

L'entreprise industrielle

par **Jean-Pierre DAL PONT**

Vice-président industriel de Rhodia Asie/Pacifique

1. Management de l'entreprise	AG 10v2 — 2
1.1 Vocation et fonctionnement de l'entreprise	— 2
1.2 Interface business/technologie	— 4
1.3 La chaîne de la commande	— 4
1.4 Approche produit — marché — compétitivité.....	— 5
2. Conception de produits	— 5
2.1 Innovation	— 5
2.2 De la conception à l'industrialisation.....	— 6
2.3 Notion de cycle de vie	— 6
3. Industrialisation	— 7
3.1 Conception des moyens de production.....	— 7
3.2 Caractéristiques d'un projet d'industrialisation	— 10
3.3 Le dossier d'investissement	— 11
3.4 Les acteurs du projet.....	— 12
3.5 Typologie et suivi de projet	— 12
3.6 Construction et démarrage des usines et ateliers	— 13
4. Gestion de la production	— 14
4.1 Perception actuelle	— 15
4.2 Gestion au niveau du siège	— 15
4.3 Gestion des usines	— 16
4.4 L'usine performante.....	— 17
5. Management logistique	— 18
Références bibliographiques	— 18

Cette série d'ouvrages a pour ambition de donner les notions de base concernant la conception des produits industriels, leur industrialisation, la gestion des moyens mis en œuvre pour leur fabrication et leur distribution aux clients. Elle s'adresse aux concepteurs, aux ingénieurs des sociétés d'études et d'ingénierie, aux responsables de projet, aux directeurs industriels et des opérations, aux techniciens impliqués dans le processus de fabrication, incluant les ingénieurs des services méthodes, de maintenance, des moyens généraux, et à toutes les personnes chargées de la logistique au sens large. Elle est également destinée aux élèves des écoles d'ingénieurs et à tous les étudiants qui s'intéressent à l'entreprise industrielle.

Ces volumes se veulent pragmatiques ; ils ont pour but d'apporter des solutions aux problèmes rencontrés par les professionnels cités ci-dessus dans l'exercice de leurs fonctions. Dans un monde en constante mutation, cette collection cherche également à éclairer le lecteur sur les concepts actuels de gestion et à lui apporter des idées d'amélioration.

Les principaux thèmes abordés sont les suivants :

- management de l'entreprise ;
- conception de produits ;
- industrialisation ;
- méthodes de production ;
- gestion des flux ;
- emballage et conditionnement ;
- stockage et manutention ;
- transport ;

autrement dit, toute la chaîne jusqu'aux clients.

Les États-Unis ont profondément marqué le monde industriel ces dernières décades et le marqueront encore une bonne partie du XXI^e siècle. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de donner de temps en temps entre parenthèses la terminologie américaine utilisée universellement... bien que la traduction en ait souvent modifié le sens originel, source parfois de bien des confusions.

1. Management de l'entreprise

1.1 Vocation et fonctionnement de l'entreprise

■ La vocation de l'entreprise industrielle est de satisfaire des clients en leur vendant des produits finis, nécessitant la mise en œuvre de moyens de production. C'est l'existence de ces moyens de production qui la distingue des sociétés de service comme les banques, les sociétés de location de voitures...

Les entreprises industrielles disposent la plupart du temps de moyens de production qui leur sont propres au moins pour les phases critiques, c'est-à-dire les phases pour lesquelles le savoir-faire est déterminant et dont on veut assurer la maîtrise. Les phases qui ne seront pas considérées comme faisant partie du métier de l'entreprise pourront être sous-traitées. La fabrication de produits en phase de développement peut se voir sous-traitée en totalité ou en partie quand l'industriel ne veut pas prendre le risque d'un investissement lourd avant de connaître la réponse du marché.

Il est cependant de plus en plus difficile de différencier les entreprises industrielles des entreprises de service, la notion de service ne cessant de se développer. S'il ne vient plus à l'idée aux entreprises industrielles d'assurer leur gardiennage ou la restauration de leurs salariés, elles font de plus en plus appel à l'extérieur pour intervenir dans leur processus de fabrication proprement dit, pour leurs travaux de maintenance, d'inspection, la production d'utilités, l'ingénierie.

Les produits commercialisés sont généralement le résultat de travaux de Recherche et Développement (R & D) qui absorbent une part importante du résultat des ventes : de quelques pour cent pour les industries de base à largement plus de 10 % pour les industries dites de haute technologie comme l'électronique ou la pharmacie.

Leur fabrication met en œuvre des technologies qui constituent le fondement même du savoir-faire de l'entreprise et qui va lui permettre de se différencier des entreprises concurrentes. La qualité de ce que l'on peut appeler le portefeuille technologique est un des critères de succès de l'entreprise industrielle dans un monde incertain et en constante mutation.

L'entreprise doit aujourd'hui faire face à la globalisation (mondialisation) des économies et à la concurrence accrue qui ne fait que s'amplifier ; il n'y a pratiquement plus de barrières aux échanges commerciaux et à la communication. Dans ce contexte, les entreprises sont obligées de définir leurs stratégies à l'échelle de la planète. C'est ainsi que la « planète village » subit le contrecoup de la crise financière, qui a démarré en Thaïlande en juillet 1997 et agite les places boursières mondiales.

Les pays d'Asie, qui représentent la moitié de l'Humanité, commercialisent des produits de qualité, quand ils n'ont pas complètement accaparé des marchés entiers comme l'audiovisuel ou la moto. À côté d'un Japon vieillissant mais toujours puissant, les « quatre dragons » (Corée du Sud, Singapour, Taïwan, Hong Kong) se sont hissés au niveau international. La Chine avec un milliard trois cent millions d'habitants s'est « éveillée », pour reprendre une expression célèbre, et s'est radicalement métamorphosée [1].

L'économie de production qui a prévalu durant les « Trente Glorieuses » qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, a fait place à une économie de marché. Autrefois, il suffisait « presque » de produire : le client n'avait qu'à prendre ce qu'on lui offrait. Il n'a fallu que deux décennies pour que l'économie de marché renverse les rôles !

Aujourd'hui, le client est redevenu roi ! Il est au centre de toutes les préoccupations ; sa satisfaction est l'enjeu majeur pour l'entreprise dont le fondement même est de vendre. Le client n'a plus que l'embaras du choix pour les produits de grande consommation. Il veut être servi mieux, plus vite. Cela impose à l'entreprise une flexibilité accrue, des produits de meilleure qualité, donc de repenser son mode de fonctionnement.

La survie de l'entreprise tient à sa performance économique, c'est-à-dire à sa rentabilité dont la rentabilité des capitaux engagés pour les investissements, est une composante essentielle.

■ La compétitivité est indispensable pour générer le profit, moteur de l'entreprise

C'est le profit qui va permettre à l'entreprise d'adapter ses moyens de production à la demande en affectant une part de ses ressources à la R & D, aux investissements. Le profit va lui permettre de conserver et développer ses parts de marché.

L'entreprise doit concevoir son outil de production et le mettre en service. C'est ce qu'illustre la figure 1 avec, dans sa partie verticale, le processus d'industrialisation concrétisant le résultat d'études et de recherche en un outil de production et, dans sa partie horizontale, la mise en œuvre de cet outil qui, à partir de matières premières, de pièces et services, d'énergie et de ressources humaines, va conduire aux produits finis qui seront distribués aux clients.

Le concept de *supply chain*, du client au client, repose sur le fait que le fonctionnement de l'outil de production nécessite la maîtrise de trois flux : matières, monétaire et communication.

L'outil industriel nécessite un investissement initial ; son fonctionnement met en œuvre des dépenses d'achat et des coûts opératoires. Pour qu'il y ait profit, il faut donc que le produit des ventes couvre largement les frais des capitaux engagés, les coûts directs et indirects de l'atelier... sans oublier les frais de siège, de recherche et les frais commerciaux.

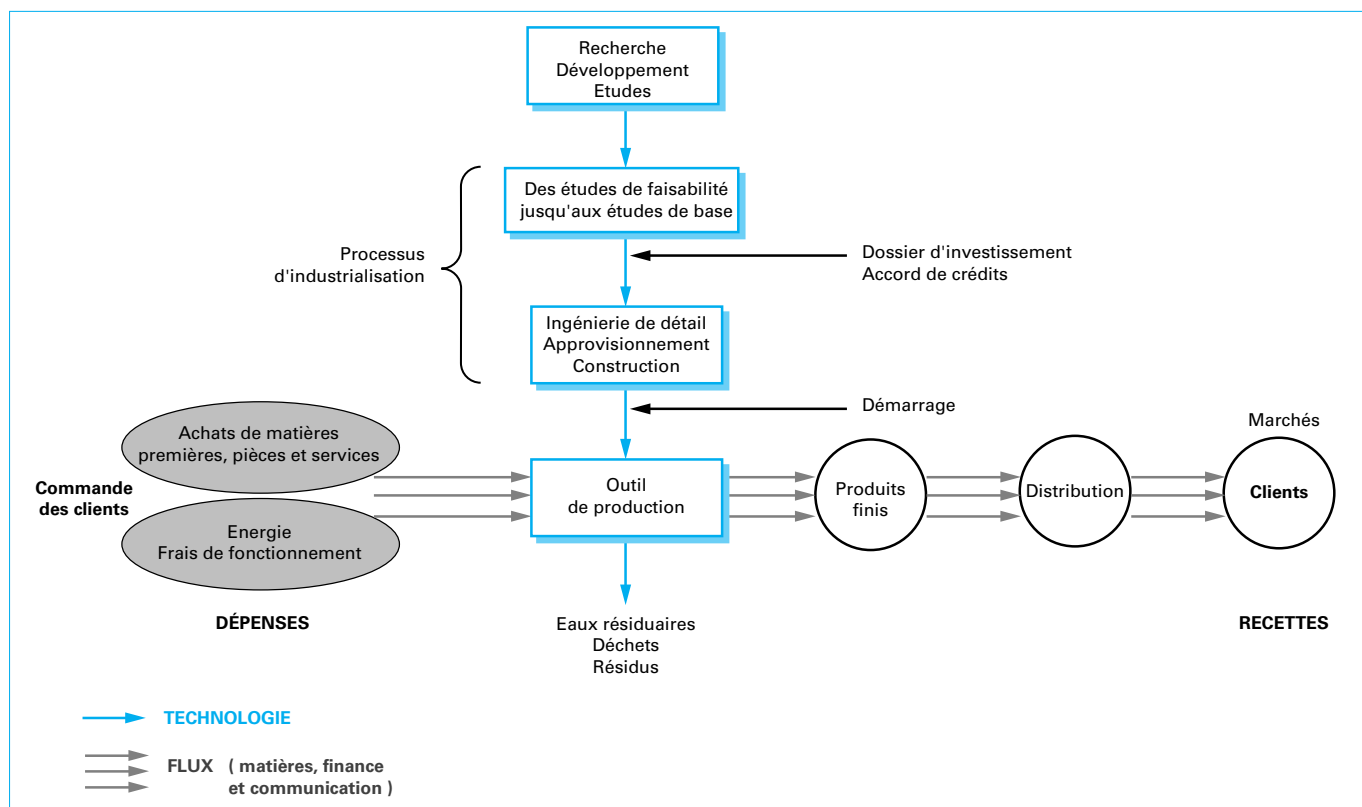


Figure 1 - Relation entre la technologie et la chaîne de la commande, du client au client

C'est le but de l'**analyse financière** que d'évaluer la santé de l'entreprise et le bien-fondé des investissements sans oublier la justification *a posteriori* des recherches.

Au niveau de l'usine, la marge de contribution et la marge brute renseignent rapidement sur la profitabilité instantanée de chaque produit, d'une famille de produits ou de l'usine entière.

Au niveau de l'entreprise, l'exercice se complique puisqu'il faut examiner le bilan et le compte d'exploitation. Chaque entreprise a ses critères ; l'analyse pour être valable doit être faite sur plusieurs années consécutives.

L'entreprise pour gagner doit donc définir sa stratégie.

1.1.1 Stratégie et choix technologiques

Les moyens de production doivent être conçus, réalisés et gérés pour s'aligner en permanence sur une vision à long terme, c'est ce que l'on appelle la *stratégie*.

Dans le contexte socio-économique actuel, il n'y a plus de place pour l'improvisation et l'amateurisme. Il faut plusieurs années pour construire une usine, plusieurs années pour souder des équipes et créer un « esprit de corps ». Les entreprises qui avaient tendance à se disperser ont compris qu'elles devaient clarifier leur mission, c'est-à-dire tout simplement **définir ce qu'elles devaient produire à moyen et long terme**.

La définition de la stratégie va se développer à partir des ressources humaines et financières, des technologies et des moyens de production existants [2]. L'entreprise devra :

- analyser les technologies qu'elle met en œuvre ;
- définir celles où elle a des atouts et qu'elle veut développer ;

– décider des technologies à abandonner, soit parce que l'effort de remise à niveau demanderait des moyens jugés excessifs eu égard des ressources disponibles, soit parce que tout simplement elles intéressent des marchés considérés comme non prioritaires et qui seront abandonnés à moyen ou long terme.

