
Chapitre XIV

SYSTÈMES D'INFORMATION et GESTION de la CHAÎNE LOGISTIQUE

La mise en œuvre des techniques présentées dans les chapitres précédents dépend non seulement de la volonté de résoudre efficacement les problèmes rencontrés en production, de la qualité de l'organisation mise en place et de la gestion des ressources humaines, mais aussi de l'existence de systèmes d'information capables de « capter » ou de « transmettre », au bon moment, les informations appropriées. L'information est une ressource au même titre que les hommes et les machines et sa gestion sur le long terme est aussi importante que celle des autres ressources. Là aussi, les choix stratégiques sont importants et des réponses cohérentes doivent être apportées aux questions classiques : « quoi ? », « quand ? », « comment ? », « où ? » et ce, non seulement au niveau des différentes informations véhiculées, mais également sur le positionnement de cette ressource informationnelle par rapport aux autres ressources et au système de conduite du système productif. La réflexion stratégique de nombreux cadres dirigeants est très souvent biaisée par leur méconnaissance des enjeux et problèmes posés par les systèmes d'information. Une telle réflexion doit se fonder sur un minimum de connaissance des technologies mobilisées et être sous-tendue par une vision gestionnaire de ces problèmes¹.

Table des
matières

Index
thématique

SECTION I LES SYSTÈMES D'INFORMATION DE GESTION

Le mythe d'un système d'information unique vers lequel les entreprises tendraient est un de ceux qui façonnent les comportements et mobilisent les énergies. Si l'on peut espérer à terme pouvoir avoir accès, à partir d'un même micro-ordinateur et à condition d'y être autorisé, à n'importe quelle information numérisée disponible dans l'entreprise, cela n'impliquera pas pour autant d'être en présence d'un système d'information unique, d'autant que le niveau de formalisation varie en fonction des possibilités et des besoins (§ I-1). Deux caractéristiques importantes de ces systèmes d'information méritent d'être soulignées : leur inéluctable hétérogénéité (§ I-2, page 927) et certaines caractéristiques de leurs évolutions (§ I-3, page 929). Nous justifierons enfin rapidement les choix opérés (§ I-4, page 932).

1. Parmi les ouvrages permettant ce recul, on peut citer les ouvrages complémentaires de Peaucelle (1999, [330]), de Reix (1995, [358]) et de Marciniak & Rowe (1997, [293]).

I-1 La multiplicité des systèmes d'information

L'information ne présente d'intérêt pour le gestionnaire que dans la mesure où elle est de nature à «éclairer» une décision ou à satisfaire des contraintes réglementaires ou légales. Le [tableau 1 de la page 47](#) montrait la très grande variété de décisions à prendre en production, en croisant le caractère plus ou moins structuré de la décision à prendre, avec sa nature (décision stratégique, tactique ou opérationnelle). Le [tableau 275](#) complète le [tableau 1](#) en donnant des exemples de type de données mobilisées dans ces prises de décision. Cette variété explique la coexistence de plusieurs systèmes d'information en production et ce tableau laisse penser que le système d'information utilisé sera d'autant plus formellement structuré et détaillé que les décisions à éclairer seront programmables et de nature opérationnelle.

TABLEAU 275

Exemple d'informations mobilisées dans la prise de décision de production de produits manufacturés selon les deux typologies décisionnelles retenues

Catégorie de décisions	Exemple de	Décision		
		Structurée	Semi-structurée	Non structurée
Stratégique	Décision	Révision des tables de décision utilisées en gestion des approvisionnements	Réaménagement de l'implantation des équipements d'une usine (décision assistée par ordinateur)	Acquisition d'un système interactif d'aide à l'ordonnancement en ateliers spécialisés
	Données utilisées	Caractéristiques des demandes des références visées, ainsi que de certains coûts (possession, passation de commandes...)	Caractéristiques des flux de production, des équipements et outillages, des magasins...	Caractéristiques du logiciel, essais comparatifs, caractéristiques des ressources et des flux concernés
Tactique	Décision	Révision d'un programme de production de planification glissante (de type MRP)	Gestion d'un projet de lancement de produit nouveau	Réponse à un appel d'offre pour une entreprise d'ingénierie électrique
	Données utilisées	Gammes et nomenclatures de planification, positions de stock...	Liste des tâches, de leurs relations d'antériorité, des ressources mobilisées...	Toute information technique et économique tirée d'affaires similaires déjà traitées
Opérationnelle	Décision	Exécution d'une gamme sur une machine à commande numérique	Ordonnancement en ateliers spécialisés	Allocation de ressources de maintenance corrective
	Données utilisées	Gamme d'usinage pour machine à commande numérique	Gamme d'ordonnancement et portefeuille d'ordres de fabrication à exécuter	Programmation prévisionnelle des opérateurs, descriptif de l'incident et de ses conséquences

Table des matières

Index thématique

Ces systèmes délivrent de l'**information primaire**, c'est-à-dire une information sur une modification observable sur l'une quelconque des ressources de l'entreprise ou transaction avec des tiers, et/ou de l'**information traitée**, c'est-à-dire une information élaborée à partir de plusieurs informations primaires pour permettre à des acteurs, internes ou externes à l'entreprise, de mieux comprendre ce qui se passe et de faciliter leurs prises de décision. C'est principalement à de l'information primaire que nous nous intéresserons dans ce chapitre, dans la mesure où les informations traitées dépendent de la façon dont on aborde les problématiques décisionnelles qui, par ailleurs, ne concernent pas toutes la gestion de la production et des approvisionnements.

I-2 L'irréductible hétérogénéité des systèmes d'information

Plusieurs systèmes apparemment semblables, parce que mobilisant des concepts voisins, ne peuvent être fusionnés, en raison de leurs différences de perspective retenue dans la description du monde réel. C'est ainsi, par exemple, que la description du système productif et de ses potentialités, qui passe classiquement par des ensembles de gammes, de nomenclatures et de ressources en personnel, équipements et outillages, s'effectue par le biais de quatre systèmes d'information, relativement indépendants :

- Sur le *très court terme*, le pilotage en temps réel d'une production exécutée par des machines à commande numérique implique l'usage de gammes opératoires informatisées et très détaillées (« avancer l'axe de 2,35 cm, le faire pivoter de 30°... ») ; lorsqu'on est en présence de postes de travail non automatisés, les informations utilisées sont le plus souvent consignées sur un support écrit et comportent des schémas qui permettent l'usage d'informations plus sommaires, le savoir-faire de l'ouvrier palliant le manque de détail.
- Sur le *court terme*, dans des environnements productifs qui ne sont pas totalement automatisés, le problème de l'ordonnancement de la production implique l'usage de gammes opératoires plus grossières décrivant globalement le temps nécessaire pour passer de l'état initial des composants arrivant sur un poste de travail, à l'état final du composant ou du produit lorsqu'il quitte ce poste de travail ; par ailleurs, la gamme peut décrire une séquence d'opérations effectuées sur des postes différents et les références utilisées ne correspondent qu'à des articles stockables, ce qui implique l'absence de désignation pour repérer les états transitoires des flux au cours du processus de transformation, contrairement à ce qui se passe pour le système précédent. Les préoccupations de chaîne logistique (voir § I-2, page 895, du chapitre XIII) font qu'à ces préoccupations de pilotage de la production s'ajoutent de nombreux échanges en temps réel avec des fournisseurs ou des ¹clients, échanges qui conditionnent la formulation des problèmes de production.
- Sur le *moyen terme*, des problèmes de planification de la production peuvent se poser et conduire à l'usage de logiciels comme ceux de MRP-II ; dans ce cas, le découpage temporel utilisé pour définir les capacités et les charges est de l'ordre de la semaine ou du mois et les gammes de fabrication/assemblage portent sur des familles de références qui opèrent la fusion d'articles faiblement différenciés et mobilisant de manière voisine les mêmes ressources,

1. Voir sur ce point Allab, Swyngedaum & Talandier (2000, [14]).

elles-mêmes regroupées en ensembles homogènes; ce processus d'agrégation vise, au prix d'une perte de précision, à faciliter des arbitrages portant sur des décisions fortement liées temporellement du fait de l'explosion des nomenclatures et des processus d'absorption des délais.

- Sur le *long terme*, l'étude de l'évolution des ressources permanentes de l'entreprise en équipements et en hommes implique l'usage de données encore moins détaillées et donc de gammes et de nomenclatures encore plus frustes.

Lorsque l'on allonge l'horizon temporel, la transformation des informations utilisées pose le problème du lien qui existe entre informations de même nature. Ce processus d'agrégation conduit habituellement, pour les ressources (opérateurs, machines), à la partition d'un ensemble en sous-ensembles d'éléments substituables (on est alors en présence d'un mécanisme de *généralisation*) tandis que, pour les gammes opératoires, il conduit à la création d'informations de *nature différente*¹. Pour illustrer ce point, on peut retenir l'exemple des quatre types de gamme. Le passage d'une gamme détaillée de l'un quelconque des trois premiers niveaux à une gamme agrégée du niveau immédiatement supérieur s'effectue principalement:

- par élimination d'informations détaillées devenues inutiles pour le niveau supérieur (par exemple, détail du mouvement d'outils pour exécuter une opération);
- par l'utilisation de durées moyennes, lorsque la gamme est définie pour des conditions d'utilisation assez variables (plage de vitesse de coupe, par exemple) ou pour résumer des opérations technologiquement similaires portant sur des références voisines réunies en une même famille ou, enfin, pour tenir compte du fait que la nouvelle gamme est définie pour un ensemble de ressources substituables, mais non identiques (pool de machines de caractéristiques voisines, par exemple);
- par la sommation de durées du chemin critique des opérations élémentaires.

Ces règles d'agrégation sont largement empiriques et comportent une part importante d'appréciation pour définir des seuils de discrimination au-delà desquels le processus d'agrégation «semble» critiquable, compte tenu de l'usage qui sera fait de ces informations.

Les difficultés auxquelles on est confronté dans le processus d'agrégation sont amplifiées dans le cadre de processus de désagrégation car le problème n'est plus de déterminer comment éliminer des informations qui deviennent superflues, mais comment en engendrer de nouvelles, plus détaillées. Ceci est réalisé en faisant appel à des règles empiriques dont la pertinence est loin d'être toujours garantie. C'est ainsi que la planification hiérarchisée² propose une programmation de la production par famille de références, information que l'on doit ensuite «éclater» à un niveau plus fin à l'aide de règles qui doivent être compatibles avec les infor-

1. Ceci exclut tout mécanisme de généralisation-spécialisation (au sens des bases de données) et explique l'utilisation du terme *agrégation* qui est plus général que celui de *généralisation*.

2. Voir la [section V, page 498](#), du [chapitre V](#) où l'on a pu montrer que si l'agrégation d'informations ne posait pas de problème majeur, il n'en était pas de même dans les procédures de désagrégation.

mations disponibles à ce niveau fin et rester globalement cohérentes avec les données agrégées.

Ces obstacles rencontrés dans les processus d'agrégation / désagrégation expliquent que l'on observe une gestion relativement autonome des systèmes d'information évoqués et ce d'autant plus facilement que les acteurs qui les utilisent ne sont pas les mêmes. La cohérence de l'ensemble de ces systèmes doit cependant faire l'objet d'une surveillance attentive pour plusieurs raisons.

- Deux systèmes «successifs» peuvent partager une même description de ressources ou de produits ; celle-ci doit être identique pour les deux systèmes. L'une des difficultés souvent rencontrée dans la mise en œuvre des principes de l'ingénierie concourante¹ est l'incompatibilité des nomenclatures utilisées par des services différents (Bureau d'études et bureau des méthodes, par exemple), pour gérer les mêmes objets du monde réel.
- Le processus de regroupement d'éléments dans un ensemble (pool de machines, par exemple) lie ces systèmes d'information par un ensemble de contraintes d'intégrité (cardinalité et valeurs de certains attributs) qui devraient conduire à l'usage de nomenclatures des ressources explicitement liées.
- Les modifications réalisées à un niveau bas (création, suppression ou transformation de gamme, par exemple) peuvent induire des modifications sur certaines informations agrégées du niveau supérieur et en particulier sur les éléments équivalents de ce niveau (par exemple, gamme) ou sur des règles de regroupement d'éléments dans des ensembles (par exemple, règles de constitution d'un pool de machines).

Table des
matières

I-3 Quelques tendances lourdes

Index
thématique

L'évolution de ces systèmes d'information peut être caractérisée sous l'angle technique et les transformations observables sont notables. On en évoquera certaines de manière incidente, dans la mesure où elles ont un impact organisationnel fort. On se focalisera ici sur deux évolutions marquantes du point de vue de la gestion : l'extension des périmètres des systèmes d'information (§ I-3.1) et la transformation perpétuelle de ces systèmes qui conduit à de redoutables problèmes de cohérence et de viabilité (§ I-3.2, page 931).

I-3.1 Une extension des périmètres spatiaux et temporels des systèmes d'information

Depuis un peu plus d'un siècle, la transformation rapide de l'environnement des entreprises (analysée en page 67) et la complexité accrue des problèmes à traiter ont conduit les entreprises à une spécialisation du travail, conduisant à une diminution constante de la part relative de la main-d'œuvre directe (justement celle dont l'usage est décrit par des gammes), par le biais :

- d'une préparation croissante du travail permettant de passer à une prise de décisions structurées : création de données sur les produits (service des études) et sur les processus de fabrication (service des méthodes), organisa-

1. Voir définition en page 270.

- tion de la production sur le moyen terme (service de planification) et le court terme (service d'ordonnancement),
- de la création de service de support de la production (maintenance, logistique, qualité...),
- du développement des achats, pour permettre une focalisation de l'entreprise sur son cœur de métier.

Cette spécialisation s'est accompagnée de la création de systèmes d'information dédiés. Depuis une quinzaine d'années, pour un certain nombre de raisons, avancées notamment par les tenants du *reengineering* (voir [page 72](#)), on assiste à une recherche d'intégration se fondant sur une vision processus. Il s'ensuit que le périmètre spatial et temporel de certains systèmes d'information se déforme.

- L'organisation scientifique du travail a conduit au début du siècle dernier à une rationalisation de la production s'appuyant, notamment, sur une explicitation des gammes de production. Un mouvement similaire s'est amorcé au début des années quatre-vingt pour la production de prestations de service, en particulier dans les *back-offices* (banques, assurance, centres d'appel...), modifiant les systèmes d'information existants, avec toutefois un degré moindre de précision dans la description des gammes (ce qui conduit souvent à des systèmes d'information partiellement informatisés). Cette explicitation est à la fois liée au mouvement de la qualité, qui implique une explicitation de ce qui doit être fait, et à la recherche d'une meilleure maîtrise des coûts.
- La gestion de processus implique des échanges d'informations entre systèmes internes (services...) jusqu'alors relativement indépendants. Ceci conduit souvent à transformer certaines informations des systèmes d'information qui supportent ces systèmes internes (par exemple, harmonisation des nomenclatures du bureau des méthodes et du bureau des études). Cette transformation peut être plus radicale et aller jusqu'à une fusion des systèmes d'information. L'usage du concept de cycle de vie dans la conception des produits¹, celui d'ingénierie concourante², les approches de *chaîne logistique*³ et le passage aux ERP / ERM sont autant de raisons de cette évolution.
- Chaque système d'information se caractérisait par la délivrance d'informations caractérisées par une certaine temporalité liée principalement aux décisions à l'usage qui en était fait par le système interne qui l'avait créé. Le couplage plus ou moins fort de systèmes d'information lié, notamment, à l'approche processus ou à l'ingénierie concourante, conduit à un élargissement de l'horizon temporel des informations mises à la disposition des acteurs.

1. Voir le § II-2.1, [page 118](#), du [chapitre II](#). Cette volonté de travailler sur le cycle de vie des produits se retrouve également dans le «courant» du **Soutien Logistique Intégré** (SLI). La norme NF-X 60-600 indique que «la logistique de soutien vise à assurer, dans les meilleures conditions économiques, la disponibilité des biens pendant leur durée de vie en tenant compte des conditions données d'utilisation». De manière simplifiée (Berthélemy, 1992, [49]), «le soutien logistique est principalement constitué des rechanges, de la documentation, des outillages et de la formation technique, permettant d'assurer la maintenance, chez l'utilisateur, ou l'efficacité du service après-vente, lorsque l'on se place dans l'optique du fournisseur».

2. Voir [page 270](#).

3. Voir [page 895](#).

- L'approche réseau¹ conduit de plus en plus à des relations stables entre entreprises qui induisent des échanges permanents d'informations entre systèmes d'information d'entreprises différentes, avec ce que cela implique en effort de normalisation. Dans cette perspective, les premières tentatives importantes dans la recherche d'une standardisation des structures de données permettant à des entreprises différentes de partager efficacement une partie de leur système d'information sont celles du **CALS**² et de l'**EDI** (Echange de Données Informatisé³) qui ont permis en France la mise en place de véritables partenariats, notamment dans la branche automobile et celle du BTP.

I-3.2 Des systèmes en perpétuelle transformation

Avant d'examiner des approches, il convient de souligner que la mise en place d'un nouveau système décisionnel s'accompagne presque toujours d'une adaptation de tout ou partie des systèmes d'information utilisés par l'entreprise, obligeant le plus souvent à redéfinir certaines interfaces entre systèmes d'information. Ces difficultés sont parfois sous-estimées, mais ces problèmes d'évolution sont inéluctables. En effet, il en est de même pour les systèmes d'information que pour les autres ressources productives permanentes : l'adaptation partielle et périodique de ces ressources est, par nature, génératrice d'une certaine hétérogénéité, certains « composants nouveaux » étant techniquement en avance ou surdimensionnés par rapport aux besoins pour permettre l'indispensable adaptation du portefeuille de ressources à l'évolution de la demande que l'on veut satisfaire.

Il convient donc de composer avec l'inéluctable hétérogénéité des systèmes d'information devant collaborer, mais aussi évoluer en fonction des besoins. La maîtrise de ce mécano, de sa cohérence et de son évolution par transformations/remplacements progressifs, faisant appel aux opportunités d'une offre technologique et logicielle en perpétuelle transformation, pose de redoutables problèmes méthodologiques que cherche à résoudre l'approche d'urbanisation du système d'information⁴.

Enfin, l'une des transformations notables que l'on observe est la tendance à la **répercussion immédiate d'informations élémentaires** tout au long de la chaîne logistique, ce qui permet une meilleure prise de décision et une réduction des encours. Par exemple, la répercussion immédiate de la commande d'un garagiste

1. Voir le § I-2.3, page 62 du chapitre I; voir également les articles de V. Giard sur ce thème (1994, [181], et 2000, [188]).

2. L'administration américaine a une fois de plus joué un rôle de pionnier dans la recherche d'une standardisation permettant à des entreprises différentes de partager efficacement une partie de leur système d'information. Le projet CALS, initialisé en 1985 par le Department of Defense (DoD) des États-Unis, visait à rationaliser l'information technique des produits et systèmes développés pour son compte dans le cadre de marchés publics; des extensions opérées en 1987 puis en 1989 conduisent au CALS/CE (*Computer-aided Acquisition and logistic Support with Concurrent Engineering*) qui consiste (voir Benchimol, 1993, [44], p. 24) « à regrouper, tout au moins conceptuellement, l'ensemble des données techniques concernant un produit, à les faire évoluer tout au long de son cycle de vie et à les mettre à disposition des différentes parties prenantes dans les limites de leurs droits d'accès, sous la forme la mieux appropriée à l'usage qu'elles ont à en faire, qu'il s'agisse d'entités internes à l'entreprise, d'un groupe d'entreprises travaillant sur un projet commun ou d'entreprises extérieures (maître d'ouvrage ou client, maître d'œuvre ou donneur d'ordre, fournisseur...) ou, dans le cas du DoD, des représentants de l'administration chargés de l'acquisition ». Le manuel de logistique de l'OTAN (1997, [322]) décrit également les évolutions dans ce domaine. Les extensions internationales de ce mouvement (voir Chevalier, 1993, [93]) et notamment au niveau français (DGA) et britannique attestent d'une prise de conscience croissante qu'il s'agit là d'un enjeu fondamental dans la gestion des systèmes complexes et un facteur de compétitivité vital à terme.

d'un jeu de pneus à un dépôt régional, au dépôt national et à l'usine permet de mieux planifier la production et les tournées et évite l'impact des effets du lotissement inévitable lorsque le dépôt national ne connaît la demande qu'à travers les commandes des dépôts régionaux et que l'usine ne connaît la demande qu'à travers les commandes des dépôts nationaux ; cet effet de lotissement est de même nature que celui signalé dans l'analyse de la MRP (page 460).

I-4 Les systèmes d'information retenus

On s'attachera dans ce chapitre à présenter les bases de deux approches complémentaires de système d'information dont il convient de bien mesurer la portée car les choix effectués dans ce domaine ont un impact majeur ; de nombreuses entreprises ont rencontré des difficultés majeures à la suite de décisions stratégiques prises par des cadres dirigeants n'ayant aucune connaissance des fondements méthodologiques des approches retenues.

- De nos jours, on retrouve dans presque toutes les entreprises un système d'information très formalisé s'appuyant sur une base de données décrivant les ressources, les produits et la production (on ne traitera pas ici le transport qui pose quelques problèmes spécifiques). Cette formalisation est possible en raison des possibilités d'explicitation d'informations relativement stables et fréquemment utilisées. On examinera dans la [section II](#) les bases de cette approche et son application en gestion de la production. Dans la [section III](#), [page 957](#), on examinera une approche de la création/transformation de ce système d'information de gestion, connue sous le nom d'ERP/ERM qui s'appuie à la fois sur des bases de données et sur une vision « processus »¹ de la gestion d'une entreprise.
- On trouve par ailleurs des systèmes d'information complémentaires, moins formalisés, décrivant des ensembles de procédures. De nos jours, cette explicitation de procédures s'effectue très souvent dans le cadre d'une démarche « qualité », associée ou non à une certification de l'entreprise. Nous examinerons rapidement ces approches dans la [section IV](#), [page 971](#), tout en soulignant dès à présent que le succès de ce type de démarche repose au moins autant sur une organisation tournée vers l'amélioration continue que sur le système d'information assurant la maîtrise de la qualité.

Table des
matièresIndex
thématique

SECTION II LA BASE DE DONNÉES DE LA PRODUCTION

Les spécialistes s'accordent pour reconnaître que, même avec certaines limites, les bases de données relationnelles présentent des avantages de souplesse et

3. *Note de la page précédente.* Voir Sandoval (1990, [371]). La tendance est actuellement à la migration vers un langage standard, international et multisectoriel proposé par les nations unies, connu sous le nom de norme UN/EDIFACT (United Nation / Electronic Data Interchange For Administration Commerce and Transport, dont la version européenne est EANCOM (voir Gratacap & Medan, 2001, [209], p. 320-323). Voir également l'ouvrage de Allab, Swyngedaum & Talandier (2000, [14]), sur l'impact des NTIC sur la logistique et la contribution de Fabbe-Costes dans l'ouvrage collectif de Fabbe-Costes, Colin & Paché (2000, [142]). Un panorama plus technique peut être trouvé dans Pimor, alors directeur de la stratégie et des études logistiques à France-Télécom (2001, [337]).

