

Les réseaux locaux industriels

En 1986, les entreprises commencent à se sentir concernées par les réseaux locaux, elles comprennent que plus elles automatiseront leurs moyens de production, plus elles auront de difficultés pour les faire communiquer entre elles.

Pour résoudre en partie ce problème d'incompatibilité entre des produits aussi divers que les robots, les postes de CAO, de vision ou la GPAO, il fallait trouver un moyen, le plus normalisé possible, pour permettre cette communication : ce sont les réseaux locaux.

Mais pour faire communiquer un capteur et son actionneur ou pour la réalisation d'un atelier complet, il était indispensable de créer une hiérarchisation des réseaux locaux industriels qui se regroupent en trois niveaux.

Hiérarchisation des réseaux

Niveau 1

Ce premier niveau correspond au niveau de base, il permet par exemple une transmission des informations entre des capteurs et des actionneurs. Le travail du réseau dans ce cas là concerne l'acquisition périodique des données capteurs, l'envoi périodique d'informations vers les actionneurs, l'envoi de commandes et l'acquisition de certaines informations d'état vers les équipements d'entrée-sortie.

Niveau 2

Le niveau deux correspond à l'étape supérieure, il s'agit ici de connecter les éléments de la partie opératives à ceux de la partie applications. Les informations transmises ne sont plus comme précédemment des informations élémentaires, mais des messages structurés comme par exemple le téléchargement de programmes, la synchronisation des tâches, etc...

Ce niveau de réseau regroupe une grande partie des produits proposés sur le marché ; le projet Map a d'ailleurs été étudié pour couvrir ce niveau 2.

Niveau 3

Ce dernier niveau reste le plus rare actuellement, il concerne l'intégration totale de tous les éléments constitutifs d'une entreprise aussi bien ceux touchant aux outils de production que ceux des bureaux d'études ou du service commercial. Cette dernière catégorie correspond en partie au projet TOP (Technical and Office Protocol).

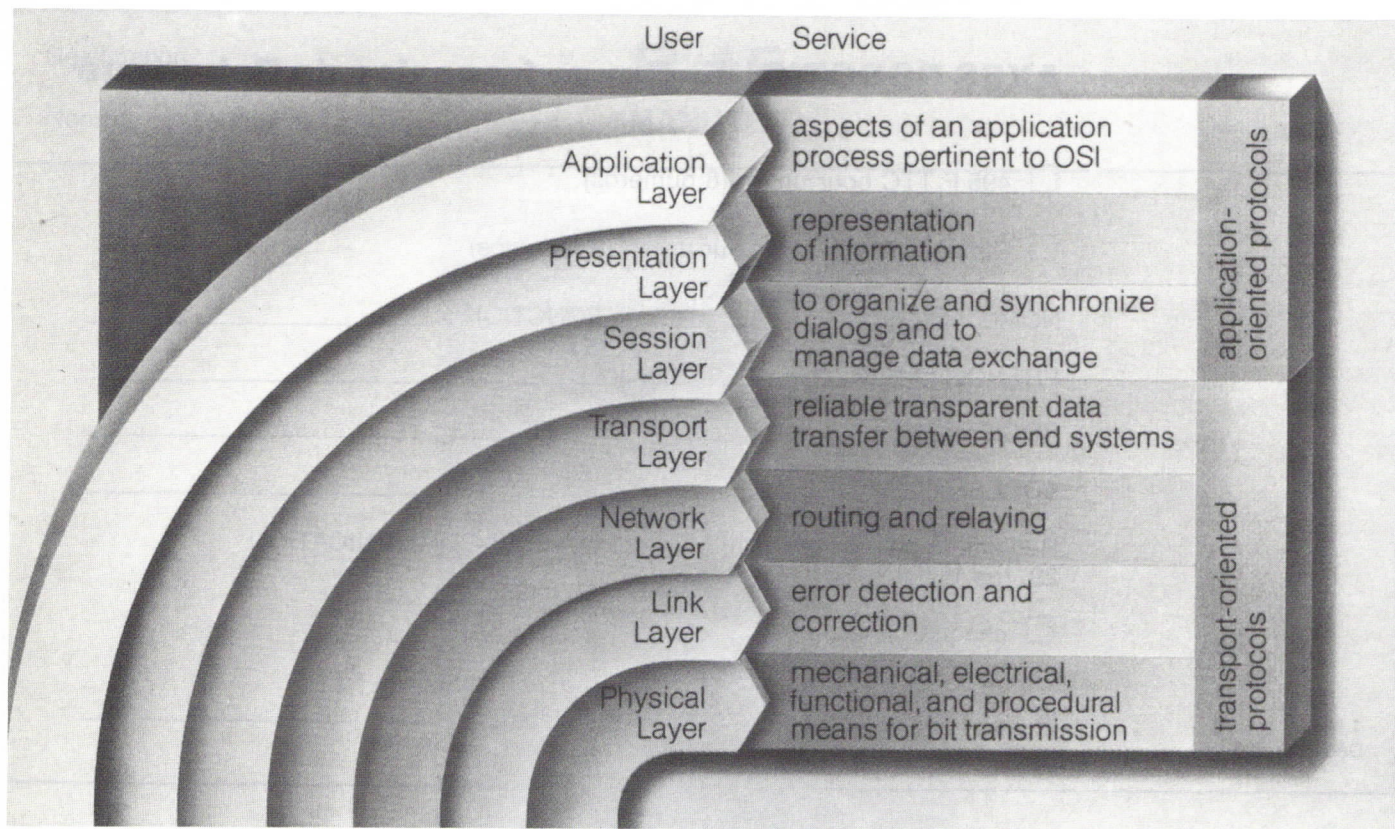
Le modèle OSI

Cette hiérarchisation que nous venons de décrire succinctement reste très ouverte, il est toujours possible d'obtenir des recoupements et d'utiliser un produit prévu pour le niveau 2 en tant que niveau 3 dans une petite société.

D'ailleurs tous les produits utilisent le même modèle de référence OSI. A l'origine ce modèle de référence a été étudié pour permettre de résoudre des problèmes très divers comme le transport d'informations, l'adressage de synchronisation, etc...