Il s'agit là d'un exercice courageux... et difficile ; il est bien plus difficile qu'il n'y paraît au premier abord de définir ses métiers et encore plus d'avouer que l'on n'est pas bon pour certains !

Le recentrage sur des métiers, des compétences où l'entreprise se doit d'exceller – les Américains parlent de *core competencies* – **est aujourd'hui une condition sine qua non de compétitivité, donc de survie**.

Voilà donc l'entreprise dans l'obligation de faire des choix, qui peuvent consister à l'abandon de certaines recherches, l'achat d'autres entreprises, la fermeture d'ateliers, le lancement d'investissements à l'étranger, la création d'associations (*joint venture*), l'embauche d'hommes clés, etc.

Pour gérer ces nouvelles orientations sans que les remèdes fassent plus de mal que de bien, il est important de comprendre que l'entreprise vit au rythme de deux modes de fonctionnement essentiels [4] :

- le **mode entrepreneurial**, qui consiste à modifier l'existant en gérant un *portefeuille de projets* qui peuvent aller de l'étude de faisabilité d'un investissement à la recherche d'une association avec un tiers, à la fabrication d'échantillons pour tester le marché, à l'étape de démarrage d'un nouvel atelier... ;
- le **mode opérationnel** ou gestion des opérations (recherches, production, administration...) correspond à la gestion au quotidien, indispensable pour créer le profit nécessaire à l'adaptation aux contraintes socio-économiques futures.

Le management stratégique [4] peut être considéré comme le management de l'ensemble projets/opérations. Le lecteur trouvera un éclairage complémentaire dans l'article de J. Quibel [25].

Le management stratégique nécessite une **planification**, c'est-à-dire une formulation claire d'objectifs dans le temps que sous-entend la notion de budget et de plan pluriannuel (en général, trois à cinq ans). Les objectifs doivent être mesurables : volumes des ventes, montant des investissements, besoins en ressources humaines et financières.

1.1.2 Le mode entrepreneurial, le management par projets

Le mode entrepreneurial consiste à infléchir la marche de l'entreprise pour lui donner de nouvelles orientations. Les techniques de gestion actuelles donnent le nom de *projet* à tout ensemble d'opérations liées à un changement. Il n'y a pas de projet au sens strict du terme, s'il n'y a pas à sa tête un patron (*champion*). Ce patron doit pouvoir avoir les moyens de sa politique, c'est-à-dire des ressources humaines et financières... et du temps. Le management par projet en tant que profession est né dans les années 1960 aux États-Unis dans les grands organismes d'état comme le *Department of Defense* ou la *NASA* [7].

Le projet souvent flou au départ nécessite généralement de lancer des études préliminaires (études de faisabilité) pour en discerner le contenu (*scope*), le bien-fondé, donc la rentabilité.

L'étape essentielle d'un projet, c'est l'**ouverture des crédits** qui marque la frontière entre les études et le début de la réalisation. Il s'agit là d'un processus fondamental du fonctionnement de l'entreprise, processus en général irréversible (l'irréversibilité conduisant souvent à des pertes considérables et à des impacts négatifs sur l'image de l'entreprise). Le directeur de projet et son équipe vont vivre des moments exaltants partagés entre satisfaction et frustration engagés à résoudre des crises et des conflits dont les moindres ne sont pas ceux engendrés par l'entreprise elle-même.

Le projet réalisé va rentrer dans sa phase opérationnelle au style différent ; le « robinet » des crédits se referme, la Direction générale attend les résultats. L'équipe du projet est dissoute ; certains membres vont devenir des opérationnels incorporés au projet, d'autres vont partir vers de nouvelles aventures. Transition souvent difficile tant sur le plan de la carrière que sur le plan psychologique : y-a-t-il une vie après le projet ? se demande l'Usine nouvelle [5].

Un projet particulier, c'est le projet d'entreprise. L'entreprise se pose des questions sur sa finalité, son mode de fonctionnement, on pourrait dire sur son existence. Deux ouvrages américains [15] et [16] sont à l'origine d'un terme nouveau, le « *re-engineering* ». L'entreprise se remet en cause de fond en comble... non sans des dégâts parfois, ceux générés par les conflits humains et sociaux qui en résultent n'étant pas des moindres.

1.1.3 Le mode opérationnel, la gestion au quotidien

Le mode opérationnel consiste à **gérer l'existant** en « bon père de famille », pourrions-nous dire, c'est-à-dire à tirer le meilleur parti de l'outil industriel en place. La gestion au quotidien qui n'a peut-être pas le clinquant de l'entrepreneurial et son parfum d'aventure doit générer le profit, « nerf » de tout développement de l'entreprise.

Ce type de gestion met en œuvre des techniques de plus en plus pointues dans les domaines de la mesure de la performance (tableaux de bord), de la maintenance, la gestion et la formation du personnel, la sécurité, l'environnement, les moyens d'études pour ne citer que les organes essentiels de l'usine. Tout cela s'exerce dans un contexte où les contraintes écologiques pèsent de plus en plus lourd (§ 3).

Il ne faut pas prendre le terme « gestion au quotidien » au sens de « au jour le jour » ; il s'agit en fait de mesurer, d'évaluer la performance de l'entreprise dans le temps et de comparer par rapport à ce qui en était attendu (objectifs), d'en tirer des leçons et d'apporter les mesures correctives appropriées.

1.2 Interface business/technologie

La figure 1 représente le fonctionnement de l'entreprise industrielle que l'on peut aussi appeler **entreprise technologique** puisqu'elle met en œuvre des techniques, des métiers et du savoir-faire.

Ce sont traditionnellement le **marketing**, les équipes de R & D et d'innovation qui sont à l'écoute des clients et qui recherchent de nouveaux débouchés pour les produits existants ou détectent les besoins pour de nouveaux produits. Ceci pour servir le **business** — dont il est difficile de trouver l'équivalent en français — qui englobe nos notions de marchés, produits, ventes, activités et clientèle.

La figure 2 reflète la liaison R & D, ingénierie, business et production, principaux acteurs de l'entreprise technologique. Il leur appartient de répondre aux questions suivantes :

- a-t-on la technologie pour fabriquer tel produit, rendre tel service à tel client ?
- quel est l'ordre de grandeur d'un investissement pour monter tel atelier, avec quel délai, avec quelles chances de réussite... ?

Cette démarche est à l'origine des avant-projets ou études comme le montre la figure 3. Le domaine de la demande peut aller du changement d'un emballage, par exemple, passer d'un fût de 200 litres à un bidon de 5 litres (qui demandera peut-être l'investissement d'une nouvelle ligne d'enfûtage), à l'élaboration d'un produit entièrement nouveau qui nécessitera des études de recherches et d'ingénierie et un investissement majeur.

1.3 La chaîne de la commande

L'entreprise est le siège de **trois flux principaux** : flux de matières premières, d'argent et de communication (figure 1). Cette notion de flux est apparue il y a une dizaine d'années [6] et [13] ; elle est à l'**origine du concept de la chaîne de la commande (*supply chain*)** qui apporte un éclairage nouveau sur l'ensemble constitué par les transports, les achats, la gestion des outils de fabrication, la gestion des stocks de matières premières, de produits finis, des en-cours, et de la distribution (§ 5). Il s'agit d'une vision stratégique qui place le client au cœur du système productif.

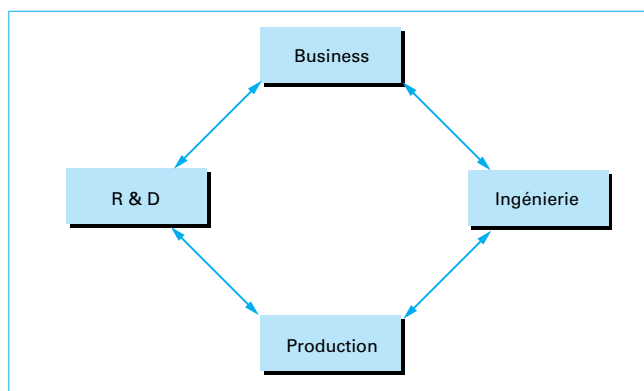


Figure 2 – Interface business/technologie, les acteurs de l'entreprise

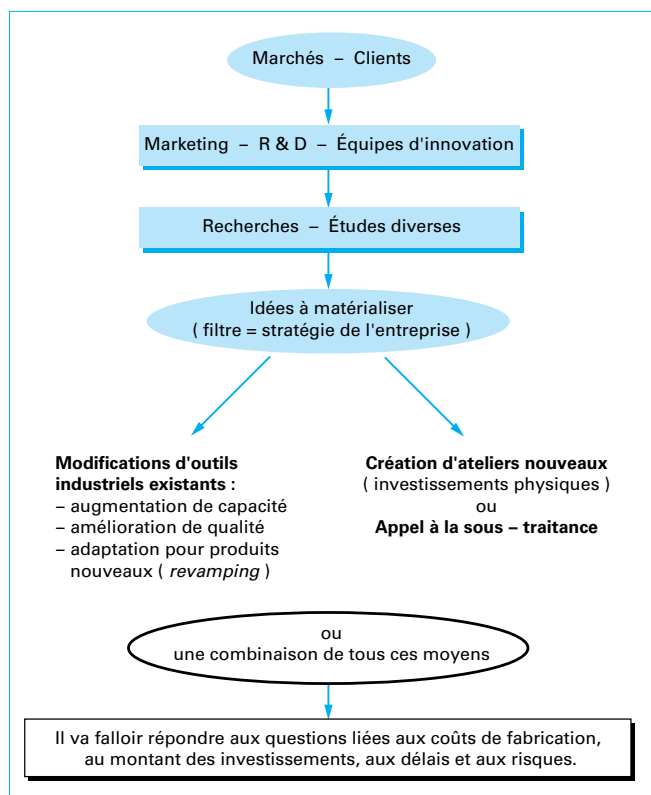


Figure 3 – Origine des avant-projets industriels liés au business

L'idée de base c'est de vendre de la valeur ajoutée (*added value*) ; pour reprendre une expression connue, le client n'achète pas de produits mais des bénéfices ! On parle également de *chaîne de la valeur*. Il s'agit d'une véritable **approche qualité** puisque la satisfaction du client est considérée comme la finalité de l'entreprise.

Le terme *logistique*, s'il doit être encore gardé, n'est plus synonyme d'intendance. Il s'agit de piloter les flux pour améliorer la performance [13]. Programme ambitieux s'il en est ! L'informatique joue un rôle important dans cette approche puisqu'elle est indispensable pour saisir les données nécessaires à la gestion des commandes, des stocks et de l'outil industriel.

1.4 Approche produit – marché – compétitivité

Le couple produit/marché, la « redécouverte » du client dont la satisfaction est la résultante d'une fonctionnalité, d'un prix d'achat et d'un service (figure 4) sont à la base du concept de gestion de l'entreprise industrielle actuelle. C'est une approche qualité qui implique à l'évidence que les **moyens de production** sont **performants** (conception et réalisation) et **bien gérés** (gestion au quotidien).

La technologie est devenue une arme dans la mesure où elle seule va permettre d'obtenir :

- des produits de qualité au meilleur coût ;
- des produits qui se différencient de ceux de la concurrence par leur valeur d'usage.

La définition de la technologie peut être élargie à un **ensemble constitué par les moyens de recherche, pure ou appliquée, l'ingénierie, le procédé de fabrication et sa mise en œuvre, l'outil industriel, les méthodes d'approvisionnement et de distribution.**

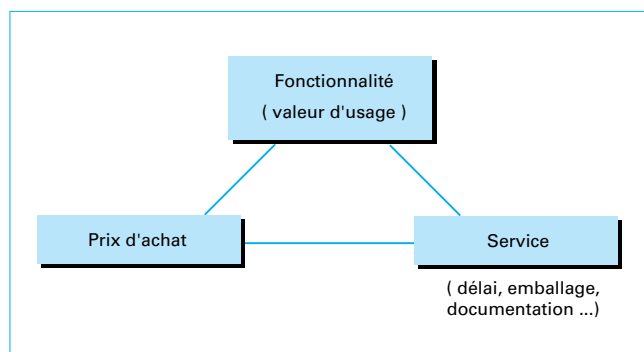


Figure 4 – La qualité d'un produit perçue par le client

On s'aperçoit que l'on a là une chaîne de connaissances et de savoir-faire, représentée par des équipes pluridisciplinaires dont le succès réside dans l'engagement vers un but commun. Que vaut le meilleur processus de fabrication si l'atelier qui le met en œuvre est mal conçu, nécessite des frais d'entretien prohibitifs ? Que dire si la distribution est confiée à des sous-traitants mal inspirés qui n'ont aucun respect des délais, de l'intégrité des emballages... ?

L'environnement socio-économique de l'entreprise industrielle est aujourd'hui instable, global et hypermédiatisé. **La finance est reine**. Le manque de rentabilité est synonyme de licenciement, de vente et de partenariat forcé.

