

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES ÉCONOMIQUES ORIENTATION GÉNÉRALE À FINALITÉ SPÉCIALISÉE

#### Recherche sur la valeur économique des systèmes de traitement électronique de l'information

Capron, Michel

*Award date:*  
1969

*Awarding institution:*  
Universite de Namur

[Link to publication](#)

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX - NAMUR**

**FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 1968-1969**

**RECHERCHE SUR LA VALEUR ÉCONOMIQUE  
DES SYSTÈMES DE TRAITEMENT ÉLECTRONIQUE  
DE L'INFORMATION**

**Michel CAPRON**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade  
de Licencié en SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES  
(Economie de l'Entreprise)

JURY DU MÉMOIRE :

MM. F. BODART  
M. GUILLAUME

Avant-propos.

Nous n'aurions pu entreprendre ni mener à terme ce travail sans l'aide compétente, les critiques et les encouragements du Professeur F. Bodart. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de toute notre gratitude.

Le Professeur M. Guillaume nous a aidé de son expérience et de ses réflexions critiques. Nous tenons à l'en remercier très vivement.

Notre gratitude va également au Dr E. Frese, du "Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Organisationslehre", dont les suggestions nous ont été précieuses lors de notre séjour à l'Université de Cologne.

Nous voudrions enfin remercier spécialement les personnes qui ont contribué, avec beaucoup de dévouement, à la dactylographie et à l'impression de ce mémoire.

## TABLE DES MATIERES.

	<u>Pages.</u>
Avant-Propos .....	I
Introduction Générale .....	VII
 <u>PREMIERE PARTIE : TYPOLOGIE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT</u> <u>ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION</u>	
<u>INTRODUCTION</u> .....	1
 <u>CHAPITRE I : LE CONCEPT DE "SYSTEME DE TRAITEMENT</u> <u>ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION</u>	
1.1. Système .....	4
1.2. Information .....	12
1.3. Traitement de l'information .....	14
1.4. Système de traitement électronique de l'information .....	15
 <u>CHAPITRE 2 : CONCEPTS DE BASE DANS L'ORGANISATION DE</u> <u>SYSTEMES DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE</u> <u>DE L'INFORMATION</u>	
2.1. Accès direct .....	20
2.2. Simultanéité .....	21
2.3. Multiprocessing .....	21
2.4. Monoprogrammation .....	23
2.5. Multiprogrammation .....	23
2.5.1. Multiprogrammation classique .....	24
2.5.2. Multiprogrammation en parallèle .....	25
2.5.3. Le partage de temps .....	26
2.6. Le temps réel .....	27
2.7. Système d'interruption .....	28
2.8. On-line; off-line .....	30

CHAPITRE 3 : DESCRIPTION DE SYSTEMES DE TRAITEMENT  
ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION

Pages.

3.1.	Introduction .....	32
3.2.	Systèmes en off-line .....	34
3.2.1.	Système en off-line local .....	34
3.2.2.	Système en off-line à distance .....	45
3.3.	Les systèmes en on-line .....	53
3.3.1.	Caractéristiques générales .....	53
3.3.2.	Système on-line avec traitement en mode séquentiel indirect .....	54
3.4.	Les systèmes en partage de temps .....	62
3.4.1.	Exploitation par fournées .....	63
3.4.2.	Système question - réponse .....	69
3.4.3.	Système en mode conversationnel .....	70
3.4.4.	Système de type universel à deux processeurs	73
3.5.	Les systèmes en temps réel .....	84
3.5.1.	Système en temps réel à processeur unique .	85
3.5.2.	Système en temps réel et multiprocesseur ..	87

CHAPITRE 4 : SYSTEME INFORMATIQUE DE GESTION ET GESTION  
INTEGREE

4.1.	L'analyse des systèmes appliqués à l'entreprise ...	95
4.2.	L'intégration des traitements et les bases d'un système informatique de gestion .....	101
4.2.1.	Introduction .....	101
4.2.2.	L'intégration des traitements .....	102
4.2.3.	Les bases d'un Système Informatique de Gestion .....	105
4.3.	La gestion intégrée .....	110
4.3.1.	Définition et conditions d'une gestion intégrée .....	110
4.3.2.	Les étapes dans le développement d'un sys- tème .....	112
4.4	L'impact sur l'organisation de l'entreprise .....	121

<u>DEUXIEME PARTIE : LA VALEUR DES SYSTEMES DE TRAITEMENT</u>	
<u>ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION ET LES</u>	
<u>PROBLEMES POSES PAR L'ESTIMATION DE LA</u>	
<u>VALEUR DE L'INFORMATION</u>	
<u>INTRODUCTION</u> .....	125
<u>CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES : LES ELEMENTS DU PROBLEME</u>	
<u>DE DECISION</u> .....	127
<u>CHAPITRE I : ANALYSE QUALITATIVE DE LA VALEUR DE L'INFOR-</u>	
<u>MATION</u>	
1.1. Le cycle d'information .....	132
1.2. Analyse à partir de certaines propriétés de l'in-	
formation .....	133
1.2.1. La précision de l'information .....	136
1.2.2. L'âge de l'information .....	139
1.2.3. La fréquence de l'information .....	143
1.2.4. Prévisibilité et pertinence .....	145
1.3. L'information comme mesure de la valeur d'un messa-	
ge pour le décideur .....	145
1.3.1. Conditions générales .....	147
1.3.2. Processus d'estimation de la valeur de	
l'information .....	147
<u>CHAPITRE 2 : L'APPROCHE QUANTITATIVE DE LA VALEUR DE</u>	
<u>L'INFORMATION</u>	
2.1. Introduction .....	150
2.2. Les éléments constitutifs d'un système d'informa-	
tion .....	152
2.3. La capacité informative d'un système d'information.	163
2.4. La détermination de la valeur d'un système d'infor-	
mation .....	165

	<u>Pages.</u>
2.4.1. La valeur brute .....	165
2.4.2. La valeur nette .....	168
2.5. Le système d'information dans un processus séquen- tiel .....	169
2.5.1. Processus de décision multipériode sans information .....	170
2.5.2. Processus de décision multipériode avec système d'information .....	173
2.6. Exemple .....	175
2.6.1. Données de base .....	176
2.6.2. Procédure de calcul .....	177
2.6.3. Les cas envisagés .....	181
2.6.4. Tableau des résultats .....	182
2.6.5. Analyse des résultats .....	183
2.7. Eléments d'appréciation .....	184
 <u>CHAPITRE 3 : DETERMINATION DE LA VALEUR NETTE D'UN SYSTE-</u> <u>ME DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE</u> <u>L'INFORMATION</u>	
3.1. Introduction .....	191
3.2. Les coûts associés au système de traitement élec- tronique de l'information .....	194
3.2.1. Considérations préliminaires relatives au choix d'un ordinateur .....	194
3.2.2. Analyse des différents types de coûts .....	196
3.2.3. Une recherche relative aux coûts de pro- grammation .....	205
3.3. Les composantes de l'efficience d'un système de traitement électronique de l'information .....	210
3.4. L'analyse coût-efficience des systèmes de traite- ment électronique de l'information .....	216
3.4.1. Généralités sur l'analyse coût-efficience .	216
3.4.2. Application de l'analyse coût-efficience ..	217

<u>CHAPITRE 4 : APPLICATION A LA GESTION DES STOCKS DE L'ANA-</u>	
<u>LYSE COUT-EFFICIENCE D'UN SYSTEME DE</u>	
<u>TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION</u>	
4.1. Le stock physique et son système de gestion .....	226
4.2. Le système de tenue des stocks .....	228
4.2.1. L'enchaînement des opérations .....	229
4.2.2. Les facteurs de l'analyse coût-efficience ..	232
4.3. Le Système de Gestion des Stocks .....	235
4.3.1. Les objectifs de la gestion des stocks et l'ordinateur .....	236
4.3.2. Les éléments de l'analyse coût-efficience au niveau de la gestion .....	239
4.3.3. La synthèse : une double gestion de stocks..	241
<u>CONCLUSION</u> .....	246
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	249

## INTRODUCTION GENERALE.

=====

Un des phénomènes caractéristiques des quinze dernières années est incontestablement l'apparition progressive, aux Etats-Unis d'abord, puis en Europe, des ordinateurs. L'expansion a été vertigineuse : les matériels, tout en prenant relativement moins de place qu'auparavant, grâce aux possibilités de miniaturisation, sont devenus de plus en plus puissants (vitesse de traitement, puissance de calcul, capacités de mémoire, fiabilité); la programmation n'a cessé d'accroître les possibilités d'automatisation d'un nombre de plus en plus diversifié d'opérations et de processus; le personnel informatique a acquis une formation de haute qualification.

Les domaines d'utilisation des ordinateurs s'étendent sans cesse : on les emploie non seulement dans les entreprises manufacturières, la distribution ou les banques, mais aussi en gestion hospitalière, pour la recherche scientifique, la réservation de places dans les compagnies aériennes, dans les systèmes militaires et l'exploration de l'espace, dans les administrations publiques, etc.

Un ordinateur ou système de traitement électronique de l'information est bien plus qu'un calculateur fortement amélioré : c'est un outil de gestion précieux pour le gestionnaire. Il lui fournit en effet une information de gestion et assure l'automatisation de certains processus de gestion.

Consacrée aux systèmes de traitement électronique de l'information, notre étude les a abordés sous deux aspects complémentaires : nous nous sommes préoccupé d'une part de mieux comprendre ce qu'est un système de traitement électronique de l'information; d'autre part, nous avons cherché à estimer la valeur économique que représentent les systèmes de traitement pour le décideur-gestionnaire,

par l'intermédiaire de l'information qu'ils lui fournissent, pour lui permettre de réaliser, à des degrés divers, les objectifs de l'entreprise.

C'est ainsi que, dans une première partie, nous avons dégagé les caractéristiques fondamentales des principaux types de systèmes de traitement électronique de l'information existant à l'heure actuelle. D'une part, cette typologie permet de mieux saisir les mécanismes régissant le fonctionnement de ces systèmes complexes. D'autre part, il est important de pouvoir situer ces systèmes dans le système global que constitue l'entreprise et de mettre en évidence leur rôle dans la réalisation d'un système informatique de gestion global, support d'une gestion intégrée dans une entreprise complexe : c'est là l'objet du chapitre 4 qui clôture la première partie.

A l'issue de cette description des systèmes de traitement électronique de l'information, nous nous sommes posé deux séries de questions. Le premier type de questions concerne le produit du système de traitement, à savoir l'information; l'autre se rapporte à la valeur du système de traitement électronique de l'information lui-même pour le décideur.

En effet, une fois explicitée la question du fonctionnement du système, se pose la question du "pourquoi" : quel est l'objectif global fixé au système de traitement ? Sous différentes formes, la réponse est, en fait, toujours la même : il s'agit de produire et de diffuser une "bonne" information, à partir des données relatives à l'activité de l'entreprise et à son environnement, en vue d'assurer une prise de décision et une gestion correctes.

Mais qu'est-ce qu'une bonne information ? Les situations, les individus, les systèmes de traitement sont très différents; il s'agit cependant de chercher à définir des propriétés et des mesures

susceptibles d'être appliquées à toute information, quel que soit le contexte d'entreprise où elle s'insère et d'estimer sa valeur pour le décideur. Le problème que nous examinons à ce stade est, en effet, celui de la valeur de l'information.

Deux genres d'approche ont retenu notre attention. Une première consiste à définir un certain nombre de propriétés déterminant le concept de "bonne" information; l'information a d'autant plus de valeur qu'elle possède ces propriétés de façon plus parfaite. La valeur d'information idéale est, à cet égard, la valeur, pour le décideur, d'une information présentant la précision voulue, d'âge adéquat au problème à traiter, parfaitement pertinente et produite à la fréquence adaptée au rythme du phénomène étudié. C'est en cela que consiste l'apport d'une approche "qualitative" de la valeur de l'information.

La seconde approche est un essai de détermination quantitative de la valeur de l'information à partir de notions issues de la théorie mathématique de l'information et de la théorie de l'utilité. Nous abordons le problème de la valeur d'un système d'information (dans un contexte d'abord statique et ensuite séquentiel) après avoir distingué ses éléments constitutifs. La valeur brute du système à structure d'information  $Q$  s'obtient comme la différence entre l'utilité attendue dans la structure  $Q$  et celle attendue en l'absence de structure d'information. La détermination de la valeur nette inclut la considération des coûts associés au système d'information. Toutefois, plusieurs raisons (l'inadéquation des fonctions d'utilité, la question des probabilités "subjectives", les insuffisances de la seule théorie mathématique de l'information) rendent cette approche peu ou pas opératoire. Il n'en reste pas moins vrai qu'elle constitue une voie de réflexion stimulante.

A partir de ces considérations, nous revenons à une

analyse plus pragmatique de la valeur nette des systèmes de traitement électronique de l'information. L'analyse coût-efficience s'avère un bon outil à cet égard. Nous considérons d'une part les différents coûts associés à un système de traitement électronique de l'information; d'autre part, nous tentons une appréciation de l'efficience du système, avant d'englober ces deux types d'analyse dans une vue synthétique fournissant une base, à notre avis valable, pour l'estimation de la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information. Une comparaison entre les différents types de systèmes de traitement électronique de l'information s'avère extrêmement difficile et nous en sommes réduits, faute de données suffisantes, à proposer une orientation d'analyse.

Enfin, nous dégagons les lignes méthodologiques principales d'une application de l'analyse coût-efficience à un problème de tenue et de gestion des stocks à l'aide d'un système de traitement électronique de l'information.

Le problème de la valeur en général et de la valeur d'un système de traitement électronique de l'information en particulier est complexe et ardu. Il n'y a pas, croyons-nous, de solution toute faite en ce domaine. Tout au plus peut-on dégager des éléments méthodologiques. Dans leur application, on tiendra compte spécialement de la spécificité du problème posé, des conditions propres à l'entreprise où il se pose, de la direction, de chaque sous-système et de leurs interactions ainsi que de l'environnement où viennent s'insérer les éléments précités.

