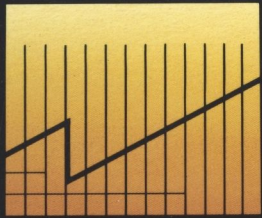


8°V
105751

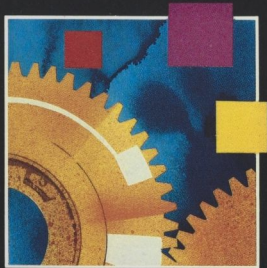
ENIER

INFORMATIQUE
INDUSTRIELLE



CIM ET TEMPS RÉEL

*Mise en œuvre d'un atelier
de génie logiciel et de génie automatique*



DUNOD

1481360

Y002E-5991738-10 N.C.

67

CIM ET TEMPS RÉEL

Henri BRENIER

Ingénieur ESME

(École Spéciale de Mécanique et d'Électricité)

Consultant et chercheur
en génie logiciel et génie automatique

Collection dirigée
par
Christian PANETTO



DUNOD

8°V
105751

DL-24 111992-35007

© DUNOD, Paris, 1992
ISBN 2 10 001141 3

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit, ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

Table des matières

Préface

Cet ouvrage montre que les problèmes posés aujourd'hui, en productique notamment, dans les concepts d'usine intégrée ou CIM rassemblent les deux domaines que sont le génie logiciel et le génie automatique. Ces deux disciplines, de l'informatique industrielle, ne peuvent plus s'exercer séparément et doivent s'associer au niveau de l'analyse et de la modélisation des problèmes à résoudre.

Le cadre conceptuel, commun au génie logiciel et au génie automatique n'empêche pas de dégager les particularités de chacun des domaines avec leurs modes d'échanges possibles.

Les techniques de modélisation adaptées aux applications de productique sont analysées d'une manière comparative, en montrant chaque fois, sur des exemples concrets la méthode la mieux adaptée.

Chaque chapitre se termine par un résumé permettant au lecteur de dégager chaque fois l'essentiel.

Cet ouvrage traite du CIM en général et de ses applications en particulier, ainsi que des puces intégrées à des produits manufacturés d'une part, des langages de modélisation et leurs applications dans ces domaines, en insistant sur la pertinence et la cohérence de ceux-ci, d'autre part. L'ouvrage serait incomplet s'il ne montrait pas quels outils informatiques permettent la mise en oeuvre des méthodes étudiées ainsi qu'un exemple concret entièrement traité.

C. Panetto
le 13/09/92



Préface

Les ouvrages traitent des problèmes posés aujourd'hui, les
productions technologiques dans les secteurs d'activités en forte
croissance les deux domaines qui sont le plus logiques et le plus
autonome. Ces deux domaines de l'industrie industrielle, les
industries plus élevées et doivent s'adapter au niveau
de l'analyse et de la modélisation des problèmes à résoudre.

Le cadre conceptuel commun au génie logiciel et au génie
automatique n'est pas de décrire les particularités de chacun
des domaines avec leurs modes d'activités propres.

Les techniques de modélisation, d'analyse et d'implémentation de
productions sont analysées à une manière comparative et contrastée.
Chaque fois que des techniques nouvelles de modélisation sont
découvertes, on les compare par un aspect particulier au génie
de l'automatique, par exemple.

Ces ouvrages traitent du génie logiciel et de l'automatique en deux
volumes ainsi que des problèmes posés à ces domaines technologiques
d'une part, les techniques de modélisation et de l'implémentation dans
ces domaines, en insistant sur la particularité de ces domaines, le génie
et d'autre part, l'automatique, par exemple, et il ne faut pas perdre
de vue les interactions entre les deux domaines, les méthodes
utilisées ainsi que les exemples concrets d'application.

Les auteurs ont voulu que ces ouvrages soient utiles à tous ceux qui
s'intéressent à ces domaines, et en particulier à ceux qui ont
besoin de ces ouvrages pour leur travail. Ils ont donc écrit ces
ouvrages de manière à ce qu'ils soient accessibles à tous, et
en particulier à ceux qui ont une formation universitaire en
génie logiciel ou en automatique.

Table des matières

Préface	
Introduction	1
1re Partie : Champs d'applications	
1 L'usine intégrée	7
1.1. Le CIM	7
1.2. <i>Puzzle ou casse-tête ?</i>	9
1.3. CIM aboutissement du machinisme	10
1.4. Offre CIM en matériels et logiciels	14
1.5. Le désert conceptuel du CIM	15
1.6. Intégration par l'information	17
1.7. Résumé	18
2 Pour une méthode de spécification du CIM	21
2.1. Champs d'applications de la méthode	21
2.2. But de la méthode	23
2.3. Résumé	24
3 Modules à puces intégrés à des produits	25
3.1. Produits intégrant des modules électroniques	25
3.2. Développements des OMIC intégrés	27
3.3. Logique fonctionnelle et programmation	29
3.4. Utilisation et maintenance	31
3.5. Apports d'une modélisation fonctionnelle	32
3.6. Résumé	35
4 Pour un langage de modélisation d'OMIC	37
4.1. Un langage de modélisation d'OMIC	37
4.2. Types d'applications visées	38
4.3. Cultures concernées	38