Dans ce contexte de *Merger-mania* (Je vends ceci, je m'allie avec un tel, j'achète cela) ou de *casino society* pour reprendre l'expression de Hayes, Wheelwright et Clark [3], l'outil industriel constitue les fondations les plus stables des entreprises technologiques. Ce **patrimoine** a exigé des ressources humaines et financières importantes, il constitue un thesaurus de savoir-faire, d'expérience acquise au cours de nombreuses années. Sa bonne gestion, sa facilité d'adaptation aux progrès et aux orientations stratégiques sont autant d'atouts essentiels de rentabilité, donc de survie de l'entreprise à long terme.

2. Conception de produits

2.1 Innovation

Les produits que l'industrie vend à ses clients ont été conçus pour **satisfaire certains besoins** ; pour cela, ils remplissent un certain nombre de fonctions. Certains par leur caractère innovant ont modifié ou modifient encore notre vie quotidienne, comme le baladeur, les *post-it* ou le récent médicament *Viagra*. L'ouvrage *Breakthroughs* [17] décrit l'histoire de quatorze d'entre eux. Le travail acharné, l'obstination, la chance, l'esprit d'invention sont à l'origine des **innovations** qui se distinguent des **inventions**, par justement le passage de l'idée à un produit rentable [29].

L'esprit d'innovation, la créativité, l'utilisation de techniques heuristiques, l'écoute du marché, le sens de l'observation, la faculté à travailler en équipe, à échanger sont sans aucun doute des facteurs de réussite que l'entreprise se doit de mettre en place et d'encourager.

Un produit avant d'être lancé sur le marché et industrialisé doit être reconnu comme rentable, c'est-à-dire avec une espérance de vie qui génère suffisamment de profit pour couvrir les dépenses liées aux recherches, au développement commercial, aux investissements physiques nécessaires à sa fabrication et aux frais de distribution et parfois à son retrait du marché.

2.2 De la conception à l'industrialisation

La création d'un produit nouveau est un acte social important qui engage l'entreprise. Le nouveau produit peut avoir des répercussions importantes sur ses promoteurs et ses futurs utilisateurs, on les espère bonnes !

Le produit, souvent une *idée floue au départ*, devra pour arriver à une réalisation, suivre un cheminement fait d'étapes, de concepts, de spécifications, de prototypes, de validation, de précommercialisation [28]. Il est certain que chaque industrie a ses méthodes ; on ne développe pas un herbicide comme un aspirateur ou un avion de combat.

Le **design industriel** est également un outil clé de l'innovation. Il tient compte de la valeur d'usage, de l'ergonomie du produit (facilité d'utilisation), de son recyclage éventuel... tout en étant attentif aux tendances du marché. Le design est aussi appliqué aux espaces de travail et à la conception des usines (§ 3.9).

L'industrialisation, c'est-à-dire la conception du procédé de fabrication et sa réalisation confiée à des bureaux d'études, des ingénieries, des services méthodes, dépend largement du produit considéré et de la technologie mise en œuvre.

L'analyse de la valeur et le **cahier des charges fonctionnel** (CdCF) sont des notions communes à pratiquement toutes les industries.

L'analyse de la valeur (*value analysis*) est née aux États-Unis au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. C'était une méthode d'étude de réduction des coûts ; elle est encore largement utilisée dans ce but pour améliorer des produits et des services existants. Elle a cependant évolué ces dernières décennies ; elle est aujourd'hui utilisée pour établir le CdCF des produits nouveaux qui consiste à analyser le service rendu, l'état des marchés afin d'en tirer des prévisions de ventes (volumes, prix), de cibler les clients, de définir les canaux de distribution. Le CdCF servira au bureau d'études pour rechercher les meilleures solutions au cours du processus d'industrialisation (§ 3).

Développement en partenariat

Le développement d'un produit nouveau ou l'amélioration d'un produit existant nécessite bien entendu d'appréhender la réponse du marché. Dans de nombreux cas, l'industriel ne peut pas par lui-même évaluer l'intérêt de son produit pour l'utilisateur final. Citons le cas du chimiste qui développe un produit pour la cosmétique ; le chimiste saura synthétiser, fabriquer les matières actives principales, par exemple d'un shampooing, mais il ne peut pas évaluer par lui-même l'intérêt du produit formulé par son client. Il faut dans ce cas développer un partenariat concepteur/utilisateur.

Autre cas de partenariat, celui d'un partenariat dans un même métier où des entreprises s'associent pour partager les dépenses de développement et réduire les risques financiers.

2.3 Notion de cycle de vie

Le cycle de vie d'un produit est représenté par la figure 5a. Comme un être vivant, le produit naît, croît, atteint sa maturité, décroît et meurt.

Le concept de cycle du « berceau jusqu'à la tombe » (*from cradle to grave*) prend une grande importance en cette fin de millénaire où l'homme s'est aperçu que la planète Terre était un milieu fini c'est-à-dire limité.

La récupération en fin d'utilisation pour recyclage éventuel, la destruction des résidus engendrés par le produit voire le produit lui-même (huiles de transformateurs) est aujourd'hui à prendre en compte au moment de la conception. L'impact sur l'environnement

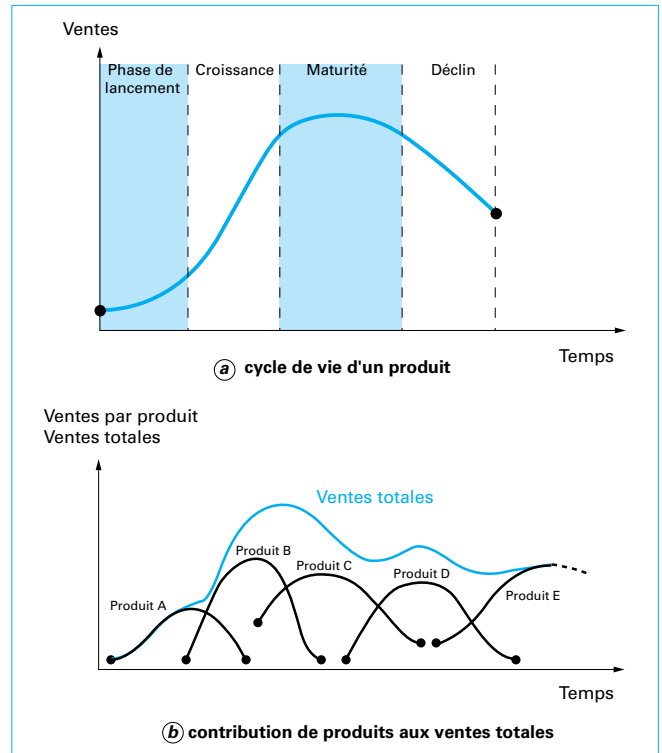


Figure 5 - Cycle de vie des produits, impact sur les ventes

au sens large est indispensable, c'est le rôle de l'ergonomie d'examiner tous ces aspects.

Innovar, c'est donc prendre des risques financiers (*liabilities*).

Cependant, l'entreprise qui ne met pas de produits nouveaux sur le marché est condamnée à disparaître. La figure 5b illustre la contribution de différents produits aux ventes de l'entreprise. Toute entreprise rêve bien entendu du produit miracle comme le médicament *blockbuster* dont le chiffre d'affaires dépasse le milliard de dollars américains.

Déterminer le **coût du produit**, mais plus globalement le coût du cycle de vie (CCV ou LCC : *life cycle cost*) est nécessaire pour évaluer la rentabilité du produit « du berceau jusqu'à la tombe » et donc évaluer l'opportunité de son lancement. Le CCV comprend les coûts de recherche, de production, de commercialisation et de support (brevets, homologation...).

Dans l'industrie des Sciences de la vie (pharmacie, protection des animaux et des plantes), le coût des recherches et des homologations devient exorbitant. À cela s'ajoutent des risques commerciaux énormes ! On comprend pourquoi le nombre d'entreprises de cette industrie se réduit à vue d'œil par concentrations successives.

Il est donc primordial d'améliorer les produits existants, de leur rendre une seconde jeunesse. Cette approche, chère aux Japonais, limite les risques liés au lancement de nouveaux produits. Il suffit parfois de petits investissements pour améliorer les rendements matières, la productivité ou les performances du produit. Cette approche d'« amélioration continue » du processus de fabrication permet d'engranger des bénéfices à peu de frais.

Rappelons encore une fois que le client attend bien souvent plus qu'un produit, il attend un service. La vocation de l'entreprise ne se limite plus au produit lui-même mais inclut le service après-vente au sens large que ce soit pour le dépannage, la mise en œuvre, la formation des utilisateurs.

Product stewardship

Utilisé par les Américains, ce terme introduit la notion de *gestion de produit* et pose la notion de la responsabilité de l'industriel qui le commercialise. Le vendeur se doit d'informer l'utilisateur (notices d'utilisation, étiquetage) ainsi que le transporteur. Il doit mettre à jour le dossier produit qui contient les informations relatives à sa toxicité, son écotoxicité.

3. Industrialisation

L'industrialisation peut être définie comme les moyens et méthodes nécessaires pour passer de recherches, d'études à un atelier ou une usine capable de livrer un produit répondant à un cahier des charges défini, dans le respect d'un budget, d'un délai et de l'éthique de l'entreprise.

Ce processus important est confié à ce que l'on appelle communément *bureaux d'études, ingénieries* dans les industries de process ou *bureaux des méthodes* dans les industries manufacturières.

Il met en œuvre le savoir-faire de l'entreprise dans les phases de conception surtout en ce qui concerne le « cœur » du procédé. Par exemple, un procédé de fermentation aérobie combine un compresseur d'air et un fermenteur. Le fermenteur fait partie du savoir-faire de la société de biotechnologie, le compresseur étant le savoir-faire de son fournisseur. De nombreuses tâches sont confiées à des sous-traitants essentiellement pendant l'ingénierie de détail et la phase de construction.

L'autorisation de l'investissement, c'est-à-dire l'autorisation d'engager des dépenses physiques, constitue un acte majeur de l'entreprise industrielle.

Investir est toujours un risque, risque indispensable puisque l'entreprise doit continuellement progresser, s'adapter, lancer des produits nouveaux.

Investir est un acte pratiquement irréversible, un pari sur l'avenir, particulièrement pour les projets représentant une fraction importante du chiffre d'affaires [24].

Les projets majeurs doivent impliquer toutes les fonctions de l'entreprise :

- en premier lieu, l'activité (c'est-à-dire le business incluant commercial et marketing) puisque cette entité doit vendre et générer le profit propre à rembourser les sommes allouées à l'investissement ;
- la fonction technique (R & D, industriel, ingénierie) pour valider les solutions techniques, les méthodes de travail, le choix des hommes et les fournisseurs ;
- les ressources humaines pour affecter les moyens humains nécessaires au projet et accompagner les changements que les projets importants induisent dans l'organisation ;
- la direction financière pour immobiliser les capitaux ;
- la logistique, les achats et la communication ;
- la fonction production qui va hériter de l'investissement.

Le passage des recherches et des études à une construction est constitué d'étapes (*steps*) qui mettent en jeu des techniques, des méthodes de travail diversifiées et des équipes pluridisciplinaires.

Les terminologies proviennent la plupart du temps des États-Unis ; elles varient suivant les sociétés, de même que le nombre d'étapes et leur contenu [24].

Il n'est pas question de se lancer dans une exégèse mais de comprendre les principes que l'usage a largement consacrés mondialement. Avant de décrire chaque étape, notons que **l'industrialisation comprend deux phases bien distinctes** :

- la phase qui va des études de faisabilité jusqu'à l'ingénierie de base ; c'est une étape d'études ;
- la phase constituée par l'ingénierie de détail et la construction proprement dite.

L'ingénierie de base (*basic engineering*), appelée communément « basique », fournit les composantes techniques du dossier d'investissement, dont le montant d'investissement est une caractéristique importante.

Les études commencent par l'**étape d'initialisation**, origine du projet. L'entreprise « s'intéresse » alors à un concept, à une vision d'avenir. Elle est suivie par des études de faisabilité, d'avant-projet préliminaire pour se concrétiser en étude de base. Chaque étape met en jeu des acteurs différents et doit être validée.

Le processus de validation doit décider de continuer, d'arrêter, de réorienter les études. On n'arrête pas un projet autorisé ! On veut aller au plus vite — mais bien — pour générer le profit que laisse espérer l'investissement. L'arrêt d'un projet en cours de construction est un gâchis lourd de conséquences financières et une tache sur l'image de l'entreprise. Il faut du courage pour arrêter un projet alors que l'on a motivé des équipes, laissé entrevoir des espoirs, négocié avec les clients. Décision pénible mais parfois salutaire !

Bien des confusions naissent du fait du manque de compréhension dans la nature des projets, leur état d'avancement, la précision des chiffrages. Par exemple, une Direction générale à laquelle on annonce qu'un atelier coûte 15 M€ avec une précision de $-20\%/+40\%$ ne va jamais retenir les trois chiffres 15 M€/12 M€/21 M€ mais un seul 15 M€.

Il est toujours difficile à celui qui soutient une demande d'inscription au budget d'annoncer qu'il faut faire des études pour peaufiner la précision, sous peine d'apparaître comme peu crédible.

Avant de décrire succinctement les grandes lignes d'un processus d'industrialisation, il est nécessaire de donner quelques indications concernant la conception des moyens de production et leur typologie, dont l'industrialisation proprement dite doit tenir compte dès le départ.

