



## **Gestion des flux d'information produits dans une structure CIM**

Frédéric Chaxel, Frédéric Duchscher, Eddy Bajic, Jacques Richard

### **► To cite this version:**

Frédéric Chaxel, Frédéric Duchscher, Eddy Bajic, Jacques Richard. Gestion des flux d'information produits dans une structure CIM. *Revue d'automatique et de productique appliquées [1988-1995]*, 1994, 7 (4), pp.401-414. <hal-03823969>

**HAL Id: hal-03823969**

**<https://hal.science/hal-03823969v1>**

Submitted on 21 Oct 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

---

# Gestion des flux d'information produits dans une structure CIM

**F. Chaxel - F. Duchscher - E. Bajic - J. Richard**

Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN)  
CNRS URA 821  
Faculté des Sciences, BP 239  
54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex

---

*RÉSUMÉ.* Cet article présente les recherches effectuées au CRAN dans le domaine des architectures de contrôle non hiérarchique pour Systèmes Automatisés de Production (SAP). L'originalité de l'approche proposée repose sur l'idée qu'un SAP peut être contrôlé à la fois par les machines (approche classique), mais aussi par les produits circulant dans la structure et ayant à subir des opérations. Cela nécessite une structure de répartition du système d'information sur les produits ainsi que la mise en oeuvre de technologies d'échange de données autorisant l'accès à des structures automatisées et à des opérateurs humains. Les technologies de l'identification automatique par étiquettes radiofréquences permettent d'atteindre cet objectif en supportant la fonction de vecteur du flux d'information produit.

*ABSTRACT.* This paper describes research currently being carried out in the area of non-hierarchical architectures for Flexible Manufacturing Systems (FMS). The originality of the presented work deals with the idea that the process control may be achieved by machines (standard approach) but also by all the part products which undergo operations. For that, distribution of information system on part-product is required as tools and methods to manage and to have access to product information for both automated systems and human operators. Automatic identification technologies using escort memories can provide such functionalities and act as product information vectors.

*MOTS-CLÉS :* Architecture non hiérarchique, identification automatique, base de données répartie, modèle objet.

*KEY WORDS :* Non-hierarchical architecture, automatic identification, distributed database, object model.

---

## 1. Introduction

Le marché industriel actuel est caractérisé par des changements rapides et une

évolution chaotique de la production due au raccourcissement de la durée de vie des produits de consommation. Le respect des objectifs de flexibilité et des contraintes du type zéro stock, zéro délai, a entraîné la définition de structures de fabrication de plus en plus complexes de par les fonctions supportées ainsi que par le niveau de compétence requis pour leur utilisation et leur intégration.

Le concept de CIM (Computer Integrated Manufacturing) définit un cadre méthodologique de structuration des SAP permettant d'atteindre ces objectifs, mais les expériences de mise en application ont fait observer une forte augmentation des coûts de développement et de maintenance de tels systèmes [DEW 90] [HEN 87].

Parmi les axes majeurs de recherche menés dans le domaine du CIM et liés à la structuration des systèmes de production nous pouvons dégager les deux thèmes suivants :

- la conception des systèmes d'information permettant d'assurer l'intégrité et la cohérence des données entre les différents services d'une même entreprise, et de mettre à disposition ou distribuer l'information utile au bon endroit et au bon moment dans un format compréhensible par l'utilisateur (opérateurs, machines, ...);
- la conception de nouvelles architectures de contrôle, couvrant l'espace des systèmes centralisés, hiérarchisés et non hiérarchiques (pas de relations maître/esclave entre les entités, qui coopèrent alors au travers de procédures de communication pour atteindre l'objectif fixé au système) [DUF 89] (Figure 1).