4. *Note de la page précédente.* L'ouvrage de Longépé (2001, [285]) donne un bon aperçu de ce type d'approche qui se propage depuis quelques années.

1. Sur le concept de processus et ses implications, voir § I-3, page 67, du chapitre I.

d'adaptabilité qui font que cette approche s'impose dans le cadre d'une réflexion stratégique orientée vers la conception du système d'information de l'entreprise. L'approche dite «relationnel objet»¹ se diffuse depuis quelques années, permettant de modéliser plus naturellement les objets de la base (les dernières versions d'Oracle supportent le relationnel objet).

Dans les deux cas, ces approches sont utilisées dans le cadre d'une analyse de l'existant ou de sa transformation. Il y a alors autant de représentations possibles que l'on a de situations initiales différentes et de problèmes différents à régler. Cette contingence, qui limite à une étude de cas la présentation que l'on peut faire de ces approches, peut être contournée, en présentant des solutions génériques pertinentes pour des classes de problèmes et de processus, ce qui revient à utiliser une *modélisation a priori du système d'information*. Cette démarche est implicitement retenue par les ERP / ERM (présentés en [section III, page 957](#)) qui s'appuient tous ou presque sur des bases de données relationnelles et proposent de décrire le fonctionnement d'une entreprise par le biais d'un mécano de processus auxquels sont associés des schémas conceptuels de données pouvant être fusionnés.

On commencera (§ II-1) par un bref rappel des concepts utilisés dans la modélisation des systèmes d'information et des conventions graphiques utilisées par l'une des approches s'inscrivant dans ce cadre. Ensuite (§ II-2, [page 936](#)), on présentera un modèle statique décrivant les composants d'un système de production et son état à un moment donné. Enfin (§ II-3, [page 949](#)) on introduira une version dynamique de ce modèle de données.

Table des matières

II-1 Le modèle «Entité - Relation»

Index thématique

Depuis la fin des années soixante-dix, une nouvelle génération de «bases de données», celle des bases de données de type relationnel, a vu le jour et s'est imposée. Cette approche assure une indépendance complète entre les données et les traitements, ce qui assure la souplesse maximale des systèmes d'information, tant du point de vue de leurs utilisations que de celui de leurs modifications. Un certain nombre de règles de structuration de cette base de données sont disponibles pour éviter toute redondance d'informations et assurer une cohérence sémantique des relations qui lient les concepts manipulés. Cette section ne vise qu'à rappeler la définition de certains termes utilisés dans le modèle entité-relation, ainsi que la logique sous-jacente dans la représentation du réel par une base de données de type relationnel, fondée sur le modèle entité-relation². La transposition dans une modélisation «objet» ne pose pas de problème particulier, mais dépasse le propos introductif que l'on s'est fixé ici³.

La description de la base de données proposée § II-2, [page 936](#), s'appuiera sur la [figure 224, page 938](#) à laquelle le lecteur se reportera pour comprendre les commentaires qui vont suivre. Le formalisme retenu est celui du modèle Galion (Flory, 1988, [151]) qui assure une meilleure lisibilité que celui de la représentation de Merise dès lors que l'on cherche à décrire un système d'une certaine

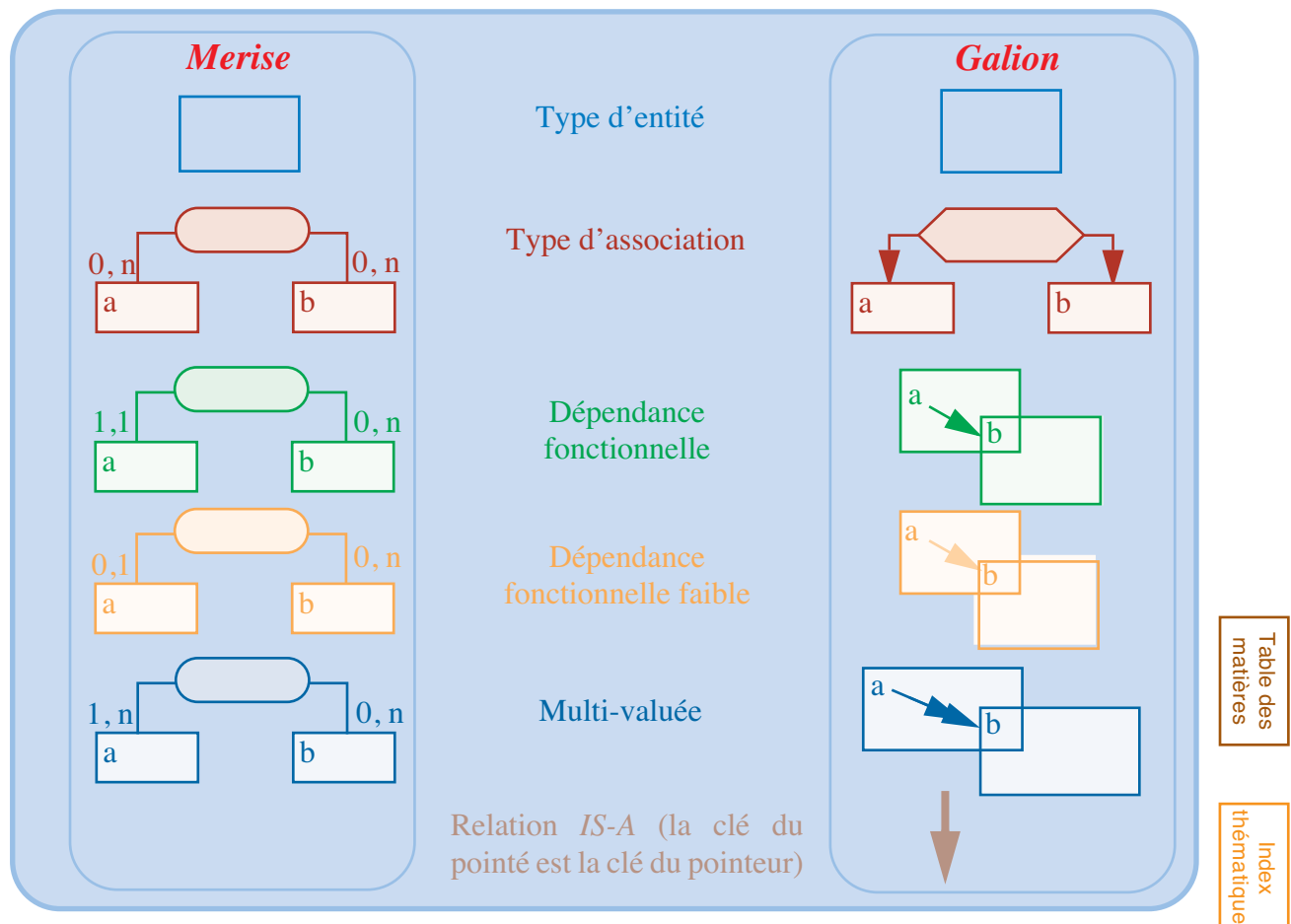
1. Pour une présentation synthétique, voir Ayache & Flory (1996, [26]).

2. Pour une présentation synthétique de l'approche relationnelle, voir Flory & Laforest (1996, [152]).

3. Pour une présentation synthétique de l'approche «objet», voir Ayache et Flory (1996, [26]).

complexité. Pour permettre au lecteur familiarisé avec le formalisme Merise de lire plus facilement les schémas présentés ici, la [figure 223](#), présente les correspondances entre les deux formalismes.

FIGURE 223
Correspondance des formalismes Galion et Merise



Chaque cartouche rectangulaire de cette figure correspond à un **type d'entité**, c'est-à-dire un type générique représentant des éléments de même nature. Dans chaque rectangle figure un certain nombre de rubriques permettant de caractériser chaque entité de l'ensemble définissant le type d'entité. De la rubrique située en haut d'un rectangle, rubrique qualifiée de **clé**, partent des flèches vers les autres rubriques qualifiées de **propriétés**. Chaque flèche symbolise ce que l'on appelle une **dépendance fonctionnelle**, ce qui signifie que la connaissance de la valeur prise par la clé engendre sans ambiguïté celle de la rubrique vers laquelle est pointée la flèche et que l'on a désignée sous le nom de propriété. L'ensemble des rubriques et des dépendances fonctionnelles d'un cartouche peut être représenté par une **relation** (on parlera ici de Relation-Entité ou de RE) que l'on repérera par la lettre R, suivie d'un numéro d'ordre. Par exemple, la relation R6 de la [figure 224, page 938](#) indique qu'à un numéro d'opérateur (l'opérateur étant un agent de production d'un bien ou d'un service) ne correspond qu'un nom d'opérateur et un seul et, à un instant donné, une seule localisation physique dans l'entreprise (celle-ci étant codifiée sous la forme d'un numéro de localisation). Implicitement dans la base de données, on aura un fichier associé à la relation R6, fichier dans lequel chaque opérateur sera repéré par le triplet «numéro de l'opérateur, nom de

l'opérateur, localisation de l'opérateur». Il est évident qu'il ne saurait y avoir deux enregistrements ayant la même valeur de clé, dans ce fichier (règle d'**unicité de la clé**).

Chaque cartouche hexagonal représente un **type d'association** entre les types d'entités. Ces associations s'imposent lorsqu'à la valeur prise par la variable associée à une rubrique, ne correspond pas une valeur unique de la variable associée à une autre rubrique. Dans notre exemple, il est évident que l'une des caractéristiques intéressantes d'un opérateur est sa qualification. Cependant, certains opérateurs peuvent être polyvalents, c'est-à-dire posséder plusieurs qualifications. Le fichier correspondant à cette association comportera donc un certain nombre d'enregistrements pour lesquels un même numéro d'opérateur pourra apparaître plusieurs fois avec des numéros de qualification différents (ce qui est impossible dans le fichier associé à la relation R6). Les flèches qui partent de ce cartouche hexagonal vont aux cartouches rectangulaires des entités utilisées dans l'association et correspondent à une extension de la notion de dépendance fonctionnelle. Elles visualisent un «couplage» techniquement possible entre des types d'entités différents : par exemple, connaissant les informations décrites par les relations R6, R7 et R8, il est possible de connaître, d'une part, tous les opérateurs ayant une qualification donnée et, d'autre part, de connaître toutes les qualifications possédées par un opérateur donné. La clé d'un type d'association comporte donc plusieurs rubriques qui sont les clés des types d'entité sur lesquelles elles pointent.

L'ensemble des entités et des relations visualisées par ce schéma constitue ce que l'on appelle un **Système de Relations - Entités** (SRE). Le modèle entité-relation conduit à une représentation unique du réel par un SRE, parce qu'il impose aux relations que retient l'analyste la contrainte suivante : toute rubrique appartenant à plusieurs relations constitue obligatoirement la clé de l'une de ces relations. Une telle rubrique, lorsqu'elle se trouve dans la relation où elle n'est pas clé, est appelée **référence** par les spécialistes de base de données. Elle permet de naviguer dans la base de données, c'est-à-dire de passer d'une relation à une autre, ce qui implique que la valeur prise par une référence existe nécessairement pour la clé correspondant à cette même rubrique (contrainte que les spécialistes qualifient d'**intégrité référentielle**). Il convient donc de *lire de bas en haut ce graphique*, certaines informations susceptibles d'exister dans un cartouche étant conditionnées par l'existence d'informations de cartouches situés en aval.

Dans le corps du texte, la description de chaque relation s'effectue habituellement à l'aide du formalisme $R_n(\underline{A_1}, A_2, A_3\dots)$, où R_n repère la relation n , les A_i correspondent au nom des rubriques qui la composent, la (ou les) rubrique(s) constituant la clé de la relation étant soulignée(s) ; par exemple, le type d'opérateur se décrira donc par la relation suivante (cf. § II-2.1.6, page 940) «R6(#OPERATEUR, NOM OPERATEUR, #LOCALISATION OPERATEUR)». Chaque relation donne naissance à un fichier dans la base de données. Les utilisateurs exploitent cette base par des requêtes (qui peuvent porter sur plusieurs tables nécessairement liées les unes aux autres par un chemin dans le SRE) pour fournir une grande variété d'états de sortie (dont la structure formelle est largement indépendante de celle des fichiers utilisés).

Ajoutons enfin qu'il existe des cas où un type d'entité joue des rôles différents. Par exemple, un ingénieur est un employé, ce que l'on notera par une double flèche¹ (par exemple : #INGENIEUR \Rightarrow #EMPLOYE ou bien #ARTICLE COMPOSANT \Rightarrow ARTICLE) et par des flèches épaisses dans les SRE de ce chapitre.

II-2 Présentation du modèle statique de système d'information en gestion de production

On s'intéressera dans ce paragraphe et le suivant au système d'information permettant de piloter la production à un niveau opérationnel (problématique d'ordonnancement étudiée au chapitre V, page 359), sans rentrer dans le détail de l'exécution d'une opération sur une machine². Une adaptation mineure de ce modèle (rapidement abordée à la page 955) permet de prendre en compte les décisions de planification (problématique de MRP présentée au chapitre VI, page 455).

Un modèle est une représentation plus ou moins fidèle d'une réalité complexe. Le parti pris retenu ici est d'atteindre une certaine généralité descriptive et donc de pouvoir prendre en compte correctement des organisations de la production variées. Il s'ensuit que la présentation faite aux paragraphes II-2 et II-3 peut être simplifiée pour adapter le modèle à des situations plus simples, correspondant à un système productif particulier³. Ce modèle représente les principales entités que l'on rencontre en production. Ces entités sont caractérisables par une liste d'attributs. Il est évident que n'ont pu être pris en compte, ici, que les principaux d'entre eux et que peuvent manquer certains attributs liés à des procédures de gestion spécifiques à telle ou telle entreprise. Par l'adjonction de nouvelles entités et/ou de nouveaux attributs à des entités existantes, le gestionnaire pourra «élaborer» une image plus fidèle à la réalité qu'il souhaite décrire.

L'une des difficultés majeures que l'on rencontre dans la mise au point d'un système d'information général tient au fait que l'on peut souhaiter disposer à la fois d'une photographie instantanée de l'état d'un système de son historique ou d'une image de la projection d'une utilisation future possible de ce système. Les deux préoccupations ne sont pas antagonistes, mais elles compliquent un peu la structure du système d'information, notamment parce que, selon l'usage requis, il sera fait appel à des sous-ensembles différents du système général et que les règles de cohérence des informations entre ces sous-systèmes sont loin d'être triviales. On commencera par présenter ici le modèle statique du système d'information de gestion de production avant d'examiner sa version dynamique⁴ au § II-3, page 949.

Cette seconde section est dédiée à la présentation d'un modèle de SRE susceptible de décrire de manière assez exhaustive, semble-t-il, à la fois le système productif et ce qu'il peut produire ainsi que ce qu'il est en train de produire à un

1. \Rightarrow , lire «est un rôle de».

2. Ce qui relève d'un autre système d'information qui peut ou non être nécessairement informatisé (comme c'est le cas de la commande numérique des machines-outils...).

3. Par exemple, on peut utiliser la gamme associée à une production en *flow shop*, pour décrire une production de type *flow shop* (voir page 51 et le chapitre V), l'inverse n'étant pas possible.

4. Indiquons, avant d'analyser ces schémas conceptuels, que ceux-ci s'appuient sur la communication de Flory & Giard (1988, [153]) qu'ils complètent sur beaucoup d'aspects.

instant donné. Des adaptations seront proposées au § II-3, page 949, pour aboutir à une version dynamique du modèle. Le schéma conceptuel de la figure 224 de la page 938 se divise en quatre ensembles qui sont, de bas en haut :

- le premier décrit le système physique de production, c'est-à-dire les *ressources productives*,
- le deuxième décrit l'ensemble des produits, matières premières, composants susceptibles de transiter dans le système productif et que l'on qualifiera de *production potentielle*,
- le troisième décrit les *processus productifs*, c'est-à-dire ce que peut produire le système et comment,
- le dernier décrit les flux transitant effectivement à un instant donné dans le système productif; cette partie correspond à la *production en cours*.

Les trois premiers ensembles correspondent à des données structurelles, largement indépendantes des décisions de production, même si certaines d'entre elles peuvent être affectées par ces décisions (par exemple, la localisation de ressources telles que les hommes ou les engins de manutention varie en fonction des décisions prises, mais leurs caractéristiques physiques restent stables). Ces données structurelles sont définies dans une optique de gestion de la production et peuvent ne pas être suffisantes, notamment sur le plan technique. Le dernier ensemble (production en cours) ne comporte que les données «éphémères», lesquelles sont stockées dans des fichiers dont le contenu est appelé à se modifier rapidement.

L'optique retenue ici est celle d'une description aussi complète que possible de «ce qui se passe»; une description plus sommaire peut s'avérer être suffisante en fonction du système de pilotage retenu. Rappelons qu'il a été dit en introduction que le système réel peut être moins complexe que celui envisagé ici (ce qui se traduit par des suppressions de rubriques et/ou de relations).

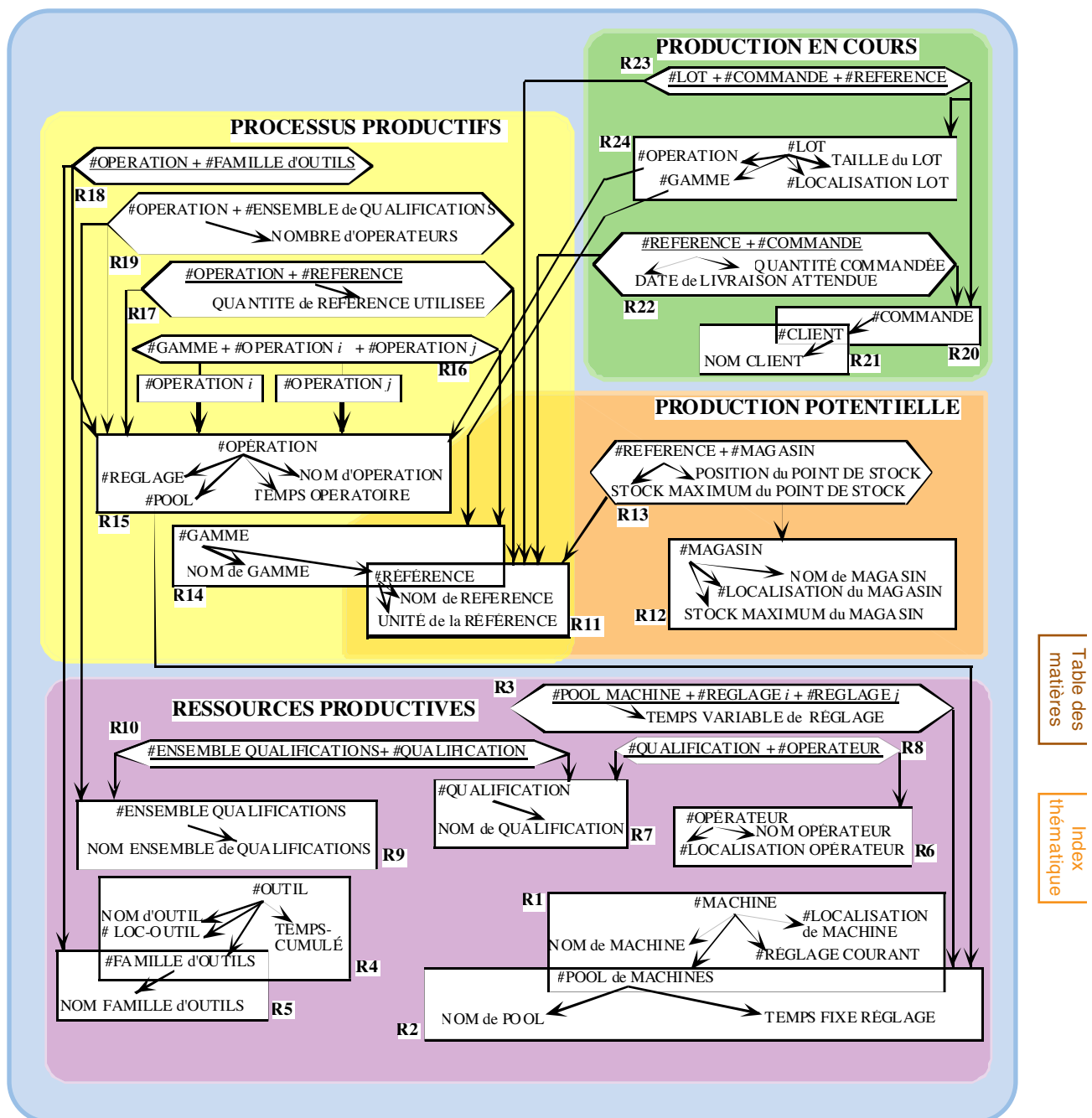
II-2.1 Le système productif

Un système productif peut être décrit par des ressources en hommes (R6), machines (R1), outils (R4). Le système d'information proposé repose sur des types d'entités associés à chaque catégorie de ressources. Des ressources appartenant à une même catégorie peuvent être de caractéristiques identiques et, de ce fait, rigoureusement substituables. Pour en tenir compte, la notion d'ensemble de ressources interchangeable a été introduite sous la forme de pool pour les machines (R2), de qualification pour les opérateurs (R8), et de famille pour l'outillage (R5).

II-2.1.1 Machines (R1)

La première rubrique de ce type d'entité est le numéro de machine #MACHINE et en constitue la clé unique. À côté du NOM de MACHINE, on trouve trois autres rubriques dépendant fonctionnellement de #MACHINE. La première est le numéro de pool, #POOL, auquel se rattache la machine, pool constitué de machines dont les performances sont considérées comme techniquement équivalentes (l'équivalence pouvant laisser une marge plus ou moins importante à l'appréciation du concepteur du système d'information, en fonction des besoins à satisfaire). Il s'ensuit que les gammes ne feront pas référence directement aux machines, mais

FIGURE 224
Modèle statique du système d'information de gestion de production



aux pools de machines (R15, voir § II-2.3.2, page 945), la sélection de la machine du pool devant être utilisée dépendant d'une décision de pilotage du système.

On trouve ensuite une rubrique qui est une propriété, la localisation de la machine, #LOCALISATION de MACHINE, qui se définit par ses coordonnées cartésiennes. Cette localisation peut être approximative pour les installations fixes et plus fine pour les ressources mobiles (par exemple, chariot filoguidé). Dans les systèmes productifs non totalement informatisés, il sera possible d'utiliser une valeur «localisation inconnue» pour indiquer la position d'une ressource en déplacement entre une origine et une destination connues. Cette localisation sera utilisée pour repérer où sont les en-cours de production.