Table des matières

4.4.	Bases d'un langage de modélisation	40
4.5.	Cycle de vie des logiciels	41
4.6.	Les méthodes structuralistes	42
4.7.	Analyse structurée et design orienté objets	45
4.8.	Le choix de l'analyse structurée	51
4.9.	Résumé	52
2^e Partie : OMIC et CIM		
5	Les Outils de Manipulation de l'information et de Contrôle (OMIC)	55
5.1.	Retour sur la notion d'OMIC	55
5.2.	Espace conceptuel et espace des réalisations d'un OMIC	55
5.3.	Les OMIC et les systèmes	57
5.4.	Les OMIC dans le paysage industriel	59
5.5.	Partie manipulation de l'information et partie contrôle (ou phénoménale) d'un OMIC	60
5.6.	Interfaces données, signaux	62
5.7.	Résumé	64
6	Architectures d'OMIC	67
6.1.	Notion d'architecture	67
6.2.	Les centres d'intérêt	74
6.3.	Les attributs de distanciation	72
6.4.	Nature des liaisons entre OMIC	76
6.5.	Résumé	78
7	Gestion des développements CIM	81
7.1.	Problème posé	81
7.2.	Les deux espaces de développement	82
7.3.	Déroulement d'une application CIM	85
7.4.	Résumé	89
3^e Partie : Langages de l'analyse structurée		
8	Bases cybernétiques des langages de modélisation	95
8.1.	Cybernétique et langages de modélisation	95
8.2.	Modèles se rapportant aux données	96
8.3.	Modèles temps réel de l'analyse structurée	101
8.4.	Modèle proposé	106

Table des matières

8.5.	Autres modèles	111
8.6.	Résumé	114
9	Systèmes de données (SyD)	117
9.1.	Systèmes de données	117
9.2.	Le modèle relationnel	119
9.3.	Notation de DeMarco	122
9.4.	Normalisation des données	123
9.5.	Modèle entités/reliations	128
9.6.	Modélisation d'un système de données	133
9.7.	Résumé	135
10	Systèmes de transformations de données	137
10.1.	Exemple : <i>enregistrer caisse</i>	137
10.2.	Diagrammes de flux de données	139
10.3.	Liaisons entre SyD et SyTD	142
10.4.	Spécification de primitives	146
10.5.	Vers la conception et la programmation	150
10.6.	Résumé	150
4^e	Partie : Théorie des phénomènes	
11	Signaux et phénomènes	156
11.1.	Le couple signal/phénomène	156
11.2.	Phénomènes et vecteurs d'influence	158
11.3.	Mécanismes internes propres aux phénomènes	162
11.4.	Résumé	165
12	Diagrammes des flux et des influences	167
12.1.	Structuration des classes de systèmes	167
12.2.	Diagramme de contexte	169
12.3.	Perfectionnements de <i>gérer file de pièces</i>	172
12.4.	Résumé	175
13	Phénomènes discrets ou d'automatisme	177
13.1.	Généralité sur les phénomènes discrets	177
13.2.	Phénomènes discrets combinatoires	179
13.3.	Phénomènes discrets séquentiels	183
13.4.	Phénomènes à rémanence simple	193
13.5.	Phénomènes à rémanence en couches	196
13.6.	Retour sur <i>gérer file de pièces</i>	197
13.7.	Résumé	199

Table des matières

14	Phénomènes non discrets	201
14.1.	Nature des phénomènes non discrets	201
14.2.	Présentation de <i>piloter robot</i>	205
14.3.	Phénomènes non discrets à rémanence	208
14.4.	Phénomènes non discrets dynamiques	210
14.5.	La guerre des génies n'aura pas lieu !	215
14.6.	Résumé	216

5° Partie La modélisation

15	Modélisation de <i>climatiser habitacle</i>	221
15.1.	Présentation de l'application	221
15.2.	C.D.C. de climatiser habitacle	223
15.3.	Diagramme de contexte	224
15.4.	Niveau zéro	226
15.5.	Diagramme et spécifications de <i>dialoguer</i>	228
15.6.	Diagramme de <i>contrôler pulseur</i>	230
15.7.	Diagramme de <i>contrôler distribution</i>	232
15.8.	Diagramme de <i>contrôler air conditionné</i>	233
15.9.	Conclusion	254
16	Pratique de la modélisation	235
16.1.	La méthode ASTRILA	235
16.2.	Le concept CASE	236
16.3.	Utilité des outils CASE	237
16.4.	Outils CASE et théorie des phénomènes	238
16.5.	Modélisation d'OMIC à l'aide d'un outil CASE	239
16.6.	Résumé	240

Liste des figures	241
--------------------------	-----

Bibliographie	247
----------------------	-----

Introduction

"On a commencé par assembler dans une première figure autant d'éléments qu'on pouvait apercevoir sans confusion. Dans une seconde figure, on voit les mêmes éléments avec quelques autres. C'est ainsi qu'on a formé successivement la machine la plus compliquée, sans aucun embarras ni pour l'esprit ni pour les yeux."