Dans le cadre de l'économie d'entreprise, il est particulièrement important, pour l'utilisation économique d'un système de traitement électronique de l'information, d'effectuer, dans la mesure du possible, des estimations systématiques de coût et d'efficience. Sinon il y a risque de disposer d'un outil précieux, puissant et coûteux sans pouvoir en fait utiliser ses capacités d'une manière réellement rentable.

PREMIERE PARTIE  
TYPOLOGIE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE  
DE L'INFORMATION.

=====

I N T R O D U C T I O N

-----

Cette première partie est essentiellement consacrée à une description détaillée des différents systèmes de traitement électronique de l'information. En guise d'introduction, nous voudrions d'une part préciser le cadre dans lequel s'insère cette description et d'autre part donner un aperçu global du contenu des différents chapitres.

Deux critères nous ont guidé dans le développement et la structuration de cette description : d'une part la structure des relations fonctionnelles entre les équipements constitutifs des systèmes étudiés; d'autre part les modalités de réponse offertes par les systèmes à leur environnement (temps de réponse, validité de la réponse et son adaptation aux problèmes posés). Par ailleurs, nous situons ce travail dans le cadre d'une entreprise manufacturière; nous nous efforcerons en outre, dans la mesure du possible, d'appliquer les différentes caractéristiques mises en évidence à la fonction de gestion des stocks. Enfin, étant donné que nous évoluons dans le contexte des systèmes, nous tenterons une analyse "systématique" inspirée des principes de la cybernétique.

Un certain nombre de développements auront un caractère de technique informatique, indispensable, croyons-nous, étant donné la relative jeunesse de l'informatique. Toutefois, nous supposons globalement connus le fonctionnement général et les caractéristiques techniques principales du "hardware" ou ensemble des équipements

(supports d'information, unités d'entrées-sorties, unité centrale)(1). De même, nous n'abordons pas ici les questions relatives aux mécanismes de la programmation (programmation-machine, différents types de langages) (2). Une fois précisée l'optique de cette description, nous pouvons analyser brièvement le contenu des différents chapitres.

Un premier chapitre nous permettra de déterminer, par approches successives, le concept de "système de traitement électronique de l'information", ainsi que d'esquisser les principes fondamentaux de l'analyse des systèmes. Dans un second chapitre, nous présenterons plusieurs concepts importants pour la description des systèmes de traitement électronique de l'information : "accès direct",

-----

(1) On peut, à cet égard, consulter un certain nombre d'ouvrages généraux :

- BERNARD, Jean : "Comprendre et organiser le traitement automatique de l'information", Dunod, Paris, 1968 (3e éd.), 482 PP.
- GREGORY, R.H. et VAN HORN, R.L. : "Le traitement de l'information dans l'entreprise" T.1 Principes et Méthodes. T.2 La Programmation. Dunod, Paris, 1966, 312 et 414 PP.
- MARTIN, E. Wainright Jr : "Electronic Data Processing. An Introduction", Irwin, Homewood, 1965 (revised ed.), 554 PP.
- POULAIN, P. : "Eléments fondamentaux de l'informatique" T.2 Les Ordinateurs. Dunod, Paris, 1967, 240 PP.
- AWV : "Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung". Agenor, Frankfurt, 1964, 414 PP.
- BRIGHTMAN, R.W., LUSKIN, B.J. and TILTON, T. : "Data Processing for Decision-Making". McMillan, New York, 1968, 460 PP.

(2) A ce sujet, l'on peut se référer par exemple à :

- LAURET, Annette : "Principes de programmation des ordinateurs.", Masson, Paris, 1967, 166 PP.
- THURING, Bruno : "Logique de la programmation sur les ensembles électroniques", Dunod, Paris, 1963, 230 PP.
- McCRACKEN, Daniel : "Programmation des calculatrices numériques", Dunod, Paris, 1960, 255 PP.
- Pour la terminologie du traitement de l'information, l'on peut consulter :
- "IFIP-ICC Vocabulary of Information Processing", North-Holland, Amsterdam, 1966, 208 PP.
- CLASON, W.E. : "Dictionary of Automation, Computers, Control and Measuring. In six languages." Elsevier, Amsterdam, 1961, 848 PP.

"simultanéité", "multiprocessing", "monoprogrammation", "multiprogrammation", "partage de temps", "temps réel", "interruption", "off-line" et "on-line". Un troisième chapitre comprendra la description effective des différents systèmes de traitement électronique de l'information, depuis le petit ensemble à cartes jusqu'aux puissants systèmes fonctionnant en temps réel. Enfin, un quatrième chapitre essaiera de situer, par le biais des systèmes informatiques de gestion et de la gestion intégrée, le traitement électronique de l'information dans le système global que constitue l'entreprise.

+  
+ +  
+

## CHAPITRE I.

LE CONCEPT DE " SYSTEME DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE  
DE L'INFORMATION".

-----

Une analyse des différents éléments constitutifs du concept global de "système de traitement électronique de l'information" nous paraît souhaitable au début de ce travail. C'est pourquoi nous consacrons une première section à une approche de la notion de "système", qui nous guidera dans les analyses subséquentes. Au sein du système, nous portons notre attention respectivement sur les flux d'informations et sur leur mode de traitement. Au terme de cette démarche, la synthèse se réalise dans une définition du "système de traitement électronique de l'information".

1.1 SYSTEME.

Les définitions des systèmes sont nombreuses dans la littérature spécialisée. Voici par exemple celle proposée par BEER : "This is found to be a system : any cohesive collection of items that are dynamically related. More formally, the items may be regarded as points connected by a network of relationships." (1) On peut décrire, d'une façon plus formelle, les différentes

-----

- (1) BEER, Stafford : "Cybernetics and Management", The English Universities Press, London, 1967 (2e éd.), P.7.  
A propos des systèmes, l'on peut consulter :  
JOHNSON, R.A., KAST, F.E., ROSENZWEIG, J.E. : "The Theory and Management of Systems", McGraw Hill, New York, 1963  
McMILLAN, GONZALEZ : "Systems Analysis : A Computer Approach to Decision Models", Irwin, Homewood, 1965, 333 PP.  
VAN COURT HARE, Jr : "Systems Analysis : A Diagnostic Approach", Harcourt, Brace and World, New York, 1967, 533 PP.  
Comme ouvrage appliquant l'analyse des systèmes à l'entreprise, citons :  
MELESE, Jacques : "La Gestion par les Systèmes", Eds. Hommes et Techniques, Puteaux, 1968, 235 PP., qui propose la définition suivante du système : "... un ensemble de variables pouvant prendre diverses valeurs", P. 46.

composantes d'un système :

- les entrées sont les variables dont les valeurs sont imposées au système par le monde extérieur ou par un opérateur;
- les sorties sont les variables qui exercent une action sur le monde extérieur;
- les variables d'action ou paramètres sont les entrées provoquées par un opérateur et permettant la régulation du système;
- les variables essentielles ou critères sont des types de sorties informant sur le fonctionnement du système, en particulier au niveau des coûts et de l'efficacité.

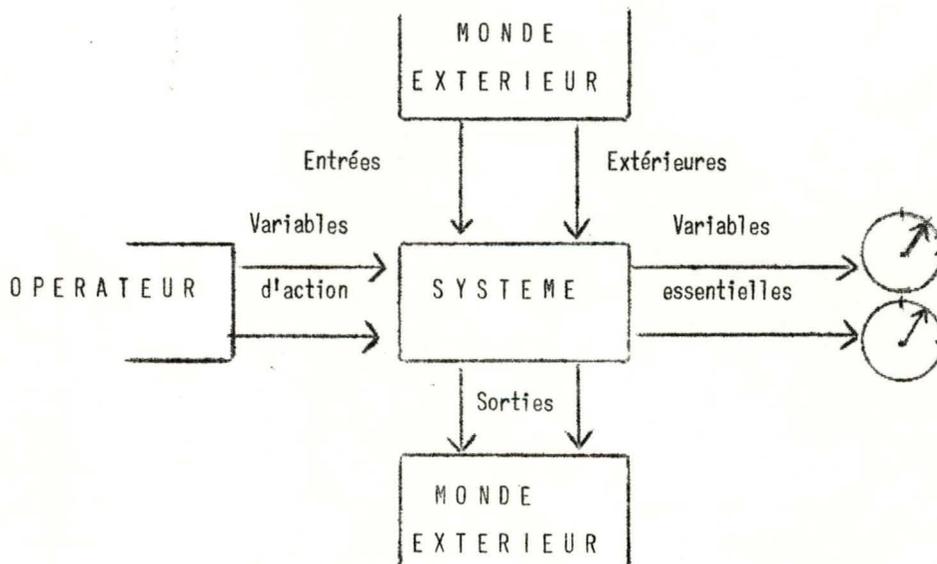


Fig. 1.1 Structure d'un système (1)

Une telle structure se retrouve en fait à deux niveaux dans tout système : on distingue le système physique et le système de gestion. Par système physique, l'on entend un organisme - par exemple un ordinateur et ses périphériques, c'est-à-dire le hardware - qui réalise les tâches définies par le système de gestion en vue d'atteindre des objectifs préalablement fixés.

-----  
(1) Voir MELESE, P. 191.

Le système de gestion est "un ensemble de règles, de procédures et de moyens qui permettent d'appliquer des méthodes à un organisme ... pour réaliser certains objectifs" (1); dans le cas de l'ordinateur, ce sera l'ensemble du "software". Les méthodes déterminent la façon d'utiliser les facteurs du système opéré pour atteindre les objectifs, tandis que les règles fixent les modalités d'application des méthodes : par exemple, une méthode de gestion des stocks fait entrer en ligne de compte un objectif tel que le niveau de service à assurer, tandis qu'une règle indiquera au gestionnaire comment et quand passer les commandes; les moyens comprennent les hommes, les supports (imprimés ou non), les machines employés pour opérer sur l'information, tandis que les procédures groupent les opérations requises pour traiter informations et règles, par l'intermédiaire des moyens du système.

En fait, tout système réalise, entre les entrées et les sorties, une transformation, qu'elle soit physique (exemple : transformation de matières premières en produits finis) ou informatique (transformation de données en information). Un système est déterminé dans ses transformations, si l'on peut prédire la valeur de ses sorties à partir de la valeur de ses entrées; sinon il est dit indéterminé ou partiellement déterminé.

On ne peut saisir le fonctionnement complet de l'ensemble constitué par le système physique et le système de gestion qu'en prenant en considération le rôle des fonctions de contrôle et de régulation. Le système opérateur exerce un contrôle sur le système physique, c'est-à-dire que, d'une part, il lui fixe des objectifs représentés par les variables essentielles et détermine les "valeurs critiques" de ces variables (leur dépassement implique une action

-----

(1) MELESE, P.44. Le système de gestion joue le rôle de système "opérateur" par rapport au système physique, dit système "opéré".

corrective initialisée par le contrôle); d'autre part, les sorties du système de gestion constituent les paramètres du régulateur. Celui-ci, sur base des informations reçues du monde extérieur par l'intermédiaire du système physique et des directives issues du contrôle, peut déterminer la valeur des variables d'action du système physique permettant à ce dernier d'atteindre les objectifs fixés.

En bref, l'on peut dire que le régulateur se situe au niveau "exploitation" dont le rôle est d'assurer le fonctionnement des facteurs du système physique en vue d'accomplir les tâches assignées par le niveau supérieur, la "gestion". Il s'agit de corriger les déviations instantanées, ce qui implique un fonctionnement du régulateur au même rythme que celui des phénomènes physiques réglés. Le contrôle, lui, se situe au niveau "gestion" : il fixe les objectifs et vérifie leur réalisation. Son rythme de fonctionnement est, normalement, moins rapide que celui du niveau "exploitation", puisqu'il n'intervient, en fait, que dans les cas où le régulateur ne suffit plus à lui seul pour guider le processus de transformation effectué par le système. Le système de gestion englobe, outre les objectifs, les deux niveaux, exploitation et gestion (1).

---

(1) Il existe d'autres niveaux dont on ne peut saisir le rôle que dans une vue cybernétique globale de l'entreprise, que nous tenterons d'esquisser au chapitre 4.

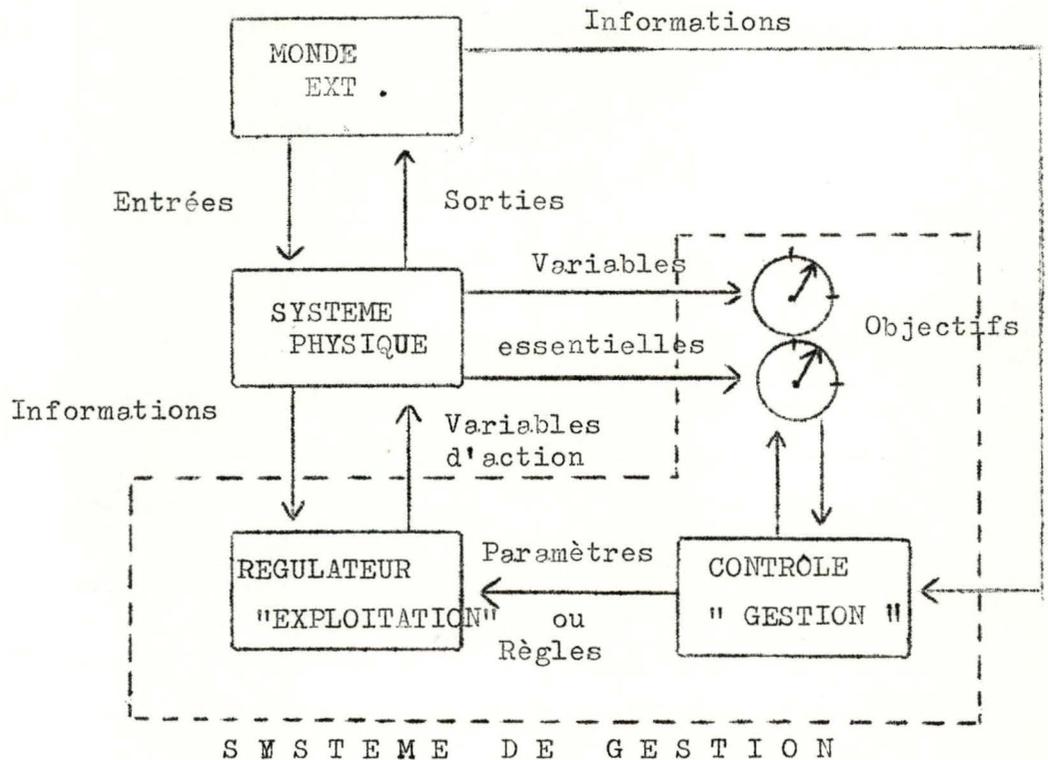


Fig. 1.2. Les relations entre système physique et système de gestion.