La dernière propriété est le numéro de réglage actuel de la machine, noté #REGLAGE, qui sera utile notamment dans le cas de machines dont les temps de réglage varient de manière significative en fonction du réglage antérieur. Si cette information n'est pas pertinente pour une machine donnée, il suffira d'assigner une valeur arbitraire (0, par exemple) aux #REGLAGE. La notion de réglage se définit par un ensemble d'informations incluant les outils montés, catégorie d'huile de coupe, etc.

On peut avoir intérêt à créer une propriété supplémentaire (définissant une variable logique ou une variable quantitative caractérisant une capacité) lorsque certaines machines se caractérisent par la possibilité d'effectuer une même opération simultanément pour plusieurs lots de références différentes (manutention, traitement thermique ou chimique, par exemple).

II-2.1.2 Pool de machine (R2)

Le numéro de pool, #POOL, est la clé de ce type d'entité. Par définition, n'importe quelle machine appartenant à un pool donné peut remplacer une autre machine de ce pool avec les mêmes performances (temps de lancement, temps opératoire unitaire...). Cette relation comporte deux propriétés: le temps fixe de réglage TEMPS FIXE de RÉGLAGE et sa désignation NOM de POOL.

Le temps de réglage nécessaire à l'exécution d'une opération n'est pas associé à celle-ci, mais au réglage requis par celle-ci. Cette information est «remontée» au niveau du pool en ce qui concerne le temps fixe de préparation et lorsque s'y ajoute un temps variable en fonction du réglage antérieur, il devient nécessaire d'introduire la relation R3, temps variable de réglage.

II-2.1.3 Temps variables de réglage (R3)

Il s'agit ici de pouvoir décrire la possibilité d'avoir des temps de réglage dépendant du réglage précédent (problématique introduite au § I-2, page 388 du chapitre V). Ce type d'entité correspond à une association comportant une clé constituée de trois rubriques: le numéro de pool #POOL, le réglage initial #REGLAGE_i et le réglage final #REGLAGE_j. Ces deux dernières rubriques sont deux rôles¹ de la rubrique #REGLAGE; elles prennent alors nécessairement les mêmes valeurs que celles que peut prendre le réglage courant #REGLAGE. Figure en outre dans cette relation une propriété, le temps variable de réglage (TEMPS VARIABLE de RÉGLAGE). Si cette notion s'avère sans objet pour un pool donné, le fichier correspondant à cette relation ne comportera pas d'enregistrement pour le pool considéré.

II-2.1.4 Outillage (R4)

L'exécution d'une opération sur une machine peut requérir la présence d'un ou plusieurs outils (voir R11). Le plus souvent, plusieurs outils identiques sont disponibles et constituent un ensemble que l'on repérera par le vocable «famille d'outils» (voir R5, page 940). Le choix de l'outil ne dépend pas toujours uniquement du réglage d'une machine et, pour cette raison, on «rattachera» l'outil à

1. Voir définition page 936.

l'opération (par l'intermédiaire de la famille à laquelle il appartient) et non à la machine (voir R18, [page 946](#)).

Le numéro de l'outil, #OUTIL, est la clé de cette relation R4 qui comporte deux propriétés correspondant à des informations permanentes : le nom de cet outil NOM d'OUTIL (qui peut ne pas être nécessaire dans de nombreux cas) et sa famille d'appartenance #FAMILLE d'OUTILS. Les deux dernières propriétés de cette relation correspondent à des informations dont la mise à jour peut être très fréquente.

Il s'agit tout d'abord de la localisation de l'outil #LOCALISATION d'OUTIL qui permet au système d'enregistrer la localisation de l'outil à la date courante d'analyse du système¹. Il peut s'agir d'un magasin ou d'une machine sur laquelle l'outil est monté. Il peut s'agir encore d'un centre de réparation, notamment dans le cas d'outils d'usure (outillage de coupe, par exemple). Le système de localisation spatiale utilisé ici devra être cohérent avec ceux des relations comportant également une identification spatiale.

La dernière propriété est le temps cumulé d'utilisation (TEMPS CUMULÉ). Cette information peut être remise périodiquement à jour à l'occasion d'une sortie ou d'une rentrée d'outil en magasin, en fonction des gammes utilisées. Elle est nécessaire pour les outils d'usure qui font l'objet d'une rénovation périodique. Elle s'impose de plus en plus pour les autres outils susceptibles de faire l'objet d'une maintenance préventive ou conditionnelle.

II-2.1.5 Famille d'outils (R5)

Cette relation possède une clé, le numéro de famille #FAMILLE et une propriété, le nom de cette famille d'outils NOM de FAMILLE. Aucune dépendance fonctionnelle n'est supposée exister entre la machine d'un pool et l'outil d'une famille, dans la mesure où l'exécution d'une opération sur une machine peut requérir la présence de plusieurs outils appartenant à des familles différentes. Inversement, l'outil d'une famille donnée pourra être monté sur des machines appartenant à des pools différents. L'association R18 (cf. [§ II-2.3.5, page 946](#)) explicitera la liaison entre outil et machine par le biais des opérations.

II-2.1.6 Opérateur (R6)

Par opérateur, il faut entendre toute personne qualifiée pour exécuter des opérations sur au moins une machine. Cet opérateur est repéré par un numéro d'identification #OPERATEUR dans le système d'information. Cette première rubrique est la clé unique de cette relation qui possède nécessairement comme propriété une information moins «technocratique», le nom de l'opérateur (NOM d'OPERATEUR) (le cas de deux opérateurs ayant le même nom n'étant pas à exclure, il est difficile de prendre comme clé de cette relation le nom de l'opérateur).

Certains opérateurs sont polyvalents en ce sens qu'ils sont capables de conduire des machines appartenant à des pools différents. Dans certains cas, cette polyvalence va pratiquement de soi si les pools concernés ne diffèrent que par des caractéristiques mineures telles que la vitesse d'exécution d'une opération. L'aptitude d'un opérateur à exécuter un «type d'opération» sur des machines d'un pool

1. Dans la version statique du système d'information de production, le temps n'intervient pas autrement que le fait que toutes les informations décrites sont valides à un même instant du temps.

donné sera appelée *qualification*. Un opérateur pouvant posséder plusieurs qualifications, la qualification ne saurait être en dépendance fonctionnelle avec l'opérateur, ce qui explique l'introduction de l'association R18. La relation R18 (cf. § II-2.3.5, page 946) décrira, en outre, la possibilité qu'une opération nécessite simultanément la présence de plusieurs opérateurs (n'ayant pas nécessairement la même qualification).

Comme n'importe quelle ressource, la localisation d'un opérateur se définit par ses coordonnées spatiales (#LOCALISATION d'OPERATEUR). Il est évident que ce repérage spatial doit être cohérent avec celui des machines afin de pouvoir «envoyer» les opérateurs requis aux «bonnes» machines pour exécuter une opération donnée. On pourra, en outre, utiliser une valeur conventionnelle de localisation pour indiquer que l'opérateur est absent du système productif pour des raisons diverses telles que congés ou maladie.

II-2.1.7 Qualification (R7)

La notion de qualification a été introduite au début du § II-2.1, page 937 et précisée au § II-2.1.6, page 940. Ce type d'entité comporte une clé unique, le numéro de qualification, #QUALIFICATION, et une propriété, la désignation de la qualification (NOM de QUALIFICATION). L'une des qualifications utilisées pourrait être «pas d'opérateur requis» pour tenir compte de la possibilité de réaliser certaines opérations sur certaines machines, sans la présence physique d'un opérateur. Ce cas de figure se rencontre dans le cas de robots, engins de manutention automatisés (chariots filo-guidés, par exemple), mais également pour des machines partageant un même conducteur, dès lors que sa présence n'est requise qu'au lancement de l'opération. Mais, dans ce dernier cas, il convient de séparer une opération en deux, la première nécessitant la présence de l'opérateur, et la seconde ne la nécessitant pas.

II-2.1.8 Qualification des opérateurs (R8)

Ce type d'entité décrit l'association entre les opérateurs et les qualifications. Cette relation comporte donc une clé composée des rubriques #OPERATEUR et #QUALIFICATION et ne comporte pas de propriétés. On est en présence d'une multivaluée de l'entité opérateur: un opérateur pouvant avoir plusieurs qualifications.

II-2.1.9 Ensemble de qualifications (R9)

Pour exécuter une opération, un opérateur possédant une qualification d'un type donné peut être requis, mais souvent, lorsque la nomenclature des qualifications est importante, on a le choix pour exécuter cette opération entre plusieurs qualifications. Il faut donc introduire la notion d'ensemble de qualifications. Celle-ci ne découle pas d'une partition des qualifications puisqu'elle résulte d'une analyse des gammes utilisées et d'un compromis sur des regroupements possibles de qualifications. La notion d'ensemble de qualifications correspond donc à une vision étroitement technique vue du côté de la demande. Ce type d'entité décrit ces ensembles de qualifications et comporte une clé correspondant au numéro d'ensemble de qualifications (#ENSEMBLE de QUALIFICATION) et une propriété, le nom de cet ensemble de qualifications (NOM d'ENSEMBLE de QUALIFICATION).

II-2.1.10 Définition d'un ensemble de qualifications (R10)

Une qualification donnée peut appartenir à plusieurs ensembles de qualifications et un ensemble de qualifications comporte, par définition, plusieurs qualifications. La relation R10 décrit cette association à l'aide d'une clé composée de #QUALIFICATION et de #ENSEMBLE de QUALIFICATION et ne comporte aucune propriété.

II-2.2 Les flux de production potentiels

Ce paragraphe est consacré aux pièces détachées, composants, sous-ensembles ou matières premières diverses repérés par un numéro de référence, susceptibles de transiter dans le système productif et d'y être stockés. Un en-cours ne faisant pas l'objet d'un stockage n'est normalement pas référencé. On retrouve néanmoins sans difficulté le lot correspondant à un en-cours par le biais de sa localisation, comme on le verra au § II-2.4.5, page 948.

II-2.2.1 Références (R11)

Tout « objet » (composants, matières premières...) possédant le même numéro de référence, #REFERENCE, doit être considéré comme rigoureusement substituable avec n'importe quel autre objet possédant ce même #REFERENCE qui constitue la clé de la relation R11. Ces articles peuvent être fabriqués ou approvisionnés à l'extérieur. Le processus de production est décrit par une gamme (voir les relations R14 à R18). La désignation en clair de la référence NOM de REFERENCE est une propriété de cette relation, tout comme l'unité retenue dans la description des stocks de cette référence. Cette dernière rubrique, UNITÉ de la REFERENCE, doit être connue pour pouvoir mesurer la « consommation » d'un espace de magasin consécutive au stockage de la référence. Pour ce faire, soit on utilise des unités classiques d'espace ou de volume, soit on se ramène à une unité d'œuvre correspondant à un « article de base » que l'on utilise comme référence pour convertir les quantités des autres articles. Cette unité sera la même que celle utilisée pour quantifier un point de stock (relation R13) et la capacité du magasin dans lequel la référence est stockée (R12).

II-2.2.2 Magasins (R12)

Ce type d'entité possède comme clé le numéro de magasin #MAGASIN et trois propriétés : le nom du magasin, NOM de MAGASIN, sa localisation, #LOCALISATION de MAGASIN (les commentaires antérieurs relatifs à la localisation des machines peuvent être intégralement repris ici), et la capacité de stockage maximale du magasin, STOCK MAXIMUM du MAGASIN, exprimée dans une unité cohérente avec celle utilisée par les références qui peuvent y être stockées (voir R11). Il s'agit ici d'une capacité de stockage définie pour l'ensemble des références du magasin.

II-2.2.3 Point de stock (R13)

Le point de stock se définit par le stockage possible d'une référence donnée dans un magasin considéré. Une même référence peut donc être stockée dans plusieurs magasins. Une gestion des stocks implique une connaissance précise de la position de stock de chaque point de stock. Le type d'entité R13 permet ce suivi par l'utilisation d'une clé comportant les rubriques #REFERENCE et #MAGASIN. À

tout moment, le point de stock est caractérisé par sa position (POSITION du POINT de STOCK), information dont la mise à jour peut être fréquente.

Dans la mesure où un même magasin est partagé par plusieurs articles, cette relation comporte nécessairement une information sur le stock maximal (STOCK MAXIMUM du POINT de STOCK) que peut atteindre la référence considérée dans ce magasin sans qu'il y ait un risque de pénurie d'espace pour l'ensemble des références. Dans un contexte stochastique, la somme de ces STOCK MAXIMUM du POINT de STOCK sera supérieure au STOCK MAXIMUM du MAGASIN de la relation R12 (ce qui permet de prendre en compte les problématiques de contraintes de stockage étudiées au § II-3, page 753, du chapitre XI et au § II-2.1.1, page 863, du chapitre XII).

II-2.3 Les processus productifs

Toute production d'un bien peut être considérée comme l'exécution d'une liste d'opérations modifiant les caractéristiques physiques ou spatiales (localisation) d'un produit, ces modifications n'étant prises en compte par le système d'information que lorsqu'elles sont jugées significatives. Cette définition, relativement large, permet de traiter non seulement des **gammes de fabrication et/ou d'assemblage** (modification physique du produit), mais aussi les **gammes de manutention** (modification de la localisation d'un produit au sein d'un système productif), les **gammes d'approvisionnement** (modification de la localisation d'un produit par son introduction dans le système productif) et les **gammes de maintenance** (correspondant à des opérations d'inspection, c'est-à-dire de mise à jour d'une information sur l'état d'une ressource, ou de réparation correspondant à une remise en état d'une ressource). Il faut rappeler (voir chapitre I, page 43) que la production d'un service ne diffère guère de celle d'un bien du point de vue de la consommation de ressources. La différence tient essentiellement à son objet qui consiste en une mise à la disposition des tiers, de produits ou d'informations simples ou complexes. Du point de vue du système d'information, les concepts manipulés sont identiques.

Ce paragraphe est centré sur les gammes de fabrication et/ou d'assemblage qui correspondent au cas de figure le plus complexe, les autres gammes ne présentant qu'un sous-ensemble des caractéristiques des gammes de fabrication et/ou d'assemblage.

Une **gamme** est une liste ordonnée d'opérations permettant de fabriquer (ou de transporter ou d'inspecter ou d'acheter) une référence #REFERENCE. À une référence donnée peuvent correspondre plusieurs gammes. Lorsque ce cas se produit, les différentes gammes associées à cette référence sont qualifiées de **gammes alternatives**. C'est un cas de figure de plus en plus répandu, avec la généralisation de machines polyvalentes (machines à commandes numériques, ateliers flexibles...). La plupart du temps, ces gammes alternatives possèdent quelques opérations communes. L'aspect combinatoire de l'explicitation de toutes les gammes alternatives possibles conduit, souvent et pour des raisons de temps et d'encombrement de fichiers, à ne pas formuler explicitement toutes les gammes alternatives, celles-ci n'étant alors définies et introduites dans le système d'information que lorsque se posent de sérieux problèmes de goulot d'étranglement dans l'utilisation de certaines ressources.

Une opération donnée peut ne pas être précédée ou suivie des mêmes opérations pour deux raisons : opérations communes de gammes alternatives pour une référence donnée et cas d'une même opération intervenant dans la fabrication de références différentes. Le concept de séquençement des opérations est donc à rattacher à la notion de gamme par le biais d'une association entre un numéro de gamme et un couple ordonné d'opérations (d'où la clé composée de trois rubriques de la relation R16). La formulation choisie est la plus générale possible pour permettre de décrire des gammes utilisées par des organisations productives de type *job shop* (voir page 51 et page 362) ; elle permet sans difficulté de décrire les **gammes convergentes**¹, les **gammes divergentes**² et les gammes des organisations productives de type *flow shop* (voir page 51 et page 362), même si une formulation alternative plus performante peut être utilisée lorsque l'on se trouve toujours dans ce cas de figure. Pour éviter toute redondance, les principales informations techniques doivent être fournies au niveau de l'opération (voir les relations R15, page 945, et R18, page 946) et non de la gamme. Dans la mesure où une gamme est associée à une référence, il sera possible de retrouver les en-cours de production ; on verra que les relations R23 (page 948) et R24 (page 948) autorisent une connaissance approximative, mais suffisante, de l'état d'avancement de n'importe quelle commande.

Une nomenclature est associée à une référence, mais dans la mesure où il est nécessaire de connaître les composants auxquels une opération fait appel, cette information se déduit de la gamme par le biais de la relation R17 (page 946). Il est possible de créer un type d'entité correspondant à une nomenclature, mais il y aurait alors une redondance d'information (que l'on peut accepter pour un système d'information réel au nom de l'efficacité, mais pas au niveau de la modélisation générique retenue ici). Une approche récursive fournit une connaissance précise des besoins en approvisionnement de matières premières et de composants, à la suite d'une décision de lancement en fabrication.

II-2.3.1 Gamme (R14)

Cette relation comprend une clé, le numéro de gamme (#GAMME) et deux propriétés : le nom de la gamme (NOM de GAMME) et la référence qu'elle permet de fabriquer (#REFERENCE). Comme il a été indiqué précédemment, une gamme peut être établie non seulement pour des opérations de fabrication ou d'assemblage, mais aussi pour de la manutention, de l'inspection ou de l'approvisionnement (pour les références qui ne sont pas fabriquées par les systèmes productifs). On doit noter que les informations qui se retrouvent habituellement dans les documentations techniques de gammes se trouvent « éparpillées » dans les relations R14 à R18 (ce qui peut troubler les spécialistes de gestion de production peu familiarisés avec les bases de données).

1. Une **gamme** est dite **convergente** lorsque chaque opération peut avoir plusieurs antécédents, mais, au plus, un seul successeur. Ce type de gamme se retrouve classiquement dans les processus d'assemblage organisés en lignes de production (voir page 53 et le chapitre IX, page 925) ou faisant appel à une configuration de *flow shop* (voir page 51 et page 362).
2. Une **gamme** est dite **divergente** lorsque chaque opération peut avoir plusieurs successeurs, mais, au plus, un seul antécédent. Cette possibilité existe notamment lorsqu'une opération d'assemblage pour contrôle est suivie d'une opération de désassemblage en composants, chacun d'entre eux étant susceptible de faire l'objet de nouvelles opérations.

Le parti pris retenu, ici, est celui d'une dépendance fonctionnelle entre gamme et référence, autrement dit une gamme donnée n'est utilisable que pour produire une seule référence, ce qui correspond au cas de figure le plus souvent rencontré et de loin (l'utilisation de processus et nomenclatures rigoureusement identiques devant conduire à des « objets » parfaitement substituables). Lorsque plusieurs opérations sont identiques, d'un strict point de vue technique, le produit fabriqué peut ne pas être pour autant toujours le même et différer sur des aspects mineurs tels que celui de la couleur. Ces différences mineures, compte tenu de la définition retenue pour la référence, obligent à travailler sur des références repérées par des codes différents. On peut avoir alors intérêt à complexifier le schéma conceptuel en faisant appel à la notion de rôle (voir [page 936](#)).

II-2.3.2 Opération (R15)

La clé de ce type d'entité est le numéro d'opération (#OPERATION), dont le nom est NOM d'OPERATION (propriété de R15). La codification en usage peut être créée de façon à permettre l'identification immédiate du type d'opération (de fabrication, d'assemblage, de manutention, d'inspection ou d'approvisionnement). Une opération donnée est exécutable sur n'importe quelle machine d'un pool donné. La seconde propriété de cette relation est donc le numéro de pool (#POOL). Dans la mesure où nous avons vu qu'une « opération physique » peut être exécutée sur des machines de pools différents pour conduire à un même « résultat physique » ; ces opérations auront des codes différents et seront utilisées par des gammes différentes. Les informations techniques sont fournies par deux propriétés : le temps opératoire unitaire (TEMPS OPÉRATOIRE) et le numéro de réglage (#RÉGLAGE) ; si cette dernière information n'est pas pertinente pour une opération, on conviendra d'utiliser un numéro de réglage « fictif ».

Table des
matières

Index
thématique

Si une opération doit être exécutée par plusieurs machines mises en série, il sera nécessaire d'éclater cette opération en opérations élémentaires, chacune d'entre elles ne requérant qu'une seule machine.

Certains processus de fabrication peuvent requérir la présence simultanée de deux machines (la plupart du temps, la seconde étant une machine de manutention). Dans ce cas, le numéro de pool (#POOL) et, sans doute, le temps opératoire doivent devenir des attributs de la relation R18 et non de la relation R15 (sauf si la seconde machine peut être considérée comme un outil).

II-2.3.3 Séquencement (R16)

Comme nous l'avons dit dans l'introduction de ce [§ II-2.3](#), une opération donnée peut être utilisée par des gammes alternatives et, pour cette raison, ne doit pas être traitée en dépendance fonctionnelle au travers d'une gamme, mais d'une association, ce que nous examinons maintenant. La clé du type d'entité R16 est constituée de trois rubriques : le numéro de gamme (#GAMME), définie en R14, et deux opérations, l'opération *i* (#OPERATION_{*i*}) et l'opération *j* (#OPERATION_{*j*}). Par convention, l'opération *i* doit être exécutée avant l'opération *j* (relation d'antécédence). Ces #OPERATION_{*i*} et #OPERATION_{*j*} sont des rôles de l'entité opération (la notion de rôle ayant été rappelée en [page 936](#)). Pour décrire complètement une gamme, il faudra introduire une opération fictive qui permettra d'initialiser le processus.

La notion de séquençement n'implique pas que la totalité d'un lot soit terminée avant que ne puisse commencer l'opération suivante. Ce problème classique de recouvrement trouve une solution dans ce modèle, laquelle sera présentée au § II-2.4.5, page 948.

II-2.3.4 Nomenclature (R17)

Une **nomenclature** n'est rien d'autre que la liste des composants et/ou matières premières requises pour fabriquer une référence donnée. Il n'a pas été retenu ici de conserver cette formulation «classique», dans la mesure où elle conduirait à une certaine redondance. Il est en effet nécessaire de connaître de manière précise les opérations qui feront appel à tel ou tel composant de la nomenclature. Le type d'entité R17 comporte une clé composée du numéro d'opération (#OPERATION) et de la référence utilisée (#RÉFÉRENCE). Il s'agit d'une association puisqu'une référence peut être appelée par plusieurs opérations et qu'une opération peut nécessiter plusieurs références. Il résulte de cette formulation qu'il est possible de retrouver sans difficulté une nomenclature par le biais de la gamme (R14 et R16) et que les concepts de gamme et de nomenclature sont étroitement imbriqués dans ce modèle.

La dernière information nécessaire est la quantité requise de la référence utilisée pour fabriquer une unité de la référence dont on étudie la gamme/nomenclature. Cette rubrique, QUANTITÉ de RÉFÉRENCE UTILISÉE, constitue la dernière propriété de cette relation R17. L'unité à utiliser dans cette consommation de référence doit être cohérente avec celle utilisée par ailleurs (voir R12, page 942).