Source BIPE

LES TROIS GAMMES DE RÉSEAUX LOCAUX INDUSTRIELS (*)			
	Réseaux « bas de gamme »	Réseaux « milieu de gamme »	Réseaux « haut de gamme »
Équipements connectés	Capteurs/actionneurs simples, Contacteurs Petits automates	Postes de contrôle, Capteurs/actionneurs, Automates programmables, CN de MO et de robots Systèmes de régulation	Ordinateurs, CAO, Systèmes de vision et équipements vidéo
Étendue	< 1 km	Jusqu'à 2 ou 3 km	Jusqu'à 20 km
Débits caractéristiques	< 1 mégabit/s	1 à 20 mégabits/s	20 à 200 mégabits/s
Temps d'accès	1 à 5 ms	10 à 100 ms	20 ms à 2 s
Coûts de connexion (en 1984)	3 500 F à 11 000 F	7 500 F à 95 000 F	> 50 000 F
Autres particularités	Supportent plusieurs centaines d'équipements, Messages très courts, essentiellement périodiques	Supportent plusieurs dizaines d'équipements Messages essentiellement aperiodiques (30 à 300 octets)	Supportent plusieurs centaines d'équipements Messages périodiques ou aperiodiques
Supports types	Paire torsadée, câble coaxial en bande de base	Câble coaxial, fibre optique (bande de base, large bande)	Câble coaxial en large bande fibre optique
Exemples	Modbus, Lac, Procontrol P 14, PB Net, Gixinet	Factor, Net-One, Sycoway, WDPF, Partner Bus	Datapipe (NSC), UniLAN



Les sept couches du modèle OSI

De bas en haut :

Physical Layer	= Couche Physique
Link Layer	= Couche Liaisons des données
Network Layer	= Couche Réseau
Transport Layer	= Couche Transport
Session Layer	= Couche Session
Presentation Layer	= Couche Présentation
Application Layer	= Couche Application
mechanical...	= Description des interfaces mécaniques, électriques et des protocoles d'échange de bits
error...	= Détection des erreurs et corrections
routing...	= Acheminement et routage des informations
reliable...	= Transport d'informations d'un bout à l'autre du réseau
to organize...	= Synchronisation et gestion du dialogue entre unités
representation...	= Présentation des informations échangées
aspects...	= Définition des mécanismes communs aux applications réparties
transport orien..	= Circuit de transmission
application-orie...	= Circuit application
User	= Utilisateur
Service	= Service

Pour répondre à tous ces problèmes, sept couches différentes ont été définies suivant les choix techniques d'implantations.

Couche 1 : Couche Physique

Elle décrit les interfaces mécaniques et électriques, et les protocoles d'échanges de bits.

Couche 2 : Couche Liaison de données

Cette couche est responsable de l'acheminement sans erreur des blocs d'informations sur la couche physique. Une autre fonction de cette couche est de gérer les accès au support de transmission ; car en pratique une seule station à la fois devra avoir le droit d'émettre à un instant donné.

Couche 3 : Couche Réseau

Elle réalise l'acheminement et le routage (choix des chemins à partir des adresses) des informations au travers du réseau. Il existe deux protocoles différents dans cette couche, le protocole de circuit virtuel avec connexions et le protocole Datagramme sans établissement de connexion préalable

Couche 4 : Couche Transport

Cette couche joue un rôle charnière entre les systèmes d'exploitation et les supports physiques de transmission. Elle fournit des moyens de transport d'informations d'un bout à l'autre d'un réseau entre deux utilisateurs situés dans des systèmes différents.

Couche 5 : Couche Session

On appelle session dans les réseaux de transmission de données, l'intervalle de temps pendant lequel les applications ont à dialoguer. Cette couche est chargée d'organiser, de synchroniser et de gérer les échanges entre unités communicantes.

Couche 6 : Couche Présentation

Cette couche permet, à l'aide d'un langage intermédiaire, de fournir des informations (messages, fichiers,...) compréhensibles à tous les systèmes hétérogènes pouvant exister.

Couche 7 : Couche Application

Cette dernière couche définit les mécanismes communs aux applications réparties et la signification des informations échangées.

FIP

En 1982, au sein de la Mission Scientifique et Technique du Ministère de l'Industrie, est lancé un groupe de travail sur les réseaux locaux, une commission est alors créée pour travailler sur les problèmes de communication entre les capteurs, actionneurs et automatismes.

Jusqu'à cette date les utilisateurs réalisaient leurs communications entre ces éléments à l'aide d'un câblage filaire en reliant les divers éléments entre eux, rendant le nombre de fils impressionnant.

Les premières spécifications FIP sont terminées en 1985 et le premier prototype est fabriqué par National Semiconductors à la fin de la même année. Par la suite le nombre de sociétés intéressées par ce projet est devenu de plus en plus important.

L'année 87 devrait voir apparaître sur le marché le premier capteur qui permettrait de se connecter directement sur un réseau FIP, ensuite vont venir les actionneurs FIP. Actuellement un club d'utilisateurs vient de se créer comprenant Télémécanique, Merlin-Gérin, Schlumberger, CGEE...

MAP

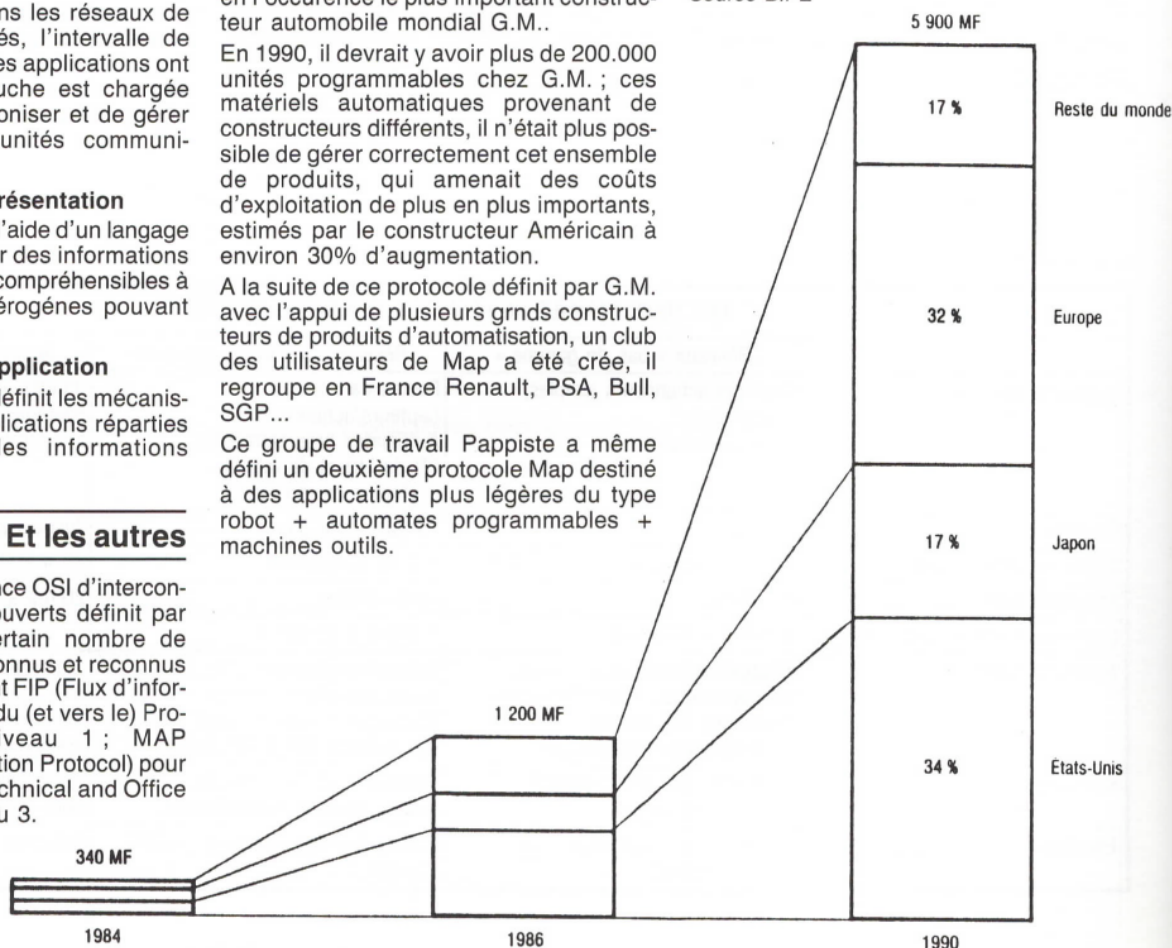
Contrairement à l'approche précédente MAP n'a pas été initialisé par les pouvoirs publics mais directement par un utilisateur, en l'occurrence le plus important constructeur automobile mondial G.M..