3.1 Conception des moyens de production

3.1.1 Typologie

■ **La typologie des moyens de production** est un sujet complexe vu l'extraordinaire diversité des technologies mises en œuvre et des produits qui en sont issus, du montant des investissements, des effectifs et de la situation géographique.

À l'évidence, la fabrication d'un Airbus A300, de 1000 tonnes/jour d'éthylène, d'un médicament qui nécessite vingt étapes, le montage de voitures en série mettent en jeu des concepts complètement différents. Que dire d'une plate-forme en mer du Nord ou d'une usine de pâte à papier dans les jungles de Bornéo ?

Une sociologue anglaise Joan Woodward a établi les bases d'une classification dans les années 1960 [9]. Depuis, les analyses des systèmes de fabrication se sont développées [3], [13], [14], [18], [19] et [21].

Les approches sont différentes, parfois contradictoires, les mots n'ont pas toujours les mêmes significations, surtout quand il y a traduction. Ce qui est important de souligner d'entrée de jeu, c'est que **l'organisation du travail, la gestion de l'outil industriel et le concept de fabrication sont intimement liés** ; les uns ne vont pas sans les autres (§ 4).

Nous utiliserons la classification de Hayes & Wheelwright [18] en la simplifiant. Les auteurs distinguent les modes de production suivants : par projet, en atelier discontinu, en ligne d'assemblage, en continu.

— **Le projet** se réfère généralement à un objet unique en général un prototype. C'est le cas des travaux publics (barrage, aérodrome), de très grosses pièces d'équipement (navire, presse à emboutir), ou encore d'une nouvelle usine. Le projet est confié à une équipe de projet qui exécute et fait exécuter un certain nombre de tâches suivant un plan déterminé. L'organisation du travail utilise des progiciels type PERT (§ 3.6.6).

— **Atelier discontinu** (*job shop*) où l'on fabrique des pièces uniques généralement par petits lots, par exemple un atelier de machines-outils ou une imprimerie. La pièce à fabriquer peut passer de machine en machine. Certaines machines peuvent être regroupées en *cellules spécialisées* ou *îlots de production* pour effectuer un certain nombre de tâches complémentaires.

Dans certains types d'ateliers discontinus, le lot (*batch*) subit plusieurs transformations en passant successivement d'atelier en atelier. C'est le cas des ateliers de chimie fine où une matière première va réagir avec d'autres matières premières dans des réacteurs successifs : par exemple, l'atelier d'oxydation est suivi d'une nitrification elle-même suivie d'une hydrogénation dans un atelier spécifique.

— **Ligne d'assemblage** : elle est constituée par des postes de travail successifs en ligne. L'objet final est assemblé par l'apport de composants à chaque étape. Il se déplace de poste en poste à une vitesse déterminée. C'est l'invention de Ford dans l'industrie automobile au début de ce siècle.

— **Ateliers continus** : c'est typiquement l'industrie du pétrole, la chimie lourde. L'atelier continu se différencie de la ligne d'assemblage par le fait que le produit à transformer est continu et non pas « discret » (on parle de 51,8 tonnes de kérosène mais pas de 51,8 voitures !).

Remarques :

- Certains auteurs parlent de **production process** pour parler d'ateliers continus. Cette dénomination devrait en fait s'appliquer uniquement aux ateliers de transformation physique ou chimique de la matière qui à l'évidence mettent souvent en œuvre des ateliers discontinus !
- D'autres appellent production de masse la production de très grands volumes d'objets « discrets » à cycles très courts, comme par exemple la fabrication de vis ou d'objets plastiques sortant des machines à injecter.
- D'autres encore ne distinguent que les **fabrications process** à flux continu et les **fabrications manufacturières** ou « discrètes » qui fabriquent des objets individualisés.

■ **Analyse VAT** : une autre classification repose sur l'analyse de l'écoulement des matières premières et des produits semi-ouvrés jusqu'à leur stade final en produits finis (figure 6). On distingue les modèles de base en I, en V, en A, en T :

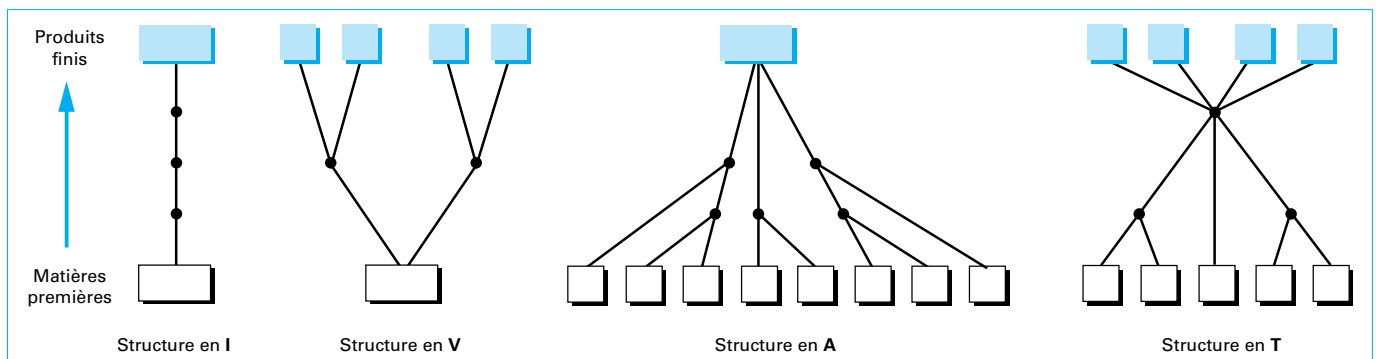


Figure 6 – Analyse VAT

— le **modèle en I ou monofilaire**, par exemple une ligne de montage d'appareils électriques uniques (un boîtier reçoit différents composants au cours du passage sur des postes d'assemblage en série) ;

— le **modèle en V ou divergent**, par exemple une aciérie (l'acier est transformé en poutrelles, ronds, fils, fer à béton) ;

— le **modèle en A ou convergent**, par exemple un montage d'un avion en atelier ;

— le **modèle en T (convergent/divergent)** : un produit de base fabriqué suivant le modèle en A est à l'origine de produits finis dérivés ; par exemple, un modèle de voiture de base est différencié par ses accessoires, la couleur de sa carrosserie.

On peut bien entendu avoir affaire à une combinaison de ces modèles de base.

3.1.2 Conception et stratégie industrielle

Nous ne reviendrons pas sur le fait que la technologie mise en œuvre, les volumes à fabriquer, les conditions climatiques... vont influencer fortement sur la conception de l'outil industriel. Retenons surtout les deux aspects fondamentaux suivants.

Représentants du business et industriels doivent coopérer pour avoir une vision commune et analyser les risques et les enjeux. Le système de production doit souvent évoluer et s'adapter au cycle de vie du produit. Par exemple, un produit lancé dans une *job shop* à sa naissance nécessitera un investissement spécifique important en phase de croissance suivi d'autres ateliers délocalisés afin de se rapprocher des clients. La fabrication de petit tonnage au départ sera réalisée en discontinu et à la journée sans trop regarder le prix de revient. La recherche de la rentabilité à grande échelle obligera à un passage en continu : la technologie du procédé, les modes de fabrication demanderont à être revus. Cela n'est évidemment pas vrai pour une raffinerie ! Mais a-t-on besoin de tous les ateliers aval dès le départ !

L'atelier est-il construit pour durer 2 ans, 10 ans, 50 ans ? Doit-il être spécifique (un seul produit aux spécifications immuables), polyvalent, flexible, reconvertissable ou à matériel récupérable ? Est-on sûr que les spécifications, le cahier des charges du produit ne varient jamais ?

Une question clé dans un monde incertain, c'est de se poser la question de ce qu'il faut fabriquer soi-même.

Que produire ? Faire ou faire faire ? Intégration amont/aval, sous-traitance.

Tout produit nécessite des matières premières, des composants, de l'énergie, des capitaux, des technologies et de la main-d'œuvre. La question se pose donc de définir ce que l'on veut produire et comment.

Quelques éléments de réponse à cette question complexe.

— L'entreprise doit se **focaliser** sur ses métiers ; encore faut-il les connaître ! Paradoxal a priori mais pas si simple en réalité.

— Ce qui est vrai pour l'amont, l'est aussi pour l'aval. Une entreprise chimique qui fabrique un produit nécessitant 10 étapes de synthèse peut commencer à se rapprocher de ses clients à l'étranger en sous-traitant localement la formulation qui ne peut être qu'un flaconnage. Elle peut être amené à fabriquer localement les dernières étapes si elles sont simples ; cette façon de faire permet la reconnaissance du pays d'accueil mais préserve le savoir-faire en gardant le cœur du procédé sur le sol national. Dans cet esprit, l'industrie automobile a fait faire le montage dans des pays émergents à partir de pièces importées.

La sous-traitance est un domaine complexe. Elle acquiert de plus en plus ses lettres de noblesse dans la mesure où sous-traiter ne consiste pas à se débarrasser de tâches ingrates. Le sous-traitant rentre dans le système qualité du donneur d'ordre, c'est de plus en plus un **partenariat**.

Le meilleur compromis entre faire soi-même et sous-traiter peut être trouvé en pondérant les critères de choix comme la confidentialité, les capitaux investis, le temps de mise en œuvre, les coûts globaux de fabrication sans oublier l'éthique industrielle que toute entreprise se doit d'avoir.

3.1.3 Capacité de l'atelier, polyvalence

La **capacité** est à l'évidence un critère de base essentiel. Là encore une vision à long terme est nécessaire ; le manque de vision, parfois inévitable, nécessite de prendre des précautions basées sur l'analyse de risque.

Un atelier trop petit c'est-à-dire saturé rapidement et difficilement extensible va entraîner des manques à gagner ; la clientèle peut avoir tendance à se tourner vers des produits équivalents.

Un atelier trop grand va voir le prix de revient grevé par des frais fixes et des amortissements élevés.

La question se pose également de la marche à feu continu, communément appelé le 4×8, ou en poste 5 jours par semaine (3×8) ou en 2×8 ou encore à la journée.

L'atelier doit-il être **polyvalent**, reconvertible pour d'autres fabrications, facilement extensible ? La chimie fine sait maintenant résoudre ces problèmes en installant des cascades de réacteurs de différents types discontinus servis par des stockages amont et aval polyvalents. La polyvalence dans ce cas fait partie du **cahier des charges** du projet.

3.1.4 Localisation des sites de fabrication

Un choix de site revêt une importance capitale, la décision est irréversible au moins sur une période très longue. Le retour en arrière entraînerait des coûts exorbitants.

De très nombreuses considérations sont à prendre en compte. Certains critères peuvent être un facteur d'élimination d'entrée comme la proximité d'habitation dans le cas de fabrication de produits dangereux.

Citons les critères essentiels dans le cas de sélection d'un site nouveau (*grass root*) :

- proximité de la clientèle et taille du marché (les clients n'achètent pas si on n'est pas *local*) ;
- énergie bon marché (si l'énergie est un élément important du prix de revient) ;
- disponibilité de terrain bon marché, bien disposé, plat, loin d'habitations s'il est difficile d'éliminer totalement les nuisances propres au mode industriel : bruit, odeur, poussières, trafic de camions... ; la rose des vents a son importance ;
- possibilité de créer des zones tampons autour de l'usine ;
- disponibilité d'eau de refroidissement ;
- exutoire pour les eaux résiduaires ;

- facilité d'approvisionnement des matières premières et d'écoulement des produits finis : routes, voies ferrées, fleuves... ;
- qualité du sol que l'on cernerait en procédant à des analyses avec un maillage approprié ;
- support financier, abatement d'impôts, contribution à la formation du personnel, aides diverses ;
- présence d'universités, de centres de formation ;
- qualité de la vie, système éducatif pour les enfants (éléments cruciaux dans le cas de l'expatriation) ;
- contraintes réglementaires ;
- rapatriement des bénéficiaires ;
- protection du savoir-faire (peut être un facteur discriminant) ;
- qualité, stabilité de la main-d'œuvre, problèmes syndicaux, niveaux de salaires... ;
- absence à long terme de voisins indésirables.

Dans le cas d'une implantation sur un site existant, d'autres critères sont à prendre en compte :

- le site d'accueil a le savoir-faire requis, donc les ressources humaines adéquates ;
- il fournit des utilités, des services (entretien, protection incendie) qui feront faire des économies d'investissement ;
- le(s) voisin(s) fournissent les matières premières ou reçoivent le produit « *over the fence* ».

Une grille d'évaluation peut être faite en pondérant les critères précédents. Il faut estimer l'impact de facteurs clés sur le prix de revient du produit. La photo instantanée ne suffit pas ; il faut se projeter dans l'avenir et imaginer les évolutions potentielles. Dans une ville comme Shanghai, si l'on n'y prend pas garde, une usine aujourd'hui en rase campagne risque de se retrouver en pleine ville dans dix ans !

3.1.5 Plan directeur de site

Le plan directeur d'un site industriel est une vision à long terme de l'évolution possible du site en adéquation avec la stratégie de l'entreprise [10].

La première idée, c'est un découpage du site en damiers avec des routes qui se coupent à angle droit. C'est la disposition qui par sa rationalité flatte l'œil.