Dans un système déterminé, il n'y a pas de problème, puisqu'il suffit de connaître les valeurs des entrées et des variables d'action, pour pouvoir en déduire les valeurs correspondantes des sorties et des variables essentielles : dans ce cas, le système opéré est entièrement contrôlable et peut être dirigé par programmes sur base d'un modèle complet explicite de ce système (1). L'on peut en rester au seul niveau régulation grâce au "feedback" des

(1) D'une façon générale, on peut définir un modèle comme suit : "Pour un opérateur O, un objet M est le modèle d'un objet A dans la mesure où O peut utiliser M pour répondre aux questions qui l'intéressent au sujet de A.", MBELESE, P. 92, citant MINSKY.

variables essentielles sur le régulateur (1).

Il y a problème lorsqu'on a affaire à un système partiellement déterminé ou indéterminé, ce qui est généralement le cas. A ce moment, la réponse du système aux perturbations issues du monde extérieur n'est plus entièrement programmable, mais résultera - en partie du moins - d'une décision. Si la perturbation extérieure induit dans les variables essentielles des écarts par rapport aux objectifs, le contrôle est alerté et fixe de nouvelles valeurs aux paramètres et donc aux variables d'action. Si cela ne suffit pas à réduire l'écart, le contrôle modifiera en conséquence les objectifs (2). Il est donc essentiel, dans le cas d'un système partiellement déterminé, d'arriver d'une part à localiser les indéterminations dans le système (elles proviennent souvent d'interventions humaines) pour y appliquer la régulation et, d'autre part, d'accroître le degré de détermination du système. Ainsi, au niveau du grand système que forme l'entreprise, il est possible, grâce à un système de traitement électronique de l'information judicieusement adapté, de réduire, selon HOLTGREWE, certains éléments d'indétermination : " Die Imponderabilien des Produktionsmaterial oder seiner Verarbeitung können ebenfalls durch ein gut und schnell funktionierendes Informationssystem stark reduziert werden, indem in den einzelnen

- 
- (1) "Feedback of terugkoppeling heet die wijze van informatieverwerking in een systeem, waarbij de informatie, die van invoer naar afvoer loopt, vóór de afvoer wordt gemeten en, bij afwijking van een gegeven norm, een zodanige neveninformatie naar de invoer terugzendt, dat de daar binnenkomende informatie wordt bijgestuurd. Deze repercussie is dus een manier om de actie of gedraging van een systeem te controleren ... "VAN PEURSEN, C.A., BERTELS, S.C.P., NAUTA, S.D. : "Informatie. Een interdisciplinaire studie". Aula-Boeken, Utrecht, 1968, P. 51.
- (2) ASHBY a développé à cet égard un modèle de système ultrastable : cf. ASHBY, W. Ross : "Design for a Brain", Chapman and Hall, London, 1960, PP. 80-99.

Produktionsstufen das Material kontrolliert und sein Zustand auf Grund eines Soll-Ist Vergleichs an die Rechenanlage zurückgemeldet wird, die daraufhin entsprechend ihrer Programmierung Anweisungen oder Empfehlungen geben kann. Es handelt sich also wiederum um einen Regelkreis, dessen Struktur jedoch schon ein erhebliches Mass an Komplexität aufweist und eine weitgehende Automatisierung des Entscheidungssystems voraussetzt." (1)

Il nous reste à décrire assez brièvement un certain nombre de propriétés des systèmes pour que le système de pilotage (contrôle-régulation) soit capable de maîtriser leur évolution. On distingue (2) :

a) la capacité de contrôle :

Elle définit la capacité du système de pilotage de placer et de maintenir un système sur une trajectoire donnée. A cet égard, la loi de variété requise (3) fixe les conditions du contrôle : d'une part, un système de variété V (4) ne peut être totalement contrôlé par un système de variété U que si U est au moins égale à V; d'autre part, la variété du résultat du contrôle sera

-----

- (1) "Les impondérables du matériel de production ou de son traitement peuvent également être fortement réduits par un système informatique, fonctionnant vite et bien : cela se pourra si le matériel est contrôlé à chaque étape de production et si son état est rapporté, sur base d'une comparaison entre résultats et objectifs, au système de traitement, qui pourra alors donner en conséquence des instructions ou recommandations à leur programmation. Il s'agit ici encore d'un circuit régulateur, dont la structure révèle cependant une mesure de complexité considérable et suppose une automation poussée du système de décision." HOLTGREWE, Karl Georg : "Automation und Entscheidung", Gabler, Wiesbaden, 1968 P. 39
- (2) Voir MELESE, PP. 63-74 et 201-209.
- (3) Cette loi est explicitée dans AHSBY, W. Ross : "Introduction à la Cybernétique", Dunod, Paris, 1958, PP. 244-263. Cet ouvrage, ainsi que "Design for a Brain" traite de tous les concepts importants de la cybernétique.
- (4) La variété d'un système se définit comme : "...le nombre d'états différents que peut revêtir le système"., MELESE, P. 195.

au moins égale à la différence  $V - U$ , qui constitue une mesure de la capacité de contrôle.

b) l'adaptabilité :

Un système est adaptable s'il est capable de faire face à des situations évolutives non envisagées au point de départ. L'adaptabilité est obtenue soit par protection des sous-systèmes contre des perturbations excessives, soit par accroissement de variété en relation avec l'univers extérieur, en cas de stabilisation excessive.

c) la capacité d'apprentissage :

C'est essentiellement la faculté, qu'est censé posséder le système, d'accumuler et d'utiliser les effets passés de l'adaptation.

d) la fiabilité :

Elle est la mesure du "degré de confiance que l'on peut accorder à un système" (1). La fiabilité comprend non seulement l'absence de pannes dans le système, mais également l'exigence que les sorties soient comprises entre les valeurs critiques définies par les objectifs pour les valeurs essentielles.

e) L'équilibre entre programmation et décision :

Il faut réaliser dans tout le système, en fonction de son degré de détermination, un équilibre entre l'action programmée correspondant à l'application de règles explicites et "automatiques" et la décision régulatrice impliquant un choix entre alternatives en vue d'optimiser la réponse du système aux influences perturbatrices de son environnement.

Cette présentation n'est, bien sûr, que schématique : tout système à entrées est imbriqué dans une pyramide de systèmes; il exerce une action régulatrice sur les systèmes de niveaux inférieurs et se trouve sous le contrôle des systèmes de niveau supérieur. Il est par conséquent nécessaire d'étendre cette

-----  
(1) MELESE, P. 72.

analyse de la notion de "système" à l'ensemble de l'entreprise considérée comme système, ce qui est tenté au chapitre quatre de la présente partie.

## 1.2 INFORMATION.

Au sein d'un même système, la communication entre sous-systèmes est constituée par un flux d'informations. En effet, l'information est liée au processus de communication transmettant une représentation d'une source émettrice vers un récepteur au moyen d'un signal considéré comme porteur d'information.

Depuis les travaux de SHANNON et WEAVER (1) dans le domaine de la théorie de l'information, on en est venu à distinguer trois aspects de l'information : syntactique, sémantique et pragmatique (2).

La théorie de l'information se consacre à l'étude de l'aspect syntactique de l'information, c'est-à-dire de sa structure formelle et de sa mesure, en faisant abstraction de son contenu et de ses effets sur le récepteur.

Par contre l'aspect sémantique envisage explicitement le contenu, la signification apportée par le signal, sur base d'une parenté entre le signal et la situation qu'il représente.

Enfin, l'information à l'état pragmatique est étudiée sous l'angle de son influence sur le récepteur; c'est ce dernier

- 
- (1) SHANNON, Cl. and WEAVER, W. : "The mathematical Theory of Communication", Illinois Univ. Press, Urbana, 1967, 11e éd., 125 p.
- (2) Voir à ce sujet : DOMEIER, Max : "Beurteilungskriterien formeller Kommunikationssysteme", Diss. stencillée, Köln, 216 p.  
en VAN PEURSEN, BERTELS, NAUTA : PP. 21 - 25.

aspect qui nous intéresse dans le présent contexte. En effet, dans le domaine de l'entreprise, le récepteur n'est autre que la direction (ou le "management"); l'effet de l'information dépendra à ce moment de l'aptitude du management à s'en servir correctement en vue de réaliser, à l'occasion d'un problème précis, les objectifs de l'entreprise.

Dès lors, nous distinguons entre "information" et "données". Par "données" ("data", "Daten") l'on entend : "A representation of facts or ideas in a formalized manner capable of being communicated or manipulated by some process" (1). On peut recueillir et enregistrer ces données, mais comme telles, à l'état brut, leur valeur et signification pour le management n'apparaît pas. Par contre, l'information "... is meaningful data" (2) : dans la mesure où le management peut disposer pour résoudre un problème, parmi les données existantes, des éléments de prise de décision, ces données seront devenues pour lui des informations (3). D'une façon plus générale, l'"IFIP-ICC Vocabulary" définit l'information : "In automatic data processing, the meaning that a human assigns to data by means of the known conventions used in its representation" (4).

---

(1) IFIP-ICC, P. 3.

(2) ROSOVE, Perry E. : "Developing Computer-Based Information Systems", Wiley, New York, 1967, P. 3.

(3) "Information is used here as the label for evaluated data in a specific situation. When the individual singles out one of his problems and finds among his data materials that help him solve the problem, he is converting or isolating information from data".  
McDONOUGH, Adrian M. : "Information Economics and Management Systems", McGraw Hill, New York, 1963, P. 71.

(4) IFIP-ICC, P. 3.

### 1.3 TRAITEMENT DE L'INFORMATION.

Si nous retenons la distinction précédente, l'expression "traitement de l'information" apparaît inexacte : il s'agit en fait de traitement des données en vue de l'obtention d'information. Il faudrait dès lors, en toute rigueur, parler de "traitement des données" (1); l'usage a cependant fait prévaloir dans la littérature informatique de langue française le terme de "traitement de l'information".

Le traitement électronique de l'information par ordinateur est constitué d'une succession de fonctions : enregistrement, transmission, traitement proprement dit des données et production de l'information.

La fonction d'enregistrement comprend l'identification et l'analyse du contenu informatif d'une opération, l'extraction des données nécessaires, la codification de l'opération, la fixation des données sur un support et la vérification pour éliminer les erreurs dans le processus.

La transmission des données peut se faire soit manuellement, soit automatiquement (liaisons téléphoniques ou télégraphiques), en tenant compte des contraintes de temps, précision et coût qui s'imposent.

Le traitement proprement dit comprend la mise en ordre des données de façon à pouvoir les intégrer dans les fichiers, un traitement logique et arithmétique, puis la mise à jour du fichier une fois les opérations effectuées.

---

(1) Ce que font logiquement la littérature informatique anglo-saxonne ("electronic data processing") et allemande ("elektronische Datenverarbeitung").

Enfin, la préparation des rapports : cela implique la mise à la disposition de la direction de ces rapports au moment voulu; ils doivent en outre fournir l'information requise pour répondre aux objectifs que s'est fixés la direction.

#### 1.4 SYSTEME DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

A partir des éléments que nous venons d'analyser, il nous est possible de définir comme suit un système de traitement électronique de l'information : C'est un ensemble englobant plusieurs entités, les équipements (entrée-sortie, unité centrale, mémoires secondaires), fonctionnellement reliés entre eux, constamment régulé par le programme, collectant et traitant un flux de données; ces opérations ont pour but de fournir au "management" une information utile pour la prise de décision et, plus largement, pour assurer les différentes fonctions de gestion (1).

Schématiquement, on dispose d'un système global comprenant deux sous-systèmes (voir fig. 1.3) : le système physique et le système de gestion.

---

(1) Voir aussi par exemple TOMLINSON, R.C. : "... the information system where the raw data concerning different parts of the manufacturing and sales system are fed into the computer and processed so as to provide various kinds of summarized information for various functions" : "Decision Making, Operational Research and The Systems Approach", in "Operational Research Quarterly", Special Issue, Vol. 19, 1968, P. 2.