En 1990, il devrait y avoir plus de 200.000 unités programmables chez G.M. ; ces matériels automatiques provenant de constructeurs différents, il n'était plus possible de gérer correctement cet ensemble de produits, qui amenait des coûts d'exploitation de plus en plus importants, estimés par le constructeur Américain à environ 30% d'augmentation.

A la suite de ce protocole défini par G.M. avec l'appui de plusieurs grands constructeurs de produits d'automatisation, un club des utilisateurs de Map a été créé, il regroupe en France Renault, PSA, Bull, SGP...

Ce groupe de travail Pappiste a même défini un deuxième protocole Map destiné à des applications plus légères du type robot + automates programmables + machines outils.

Les marchés des réseaux locaux industriels (*)
Source BIPE



FIP - MAP - TOP - Et les autres

De ce modèle de référence OSI d'interconnexion des systèmes ouverts défini par l'ISO, sont nés un certain nombre de "standards", les plus connus et reconnus à l'heure actuelle restent FIP (Flux d'information en provenance du (et vers le) Processus) pour le niveau 1 ; MAP (Manufacturing Automation Protocol) pour le niveau 2 ; et TOP (Technical and Office Protocol) pour le niveau 3.

Principe de FIP

1° phase : le GN émet un identificateur (ou nom) (fig. 7.6)

2° phase : une station émettrice E reconnaît cet identification en émission. Les autres le reconnaissent en réception. (fig. 7.7)

3° phase : la station E émet la trame de données (fig. 7.8)

4° phase : les autres stations reçoivent l'information de la trame de données (fig. 7.9)

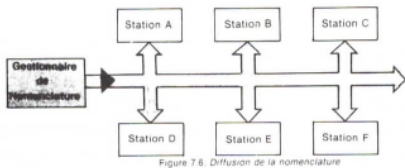


Figure 7.6. Diffusion de la nomenclature

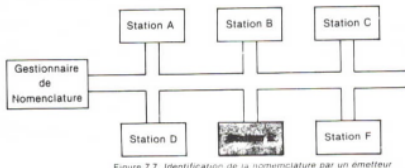


Figure 7.7. Identification de la nomenclature par un émetteur

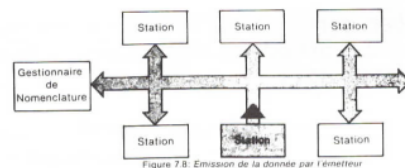


Figure 7.8. Émission de la donnée par l'émetteur

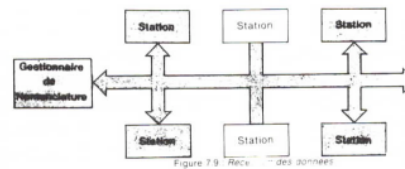


Figure 7.9. Réception des données

Ce nouveau Map baptisée EPA (Enhanced Performances Architecture) est basée sur le même principe que le Map d'origine avec la suppression des couches 3,4 et 5.

TOP

Le protocole Top a lui aussi été développé par un utilisateur qui avait des besoins de connexion encore plus vastes, il s'agit de Boeing.

Ces deux projets ont été lancés en même temps par ces deux grands utilisateurs, Boeing voulant pour sa part pouvoir connecter aussi la partie bureautique. Pour éviter des différences majeures entre Map et Top, les deux produits se sont basés sur le modèle de référence OSI et de plus, un groupe de travail commun a été créé entre les deux projets. En final, seules les couches Application et Physique sont différentes sur les deux produits.

Et les autres

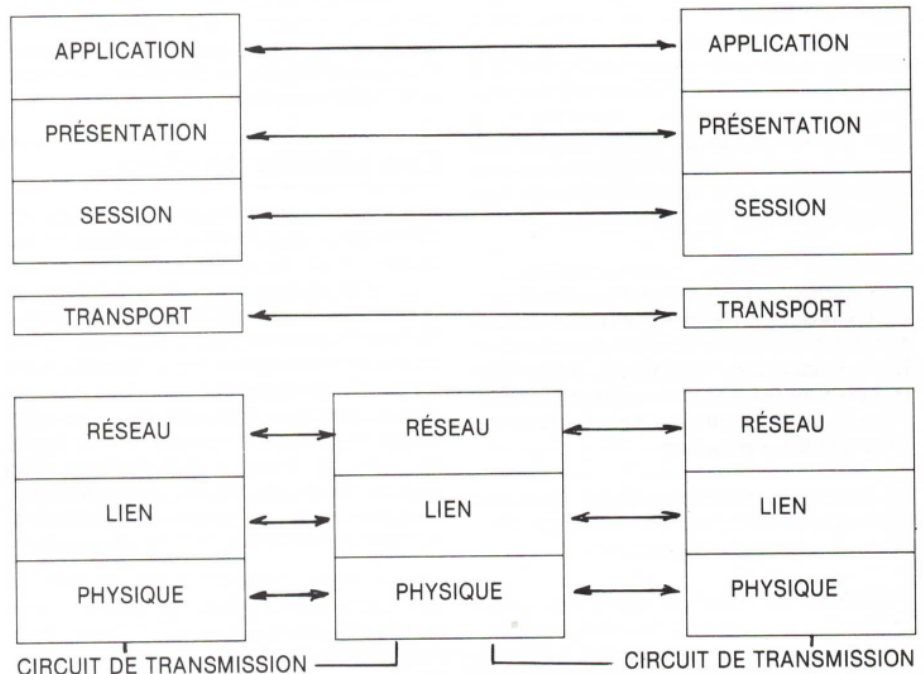
A ces protocoles qui restent les plus connus, il faut rajouter une offre industrielle de plus en plus importante mais qui restent aussi très difficile à cerner, surtout devant le nombre d'informations à obtenir, comme le nombre de stations pouvant être raccordés, ce qui semble anormal pour des produits dit industriels.

Autre problème décisif qui se pose dans toutes nouvelles technologies, comme pour la robotique : quels sont les constructeurs qui seront encore présents dans cinq ou dix ans lorsque toutes les machines seront connectées ? Un choix qui s'annonce difficile pour tous les utilisateurs.

G. Fages

Pour en savoir plus

- Les réseaux locaux industriels, JP. Thomesse, E.T.A.
- Les réseaux locaux d'entreprises, F. Hoste, Editest
- La télématique, réseaux et applications, G. Pujolle, Eyrolles
- Architectures de réseaux, le modèle ISO, M. Rudnianski, Editest
- Dossier réseaux locaux, C. Gelé, Sciences et Techniques
- Les réseaux pour l'industrie, E. Catier, Electronique Industrielle
- Enjeux, Janvier 86 - numéro 65



Les sept couches du modèle OSI

Les premières expériences

Mi-86 une première enquête a été réalisée sur l'utilisation des réseaux locaux industriels en entreprise, voici les conclusions de ce travail qui a porté sur une dizaine de sociétés dont Clemessy, Renault Automation, Sollac, Dassault, SNR, Rhône Poulenc, CN industrie,...