μ §

**Figure 1.** *Spectre des architectures de contrôle/commande.*

La tendance actuelle est de transformer les machines de production en systèmes offrant de plus en plus de fonctionnalités à caractère intelligent dépassant leur cadre d'utilisation standard (auto-configuration, auto-maintenance, communication industrielle évoluée, traitement avancé de l'information) entraînant des surcoûts importants. Cette augmentation rapide des performances est pour une grande part générée par l'accroissement des contraintes et des capacités de traitement nécessaires pour leur intégration dans les structures actuelles de conduite des SAP. On distingue clairement cette tendance en observant, par exemple, l'évolution des commandes numériques de machines outils intégrant maintenant une multitude de cartes et d'outils de communication, de CAO locale, etc...

Une autre approche qui permet de limiter la complexité nécessaire des machines est de les ramener à leur fonction initiale de prestataires de services élémentaires envers les produits. Les produits peuvent alors être considéré en tant que clients d'une structure dans laquelle ils sont acteurs de leurs propres transformations et évolutions. Dans ce cadre, le rôle dévolu aux machines est de savoir faire et celui dévolu aux produits est de savoir faire faire; ceci caractérise l'approche objet (au sens produit) intelligent comparé à l'approche classique illustrée par la figure 2 [CHA 93].

Cette approche limite considérablement l'étendue des compétences des machines en traitement, gestion et communication des informations en déportant ces fonctions vers les produits et objets mobiles circulant dans la structure de production.

**Figure 2.** *De l'approche classique à l'approche objet intelligent.*

La mise en oeuvre d'un tel concept nécessite de faire porter des informations de production par l'objet. Ceci est rendu possible par l'utilisation des techniques d'identification automatique par étiquettes électroniques permettant le stockage et la gestion des informations de production directement sur les produits. Un tel système peut s'interfacer entre les machines et le produit. La circulation des produits entraîne la distribution des données dans toute la structure de production, créant ainsi un flux d'information lié au flux de produits.

Les systèmes à base d'étiquettes électroniques actuellement sur le marché ne permettent que des lectures/écritures d'octets ou de blocks d'octets selon les règles d'un protocole de type MODBUS. Ces fonctionnalités permettent une intégration matérielle simple à la structure de communication mais apportent une limitation quant à leur intégration au système d'information de l'entreprise où la nature des informations est au delà du bit ou du mot. Notre approche a pour objectif d'intégrer ces outils d'identification automatique pour la gestion des flux de données produit et de les transformer en gestionnaire intelligent d'informations structurées conformément aux concepts exposés.

## 2. Concept

Dans le cadre d'un processus manufacturier, chaque produit peut être considéré comme un acteur dans son processus de transformation ou d'utilisation, dans la mesure où il est capable de :

- fournir des informations orientant son devenir;
- coopérer avec les autres entités participant à son évolution (machines de production et autres produits);
- s'adapter à son environnement;
- participer à l'acquisition de connaissances sur le processus qu'il explore.

Ce concept peut être étendu aux objets autres que les produits (outils, appareillages, ...) et au domaine de la transitique, mais son application n'est pas directement transposable aux domaines des processus continus (pétrochimie, électricité, ...) car il nécessite une certaine forme de discrétisation des produits.

Afin de mettre en oeuvre ces spécifications, il est nécessaire d'associer à chaque produit un comportement basé sur un modèle générique. Selon l'approche systémique nous pouvons structurer la logique interne de chaque acteur en trois sous systèmes : décisionnel, informationnel et physique évoluant dans les trois axes Temps, Espace et Forme [LEM 84] (Figure 3).

**Figure 3.** *Le produit en temps que système non élémentaire.*

Le système physique est, selon cette approche, constitué de l'interface de communication et d'échange effectuant le lien entre la machine et le produit.

Le système informationnel gère et met à disposition les données de la structure traversée par les produits (cellule de fabrication, atelier de production, centre de stockage, ...). Nous distinguons deux types de données : statiques et dynamiques évoluant avec l'état du produit dans la ou les structures d'accueil traversées.

