guide sont disponibles dans la rubrique **L'enseignement technique** à partir du site : <http://www.schneider-electric.fr>

Ce guide technique a été rédigé par Ouahid Belkacem, professeur d'électronique et d'informatique industrielle au lycée Jacquard à Paris 19^e, avec la collaboration des experts réseaux et NTIC de Schneider Electric.