De ces témoignages, se dégage une première classification correspondant à la hiérarchisation des réseaux que nous venons de voir dans le dossier.

- 1) Les grands processus de fabrication, de type "continu".
- 2) les ateliers flexibles.
- 3) les applications particulières.

La première catégorie concerne essentiellement l'industrie lourde. Les processus sont de type continu et caractérisés par l'importance du nombre de dispositifs connectés et de variables à traiter (jusqu'à plusieurs milliers). La période, à laquelle doivent être réinitialisées les variables à destination des systèmes de communications, est de l'ordre de la seconde, la disponibilité requise des réseaux est proche de 100%.

L'architecture du système de commande est à l'échelle du processus de production et les distances couvertes peuvent être très importantes. Toutes ces caractéristiques amènent les concepteurs à se tourner vers des réseaux de "haut de gamme".

La deuxième catégorie est constituée d'ateliers, plus ou moins flexibles, dans des industries manufacturières. Dans certains cas, les concepteurs ont cherché à conserver une autonomie importante entre les niveaux fonctionnels hiérarchiques, pour préserver le fonctionnement en phase de production, donc en veillant à ne pas faire dépendre les automatismes du bon fonctionnement du réseau local.

Le réseau est alors surtout utilisé pour le téléchargement des programmes systèmes et des programmes de production, ce qui permet d'en assurer une meilleure gestion sur un dispositif centralisé, ainsi que d'échanger des fichiers de données techniques et de compte rendus entre les périodes de production.

Le coût de connexion permet de rester dans des budgets comparables aux solutions de cablages classiques.

Troisième et dernière catégorie, deux applications sur les dix se sont caractérisées par une approche en terme d'intégration globale autour d'un réseau local et non comme une modification du système de communication.

Ces dernières applications sont caractérisées par une importante implication du réseau dans le fonctionnement en régime normal (et en temps réel). Il semble que de plus en plus d'applications reposent ainsi à l'avenir sur l'utilisation de l'information en temps réel et soient bâties sur l'intégration globale de la communication.

Le choix du réseau

Il ressort de l'enquête de terrain, que le choix du réseau est une démarche qui se passe en deux étapes principales ; d'abord la décision d'utiliser un réseau plutôt qu'une solution traditionnelle, et ensuite le choix du produit réseau local qui remplit les fonctions requises.

Cette démarche peut provenir de l'utilisateur final qui procède lui-même à une enquête préliminaire et comparative des solutions existantes. Cette enquête est parfois sous-traitée à une société de services.

Une autre démarche a consisté à rédiger un appel d'offres où l'utilisateur pouvait préciser que les solutions réseaux seraient privilégiées.

Le réseau local retenu par l'ingénieur est alors choisi, soit en fonction de l'expérience acquise au cours de réalisations précédentes, soit après une enquête comparative.

Le choix de l'utilisateur dépend alors autant de la cohérence de la proposition que du réseau local particulier employé. Certains ingénieurs ont même devancé la demande en optant pour les réseaux locaux avant qu'ils ne deviennent un argument commercial.

Les critères de choix

Les arguments qui poussent à l'utilisation de réseaux locaux sont maintenant bien connus. Pour les utilisateurs, ils facilitent les modifications et améliorent fortement l'évolutivité en permettant d'insérer n'importe quel dispositif, sans remise en cause de l'installation ; la nécessité d'avoir un double accès aux informations, vers un calculateur de commande et un de supervision par exemple, est un cas de figure où l'on se passera difficilement d'un réseau ; la volonté d'avoir une architecture de commande véritablement répartie conduit naturellement à ce type de solution.

La facilité de câblage et les économies sont également prises en compte. Les gains réalisables sur les coûts de développement des logiciels de communication, interfaces, constituent un élément essentiel à prendre en compte pour évaluer la rentabilité d'un tel choix.

La possibilité d'adopter des formats ou des protocoles de communication standards permettent de mieux maîtriser les coûts de développements futurs.

Quelle que soit la démarche adoptée, tous les témoignages concordent pour attester de l'é étroitesse de l'offre de réseaux locaux industriels hétérogènes : quatre produits, d'ailleurs Français, reviennent tel un leitmotiv : Lac, Gixinet, Factor, Arlic.

Avec l'adoption des normes internationales, certains réseaux qui pouvaient être jusqu'à présent considérés comme spécifiques à certains constructeurs, présentent maintenant les caractéristiques de produits ouverts (par exemple Sycoway)

Avec l'adoption des normes internationales, certains réseaux qui pouvaient être jusqu'à présent considérés comme spécifiques à certains constructeurs, présentent maintenant les caractéristiques de produits ouverts (par exemple Sycoway).

Certains produits sont déjà bien implantés malgré l'ombre grandissante du standard naissant Map.

Quels sont donc les critères qui ont permis aux utilisateurs d'effectuer un choix, si limité soit-il ?

Un certain nombre de contraintes techniques doivent avant tout être remplies : débit suffisant, temps de transfert limité, capacité à supporter de fortes charges sans dégradation des performances, etc...

En pratique la première catégorie des applications citées nécessite des réseaux ayant d'importants débits pour véhiculer les nombreuses variables émises par de nombreux dispositifs vers les systèmes de commande et de supervision. Factor et Arlic semblent se situer sur ce créneau.

Mais à des niveaux inférieurs d'automatisme, des réseaux plus économiques sont utilisés, pour, par exemple relier des automates (Modbus, Kbus, etc...).

Les ateliers flexibles ont en général moins de constituants à connecter et les échanges d'informations sont plus limités. Des réseaux de plus faible capacité en terme de débit semblent alors mieux adaptés. Ils sont surtout plus économiques. C'est le cas de Lac et de Gixinet.

Leurs utilisateurs ont tous affirmé que ces réseaux non seulement avaient des débits suffisants pour leur application, mais qu'ils n'étaient pas généralement employés à leur pleine capacité.

L'aspect économique : Le coût des communicateurs

La décision d'utiliser tel ou tel produit est bien sûr fortement influencée par les coûts des communicateurs. Il est cependant difficile de comparer ces coûts sans mettre en rapport les fonctionnalités offertes. Le retour d'investissement est également très difficile à évaluer à priori car un des principaux avantages des réseaux, est leur souplesse d'évolution. Les gains ne pourront être évalués qu'en fonction des économies réalisées sur le développement des logiciels de communications futurs, par rapport à une solution classique qui n'a pas été retenue.

Les comparaisons et les évaluations sont donc délicates. D'une façon générale, un réseau aux performances modestes mais suffisantes permettant un coût de connexion raisonnable sera toujours préféré à un "super réseau" dont on n'utilisera pas toujours toutes les possibilités. C'est d'ailleurs une réserve souvent émise à l'encontre de Map, malgré l'intérêt incontestable qu'il suscite.