J. LE ROND d'ALEMBERT

Extrait du "Discours préliminaire" à la publication de l'Encyclopédie.

Le premier *computer* a déjà plus d'un tiers de millénaire. En 1645 Blaise Pascal présente au chancelier Séguier une machine à calculer fonctionnant correctement et capable d'effectuer sur six chiffres les quatre opérations. Il y travaillait depuis cinq ans. Son objectif de départ était de faciliter les pénibles opérations comptables dont son père avait la charge.

Pascal rédige une notice publicitaire et entreprend une fabrication en petite série. Par privilège royal, il obtient le bénéfice exclusif de sa fabrication et de sa vente. Voilà la première *international business machine* sur le marché.

Cette invention correspond à la première tentative réussie de traitement mécanique de tâches à caractère informatique.

Parallèlement et un peu plus tôt au cours de ce même siècle, l'ingénieur Salomon de Caus au service de l'Electeur palatin décrit les premières machines à programme. Il s'agit d'automates animant des

figurines, jouant de la musique et contrôlant les jets d'eau destinés à orner les jardins des princes.

Au XVII^e. siècle, ces deux types de machines étaient réalisés à l'aide de mécanisme d'horlogerie. Aujourd'hui, elles intègrent l'une et l'autre des micro-processeurs. Leur ressemblance technologique est donc une constance. Pourtant elles sont essentiellement différentes. En effet, ces deux types de machines, celle de Pascal et les automates ludiques, sont les premières manifestations de deux génies différents : le génie logiciel et le génie automatique.

La machine de Pascal procède du génie logiciel car son jeu d'engrenage est conçu pour correspondre aux règles des opérations mathématiques. L'utilisateur entre les données, la machine donne le résultat. C'est de **l'informatique**.

Automate a donné automatique et par conséquent génie automatique. Un automate est en relation avec le monde extérieur, il anime des figurines, contrôle les jeux d'orgue des jets d'eau, il peut réagir à une présence, un mouvement, un niveau, ou tout autre manifestation physique. C'est du **temps réel** ou de **l'automatisme**.

Le génie automatique va connaître un développement constant, et un essort industriel. Aux réalisations mécaniques s'ajouteront les automatismes électriques, pneumatiques, hydrauliques et enfin électroniques.

Le génie logiciel, lui, va rester à l'état embryonnaire pendant de longues années, son champ d'application se limitant au perfectionnement des machines à calculer. Puis il va littéralement exploser, au milieu de ce siècle, avec l'apparition des ordinateurs.

L'histoire, les traditions, les cultures ont rendu ces deux disciplines différentes et ont fait des informaticiens et des automaticiens des insulaires vivant sur deux îles différentes.

La productique et le concept d'usine intégrée ou CIM bouleversent les habitudes, ils rendent caduque et absurde cette espèce de nationalisme technique.

Cette usine nouvelle, telle qu'on la voit se dessiner, suppose un fonctionnement harmonieux et coordonné des machines et des moyens informatiques. Le génie logiciel et le génie automatique doivent donc cesser de faire cavalier seul.

Intégration ne signifie pas perte d'identité de l'un ou l'autre de deux partenaires, non plus homogénéité des réalisations matérielles. L'intégration se situe au niveau de l'analyse et de la modélisation fonctionnelle du réseau de moyens placés dans l'usine pour résoudre

Introduction

les problèmes de manipulation de l'information et de contrôle. Chacun de ces moyens est apte à effectuer des tâches à caractère informatique ou de contrôle ou encore présentant les deux aspects.

Le sujet de ce livre est l'étude d'un cadre conceptuel commun au génie logiciel et au génie automatique. Il met en lumière la nature particulière de chacune des deux parties ainsi que leur mode d'échange et de communication. Il propose des techniques de modélisation adaptées à la présentation d'applications de productique dont la lecture et la compréhension ne présentent, suivant la jolie expression de J. le Rond d'Alembert, "*aucun embarras ni pour l'esprit ni pour les yeux*".

Cet ouvrage est découpé en cinq parties.

La première traite du CIM et des modules à puces intégrés à des produits manufacturés. L'apparition du concept CIM est placée dans son contexte historique. Un cahier des charges pour une méthode de spécification des applications CIM, est rédigé. Les étapes de développements des modules intégrés et la nature des applications temps réel sont analysées. La conclusion de cette première partie concerne les caractéristiques souhaitables d'un langage de modélisation permettant de spécifier aussi bien les applications CIM que les modules intégrés.

La deuxième partie est réservée à la conception et au suivi des applications CIM. Nous introduisons la notion d'OMIC (Outil de Manipulation de l'Information et de Contrôle). Nous montrons comment bâtir une architecture d'OMIC. Et nous traitons des techniques de gestion et de suivi des développements CIM.