Les différentes unités, présentes et à venir, sont disposés logiquement en tenant compte :

- de la fonctionnalité de chaque unité ;
- des risques, des nuisances et des distances réglementaires ;
- du mouvement des produits, des fluides, des personnes ;
- des problèmes de sécurité, de l'impact des unités les unes sur les autres, de la possibilité d'évacuation, de la lutte anti-incendie, etc. ;
- de la nécessité d'avoir des zones de repli ;
- de la création de zones tampon : éloignement des ateliers dangereux ou à nuisances des habitations et des voies de communication.

À côté des aspects purement techniques, la notion de **vocation du site** en termes de **métiers** est à prendre en compte. Cela veut dire qu'en plus de l'évolution « physique », il faudra se préoccuper des **ressources humaines** nécessaires pour supporter ces métiers, en d'autres termes **maintenir sa culture** et l'adapter aux besoins futurs.

Un grand site pétrochimique a finalement peu de choses en commun avec un grand site de chimie fine bien que tous les deux « fassent » de la chimie.

3.1.6 Aspects humains

Les aspects humains sont un facteur essentiel à prendre en compte dans la conception des moyens de production. C'est le but de l'ergonomie, par définition : climatisation, éclairage, facilité d'accès aux organes de contrôle ne présentant qu'une faible partie des facteurs à prendre en considération.

La nécessité de faire travailler la personne en poste au risque de bouleverser les rythmes physiologiques et la vie familiale doit être examinée dès le départ et on doit se poser la question si cela est absolument nécessaire.

L'organisation du travail, l'enrichissement des tâches peut dépendre de l'arrangement, de l'implantation des appareils.

Ces dernières années, les technologies d'information, les systèmes de contrôle-commande ont bouleversé les conditions de production. La révolution se poursuit.

Les salles de contrôle intègrent, en plus du contrôle des machines et des procédés comme autrefois, tous les aspects maintenance, contrôle qualité, chaîne de commande, gestion des stocks. Il est donc essentiel de faire participer les futurs fabricants à l'ingénierie de détail.

3.1.7 Approche qualité

Nous prenons ici le terme qualité dans son sens le plus large. Le système de production doit prendre en compte les contraintes qu'imposent le respect de normes, de codes, de bonnes pratiques de fabrication (GMP *good manufacturing practices*). Citons le cas de l'industrie pharmaceutique qui doit respecter les règles imposées par l'USDA (*United States Drug Administration*). Dans ce cas, il s'agira de pouvoir déterminer la traçabilité des produits, de mise en œuvre du contrôle statistique des procédés, d'un plan d'échantillonnage, de la prévention de la contamination croisée, etc.

Mais il faut aussi étendre le concept à tous les intervenants du site ; en premier lieu, les représentants de la maintenance doivent participer aux études de détail pour s'assurer de la facilité à maintenir l'installation en état de marche ; on parle de maintenabilité de l'outil industriel.

3.1.8 Éthique industrielle

Plus de dix ans ont passé depuis la tragédie de Bhopal (décembre 1984). Ce désastre a changé l'industrie pour toujours dans sa façon d'appréhender les analyses de risque, la relation avec les communautés voisines des lieux de production [11]. Ceci pour rappeler que les aspects hygiène, sécurité et environnement (HSE) doivent être pris en compte dès la conception des installations.

Nous considérons comme une faute d'éthique le fait que les pays développés profitent des situations des pays en voie de développement pour construire avec des « sous-standards ».

3.1.9 Environnement industriel

Les salariés passent une grande partie de leur vie sur leur lieu de travail, de plus en plus visité par les clients. Un architecte impliqué dès le départ dans le design de l'entreprise saura lui donner un « look » agréable ; la peinture, les espaces verts et fleuris qui vont agrémenter le lieu de travail ne représente qu'une fraction infime du montant de l'investissement.

Les logos de l'entreprise, les panneaux d'affichage des résultats, de sécurité, de la vocation du site vont créer une ambiance que les employés sauront apprécier, leur donnant un sentiment d'« appartenance ». Beaucoup d'entreprises font intervenir leurs employés pour dessiner leur cadre de vie : bureaux, réfectoires, salles de repos... initiatives à encourager s'il en est, lorsque ce type de démarche est orchestré par un professionnel de l'aménagement intérieur.

En terme de conclusion, un examen ou évaluation de l'installation devrait être fait par un comité des sages avant de lancer des études approfondies. Nous sommes toujours étonnés à quel point les acteurs des projets veulent « foncer » dans les réalisations, ce qui est bien entendu un signe de leur détermination.

Cependant, des techniques d'**ingénierie conceptuelle**, d'évaluation de la « **robustesse** » des projets signifiant par là l'évaluation de leur bien-fondé technique, commercial et éthique seraient les bienvenues dans ce monde de plus en plus concurrentiel et médiatisé. Il ne faut pas se tromper d'objectif !

Le type de fabrication est à prendre en compte dès le départ et son évolution possible étudiée. Il y a toujours des variantes à examiner. Retenons aussi que l'on peut changer beaucoup de choses mais difficilement l'implantation ! Peu d'usines sont sur roulettes ou tout simplement facilement démontables — ou conçues pour l'être.

3.2 Caractéristiques d'un projet d'industrialisation

3.2.1 Les étapes

La figure 7 représente schématiquement les étapes au cours de la vie du projet.

Ce découpage est arbitraire et varie fortement suivant les sociétés. Les précisions données ci-après ont seulement pour but d'attirer l'attention du lecteur sur la nécessité qu'il y a à faire **progresser** le projet **methodiquement** en tenant compte des résultats des études et des informations socio-économiques qui vont influencer sur son déroulement.

■ Étape d'initialisation du projet, origine de la technologie

Un projet, parfois une simple idée au départ, a besoin de mûrir, de prendre corps. Il faut souvent du temps et parfois beaucoup de travail pour faire accepter le projet au niveau de l'entreprise. *Une grande distance sépare l'annonce du programme Apollo par le président J.F. Kennedy et l'alunissage de Eagle sur la Mer de la tranquillité le 20 juillet 1969 !*

La technologie est à la base de TOUT. Elle va donner au projet ses caractéristiques essentielles.

En synthèse chimique ce que l'on nomme la voie d'accès, c'est-à-dire la réaction de base va engendrer un atelier différent suivant que la réaction se fait en phase vapeur à 200 °C dans un réacteur en lit fixe, plutôt qu'en phase liquide à 100 °C.

L'origine de la technologie qu'elle soit :

- issue de la recherche et donc à industrialiser ;
- existante dans un atelier en fonctionnement et à transférer dans un autre lieu ;
- achetée chez un bailleur de licence ;

va influencer fortement sur le travail à faire en aval.

Initialiser le projet, c'est donc le reconnaître au niveau de l'entreprise comme, par exemple, l'inscrire dans un plan pluriannuel. L'entreprise reconnaît qu'elle doit y consacrer des ressources et lancer une étude de faisabilité.

■ Étape de l'étude de faisabilité (*feasibility study*)

Il s'agit de sélectionner la technologie pour répondre au besoin du business, faire des tableaux de comparaison entre diverses solutions, évaluer les risques technologiques, les forces et les faiblesses — c'est-à-dire évaluer la *robustesse* du procédé —, évaluer son impact sur l'environnement au sens large.

• Travail d'ingénierie : établissement des schémas simplifiés, chiffrage (ordre de grandeur).

• Validation d'étape : choix de la technologie donc du procédé.

■ Étape des avant-projets ou projet préliminaire (*preliminary engineering*)

La technologie de départ a été sélectionnée ; il faut la conforter par des essais en maquette, en pilote, sélectionner les équipements principaux, retenir un site de fabrication et prendre en compte ses

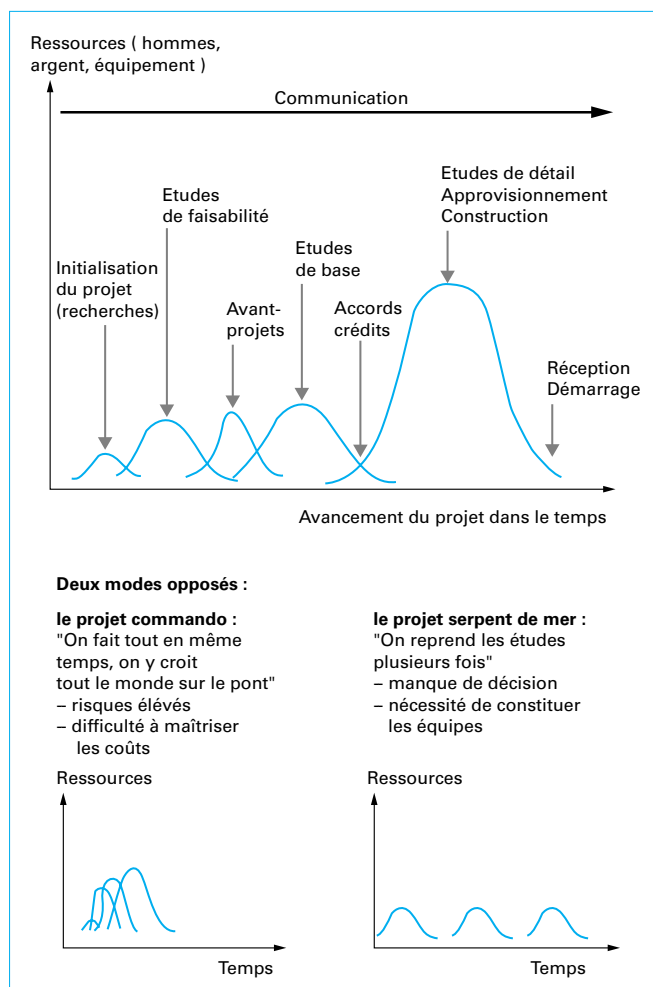


Figure 7 – Étapes simplifiées d'un projet d'industrialisation

avantages et ses contraintes. Des échantillons peuvent être fabriqués pour tester les clients majeurs.

- Travail d'ingénierie : calcul approximatif de l'investissement et du prix de revient, détermination du délai de réalisation, étude de rentabilité.

- Validation d'étape : justification technico-économique, évaluation par un comité ad hoc, décision de passer à l'étude de base.

■ Étape des études de base (*basic engineering*)

Il s'agit d'une étape *lourde*, dont le coût est une fraction non négligeable du CFP (coût final probable) de l'installation ; il est de 3 à 7 % dans les industries de process. Ainsi le « basique » d'un atelier dont le coût final est estimé à 15 M€ pourra coûter 0,5 à 1 M€ ! Il faut donc bien réfléchir pour savoir si l'enjeu en vaut la chandelle avant de se lancer dans de pareilles dépenses.

Dans une étude de base, il s'agit de définir le cahier des charges de l'installation que l'on soumettra en général à des « ingénieries » pour un **appel d'offres de réalisation**.

- Travail d'ingénierie : plans tuyauteries et instruments, implantation, metrés (*take off*), spécifications du matériel principal, montant de l'investissement, audits techniques..., donc tous les éléments qui

seront à inclure dans le dossier d'investissement (*investissement file*).

- Travail de l'équipe projet : prix de revient du produit qui se calcule à partir des coûts variables (matières premières utilisées), des coûts fixes directs (main-d'œuvre d'exploitation, entretien...) et indirects (c'est-à-dire des coûts alloués par le site d'accueil sur l'atelier envisagé (administration, gardiennage, assurances...)).

3.2.2 Contenu du projet

Un aspect essentiel du projet, c'est de définir son contenu (scope).

La prévision des chiffrages tient principalement au fait que l'on n'a RIEN oublié et non pas tant à la précision de chiffrage des éléments individuels.

Une méthode efficace de management de projet consiste à **définir sa structure** et d'en procéder à l'analyse, c'est-à-dire à le décomposer en ses éléments essentiels. C'est ce que les Américains appellent le WBS (*work breakdown structure*).

Des **techniques associées** [8] comme l'analyse de la valeur, l'analyse fonctionnelle, l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), l'analyse de la fiabilité/maintenabilité/disponibilité des installations (FMD) sont autant d'outils qui permettent d'éviter les erreurs de conception. Les erreurs coûteront d'autant plus cher que l'on s'en apercevra plus tard dans le projet et en tout cas sans rémission au cours du démarrage.

Les analyses concernant la sécurité (*safety*), l'hygiène industrielle (*occupational health*) et l'environnement sont incontournables.

Il est bon de **mettre en exergue les facteurs clés de succès** (*key success factors*), c'est-à-dire les éléments fondamentaux nécessaires à la réussite. Les ressources humaines sont souvent un facteur clé de succès, il faut être sûr de les avoir au moment voulu !