II-2.3.5 Les caractéristiques techniques d'une opération (R18 et R19)

À des fins de gestion, on doit connaître les différentes ressources qui seront mobilisées pour exécuter une opération, mais il n'est pas nécessaire de disposer d'informations à un très grand niveau de détail, dans la mesure où la gamme utilisée par les gestionnaires n'a pas à être aussi précise que celle utilisée par les techniciens. Nous avons décrit précédemment le séquençement des opérations, la nomenclature et le pool de machines où une opération doit être exécutée. Il nous reste maintenant à définir les autres ressources nécessaires, à savoir l'outillage et les opérateurs. La relation R18 comporte une clé composée de #OPERATION et #FAMILLE d'OUTILS. Plusieurs enregistrements correspondant à une même #OPERATION, l'association ainsi décrite permettra de repérer les ressources en outillage nécessaire (on est donc implicitement en présence d'une logique de type *et* et non d'une logique de type *ou*).

De même, la relation R19 est une association dont la clé est constituée de #OPERATION et de #ENSEMBLE de QUALIFICATIONS (voir R9, page 941). S'il s'avère que plusieurs opérateurs appartenant au même ensemble de qualifications sont nécessaires pour exécuter l'opération, on devra ajouter comme nouvelle propriété à la relation le nombre d'opérateurs requis.

Supposons maintenant qu'une opération exige non seulement la présence de plusieurs opérateurs, mais également celle de plusieurs machines utilisées simultanément et de plusieurs outils appartenant à des familles différentes. Dans ce cas, notre modèle doit être adapté. Tout d'abord, le #POOL qui actuellement est une

propriété de R15 disparaît de cette relation ainsi que le numéro de réglage qui lui est associé. On obtient alors la relation :

R'15(#OPÉRATION, NOM-OPÉRATION, TEMPS-OPERATOIRE).

La relation R18 doit également subir une transformation pour tenir compte de la possible présence de plusieurs machines et de plusieurs outils. Elle devient alors la relation :

R'18(#OPÉRATION + #POOL + #FAMILLE d'OUTILS, #RÉGLAGE).

II-2.4 La gestion des en-cours

Sans commande à exécuter, il ne peut y avoir de production. La dernière partie du modèle s'attache à décrire les flux transitant dans le système productif. Les types d'entité R20 à R24 décrivent la partie minimale du système d'information permettant le lancement en production des commandes ainsi que leur suivi. Des extensions du SRE devront être faites si l'on souhaite, en outre, compléter le système d'information dédié ici à la gestion de la production, par d'autres extensions répondant à des préoccupations telles que la facturation, la comptabilité analytique... Ces extensions ne seront pas envisagées ici car elles ne relèvent pas directement du système d'information de gestion de production, mais d'un système plus large dont le système étudié ici n'est qu'un sous-ensemble¹.

II-2.4.1 Commandes (R20)

Par commande, nous entendrons soit la commande d'un client si l'entreprise est principalement orientée vers un travail à la commande, soit un ordre de fabrication lorsque l'entreprise travaille plutôt dans une optique de reconstitution de stocks (production pour stocks de produits intermédiaires ou finis, dans le cadre ou non d'un plan directeur de production). Une commande est enregistrée sous un numéro d'ordre (#COMMANDE) et possède comme propriété unique le numéro de client (#CLIENT). Cette dernière rubrique est à remplacer par une donnée d'un plan de production jouant un rôle similaire, lorsque l'on travaille pour reconstitution de stocks. Nous ne conserverons que la première de ces deux possibilités, dans la mesure où elles n'entraînent pas de restrictions du point de vue de la modélisation.

II-2.4.2 Clients (R21)

Ce type d'entité comporte une clé unique, le numéro de client (#CLIENT), et une propriété, le nom du client (NOM du CLIENT). D'autres propriétés peuvent être envisagées, telles que l'adresse, le numéro de compte en banque..., mais elles ne seront pas reprises ici puisque le parti pris de ce modèle est d'en limiter le champ d'application à la seule gestion de production. Dans le cas d'une nomenclature à étages et/ou lorsque l'entreprise travaille pour stock, il sera nécessaire de traiter comme des clients les responsables de certains magasins (voir § II-2.4.4, page 948).

1. Cette combinaison de sous-ensembles, partageant des types d'entités, est à la base des ERP / ERM que l'on verra en section III, page 957.

II-2.4.3 Ligne de commande (R22)

Une commande peut porter sur des références différentes et une référence donnée peut se retrouver sur plusieurs commandes. La relation R22 décrit ce type d'association par une clé double composée du numéro de commande (#COMMANDE) et du numéro de référence (#RÉFERENCE). Cette relation comporte, en outre, une propriété, la quantité commandée (QUANTITÉ COMMANDÉE); elle peut comporter d'autres propriétés additionnelles comme la date de livraison souhaitée.

II-2.4.4 Lot d'une référence (R23)

La production par lot reste encore, de nos jours, un mode d'organisation largement prédominant. Dans ce contexte, la définition d'un ordonnancement passe par celle de lots associés à une référence donnée destinés à satisfaire la demande émanant d'une ou plusieurs commandes. Dans ce dernier cas, il y a regroupement de commandes pour une référence donnée. Un lot peut comporter la totalité des quantités commandées par une ou plusieurs commandes, mais il est également possible que celui-ci ne porte que sur une fraction d'une commande. On trouvera donc aussi bien des processus d'éclatement que des processus de regroupement. Le suivi en production exigera la création d'un type d'entité associant dans une clé comportant trois rubriques: le numéro de commande (#COMMANDE), le numéro de référence (#RÉFERENCE) et le numéro de lot (#LOT) dont les spécifications seront fournies par la relation R24. Les quantités lancées en production peuvent être supérieures aux quantités commandées pour tenir compte d'éventuels rebuts.

Le lancement en fabrication d'une référence déclenche implicitement la réservation des composants et matières premières requises par sa nomenclature. Si les réservations ne peuvent être effectuées du fait d'une insuffisance de stock, cette explosion de nomenclature s'accompagnera de l'émission d'ordres de fabrication dont les caractéristiques dépendent du système de décision utilisé (définition de variables de commande introduites aux chapitres **XI** et **XII**, telles que le point de commande, le niveau de recomplètement ou la quantité économique de commande).

II-2.4.5 Caractéristiques du lot (R24)

Un lot dont le numéro est #LOT (clé unique de R24) se caractérise par sa taille (TAILLE du LOT) et un numéro de gamme (#GAMME). En cas de gammes alternatives possibles, la sélection de la gamme associée à un lot relèvera du système de décision, le système d'information, là encore, ne faisant que prendre acte des conséquences d'une décision. La taille du lot peut, comme on l'a vu, être supérieure aux quantités commandées du fait de l'existence possible de rebuts.

Ces informations sont insuffisantes pour être en mesure de suivre l'état d'avancement du lot. Les exigences d'un suivi en temps réel vont conduire à ajouter deux propriétés à cette relation. Tout d'abord, on trouvera le numéro d'opération en cours d'exécution (#OPERATION) qui peut être vu comme un rôle de R15, mais que nous n'avons pas traité comme tel dans le SRE, dans la mesure où la mise à jour de cette rubrique ne saurait être manuelle et ne pose donc pas de problème particulier pour l'intégrité de la base. Il faut ensuite savoir sur quelle machine cette

opération est en cours d'exécution et cette information sera fournie par le numéro de localisation (#LOCALISATION du LOT).

Un lot donné peut, à l'instant t , ne se trouver sur aucune machine, tout simplement parce que ce lot est en attente de traitement devant une machine occupée, ou parce que l'ensemble des composants requis n'est pas disponible. Se pose alors un problème de repérage spatial pour le système d'information. Ce problème peut trouver une solution par l'utilisation d'un numéro fictif de localisation s'analysant comme «lot traité sur aucune machine». Si l'on met à jour simultanément l'information de l'opération et celle de la localisation, l'enregistrement comportant cette localisation fictive ne peut que garder comme numéro d'opération celui de l'opération qui vient de se terminer. Il est dès lors relativement facile d'identifier, au moins approximativement, la localisation du lot, puisque l'on sait par la gamme le numéro d'opération en attente d'exécution. Si l'on souhaite avoir une connaissance plus exacte, il faudra alors identifier les zones sur lesquelles les encours de production peuvent être stockés (ces zones ne pouvant être considérées comme des magasins, puisque nous réservons cette appellation aux aires de stockage de références terminées). Une solution similaire peut consister à définir un (#LOCALISATION de POOL) comme propriété additionnelle du type d'entité «Pool» puisqu'un lot est en attente d'affectation devant un pool de machines.

Une gamme étant associée à un lot d'une référence donnée, il doit y avoir un traitement identique de tous les éléments constitutifs du lot. Il en résulte que lorsqu'un flux est scindé en plusieurs flux pour l'exécution d'une opération donnée (par exemple, l'utilisation de machines identiques mises en parallèle), il sera nécessaire de distinguer autant de lots différents pour la référence considérée.

Il est possible, sans trop de difficulté, de prendre en compte la possibilité de recouvrement d'opérations par du travail en temps masqué. Dans la mesure où le recouvrement ne s'accompagne pas d'un transfert immédiat d'un poste de travail à un autre poste de travail d'une fraction d'un lot et que, pour ce faire, un engin de manutention (au sens large) doit être utilisé, il suffit de fractionner le lot en des lots correspondant aux quantités manutentionnées. Cette solution est cependant difficilement applicable lorsque l'on est en présence d'une manutention totalement automatisée, ou même dans le cas de transferts utilisant la gravité. En effet, dans ces cas de figure, le lot de transfert peut être d'une unité et l'on en arrive à la manipulation d'un nombre trop important d'informations. On doit faire appel à des jeux différents de convention pour transcrire le problème posé par une connaissance suffisamment fine de la réalité dans la représentation du système d'information. On pourra, par exemple, donner à chaque unité d'un lot un numéro d'ordre et ne chercher à connaître l'état du système qu'à intervalles réguliers. Dans ce cas, si l'on savait à l'instant $t-1$ que le lot unitaire i était en cours de traitement sur une machine, et qu'à l'instant t le lot unitaire j est en cours de traitement, c'est qu'entre $t-1$ et t les lots unitaires i à $j-1$ ont été achevés.

II-3 Présentation du modèle dynamique de système d'information en gestion de production

Le modèle statique visait à permettre une description «instantanée» du système productif et de son utilisation. Une telle approche doit nécessairement être complétée pour permettre la préparation de décisions. La prise de décision en tant

que telle ne nous intéresse pas ici, ni ses fondements. Ce qui importe c'est de *pouvoir décrire une évolution prévisible de l'état du système productif* dans un contexte de simulation, c'est-à-dire en tenant compte d'arrivées prévues dans le système et de décisions envisagées pour résoudre les différents problèmes rencontrés.

Il est évident que les informations requises pour la préparation des décisions diffèrent selon que l'on est en présence de décisions de type opérationnel ou de décisions de type tactique ou stratégique. Comme cela a été indiqué en introduction de cet ouvrage, le niveau de détail requis n'est pas le même et notamment le traitement du temps ne saurait être le même.

Avant d'examiner ces deux extensions du système d'information introduit au § II-2, il faut ajouter que nous ne traiterons pas ici d'un dernier besoin, celui de «l'archivage» de ce qui s'est passé dans le système productif, notamment à des fins de contrôle a posteriori, d'une part parce que l'on peut sans difficulté transposer à cette fin les principes développés ci-après (§ II-3.1) et, d'autre part, parce que le type de contrôle souhaité a nécessairement une incidence sur l'archivage qui implique une perte d'informations par sommation d'informations ponctuelles pour constituer des agrégats jugés significatifs d'un point de vue de gestion. Nous terminerons par quelques indications sur l'adaptation du système permettant la prise en compte de certaines décisions tactiques (§ II-3.2, page 955) et par quelques remarques d'implantation (§ II-3.3, page 956).

II-3.1 Système d'information et décisions opérationnelles de production

C'est avant tout à la préparation de décision d'ordonnancement que ce type de système d'information est destiné. Les décisions de type programmable (au sens de H. Simon) peuvent être prises en temps réel en fonction de la connaissance que l'on a de l'état du système. Les autres décisions impliquent plus ou moins la fourniture à un décideur de l'image des conséquences d'un ensemble de décisions généralement prises séquentiellement pour résoudre des problèmes hautement combinatoires.

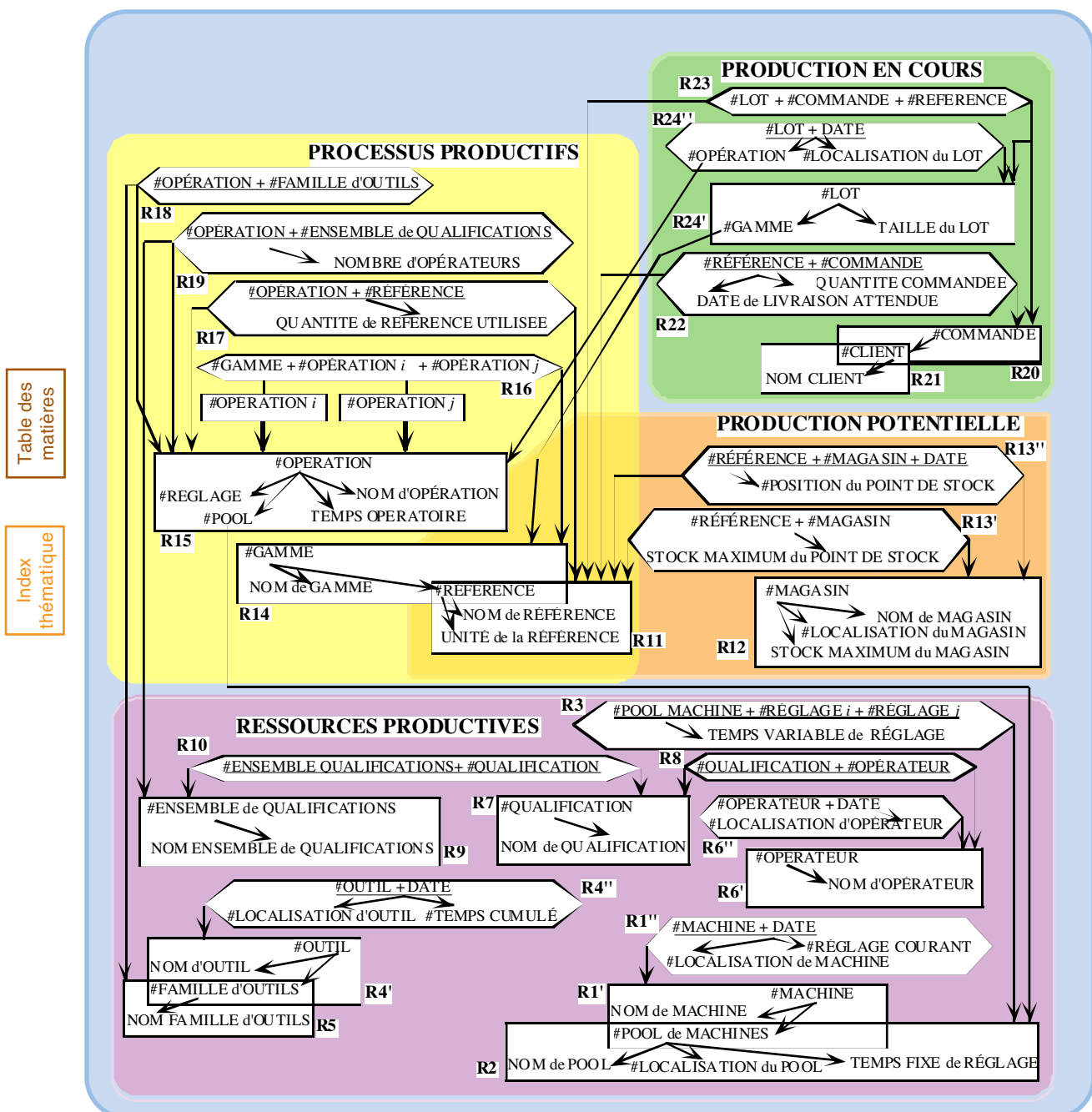
Les types d'entité des trois premiers ensembles de la figure 224 de la page 938 jouissent d'une grande stabilité, dans la mesure où le portefeuille de ressources, les processus productifs et ce que sait faire le système productif sont fixés sur le court terme. Cela étant, il est possible d'agir sur la présence plus ou moins grande de certaines ressources (heures supplémentaires) et certaines rubriques, comme celles qui ont trait à la localisation, sont amenées à varier au cours du temps. La description des processus productifs est donc le seul ensemble d'informations à rester totalement stable.

Le traitement du temps peut être abordé de deux manières. On peut retenir d'abord une vision «cinétique» du système en conservant des images successives prises à intervalle régulier, l'amplitude de cet intervalle devant être assez faible pour que toute modification de l'état du système productif puisse être immédiatement prise en compte. Cette approche ne nécessite pas de transformation notable de la figure 224 de la page 938 (introduction d'une rubrique date dans certaines clés), mais se traduit à l'évidence par une «inflation» des informations à stocker

difficile à supporter et conduit implicitement à l'abandon d'une logique de base de données relationnelles. La seconde approche vise à n'enregistrer que ces changements d'état de telle ou telle partie du système à l'occasion d'événements (modification de l'utilisation d'une ressource notamment). C'est cette seconde approche que nous avons retenue dans la mesure où c'est la seule à permettre l'absence de redondance d'information. Le nouveau schéma conceptuel des données est fourni par la figure 225.

FIGURE 225

Modèle dynamique du système d'information de gestion de production



Examinons successivement l'adaptation des trois ensembles de données modifiées par l'approche dynamique du court terme, avant d'aborder la fusion des systèmes d'information présentés (§ II-3.1.4, page 954).

II-3.1.1 Les ressources productives

On commence par isoler les rubriques correspondant aux «invariants» du système productif (du moins sur le court terme qui nous préoccupe) et l'on crée des entités nouvelles correspondant à des associations qui décrivent l'évolution de l'utilisation des ressources.

Si l'on veut traiter l'ensemble des machines par un même type d'entité (la localisation étant appelée à changer pour les machines servant à la manutention), la relation R1 se scinde en deux pour donner, dans la [figure 225 de la page 951](#), les relations R1' et R1'' suivantes :

R1' (#MACHINE, NOM de MACHINE, #POOL)

R1'' (#MACHINE + DATE, #RÉGLAGE, #LOCALISATION de MACHINE)

On peut également dissocier les «machines fixes» des machines mobiles ; dans ce cas, la formulation retenue, pour ces dernières, sera celle que l'on vient de proposer et deux nouvelles relations R1''' et R1'''' seront créées pour les machines fixes qui ne différeront de R1' et R1'' que par le transfert de la rubrique de localisation de la machine dans l'équivalent de R1' (donnée invariable). Pour respecter l'unicité de la clé, on ne créera d'enregistrement nouveau de ces relations que lorsque la valeur d'une propriété (localisation ou réglage) est modifiée (ce qui ne peut pas se produire pour la relation R1'). Cette règle sera implicitement retenue dans les autres cas que nous envisagerons.

De même, la relation R6 se scinde en deux pour donner les relations R6' et R6''.
R6' (#OPÉRATEUR, NOM d'OPÉRATEUR)

R6'' (#OPÉRATEUR+DATE, #LOCALISATION d'OPÉRATEUR)

Là encore, il peut y avoir lieu de dédoubler les relations R6' et R6'' selon une logique similaire à celle décrite pour R1' et R1'' pour tenir compte du fait que certains opérateurs sont toujours au même poste de travail. Mais, à la différence du cas précédent où la rubrique #LOCALISATION de MACHINE de R1''' ne pouvait pas changer de valeur, la rubrique #LOCALISATION d'OPERATEUR de R6''' pourra changer de valeur si l'on retient la possibilité d'utiliser cette rubrique pour «notifier» l'absence d'un opérateur du système productif. Cette notification de l'absence ou de la présence d'opérateurs dans le système productif dépend des paramètres de simulation, le système d'information se contentant d'enregistrer les conséquences de choix relatifs à la durée de travail des ressources.

Pour les outils, la transformation est tout aussi évidente. La relation R4 devient :
R4' (#OUTIL, NOM d'OUTIL, #FAMILLE d'OUTILS)

R4'' (#OUTIL+DATE, TEMPS CUMULÉ, #LOCALISATION d'OUTIL)

Le seul point supplémentaire qui mérite d'être précisé c'est que l'on considérera qu'une mise à jour de la rubrique TEMPS CUMULÉ ne s'impose qu'à l'occasion d'un changement d'affectation de l'outil.

L'un des principaux problèmes rencontrés dans les nouveaux systèmes de production qui mettent l'accent sur la flexibilité est la possibilité d'utiliser de manière extrêmement souple des gammes alternatives. Comme on l'a déjà indiqué ([page 943](#)), l'explicitation de toutes les gammes alternatives possibles ne semble pas réaliste, compte tenu du caractère hautement combinatoire de ces gammes que cette explicitation entraîne. Une solution possible pour limiter le volume d'informations consiste à ne générer ces gammes alternatives qu'en cas de besoin, c'est-

à-dire lorsque surviennent des goulots d'étranglement que l'on n'arrive pas à résorber facilement avec les gammes actuellement disponibles. Cette mise à jour du système d'information ne pourra pas s'effectuer forcément en temps réel, auquel cas il faudra que soit mis en place un système d'alerte sollicitant une révision du portefeuille de gammes, dès lors que certains goulots d'étranglement surviennent trop fréquemment.

Le traitement de ces gammes alternatives peut être grandement facilité par la transformation suivante du système d'information. Il suffit de créer la notion de type d'opérations sur la base de considérations techniques (par exemple, une opération de fraisage dont les spécifications restent dans un ensemble de plages de valeurs). Cette relation a une clé, le numéro de l'ensemble d'opérations (#TYPE d'OPÉRATIONS), et une propriété, le nom de cet ensemble (NOM du TYPE d'OPÉRATIONS). Dans la relation R15, il faut introduire le #TYPE d'OPÉRATIONS comme propriété de la relation décrivant une opération. Il faut ensuite créer un nouveau type d'entité comportant une clé double constituée du #TYPE d'OPÉRATIONS et du #POOL, cette nouvelle relation s'interprète comme le fait que n'importe quelle machine appartenant à un pool donné peut réaliser n'importe quelle opération appartenant à l'ensemble d'opérations lié au pool dans l'association. Cette transformation du système autorise, en cas de problème, une recherche plus facile de possibilités techniques alternatives. Cela dit, on se trouve alors dans le cadre d'une vision intégratrice des systèmes d'information des fonctions « méthodes », « bureau d'études » et « ordonnancement » qui se généralise actuellement.

Table des
matièresIndex
thématique

II-3.1.2 La production potentielle

Le troisième sous-ensemble de la [figure 224 de la page 938](#) retraçait les flux susceptibles de transiter dans le système productif. Il est évident que la liste des références que le système est susceptible de produire reste inchangée sur le court terme. La seule chose qui variera est relative au stockage et de déstockage des références en fonction des besoins de la production (prélèvement sur un stock) ou de la fin de l'exécution d'une gamme (alimentation d'un stock).