De prochaines annonces concernant des baisses importantes des tarifs de Factor devraient également modifier les cartes de l'offre en réseaux locaux industriels.

Ne pas oublier la formation

L'ensemble des besoins de formation aux réseaux locaux est un aspect important à prendre en compte, surtout lors d'une première expérience. Les sociétés d'ingénierie proposant des solutions "réseau" en

réponse à un appel d'offres, se trouvent parfois confrontées à un problème de langage pour expliquer l'intérêt des choix retenus.

Si la culture générale en communication progresse rapidement grâce à une abondante littérature, ces connaissances restent souvent confuses et superficielles.

L'existence des concepts ou des systèmes (le modèle Iso, Map) est largement connue ; les concepts eux-mêmes le sont moins et les préoccupations relatives au fonctionnement des réseaux occultent souvent des aspects importants comme la hiérarchie des fonctions et des communications dans les systèmes de commande.

Plusieurs entreprises ont fait remarquer que dans les formations, les aspects logiciels étaient privilégiés par rapport aux aspects matériels. Ainsi le manque de spécialistes en transmission large bande pourrait devenir inquiétant avec le développement de Map.

La formation de concepteurs de réseaux ou de systèmes répartis est une chose, encore faudrait-il ne pas oublier celle du personnel d'installation et de maintenance.

Les développements futurs

Au sujet des développements futurs, il faut garder en mémoire le fait que les normes retenues dans les principaux projets comme Map ne sont pas spécialement adaptées aux problèmes du temps réel et que les principaux enjeux ne sont pas seulement dans les systèmes de communication mais également dans la façon d'intégrer les constituants (machines, robots, ...) autour des réseaux de différents types.

Les protocoles retenus actuellement ont été définis par des liaisons entre deux abonnés uniquement. Or les applications temps réel nécessitent souvent des communications entre plusieurs abonnés.

On peut dire que de nombreux problèmes sont à l'ordre du jour et que ce n'est pas la normalisation qui empêchera la recherche de trouver de nouvelles solutions. Définir des réseaux standards est une chose, mais intégrer les constituants autour en est une autre.

En effet, des projets comme Map par la spécification de nouveaux services des couches hautes (6 et 7) conduisent à définir en fait un langage de programmation d'applications réparties et un système exécutif réparti. Les outils de production de programmes devront à terme inclure ces spécifications pour que les applications produites soient compatibles avec les futurs systèmes exécutifs.

Non seulement les outils de production de programmes sont concernés, mais aussi les outils et méthodes d'aide à la conception des systèmes automatisés de production. Un concept comme Fip devrait se traduire par de nouvelles architectures et de nouveaux constituants.

D'après une étude de JP. THOMESSE
JL. DELCUVELLERIE

TABLEAU DES RESEAUX LOCAUX INDUSTRIELS

Revendeur	Nom du produit	Date de création	Nbr de station raccordable	Fonctionnalité Cde de robots	Fonctionnalité de syst. vision	Fonctionnalités de C.N.	Coût par station
Apollo Computer	Domain	1983		Via serveur	Via serveur	Via serveur	
April	JBUS	1983	255	Paramétrage traj.		Téléprogrammation	7.500
Aptor	Factor	1984	256	Acma, Statec		Num 760	
Cerci	Arlic	1985	1024	Ethernet, RS232	Ethernet, RS232	Ethernet, RS232	
CGEE	Sycoway	1984	64	C 350	Non	C 350	15 à 30.000
Compex	Lac	1983	252	Connection dir.		Téléchargement	5 à 15.000
Control Data	CDC Net	1985		Non	Non	Non	
CSEE	Sigbus	1986	255	Non	Non	Non	30.000
Matra Datapoint	Arcnet	1978	255	Non	Non	Non	7.500/10.000
Digital Equipment	Ethernet	1980	1024	Non	Non	DNC 11	16.000
Gixi	Gixinet	1982	64	X 25	Non	Non	6.000/10.000
Intel	Bitbus	1983	256	Oui	Oui	Oui	200
Intel	Map-net	1986	des milliers	Liaison Bitbus	Système 310	Cartes spécifiques	40.000
Jeumont Schneide	Jistem/Wdpf	1983	254				
Jeumont Schneide	Kbus	1984	64				
Prime Computer	Ringnet	1979		Non	Non	Non	
Rebus Communicat	Token-net	1986		V 24, RS449/422	Oui	Oui	5.000/36.000
Siemens	Sinet H1	1985	1024	Robots Siemens	Cartes visual.	Tous Sinumeric	
Télemécanique	Telway 7	1984	4096				5.500
Texas Instrument	Tiway	1982	254	Via Unilink	Via Unilink	Via Unilink	16.000

Ce tableau est tiré de l'ouvrage "Les réseaux Locaux Industriels" écrit par JP. Thomesse, dans la collection Novotique dirigée par C. Laurgeau.

Le projet M.A.P.

1. INTRODUCTION

Le projet MAP (Manufacturing Automation Protocols) a été initialisé en 1980, suite à une décision volontariste du haut Management de la société General Motors (GM) aux Etats-Unis. Les motivations ayant conduit à cette prise de décision étaient alors les suivantes :

- Les dépenses en systèmes locaux de communication sont trop importantes

A l'époque, pour toute nouvelle application démarrée, on dépensait dans certains cas de figure jusqu'à 50% du coût total de l'application uniquement pour le système de communication. Ce qui a été jugé inadmissible par l'utilisateur, lequel préfère investir au niveau de l'application. Ces coûts étaient d'origines différentes :

- coûts matériels incluant les centaines de kilomètres de câbles à tirer, les centaines d'unités de contrôle synchrones ou asynchrones.
- coûts d'installation.
- coûts logiciels et particulièrement les coûts de développement de logiciels permettant de faire la passerelle entre l'architecture privée d'un premier constructeur et l'architecture privée d'un second constructeur.
- coûts de formation des techniciens et ingénieurs aux diverses technologies, techniques et architectures de communication utilisées par l'ensemble de nos fournisseurs.
- coûts de maintenance et de gestion de ces systèmes de communication hétéroclites.

- Les systèmes de communication de l'époque n'offraient ni les performances ni la souplesse nécessaires à la réalisation de systèmes intégrés de production :

A l'époque, G.M. était confronté à un problème de compétitivité vis-à-vis de ses concurrents en particulier Japonais. Pour devenir compétitif il était nécessaire à G.M. de réduire ses coûts de fabrication de l'ordre de 2.000 \$ par véhicule. Pour atteindre cet objectif, les solutions envisagées étaient d'une part d'augmenter de façon importante le niveau d'automatisation (passer de 40.000 équipements d'automatisation à 200.000 en 5 ans pour l'ensemble des usines du groupe) et d'autre part de constituer des systèmes intégrés de production en facilitant la communication et la coopération entre ces équipements. Il devenait alors impensable de réaliser de tels systèmes de communication interconnectant des milliers d'équipements hétérogènes au niveau d'un complexe industriel couvrant plusieurs centaines d'hectares au moyen de liaisons point à point. Une structure réseau local industriel s'imposait pour des raisons de coûts, de performance et de fiabilité.

Ce constat a conduit G.M. à spécifier un ensemble de protocoles de communication nécessaires à l'automatisation de la production, c'était la naissance du projet M.A.P..