3.3 Le dossier d'investissement

Le dossier d'investissement comprend typiquement les éléments suivants :

- *justification commerciale* (données sur les marchés, la compétition, les prix de vente avec des tableaux donnant les ventes en volume et en prix pour un certain nombre d'années au moins égal à ce qu'il faut pour que l'investissement soit rentabilisé) ;
- *justification et description technique* :
 - description sommaire du procédé et justification de son bien-fondé,
 - choix du site et, si c'est un site existant, impact du nouveau projet sur la main d'œuvre, l'énergie, l'environnement,
 - montant de l'investissement avec une précision adéquate,
 - diagramme type Gantt donnant les principales phases du projet dont la date de démarrage,
 - organisation simplifiée du projet (nom du directeur du projet et chef de projet) ;
- *calculs financiers* (rentabilité, *cash flow*...) ;
- *audits* (sécurité, environnement, techniques...) ;
- *annexes diverses* :
 - aspects contractuels (accord avec des tiers, accord achat matières premières principales, etc.),
 - documents ayant trait à l'homologation du produit, les cahiers des charges,
 - *calcul du montant de l'investissement*.

Ce dernier pèse toujours lourd dans le processus de décision. L'évaluation faite sur un « coin de table » pour les petits investissements, à l'aide de méthodes simplifiées pour les avant-projets, nécessite des techniques éprouvées quand il s'agit d'avoir une bonne précision pour des projets importants. Il s'agit là d'une véritable profession [7] et [24].

■ Les projets parallèles

Pendant que le projet principal se déroule, d'autres projets connus ou inconnus du directeur de projet pour des raisons de confidentialité peuvent avoir leur vie propre. Il peut s'agir de la négociation au plus haut niveau entre l'entreprise maître d'ouvrage et un éventuel partenaire pour fonder une *joint venture* où le partenaire apportera des capitaux. Il peut s'agir d'un contrat lié à la fourniture d'une matière première essentielle, de la négociation avec un gouvernement étranger pour l'aide au financement, etc.

La décision d'investir peut être suspendue à l'autorisation de mise en vente du produit quand il s'agit de médicaments ou de produits concernant la protection des plantes.

Il est très difficile pour un directeur de projet du point de vue managérial et aussi du point de vue psychologique de conduire son projet sachant que d'autres batailles se déroulent sur lesquelles, le plus souvent, il n'a pas d'influence. C'est ce que nous appelons les projets parallèles.

■ Deux types de projets à l'opposé : projet commando/projet serpent de mer

Ces deux types de projet (figure 7) constituent des cas extrêmes par rapport au management *lisse* décrit précédemment.

Dans le cas *commando*, on veut sciemment — ou on l'effectue inconsciemment — « brûler les étapes ». On fait tout en même temps ; les Américains qualifient ces projets de « *fast track* ». Ce type de projet ne se justifie que dans des cas extrêmes où il faut démarrer coûte que coûte.

Il faut que le directeur de projet soit un leader incontesté pour ne pas dire un dictateur. Il faut s'attendre à des « bavures » dues au non-respect des méthodes de travail classiques ; on ne consulte qu'un seul fournisseur ou on passe commande à celui qui a le plus court délai pour ne citer qu'un exemple. L'impact psychologique sur les acteurs du projet est grand avec des conséquences parfois malheureuses.

À l'opposé, le projet *serpent de mer* montre des discontinuités dans les étapes. Le dossier est rangé dans un tiroir, l'équipe de projet se disperse, une autre prend la place quand le projet est relancé. Ce type de projet souvent indicatif d'indécision et de manque de discernement n'est pas fait pour motiver les équipes.

■ **Suivi de projet** : rendre compte du degré d'avancement du projet, des dépenses et des engagements, des faits majeurs et d'une projection sur les mêmes sujets pour les 2 à 3 mois à venir est une tâche primordiale qui incombe au directeur de projet. Cette attitude permet de faire adhérer les décideurs de l'entreprise et motive les troupes concernées.

Le manque de communication... ou la communication inappropriée induit des effets pervers au niveau de l'entreprise qui peuvent affecter la vie du projet.

Et les petits projets ?

Dans tout ce qui précède, nous nous sommes volontairement focalisés sur les « gros projets » (supérieurs à 100 MF), car à l'évidence ils nécessitent d'être fortement structurés.

Les petits projets nécessitent eux aussi d'être réussis, point n'est besoin d'insister !

Ils sont souvent difficiles à gérer ; c'est « la bête noire » des sociétés d'ingénierie car ils ne peuvent pas s'offrir le luxe de l'encadrement étoffé des grands projets et d'une kyrielle d'experts ! Ils nécessitent d'être dirigés par des professionnels polyvalents, débrouillards, n'ayant pas peur de prendre des risques, recherchant une certaine forme d'indépendance.

Il y a là tout un domaine réservé aux petites entreprises spécialisées dans des « niches technologiques » et intervenant près de leurs bases. Les principes de management restent les mêmes, encore faut-il les mettre en œuvre !

3.6 Construction et démarrage des usines et ateliers

Quand la Direction générale a autorisé le projet, c'est-à-dire autorisé l'engagement de dépenses, celui-ci rentre dans sa phase finale, celle de la réalisation qui sera suivie du démarrage et de l'exploitation courante.

Cette étape qui pourra durer quelques mois pour les petits projets et plusieurs années pour les grands va représenter la concrétisation de ce qui n'est au départ qu'une vision.

La mise en œuvre de moyens financiers élevés, de ressources humaines importantes, de métiers et de techniques différentes, le travail dans des conditions parfois pénibles dues aux conditions climatiques ou à l'éloignement vont nécessiter une organisation et une gestion appropriée.

3.6.1 Organisation du projet/les acteurs

Une organisation qui a fait ses preuves a été donnée à la figure 8.

Le maître d'œuvre est souvent une **société d'ingénierie** qui fera appel à des **entreprises extérieures**, à des **fournisseurs de matériel**. Des études, des réalisations, des services (ordonnancement, inspection...) peuvent être **sous-traités** par chaque intervenant.

Nota : les sociétés d'ingénierie offrent un service d'ingénierie (sous-entendu d'ingénierie de détail), d'approvisionnement et de construction communément appelé EPC (*Engineering Procurement and Construction*).

Le maître d'œuvre peut être la société d'ingénierie appartenant au maître d'ouvrage ou, d'une façon beaucoup plus fréquente, le maître d'ouvrage peut confier par exemple au bureau d'études du site d'accueil un certain nombre de travaux spécifiques comme les liaisons entre l'usine existante et le futur atelier.

Ingénierie de détail et construction vont mettre en œuvre des spécialistes. On en compte une vingtaine : génie civil, chaudronnerie, instrumentation, tuyauterie, machines tournantes...

Les sociétés d'ingénierie à vocation internationale avec des effectifs de plusieurs milliers de personnes peuvent avoir à leur service des spécialistes dans toutes les catégories professionnelles.

Des sociétés plus modestes vont faire appel à la sous-traitance. Un taux de sous-traitance élevé peut créer des dysfonctionnements importants par suite du manque de cohésion d'équipes qui ne sont pas habitués à travailler ensemble et les problèmes posés par le respect des contrats liant les différentes parties entre elles.

L'organisation du projet elle-même va répondre du contenu du projet comme nous l'avons expliqué au paragraphe 3.2.2 à propos des études de base : l'analyse WBS est essentielle.

3.6.2 L'ingénierie de détail

La finalité de l'ingénierie de détail (*detail engineering*), c'est de remettre aux entreprises chargées de la construction tous les plans nécessaires à la construction.

Pour les tuyauteries qui représentent en chimie et pétrochimie un des postes les plus importants du coût de l'installation, il faut faire leur dessin exact (isométriques), les positionner dans l'espace, définir le supportage...

L'informatique a profondément modifié le mode de fonctionnement des sociétés d'ingénierie.

Une multitude de progiciels aident le maître d'œuvre à concevoir, planifier, commander, gérer tous les aspects du projet.

L'ingénierie de détail est coûteuse car consommatrice de personnel ; il est essentiel que le dossier Étude de base soit explicite et complet pour éviter des erreurs de compréhension, des modifications ultérieures.

L'ingénierie de détail nécessite l'**utilisation de standards et de procédures** : des codes seront choisis en fonction de l'installation à monter. Les procédures définissent les méthodes à employer pour conduire le chantier, assurer la coordination de l'ensemble.

Pour ne citer qu'un exemple, une procédure définira comment qualifier les soudeurs ; peut-être pas très facile à appliquer dans le cas du montage d'une usine de pâte à papier dans les jungles du Kalimantan (Bornéo).

3.6.3 Contrats/assurances

Les contrats vont définir les responsabilités respectives des différents intervenants. **Le plus important c'est celui qui lie le maître d'ouvrage au maître d'œuvre.**

Les contrats revêtent une importance capitale et doivent être rédigés par des juristes (*lawyer*) qui doivent avoir compris la nature du projet pour assurer une rédaction adéquate.

Il en existe de plusieurs types : clé en mains, « *cost + fee* »...

La précision de la définition du projet va influencer la nature du contrat. Un contrat clé en mains nécessite que le projet soit parfaitement défini et engage fortement la responsabilité du maître d'œuvre. Normalement tout contrat est assorti de pénalités ; à l'inverse, des bonus incitent le maître d'œuvre ou les entreprises à raccourcir le temps de réalisation pour ne citer qu'un exemple.

Les assurances absolument nécessaires représentent un type de contrat particulier ; elles visent à protéger tous les intervenants du projet et le matériel principal.

3.6.4 Sélection des entreprises, du personnel

La sélection des sociétés d'ingénierie, des entrepreneurs revêt une importance capitale. Les références qu'il est bon de vérifier par des visites sur place, des enquêtes appropriées d'installations de même type sont bien entendu indispensables avant de se « marier » avec telle ou telle entreprise. C'est le travail des commerçants de ces dernières que de les promouvoir ; ce ne sont pas eux qui font le travail.

Une bonne pratique est de sélectionner en même temps les employés affectés au projet suivant leur capacité et leur expérience : examen des CV (*resumes*), enquêtes, interviews... sont utiles et permettent d'éviter bien des déboires.

3.6.5 Achats, inspection

Acheter, c'est un métier !

L'inspection du matériel en cours de fabrication, à la réception l'est également.

3.6.6 Gestion de chantier, coûts et délais

Un chantier sur lequel vont s'activer des centaines voire des milliers de personnes a besoin à l'évidence d'une organisation, d'un suivi particulier.

Ce que l'on appelle communément Département *coûts et délais* est responsable du planning général des tâches, du suivi de la réalisation. Des progiciels sont maintenant couramment utilisés pour mettre en œuvre des techniques type PERT (*Programm Evaluation and Review Technique*) utilisées aux États-Unis dans les années 1950 pour la fabrication des fusées *Polaris*.

L'objectif du planning c'est d'**être proactif**, c'est-à-dire mettre en place des actions correctives en cas de dérive. Un planning, ça vit ! Il doit anticiper les événements et non pas se limiter à constater des retards.

Le suivi des dépenses, des engagements (courbe en S) et du degré d'avancement du chantier (l'un sans l'autre n'a pas de sens) est un outil de management indispensable.

3.6.7 Le démarrage

L'exploitant sur place dès le début du chantier va avoir à procéder aux embauches, à la formation du personnel, à l'écriture du manuel opératoire qui contient les consignes, les procédures et tout ce qui est nécessaire à la compréhension de l'installation et à sa conduite.

Le responsable de la maintenance doit recevoir à temps les plans de montage, les plans des appareils, les notices d'utilisation pour mettre en place un plan de maintenance.

Il est essentiel que les exploitants participent à l'ingénierie de détail et, en un mot, s'approprient l'installation.

3.6.8 Une maladie à éviter : les ordres de modification

Au cours de l'ingénierie de détail, au cours du montage et dès les essais de réception, des demandes de modification vont être formulées pour tenir compte des aléas et des desiderata des exploitants.

Ces ordres de modification (*change order*) vont créer des coûts supplémentaires, des retards. Ils sont souvent l'occasion pour les ingénieries de facturer des heures supplémentaires non prévues au contrat, au prix fort.

La gestion de ces modifications incombe au directeur de projet qui doit en apprécier le fondement et décider de la suite à donner.

3.6.9 La réception

La réception de l'installation par le maître d'ouvrage, évidemment impatient d'en prendre possession, est une phase contractuelle importante. Une réception sans discernement va dégager la responsabilité du maître d'œuvre dont l'intérêt est à l'évidence de plier bagage au plus vite.

Le contrat d'ingénierie doit spécifier ce qui recouvre physiquement les termes suivants qui ne sont pas toujours compris de la même façon par tout le monde :

- **réception mécanique** (*mechanical acceptance*) : les travaux sont pratiquement terminés et conformes aux plans (*as built*) et spécifications ;
- **réception préliminaire** (*precommissioning*) : essais à l'eau, essais dynamiques, mise en service des utilités, etc. ;
- **démarrage** (*start up*) : mise en service de l'installation ;
- **réception** : vérification des données contractuelles du produit et des performances de l'installation.

Le **transfert de propriété** met un terme aux responsabilités du maître d'œuvre. Encore une fois la définition des responsabilités à chaque étape est essentielle ; des constats contradictoires loin de créer un climat de suspicion permet de clarifier les responsabilités de chaque partie.

Il est toujours difficile d'obtenir la finition des « queues de chantier » comme la peinture, le calorifugeage, le nettoyage, la remise en état sols... Le contrat d'ingénierie doit inclure des retenues, seule méthode pour obliger les entrepreneurs à respecter leurs engagements.