La troisième partie concerne les langages de modélisation. Leur bases cybernétiques sont exposées. Les techniques de modélisation de données et de transformations de données sont présentées.

La quatrième partie développe la notion de phénomènes qui est propre à cet ouvrage. La pertinence et la cohérence des modélisations effectuées à l'aide des techniques proposées sont démontrées.

La cinquième partie est réservée à un exemple, complètement traité, de modélisation et à l'utilisation des outils CASE (*Computer Aided Software Engineering*).

Le premier aspect de la situation est celui de la situation économique
 de l'industrie de la construction de l'habitat. L'industrie de la construction
 de l'habitat est une industrie qui a subi une crise profonde. Cette crise
 est due à une conjonction de facteurs. D'abord, il y a une diminution
 de la demande de logements. Ensuite, il y a une augmentation des coûts
 de construction. Enfin, il y a une diminution de la rentabilité de
 l'investissement. Ces trois facteurs ont conduit à une situation de
 crise pour l'industrie de la construction de l'habitat.

Le deuxième aspect de la situation est celui de la situation sociale
 de l'habitat. L'habitat est un facteur de bien-être social. Il est
 important de garantir à tous les citoyens un logement décent. C'est
 pourquoi il est nécessaire de prendre des mesures pour améliorer
 la situation de l'habitat. Ces mesures doivent être adaptées à la
 situation économique et sociale de chaque pays.

Le troisième aspect de la situation est celui de la situation
 internationale de l'habitat. L'habitat est un problème mondial. Il
 est important de coopérer entre les pays pour résoudre ce problème.
 C'est pourquoi il est nécessaire de promouvoir la coopération
 internationale dans le domaine de l'habitat.

En conclusion, la situation de l'habitat est complexe. Elle est
 le résultat de facteurs économiques, sociaux et internationaux. Il est
 important de prendre des mesures pour améliorer la situation de
 l'habitat. Ces mesures doivent être adaptées à la situation de chaque
 pays et promouvoir la coopération internationale.

Il est important de garantir à tous les citoyens un logement décent.
 C'est pourquoi il est nécessaire de prendre des mesures pour améliorer
 la situation de l'habitat. Ces mesures doivent être adaptées à la
 situation économique et sociale de chaque pays.

L'usine intégrée

1re PARTIE

Champs d'applications

1.1. Le CIM

CIM est un sigle américain (Computer Integrated Manufacturing). L'application de ce concept signifie que toutes les activités d'une usine sont assurées par ordinateur ou à l'aide d'ordinateurs, notamment les opérations entre elles grâce à cette machine.

Le principe de l'intégration par l'ordinateur, à l'origine appliqué à la fabrication dans les années 60, avait entraîné une révolution. Cette perspective freppait l'imagination. On pensait alors que les ordinateurs deviendraient un moyen de contrôle universel de toutes les opérations, comme l'ordinateur IBM qui assurait le contrôle de la chaîne de production de la compagnie d'acier de la région de Pittsburgh.

Dans ce concept, le seul problème était celui des transports et du stockage. Grâce au développement de l'électronique et à l'usage des machines à commande numérique, les déplacements des matériaux ont été automatisés.

Le développement CIM s'est étendu à tous les secteurs industriels. Celui-ci consiste dans le fait de lier les activités industrielles qui ont été jusque-là isolées de l'ensemble des opérations de l'usine par un système de données.

Dans le cas de quatre niveaux nous sommes par ordre croissant les niveaux : machine (niveau d'une machine), ligne (contrôle et synchronisation d'une ensemble de machines), atelier (contrôle de

THE PART

OF THE

L'usine intégrée

1.1. Le CIM

CIM est un sigle américain (*Computer Integrated Manufacturing*). L'application de ce concept signifie que toutes les activités d'une usine sont assistées par ordinateur et s'intègrent harmonieusement les unes aux autres grâce à cette machine.

Le principe de l'intégration par l'ordinateur, à l'époque où il a été énoncé, dans les années 85, avait enthousiasmé les futurologues. Cette perspective frappait l'imagination. On pensait alors que l'ordinateur deviendrait un organe de contrôle universel de l'usine et que celle-ci, avant l'horizon 2000, fonctionnerait pratiquement toute seule, un peu à la manière d'un avion sur pilote automatique.

Dans ce concept, le mot *computer*, c'est-à-dire en français ordinateur, désigne les outils aptes à effectuer aussi bien des tâches de manipulation de l'information que de contrôle des machines.

La finalité du CIM correspond à cette dernière activité. Celle-ci constitue donc la base de la structure fonctionnelle qui est vue comme un système de commande hiérarchisée en niveaux (4 ou 5 suivant les cas).

Dans le cas de quatre niveaux nous trouvons par ordre croissant les niveaux : machine (contrôle d'une machine), ligne (contrôle et synchronisation d'un ensemble de machines), atelier (contrôle de

différentes lignes de fabrication en fonction d'impératifs de production) et usine (détermination des impératifs de production). Soit la pyramide de la figure 1.1.