Dans un contexte de fabrication mécanique ou d'assemblage, les données statiques englobent à la fois la gamme exhaustive de fabrication de la pièce (machines, opérations, qualification, informations opérateurs, ...) [MRT 91] et un modèle décrivant le système physique à l'intérieur duquel cette gamme sera réalisée : structure de l'atelier, informations pertinentes attendues par les machines, ...

Les données dynamiques sont quant à elles relatives à l'état du produit, aux différents résultats des opérations précédemment réalisées sur le produit, à l'état du processus (état des machines, machines hors-services, ...).

Le système décisionnel englobe la description du comportement permettant au produit de faire exécuter sa gamme de façon optimale en respectant les contraintes et les hasards de fabrication. Ces comportements peuvent être implantés soit sous forme déterministe à partir d'algorithmes, soit sous forme de règles expertes utilisant des prédicats.

Selon cette approche, la réalisation des objectifs fixés dépend de la capacité des entités (machines, pièces) à établir un dialogue entre elles afin d'échanger les informations nécessaires à leur évolution dans leur environnement : cela correspond à une architecture appelée iso-hiérarchique qui s'apparente aux systèmes multi-agents [BON 92].

### **3. Modélisation du système d'information**

L'utilisation des produits porteurs d'informations utilisés dans la conduite et la gestion d'une structure de production nécessite une analyse et une structuration du système d'information assurant une implémentation distribuée des données et des traitements associés.

L'émergence de la norme de déclaration et de représentation EXPRESS [WIL 93] en tant que support de modélisation des informations produits (STEP : Standard for Exchange of Product data) privilégie une formalisation des données selon une approche objet dans les domaines de la productique et du CIM.

Cette approche objet, initialement développée en génie informatique, a montré son efficacité en informatique industrielle et en automatique de part ses capacités de réutilisation du savoir faire, modularité, extensibilité des modèles, ... Elle a de surcroît

la capacité de modéliser à la fois des données complexes mais aussi des comportements dynamiques. Cette approche correspond à nos besoins en structuration d'information de forte sémantique et de comportement à associer aux produits circulant dans les ateliers de fabrication.

L'inconvénient de l'approche objet est qu'il n'existe pas un, mais des modèles objets, et cela tant au niveau des langages de programmation que des bases de données objets. Le méta-modèle retenu s'apparente à celui utilisé par la base de données Matisse (Figure 4) et n'implémente pas l'héritage multiple pour une raison de simplification sans pour autant pénaliser la puissance du modèle.

μ §

**Figure 4.** *Extrait du méta modèle de la base de données objets.*

Lors de la définition du système d'information produit, le concepteur utilisant cette base de données peut créer des classes, des méthodes associées à ces classes, ainsi que des instances de ces classes associées à un modèle de produit particulier, selon son application.

Au niveau de l'implémentation, lors de l'entrée du produit dans le système une phase d'initialisation réalise la génération d'un fichier de définition regroupant toutes les instances des objets du modèle de produit. Ce fichier est ensuite transféré sur l'étiquette électronique, et contient toutes les données nécessaires pour permettre la réception de messages et l'activation de méthodes par des systèmes micro-programmés (cf paragraphe 4.1) réalisant le système physique d'accès aux données produit.

Exemple :

Création d'une classe OPERATION spécialisation de la classe OBJET (sommet de la hiérarchie), puis création d'une instance (sans valeur initiale) de cette classe associée au modèle de produits PIECE\_NASA.

```

Create Class OPERATION :: OBJECT
    Date_operation : Class DATE
    Id_operation   : Class INTEGER16
End

Create Inst USAGE1 : OPERATION On PIECE_NASA store (DEFAULT)

```

Chaque instance d'une classe peut être stockée soit sur la base de données externe, soit sur l'étiquette électronique (dans la limite de ses capacités).