La réception définitive de l'installation ne soustrait pas le maître d'œuvre des obligations liées aux garanties à long terme. C'est le cas par exemple pour les machines tournantes qui peuvent fonctionner parfaitement pendant quelques mois et présenter des usures inacceptables par la suite.

4. Gestion de la production

La gestion de la production englobe la gestion des ressources physiques (investissement), la gestion des ressources humaines et la gestion des flux (§ 1.3).

La gestion actuelle des outils de production prend sa source au Japon après la Seconde Guerre mondiale [13] et [21]. Le Japon,

détruit et occupé par les Américains, a eu l'incroyable volonté de repenser son système de production aidé en cela par les Américains dont l'illustre professeur W.E. Deming, spécialiste de statistiques.

C'est par l'**observation, la discipline, le travail en équipe** que le Japon est passé d'une industrie à la réputation « d'industrie de pacotille » à l'industrie de qualité qu'on lui attribue aujourd'hui. Il est intéressant de noter que la révolution industrielle de Toyota a été basée sur le système Kanban (système à étiquettes) découvert fortuitement par le vice-président *Manufacturing* de cette société Taichi Ohno au cours d'un voyage aux États-Unis. T. Ohno avait observé dans un supermarché que lorsqu'un casier était presque vide de sa marchandise, cela déclenchait l'arrivée de marchandises de remplacement. Dans notre langage, on pourrait dire que la gestion de flux tiré par l'aval était née.

D'autres concepts aussi simples ou faussement simples sont à l'origine du miracle japonais. Citons le diagramme causes/effets d'Hishikawa pour rechercher l'origine des défauts ou des pannes sans oublier le fameux « juste à temps » (JAT) (*just in time*) ou système des zéro défaut, zéro panne, zéro temps de réglage, zéro stock, zéro papier... zéro étant ici synonyme d'optimum !

On voit que l'on a là un état d'esprit, une culture d'entreprise par ailleurs difficile à pénétrer encore aujourd'hui, la barrière linguistique à elle seule créant un obstacle majeur.

Cette approche qualité totale a été faite sans ordinateur, sans robotique et autres mots en ique et pour cause !

La riposte américaine : c'est à partir des années 1960 que l'Amérique qui sent venir la menace nipponne commence à réfléchir aux méthodes de management de la production. L'APICS (*American Production and Inventory Control Society*) est née en 1957 à Cleveland [19] ; elle a plus de 80000 membres de nos jours !

Il est intéressant de noter que « *Inventory* » c'est-à-dire Inventaire/stock figure dans son nom de baptême.

Le stock comme chez les japonais est synonyme de gâchis ; on fabrique mais on ne vend pas, on accumule des en-cours car les machines ne marchent pas à la même cadence. Il y a des bouchons, des goulots, des contraintes mal gérées, un manque de synchronisme.

La riposte américaine va être à l'origine de **systèmes de gestion dits MRP I et II** (respectivement *Materials requirements planning* et *Manufacturing resources planning*) [22].

Plus prêt de nous, la **méthode OPT** (*optimized production technology*), fortement médiatisée par son inventeur, développe la notion de contraintes ou goulots [14].

L'industriel trouve aujourd'hui sur le marché bon nombre de **proiciels** basés sur ces méthodes. **Il est capital de choisir le système adapté à la typologie de sa fabrication.**

4.1 Perception actuelle

La gestion des moyens de production doit s'adapter aujourd'hui aux nouveaux concepts nouveaux de gestion de l'entreprise [26].

— **Rapprochement du client et du décideur responsable.** La tendance est de morceler l'entreprise en unités semi-autonomes disposant de leurs moyens propres dont les moyens de production. Les directeurs d'usine peuvent rapporter à des patrons de business sans formation technique.

— **Prise en compte du « phénomène humain » et diminution des niveaux hiérarchiques.** Des structures « plates » permettent à l'employé de s'exprimer, de donner libre cours à sa créativité. Les ouvriers vont chez les clients voir la mise en œuvre des produits qu'ils ont fabriqués.

— **Existence de l'informatique industrielle et de moyens de communication,** induisant la révolution culturelle déjà mentionnée et qui est loin d'être finie.

— **Globalisation de l'entreprise** qui nécessite d'avoir des cadres d'expérience internationale ; la langue anglaise est incontournable.

Le procédé d'une usine implantée au Canada peut provenir d'un centre de recherches anglais, son ingénierie faite aux États-Unis, le directeur peut être un expatrié italien et la moitié de sa production vendue au Japon.

Le transfert des technologies requiert des méthodes de travail particulières.

— **Apparition de nouvelles méthodes de management** dont le marketing, l'assurance qualité : évolution et « dépoussiérage » d'anciennes comme les ressources humaines, la logistique, les achats.

La frontière entre la fonction production proprement dite et la fonction technique (centres de recherches, centre d'essais, laboratoires d'applications, moyens d'ingénierie) n'est pas précise. La fonction technique peut être rattachée en totalité ou en partie à l'industriel, l'ingénierie l'est souvent, mais c'est beaucoup plus rare pour la R & D, rattachée le plus souvent à la Direction générale.

Les responsabilités, l'étendue des grandes fonctions centrales (*corporate*) suscitent des débats passionnés. Le « *corporate* » à priori garant des méthodes, de l'éthique industrielle, de l'expertise se voit reprocher sa lenteur, ses coûts exorbitants, sa méconnaissance du phénomène client.

Ce qui est certain aujourd'hui, c'est que **l'entreprise ne peut plus avoir une structure monolithique** ; le pouvoir est partagé, la communication, la concertation sont indispensables avec comme cadre le respect des individus. Ces réflexions nous amènent à distinguer la gestion industrielle au niveau du siège de la gestion au niveau de l'usine.

4.2 Gestion au niveau du siège

Cette fonction est attribuée à ce que l'on appelle communément **direction industrielle**, direction de la production ou direction des opérations.

Nous ne nous intéresserons qu'à l'industriel proprement dit, que nous appellerons direction industrielle (DI), la gestion de la fonction technique ayant ses propres caractéristiques.

La DI doit gérer un ensemble de ressources afin de trouver le meilleur compromis entre trois missions principales :

- servir le business, c'est-à-dire fournir aux activités commerciales les produits en qualité, en volume et en temps et être flexible c'est-à-dire s'adapter rapidement aux nouvelles demandes ;
- gérer les investissements ;
- gérer l'outil de production, du point de vue technique et du point de vue humain.

Les objectifs liés à ces trois missions sont souvent contradictoires, ce qui a trait au long terme n'est pas toujours bien perçu par les commerciaux dont les besoins sont souvent immédiats ou réputés comme tels.

La flexibilité n'engendre pas obligatoirement un climat de sérénité ; un changement de programme de fabrication de dernière minute alors que l'outil de travail a été agencé et prêt à être mis en service ne se fait pas sans grincements de dents.

Nous nous attacherons à illustrer plus particulièrement trois aspects essentiels de la direction industrielle :

- la gestion des investissements,
- le management des projets majeurs,
- le management de la famille technique.

La gestion de l'outil industriel peut être considérée sous deux aspects fondamentaux :

- son maintien en état de fonctionnement, pour qu'il soit capable de livrer des produits de qualité ; c'est à l'évidence le domaine privilégié des techniciens qui doivent adapter et entretenir l'outil industriel ;
- son fonctionnement à proprement parler qui consiste à gérer les machines et les ateliers : lancement de production, définition du

volume des campagnes, optimisation de l'utilisation de l'outil industriel ; ce n'est pas forcément le domaine des techniciens. On ne demande pas à un chef de gare d'être un parfait mécanicien !

Il se pose aujourd'hui la question de savoir à qui incombe la gestion de cet ensemble outil de production/ *supply chain* telle que définie au paragraphe 1.3. Si nous prenons le cas de la fonction achats, elle peut rapporter à la DI, au commercial, à la Direction générale et dans ce cas c'est une fonction indépendante. Encore une fois, l'exégèse n'est pas de mise. Il est important de comprendre les principes de base et de les adapter à chaque entreprise.

La gestion de production dans l'industrie manufacturière

L'industrie manufacturière, fabriquant des produits « discrets », palpables, met en œuvre des opérations discontinues ; elle a développé ses propres méthodes et sa terminologie [23].

Le **Bureau d'études** conçoit le produit à partir d'un cahier des charges ; il établit des plans, des dessins et réalise ainsi la nomenclature (liste des composants).

Le **Bureau des méthodes** définit les différentes opérations de production à réaliser dans les ateliers ; il établit alors les *gammes* de fabrication.

À partir de ces gammes, le **service Ordonnancement** détermine le plan de production (délais et ressources).

Ensuite, le **service Lancement** établit les documents nécessaires à la réalisation : bon de travail, bon matière, fiche suivieuse du produit à fabriquer.

Gérer la production, c'est optimiser des ressources physiques et humaines ; améliorer l'outil de production pour qu'il livre toujours des produits aux spécifications (capabilité), diminuer le taux de pannes, réduire les coûts, réduire les rebuts, augmenter la productivité en agissant sur les goulots (*bottlenecks*), etc.

4.2.1 Gestion des investissements

Il n'est pas besoin de répéter que les investissements et les désinvestissements sont des actes majeurs de l'entreprise dont la survie et la croissance en dépendent.

La croissance peut être interne, l'entreprise crée de nouveaux moyens de production, ou externe par acquisitions.

Les **investissements** peuvent être classés en différentes catégories : les **incorporels** (achat de licence, de marque...), les **physiques** ou industriels, et les **immobiliers**.

Les investissements physiques peuvent être classés suivant leur montant : en stratégique au-delà d'une certaine somme (plusieurs MF), en courant ou de maintien pour une somme inférieure :

- les investissements stratégiques à leur tour peuvent être classés en investissements de capacité ou réglementaires (mise en conformité) ou de support du business (lancement de nouveaux produits, adaptation de produits aux marchés, etc.) ;
- les investissements de maintien consistent, comme leur nom l'indique, à garder l'outil de production en bon état ou à l'améliorer.

La gestion des investissements au niveau de la DI, c'est assurer l'adéquation entre les besoins du business caractérisé par un **business plan** [12], et le plan de financement de l'entreprise dont la capacité financière est limitée.

Le rôle de la DI est donc un rôle de planification, d'organisation des équipes de projet, de suivi et de contrôle dont le *reporting* concernant les dépenses et les prises en charge (*capital spending*).

4.2.2 Management des projets majeurs

Les projets peuvent être classés en deux grandes catégories : les projets d'organisation (projets de *software*) et les projets d'investissements (projets de *hardware*).

Souvent les premiers ne vont pas sans les seconds. L'optimisation d'une usine peut consister à regrouper des salles de contrôle éparpillées en une salle de contrôle unique. Ce projet combine à la fois *software* et *hardware* dans la mesure où à côté de l'investissement physique basé ici sur de l'instrumentation, il faut un accompagnement social concernant la redéfinition des postes de travail, la formation du personnel, la remise à jour des consignes d'exploitation, etc.

La DI doit organiser les projets majeurs et participer à la sélection et la nomination des acteurs principaux.

4.2.3 Management de la famille technique

Nous entendons par *famille technique* l'ensemble des personnes qui sont associés au système de production et au système technique, comme le chef de fabrication, l'ingénieur de maintenance, l'ingénieurs procédés.

À une époque où il est de bon ton de privilégier le commercial, le marketing et le court terme, il est du devoir de la DI de gérer cette population, c'est-à-dire la reconnaître, lui assurer une carrière, lui prodiguer la formation nécessaire à son développement en conformité avec les besoins de l'entreprise.

4.3 Gestion des usines

Le rôle du **directeur d'usine** (DU) doit être défini et en particulier son interface avec la Direction industrielle et le business général. Tout ce qui a été dit au paragraphe 4.2 concernant la direction industrielle s'applique au directeur d'usine à des degrés divers.

La DI gère les projets très importants, le DU gère les investissements plus modestes qu'ils soient stratégiques ou de maintien. C'est son bureau d'études ou des méthodes qui le fera.

Un des rôles importants du DU consiste à **gérer harmonieusement l'opérationnel et l'entrepreneurial**. Encore une fois, il est essentiel d'assurer le profit d'aujourd'hui, le pain quotidien, pourrait-on dire !

L'allocation appropriée des ressources internes, l'appel raisonnable aux ressources extérieures quand cela est nécessaire pour faire face aux changements, « garder le cap », gérer les crises, adapter l'usine au changement constituent autant de tâches auxquelles le DU sera confronté.

Le rôle de DU c'est aussi fondamentalement d'établir de bonnes relations avec l'environnement au sens large qu'il s'agisse des voisins (parfois trop rapprochés !), l'association locale des pêcheurs à la ligne ou l'administration.

Le DU se doit d'assurer la conformité de son établissement avec l'éthique de l'entreprise dont la sécurité, l'environnement et les conditions de travail ne sauraient être absents. Il doit également faire progresser son usine en privilégiant :

- la mise en place d'un système qualité ;
- l'amélioration des procédés et des procédures en s'appuyant sur des groupes de travail, des *task-forces* ;
- la réduction des coûts en général et ceux de la maintenance en particulier ;
- l'amélioration de la flexibilité de l'usine pour s'adapter le plus vite aux demandes de la clientèle ;
- l'augmentation de la fiabilité en s'attaquant aux causes des pannes et des dysfonctionnements de toute nature qu'ils soient physiques (par exemple, pannes d'utilités) ou organisationnels (par exemple, mauvaise communication entre différents services).