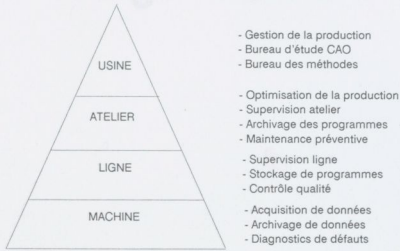


Figure 1.1. La pyramide du CIM.

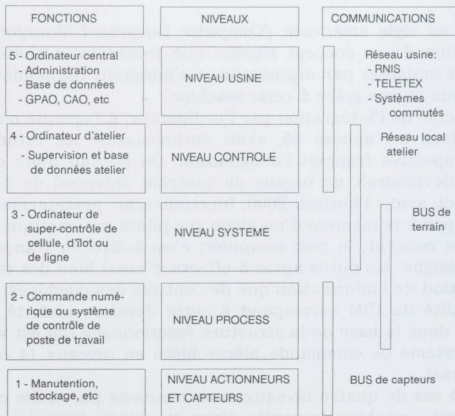


Figure 1.2. Proposition CIM des constructeurs.

Parallèlement à cette architecture fonctionnelle, les constructeurs proposent dans leurs catalogues, des architectures de matériels tels qu'automates programmables, ordinateurs, réseaux locaux, etc. C'est le CIM des constructeurs. Nous donnons, figure 1.2, un exemple de ce genre de proposition qui détaille les types de matériels utilisés suivant les niveaux de la pyramide (cette fois-ci en cinq niveaux, les niveaux 1 et 2 de la proposition matérielle correspondant au niveau 1 de la pyramide fonctionnelle).

Mais les réalités de l'atelier et de l'usine sont complexes et s'intègrent mal dans une conception hiérarchisée. Artificiellement les activités informatiques sont rattachées aux niveaux supérieurs comme indiqué dans la partie droite de la figure 1.1.

Ces vues correspondent à l'architecture fonctionnelle du CIM telle qu'elle est traditionnellement présentée.

L'architecture matérielle particulière à une application fait l'objet d'un schéma représentant les liens ou les connexions existant entre les matériels. Nous donnons, figure 1.8, un exemple de ce type de représentation. Ce genre de schéma peut laisser deviner quelques principes de fonctionnement mais ne peut en aucun cas servir de base à une modélisation fonctionnelle.

1.2. *Puzzle ou Casse-tête ?*

Cette usine intégrée par l'ordinateur semble être à portée de main : la nécessité est là, le matériel et les logiciels existent à des coûts intéressants ; très souvent même les entreprises sont déjà plus qu'à moitié équipées. Il y a de l'AO (Assisté par Ordinateur) dans l'air ; les ateliers sont "bourrés" d'automates, de robots, de supervisions... et pourtant !

En effet, dans le journal *01 INFORMATIQUE*, Mme G. Herman, peut intituler un article : *Productique intégrée, le puzzle se complique*. Dans un autre magazine du groupe *USINE NOUVELLE*, *Techniques et équipements de production*, à peu près à la même date, Mr M. Défaux titre : *Le casse tête du suivi de production*.

Puzzle, casse-tête ! Le jeu se complique ! Et l'on assiste à un certain retournement de tendances, la plus extrême prudence étant actuellement préconisée en matière d'intégration.

Nous pouvons donc penser que l'intégration par l'ordinateur passe par une crise d'identité dont l'analyse appelle une réflexion assez fondamentale sur l'évolution du machinisme et son dernier avatar le CIM.

1.3. CIM aboutissement du machinisme

La révolution industrielle a débuté en Angleterre au XVIII^e siècle. Elle a complètement transformé le mode de vie des hommes dans des secteurs aussi divers que les transports, l'habitat, les communications, l'agriculture, les activités industrielles. Nous décomposons ces dernières en industries d'extraction (exploitation des mines et carrières), de transformation (processus continus) et de fabrication des biens manufacturés qui possèdent en commun la caractéristique de faire appel aux machines en général et aux machines outils en particulier.

L'ISO (*International Standard Organisation*) donne de la machine outil la définition suivante : "Une machine outil est une machine (...) actionnée par une source d'énergie et destinée à façonner des produits à l'aide de procédés physiques, chimiques ou autres".

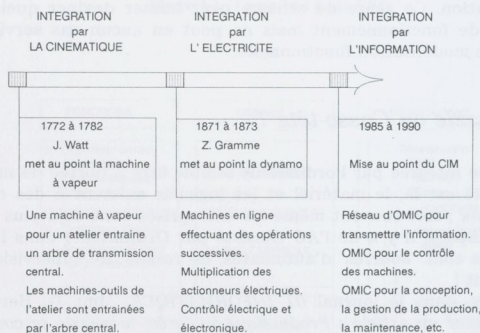


Figure 1.3. L'évolution du machinisme.