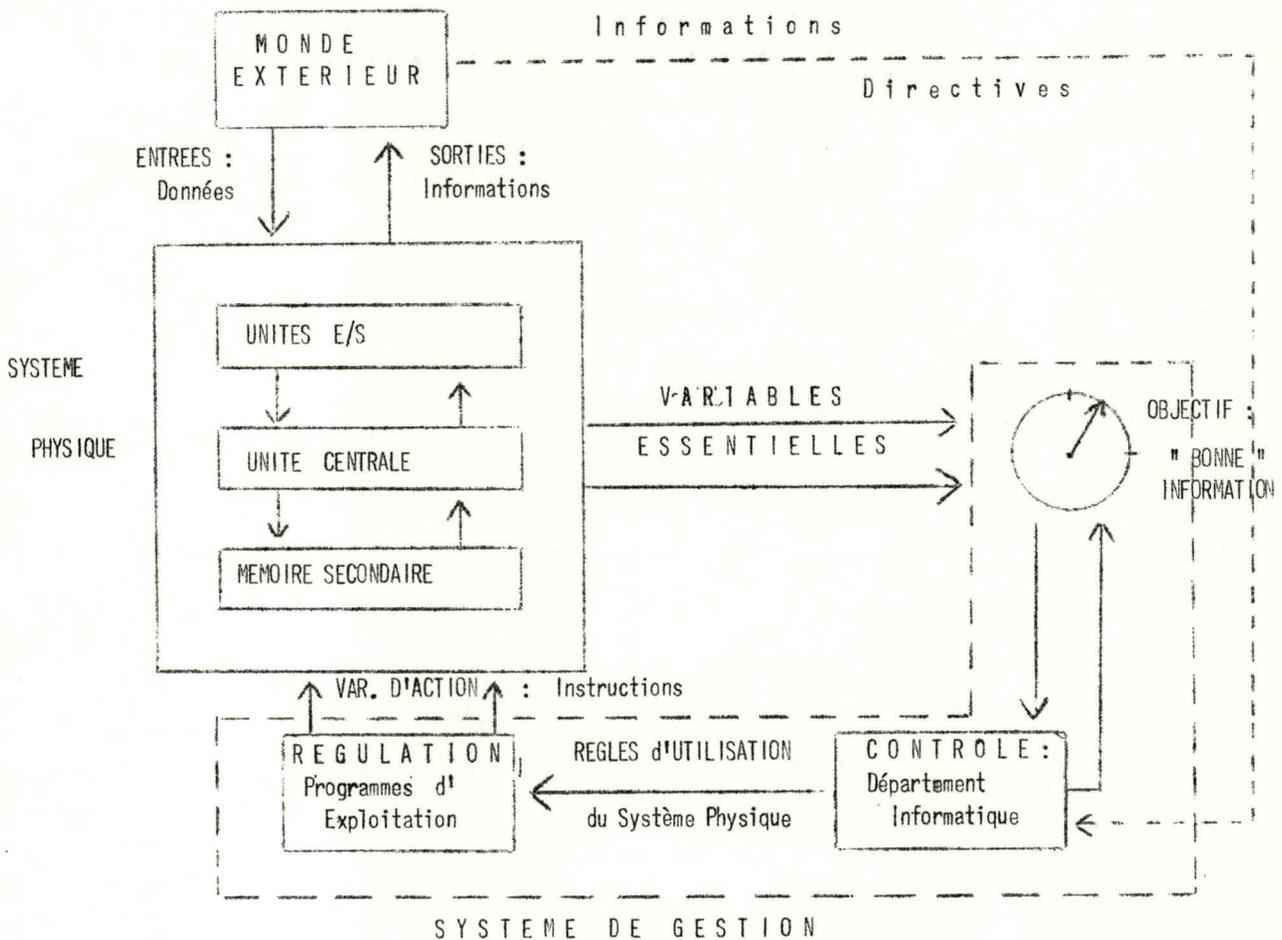


Fig. 1.3. Représentation d'un système de traitement électronique de l'information.

Le système physique comprend le "hardware" : unités d'entrée-sortie, unité centrale, mémoires secondaires; le système de gestion fixe à ce système physique un objectif de production de "bonne information"; il faut entendre par là une information qui soit à la fois :

- précise, c'est-à-dire exempte d'erreurs,
- fournie dans le délai requis,
- pertinente, c'est-à-dire se rapportant au problème à résoudre,
- rentable, c'est-à-dire réalisant un équilibre économique entre le

service rendu et son coût d'obtention (1),  
bref une information permettant la prise de décision dans les meilleures conditions possibles.

Les caractéristiques de cet objectif sont fixées par le département Informatique (en liaison avec la direction) qui exerce la fonction de contrôle et détermine les règles d'utilisation du système physique que le régulateur-c'est-à-dire le "software" ou les programmes d'exploitation-est chargé de faire appliquer par le système physique. En cas d'écarts entre les variables essentielles et l'objectif, contrôle et régulation interviennent selon le processus décrit plus haut.

Enfin, il est à noter que le "monde extérieur" comprend aussi bien le "management" - générateur d'informations et de directives pour le système de gestion - que les autres départements ou systèmes de l'entreprise, la concurrence, le marché national ou international, l'Etat, etc., et que son influence peut donc être multiforme.

D'un point de vue plus fonctionnel, on peut attribuer au système de traitement de l'information avec van STEEN, trois types de fonctions exercées à des niveaux différents (2).

Une fonction de production : production d'informations sous des formes diverses, en réponse à un objectif préétabli par le centre de décision local, selon les instructions émanant du "management" de l'entreprise.

-----  
(1) Voir à ce sujet le chapitre 2 de la 2e partie, consacré à une analyse des qualités sur lesquelles peut se baser la valeur de l'information.

(2) van STEEN, L. : "Informatie en Informatieverwerking", in "Informatie", 10e année, n° 10, 1968, P. 360.

Une fonction de contrôle : il s'agit d'informer continuellement le centre de décision des conséquences, pour la réalité traitée, de la première fonction; le programme du système peut être établi de telle sorte qu'il lui fasse découvrir les erreurs effectuées dans sa propre production.

Une fonction de "décision" : le système est alors programmé de sorte qu'il puisse prendre lui-même certaines "décisions".

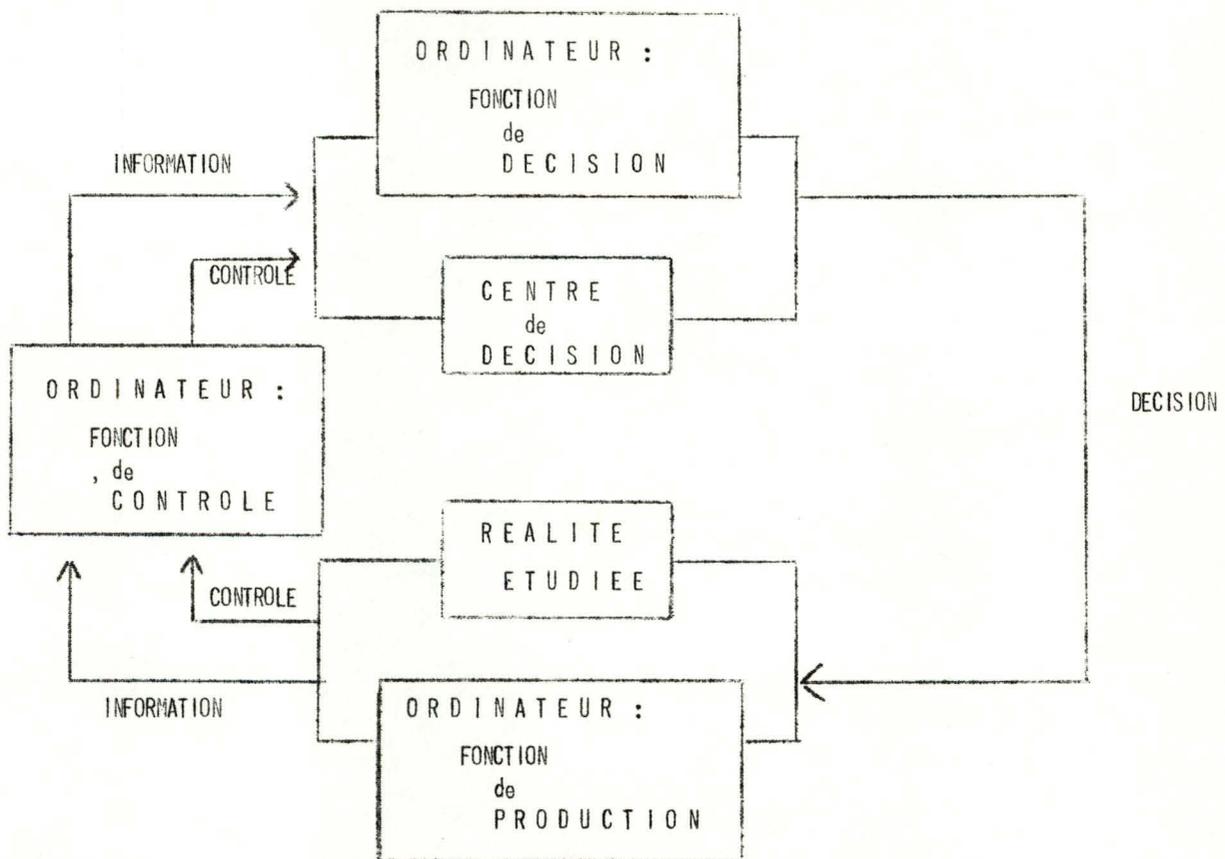


Fig. 1.4 (1) Les différentes fonctions assumées par l'ordinateur.

On peut même aller plus loin dans ce sens, le système pouvant mettre à la disposition du gestionnaire des règles de gestion

(1) Inspiré de van STEEN, P. 360.

mises au point à partir de l'étude des lois des phénomènes étudiés : en effet, le système fournit d'une part les statistiques élaborées requises pour l'étude du phénomène et permet d'autre part la mise au point des méthodes de gestion appropriées, avec détermination des paramètres voulus. L'ordinateur joue ainsi un rôle dans l'étude a priori des règles de décision. Toutefois "... le responsable, à l'instant de sa décision, restait jusqu'ici seul face à ses responsabilités, libre de suivre ou non les tendances ou les directions suggérées par l'ordinateur, libre d'utiliser ou non des règles préétablies scientifiquement" (1).

Il est cependant possible, dès maintenant, - dans des cas de routine bien déterminés, là où existent des règles logiques de décision - au système de mettre en oeuvre une gestion automatisée : "... les faits enregistrés par le système créent ou modifient une situation en présence de laquelle une certaine action devra être déclenchée; l'ordinateur, reconnaissant les contours et les paramètres de cette situation provoquera automatiquement l'action appropriée par application des règles de gestion adaptées à ce cas et qui lui auront été communiquées." (2)

+  
+ +  
+

---

(1) BAUVIN, Gérard : "L'Informatique de Gestion", Dunod, Paris, 1968, P. 199.

(2) BAUVIN, P. 201.

## CHAPITRE 2.

CONCEPTS DE BASE DANS L'ORGANISATION DE SYSTEMES DE  
TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

-----

Dans ce chapitre, nous nous efforçons de définir un certain nombre de concepts qui seront utilisés dans la description des systèmes; il est en effet nécessaire d'avoir une idée assez précise à leur sujet avant d'aborder la description elle-même.

2.1 ACCES DIRECT.

La notion d'accès direct implique l'existence d'une liaison immédiate entre la périphérie et l'unité de traitement. Ainsi pour les ordinateurs de la première génération, l'utilisateur chargeait lui-même son programme, en lançait l'exécution et assistait à la production des résultats : il pouvait ainsi mettre au point ses programmes et méthodes et intervenir directement en cas d'erreur. Mais actuellement l'accès direct pour l'utilisateur comprend et la possibilité de collecte on-line des données et les modes d'exploitation du type "question-réponse" et conversationnel. (1)

En outre, lorsqu'on parle de mémoire à accès direct, le terme "accès direct" signifie qu' "... on accède isolément à l'information recherchée sans référence à celles qui l'encadrent dans le rangement des enregistrements". (2) Cela exige une mémoire adressable dont les éléments ont un numéro physique qui, une fois énoncé, permet de trouver immédiatement une information, dès qu'on a relié le numéro et l'indicatif de l'article recherché.

-----

(1) Cf. La description des systèmes en partage de temps.

(2) BAUVIN, G., P. 36; voir également PP. 41-65 un exposé des différentes méthodes de rangement dans ce type de mémoire.

## 2.2 SIMULTANÉITE.

"Il y a simultanéeité vraie à l'intérieur d'un système lorsque, pendant le temps d'exécution d'une instruction en langage machine ou pendant une fraction de celui-ci, une autre instruction en langage machine peut être en cours d'exécution" (1). On peut avoir ce type de simultanéeité à plusieurs niveaux, par exemple : simultanéeité d'un processus de calcul en unité centrale et de l'exécution d'une entrée ou sortie sur un canal, simultanéeité, en multiprocessing, du fonctionnement de deux unités centrales.

Une simultanéeité apparente se présente lorsque l'utilisateur a une impression de simultanéeité résultant de l'exécution alternative, par séquences courtes, de plusieurs programmes : ainsi, les résultats de l'exécution de deux macro-opérations symboliques peuvent apparaître en même temps (si l'on se place par exemple à une échelle de temps d'une seconde), bien que leur exécution n'ait pas été simultanée. Tel est le cas, par exemple, du traitement parallèle en multiprogrammation.

## 2.3 MULTIPROCESSING.

Un système multiprocesseur peut se définir comme : "a system configuration containing two or more interconnected computers but which perform functionally or geographically specialized processing tasks" (2). Plusieurs unités de traitement peuvent ainsi fonctionner en simultanéeité réelle et accéder aux mêmes blocs de mémoire centrale. Ceci permet de distinguer le système multiprocesseur, d'une part du système dual - où l'on exécute un même travail en parallèle

(1) BERTIN, J., RITOUT, M., ROUGIER, J-C. : "L'exploitation partagée des calculateurs", Dunod, Paris, 1967, P. 6.

(2) HEAD, Robert V. : "Real-time Business Systems", Holt, Rinehart and Winston, New York, 1964, P. 347.

sur deux processeurs pour comparer les résultats -, et d'autre part du système duplex où l'on garde un des deux processeurs en réserve pour intervenir en cas de mauvais fonctionnement de l'autre.

Le GE 645 (1) nous fournit un exemple de système multiprocesseur; il comprend :

- 2 processeurs indépendants (CPU)
- 3 blocs de mémoire avec accès indépendant pour chaque CPU
- 2 contrôleurs généraux d'entrée-sortie (CES) à fonctionnement simultané, calculateurs indépendants avec accès à chaque bloc de mémoire
- 1 série de dérouleurs de bandes; 1 unité de disques; 2 ensembles lecteurs et perforateurs de cartes et imprimantes.