**Figure 5.** *Dialogue processus/produit.*

L'interrogation du produit est réalisée par envoi de messages de haut niveau (Figure 5), activant l'exécution d'une méthode décrite par l'opérateur ou propre au système sous la forme :

ID\_OBJET . MESSAGE ( PARAM ) où ID\_OBJECT caractérise l'identifiant de l'instance et PARAM la liste de paramètres éventuels à donner à l'objet. (Par exemple : USINAGE1 . USINAGE\_REALISE [OK])

Grâce à cette technique, le transactionnel Machine/Produit est configuré par le concepteur, permettant ainsi de prendre en compte toutes les spécificités métier de l'application. Les primitives d'interrogation et d'accès aux données du produit doivent avoir une sémantique et une présentation propre au métier de l'application afin d'en respecter les particularités et d'informatiser l'approche du produit dans toutes les phases de son processus (exemple : l'emballage en pharmaceutique est différent du domaine de la construction automobile). Par contre, afin d'obtenir une mise en oeuvre rapide, il est nécessaire de définir un certain nombre de classes de base permettant une intégration plus simple des étiquettes électroniques dans le système d'information de l'entreprise.

Au niveau de l'implémentation, chaque système micro-programmé recevant un message va exécuter un graphe de recherche (Figure 6) afin d'accéder à l'objet concerné (sur l'étiquette ou sur la base de données) puis interpréter le corps de la méthode qu'il est préalablement allé chercher sur le gestionnaire d'informations (lors de la configuration du système).

**Figure 6.** *Recherche d'une information sur réception d'un message.*

La position de stockage physique de l'information concernée par le message (sur l'étiquette ou sur la base de données) est transparente à l'utilisateur. On recense alors les cas suivants :

- ### les attributs (données) de l'objet sont implantés sur l'étiquette (2) : le message est traité en local;
- ### les attributs ne sont pas sur l'étiquette :
  - le produit est identifié par lecture de ces caractéristiques (identifiant du type de produit, identifiant du produit dans son type) (3);
  - les attributs de l'objet sont extraits de la base de données (4);
  - le message est traité (6) ou un message d'erreur est généré (5).

Cette technique offre l'avantage de pouvoir travailler avec des étiquettes logiques de taille plus importante que leur capacité physique réelle, disposant ainsi d'un espace mémoire virtuel.

Mais l'information doit être dans la majorité des cas stockée sur le produit, avec quelques fois un lien logique crypté sur le produit permettant de la retrouver si celle-ci est stockée sur la base de données externe.

#### **4. Proposition d'une architecture de gestion des flux d'information produits**

La mise en oeuvre d'un tel concept nécessite la définition d'une architecture de communication apte à supporter à la fois la gestion des informations, mais aussi l'interconnexion des interfaces d'accès aux données produit.

##### **4.1 Architecture de communication**

μ §

**Figure 7.** *Vue logique de l'architecture de gestion de flux d'information.*

L'architecture que nous avons retenue est bâtie autour de trois types d'éléments distincts (Figure 7) :

### un système central assurant le rôle de base de données et permettant de définir les paramètres de configuration de la structure : description de la cellule de fabrication, supervision des produits, définition des informations associées aux produits et des règles de comportement;

### des systèmes micro-programmés permettant d'assurer la fonction d'interface de communication entre les produits et les machines. Ces systèmes assurent la gestion des données localement implémentées sur les étiquettes électroniques et l'interprétation des règles de comportement des produits. Ces systèmes sont raccordés :

- aux lecteurs d'étiquettes électroniques via une liaison point à point (actuellement il n'y a que très peu de constructeurs de systèmes d'identification automatique qui proposent des liaisons réseau de terrain);
- aux machines via une liaison du type JBUS/MODBUS;
- au gestionnaire d'information par un réseau local industriel.

### des étiquettes électroniques permettant de porter les informations associées à chaque produit directement sur le produit lui même (par exemple dans le cas de bloc moteur) ou sur une palette (pour des pièces de faible dimension).