Quelle que soit l'industrie concernée, processus continu ou industrie de biens manufacturés, les machines-outils sont les composantes essentielles d'une usine. La manière dont elles sont intégrées dans l'activité générale trace trois grandes périodes dans l'histoire du machinisme. La cinématique et la transmission mécanique du mouvement correspondaient à une première forme d'intégration. Ce rôle

fut ensuite confié à l'électricité. Il est maintenant dévolu à l'ordinateur.

Ces principes intégrant sont donc liés aux possibilités technologiques d'une époque et nous pouvons tracer, figure 1.3, la chronologie de cette évolution.

• *Intégration par la cinématique*

C'est l'évolution au cours d'un XIX^e siècle, grâce aux progrès de la machine à vapeur (celle-ci prend sa forme définitive entre 1772 et 1782 suite aux travaux de James Watt). Les manufacturiers s'équipent de machines à vapeur. Dans un atelier, une machine à vapeur constitue, en général, une motorisation unique entraînant par le jeu d'arbres de transmission, de poulies et de courroies les différentes machines.

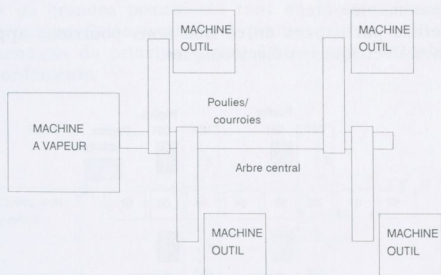


Figure 1.4 L'intégration par la cinématique.

Les machines-outils telles que les métiers à tisser pouvaient comprendre des jeux de mouvements complexes. La coordination de ceux-ci était assurée par des combinaisons d'engrenages, de cames et autres moyens mécaniques.

La conception de ces machines se rapprochait des automates ludiques des siècles précédents. On doit à cette parenté la racine du mot *automatisme*.

• Intégration par l'électricité

Cent ans après la mise au point de la machine à vapeur par J. Watt, Z. Gramme présente, en 1871, sa première dynamo à l'Académie des Sciences de Paris. Deux ans plus tard, la réversibilité de cette machine est découverte.

Dans des usines, l'électricité et plus tard l'électronique permettent la multiplication sur les machines des actionneurs physiques, thermiques, chimiques (moteurs, résistances, électrodes, etc.), la motorisation des moyens de manutention (convoyage, manipulateurs, robots, etc.) et enfin l'automatisation des moyens de production.

Ce dernier point est obtenu par le contrôle de paramètres physiques tels que le couple, la vitesse, la température et l'automatisation des opérations.

Cette évolution a pu s'effectuer grâce à des matériels tels que relais, machines tournantes, variateurs de vitesse, gradateurs, détecteurs, capteurs, circuits électroniques analogiques et digitaux, automates programmables, etc.

Ces matériels participent de ce que nous pourrions appeler les automatismes électriques et électroniques.

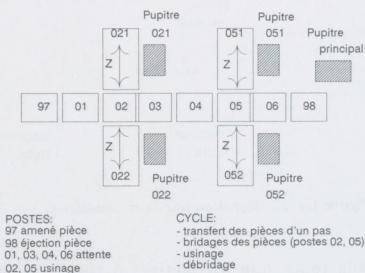


Figure 1.5. Machine transfert.

L'intégration par l'électricité a entraîné, dans les usines une nouvelle organisation du travail de production qui se caractérise, aussi bien pour les process continus que pour les biens manufacturés par

une décomposition de l'activité liée à la fabrication d'un bien ou au traitement d'un produit en *opérations*. Pour faciliter la succession de ces *opérations* les moyens de production sont disposés en ligne. Ces *opérations* s'enchaînent et se coordonnent entre elles automatiquement, une ligne de machines pouvant être entièrement automatisée.

Un exemple de réalisation consiste dans une machine transfert (figure 1.5) qui est remarquable car son principe de fonctionnement fait appel : aux automatismes mécaniques (transfert de pièces effectués mécaniquement grâce à la barre transfert), aux automatismes électriques et électroniques classiques (détecteurs, asservissements, etc.) et à l'informatique industrielle (commandes numériques).

En ce qui concerne les langages de spécification, les automaticiens utilisent principalement les symboliques explicitées ci-après.

- **La symbolique électrique**, qui utilise l'image de la propagation du courant électrique. Cette symbolique est très codifiée. Elle offre de grandes possibilités tant en électromécanique qu'en électronique. Cette symbolique permet de représenter à la fois les schémas de principe (figure 1.6) et ceux de câblage et de raccords.

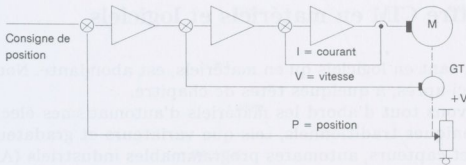


Figure 1.6. Asservissement de position.

- **La représentation d'automates aux états finis**, qui peut correspondre à la logique combinatoire statique symbolisée par des expressions booléennes ou des tables de décisions, ou à la logique combinatoire séquentielle (GRAF CET).