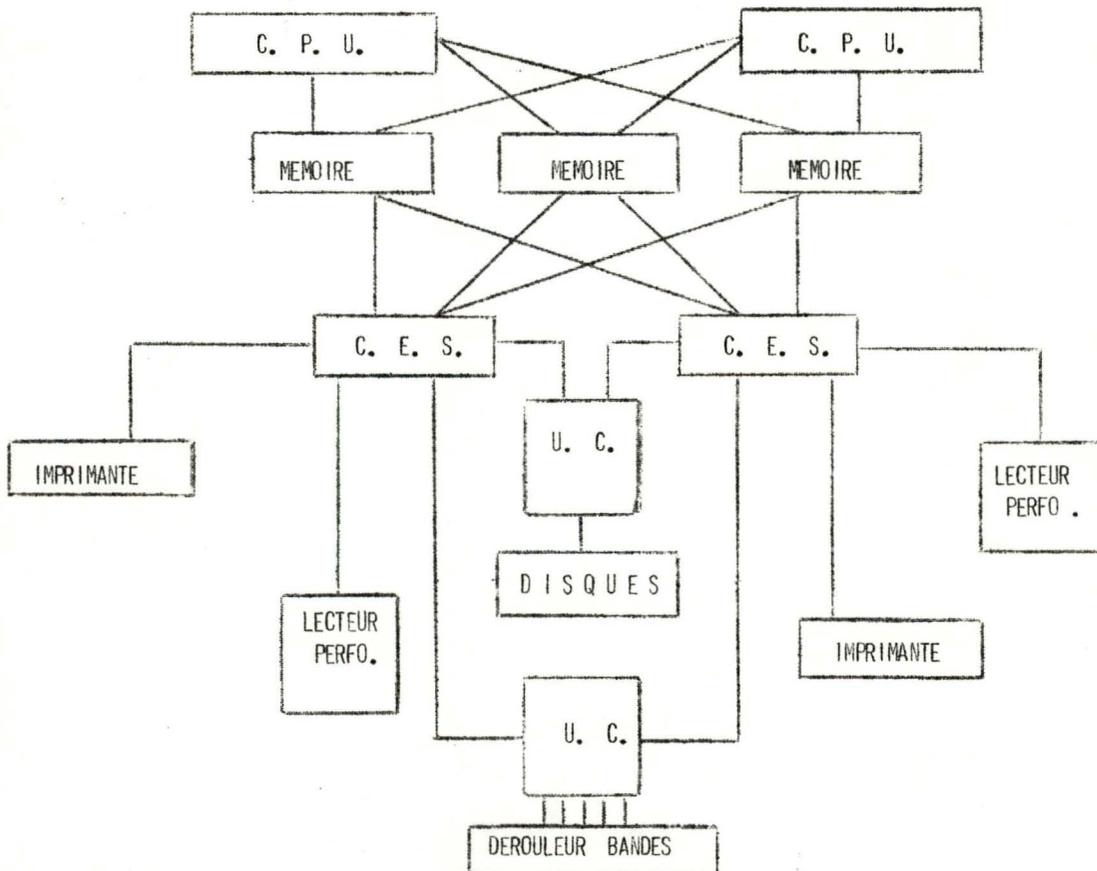


Fig. 2.1. Schéma du système multiprocesseur GE 645.

Ce type d'organisation permet :

- un accroissement de la puissance de calcul du système par multiplication des éléments pouvant opérer simultanément
- un accroissement de la fiabilité, car en cas de défaillance d'un processus, l'autre peut assurer la continuité du traitement.

Cependant, l'utilisation d'un tel système requiert un ordonnancement complexe : segmentation des problèmes en tâches élémentaires exécutées en simultanéité, puis assemblage des tâches en groupes, ceux-ci étant exécutés séquentiellement.

#### 2.4 MONOPROGRAMMATION.

Dans un système fonctionnant en monoprogrammation, le ou les processeurs ne travaillent jamais simultanément pour le compte de plusieurs utilisateurs. On distingue :

- a) la monoprogrammation en mode direct : un seul et même programme utilisateur est présent en unité centrale et dans les périphériques;
- b) la monoprogrammation en mode indirect (ou exploitation par trains de travaux) : plusieurs programmes utilisateurs coexistent dans le système, mais un seul programme est en exécution à la fois. Les autres programmes forment une file d'attente en mémoire auxiliaire ou sur une unité d'entrée (exemple : bande magnétique). L'exploitation se fait donc séquentiellement et l'on ne passe à un autre travail qu'après exécution du travail en cours, sauf en cas d'incidents où il y a passage automatique au programme suivant.

#### 2.5 MULTIPROGRAMMATION.

Un système fonctionne en multiprogrammation "lorsque plusieurs programmes utilisateurs coexistent dans ce système et que le déroulement d'un de ces programmes peut être interrompu au profit

d'un autre programme utilisateur, avec reprise ultérieure du programme interrompu" (1).

Dans ce système, les opérations d'entrée-sortie apparaissent comme des interruptions faisant appel au superviseur qui passera le contrôle à un autre programme; le superviseur doit par ailleurs gérer correctement les séquences d'accès à l'unité centrale et aux unités d'entrée-sortie. Il existe à cet effet un mécanisme spécial de chargement qu'on peut réaliser :

- a) par technologie, en associant à la mémoire centrale une mémoire à accès direct rapide (un tambour ou une unité de disques) : chaque changement de contrôle provoque un va-et-vient entre mémoire centrale et mémoire secondaire;
- b) par programmation, en divisant la mémoire centrale en zones de longueur fixe appelées pages; à condition d'avoir des tables de correspondance entre unités de programme et pages de mémoire, l'emplacement en mémoire de la suite de pages que constitue le programme peut être quelconque.

Toutefois, à la suite de la présence simultanée de plusieurs programmes en mémoire centrale, il y a risque de destruction d'un programme par l'autre. On y remédie par divers dispositifs technologiques tels que la protection mémoire et des modes de fonctionnement privilégiés.

#### 2.5.1. Multiprogrammation classique.

Dans ce type d'exploitation, on établit les conditions de passage d'un programme à l'autre en visant le rendement optimal de l'ordinateur. Le but principal est en effet d'éviter l'inactivité de l'unité centrale; c'est pourquoi, dès qu'un programme tombe en

-----  
 (1) BERTIN, RITOUT, ROUGIER : P. 13.

attente, c'est-à-dire fait appel à des opérations d'entrée nécessaires à sa continuation, le superviseur passe le contrôle à un autre programme qui maintiendra l'unité centrale en activité. Ce système n'améliore pas nécessairement le service rendu à l'utilisateur, car un programme qui ne tombe pas en attente monopolisera l'unité centrale de façon continue jusqu'à son exécution complète. En outre, il n'y a pas d'accès direct, mais exploitation par trains de programmes : dès lors, chaque utilisateur reçoit ses résultats après exécution du train. Cependant, le temps d'exécution est inférieur à ce qu'il serait en exploitation séquentielle classique.

Le problème crucial concerne ici la composition du train de programmes : il s'agit de réduire au maximum la probabilité de voir tous les programmes en attente simultanément et l'unité centrale inactive. A cette fin, un moniteur de planning automatique réalise un ordonnancement de programmes de manière à optimiser le taux d'utilisation de l'unité centrale.

### 2.5.2 Multiprogrammation en parallèle.

Dans ce type de multiprogrammation, le passage de contrôle d'un programme à l'autre doit nécessairement s'effectuer à des instants suffisamment rapprochés "pour que les programmes semblent se dérouler simultanément à l'échelle humaine" (1) : c'est un cas de simultanéité apparente. L'on vise ainsi à améliorer le service rendu à l'utilisateur, puisque son programme n'est jamais abandonné très longtemps. S'il est vrai que l'utilisateur peut obtenir ses résultats sans devoir attendre la fin de la journée - le temps de réponse étant inférieur à celui d'une exploitation séquentielle -, il n'y a en général pas d'optimisation du temps de réponse car, en l'absence de règles de priorité adéquates, la durée d'exécution du programme est

-----  
 (1) BERTIN, RITOUT, ROUGIER : P. 16.

très supérieure à ce qu'elle serait au cas où le programme serait seul à passer.

Souvent cependant l'on combine la multiprogrammation en parallèle et la multiprogrammation classique, en associant les deux types d'interruptions :

- a) programmée (i.e. avec reprise automatique ultérieure du programme interrompu), qui peut être soit naturelle, en cas d'attente entrée-sortie, soit par priorités suite à l'introduction dans le système d'un programme prioritaire par rapport au programme en cours d'exécution;
- b) forcée, à la fin du laps de temps imparti à chaque programme.

### 2.5.3. Le partage de temps ("Time-sharing").

Une définition du partage de temps est proposée par ZIEGLER : "It is a technique that permits concurrent utilization of the same installation by two or more persons working at remote devices capable of direct, on-line access to the data processing equipment. Each of the users of a time-sharing system must have the ability to inquire into and add to or alter information in files accessible to the data processing installation in random access fashion, on demand."

(1)

Les quanta de temps alloués aux différents utilisateurs

-----

- (1) ZIEGLER, J.R. : "Time-Sharing Data Processing Systems", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1967, P.10.

BAUVIN situe le "time-sharing" par rapport à la multiprogrammation : "Le time-sharing, ou utilisation collective d'un ordinateur correspond à un concept plus évolué que celui de la multiprogrammation, mais qui ne s'en distingue pas radicalement. En fait, une différence essentielle à noter est le fait que chaque utilisateur dispose au besoin des ressources intégrales de l'ordinateur pendant la tranche de temps qui leur est systématiquement dévolue." P. 21.

ne sont pas de longueur fixe, mais sont fonction du programme à traiter et des conditions d'exploitation lors du passage du contrôle d'un utilisateur à un autre. C'est un programme d'ordonnancement propre au moniteur de time-sharing qui doit déterminer les modalités du passage du contrôle et allouer les quanta de temps, sur base d'un système de priorités visant à effectuer rapidement un traitement court sans retarder notablement l'exécution de traitements plus longs, car on cherche à optimiser le temps de réponse.

## 2.6 LE TEMPS REEL.

Le concept de système fonctionnant en temps réel est difficile à déterminer de façon non ambiguë. HEAD propose la définition suivante : "Paralleling data processing with a physical process in such a fashion that the results of the data processing are immediately useful to the physical operation" (1). Selon James MARTIN : "A real-time computer system may be defined as one that controls an environment by receiving data, processing them and returning results sufficiently quickly to affect the functioning of the environment at that time." (2) Toutefois, il suffirait dès lors d'une contrainte de temps large pour que tout système y satisfaisant soit considéré comme travaillant en temps réel! Dès lors, HEAD et DESMONDE (3), tout en reconnaissant la difficulté d'établir un critère de temps décisif, acceptent comme caractéristique d'un système en temps réel, un temps de réponse bref (de l'ordre de quelques secondes ou de la minute) permettant un feedback sur le phénomène qui est à l'origine du

(1) HEAD : P. 3.

(2) MARTIN, James : "Programming real-time computer systems", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1965, P. 378, cité in DEARDEN, John: "Myth of real-time management information", Harvard Business Review, vol. 44, 3 (mai-juin 1966) P. 123.

(3) DESMONDE, William H. : "Real-time data processing systems. Introductory concepts.", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1964, P. 11.

traitement, que l'information en input soit "batched" ou traitée dès sa réception.

Outre les caractéristiques de délai de réponse et de feedback, il nous apparaît, à la suite de F. BODART (1), qu'il faut souligner la continuité du processus de traitement en temps réel : grâce à un équipement d'entrée-sortie directes, l'information est prise en charge directement à la source, puis contrôlée et traitée sans délai; enfin, les résultats du traitement doivent mener à une "action sur le phénomène qui a déclenché le traitement" (2).

## 2.7 SYSTEME D'INTERRUPTION.

Le terme "interruption" désigne "... un signal qui permet à l'unité centrale de changer d'état." (3) Un tel signal apparaît au moment où des événements extérieurs ou intérieurs au programme nécessitent une réaction du calculateur. Il y aura soit rupture de séquence, soit branchement provisoire vers un sous-programme spécial.

### 2.7.1 Mécanisme de l'interruption.

Ce mécanisme peut être soit le forçage, dans le compteur d'instructions, de l'adresse du sous-programme spécial, soit le forçage dans le registre décodeur d'instructions, d'une instructions spéciale "interruption" qui effectuera un branchement vers l'adresse du sous-programme en question. Durant le traitement de l'interruption, il y aura positionnement des masques interdisant toute possibilité d'autre interruption, ceci pour éviter une perturbation éventuelle.

(1) BODART, F. : "Les systèmes informatiques de gestion", in "Reflets Perspectives de la vie économique", tome VII, n° 5, sept. 1968, P. 379.

(2) id. P. 379.

(3) BERTIN, RITOUT, ROUGIER : P. 39.

Le sous-programme d'interruption comporte deux phases :

- a) un diagnostic de l'origine précise de l'interruption;
- b) l'exécution du sous-programme de traitement de l'interruption.

A la fin du sous-programme, on restaure les paramètres nécessaires au déroulement du programme principal, puis l'on branche sur l'adresse où ce sous-programme avait été interrompu.

### 2.7.2 Types d'interruptions.

#### a) Interruption d'entrée-sortie :

Son rôle est de permettre le rendement maximal des unités d'entrée-sortie, sans cependant laisser l'unité centrale dans une phase d'attente. Ainsi, avec un canal ordinaire, dès qu'une unité est prête à recevoir ou émettre un message, son unité de contrôle envoie un signal d'interruption: l'unité centrale déroule alors un sous-programme de commande de l'unité et transfère le message. En cas de canal simultané, le canal recherche lui-même l'adresse et exécute le transfert de l'information, sans que l'unité centrale comme telle soit concernée; une interruption lui signale simplement que le transfert est terminé et que le canal peut effectuer autre chose.

#### b) Interruption programme :

Différentes raisons provoquent cette interruption en cours de programme :

- anomalies :
- d'opération (le code demandé n'existe pas)
  - d'adressage : l'adresse relative à une instruction n'existe pas en mémoire rapide;
  - de spécification et de données : violation des consignes de programmation propres à la machine;
  - de dépassement de capacité.

c) Interruption\_erreur-machine :

Elle sert à prémunir contre des accidents dus à des défaillances technologiques. Une interruption globale orientera l'unité centrale vers un programme de diagnostic et signalera l'accident à l'extérieur. En cas de défaillance de la mémoire centrale, il y aura une interruption "erreur parité mémoire", décelée par le contrôle de parité.

d) Interruptions externes :

Elles comprennent par exemple :

- une interruption-opérateur : celui-ci peut générer une interruption lui permettant d'intervenir à tout moment dans le déroulement du processus;
- une interruption horloge : due à la nécessité de faire respecter le système de comptage de temps fixé dans le calculateur (ceci vaut pour les systèmes en partage de temps);
- enfin, une interruption-analyse : en enfonçant une touche du pupitre de commande, l'opérateur peut générer une interruption après chaque instruction exécutée par la machine, ce qui sert surtout au moment de la mise au point des programmes pour surveiller le déroulement pas à pas d'un programme.