Dans ce contexte, la relation R13 qui définit un point de stock perd la rubrique STOCK MAXIMUM du POINT de STOCK et s'enrichit de la rubrique DATE qui s'intègre à la clé pour donner la relation R'13 suivante, dans la [figure 225 de la page 951](#) :

R13' (#REFERENCE+#MAGASIN+DATE, POSITION du POINT de STOCK)

L'information stable de la quantité maximale d'une référence que l'on peut stocker dans ce magasin (STOCK MAXIMUM du POINT de STOCK) reste dans une relation où le temps n'intervient pas et qui n'est autre que la relation R13 « amputée » de la rubrique tribulaire du temps (POSITION du POINT de STOCK), ce qui donne la relation R13'' suivante :

R13'' (#REFERENCE+#MAGASIN, STOCK MAXIMUM du POINT de STOCK)

II-3.1.3 Les flux de production

La relation R24 décrit les principales caractéristiques d'un lot. Comme précédemment, on éclatera cette relation en deux pour isoler ce qui est stable de ce qui ne l'est pas. On crée donc une relation R24' dont la clé est #LOT et qui comporte deux propriétés #GAMME et TAILLE du LOT.

La définition de la relation R24'' décrivant la partie dynamique s'effectue en retenant une clé comportant les seules rubriques #LOT et DATE, les rubriques décrivant la localisation du lot et son état d'avancement par le biais de l'opération en cours étant alors des propriétés de cette relation. Dans une optique de simulation, la date retenue est celle de la fin d'exécution de l'opération et lorsque cet enregistrement est créé, il n'y a pas de question à se poser sur ce lot tant que la date courante de la simulation n'est pas égale à la date de la clé de cet enregistrement. Cette convention permet à la fois de connaître si un lot est en cours de traitement et si une machine est libre ou non (par le biais de sa localisation). Lorsque les deux dates coïncident, les ressources utilisées sont implicitement libérées. Un nouvel enregistrement est créé dans lequel la rubrique #OPERATION prend la valeur de l'opération suivante de la gamme. Il peut ou non y avoir, à cette étape, une décision de regroupement ou d'éclatement de lots, ce qui peut conduire à la création d'un nouveau numéro de lot (sinon, l'ancien est conservé). Conventionnellement, la rubrique DATE de l'enregistrement peut prendre la valeur zéro pour indiquer que la date de fin de cette nouvelle opération n'est pas encore connue. Un traitement similaire peut être retenu pour la localisation du lot. Cela étant, la connaissance des files d'attente devant les pools passe par un traitement que l'on peut éviter pour diminuer les temps de traitement, en ajoutant au type d'entité «pool» une rubrique de localisation (#LOCALISATION du POOL) qui correspond à l'endroit où les lots sont en attente d'affectation à une machine. Il est alors possible de donner à la rubrique (#LOCALISATION du LOT) la valeur que prend la rubrique #LOCALISATION du POOL et par le biais d'index appropriés, la recherche est immédiate. On a dans ces conditions :

R2 (#POOL, TEMPS FIXE de RÉGLAGE, NOM du POOL, #LOCALISATION du POOL)

R24' (#LOT, #GAMME, TAILLE du LOT)

R24'' (#LOT+DATE, #OPÉRATION, #LOCALISATION du LOT)

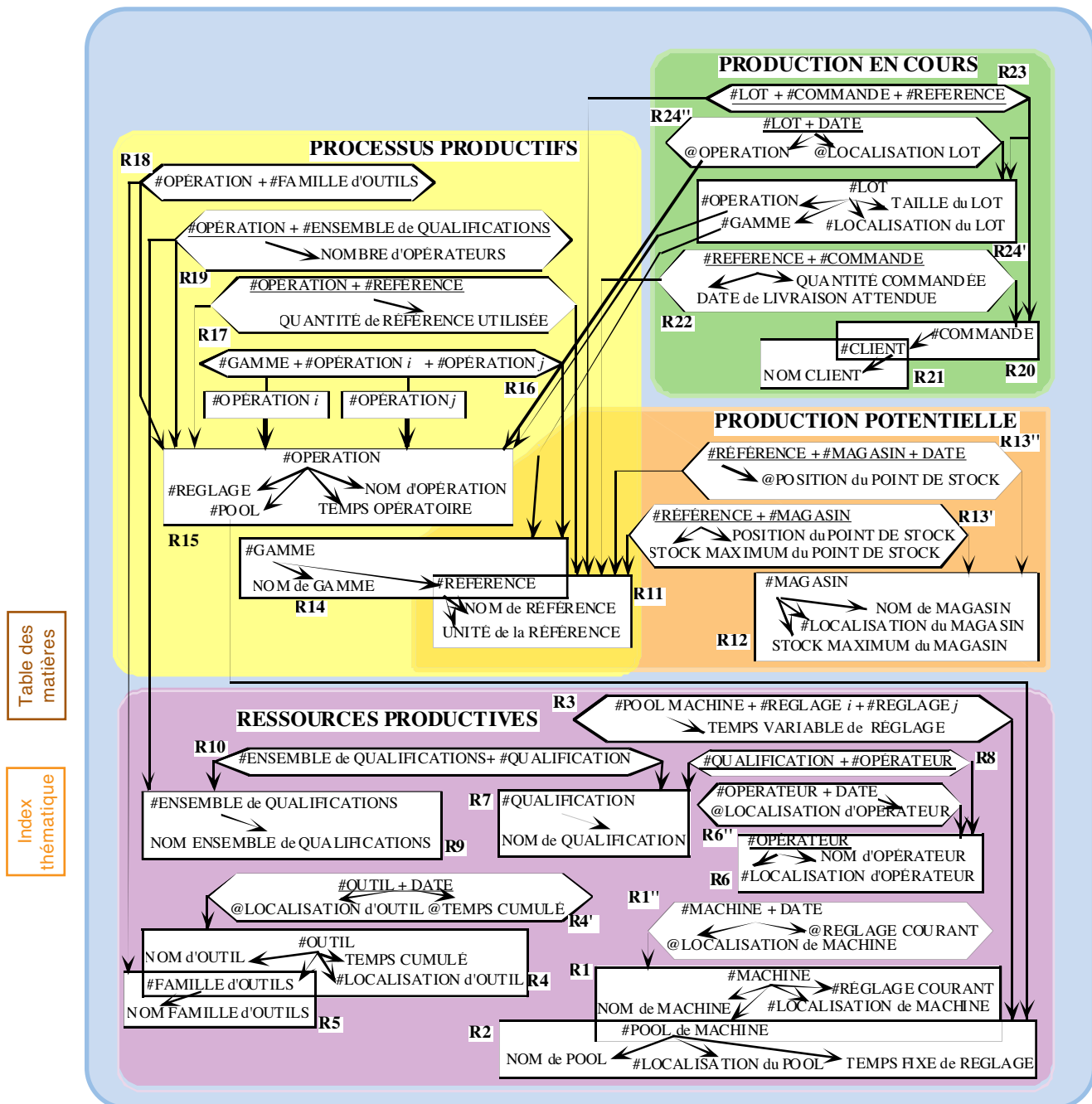
Il peut être utile, pour des raisons liées à l'exploitation des propositions d'ordonnancement, d'ajouter la rubrique DATE de DEBUT comme propriété de la relation R24'' (dans laquelle DATE a été définie conventionnellement comme la date de fin de l'opération pour le lot). Il est évident enfin que la décision d'affectation d'un lot à une machine se traduit immédiatement par la modification des valeurs des rubriques DATE et #LOCALISATION.

II-3.1.4 Fusion des modèles statiques et dynamiques

La coexistence de la base de données s'appuyant sur le SRE correspondant au modèle dynamique que l'on vient de décrire (figure 225, page 951) avec la base de données s'appuyant sur le SRE correspondant au modèle statique (figure 224, page 938) est difficilement imaginable en raison de l'importance de la redondance informationnelle que ceci implique. La solution la plus simple consiste à adjoindre au SRE de la figure 224, page 938, les associations dans lesquelles intervient la date et, pour lever toute ambiguïté au niveau du dictionnaire des rubriques, de modifier le libellé des propriétés de ces associations pour les définir comme «prévisionnelles» (ce que l'on a fait en remplaçant les # par des @), d'où le SRE de la figure 226, page 955.

FIGURE 226

Fusion du modèle statique et du modèle dynamique du système d'information de gestion de production



II-3.2 Système d'information et décisions tactiques de production

On se place maintenant dans une optique de moyen terme. Dans ce cadre, il n'est plus possible de travailler à un niveau fin pour deux raisons. Tout d'abord, on ne dispose normalement pas dans les industries manufacturières de la connaissance précise d'un portefeuille de commandes sur les 6 à 24 mois à venir, mais de prévisions globales, au mieux pour chaque produit fini vendu. Cela étant, à supposer qu'une telle connaissance soit possible, elle se traduirait par une masse considérable d'informations à manipuler et même si l'entreprise disposait de capacités de stockage suffisantes, resterait le problème de son utilisation dans le

cadre d'une simulation. Nous avons vu, en effet, avec les techniques de MRP que l'on cherchait à prendre quelques décisions clés qui permettent de faire face à une demande prévisionnelle dont les caractéristiques ne sont pas stables. Il s'ensuit que l'on est amené, dans ce cadre, à opérer des transferts de charges de travail en suivant des logiques de simulation arrière en partant d'une logique d'ordonnancement au plus tard. L'optique de simulation du court terme privilégie une simulation avant en partant d'un ordonnancement au plus tôt. Le panachage de ces deux approches pose d'évidents problèmes de cohérence entre les deux descriptions de la réalité.

La description des processus productifs (ensemble «production potentielle» de la [figure 224, page 938](#)) n'a pas de raison de subir de modification sauf lorsqu'il est fait appel aux notions de macro-gammes et macro-nomenclature qui obligent à dupliquer les types d'entités correspondants (y compris celle des références) et à ajouter au niveau fin des propriétés assurant la cohérence du système (par exemple, la relation R11 décrivant la référence s'enrichit d'une dépendance fonctionnelle conduisant à la création de la propriété «macro-référence», par ailleurs, clé du type d'entité macro-référence à créer dans ce cadre).

Au niveau des ressources, il est habituel que le système ne se focalise que sur la ressource considérée comme critique, considérant que l'on pourra trouver un ordonnancement détaillé dans lequel les autres ressources seront disponibles. Le plus souvent, il s'agit de la ressource machine. On doit décrire cette ressource sous la forme d'un échéancier de disponibilité exprimé généralement en heures. Pour ce faire, il convient d'introduire un type d'entité «échéancier» dont la description peut être la suivante : R2' (#POOL+DATE, HEURES DISPONIBLES). Il est bien évident que l'on peut, sans difficultés, transposer ce qui vient d'être dit au cas des ensembles de qualification si l'on veut pousser plus loin l'analyse des ajustements charge-capacité.

De même, au niveau des commandes (relation R22) par celle de plan directeur de production. En pratique, on crée la relation R25 qui est une association décrivant les échéanciers du plan directeur de production.

R25 (#REFERENCE+DATE, BESOINS-BRUTS)

Une information comme le délai d'obtention correspondra à une nouvelle rubrique du type d'entité «référence» (R11), laquelle aura le statut de propriété.

II-3.3 Implantation

Le schéma conceptuel présenté a l'avantage d'une grande simplicité et ses adaptations sont relativement aisées. Il n'en reste pas moins que son implantation n'est pas toujours aisée, pour plusieurs raisons.

- Tout d'abord, ce n'est que depuis peu que les logiciels existants garantissent «par construction» l'intégrité de la base des données (unicité de clé et intégrité référentielle); dans beaucoup de cas, les informaticiens sont encore obligés d'écrire en mode procédural les contrôles que l'on doit opérer. La transformation d'un système existant en un système s'appuyant sur une base de donnée relationnelle implique la réécriture d'un certain nombre de chaînes de traitement.

- Le concept d'intégrité de la base peut être élargi pour intégrer le respect d'un certain nombre de règles supplémentaires auxquelles doivent obéir les données, qui sont liées à des procédures et des normes organisationnelles. Ces contraintes sont parfois difficiles à prendre en compte dans le cadre des logiciels existants. Une bonne réflexion sur les processus et procédures est indispensable avant toute transformation d'un système d'information.
- Ce type de système d'information est normalement partagé par de très nombreux utilisateurs qui peuvent être amenés à utiliser simultanément certaines informations en consultation ou en mise à jour. Ceci pose quelques problèmes supplémentaires pour garantir la cohérence et l'intégrité de la base (gestion des droits d'accès en lecture / écriture, au niveau de la rubrique).

Le changement n'est pas si simple pour d'autres raisons. Toute entreprise qui n'est pas une *start-up* utilise nécessairement un système d'information pour gérer sa production. Les bases de ce système partiel peuvent être assez différentes de celles décrites ici et ne permettre que la satisfaction d'un ensemble limité de besoins. On observe souvent que la recherche de la satisfaction de nouveaux besoins se traduit par la création de «verrous» ou de systèmes complémentaires qui semblent, au départ, satisfaisants, mais conduisent le plus souvent à des redondances informationnelles mal maîtrisées et à des incohérences génératrices de dysfonctionnements; de surcroît, elles rendent généralement plus difficile toute évolution ultérieure. Les remarques faites au § I-3.2, page 931, doivent être prises en compte, sachant qu'une vision d'ensemble s'inspirant des principes que l'on a présentés permet d'éviter certains écueils, mais aussi que le passage à une approche de type ERP / ERM peut conduire au même résultat.

Table des
matières

SECTION III LES ERP / ERM

Index
thématique

Au cours des quarante dernières années, les progrès de l'informatique de gestion ont permis une intégration progressive de la gestion de la production par les logiciels de production qui ont commencé par gérer de manière intégrée les nomenclatures et gammes avant de gérer également les flux et les stocks (MRP I¹ et logiciels d'ordonnancement) puis les ressources (MRP II), en y adjoignant enfin des applications complémentaires de comptabilité de gestion, de gestion des commandes, des achats, etc.

Dans les années quatre-vingt, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ont d'abord été utilisées pour automatiser certains processus de services fonctionnels, sans remettre en cause véritablement ceux-ci. Au tout début des années quatre-vingt-dix, le *reengineering*² est arrivé avec la volonté de transformer radicalement les processus en s'appuyant sur les NTIC. L'angle d'attaque reste partiel, puisque l'on reconstruit un seul processus à la fois, en adaptant le système d'information existant sans le remettre en cause fondamentalement.

Les **ERP** (*Enterprise Resource Planning*), appelés encore, de manière plus exacte, **ERM** (*Enterprise Resources Management*), s'inscrivent dans ce double

1. Voir chapitre VI.

2. Voir § I-3.2.2, page 72, au chapitre I.

mouvement et se caractérisent par une offre logicielle s'adaptant facilement à une très grande variété d'entreprises. La traduction française proposée (**PGI**, pour Progiciel de Gestion Intégrée) ne réussit pas à s'imposer, sans doute en raison de l'offre logicielle. L'usage de l'acronyme ERP est tel que nous n'utiliserons que celui-ci. Les ERP sont des progiciels de gestion intégrés qui visent à gérer de manière efficace l'ensemble des ressources de l'entreprise. Ils proposent une architecture modulaire permettant de composer à la carte un système sur mesure, en s'appuyant sur une base de données relationnelle et une base de processus adaptables aux spécificités du pays (langue, réglementation) et de l'entreprise (métiers, procédures, etc.).

Les ERP se diffusent vers la fin des années quatre-vingt-dix¹ pour de multiples raisons :

- La multiplication des sites des grands groupes internationaux et leur dissémination autour du monde, souvent liée à des acquisitions d'entreprises, sont un facteur naturel d'hétérogénéité. La montée en puissance des réseaux d'entreprises ne fait que renforcer cette tendance et la rendre de moins en moins compatible avec la chrono-compétition qui se généralise.
- Grâce aux bases de données relationnelles et aux architectures «clients-serveur», il devient possible de mettre fin à la prolifération anarchique et incontrôlée de systèmes d'information communiquant difficilement. L'obsolescence de certains systèmes d'information est devenue encore plus perceptible avec le passage à l'an 2000.
- L'approche par processus mobilisant plusieurs services fonctionnels s'accommode mal des systèmes d'informations conçus par et pour ces services fonctionnels. La vision étendue du processus qui s'impose progressivement au cours des années quatre-vingt (cf. [page 67](#)) connaît, à la fin des années quatre-vingt-dix, une consécration, avec le concept de chaîne logistique, qui ne fait que renforcer le besoin de changement.
- Les méthodologies de conception des systèmes d'information connaissent une évolution sensible au cours des années quatre-vingt-dix. En effet, celles mises au point au début des années quatre-vingt sont longues et coûteuses et s'avèrent difficiles à mettre en œuvre. En outre, le postulat selon lequel le maître d'ouvrage est le mieux placé pour définir le cahier des charges se traduit, le plus souvent, par une simple automatisation des processus sans réelle réflexion sur leurs transformations.

Les ERP, s'appuyant sur une capitalisation des processus les plus performants, identifiés par les consultants, proposent une alternative en couplant une base de processus et une base de données partagée par ces processus. Dans ces conditions, la conception d'un système d'information découle du mécano de processus élémentaires retenus pour satisfaire les besoins d'une organisation, dans une

1. En 2000, les ERP les plus diffusés sont SAP AG, Baan, Oracle, QAD, J.D. Edwards et People Soft. Parmi les ouvrages consacrés à cette approche, on peut citer celui de Lequeux (1999, [275]) à orientation « mise en œuvre informatique » (et qui présente une fiche signalétique d'une trentaine d'ERP), celui de Curran & Ladd (2000, [115]) dédié à la modélisation des processus sous SAP R/3, et ceux de Ptak (2000, [354]) et Shtub (1999, [385]) qui présentent l'intégration des ERP dans la problématique de la gestion de production et des approches de chaîne logistique.

approche de « configuration à la commande ». On examinera la méthodologie des ERP (§ III-1) avant de voir leur mise en œuvre (§ III-2, page 968).

III-1 La méthodologie des ERP

On traitera les caractéristiques techniques d'un ERP (§ III-1.1) et la base de processus (§ III-1.2, page 961) avant d'évoquer les problèmes méthodologiques que cette approche présente (§ III-1.3, page 963).

III-1.1 Les caractéristiques techniques d'un ERP

On examinera successivement l'organisation logicielle d'un ERP (§ III-1.1.1) et la conception de la base de processus (§ III-1.1.2, page 960).

III-1.1.1 L'organisation logicielle d'un ERP

Selon leur sensibilité, les spécialistes mettent l'accent sur les composants logiciels dans le cadre d'une architecture modulaire (Lequeux (1999, [275]) ou sur les processus (Curran et Ladd, 2000, [115]). Dans la mesure où il y a correspondance entre un processus et un module, la différence importe peu, mais nous préférons retenir la seconde approche qui oblige à raisonner plus en termes de fonctionnement d'une entreprise qu'en termes de fonctionnement d'un progiciel modulaire. Les ERP se caractérisent par :

- une architecture applicative ouverte et incrémentale pour permettre une implémentation aisée de nouveaux modules permettant une prise en compte de nouveaux processus,
- une conception de modules génériques associés à des processus-types utilisables par de nombreuses entreprises,
- des possibilités d'adaptation de ces modules pour tenir compte de caractéristiques locales (méthodes de gestion, niveau d'intégration avec l'amont et l'aval, lois et règlements du pays...).

Par ailleurs, la conception des logiciels des ERP est de type événementiel, c'est-à-dire orientée vers le traitement d'activités concourantes et asynchrones, une activité, se concrétisant ici par un traitement d'informations, étant déclenchée par l'occurrence d'un événement lié à un changement d'état d'un élément du système sous contrôle. Dans notre contexte, ces événements sont variés ; ils peuvent correspondre à une action délibérée d'un acteur (demande de lancement d'un traitement) ou découler automatiquement de la connaissance, par le système d'information, de la modification de l'état du système : libération d'une ressource (équipement, personnel), franchissement d'un seuil (niveau de stock, date...), arrivée/sortie d'une ressource physique (matière, équipement, personnel) ou d'une information (bon de commande d'un client ou à un fournisseur...). Cette approche qui consiste à modéliser les événements est assez ancienne. Elle remonte aux années soixante-dix avec les premiers langages de simulation¹ et l'usage des réseaux de Petri² par un certain nombre de méthodes de conception des systèmes d'informations³. Plus récemment, une technique de modélisation telle UML (Unified Modeling

1. Voir Fishman (1978, [150]).

2. Voir note du bas de la page 161.

3. En particulier, avec le modèle conceptuel des traitements de Merise et la méthode Remora.

Language) fonde sa méthodologie dans son aspect dynamique sur une approche événementielle et semble s'imposer comme standard¹, mais d'autres langages de programmation² comme Visual Basic ont popularisé cette approche.

III-1.1.2 L'environnement informatique d'un ERP

Les ERP s'appuient sur une **architecture «client-serveur»**, où le niveau «serveur» correspond à un ensemble de machines offrant des services (données, applications et certaines ressources) à un ensemble de machines du niveau «client» en fonction de leurs droits d'accès, ces ensembles n'étant généralement pas disjoints. Dans la répartition des tâches entre les machines, on distingue³ trois types de fonctions assurées par des machines d'un réseau :

- Les **serveurs de données** assurent le stockage, la mise à disposition et la mise à jour des données utilisées dans le système d'information. Ils utilisent une base de données relationnelle qui peut être répartie (c'est-à-dire hébergée sur des sites différents) ou non et qui dispose des procédures garantissant l'intégrité et la cohérence de la base pour l'ensemble de l'entreprise. Ces serveurs font l'objet de traitements par lots⁴ (*batch*) et de transactions individuelles, en très grand nombre et pouvant être simultanées.
- Les **serveurs d'applications** offrent aux postes de travail (terminaux, micro-ordinateurs) mis en réseau l'utilisation de programmes.
- Les **serveurs de présentation** sont utilisés par les postes de travail; ils peuvent être hébergés en totalité ou non par ceux-ci et utilisent des interfaces graphiques de bonne qualité ergonomique. Ces serveurs permettent d'appeler des applications offertes par les serveurs d'application pour utiliser et mettre à jour les données des serveurs de données.

Les ERP s'appuient aujourd'hui plus volontiers sur des architectures distribuées de type *Web*. Dans ce cas particulier, la notion de poste client dédié au serveur disparaît car la transmission est intégralement assurée à partir de n'importe quel poste de travail autorisé à se connecter et possédant une adresse Internet. L'application peut elle-même être distribuée sur plusieurs serveurs sans que cela pose un problème à l'utilisateur. Dans le type de configurations *Web*, l'accès au serveur doit être protégé par des autorisations (système *FireWall*) et des mots de passe. Les types de protection concernent :

- le stockage et la gestion des données;
- le stockage et la mise en œuvre des logiciels d'application;
- les communications entre les serveurs et entre serveurs et postes clients.