L'accès par les machines aux données produit nécessaires à leur fonctionnement (programmes d'usinages, état des produits) est effectué par l'intermédiaire des produits eux-mêmes contrairement aux architectures classiques où les machines vont elles-mêmes à la recherche de ces informations



via un réseau de communication.

Le gestionnaire d'information peut également être utilisé pour stocker les données de volume important, impossibles à implanter sur les étiquettes électroniques de faible capacité, comme les programmes commande numérique ou les informations multimédia nécessaires aux opérateurs pour effectuer diverses opérations (montages, ajustages, maintenance, ...).

Il peut également accéder aux informations portées par les produits afin de les transmettre, via le réseau de communication, aux différents services supérieurs tels que la gestion de production, la CFAO. Cet accès n'est toutefois pas continu; en effet pour prendre connaissance de certaines données dynamiques associées à un produit, il est nécessaire que ce produit soit dans le champ de lecture d'un système d'identification.

#### ***4.2. Cas d'application sur une cellule flexible d'usinage***

Ces concepts sont appliqués au CRAN sur une cellule flexible d'usinage auto-contrôlée qui a servi de support dans le cadre d'un projet financé par le MRT [MRT 91] dans un but de validation (Figure 8).

La cellule utilisée est constituée d'une base de données SQL Server sur une station de travail OS2 connectée à un réseau Ethernet 3+Open. Cette base de données relationnelle offre la possibilité de stocker des données multimédia (données de taille non définie, sous forme TEXT ou IMAGE).

Nous utilisons des micro-ordinateurs de type PC pour réaliser l'interface entre les machines de production et les lecteurs d'étiquettes électroniques.

La partie opérative de la cellule est composée d'un robot SACRA GM-Fanuc et d'une NUM 760 pilotant une machine de fraisage trois axes Charly Robot équipé d'un palpeur tridimensionnel. Cette cellule offre toutes les possibilités d'une cellule de fabrication réelle (Vision, Transport, Stockage, Usinage, Qualification) et permet donc de faire une validation correcte de l'ensemble du système.

μ §

**Figure 8.** *Cellule flexible d'usinage utilisée pour la validation des concepts.*

Nous associons un objet GAMME à chaque pièce produite dans la cellule. L'accès à cet objet se fait, entre autre, par les méthodes OP####OP\_SUIVANTE et OP####OP\_COURANTE, permettant de retrouver la ou les opérations à faire sur le produit. Cet objet GAMME est en relation avec des objets de la classe OPERATION, généralisation des classes OP\_USINAGE, OP\_TRANSPORT et OP\_QUALIFICATION, elle-même généralisation de OP\_PALPAGE et OP\_VISION. Chacune des instances de ces classes est caractérisée par un certain nombre d'attributs

tels que le type de l'opération, le numéro éventuel du programme CN à exécuter, les trajectoires du robot et les résultats éventuels (bon, mauvais, défaut de perpendicularité, ...).

Lorsqu'un produit est présent devant une des machines, elle émet une requête afin de connaître l'opération à faire, puis demande les paramètres permettant la réalisation cette opération. Une fois celle-ci réalisée, la machine envoie un compte rendu permettant de faire évoluer l'objet GAMME. L'objet GAMME gère lui-même la succession des opérations en fonction de ce compte rendu permettant par exemple d'enchaîner l'opération PERÇAGE2 après PERÇAGE1 si le premier perçage est correct ou TRANSPORT\_RETOUCHE après PERÇAGE1 dans le cas contraire.

La mise en application du concept exposé dans ce papier sur la cellule flexible nous permet de modifier la gamme de chaque type de produits par accès au modèle informationnel du produit sans devoir faire évoluer les logiciels de pilotage des machines et de la cellule. De même, le suivi des produits et la mise à jour de leur état n'est plus à prendre en compte lors de la phase de conception des logiciels de pilotage : le suivi est implicitement pris en charge par les produits eux-mêmes.