## 2.8 ON - LINE; OFF - LINE.

Appliquées aux systèmes de traitement électronique de l'information, ces deux notions caractérisent une relation entre les utilisateurs et les unités périphériques d'une part, et l'unité de traitement d'autre part. S'il y a connexion et contrôle direct entre l'unité de traitement et les périphériques, le système fonctionne en "on-line"; s'il n'y a pas de connexion ni de contrôle directs, le système est en "off-line". Les termes plus généraux de la définition IFIP-ICC s'appliquent bien ici : "CONTROL RELATIONSHIP. A relation between any two units of equipment which indicates the nature of the

control of either unit by the other. If one unit can be controlled by the other without human intervention, the first unit is said to be ON-LINE to the second and is under the DIRECT CONTROL of the second while such control is being exercised. If human intervention is necessary, the first unit is said to be OFF-LINE to the second and is under the INDIRECT CONTROL of the second while an operator is acting as a link in the control chain". (1)

Dès lors, dans un système off-line, où il n'y a donc pas de connexion directe entre unités périphériques et unité centrale, les données seront traitées séquentiellement, après un premier réarrangement. Par contre, dans un système on-line, l'exploitation peut être ou bien non séquentielle - auquel cas les données sont traitées directement sans qu'il y ait de réarrangement intervenant entre leur enregistrement et le traitement comme tel - ou bien séquentielle, auquel cas "on procède systématiquement à un regroupement de toutes les données enregistrées, afin de permettre le traitement par lots"(2)

Nous pouvons examiner maintenant, à partir des concepts de base que nous venons de définir brièvement, la description des types de systèmes de traitement électronique de l'information que l'on est susceptible de rencontrer dans des entreprises, qu'elles soient relativement modestes ou très puissantes. C'est l'objet du chapitre 3.

+  
+ +  
+

-----  
(1) IFIP - ICC, P. 109.

(2) BODART, F. - GUILLAUME, M. : "Rapport de base" in "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", Actes du Colloque sur "L'intégration des ensembles électroniques dans les structures de décision de l'entreprise" (Namur, 24-25 novembre 1966), Duculot, Gembloux, 1969, p. 50.

CHAPITRE 3.  
DESCRIPTION DE SYSTEMES DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE  
DE L'INFORMATION.

-----

3.1 INTRODUCTION.

La description des systèmes de traitement électronique de l'information effectuée dans ce chapitre n'est pas exhaustive, étant donné le nombre infini de combinaisons auquel chaque type de système peut donner lieu. Elle suffit toutefois à mettre en évidence les points caractéristiques de chaque système. Nous traiterons successivement les systèmes "off-line" (local et à distance) et "on-line" et, dans ce dernier secteur, spécialement les systèmes en partage de temps et en temps réel. Comme nous l'avons fait remarquer dans l'introduction de la première partie, deux critères ont été déterminants dans cette typologie des systèmes de traitement électronique de l'information : d'une part la nature des relations entre éléments constitutifs de chaque système, d'autre part les modalités de réaction des systèmes considérés. Cette description ne sera pas guidée par la considération économique des coûts associés aux différents systèmes. Le problème de la valeur de l'information et des coûts relatifs à sa production nous a paru suffisamment important pour que nous y consacrons la seconde partie de notre travail.

Enfin, étant donné qu'à plusieurs reprises le problème de la gestion de stocks nous servira à illustrer la description des systèmes, il nous paraît utile, dans cette introduction, d'en fixer brièvement les contours. (1) La gestion des stocks (2) dans l'entreprise s'effectue conformément à deux objectifs : satisfaire, par un

-----

- (1) Voir par exemple STARR, M.K. et MILLER, D.W. : "La gestion des stocks. Théorie et pratique." Dunod, Paris, 1966, PP. 1-18.
- (2) Les stocks comprennent les réserves en matières premières, pièces de rechange, en cours et produits finis.

haut niveau de service, les exigences de la demande et, conjointement, assurer une politique optimale d'approvisionnement. Ces objectifs pourront être réalisés :

- 1°) par le maintien d'un stock de sécurité suffisant et la détermination d'un point de commande optimal;
- 2°) par la minimisation des coûts antagonistes de détention, commande, dépréciation et rupture de stocks;
- 3°) par l'estimation des variations de la demande et des délais de livraison.

Gérer les stocks, cela consiste donc à assurer, le mieux possible, la réponse à une demande de produits par la régulation appropriée d'un approvisionnement ou d'une production au moyen d'un stock. Les décisions à prendre concernent les dates, modalités et volumes d'approvisionnement, les niveaux du stock de sécurité et du point de commande.

Ces décisions doivent pouvoir se baser sur les informations suivantes :

- a) l'évolution dans le passé de la demande, des délais de livraison, types de coûts, différés et ruptures de stocks;
- b) l'état présent de la demande, des stocks, de la conjoncture et des prix;
- c) l'estimation de la demande, des délais de livraison et des coûts futurs.

Il est clair que, dans ce contexte, les systèmes de traitement électronique de l'information sont un auxiliaire appréciable pour le gestionnaire chargé de décider de la politique de stocks de l'entreprise, encore que ses besoins en information soient plus ou moins bien satisfaits selon le type de système auquel il aura affaire.

### 3.2 SYSTEME EN OFF - LINE.

Les caractéristiques principales des systèmes de traitement fonctionnant en off-line sont :

1. La non-existence d'une connexion directe entre les unités périphériques de saisie et collecte des données et l'unité centrale, ce qui implique qu'il n'y a pas accès direct - donc pas de possibilités de dialogue homme-machine - à l'ordinateur, ni de contrôle immédiat de l'unité centrale sur les périphériques.
2. Il y a un traitement nécessairement séquentiel des problèmes : le traitement s'effectue après accumulation et réarrangement des données selon un certain ordre, par lots successifs; tel est par exemple le cas de la monoprogrammation en mode indirect.
3. La capacité de la mémoire interne ne doit pas être très grande; les supports d'information habituellement utilisés sont les cartes ou bandes perforées, ou les bandes magnétiques.

#### 3.2.1 Système en off-line local.

##### a) Système à cartes.

Le sous-système de saisie et collecte des données (1) peut comporter plusieurs variantes (2). Le support d'origine est généralement un document manuscrit ou dactylographié (commandes, paiements, transferts, etc.). Les données sont perforées sur cartes, avec vérification de la perforation, selon différents modèles : l'on peut opérer avec des cartes où les données constantes sont préperforées; l'opération de perforation se limite dans ce cas aux données variables; une autre possibilité est l'enregistrement

- 
- (1) Ce sous-système inclut l'ensemble des opérations préluant à l'entrée dans la machine, donc aussi le tri et l'interclassement des cartes.
  - (2) Pour une exposition claire des caractéristiques des différentes méthodes, voir FUTH, Horst : "Elektronische Datenverarbeitungsanlagen". Band II : Organisation der Datenverarbeitung", Oldenbourg, München, 1965, PP. 97-102.

direct sur cartes, en effectuant, grâce à un crayon spécial, des marques conductrices d'électricité en des endroits déterminés de la carte; il y aura perforation subséquente en fonction des marques faites, à la cadence de 100 cartes/minute : c'est le système du "mark sensing" (1). On peut aussi perforer directement à l'aide d'un stylet, des cartes à perforation prédécoupée. Il existe enfin une possibilité de couplage entre machine de bureau et perforatrice de cartes, avec simultanéité entre la rédaction du document d'origine et la perforation des données sur cartes (2).

Quel que soit le type de collecte, il est indispensable, avant d'entrer les données dans l'ordinateur, d'effectuer un tri selon un ou plusieurs critères appropriés (exemple : articles, clients, fournisseurs ( 3 ) , puis un interclassement avec les cartes du ou des fichiers concernés de façon à présenter à l'entrée les seules cartes pour lesquelles il y a lieu d'effectuer une mise à jour.

---

(1) MARTIN, E.W. : PP. 52-53.

(2) Il existe également une possibilité de couplage machine de bureau -perforatrice de bandes perforées, système assez fréquemment utilisé.

(3) Une entrée directe des données est réalisée par un lecteur optique de caractères (CMC 7 par exemple), ou d'écriture magnétique.

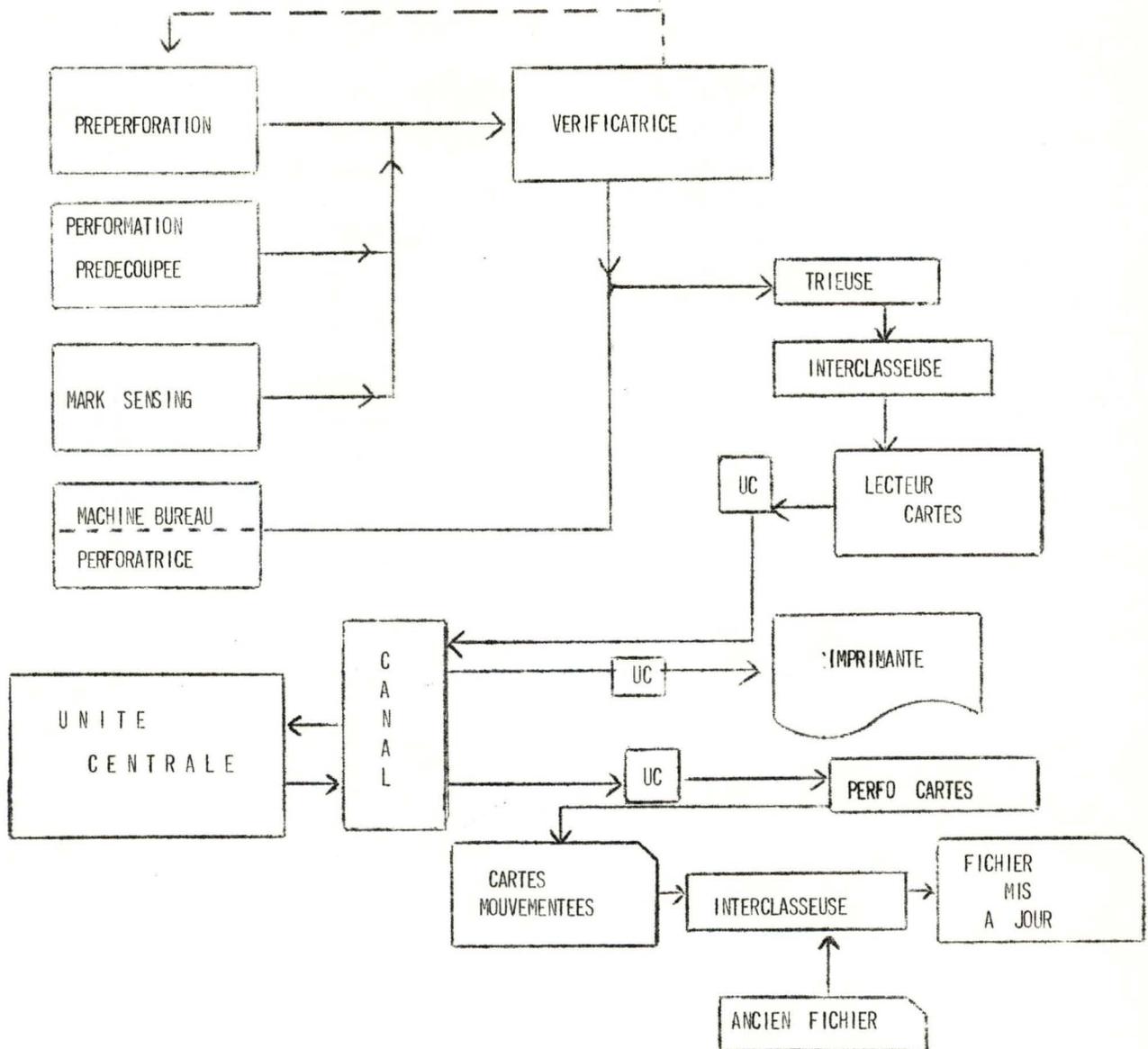


Fig. 3.1. Agencement des opérations préalables au traitement sur ordinateur dans un système à cartes.

L'unité d'entrée comprend un lecteur de cartes (à la vitesse de 400 à 2000 cartes/minute); l'unité centrale est généralement un petit ordinateur (1), d'au moins 4K positions et d'un temps d'accès de l'ordre de 4  $\mu$ secondes; l'unité de sortie comprend une perforatrice de cartes (de 100 à 400 cartes/minute) et une imprimante (vitesse : 400 à 1200 lignes/minute).

(1) Par exemple le Honeywell Série 200, Modèle 110.

Etant donné la disproportion énorme existant entre les débits des unités d'entrée-sortie et celui de l'unité centrale et le fonctionnement cyclique par exemple du lecteur de cartes, l'on recourt à l'emploi de canaux d'entrée-sortie (1). Il y a dès lors réduction des temps d'interruption de l'ordinateur aux seules interruptions requises pour les transferts entre ordinateur et canal. En outre, pendant une opération de lecture, l'impression ou perforation simultanée (en simultanéité vraie) peut s'effectuer, ce qui réduit au minimum les pertes de temps eu égard aux contraintes imposées par la lenteur du fonctionnement des unités périphériques.

Au point de vue relations fonctionnelles entre les sous-systèmes, plusieurs remarques se dégagent. Il n'y a pas de liaison directe entre l'équipement de saisie et de classement des données et l'unité centrale; cette dernière contrôle le fonctionnement des unités d'entrée-sortie par l'intermédiaire des canaux, mais est en définitive asservie aux contraintes de leur rythme de fonctionnement propre.

Il est évident que le système décrit ici a un temps de réponse relativement long et cela pour deux raisons : d'une part le sous-système de saisie des données requiert plusieurs manipulations antérieures à l'entrée dans l'ordinateur et la perforation, le tri et l'interclassement sont des opérations lentes (entre 100 et 200 cartes/minute); d'autre part, dans une bien moindre mesure, le débit relativement faible (par rapport à la vitesse de traitement de l'unité centrale) des unités d'entrée-sortie.