2. SPECIFICATIONS M.A.P.

Ces spécifications M.A.P. à l'origine ont été rédigées au sein d'un groupe de travail (TASK FORCE) réunissant des représentants de l'ensemble des principales composantes du groupe G.M. (CHEVROLET, PONTIAC, CADILLAC, TRUCK AND BUS, etc...) associés à quelques grands fournisseurs de G.M. (IBM, DEC, HP, GOULD, ALLEN BRADLEY, etc...).

Ces spécifications, qui se voulaient indépendantes de tout constructeur, ont été basées sur la normalisation internationale ISO ou la normalisation américaine émergente. Pour certains besoins non couverts par la normalisation, G.M. a proposé ses propres spécifications et contribue à ce que celles-ci deviennent au moins des normes Américaines.

Ce processus de spécification MAP doit être complété en 1988 avec la commercialisation massive et par de nombreux constructeurs de produits se conformant aux spécifications M.A.P. 3.0. . Cependant, il est bien entendu que M.A.P. ne se veut pas exhaustif et que si les utilisateurs identifient de nouveaux besoins ou si de nouvelles techniques ou de nouvelles technologies standardisées apportent un plus significatif pour résoudre les problèmes de la communication en milieu industriel, les spécifications M.A.P. pourraient être révisées et donner lieu à de nouvelles versions dans la mesure du possible compatibles vers le haut avec les versions existantes. En fait, le principe de conserver une version de M.A.P. stable pendant au moins 2 ans semble être admis aussi bien par les constructeurs que par les utilisateurs. C'est le compromis type qui d'une part permettra à l'utilisateur d'avoir des produits stables à des coûts intéressants tout en tirant profit des évolutions techniques et technologiques.

3 - SUPPORT

MAP est un projet fortement supporté par les utilisateurs. Les quelques informations suivantes illustrent bien cette affirmation :

Groupe US d'utilisateurs MAP

Aux USA, très rapidement la démarche MAP a été supportée par bon nombre de grands utilisateurs (Boeing, Mac Donnell Douglas, USAF, Ford, Chrysler, Kodak, Deer and Company, Inland Steel, etc) qui se sont regroupés pour former un "MAP users' group". Aujourd'hui ce groupement d'utilisateurs MAP regroupe 1.500 adhérents représentant 250 compagnies américaines. Le secrétariat est sous la responsabilité du SME (Society of Manu-

facturing Engineers) et ce groupement d'utilisateurs se réunit 3 fois par an pour faire un point sur l'état d'avancement de MAP.

Groupe d'utilisateurs Européens de MAP (EMUG)

Au début de l'année 1986, un groupement d'utilisateurs Européens de MAP (European MAP Users' Group) a été créé avec pour objectifs de promouvoir MAP en Europe, d'accélérer la normalisation des services et protocoles retenus dans MAP et de contribuer à la mise en place de Centres Européens de certification.

Aujourd'hui, environ 180 compagnies Européennes sont membres de ce groupement d'utilisateurs représentant une dizaine de pays Européens.

Contrairement aux Etats Unis, les constructeurs Européens peuvent adhérer et actuellement un bon équilibre utilisateurs/constructeurs s'est établi. Cependant, afin de préserver la prépondérance des utilisateurs, le comité directeur de l'Emug, chargé d'orienter ses travaux est constitué de 15 utilisateurs (Renault, PSA, Fiat, Volkswagen, Philips, British Aerospace, BP, Schell, Jaguar, VDMA, ...etc) et de 5 constructeurs (IBM, DEC, Siemens, Comau, GEC).

Fédération Internationale de MAP

A l'exemple des Etats Unis et de l'Europe, la Canada et le Japon ont également formé un groupement d'utilisateurs MAP. Consécutivement, à l'initiative des USA, une Fédération Internationale MAP a été organisée et s'est déjà réunie deux fois. Les objectifs de cette fédération sont, d'une part d'aboutir à la publication de spécifications de référence MAP internationales et, d'autre part, de traiter de façon cohérente le problème des tests de conformité.

Démonstrations

Plusieurs démonstrations montrant l'interfonctionnement de produits MAP ont déjà été réalisées aux Etats Unis (NCC 84, Autofact 85). Les prochaines à venir sont :

- Une démonstration associée à un séminaire MAP organisée par le Ministère du Commerce et de l'Industrie Anglais (DTI) basée sur l'interconnexion au moyen d'un réseau local large bande d'une dizaine d'applications représentant l'ensemble des secteurs d'activité industriels concernés par MAP. Cette démonstration planifiée pour le début Décembre 1986 utilisera des produits MAP version 2.1 issus d'un grand nombre de constructeurs différents.
 - En Avril 1987, le projet Esprit CNMA (Communication Network for Manufacturing Applications) démontrera, pendant la foire d'Hanovre, l'interopérabilité de produits Européens interconnectés au moyen de trois réseaux locaux :
 - MAP large bande - Mini MAP - Ethernet.
- Fin Octobre ou Novembre 1987, pendant l'exposition Autofact 87, une démonstration d'interopérabilité de produits commerciaux réalisant la version MAP 3.0 sera effectuée à Detroit (Cobo Hall).

4 - ARCHITECTURES, SERVICES ET PROTOCOLES

4.1. Version M.A.P. 2.1.

La version actuelle M.A.P. 2.1 spécifie l'architecture complète en grande partie basée sur les normes internationales ISO et conforme au modèle de référence OSI, tel qu'indiqué ci-dessous :

Niveau 7 : Service de transfert de fichiers (binaire et texte). Sous-ensemble de la norme ISO FTAM.

Niveau 7 : Service de messagerie orienté fabrication. Norme intérimaire G.M. MMFS encore appelée MENPHIS.

Niveau 7 : Noyau minimum de gestion de réseau. Norme intérimaire G.M.

Niveau 7 : Eléments de services d'application communs. Sous-ensemble noyau de la norme ISO CASE

Niveau 6 : Vide

Niveau 5 : Session. Sous-ensemble noyau de la norme ISO Session

Niveau 4 : Transport. Classe 4 de la norme ISO Transport

Niveau 3 : Réseau. Service sans connexion de la norme ISO Réseau

Niveau 2 : Contrôle de liens logiques. Classe 1 service sans connexion. Norme ISO DIS 8802.

Niveau 2 : Contrôle d'accès au médium. Technique du jeton sur un bus. Norme ISO DIS 8802.4

Niveau 1 : Physique. Technique de modulation large bande AMPSK 10 Mbps. Norme ISO DIS 8802.4

Un grand nombre de produits issus de constructeurs différents réalisent aujourd'hui l'ensemble de ces protocoles.

4.2. Version M.A.P. 2.2

La version M.A.P. 2.2 est compatible avec la version M.A.P. 2.1. • L'extension principale apportée à la version 2.2 est l'adjonction de l'architecture à performances améliorées (EPA) utilisant le réseau local Mini Map basé sur une seconde option de la norme ISO DIS 8802.4 utilisant au niveau physique une technique de modulation de fréquence à saut cohérent de phase (single channel phase coherent FSK) à 5 Mbps.