Ces fonctions peuvent être assurées soit par un même serveur, soit être spécifiques à un serveur (on parle alors de système dédié: par exemple, on peut réserver un

1. *Note de la page précédente*. Pour une présentation synthétique de cette approche, voir par exemple l'ouvrage de Morley, Hughes et Leblanc (2002, [311]).

2. Voir Finkelstein, Kramer et Nuseibeh (1994, [149]).

3. On parle alors d'architecture clients-serveurs en modèle 1/3, 2/3 ou 3/3 selon que l'on est en présence de systèmes offrant le premier, les deux premiers ou les trois types de services. Les grands ERP comme SAP ont une architecture client-serveur 3/3.

4. La répercussion instantanée des conséquences d'une modification élémentaire de la base (livraison à un client, par exemple) ne pose guère de problème sur la mise à jour d'autres informations élémentaires, mais est difficilement envisageable pour des informations synthétiques, ce qui justifie un certain nombre de traitements par lot.

serveur spécifiquement dédié aux fonctions de communication et de sécurisation de réseaux).

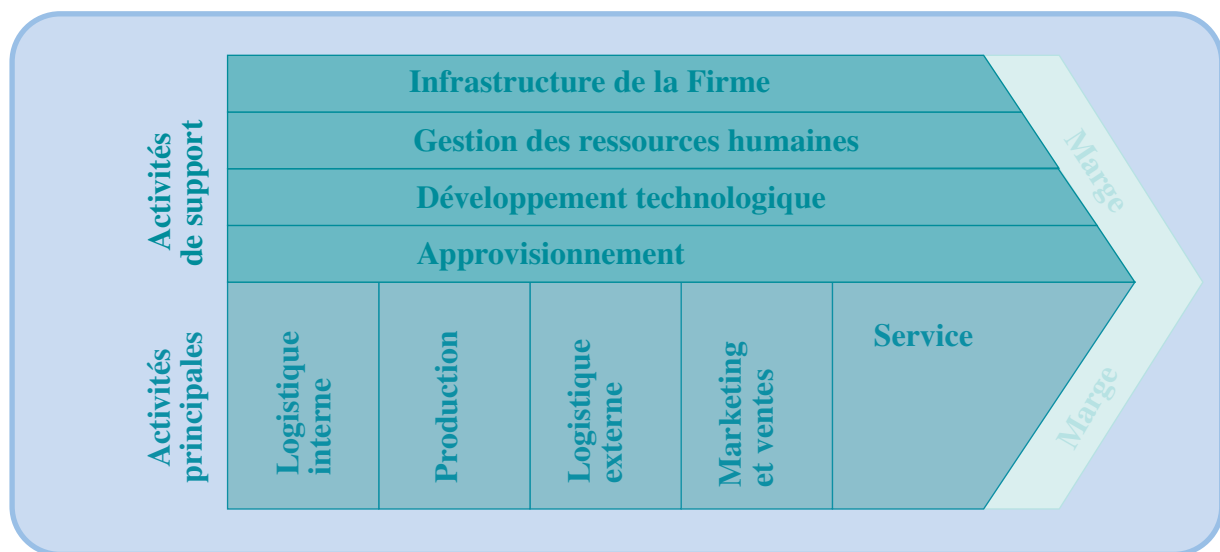
III-1.2 Le réseau de processus d'un ERP

Après avoir évoqué les fondements auxquels se réfèrent le plus souvent les spécialistes des ERP (§ III-1.2.1), on examinera, en nous appuyant sur un ERP existant, comment se structure et s'utilise une base de processus (§ III-1.2.2, page 961).

III-1.2.1 Les fondements

La démarche des ERP s'appuie sur l'analyse de la chaîne de valeur de Porter (1986, [343]) qui décompose les activités d'une entreprise – lesquelles s'analysent comme des processus – en activités principales, celles qui créent directement de la valeur, et les activités de support qui permettent aux activités principales de se réaliser (voir figure 227, page 961). Plus que la liste et le contenu exact de ces activités, ce qui importe également c'est l'idée selon laquelle la valeur ajoutée d'une entreprise est obtenue par un enchaînement de processus. Cette vision transversale, que l'on retrouve chez plusieurs auteurs avant Porter, permet de mieux saisir comment une entreprise répond à la demande du marché et a longtemps été utilisée comme outil d'analyse stratégique.

FIGURE 227
La chaîne de valeur de Porter



III-1.2.2 La base de processus et son usage

Il convient d'examiner l'organisation logique d'une base de processus (§ III-1.2.2.1) avant d'en voir l'usage (§ III-1.2.2.2).

III-1.2.2.1 L'organisation logique de la base de processus

On retiendra ici la démarche de l'ERP SAP/R3 pour illustrer la méthodologie mise en œuvre qui s'appuie sur un enchaînement de processus piloté par des événements. Quatre concepts sont mobilisés :

- Le premier concept est celui d'**événement**, lequel a été évoqué à plusieurs reprises. Un événement peut correspondre à la libération d'une ressource (équipement, personnel), au franchissement d'un seuil (niveau de stock, date...), à l'arrivée dans le système (ou à la sortie du système) d'une ressource physique (matière, équipement, personnel) ou d'une information (bon de commande d'un client ou à un fournisseur...). La détection d'un événement a pour objet de déclencher une action et correspond donc à une réponse à la question quand ?
- Le deuxième concept est celui de **tâche** ou de **fonction**, selon le niveau de détail où l'on se situe (la fonction correspondant à un ensemble de tâches). Il s'agit d'un travail à exécuter à l'intérieur d'un processus ; il constitue une réponse à la question quoi ?
- Le troisième concept est celui d'**unité organisationnelle**. Il définit qui exécute une tâche (réponse à la question qui ?). Les relations hiérarchiques entre ces unités organisationnelles sont décrites par l'organigramme de l'organisation.
- Enfin, le dernier concept est la **ressource informationnelle ou physique** : quelles ressources (informations ou produits) sont nécessaires pour exécuter la tâche ? quelle est la production (informations ou produits) qui résulte de l'exécution de la tâche ? Il faut noter que le niveau de détail reste grossier et qu'une partie des informations mobilisées par une tâche du processus est implicite et découle des enclenchements décrits dans le flux de contrôle (voir ci-après).

Ces concepts sont mobilisés pour décrire un processus par une cartographie (voir [figure 228, page 963](#)). Les relations entre ces concepts font également l'objet de conventions graphiques. Le flux de contrôle (flèches en pointillés) décrit les relations d'antériorité ou interdépendances logiques entre événement et tâches ou processus avec, le cas échéant, des connecteurs visualisant des opérateurs logiques (ou, et, ou exclusif).

À partir de cette cartographie du processus, on tire un certain nombre de cartographies complémentaires, chacune d'entre elles correspondant à un point de vue particulier : cartographie des interactions entre unités organisationnelles, cartographie des tâches, etc.

Des ERP comme SAP disposent de plus d'un millier de processus élémentaires. Ceux-ci sont organisés de manière arborescente pour en faciliter la recherche. Le premier niveau de l'arborescence correspond aux grandes fonctions, dans une énumération assez proche de celle de Porter et dans lequel interviennent des scénarios correspondant à des hypothèses sur l'environnement technico-économique conduisant à des processus différenciés (vente par correspondance, vente téléphonique...).

III-1.2.2.2 L'utilisation de la base de processus

La cartographie d'un processus nécessite d'identifier les objets de gestion sur lesquels on désire s'appuyer, les processus de gestion disponibles, les scénarios à mobiliser et les unités organisationnelles amenées à travailler sur le processus. Les objets de gestion ont deux caractéristiques : ils contiennent des structures de

FIGURE 228
Conventions retenues dans la cartographie d'un processus sous SAP

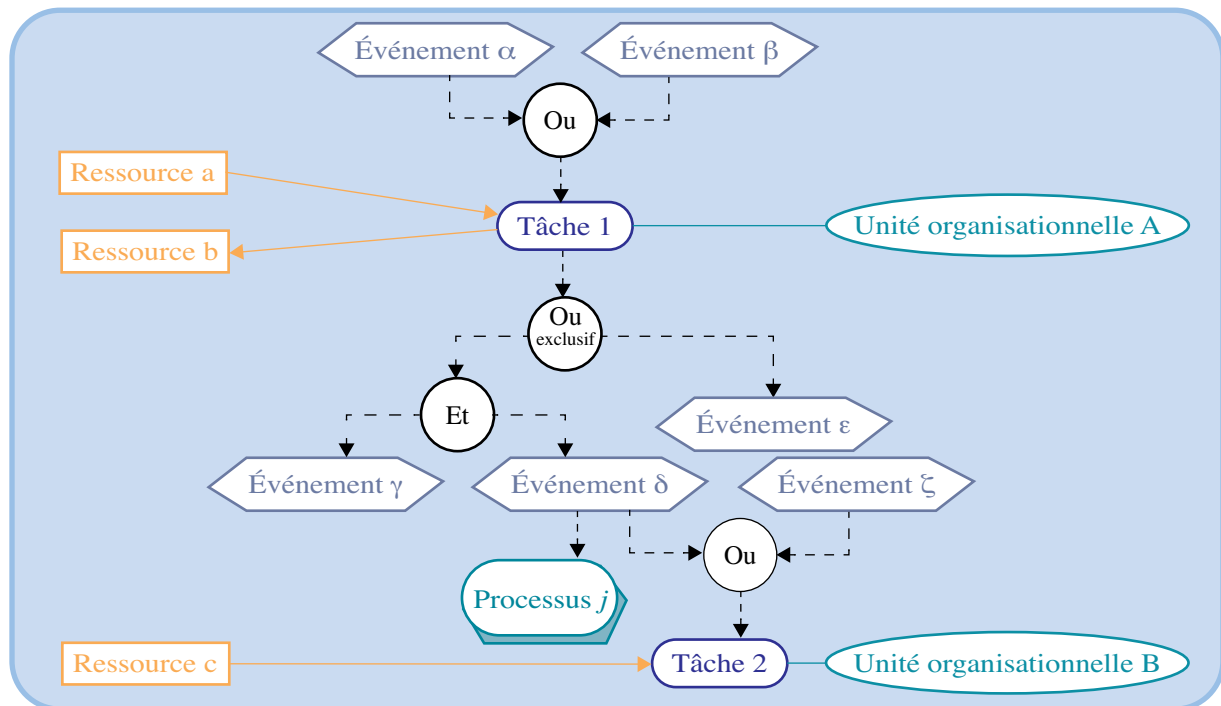


Table des matières

Index thématique

données qui les relient aux autres objets et ils sont utilisés pour exécuter des méthodes de gestion. Les processus sont fabriqués à partir d'événements et de fonctions (caractérisées par des attributs qui permettent d'en comprendre l'usage, le contexte et la nécessité).

Une fois le processus sélectionné, on s'interroge pour savoir s'il inclut toutes les fonctions (dans la négative il faut les ajouter), si certaines ne sont pas inutiles (il faut alors les supprimer) et si l'adjonction de certaines tâches est de nature à améliorer le processus (dans l'affirmative, il faut les ajouter).

Le mécano de processus retenu en définitive détermine la structure du modèle conceptuel des données sous-jacent.

III-1.3 Les problèmes méthodologiques posés

Cette approche des ERP pose des problèmes méthodologiques au niveau informatique (§ III-1.3.1) et au niveau de la relation forte liant événements et processus (§ III-1.3.2, page 967).

III-1.3.1 Problèmes liés à la fusion des sous-schémas de données découlant du mécano de processus retenu

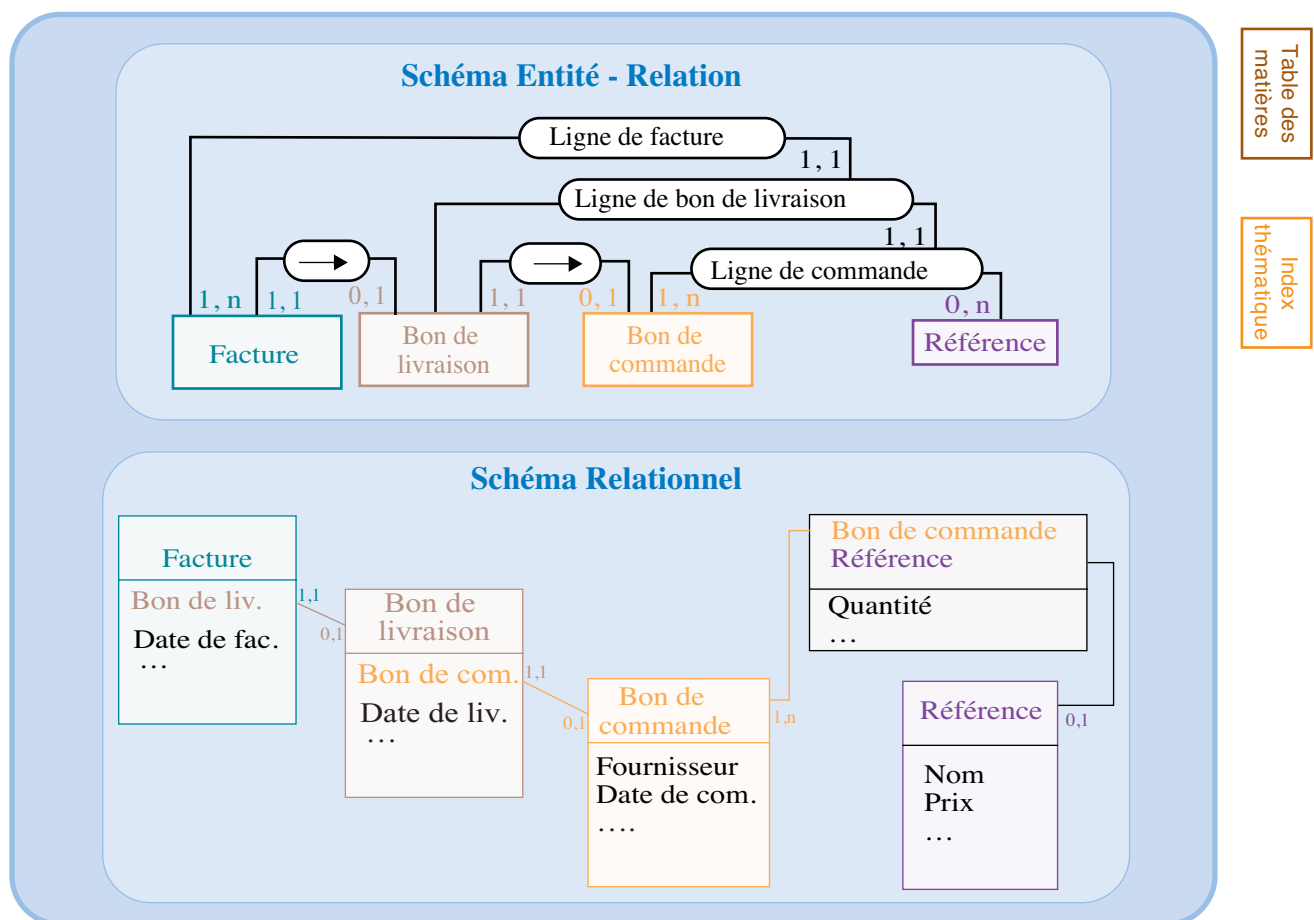
Certains processus alternatifs peuvent reposer sur des sous-schémas de données incompatibles, ce que montraient déjà de nombreuses observations faites dans la présentation du modèle générique introduit en section II. Dès lors, la fusion des sous-schémas de données résultant du mécano de processus retenus peut poser des problèmes. Pour éviter ces problèmes, on peut retenir le schéma de données le plus général, mais ceci se traduit par une perte d'efficacité dans un certain nombre de

cas, en particulier lorsque l'on est amené à utiliser une table décrivant une association entre deux types d'entités, alors que l'on se trouve dans le cas d'une dépendance fonctionnelle entre ces deux types d'entités permettant de se passer de cette association. De nombreux exemples peuvent être trouvés.

Prenons l'exemple de la chaîne « bon de commande - bon de livraison - facture ». Supposons que le processus de traitement de ces données repose sur le fait qu'une commande est honorée en totalité par une seule livraison et qu'une facture traite un seul bon de commande. Dans le passage du schéma « entité - relation » au schéma relationnel, il n'y a pas lieu de créer de tables décrivant les associations entre bon de livraison et bon de commande, d'une part, et entre facture et bon de livraison, d'autre part, puisque l'on est en présence de dépendances fonctionnelles¹. En outre, il est inutile de créer la table « ligne de bon de livraison » décrivant l'association entre bon de livraison et article, et la table « ligne de facture » décrivant l'association entre facture et article, parce que ces informations sont redondantes avec celles de la table « ligne de commande », compte tenu des deux dépendances fonctionnelles identifiées. La figure 229 illustre ce passage du schéma « entité - relation » (utilisant un formalisme Merise) au schéma « relationnel » utilisé dans l'implémentation.

FIGURE 229

Processus « commande - livraison - facturation » - cas 1

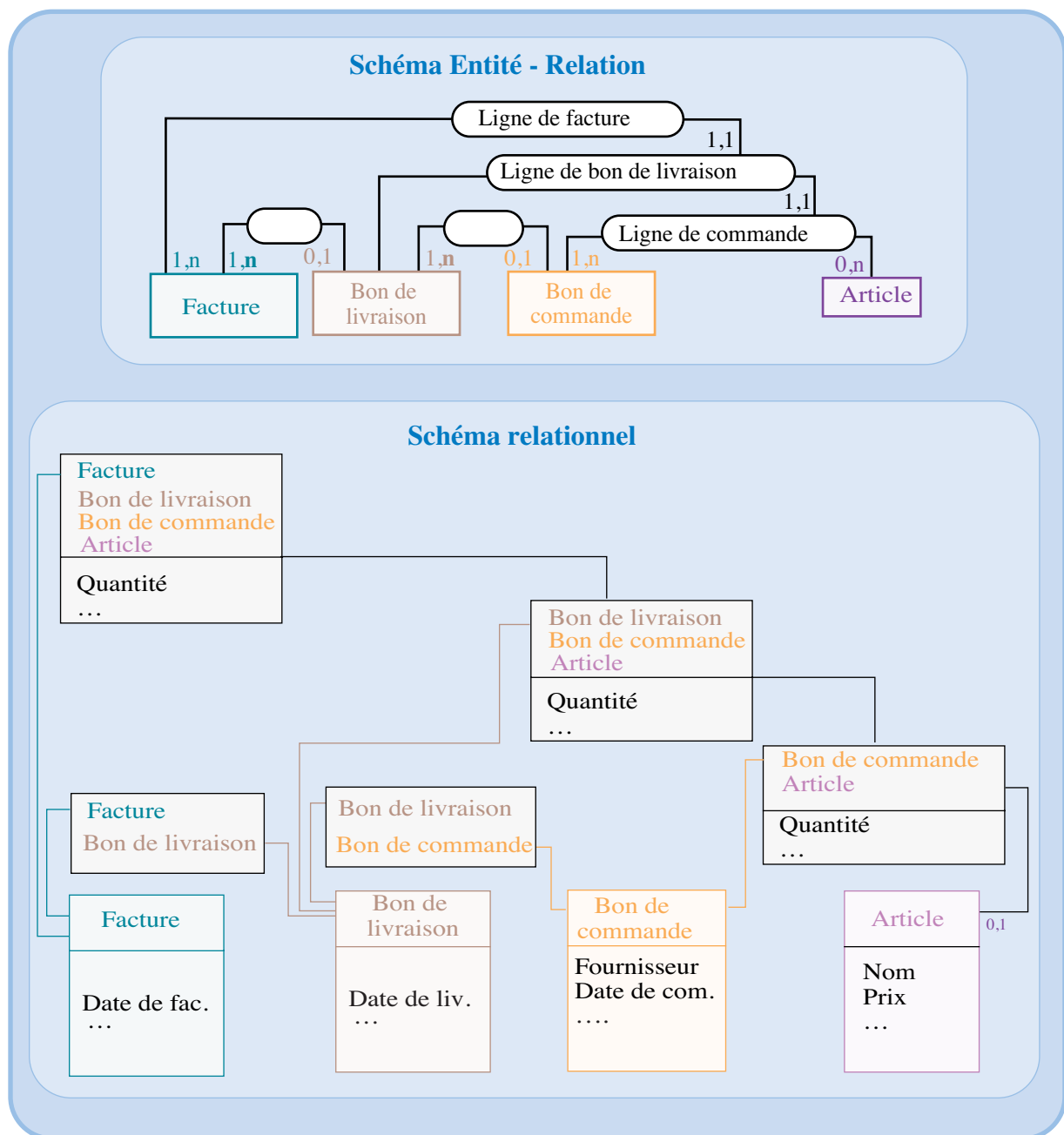


1. Il peut être envisagé d'utiliser dans ce cas, une entité unique fusionnant ces trois entités.

Supposons maintenant qu'un bon de commande puisse faire l'objet de plusieurs livraisons (et, pour simplifier, que la commande d'une ligne de commande soit livrée en une seule fois), qu'une livraison puisse porter sur des lignes de commande de bons de commande différents et qu'une facture puisse porter sur plusieurs commandes, qu'elles soient honorées en totalité ou non. Dans ce cas, les cardinalités du schéma «entité - association» changent, supprimant les dépendances fonctionnelles identifiées dans le processus précédent et de nouvelles tables doivent être créées. La **figure 230** illustre ce changement et montre la nécessité de créer quatre nouvelles tables.