• L'intégration par l'ordinateur

A nouveau cent ans après la mise au point de la dynamo et du moteur électrique par Z. Gramme, les progrès des ordinateurs et le développement des logiciels rendent possible une troisième forme d'intégration de l'entreprise industrielle.

L'intégration par l'ordinateur va plus loin que les intégrations précédentes. Elle concerne toutes les activités de l'entreprise ayant un lien avec la production.

Elle est tout d'abord partie intégrante des moyens physiques de production et en assure le contrôle et le pilotage, elle participe également à leur maintenance.

Elle agit également sur les flux des matières, des produits en cours de fabrication et des produits finis dont elle assure la qualité.

Elle est associée aux activités de gestion de la production (planification, ordonnancement, approvisionnement, suivi de production, etc.) ainsi qu'à celles de conception des produits (bureau d'étude, moyen d'essais, etc.) et de conception des moyens de production (bureau des méthodes).

Elle assiste les hommes au niveau commercial (coûts, délais, etc.), achats, marketing (adaptation de l'outil de production au marché), financiers (stocks, en cours, prévisions), etc.

1.4. Offre CIM en matériels et logiciels

L'offre, tant en logiciels qu'en matériels, est abondante. Nous nous limitons, ci-après, à quelques têtes de chapitre.

Nous avons tout d'abord les matériels d'automatismes électriques et électroniques traditionnels, tels que variateurs et gradateurs, détecteurs et capteurs, automates programmables industriels (API).

Les logiciels d'assistance (XAO), ceux de calcul ou de simulation prennent de plus en plus d'importance. Les plus connus sont la CAO et le calcul des structures, la FAO, la TGAO (Technologie de Groupes Assistée par Ordinateur), la GPAO, la QAO, la MAO, etc.

De nouveaux types de matériel d'automatismes susceptibles de dialoguer avec l'informatique font leur apparition (supervision, commandes numériques, nouvelles générations d'API).

Dans une application CIM, les machines de production et leur automatisation ne sont pas fondamentalement changées. Cependant leurs systèmes de contrôle doivent pouvoir dialoguer avec d'autres

activités sous forme de réception de *programmes* de travail et d'émission de comptes-rendus divers (fil de l'eau, supervision, surveillance qualité, maintenance, etc.).

1.5. Le désert conceptuel du CIM

Dans le contexte actuel, les responsables d'un projet CIM ne disposent, pour concevoir et spécifier une application CIM, que de la structure prédéfinie de la vue pyramidale. Elle exprime l'idée d'une commande hiérarchisée. Les niveaux supérieurs correspondent à une assistance à la conception et à la gestion (CAO, FAO, GPAO, MAO, etc.). Les niveaux inférieurs sont dédiés au contrôle. Le niveau ligne ayant, lui-même, un rôle de coordination et de pilotage par rapport au niveau machine.

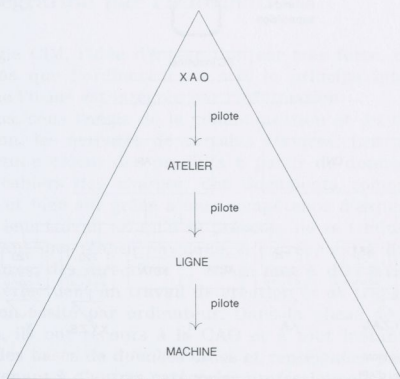


Figure 1.7 Relations hiérarchiques du CIM

La notion de commande hiérarchisée se rencontre fréquemment dans les automatismes électriques et électroniques. Les boucles d'asservissement sont des exemples de commande hiérarchisée. Pour certaines de ces commandes, on parle de relations *maître esclave*.

Les réalisations CIM de ce type sont monolithiques et peu évolutives. Elles sont extrêmement onéreuses et très délicates à mettre en route.

En fait, ce type de réalisation présente un anachronisme de conception car l'ambition est de piloter un ensemble complexe à l'aide d'un schéma simpliste et prédéterminé.

Dans la réalité du déroulement de ce genre de projet, la partie spécification de l'ensemble est escamotée. C'est-à-dire que le principe de fonctionnement général n'est exprimé que par l'intermédiaire d'une présentation de l'architecture de l'ensemble des matériels.

Nous donnons figure 1.8 un exemple de représentation d'architecture matérielle. Ce genre de schéma peut laisser deviner quelques principes de fonctionnement mais ne peut en aucun cas servir de base à une modélisation fonctionnelle.

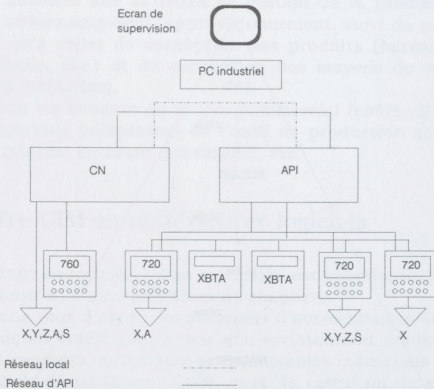


Figure 1.8 *Présentation par le matériel.*

Un industriel attend du développement et de la réalisation d'un projet CIM un service. C'est sur la description de ce service que le donneur d'ordres et son sous-traitant doivent se mettre d'accord.