Cette seconde architecture permet, d'une part, d'améliorer les temps de réponse en limitant le nombre de stations interconnectées au niveau d'un segment de contrôle, en limitant la longueur du segment de contrôle en court-circuitant un certain nombre de protocoles de communications qui ne sont pas nécessaires lorsque les communications restent spécifiques des applications de contrôle de processus continus ou de processus d'assemblage (semi-continu).

D'autre part, cette architecture permet de ramener les coûts de connection à une valeur compatible avec les coûts des machines interconnectées à ce niveau. En fait, la couche physique (modem) et la sous-couche de contrôle d'accès au médium (jeton) seront réalisées fin 1986 par seulement 2 chips.

Afin de compenser l'absence de protocoles de récupération d'erreur aux niveau 3 ou 4 et donc, de maintenir une bonne qualité de service, un service sans connection avec acquittement immédiat a été réalisé au niveau 2 (LLC classe 3).

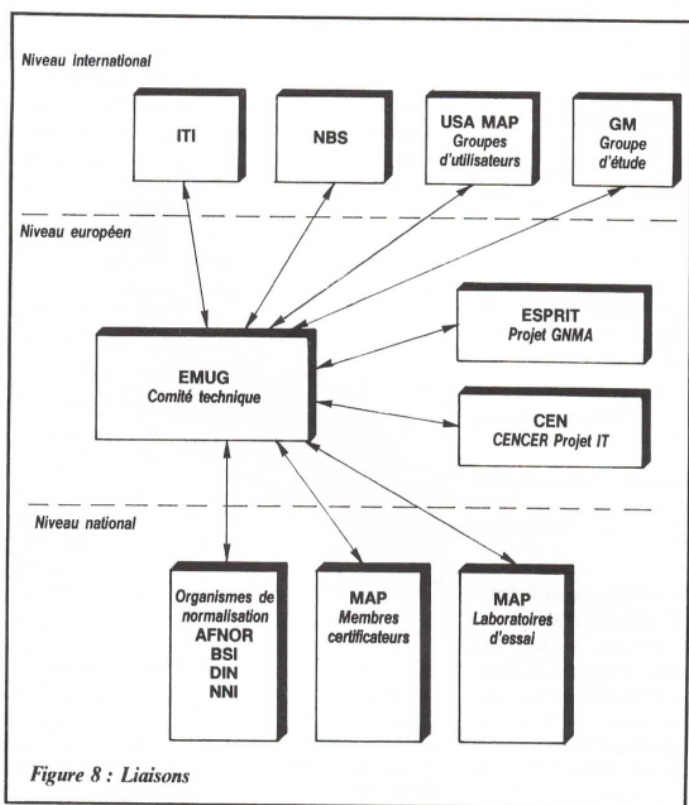


Figure 8 : Liaisons

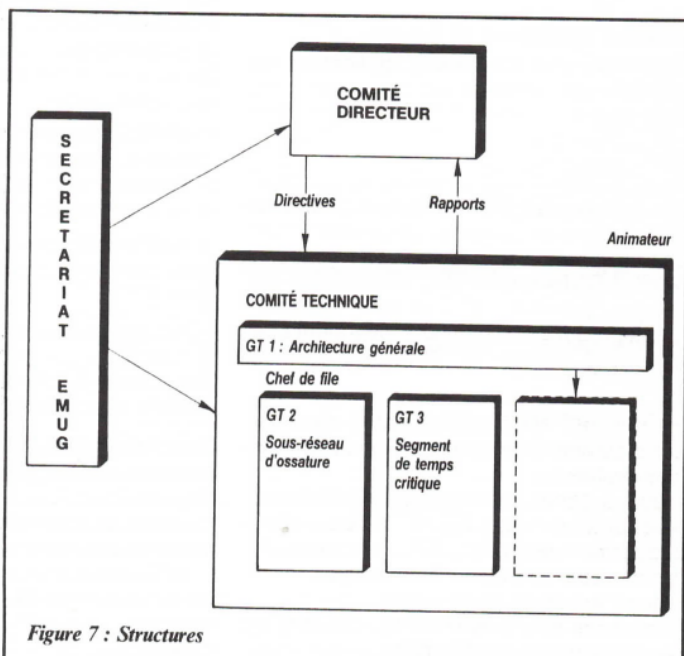


Figure 7 : Structures

AXES

DOSSIER

Architecture EPA

Niveau 7 : Service de messagerie orienté fabrication. Norme intérimaire GM-MMFS.

Niveau 7 : Mini annuaire spécifique GM, mais basé sur les travaux du CCITT.

Niveau 7 : Mini gestion de réseau spécifique GM, mais basé sur les travaux du comité IEEE 802.1.

Niveaux 3-4-5-60 : Vides

Niveau 2 : contrôle de liens logiques classe 3, service sans connexion avec acquittement immédiat. Normes IEEE 802.2 et projet de Norme CEI (Proway).

Niveau 2 : contrôle d'accès au médium. Technique du jeton sur un bus. Norme ISO DIS 8802.4.

Niveau 3 : Physique. Technique de modulation de fréquence à saut cohérent de phase 5 Mbps. Norme ISO DIS 8802.4.

Les spécifications MAP 2.2 seront disponibles en Septembre 1986. Il existe aujourd'hui un certain nombre de produits réalisant ces spécifications.

14.3. Version MAP 3.0

La version MAP 3.0 consistera à compléter la version 2.2 au niveau des couches 5, 6 et 7 du modèle de référence de l'architecture complète, c'est à dire :

Session : Extension des services de la couche session pour supporter l'ensemble des services de gestion, d'accès à distance et de transfert de fichiers.

Présentation : Addition d'un noyau de présentation nécessaire pour le support de l'ensemble des services d'application.

FTAM0 : Gestion des fichiers, accès à distance au niveau des enregistrements, extension des types de fichiers transférés (7 types dont les fichiers séquentiels.)

RS511 : Remplacement du standard intérimaire MMFS par un surensemble normalisé EIA RS511 (contributions au niveau ISO TC 184 et CEI).

Gestion de réseau et répertoire :

Extension des services d'application de gestion de réseau et de répertoire d'adresses.

La version MAP 3.0 ne sera pas compatible avec la version MAP 2.1, à cause de l'adjonction de services de présentation dans la version 3.0. • Les spécifications MAP 3.0 devraient être disponibles au cours du premier trimestre 1987. De nombreux produits commerciaux devraient être annoncés pour la fin 1987.

En résumé, MAP est constitué de deux architectures interconnectés au moyen de passerelles.

- Une architecture complète réalisée au niveau des ordinateurs hôte, mini-ordinateurs industriels, PC... etc, lesquels seront interconnectés au moyen d'un réseau ossature large bande.
- Une architecture à performances améliorées réalisée au niveau des équipements

d'atelier, robots, commandes de machines-outils, automates programmables, terminaux industriels... etc, interconnectés au moyen de réseau Mini MAP.

Certains équipements posséderont les deux architectures, en particulier les équipements passerelles.