Le rôle du DU est donc d'**améliorer la performance de son usine** dans toute l'acceptation du terme.

Pour cela, il doit considérer que ses employés constituent sa principale richesse. Un système d'embauche en adéquation avec des postes de travail bien définis, une formation évaluative qui doit

accompagner tout changement structurel important, un système de qualification et de reconnaissance bien adapté sont les atouts majeurs pour éviter conflits et pour maintenir le cap vers un progrès continu.

4.4 L'usine performante

Poser la question de la performance d'une usine est une question complexe puisqu'il faut décider d'étalons de mesure et déterminer le contexte dans lequel la question se pose : s'agit-il d'un audit des procédures administratives, d'un bilan financier, d'une évaluation de procédé, d'un audit précédent un achat ? Une usine très propre, qui n'a pas d'accident peut réjouir l'ingénieur central de sécurité ; ses mauvais résultats peuvent désespérer l'analyste financier.

Le diagnostic [28] revêt donc plusieurs facettes. Nous ne prenons en considération que les aspects principaux suivants.

4.4.1 Aspects Business - satisfaction de la clientèle

L'entreprise doit fournir de plus en plus de services et des solutions aux problèmes des clients. Vu par le business, la performance se mesure donc à la satisfaction de la clientèle. Souplesse, réactivité, fiabilité, faible taux de réclamation, assistance technique sont les termes qui reviennent sans cesse. La satisfaction ne se limite pas à l'instant donné mais doit s'envisager sur une perspective à long terme qui englobe produits existants ou à développer. Les validations par les clients majeurs se répandent de plus en plus ; cela exige de l'usine un effort particulier que récompensera la fidélisation.

4.4.2 Aspects financiers - rentabilité simplifiée

L'analyse du bilan, de la rentabilité des investissements sont des diagnostics qui « dépassent » souvent le niveau de l'usine.

Cependant, l'analyse du compte de résultat analytique (CRA) limité à la marge brute est un indicateur simple qui renseigne à la fois sur la qualité intrinsèque du processus industriel et sur les éléments propres à l'usine : taille et efficacité de l'organisation (figure 9).

La marge de contribution renseigne sur l'efficacité du processus industriel et sur la performance commerciale du produit ; une marge de contribution élevée est synonyme d'un produit qui se vend bien et/ou d'un procédé qui utilise des matières premières bon marché et dont les rendements (quantité de MP/unité de produit) sont bons — ou une combinaison de ces éléments. La marge de contribution du produit est à calculer dès l'étape d'initialisation d'un projet. Beaucoup d'entreprises fixent une valeur minimale au-dessous de laquelle le produit ne présente pas d'intérêt commercial.

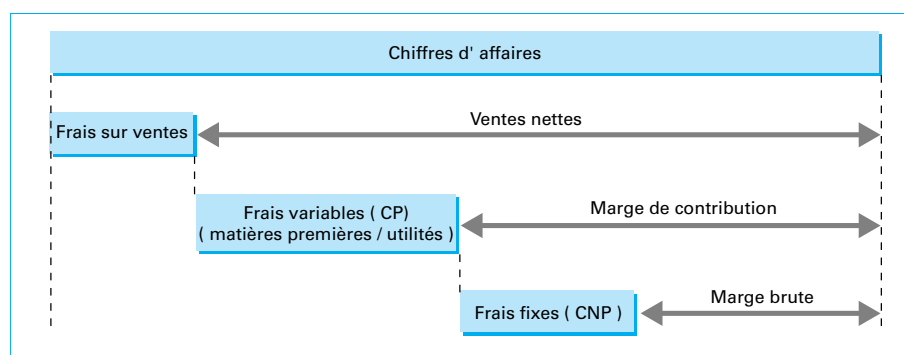


Figure 9 – Le compte de résultat analytique (limité à la marge brute)

La marge brute (MB) dépend à la fois de la taille de l'atelier et de l'organisation de l'usine ; en général, plus un atelier est de capacité élevée et plus les CNP unitaires diminueront par effet d'échelle.

Un atelier mal conçu exigera peut-être des équipes de fabrication pléthoriques.

Les CNP directs élevés c'est-à-dire ceux liés directement à la fabrication du produit viendront grever la rentabilité.

Les CNP indirects engendrés par l'administration de l'usine (Direction, service du personnel, etc.) pourront s'ils ne sont pas maîtrisés grever à leur tour ce qui reste de la MB.

Le CRA est un outil puissant : il peut s'appliquer à un produit, à une famille de produits, à une usine entière, à une entreprise.

Le CRA renseigne sur le stade de vie du produit (contribution faible car le produit en fin de cycle de vie), sur la performance des acheteurs, sur le processus industriel, sur la structure de l'usine.

À noter que l'allocation des CNP indirects effectuée à l'aide de clés de répartition entraîne bien des discussions avec ceux qui sont obligés de payer ! il n'y a pas de système qui satisfasse tout le monde !

4.4.3 Aspects techniques

Pour l'ingénieur, la qualité de l'outil de production, sa performance, tout ce qui concourt à son exploitation et à son maintien en bon état de fonctionnement est évidemment l'aspect qu'il prendra en compte en premier et à bon escient. Pas besoin d'insister : il s'agit bien là de la condition *sine qua non* de la performance. **La meilleure gestion ne compensera jamais une technologie obsolète.**

4.4.4 Aspects mobilité - flexibilité - progrès

Il s'agit en fait de savoir si l'usine a un plan de progrès continu comme le préconise d'ailleurs l'assurance qualité. **Il n'y a pas de performance sans mesure !**

Il faut suivre les améliorations de rendement, de productivité, par un *reporting* adéquat communément appelé « tableau de bord ».

4.4.5 Aspects humains

À côté du climat social, de bons résultats de sécurité, de faible absentéisme, de faible « *turn over* », l'analyse des aspects humains peut être envisagée sur d'autres aspects :

- pyramide des âges, plan de succession : il faut penser à la relève !
- formation : a-t-on les personnes adéquates pour assurer les défis de demain ?
- polyvalence, aptitude au changement.

4.4.6 Le *benchmarking*, une méthode d'analyse de la performance

Ce mot est maintenant à la mode [17]. Il s'agit de se comparer :

- en interne : un grand groupe compare ses usines, ses procédés, ses procédés ;
- en externe : on se compare avec ses confrères et ses compétiteurs.

Il s'agit là d'un exercice difficile et courageux. Il est toujours difficile de reconnaître que l'on n'est pas bon !

5. Management logistique

Nous avons mentionné à plusieurs reprises l'éclairage novateur que le concept de *supply chain* a apporté au management de l'entreprise. Nous avons vu que son interface avec le DI doit être précisée, mais le plus important c'est encore une fois de définir les PROCES-SUS. C'est un des principes de base de l'approche qualité. Il ne fait pas de doute que la fonction achats, la distribution, la gestion des stocks sont les maillons essentiels de la *supply chain*.

À côté de ces notions de management, le fonctionnement de la *supply chain* met en œuvre tout un ensemble de fonctions, de technologies et de matériels spécifiques à chaque produit et pour chaque type de clientèle.

Chaque produit doit être emballé ou conditionné, manutentionné, stocké et distribué.

– **L'emballage, le conditionnement** dans certains cas doivent faire partie du processus de conception ; la présentation du produit peut avoir un impact commercial primordial (flaconnage des parfums par exemple).

Chaque cas est un cas d'espèce très proche du marketing. Il faut savoir ce que le client veut ou pense vouloir, pour le séduire !

– **La manutention** revêt des formes extrêmement variées qu'il s'agisse de palettes, de chariots automoteurs, de bandes transporteuses, de grues de chargement, etc.

– **Le stockage et le transport** mettent en jeu également des techniques variées et parfois très complexes, pour ne citer que la chaîne du froid, la manutention en vrac de pulvérulents, le transport aérien ou maritime, etc.

Tout ce savoir-faire sera largement détaillé dans les différentes rubriques spécifiques de ce traité.

Dans certaines entreprises, la gestion de ces flux physiques fait appel aux **progiciels ERP** (*Enterprise Resource Planning*) ; la situation des stocks et les commandes des clients gérés en temps réel permettent ainsi d'optimiser la gestion de l'outil industriel et de réduire les besoins en fonds de roulement. L'entreprise peut avoir une vision globale de ses activités, améliorer la planification des achats, la traçabilité des produits et optimiser l'emploi aussi bien des ressources physiques qu'humaines.

La base documentaire « L'entreprise industrielle » a donc comme ambition de montrer que le succès de l'entreprise repose sur une connaissance approfondie de toute la chaîne de la commande, du client au client.

Références bibliographiques

- | | | |
|--|--|--|
| <p>[1] LOUAPRE (E.) et SALVADOR (A.). – <i>L'incroyable métamorphose de la Chine</i>. L'Harmattan, 1997.</p> <p>[2] THIETART (R.A.). – <i>La stratégie d'entreprise</i>. Mc Graw Hill, Paris, 1987.</p> <p>[3] HAYES (R.-H.) et al. – <i>Dynamic manufacturing</i>. The Free Press, Mc Graw Hill, 1988.</p> <p>[4] DECLERCK (R.P.) et al. – <i>Le management stratégique des projets</i>. Ed. Hommes et Techniques, 1980.</p> <p>[5] <i>Chef de projet, l'industrie en redemande</i>. L'Usine nouvelle n° 2525, nov. 1995.</p> <p>[6] CHRISTOPHER (M.). – <i>Logistics and Supply Chain Management</i>. Pitman Publishing, 1992.</p> <p>[7] DINSMORE (P.C.). – <i>The AMA handbook of project management</i>. Ed. American Management Association, 1993.</p> <p>[8] PETITDEMANGE (C.). – <i>Le management par projet. 80 démarches opérationnelles choisies</i>. Éd. EFE, 1997.</p> <p>[9] TARONDEAU (J.-C.). – <i>La gestion de production</i>. Collection « Que sais-je ? » n° 3115.</p> <p>[10] MECKLENBURGH (J.-C.). – <i>Process plant layout</i>. Ed. John Wiley & Sons, 1995.</p> <p>[11] Ten years later Bophal. Chemical and engineering News (C & EN), 19 décembre 1994.</p> | <p>[12] MAIRE (C.). – <i>Construire et utiliser un plan de développement</i>. Le Business Plan, Éd. d'Organisation (Les), 1995.</p> <p>[13] LAURENTIE (J.). – <i>Logistique, démarches et techniques</i>. AFNOR, 1994.</p> <p>[14] MARRIS (P.). – <i>Le management par les contraintes en gestion industrielle</i>. Éd. d'Organisation (Les), 1994.</p> <p>[15] HAMMER (M.) et CHAMPY (J.). – <i>Reengineering, the Corporation</i>. Ed. Harper Business, 1993.</p> <p>[16] PETERS (T.). – <i>Liberation management</i>, éd. Alfred A. Knopf, New York, 1992.</p> <p>[17] Breakthroughs ! P. Ranganath Nayak & J.M. Ketteringham of Arthur D. Little chez Mercury Business books Ltd, 1993.</p> <p>[18] HAYES (R.H.) et WHEELWRIGHT (S.C.). – <i>Restoring our competitive edge – competing through manufacturing</i>. Ed. John Wiley and Sons, 1984.</p> <p>[19] GREENE (J.H.). – <i>Production and inventory control handbook</i>. Ed. Mc Graw Hill, 3^e éd., 1997.</p> <p>[20] JURAN. – <i>Quality control handbook</i>. Ed. Mc Graw Hill, 4^e éd., 1988.</p> <p>[21] MOLET (H.). – <i>La nouvelle gestion de production</i>. Éd. Hermès, 1989.</p> | <p>[22] DUPONT (L.). – <i>La gestion industrielle</i>. Ed. Hermès, 1998.</p> <p>[23] GARANGER (P.) et CHEN (J.). – <i>Gestion de la production</i>. Éd. Vuibert/Éducapôle, 1995.</p> |
|--|--|--|

Dans les Techniques de l'Ingénieur

- [24] VANDAMME (M.N.). – *Coûts des investissements industriels. Méthodes d'estimation*. Traité Génie industriel, A 8 070, 1996.
- [25] QUIBEL (J.). – *Les stratégies de l'entreprise et le management stratégique*. Traité Génie industriel, A 4 150, 1995.
- [26] MARRE (J.). – *Les structures de l'entreprise*. Traité Génie industriel, A 4 180, 1991.
- [27] VERNIER (J.P.). – *Fonction maintenance*. Traité Génie industriel, A 8 300, 1999.
- [28] QUARANTE (D.). – *Design industriel*. Traité Génie industriel, T 70, 1996.
- [29] JACOMY (B.). – *Culture technique de l'ingénieur*. Traité Génie industriel, T 40, 1993.
- [30] GRENIER (B.). – *Méthodologie du développement industriel d'un produit*. Traité Génie industriel, T 100, 1989.