Nous voudrions illustrer ceci à l'aide d'un exemple simple. Supposons une entreprise où l'on ait à traiter mensuellement quelque 150.000 mouvements donnant lieu à facturation. On peut

-----  
 (1) A propos des canaux, voir par exemple MARTIN, E.W. : PP. 322-325 ou POULAIN, t. 2, PP. 145-146.

estimer qu'une opératrice est capable d'effectuer - en perforation et vérification - une moyenne de 5.000 perforations à l'heure; si l'on suppose une moyenne de 50 trous à perforer par carte, l'opératrice peut donc perforer 100 cartes à l'heure, soit, à raison de 8 heures par jour, 800 cartes par jour. Or un lecteur de cartes peut lire 900 cartes à la minute et une sortie sur imprimante se fait à la vitesse de 1200 lignes à la minute.

A partir de là, en tenant compte des tris et autres opérations, on peut estimer raisonnablement que la réalisation de l'ensemble du travail par un système de traitement électronique de l'information requiert environ quatre heures, pour fournir l'édition des factures et les états comptables correspondants. Une mise à jour mensuelle de la facturation en question requerrait, pour suivre le rythme de l'ordinateur, un travail de 15 jours effectué par une douzaine d'opératrices. On peut évidemment développer la capacité de perforation du système en engageant un staff nombreux d'opératrices, mais à vouloir suivre le rythme des organes d'entrée-sortie, on risque inévitablement d'en arriver assez vite à un goulot pratique d'étranglement, sans compter les frais de personnel qu'entraîne une telle solution.

Ainsi, cette lenteur devient un lourd handicap à partir du moment où l'on a affaire à des fichiers volumineux, sans compter l'espace requis pour leur stockage. Toutefois, il faut en général envisager la vitesse de réponse comme un facteur relatif aux contraintes temporelles posées, qu'elles soient extérieures à l'entreprise ou qu'elles dépendent des exigences de la direction.

Au point de vue fiabilité, les sources d'erreur sont diverses et les types de contrôle multiples. Lors de l'enregistrement des données, la perforation est vérifiée, avec nécessité de reperforer la carte erronée, d'où perte de temps; à ce niveau la principale source d'erreur est l'intervention d'opérateurs humains. Les unités

d'entrée-sortie sont, elles aussi, soumises à contrôle : dans le lecteur de cartes, il y a vérification, par un second poste de lecture, par exemple par comparaison du nombre total de perforations lues; la perforation des cartes se fera à l'aide d'une vérification par clé (1). Dans les deux cas, la détection d'une erreur provoque la mise à part de la carte erronée et le positionnement d'un signal. Pour les imprimantes, il y a vérification, soit du positionnement des verrous commandant les marteaux d'impression, soit du mouvement des marteaux. Dans l'unité centrale de traitement, le mode de contrôle usuel est le contrôle de parité : par l'adjonction d'un bit de parité aux bits d'un caractère, l'on doit toujours obtenir un total pair, sinon l'erreur est automatiquement repérée.

L'information issue du traitement contribuera d'une part à la mise à jour des fichiers, par interclassement des cartes perforées en sortie avec les anciens fichiers; d'autre part à permettre la prise de décision sur base de l'information présentée plus synthétiquement par l'imprimante.

b) Système à cartes perforées et bandes magnétiques (2)

Nous retrouvons ici les mêmes possibilités, au point de vue saisie et collecte des données que dans le système "à cartes". L'amélioration se situe essentiellement au niveau des sorties, où nous avons une imprimante et plusieurs dérouleurs de bandes magnétiques, dont les performances sont nettement supérieures à celles du système à cartes. Par ailleurs, les opérations courantes de tri,

-----  
 (1) Voir BERNARD, PP. 324-325.

(2) On peut remplacer les cartes perforées par des bandes perforées, par exemple par le système de couplage d'une machine de bureau et d'une perforatrice de bandes, et constituer ainsi un système analogue à celui présenté ici.

Il existe également un système de perforation permettant, à partir d'un clavier, d'enregistrer directement sur bande magnétique, mais le coût en est fort élevé.

interclassement et mise à jour des fichiers principaux se font sur bandes magnétiques à l'aide de l'unité centrale; le débit des dérouleurs de bandes est de l'ordre de 15.000 à 47.000 car./seconde pour les dérouleurs "moyenne vitesse" (1), ce qui accélère très considérablement ces opérations. Vu la complexité plus grande des opérations à effectuer, l'unité centrale devra avoir une capacité minimale de 8K positions.

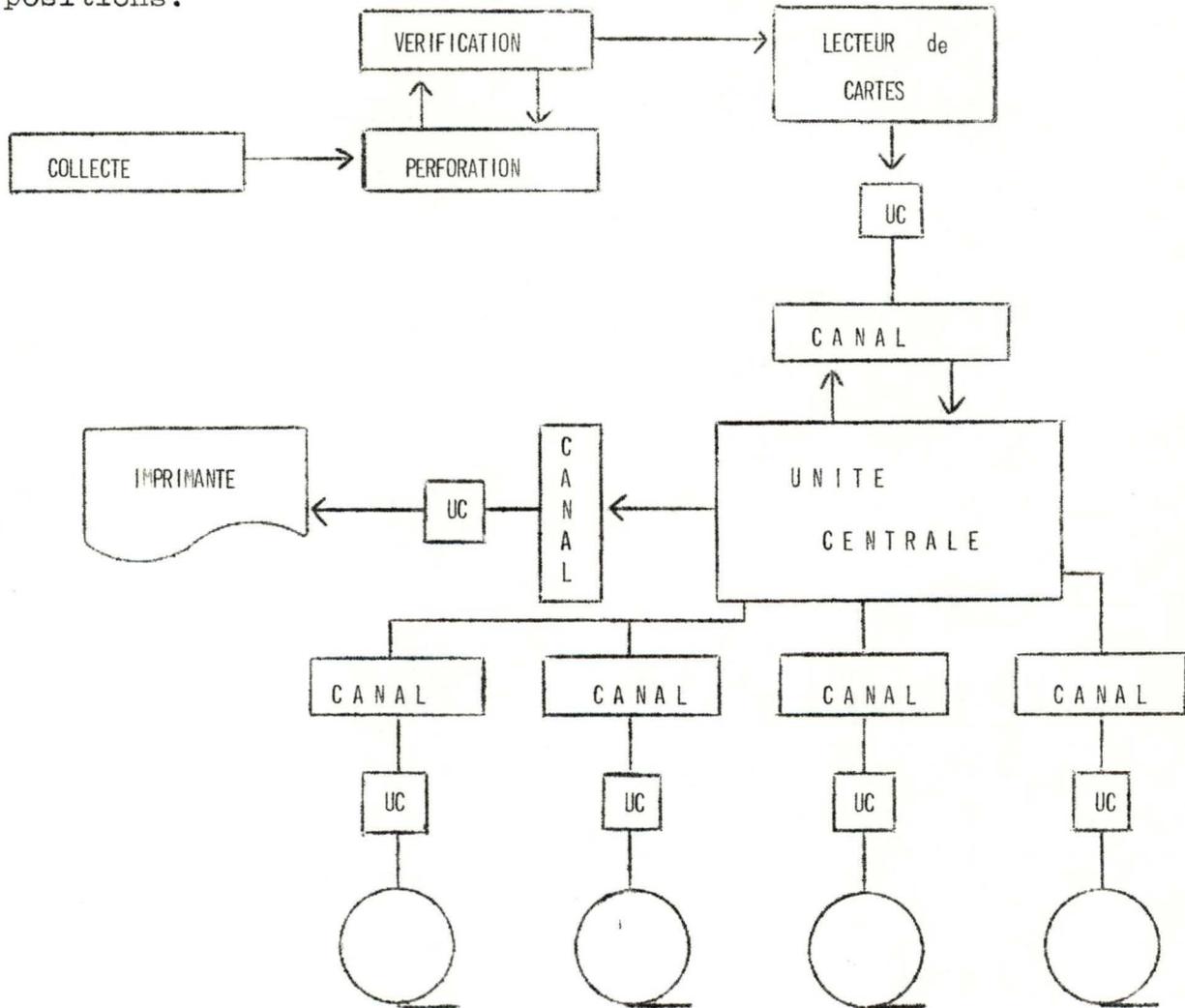


Fig. 3.2. Représentation d'un système à cartes perforées et bandes magnétiques.

(1) Ce débit résulte du produit de la vitesse de défilement de la bande devant la tête de lecture/écriture par la densité d'enregistrement (qui peut varier par exemple de 80 à 218 car./cm.) Cf POULAIN, T. 2 : PP. 77-83.

Dans le contexte de ce type de systèmes, il y a toujours un défaut d'automatisme dans la liaison entre la saisie des données et les unités d'entrée. Il y a amélioration de la synchronisation des débits entre unités d'entrée-sortie et unité centrale, grâce à l'emploi de bandes magnétiques. Le traitement reste cependant séquentiel étant donné que, sur bandes magnétiques, l'accès direct est impossible. Par ailleurs, le temps de réponse du système est fortement raccourci par l'intégration du tri dans les opérations de l'unité centrale et par les débits plus rapides des dérouleurs de bandes magnétiques.

Le contrôle d'erreur lors de la lecture/écriture sur bande magnétique (contrôle de parité) assure une bonne fiabilité; dans le même sens, il faut également noter la réduction de l'intervention humaine (tri-interclassement). Finalement les fichiers sur bande magnétique sont plus pratiques (1) et plus étendus que ceux sur cartes perforées et cela, à plusieurs égards : l'information n'étant pas limitée en longueur (sur les cartes on ne dispose que de 80 colonnes), elle peut être plus précise et plus complète; les fichiers prennent nettement moins de place; l'information est séparable de son support, ce qui permet par exemple de réutiliser les bandes contenant des fichiers périmés; la bande magnétique permet plus facilement le traitement des fichiers volumineux. Il est également plus facile d'augmenter la périodicité du traitement, ce qui fournit une information plus récente, plus vaste et plus précise que dans le système à cartes.

Si l'on applique les différents systèmes en off-line local à la gestion de stocks, l'on remarque tout d'abord un certain

---

(1) Recopie et fusion des fichiers s'effectuent à grande vitesse.

nombre de caractéristiques communes (1). Qu'il y ait un magasin central ou différents magasins disséminés dans l'entreprise, ou gestion des magasins des filiales, le système off-line local implique toujours transport manuel (par intermédiaire humain) des documents ou cartes vers le centre de traitement, avec les risques d'accidents inhérents. Par ailleurs, étant donné le traitement séquentiel, des opérations de tri et d'interclassement sont inévitables, tant en entrée qu'en sortie. Les données d'entrée concernent les demandes des clients (pouvant être satisfaites ou à différer), les entrées en stocks (matières premières, en cours, produits finis), les sorties de stocks (vers la production ou la vente), les ruptures de stock. Suite au traitement portant sur la modification d'enregistrements existant dans les fichiers, l'on aura :

- soit mise à jour des fichiers clients, stocks, fournisseurs, commandes, ventes, si l'information modifiée est une quantité,
- soit mutation dans ces fichiers si l'information modifiée est un libellé ou un indicatif. Par ailleurs, l'on peut également obtenir en sortie des informations concernant les variations des stocks et les commandes à effectuer (quantités et prix) en fonction des sorties de stock et des délais de livraison.

Il est évident que, dans un système à cartes, la vitesse du traitement ne peut sortir tous ses effets. La réponse du système

-----

(1) Une condition préalable est que l'organisation de l'entreprise soit telle qu'elle permette l'entrée des données au moment voulu: "Indien men in een bedrijf nog nooit heeft weten te bereiken dat de maandag onmiddellijk na de weekafsluiting, de voorraaddrapporten op het hoofdkantoor aanwezig zijn, dan zal dit werk eerst schematisch moeten worden geprogrammeerd vooraleer de computer voortaan op dinsdag de produktieoverzichten kan verwerken. Een computer-verwerking eist dus vóór alles een tijdige en juist input. Deze tijdigheid en juistheid kunnen slechts worden verwezenlijkt door een degelijke organisatie van de informatiekringloop doorheen de onderneming, organisatie dewelke tevens zal gebaseerd zijn op economische overwegingen. "VANDENBULCKE, J. : "Ekonomische Calculus bij de integratie van het informatiebeheer in de voorraadproblematiek", C.O.R.E., Heverlee, 1968, P.1.

sera d'autant plus différée que :

- 1°) à l'entrée, le temps pris par le transfert manuel des données, la perforation des cartes, leur tri et interclassement avec les fichiers principaux est long; il varie en fonction du volume des transactions à traiter;
- 2°) à la sortie, les opérations de mise à jour des fichiers durent longtemps (1).

Les conséquences de ce type de traitement ne sont pas négligeables : délais dans les commandes à effectuer, risques accrus de rupture de stock, maintien plus difficile d'un équilibre économique entre les différents types de coûts et finalement risque de voir se détériorer le niveau de service à la clientèle. En cas de fortes variations de la demande, le pouvoir de réaction de l'entreprise est généralement assez faible.

Dans le système à cartes perforées et bandes magnétiques, les problèmes restent les mêmes, au point de vue de la saisie et du transfert des données, que dans le système à cartes. La procédure peut se présenter comme suit (2) : transcription des données élémentaires sur cartes perforées; celles-ci sont lues par l'ordinateur qui, sur base du code d'identification, procède à la recherche de l'enregistrement correspondant sur bande magnétique (constituant la mémoire secondaire où se trouvent les fichiers); puis la mise à jour est effectuée conformément aux instructions du programme. Etant donné que les bandes magnétiques sont à accès séquentiel, il faudra procéder au préalable au tri et classement des données; le traitement implique, in fine, la réécriture et tous les enregistrements sur une nouvelle bande magnétique contenant le fichier "nouveau stock", qui

-----  
 (1) Toutefois, un planning rigoureux des traitements peut déjà diminuer le temps d'attente de chacun des postes utilisateurs.