Aspects techniques

Les spécifications MAP incluent des aspects techniques nouveaux pour lesquels un certain nombre d'idées fausses ont été volontairement ou non entretenues. Il est bon de clarifier ces points :

Réseaux de télédistribution large bande

Map s'appuie sur les réseaux de distribution large bande coaxiaux des villes câblées. Ceux-ci deviennent économiquement intéressants dès que l'on atteint un certain nombre de points de connexion (quelques centaines). Le coût d'entrée minimal est de l'ordre de 200 Kf et peut atteindre de 1 à 2 Mf pour les grands complexes. Ceci inclut l'ensemble du câble nécessaire, des composants actifs et passifs du réseau y compris la station de tête et les coûts de pose.

Le modem large bande AMPSK coûte aujourd'hui environ 10 Kf et occupe 2 canaux de 6 MHz pour un débit de 10 Mbps. Une fois partiellement intégré, le coût du modem devrait être inférieur à 5 Kf.

La pérennité de l'installation est garantie par la capacité potentielle du réseau, lequel offre 17 canaux de 6 MHz, chacun d'eux pouvant être utilisé pour le transfert de la voix, de la vidéo ou de données.

Méthode d'accès du jeton

La méthode d'accès du jeton appliquée à une topologie en bus (norme ISO DIS 8802.4) a été modélisée, simulée et testée, d'un part, par les constructeurs de chips (Intel, Motorola, INI, ...) et, d'autre part, par le NBS qui est en train de définir un jeu de tests de conformité pour celle-ci. Cette méthode d'accès est déterministe pour des cas de figures correspondant à la réalité de la majorité des applications temps réel, c'est à dire :

- Un taux d'erreur meilleur que 10 puissance -6. En général, on considère que le taux d'erreur au niveau des réseaux locaux est meilleur que 10 puissance -8.
- Un temps de maintien du jeton borné au niveau de chaque station (Token Holding Timer).
- Un bon fonctionnement du médium, de la couche physique et de la sous-couche de contrôle d'accès pour l'ensemble des stations connectées.

Dans les autres cas de figure, le déterminisme peut-être garanti, mais cela nécessite une étude au cas par cas. En fait, de toute façon, une méthode d'accès parfaitement déterministe n'a pas beaucoup de signification dans certains cas de figure où les dégradations du réseau seraient telles que l'on ne pourrait plus transférer d'information.

LE PRINCIPE DU JETON

Dans sa Couche Liaison de données, le réseau local est en fait décomposé en deux sous-couches, une qui gère l'accès à la voie de transmission et l'autre qui gère les liens logiques. Cette gestion des accès est très importante car elle influence fortement les temps d'acheminements des messages.

Pour gérer ces accès plusieurs méthodes existent, dont la gestion centralisée et la gestion décentralisée. Dans le dernier cas, une station ne peut accéder à la voie que lorsqu'elle y a été autorisée, après consultation entre les différentes stations. Cette consultation s'effectue par circulation d'un message donnant droit d'accès et appelé Jeton.

La durée d'utilisation de la voie par le détenteur du jeton est limitée, ce qui permet de définir un temps d'attente maximal pour l'émission d'un paquet. Des priorités d'émission peuvent même être définies entre des paquets de plus ou moins grandes importances.

Les performances de cette méthodes d'accès sont tout à fait satisfaisantes, en particulier, lorsque la charge du réseau augmente. Cela a été un critère de choix imposé par le projet Proway, lequel imposait que pour 100 stations interconnectées par un bus d'un kilomètre de long et ayant chacune à transmettre un paquet de 16 octets, aucune d'elles n'ait à attendre au maximum plus de 20ms. De plus, la norme spécifie en option l'utilisation d'un mécanisme de priorité permettant dynamiquement de réduire la charge du réseau, c'est à dire, d'accélérer la rotation du jeton, afin de pouvoir transmettre en priorité les trames d'information urgentes. Ce mécanisme est basé sur la fixation d'objectifs de temps de rotation. Si l'objectif n'est pas atteint, les stations appartenant à l'anneau logique différeront la transmission des trames de niveaux de priorité inférieurs, contribuant ainsi à l'accélération de la rotation du jeton et à son utilisation pour les trames urgentes.

Cette méthode d'accès est compliquée, mais réalisable en une seule chip aujourd'hui produite en quantité (Motorola, Intel,...). Les mécanismes de maintenance du jeton (récupération des pertes, suppression des doublons) et de gestion de l'anneau logique (initialisation, insertion, suppression de station) ont été développés pour ajouter un minimum de surcharge à la procédure.

Par exemple, la perte d'un jeton due à une erreur de transmission ajoutera une surcharge d'environ 25 micro-seconde pour un bus d'un kilomètre de long à 5 Mbps.

Mini MAP et EPA

L'architecture à performances améliorées a été jugée nécessaire, afin de garantir des temps de réponse courts au niveau application.

Cette architecture ne sera utilisée qu'au niveau de l'atelier pour le transport de petits messages (paramètres de fabrication, compte rendus d'états, alarmes... etc.). Sous ces conditions, les protocoles renforcés du niveau 2 (LLC classe 3) semblent suffisants.

Il est souhaitable que cette architecture soit considérée sérieusement par la normalisation (ISO/CEI), bien que ne respectant pas le modèle de référence OSI à sept couches, lequel n'a pas été conçu en prenant en compte les problèmes propres au contrôle de processus. Les utilisateurs souhaitent cette normalisation, afin de pouvoir garantir l'interopérabilité de machines issues de constructeurs différents.

Service de messagerie orienté fabrication

C'est un nouvel élément de service d'application spécifique (SASE) introduit par GM pour traiter le problème de la communication d'équipements d'ateliers (MMFS). Ce service a été repris par plusieurs organismes de normalisation (EIA, CEI, ISO TC 184) et étendu à d'autres besoins dont ceux du contrôle de processus continu. C'est un service important qui a pour objectif de traiter le problème de communication au niveau atelier (échange de paramètres, d'états, d'alarmes, téléchargement de programmes, télédémarrage de programmes, transfert de petits fichiers... etc.).

Gestion de réseau local

C'est également un aspect important des réseaux locaux qui, à mon avis, n'a pas été considéré à sa juste valeur, c'est bien évident que si l'objectif est de câbler une usine complète couvrant plusieurs hectares et interconnectant des milliers d'équipements hétérogènes et si l'on veut en plus que ce réseau soit opérationnel à 100%, l'aspect de gestion de réseau prend une importance considérable. En fait, dans le futur, la gestion de réseau de grands sites sera probablement supportée en grande partie par un système expert. Il est donc nécessaire dès aujourd'hui de considérer sérieusement cet aspect.

5 - CONCLUSION

MAP est devenu en très peu de temps la norme en matière d'architecture de communication industrielle. A terme, seules des normes internationales devraient constituer cette architecture. C'est un pas important vers les systèmes intégrés de production dont les réseaux locaux industriels représentent une composante essentielle. Un phénomène nouveau est apparu, c'est la prise de position massive des utilisateurs. En Europe, l'Emug représente une première intéressante, c'est en effet la première fois que des utilisateurs, des constructeurs, des universitaires se regroupent au niveau Européen pour promouvoir un projet industriel, de façon aussi massive.

Cet article est tiré des journées sur les réseaux locaux en Productique, organisées par l'ADI du 24 au 26 Juin 1986 à Nancy. G. SEGARRA RNUR - EMUG