FIGURE 230

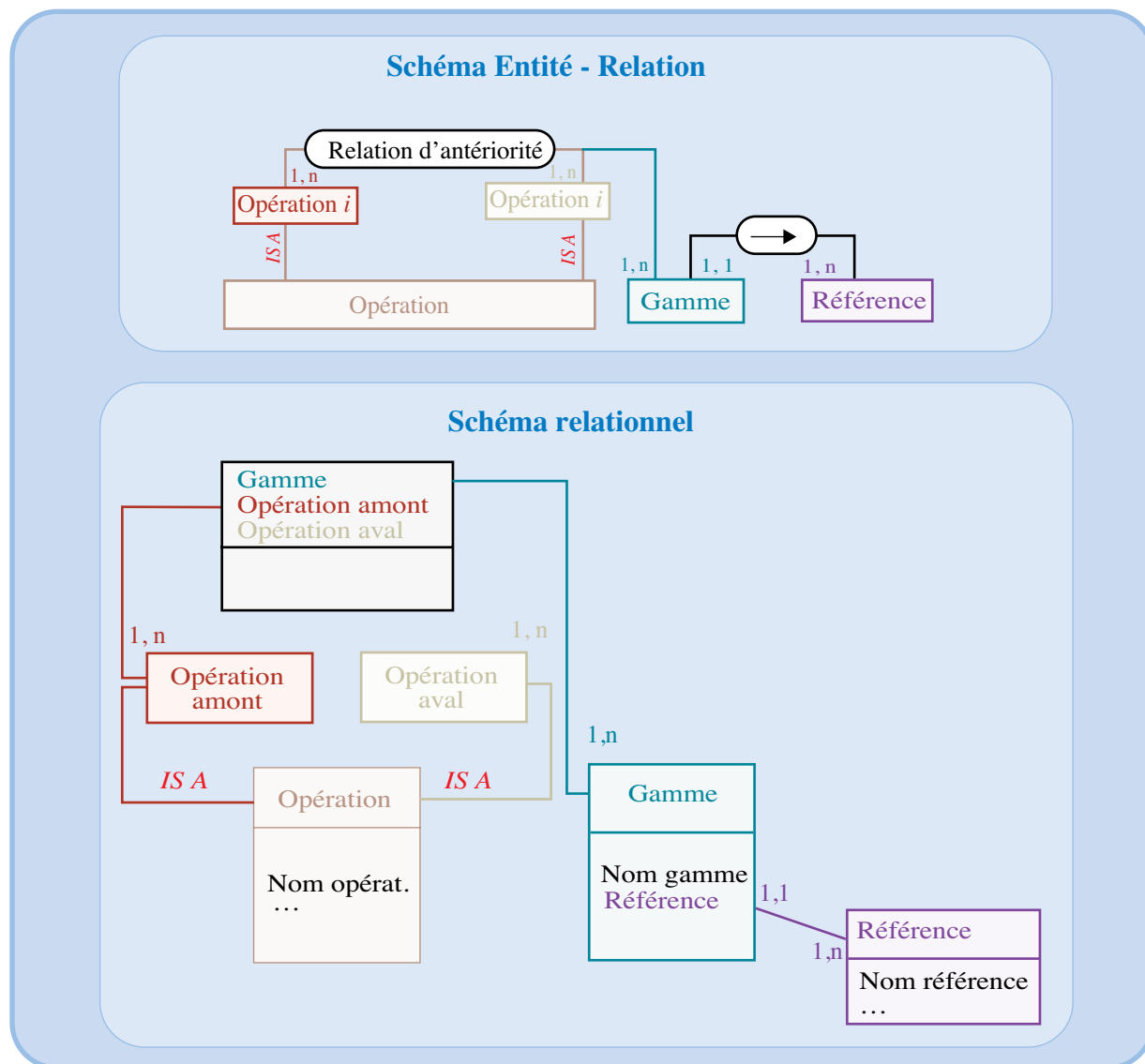
Processus « commande - livraison - facturation » - cas 2



Prenons maintenant l'exemple des gammes de production. Dans le cas général, une gamme se caractérise par un ensemble de relations d'antériorité entre des couples d'opération, étant entendu qu'une opération - aval peut avoir plusieurs

ancêtres et qu'une opération - amont peut avoir plusieurs descendants. Si l'on suppose, conformément à ce qui a été vu au § II-2.3.1, page 944, que la gamme n'est utilisée que pour une seule référence, on obtient alors les deux schémas de la figure 231, dans laquelle deux relations *is-a* sont utilisées (usage du concept de rôle). Si l'entreprise ne traite que des gammes linéaires, les cardinalités de l'asso-

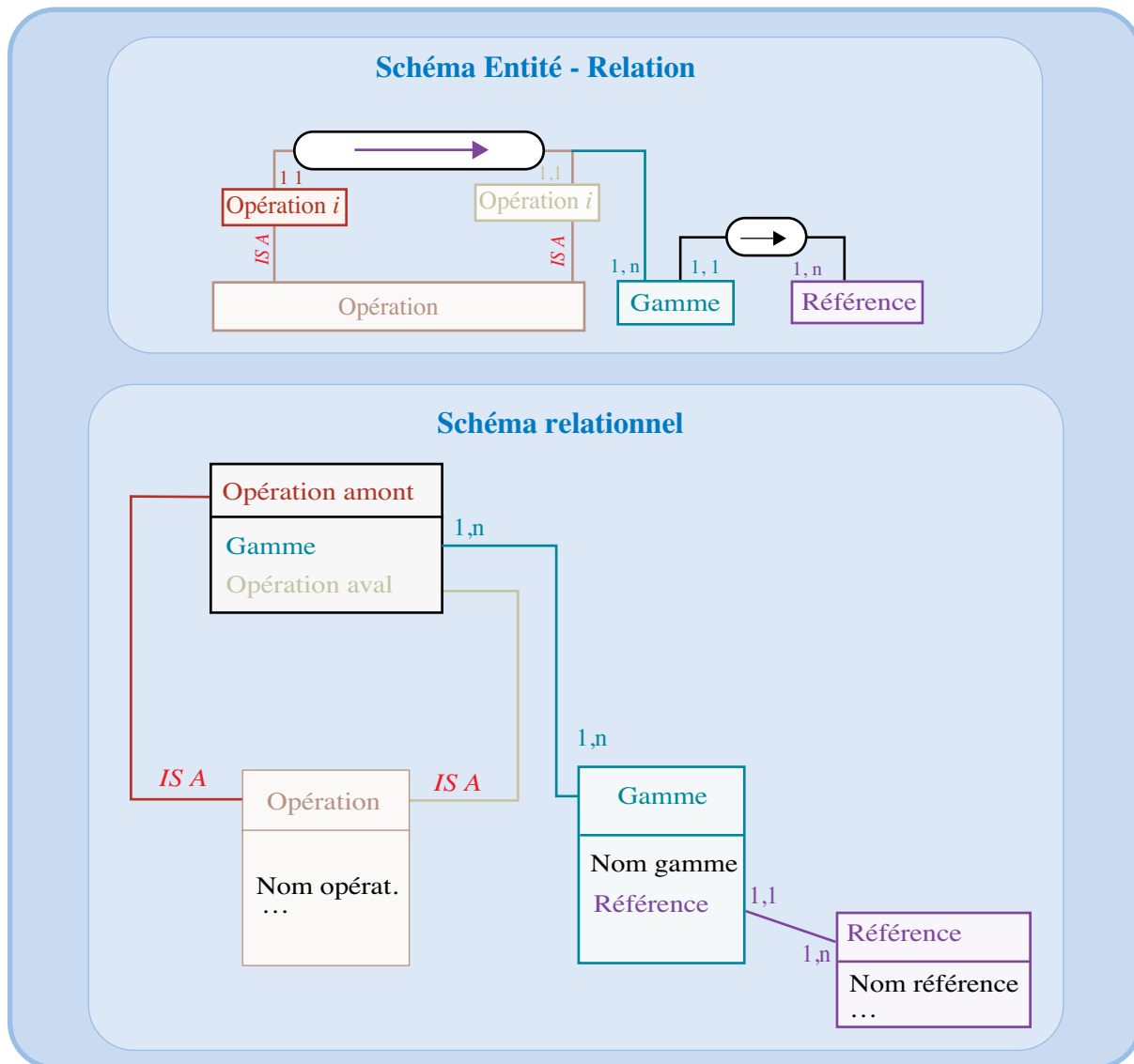
FIGURE 231
Gamme de production quelconque



ciation en font une dépendance fonctionnelle, rendant inutile la création d'une table, ce qu'illustre la figure 232.

Dans nos deux exemples, il est possible de proposer des processus alternatifs utilisant le sous-schéma de données correspondant au processus le plus complexe, mais cela se fait au détriment de la performance des traitements. On peut remarquer également que les entités élémentaires restent les mêmes, ce qui change ce sont les cardinalités et le nombre de relations décrivant des associations. Ceci conduit à dire que si chaque ensemble de processus alternatifs utilise le même ensemble d'entités et si le mécano de processus implique seulement de nouvelles associations entre les entités des différents processus, les problèmes posés sont limités. Il n'en est pas de même dans le cas contraire.

FIGURE 232
Gamme de production linéaire



Ces remarques sur les problèmes de fusion de sous-schémas de données expliquent les difficultés techniques rencontrées lorsque l'on veut faire coexister des modules d'un ERP avec des applications spécifiques, qu'elles préexistent à l'arrivée de l'ERP ou qu'elles soient acquises postérieurement. Outre les difficultés liées à des changements organisationnels, un travail d'adaptation de données existantes est souvent nécessaire pour faire coexister et collaborer des systèmes différents.

III-1.3.2 Problèmes liés à la liaison événement-processus

Si l'on revient sur la démarche du *reengineering*, dans une optique de transformation radicale de processus, on se rend compte que la relation «événement $e \rightarrow$ processus p » retenu n'a rien d'automatique: le processus p peut être déclenché par un tout autre événement e' et l'événement e peut déclencher un tout autre processus p' .

Pour s'en convaincre, il suffit de reprendre l'exemple du changement du processus de paiement des fournisseurs de Ford décrit par Hammer et Champy (1993, [215]). Antérieurement, le fait générateur déclenchant le processus de paiement d'un fournisseur était le rapprochement d'une facture fournisseur et d'une notification de conformité émise par le service consommateur des marchandises achetées. Le nouveau processus s'appuie sur une logique de gestion par exception et prend comme fait générateur la livraison, en utilisant des informations recueillies dans le processus antérieur de passation de la commande. Dans ce changement, on assiste à un déplacement dans le temps et dans l'espace du fait générateur du paiement d'un fournisseur et à une modification du rôle des acteurs. Des améliorations peuvent alors reposer sur le remplacement d'un enchaînement de processus par un nouveau processus (ou un nouvel enchaînement de processus nouveaux). Cette possibilité est difficile à prendre en compte par les ERP, même si, d'une certaine manière, les scénarios que l'on peut retrouver dans la base de modèles (production pour stock *versus* production à la commande, par exemple) offrent la possibilité de décrire des enchaînements de processus.

Cette remarque conduit à souligner les risques de conservatisme d'un usage mal maîtrisé des ERP, au même titre – et pour des raisons similaires – que celui des systèmes-experts.

III-2 Mise en œuvre des ERP

Après avoir évoqué les avantages et inconvénients d'un ERP, nous en précisons les limites sur le plan de la gestion (les limites méthodologiques venant d'être évoquées).

III-2.1 Les avantages et inconvénients d'un ERP

De nombreux auteurs (parmi lesquels Peaucelle, [330], Schtub, 1999, [385]) listent les avantages et inconvénients des ERP. Nous les complétons par quelques remarques additionnelles liées à ce qui a été dit précédemment.

L'appel à un ERP présente de nombreux avantages parmi lesquels on peut citer.

- Par rapport à une solution de développement spécifique, cette approche permet de réduire sensiblement le temps nécessaire pour définir une nouvelle solution en s'appuyant sur un **catalogue des meilleurs processus**¹, bénéficiant donc des meilleures expertises. Les modules retenus restent alors à adapter et à implémenter. Le gain de temps dans la mise en œuvre de la décision dépend de la «distance» entre la situation actuelle et la cible. Signalons que des enquêtes font état d'une durée moyenne d'implantation de près de deux ans.
- Indépendamment du fait qu'«éviter de réinventer l'eau chaude» est préférable, le client d'un ERP n'a pas à supporter le coût élevé de création et de maintenance de systèmes «maison». Il évite le risque de perte de compétences liées aux développeurs de l'entreprise (ou de la SSII appelée en maîtrise d'œuvre) qui sont souvent fortement exposés aux attrait du «turn-

1. Ce qui pose implicitement le problème de la qualification de ces processus : qui attribue ce label ? sur quelles bases ? sous quelles conditions d'application ? On retrouve ce problème dans l'approche de la chaîne logistique (§ I-2, page 895 du chapitre XIV).

over», ce qui induit un risque important sur l'évolutivité du logiciel. Enfin, l'audit déjà réalisé sur certains modules, en particulier sur ceux qui ont trait à de l'information réglementairement encadrée, garantit la qualité des informations produites, ce qui évite toute une série de contrôles habituellement effectués.

- Il découle de ce qui précède que l'appel à un ERP peut limiter les risques de dérives de coûts et de délai dans la recherche et la définition d'une solution évolutive, à condition que ce projet soit correctement géré.
- Enfin, pour avoir une vision globale et pertinente des nouveaux processus, la solution de développements spécifiques implique des expertises de modélisation peu souvent disponibles en interne. Dans la solution ERP, ces spécialistes n'existent pas non plus, mais les méthodologies éprouvées mises en œuvre permettent une formation des participants au projet ERP, à l'analyse des processus et leur amélioration. Schtub (1999, [385]) souligne avec raison que ceci contribue à l'apprentissage organisationnel au sens de d'Argyris et Schon (1978, [20]) pour qui l'apprentissage organisationnel implique la détection et la correction d'erreur soit sans remise en cause de normes, objectifs et politiques (simple boucle d'apprentissage), soit avec remise en cause d'un ou plusieurs de ces éléments (double boucle d'apprentissage). On est clairement ici dans le cadre de la double boucle.

Cette solution présente aussi des inconvénients.

- Tout d'abord, la flexibilité de cette approche est réduite, elle oblige le plus souvent à se plier aux standards, ce qui n'est pas sans poser de nombreux problèmes. L'adéquation des processus de l'ERP aux spécificités du système productif et de son environnement socio-économique est plus ou moins bonne et cela conduit parfois à vouloir plier l'organisation à l'ERP plutôt que l'inverse¹. À partir de ce qui a été dit sur la relation entre processus et schéma conceptuel des données, il est évident l'adjonction de propriétés à des relations existantes (au sens des BDR) ne pose pas de problème contrairement à l'adjonction de nouvelles entités inexistantes dans l'ERP. Ceci est particulièrement gênant lorsque l'on décide de travailler avec un niveau de détail plus ou moins poussé (regroupement de charges ou de ressource, par exemple), ce qui se traduit par des nomenclatures hiérarchiques avec création de nouvelles entités.
- L'efficacité de ces processus de référence présente un caractère contingent, car elle est très certainement conditionnée par le respect d'un certain contexte technique, économique et social.
- L'entreprise qui fait d'un ERP le cœur de son système d'information prend le risque de dépendre de son fournisseur, tant sur sa capacité à suivre les évolutions technologiques que dans celle de coller aux évolutions des besoins des utilisateurs.
- Le recours à des processus «certifiés efficaces» ne procure plus un avantage compétitif dès lors que leur usage est généralisé. À cela, on peut rétorquer

1. On retrouve là le propos de Berry sur la façon dont les technologies mises en œuvre conditionnent les organisations (1983, [48]).

que la différenciation doit jouer surtout sur les processus principaux sur lesquels l'entreprise fonde son avantage compétitif.

- Les ERP ont des limites, mais celles-ci reculent rapidement. En 2000, les ERP restent surtout orientés vers la satisfaction du *back office* et des efforts sont accomplis pour mieux prendre en compte les processus du *front office*, qu'il soit en contact direct avec la clientèle ou non (eCommerce ou *web office* et places de marché virtuelles), dans une optique de chaîne logistique.

Enfin, il convient de ne pas oublier que l'amélioration de certains processus repose sur une amélioration ou l'introduction d'outils de gestion (règles associées à des décisions programmables, utilisation de systèmes d'aide à la décision...) qui ne relève pas de la problématique des ERP. Plus on s'engage dans des traitements sophistiqués d'informations élémentaires pour aboutir à des « indicateurs », moins on a de chances de rester dans une problématique ERP.

III-2.2 Implantation d'un ERP

La mise en place d'un ERP étant longue et coûteuse¹, il est souhaitable de s'appuyer sur une structure de projet qui réfléchit sur les processus, les métiers et les nouvelles ressources informationnelles et procédurales à mettre en place pour améliorer la productivité. Il est préférable de commencer par appliquer la démarche aux processus considérés comme non stratégiques afin de pouvoir se concentrer sur les processus stratégiques, les autres processus étant pris en charge par des applications tierces, le plus souvent interfacées à la base de données de l'ERP.

La définition des processus-cibles s'effectue par une équipe qui comporte les représentants des différentes fonctions, mais il convient de veiller à ce que le point de vue des services ne soit pas prédominant et à ce que les acteurs choisis acceptent de réfléchir dans une perspective d'amélioration globale des processus. En général, ils n'ont pas de connaissance en matière de modélisation de processus et il convient de les former, pour les amener à prendre du recul.

D'une certaine façon, la mise en place des ERP s'avère plus facile que celle du *reengineering*², parce que la refonte des systèmes d'information est perçue comme inéluctable et que la « caution » de performance des processus élémentaires permet de vaincre plus facilement les réticences et les pesanteurs sociologiques. Par rapport au *reengineering*, l'approche ERP permet de gagner du temps en conception, puisqu'il n'y a pas à chercher de solution innovante et que l'on se contente de choisir des processus élémentaires. Cela étant, en dépit de ce qu'écrivent certains spécialistes (Curran et Ladd, 2000, [115]), les changements induits sont sans doute comparables : des informations doivent être reformatées ou créées pour une conformité aux nouveaux standards et de nouvelles procédures et nouveaux rôles doivent être définis et mis en œuvre, avec ce que cela peut impliquer sur le plan individuel. Les témoignages de difficultés de mise en œuvre (Cliff,

1. Aux États-Unis, en 1999, des études de cabinets spécialisés faisaient état des valeurs moyennes suivantes : mise en place en 23 mois, coût de 1,5 million de dollars. Peaucelle (1999, [330]) présente une bonne analyse des problèmes et des coûts engendrés par la mise en place d'un ERP.

2. Les problèmes rencontrés dans l'application de cette démarche conduisent à de nombreux échecs et l'association souvent abusive entre le *downsizing* et le *reengineering* rend cette démarche de plus en plus difficile à accepter chez les salariés.

1999, [98]) montrent qu'en définitive le changement via ERP n'est guère plus facile que celui via le *reengineering*.

La conception modulaire retenue permet théoriquement de s'adapter à n'importe quel environnement, mais, en réalité, la structure du schéma conceptuel de données n'est compatible qu'avec un nombre limité de procédures et de configurations de systèmes productifs existants, ce qui s'explique par des raisons organisationnelles et par les raisons techniques évoquées au § III-1.3.1, page 963. Dès lors, l'implantation de tels logiciels est non seulement coûteuse et longue, mais elle implique souvent des adaptations génératrices de nombreux problèmes socio-organisationnels¹. Cela étant, l'hétérogénéité intra- et inter-entreprise des systèmes d'information pose des problèmes de plus en plus difficiles qu'il faudra bien résoudre tôt ou tard. Il est cependant préférable d'y aller progressivement car il est difficile et trop risqué de tout changer en même temps : on ne retient alors que les seuls modules jugés intéressants, les autres processus étant pris en charge par des applications tierces le plus souvent interfacées à la base de données de l'ERP.

III-2.3 L'utilisation d'un ERP dans une approche de chaîne logistique

Dans la souplesse offerte par un ERP, on a vu que les fonctions ou tâches d'un processus sont prises en charge par des unités organisationnelles. Rien ne s'oppose à une utilisation d'un ERP dans une optique traditionnelle de processus élémentaires confiés à des services. La programmation événementielle procure une amélioration par rapport aux approches traditionnelles en répercutant automatiquement des informations d'un processus à un autre et en activant automatiquement certains d'entre eux. Cela étant, le cloisonnement des services favorise les arbitrages locaux (dates de livraison promises par le commercial sans tenir compte des possibilités de la production, etc.) et conduit à une absence de visibilité du processus global devant satisfaire la demande d'un client.

L'approche de la chaîne logistique intégrée n'est possible que dans le cadre d'une intégration informationnelle que, pratiquement, seuls les ERP offrent ou certains systèmes d'information interconnectés par EDI (voir page 931), sous certaines conditions (répercussion immédiate et à tous les échelons pertinents, de l'information dans le système récepteur). Sa mise en œuvre implique également de définir autrement les unités organisationnelles et les processus dont elles ont la responsabilité (voir chapitre III, § I-2.4, page 167).

SECTION IV GESTION DE LA QUALITÉ

La maîtrise de la qualité des produits et services est une préoccupation qui remonte à l'antiquité et qui, à l'ère pré-industrielle, a principalement été traitée par le biais de réglementations de la puissance publique² et de corporations professionnelles, régulant l'accès et l'exercice d'un métier. La révolution industrielle qui vise à obtenir une certaine production de masse provoque des efforts de standardisation des produits et des processus³, ayant une incidence sur la qualité. Dès la

1. Voir, par exemple, Davenport (1998, [121]) et Cliffe (1999, [98]).

2. Par exemple, le code d'Hammourabi comporte des normes techniques à respecter dans la construction de bâtiments et les sanctions encourues en cas de non-respect.

fin du XIXe siècle, le courant de l'organisation scientifique du travail met en place des procédures d'**inspection de la qualité**. Il s'agissait alors de vérifier la conformité de produits à des spécifications techniques requises (limites de tolérance à respecter). Au lendemain de la première guerre mondiale, le passage progressif à une production de masse rend de plus en plus difficile le contrôle systématique de la production, alors que les nouvelles organisations du travail multiplient les problèmes de qualité. Simultanément, la vision déterministe des processus de production, niant implicitement le caractère inéluctable d'une certaine dispersion des caractéristiques des produits, cède progressivement la place à une vision stochastique, permettant le développement du **contrôle statistique de la qualité**. On utilise alors des cartes de contrôle¹ pour interpréter les observations faites sur un échantillon aléatoire, pour décider de la conformité d'un lot d'articles produits ou achetés. Au lendemain de la première guerre mondiale, un pas supplémentaire est franchi avec l'**assurance de la qualité**². En déplaçant le contrôle des produits vers celui des processus, c'est une approche de prévention des problèmes de qualité qui est proposée, la qualité se créant dans les processus; ceux-ci font l'objet d'une attention nouvelle, d'inspiration systémique, dans un environnement jusqu'alors marqué par une division du travail conduisant à privilégier une vision locale des problèmes. Ce mouvement, concomitant à celui de la création du marketing, se caractérise également par l'émergence du client et de ses attentes dans la définition des spécifications des produits et, corrélativement, l'usage de normes comme argument commercial. Au cours de ces deux dernières décennies, s'est développé le **Management par la Qualité Totale** (ou le **Total Quality Management, TQM**). Il s'agit à la fois d'une extension de l'application de l'assurance de la qualité sur l'ensemble de la chaîne logistique et d'un nouvel élargissement de périmètre, considérant que l'amélioration de la qualité implique d'aller au-delà des processus et que c'est l'ensemble de l'organisation qui est concerné³, impliquant une autre vision de la gestion des ressources humaines.

IV-1 Les normes ISO 9000

L'ISO (*International Standard Organisation*⁴) est une fédération mondiale de plus de 130 organismes nationaux de normalisation; il s'intéresse à l'ensemble des domaines scientifiques et techniques à l'exception de l'ingénierie électrique et électronique (couverts par le CEI). Le principal organisme de normalisation français est l'AFNOR (www.afnor.fr) qui est membre de l'ISO. La vocation de tels organismes est la production de normes.

3. Sur cette question de la standardisation, voir le [chapitre II, page 133](#).

1. Le fondateur de cette «révolution conceptuelle» est W. A. Shewart qui publie en 1931 *Economic control of manufactured products*, après avoir jeté les bases de son approche, en 1925, dans un article du *Journal of the American Statistical Association*.