Parallèlement à la définition et à la description de ce service, le donneur d'ordres et le sous-traitant peuvent (et doivent) se mettre

d'accord sur les matériels et les logiciels susceptibles de rendre ce service. Mais en fin du compte, seule la pertinence de la définition du service possède une valeur contractuelle propre à garantir les intérêts des contractants.

Il n'existe pas, pour décrire fonctionnellement les applications CIM, de langage graphique adapté. Rien de comparable aux schémas de principe des automatismes électriques et électroniques (cf figure 1.6, *asservissement de position*). Les applications CIM sont donc orphelines d'un langage graphique de spécification. On est condamné à voyager à travers son application CIM sans carte et cette carence en moyen de représentation tend à transformer les architectures CIM en *puzzles* et leur étude en *casse-têtes*. La crise du CIM se situe au niveau d'une contradiction entre la proposition matérielle et logicielle pléthorique et le désert conceptuel.

1.6. Intégration par l'information

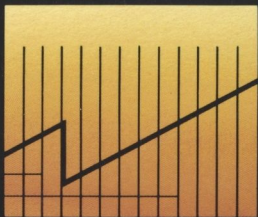
Dans le sigle CIM, l'idée d'intégration est très forte, mais nous ne pensons pas que l'ordinateur en soit le principe intégrant. Nous croyons que l'usine est intégrée par l'information.

Analysons, sous l'angle de la communication et du traitement de l'information, les activités de certains services. Les projeteurs du bureau d'étude créent des produits à partir de données contenues dans des cahiers des charges, des documents commerciaux, des catalogues et bien sûr grâce à leur compétence d'expert. L'aboutissement de leur travail tel qu'il se présente ne se traduit pas par un produit ayant une réalité physique, il correspond à des plans, des nomenclatures, des directives ... en un mot à de l'information. Ces projeteurs effectuent un travail de création et de transformation de l'information assisté par ordinateur. Dans la phase de dessin et de conception, ils ont recours à la CAO et à tout instant ils peuvent consulter des bases de données créées et renseignées par des personnes appartenant à d'autres catégories professionnelles.

Il en est de même pour le personnel du bureau des méthodes : celui-ci conçoit les gammes de fabrication en partant de l'information créée par le bureau d'étude. Il génère de l'information qui consiste, par exemple, en programmes d'usinage assimilables par les machines.

La gestion de la fabrication gère à partir du carnet de commandes, les approvisionnements et l'ordonnancement, elle crée à destination des moyens de production, des *ordres de fabrication*.

INFORMATIQUE
INDUSTRIELLE



CIM ET TEMPS RÉEL

Derrière le sigle CIM (Computer Integrated Manufacturing) se cache le concept clé des stratégies d'avenir dans l'industrie : la production intégrée par ordinateur.

Dans cet ouvrage, l'auteur propose une méthode de mise en œuvre d'un atelier CIM associant génie logiciel et génie automatique. La première partie du livre décrit les éléments de la conception d'une application CIM :

- cahier des charges ;
- architecture d'OMIC (Outils de Manipulation de l'Information et de Contrôle) ;
- langages de modélisation.

Pour le contrôle des machines de production, Henri Brenier présente, en deuxième partie, des exemples de phénomènes générés par ordinateurs : phénomènes d'automatisme et phénomènes à intensité variable.

Ouvrage pratique illustré de nombreux cas concrets, CIM ET TEMPS RÉEL s'adresse aux techniciens, aux ingénieurs et aux développeurs de systèmes de contrôle embarqués confrontés aux nouvelles perspectives de la production.



ISBN 2 10 001141 3



Code 41141



Participant d'une démarche de transmission de fictions ou de savoirs rendus difficiles d'accès par le temps, cette édition numérique redonne vie à une œuvre existant jusqu'alors uniquement sur un support imprimé, conformément à la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012 relative à l'exploitation des Livres Indisponibles du XX^e siècle.

Cette édition numérique a été réalisée à partir d'un support physique parfois ancien conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal. Elle peut donc reproduire, au-delà du texte lui-même, des éléments propres à l'exemplaire qui a servi à la numérisation.

Cette édition numérique a été fabriquée par la société FeniXX au format PDF.

La couverture reproduit celle du livre original conservé au sein des collections de la Bibliothèque nationale de France, notamment au titre du dépôt légal.

*

La société FeniXX diffuse cette édition numérique en accord avec l'éditeur du livre original, qui dispose d'une licence exclusive confiée par la Sofia – Société Française des Intérêts des Auteurs de l'Écrit – dans le cadre de la loi n° 2012-287 du 1^{er} mars 2012.

Avec le soutien du