L'inconvénient constaté provient de l'accroissement important de la capacité mémoire nécessaire sur les étiquettes électroniques afin de stocker non plus seulement des données brutes mais aussi des données de structure pour permettre un accès logique aux objets au lieu d'un accès physique aux octets. Toutefois le marché actuel de l'identification automatique évolue dans ce sens (de quelques octets au début des années 90 à plus de 32 Ko actuellement, pour un tarif équivalent) et donc vers la possibilité d'implanter de façon moins contraignante ce type de systèmes.

## **5. Conclusion**

La constitution et la gestion d'un système d'information sont les éléments majeurs dans la définition de l'ouverture, de la flexibilité et de la réactivité d'un système de production. Les techniques nouvelles de gestion et d'échange de données issues de l'identification automatique ouvrent de nouvelles perspectives pour la circulation et la gestion des informations liées à la production. Mais à l'heure actuelle les systèmes d'identification automatique sont encore pauvres en méthodes de gestion des données, et les structures de conduite des SAP ne profitent pas totalement de ces techniques par inadéquation fonctionnelle. Nos travaux tendent à concilier ces deux parties en définissant d'une part une méthode de construction du système d'information réparti sur les étiquettes électroniques, avec les outils de mise en œuvre associés, et d'autre part en proposant une structure d'accueil de cette méthodologie pour les SAP.

Les principales caractéristiques résultant de la mise en œuvre de ce concept sont :

- une meilleure distribution et uniformisation des données dans l'ensemble de la chaîne de fabrication permettant un suivi temps réel des produits. Chaque produit est un élément d'une base de données distribuée permettant une consultation quasi-immédiate par l'ensemble des intervenants (systèmes à

automates ou opérateurs humains);

- une simplification de la structure et des logiciels des machines de production.

Une interface générique permet de définir le lien entre tous les utilisateurs et les informations portées par les produits. Cela apportant un gain non négligeable en termes de modularité et de capacité de modification (ajout et ou suppression de machines par exemple);

- une tolérance implicite aux fautes dues au type de structure non hiérarchique de commande [DUF 88];

- une tracabilité effective des produits.

## 6. Bibliographie

[BON 92] A. H. Bond, L.G. Gasser

"A subject-indexed bibliography of distributed artificial intelligence"

IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Volume 22, No 6, 1992, pp 1260-1281.

[CHA 93] F. Chaxel, E. Bajic, J. Richard

"Intelligent-part management in a fully distributed architecture

IEPM'93 International conference on Industrial Engineering and Production Management proceeding, Mons, June 1993.

[DEW 90] M.F. Dewries

"Integration of EDM within a CIM Environment"

Annals of the CIRP Manufacturing Technology, Volume 39, No 2, 1990.

[DUF 88] N.A. Duffie, R. Chitturi, J.I Mou

"Fault-tolerant Heterarchical Control of Heterogeneous Manufacturing System Entities"

Journal of Manufacturing Systems, Volume 7, No 4, 1988, pp 315-328.

[DUF 89] N. A. Duffie, R. S. Piper

"Nonhierarchical Control of Manufacturing Systems"

Journal of Manufacturing Systems, Volume 5, No 2, 1989, pp 137-139.

[HEN 87] B. T. Henoeh

"Information architecture in CIM as related to product identification and monitoring"

ISATA, 17<sup>th</sup> International Symposium on Automative Technology and Automation proceeding, Munich, October 1987, pp 87104/1-8.

[LEM 84] J.L. Lemoigne

"Théorie du système général, théorie de la modélisation"

Presse universitaire de France, 2<sup>ème</sup> édition, 1984.

[MRT 91] Rapport de fin de recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie, MRT décision d'aide n° 88.P.0718, Juin 1991.

"Auto-contrôle de cellules flexibles d'usinage - Intégration dans un ensemble CFAO"

[WIL 93] Wilson P.R.

"Information Modeling and EXPRESS"

Towards World Class Manufacturing 93 (IFIP TC5) proceeding, Phoenix, September 1993.