2. Pour une présentation synthétique de ces outils statistiques du contrôle de la qualité, le lecteur peut se reporter à l'ouvrage de Daudin & Tapiero (1996, [119]).

3. À l'origine de ce mouvement, on trouve l'utilisation faite après la seconde guerre mondiale des travaux de Deming et Juran par l'industrie japonaise, ceux de Feigenbaum aux États-Unis. À partir des années soixante, les Japonais mettent en place les cercles de qualité. À la fin des années quatre-vingt, le *kaizen* (voir [page 70](#)) reprend, de manière plus globale et systématique, les conditions organisationnelles de l'amélioration continue.

4. Organisation Internationale de Normalisation, selon la version française des normes; son site est www.iso.ch.

Une **norme** est un ensemble publié de recommandations permettant le traitement d'une classe de problèmes répétitifs, le plus souvent génériques et librement¹ adopté par des entreprises pour gérer certains aspects de leurs relations contractuelles avec leurs clients (entreprises ou particuliers). Ces normes reflètent un compromis daté se traduisant par une certaine répartition des risques techniques et économiques entre les parties qui échangent un produit ou une prestation ; l'évolution de l'environnement technico-économique conduit inéluctablement à des adaptations périodiques de normes, à l'abandon de certaines et à la création d'autres.

La famille des normes ISO 9000 (AFNOR, 2001, [6]) a été élaborée pour aider les organismes², de tous types et de toutes tailles, à mettre en œuvre et à appliquer des systèmes de management de la qualité efficaces. Ces normes³ forment un ensemble cohérent relatif aux systèmes de management de la qualité et facilitent la compréhension mutuelle dans le cadre des échanges commerciaux nationaux et internationaux.

IV-1.1 La norme ISO 9000 (décembre 2000)

La norme NF EN ISO 9000 (indice de classement X 50-130) décrit les principes essentiels des systèmes de management de la qualité et en spécifie la terminologie. Elle ne peut pas faire l'objet d'une demande de certification par une entreprise.

Les clients exigent des produits⁴ et des services dont les caractéristiques répondent à leurs besoins et leurs attentes. Ces besoins et attentes sont exprimés dans des spécifications désignées globalement par l'expression «exigences des clients». Ces exigences peuvent être spécifiées contractuellement par le client ou déterminées par l'entreprise. Dans chacun de ces cas, c'est le client qui, en définitive, détermine l'acceptabilité du produit et des services. Dans ces conditions, la norme définit la **qualité** comme «l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences». Dans cette définition, le terme intrinsèque, utilisé par opposition à «attribué», signifie présent dans quelque chose, notamment en tant que caractéristique permanente. L'évolution de l'environnement technique, économique et social modifiant les besoins et attentes des clients⁵, les entreprises sont amenées à améliorer leurs produits et processus de manière continue.

Table des
matières

Index
thématique

1. *Note de la page précédente.* Contrairement aux lois et règlements, qui s'imposent à tous. Dans la production de l'AFNOR, il convient de distinguer les normes (préfixe NF; par exemple, la norme NF EN ISO 9000 a, en outre, le statut de norme européenne (préfixe EN) et reproduit intégralement la norme ISO), des fascicules de documentation (préfixes FD) orientés vers la description de bonnes pratiques. On peut ajouter que le CEN (Comité Européen de Normalisation; site www.cenorm.be) a pour objet d'harmoniser les normes de 19 pays européens; ces normes européennes garantissent un niveau minimal de performance et de sécurité qui permet la libre circulation dans la CEE des produits qui les respectent (estampillage CE).

2. Ce terme, plus général que celui d'entreprise, est systématiquement utilisé dans ces normes. Nous le reprenons donc ici.

3. Dans les paragraphes qui suivent, de larges citations proviennent de ces normes pour éviter d'en déformer la teneur. Ces citations ne sont pas repérées en tant que telles et sont assorties de commentaires.

4. Cette définition inclut quatre catégories génériques de produits: les services, les «softwares» correspondant à la création d'une information ou d'une procédure, les produits matériels et les produits issus de processus à caractère continu. On retrouve toutes les catégories de production présentées dans le chapitre introductif, [page 44](#). On a conservé ici la terminologie retenue dans cet ouvrage, qui ne distingue que les produits et les services et, en ce qui concerne les produits, ne s'attache pas au caractère discret ou continu du mode de production.

5. Voir, sur ce point, les discussions du § I-4, [page 107](#), du [chapitre II](#).

Cette norme fonde les systèmes de management conçu pour une amélioration continue des performances, tout en répondant aux besoins de toutes les parties intéressées (voir [figure 233, page 975](#)), sur **huit principes fondamentaux** (qui constituent la base des normes de systèmes de management de la qualité de la famille ISO 9000).

- *Orientation client* - Les organismes dépendent de leurs clients, il convient donc qu'ils en comprennent les besoins présents et futurs, qu'ils satisfassent leurs exigences¹ et qu'ils s'efforcent d'aller au-devant de leurs attentes.
- *Leadership* - Les dirigeants établissent la finalité et les orientations de l'organisme. Il convient qu'ils créent et maintiennent un environnement interne dans lequel les personnes peuvent pleinement s'impliquer dans la réalisation des objectifs de l'organisme. Dans la norme, l'accent est mis sur le management de la qualité. La politique qualité et les objectifs-qualité de l'organisme sont définis par la direction, qui doit la promouvoir à tous les niveaux de l'organisme pour accroître la sensibilisation, la motivation et l'implication, qui doit aussi s'assurer que les exigences des clients représentent une priorité à tous les niveaux de l'organisme et que les processus appropriés sont mis en œuvre pour permettre de répondre aux exigences des clients. Un système de management de la qualité efficace et efficient doit être mis en place et tous les moyens nécessaires, mobilisés pour atteindre ces objectifs. La façon d'exercer le *leadership* a un impact important sur le principe suivant.
- *Implication du personnel* - Les personnes à tous niveaux sont l'essence même d'un organisme et une totale implication de leur part permet d'utiliser leurs aptitudes au profit de l'organisme.
- *Approche Processus* - Un résultat escompté est atteint de façon plus efficace lorsque les ressources et activités afférentes sont gérées comme un processus. L'objet de la norme ISO 9000 est d'encourager l'adoption de l'**approche processus**² pour gérer un organisme, laquelle est définie comme l'identification et le management méthodiques des processus utilisés dans un organisme, et plus particulièrement les interactions de ces processus, ce qui renvoie au principe suivant.
- *Management par approche système* - Identifier, comprendre et gérer des processus corrélés comme un système, contribue à l'efficacité et l'efficience de l'organisme.
- *Amélioration continue* - Il convient que l'amélioration continue de la performance globale d'un organisme soit un objectif permanent de l'organisme. Il

1. Le fascicule FD X 50-179 de l'AFNOR (décembre 2000) propose un guide d'identification des exigences client. Le fascicule de documentation FD X 50-172 de l'AFNOR (mars 1999) propose une méthodologie pour la conduite d'enquêtes de satisfaction client.

2. *Note de la page précédente.* Le fascicule FD X 50-176 de l'AFNOR (juin 2000) propose des lignes directrices pour aider à comprendre cette approche processus et propose des recommandations pour le déploiement de cette approche dans un organisme. Il propose de distinguer 8 catégories de processus (mis en relation étroite avec la norme ISO 9001):

- un processus de direction: management de la qualité de l'organisme;
- cinq processus de réalisation: processus client, organisation et ordonnancement de la réalisation du produit, conception du produit, approvisionnement des éléments nécessaires à la réalisation, production du produit;
- deux processus de support: ressources humaines, ressources liées aux infrastructures.

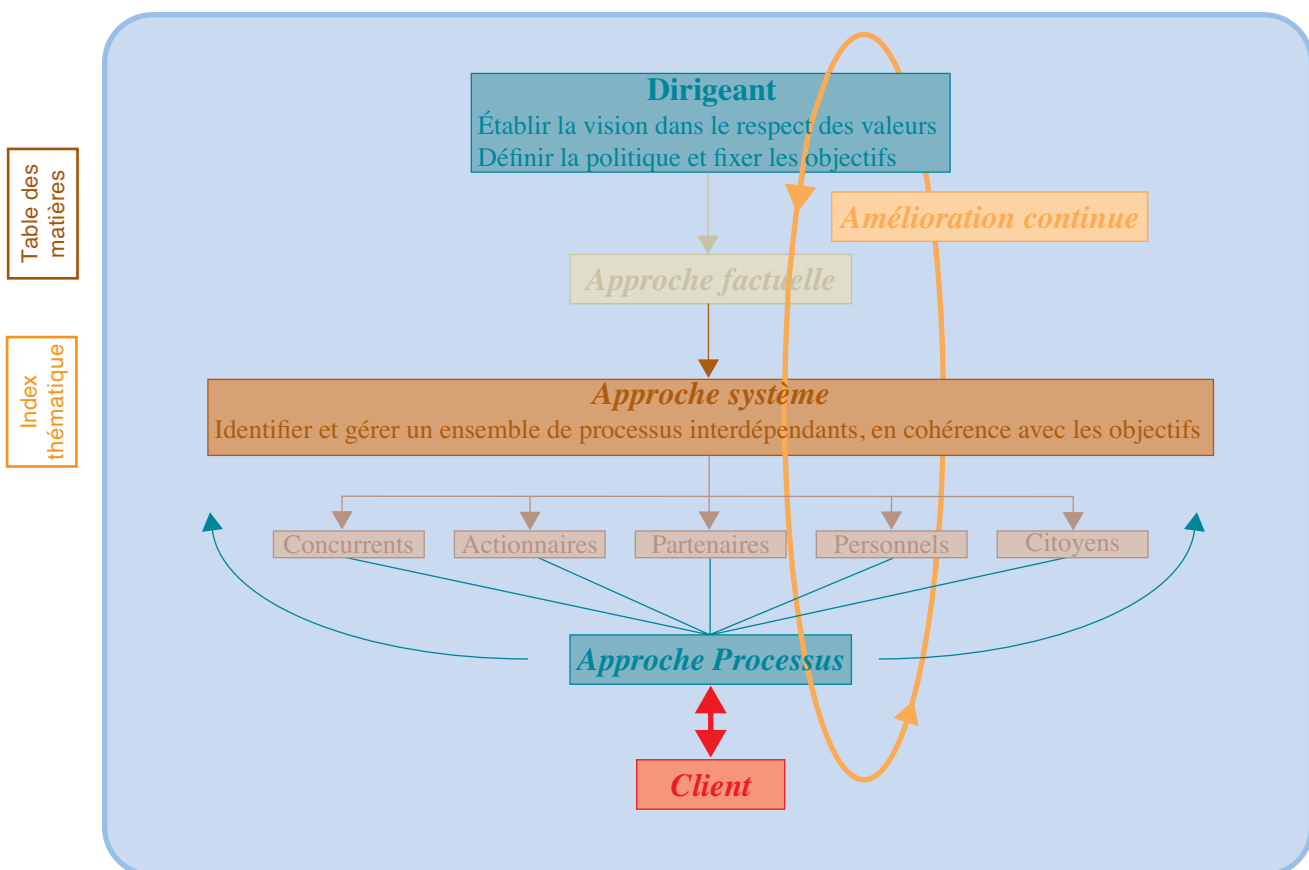
Rappelons que la problématique des processus a été introduite au [chapitre I, § I-3, page 67](#). et que les problèmes de cartographie des processus sont abordés au [chapitre III, § I-2.3, page 160](#).

est fait explicitement référence dans ces normes à la roue de Deming (voir [figure 12, page 71](#)). Cette amélioration implique de disposer d'indicateurs et de tableaux de bord¹, mais aussi que l'on puisse évaluer l'efficacité du système qualité mis en place².

- *Approche factuelle pour la prise de décision* - Les décisions efficaces se fondent sur l'analyse de données et d'informations. Dans cette optique, les techniques statistiques permettent une meilleure compréhension et prise en compte de la variabilité de caractéristiques mesurables des produits et des processus³. Ce principe de décisions fondées sur des données objectives et non sur de simples impressions ou rumeurs se retrouve dans tous les écrits sur la qualité.
- *Relations mutuellement bénéfiques avec les fournisseurs* - L'organisme et ses fournisseurs sont interdépendants et des relations mutuellement bénéfiques augmentent les capacités des deux organismes à créer de la valeur.

FIGURE 233

Schéma de chaînage des principes de management de la qualité avec les acteurs de l'organisation (source FD X 50-173, in AFNOR, 2001, [6])



1. Le fascicule FD X 50-171 de l'AFNOR (juin 2000) propose une méthodologie pour concevoir, mettre en place et animer un système d'indicateurs et de tableaux de bord.

2. Le fascicule FD X 50-174 de l'AFNOR (septembre 1998) fournit les lignes directrices sur l'évaluation de l'efficacité d'un système qualité avec la définition de l'approche d'évaluation sous forme d'une grille, la démarche pour la construire et la façon de l'utiliser.

3. La norme ISO/TR 10017, non reprise en norme NF, fournit des conseils sur l'utilisation des techniques statistiques dans un système de management de la qualité.

Selon les promoteurs de cette norme, l'usage d'un **système de management de la qualité** (dont les exigences font l'objet de la norme ISO 9001) incite les organismes à analyser les exigences des clients, à définir les processus qui contribuent à la réalisation d'un produit acceptable pour le client et à en maintenir la maîtrise. Il peut fournir le cadre d'amélioration continue permettant d'accroître la probabilité de satisfaire les clients et les autres parties intéressées. Enfin, il apporte, à l'organisme et à ses clients, la confiance en son aptitude à fournir des produits qui satisfont aux exigences. Ce système de management de la qualité doit être périodiquement audité¹ pour en évaluer l'efficacité et identifier les opportunités d'amélioration. On distingue trois types d'audit :

- Les audits de première partie sont effectués par l'organisme pour ses besoins internes et peuvent servir de base à une autodéclaration de conformité.
- Les audits de seconde partie sont effectués par des clients de l'organisme ou par d'autres personnes pour le compte du client.
- Les **audits de tierce partie** sont effectués par des organismes externes et indépendants. Ces organismes, généralement accrédités, fournissent la certification ou l'enregistrement de la conformité à des exigences telles que celles de l'ISO 9001.

Une **démarche** permettant de développer et de mettre en œuvre un système de management de la qualité, mais aussi d'entretenir et d'améliorer un système de management de la qualité existant, comporte plusieurs étapes, telles que :

- la détermination des besoins et des attentes des clients et des autres parties intéressées ;
- l'établissement de la politique qualité et des objectifs « qualité » de l'organisme ;
- la détermination des processus et des responsabilités nécessaires pour atteindre les objectifs « qualité » ;
- la détermination et la fourniture des ressources nécessaires pour atteindre les objectifs « qualité » ;
- la définition des méthodes permettant de mesurer l'efficacité et l'efficience de chaque processus ;
- la mise en œuvre de ces méthodes pour mesurer l'efficacité et l'efficience de chaque processus ;
- la détermination des moyens permettant d'empêcher les non-conformités et d'en éliminer les causes ;
- l'établissement et l'application d'un processus d'amélioration continue du système de management de la qualité.

Dans ce système de management de la qualité, la **documentation**, qui relève des systèmes d'information de l'organisation, est une activité à valeur ajoutée qui permet la communication des objectifs et la cohérence des actions. Son utilisation contribue à réaliser la conformité aux exigences des clients et l'amélioration de la qualité ; c'est aussi un support de formation permettant d'assurer la répétabilité et

1. Les normes NF EN 30011-1, NF EN 30011-2 et NF EN 30011-3 (août 1993 ; indice X 50-136-1, X 50-136-2 et X 50-136-3) décrivent les lignes directrices à suivre en matière d'audit des systèmes qualité. On les retrouve dans AFNOR (2001, [6]).

la traçabilité et de fournir, si nécessaire, des preuves tangibles; enfin, cette documentation doit permettre l'évaluation du système de management de la qualité. Une typologie des documents utilisés dans les systèmes de management de la qualité est proposée par cette norme :

- les **manuels qualité** qui fournissent des informations cohérentes, en interne et à l'extérieur, concernant le système de management de la qualité;
- le **plan qualité** qui définit de quelle manière le système de management de la qualité s'applique à un produit, un projet ou un contrat spécifique;
- les **spécifications** qui sont des documents formulant des exigences;
- les **lignes directrices** qui sont des documents formulant des recommandations ou des suggestions;
- les documents fournissant des informations sur la manière de réaliser des activités et des processus de manière cohérente; ces documents peuvent inclure des documents de procédures, des instructions de travail, des plans;
- les **enregistrements** qui sont des documents fournissant des preuves tangibles de la réalisation d'une activité ou de résultats obtenus.

IV-1.2 La norme ISO 9001 (décembre 2000)

La norme NF EN ISO 9001¹ (indice de classement X 50-131), établie à des fins de certification par les entreprises, spécifie les exigences relatives à un Système de Management de la Qualité (SMQ) lorsqu'un organisme :

- doit démontrer son aptitude à fournir régulièrement un produit² conforme aux exigences des clients et aux exigences réglementaires applicables,
- vise à accroître la satisfaction de ses clients par l'application efficace du système, y compris les processus pour l'amélioration continue du système et l'assurance de la conformité aux exigences des clients et aux exigences réglementaires applicables.

Cette norme s'appuie sur la norme ISO 9000 et fournit un ensemble de principes à respecter, sans chercher à uniformiser les structures et documentation des SMQ. Elle se fonde sur une **approche processus** qui permet de maîtriser les relations entre les processus au sein du système de processus, ainsi que sur leurs combinaisons et interactions. Utilisée dans un système de management de la qualité, cette approche souligne l'importance :

- de comprendre et de satisfaire les exigences;
- de considérer les processus en termes de valeur ajoutée;
- de mesurer la performance et l'efficacité des processus;
- d'améliorer en permanence des processus sur la base de mesures objectives.

Cette focalisation sur les processus implique, selon cette norme, que l'organisme :

1. La version 2000 de cette norme annule et remplace la version 1994 de cette norme ainsi que la norme NF EN ISO 9002 portant sur «Système qualité - Modèle pour l'assurance de la qualité en production, installation et prestations associées» et la norme NF EN ISO 9003, «Système qualité - Modèle pour l'assurance de la qualité en contrôle et essais finals».

2. et services (voir note 4 de la page 973).

- identifie les processus nécessaires au système de management de la qualité et leur application dans tout l'organisme,
- détermine la séquence et l'interaction de ces processus,
- détermine les critères et les méthodes nécessaires pour assurer l'efficacité du fonctionnement et de la maîtrise de ces processus,
- assure la disponibilité des ressources et des informations nécessaires au fonctionnement et à la surveillance de ces processus,
- surveille, mesure et analyse ces processus,
- met en œuvre les actions nécessaires pour obtenir les résultats planifiés et l'amélioration continue de ces processus.

Les exigences en matière de **documentation** qui en découlent sont précises. Cette documentation doit comprendre :

- l'expression documentée de la politique qualité et des objectifs « qualité » ;
- un *manuel qualité* qui précise le domaine d'application du système de management de la qualité (y compris le détail et la justification des exclusions), les procédures documentées établies pour le système de management de la qualité ou la référence à celles-ci, et une description des interactions entre les processus du système de management de la qualité ;
- les procédures documentées exigées par la présente Norme internationale ;
- les documents nécessaires à l'organisme pour assurer la planification, le fonctionnement et la maîtrise efficaces de ses processus ;
- les *enregistrements* exigés par la norme ISO 9001 et devant être maîtrisés ; ceci implique que ces enregistrements sont établis et conservés pour apporter la preuve de la conformité aux exigences et du fonctionnement efficace du système de management de la qualité ; par ailleurs, ils doivent rester lisibles, faciles à identifier et accessibles et une procédure documentée doit être établie pour assurer l'identification, le stockage, la protection, l'accessibilité, la durée de conservation et l'élimination des enregistrements.

Ces documents requis pour le système de management de la qualité doivent être **maîtrisés**, ce qui implique qu'une procédure documentée doit être établie pour :

- approuver les documents quant à leur adéquation avant diffusion ;
- revoir, mettre à jour si nécessaire et approuver de nouveau les documents ;
- assurer que les modifications et le statut de la version en vigueur des documents sont identifiés ;
- assurer la disponibilité sur les lieux d'utilisation des versions pertinentes des documents applicables ;
- assurer que les documents restent lisibles et facilement identifiables ;
- assurer que les documents d'origine extérieure sont identifiés et que leur diffusion est maîtrisée ;
- empêcher toute utilisation non intentionnelle de documents périmés, et les identifier de manière adéquate s'ils sont conservés dans un but quelconque.

L'organisme doit déterminer les activités de **surveillance et de mesure** à entreprendre et les dispositifs de surveillance et de mesure nécessaires pour apporter la preuve de la conformité du produit aux exigences déterminées. Il doit planifier et mettre en œuvre les processus de surveillance, de mesure, d'analyse et d'amélioration.

ration nécessaires pour démontrer la conformité du produit, pour assurer la conformité du système de management de la qualité et pour améliorer en permanence l'efficacité du système de management de la qualité. Ceci doit inclure la détermination des méthodes applicables, y compris les techniques statistiques, ainsi que l'étendue de leur utilisation.

L'organisme doit **améliorer en permanence l'efficacité du SMQ** en utilisant la politique qualité, les objectifs «qualité», les résultats d'audit, l'analyse des données, les actions correctives et préventives ainsi que la revue de direction. L'amélioration de la qualité des produits relève d'une démarche de qualité totale telle qu'envisagée par la norme ISO 9004. L'amélioration de la qualité est vue ici au travers d'**actions correctives** (adaptées aux effets des non-conformités rencontrées et visant à éliminer les causes de non-conformités afin d'éviter qu'elles ne se reproduisent) et **préventives** (adaptées aux effets des problèmes potentiels et visant à éliminer les causes de non-conformités potentielles afin d'éviter qu'elles ne surviennent).

Enfin, cette norme définit un certain nombre d'exigences par grande catégorie de processus¹, mais que nous n'examinerons pas, puisque ce qui nous intéresse ici c'est principalement les systèmes d'information.

IV-1.3 La norme ISO 9004 (version 2000)

La norme ISO 9004 «Systèmes de management de la qualité - Lignes directrices pour l'amélioration des performances» n'a pas été établie à des fins de certification par les entreprises. L'objet de cette norme, recommandée comme guide pour les organismes dont la direction souhaite aller au-delà des exigences de l'ISO 9001, est l'amélioration des performances de l'organisme et la satisfaction des clients et des autres parties intéressées. Elle reprend la structure retenue par la norme ISO 9001 qu'elle cite très largement à travers des encarts. À chaque fois, elle propose un certain nombre de principes susceptibles de faciliter l'amélioration de performance ou l'accroissement de la satisfaction.

1. Voir la typologie retenue dans la note 2 de la page 974.