(2) Voir BAUVIN, G : PP. 147-149 et MARTIN, E.W. : PP. 340-345.

deviendra le fichier "à mouvementer" lors du traitement suivant. On obtient également en sortie, sur bandes magnétiques, les fichiers des différés satisfaits, des sorties de stocks et des commandes différées. Compte tenu du caractère périodique de cette mise à jour et des mémoires à accès séquentiel, l'extraction d'informations des fichiers ne pourra se faire que périodiquement, elle aussi. C'est pourquoi l'on fera sortir sur imprimante, après la mise à jour, les différents états concernant par exemple les variations de stocks, les commandes d'approvisionnement et les expéditions effectuées (avec ventilation par centres de frais).

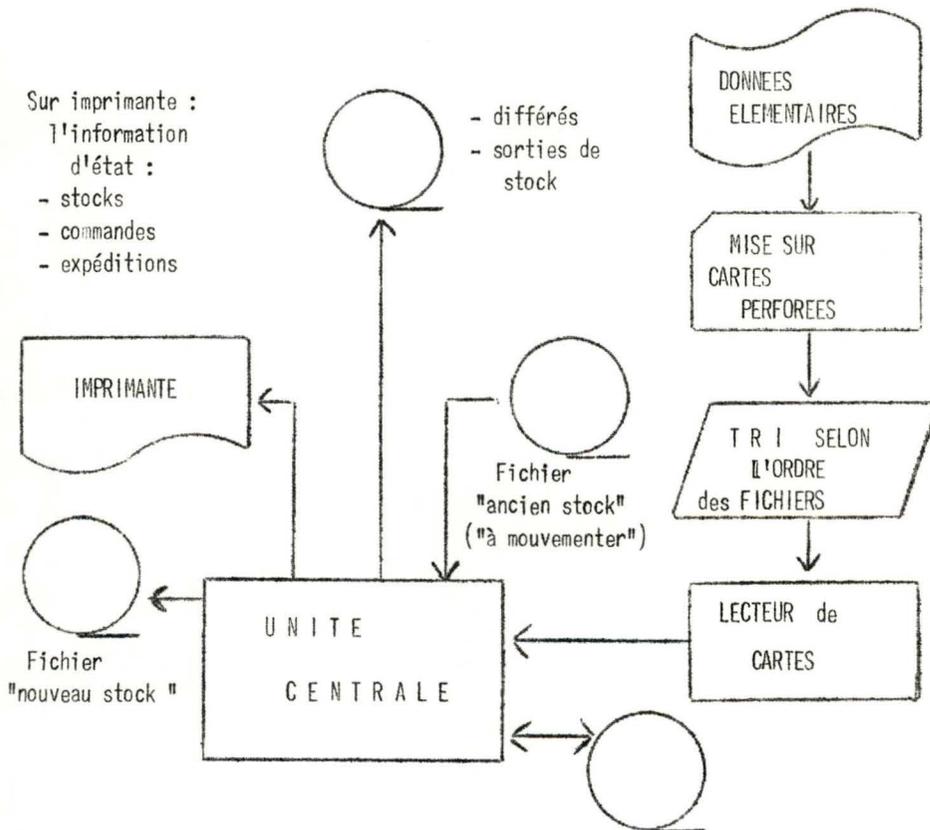


Fig. 3.3. Schéma de mise à jour des fichiers "stocks".

L'avantage principal de ce type de systèmes est la réduction notable des temps de tri et d'interclassement des différents

fichiers et données (1). La périodicité du traitement des stocks peut être accrue par rapport aux possibilités du premier système. Les informations requises pour la prise de décision, étant plus rapidement disponibles, permettront une gestion déjà plus efficace, vu que l'ensemble de la réponse est fourni dans un laps de temps relativement raccourci. Si le volume des fichiers n'est pas excessif, l'on peut obtenir un traitement bihebdomadaire ou hebdomadaire des mouvements de stocks.

### 3.2.2. SYSTEME EN OFF - LINE A DISTANCE.

Un système en off-line fonctionnant en télétraitement est constitué par des organes de collecte des données - les terminaux - géographiquement dispersés, connectés aux unités d'entrée et à l'unité centrale par un réseau de lignes de transmission (2). KUHRT, GIESECKE et MAURER (3) caractérisent comme suit ce système de transmission : "Übertragungssysteme mit einer relativ einfachen Geräteausrüstung, deren Hauptkennzeichen darin besteht, dass sie keine direkte Verbindung mit einer Datenverarbeitungsanlage besitzen".

- 
- (1) Pour les temps de tri, avec rubans et unité centrale, en regroupant plusieurs articles en blocs, on obtient les données suivantes : pour 20.000 articles (blocs de 160 caractères) : 1,3 heures; pour 27.000 art. (id.) : 1,8 h.; pour 54.000 art. (id.) : 3,7 h.; Cf BERNARD, P. 205. Le temps de tri et de fusion subséquente demeure donc malgré tout assez appréciable. Par ailleurs, à partir de bandes perforées - sous-produits de machines comptables - transcrites sur bandes magnétiques, il est possible d'effectuer le même type d'opérations.
  - (2) Pour un bon exposé des problèmes associés aux réseaux de transmission, voir BAUVIN, G. : PP. 81-94.
  - (3) "Systèmes de transmission avec un appareillage relativement simple, dont la caractéristique principale est de ne pas avoir de liaison directe avec l'unité centrale de traitement des données": KUHRT, GIESECKE, MAURER : "Datenfernübertragung", Westdeutscher Verlag, Köln, 1966, P. 15.

Avant d'aborder la description proprement dite, il nous faut expliciter brièvement quelques notions concernant les réseaux de transmission. Le mécanisme de la transmission est le suivant : le terminal émet en parallèle (1).

L'adaptateur transforme cette émission en émission en série, détermine la vitesse de transmission et la puissance d'émission, filtre l'émission pour éliminer les parasites.

Le "modem" (2) transforme les données en signaux transmissibles par le réseau. A la réception, le "modem" retransforme les signaux en bits.

Le multiplexeur assure par l'adaptateur le contrôle d'erreur (bits de contrôle, code détecteur d'erreurs, avec renvoi éventuel à la source), gère les terminaux, assure le balayage périodique des lignes et l'assemblage des bits en caractères et des caractères en messages (3). L'ensemble de la transmission peut se faire soit par ligne télégraphique lente (75 bauds) (4), ou téléphonique plus rapide (de 200 bauds, pour la liaison standard, à 2400 bauds) ou par

- 
- (1) L'émission en parallèle implique la transmission simultanée de tous les bits constitutifs d'un caractère; l'émission série implique la transmission bit par bit.
- (2) Le "modem" - ou "modulateur-démodulateur" - utilisé sur le réseau commuté international a un débit de 600 à 1200 bauds, emploie la modulation de fréquence et possède deux voies (aller-retour)
- (3) Le multiplexeur peut être remplacé par un ordinateur périphérique de gestion des messages, relié à l'ordinateur principal et assurant l'assemblage des messages. Tel est par exemple le Datanet 30 pour les systèmes GE.
- (4) Un baud est une mesure de la vitesse de transmission et est égal à une impulsion ou bit par seconde; 75 bauds = 75 bits/seconde ou 10 car./seconde, avec transmission synchrone; émission de caractères à intervalles réguliers; sur ligne téléphonique, l'émission peut être synchrone ou non. Pour la vitesse de transmission, voir KUHRT, GIESECKE, MAURER : PP. 26 - 28.

ligne à bande large qui permet la transmission de données à 40.000 bauds. La transmission peut se faire sur le réseau habituel ou commuté pour des transmissions lentes ou de faible fréquence, ou sur une ligne louée dont le coût sera fonction de la longueur et de la vitesse de transmission.

a) Système simple :

Ce système est relativement rigide et est appliqué de préférence au cas de différents départements d'une même entreprise disposant d'un ou plusieurs terminaux d'enregistrement des données, constitués par exemple de télétypes, avec connexion à une même ligne de transmission, ce qui constitue une liaison série. Ces télétypes (1) comprennent généralement un télé-imprimeur (clavier) auquel l'on peut connecter une perforatrice de bandes perforées ou de cartes perforées en bandes ("LSK"); ils servent à collecter des données de base dans un certain nombre d'applications, par exemple les mouvements de stocks pour la gestion des stocks dans des cimenteries; pour les décomptes et factures, le service des pièces détachées dans les ateliers d'automobiles; pour l'enregistrement et la transmission des résultats de mesures dans des sociétés distributrices d'énergie, etc. La vitesse de transmission est cependant relativement lente : elle est de l'ordre de 200 bauds.

---

(1) Un type d'appareils de ce genre est représenté par le système SIEMENS-SELEX. Un autre exemple de terminal est fourni par le GE 3101 : voir BENAY, J. : "Equipements de transmission de l'information", Centre Français de Recherche Opérationnelle, Paris, Stenc., P. I-5.

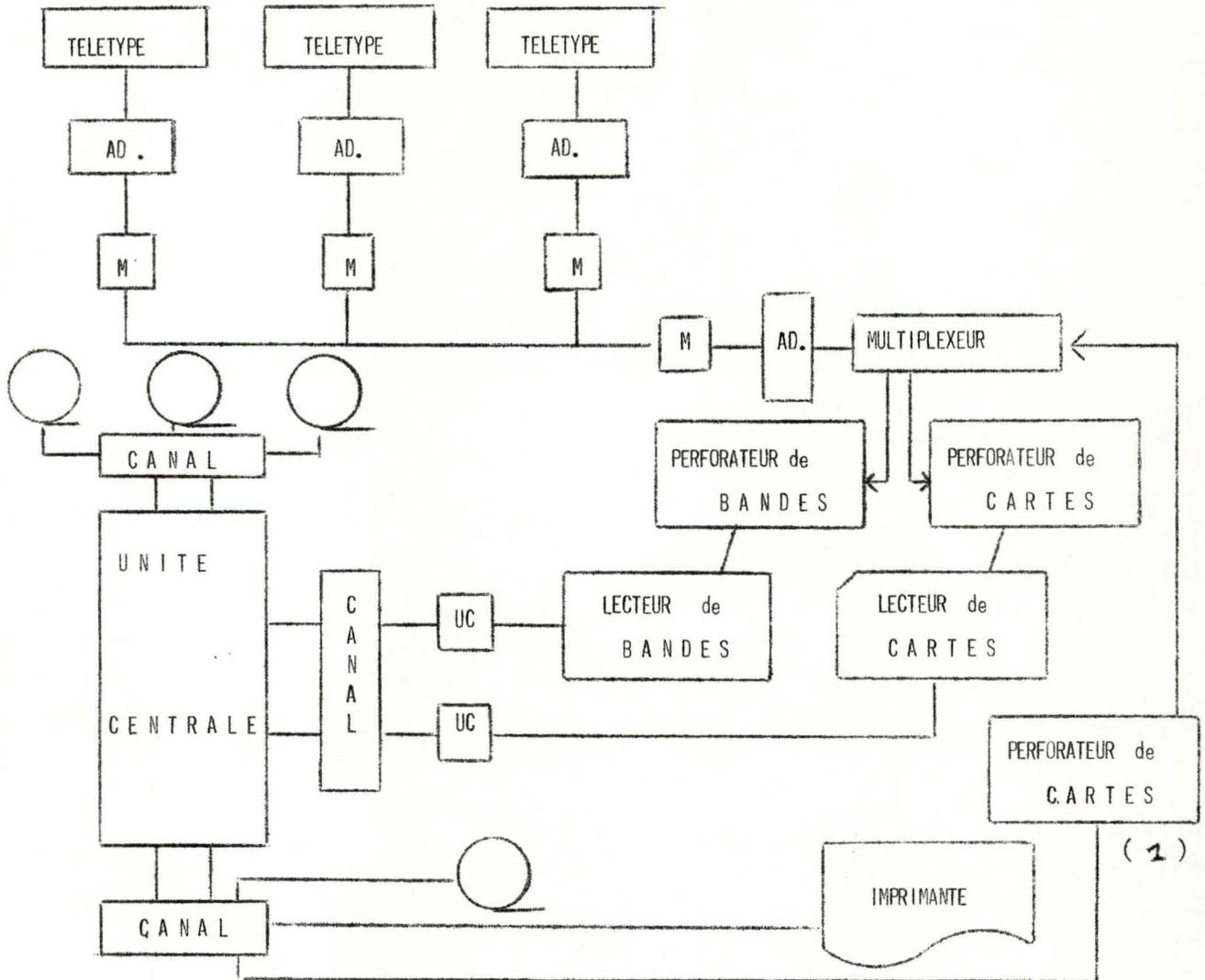


Fig. 3.4. Configuration de télétraitement en off-line : système simple.

La réception se fait sur perforatrice de cartes et/ou de bandes perforées; les unités d'entrée sont constituées par un lecteur de cartes et un lecteur de bandes perforées, gérés par un canal multiple. La sortie se fait sur imprimante, sur bande magnétique - constituant également la mémoire secondaire contenant les fichiers

(1) Par exemple une IBM 1050.

de l'entreprise - et sur perforatrice de cartes, reliée au multiple-  
 xeur, pour assurer la sortie vers les différents départements.

b) Système complexe :

L'on se situe ici dans le cas de sièges géographiquement éloignés de l'entreprise. La collecte des données peut se faire sur cartes ou bandes perforées, badges (cartes perforables en plastique), par machines à écrire ou clavier spéciaux, en connexion avec des terminaux (1) moyens ou rapides (vitesse d'émission entre 600 et 2400 bauds). Le réseau comprend de multiples lignes de transmission connectées à un multiplexeur. Les entrées/sorties se font au moyen de deux lecteurs/perforateurs de bandes dont la gestion est assurée par un ordinateur périphérique.

En sortie, on obtiendra sur l'imprimante centrale l'état des mouvements effectués, ce même état étant enregistré sur le dérouleur 1 et sélectivement transmis aux différents centres concernés, où il s'inscrira sur les imprimantes locales (2); la mise à jour des différents fichiers concernés se fera sur les dérouleurs 2 et 3. Deux autres dérouleurs font office de mémoires secondaires contenant les fichiers principaux et servent dans les opérations de tri et fusion des différents fichiers.

-----

(1) Par exemple le télé-enregistreur IBM 357, auquel sont connectés un lecteur de cartes perforées et un lecteur de badges : cf. "IBM-Télétraitement", IBM-France, 1966, PP. 31-36.

(2) Ceci suppose que l'on puisse disposer de lignes de transmission fonctionnant en duplex.

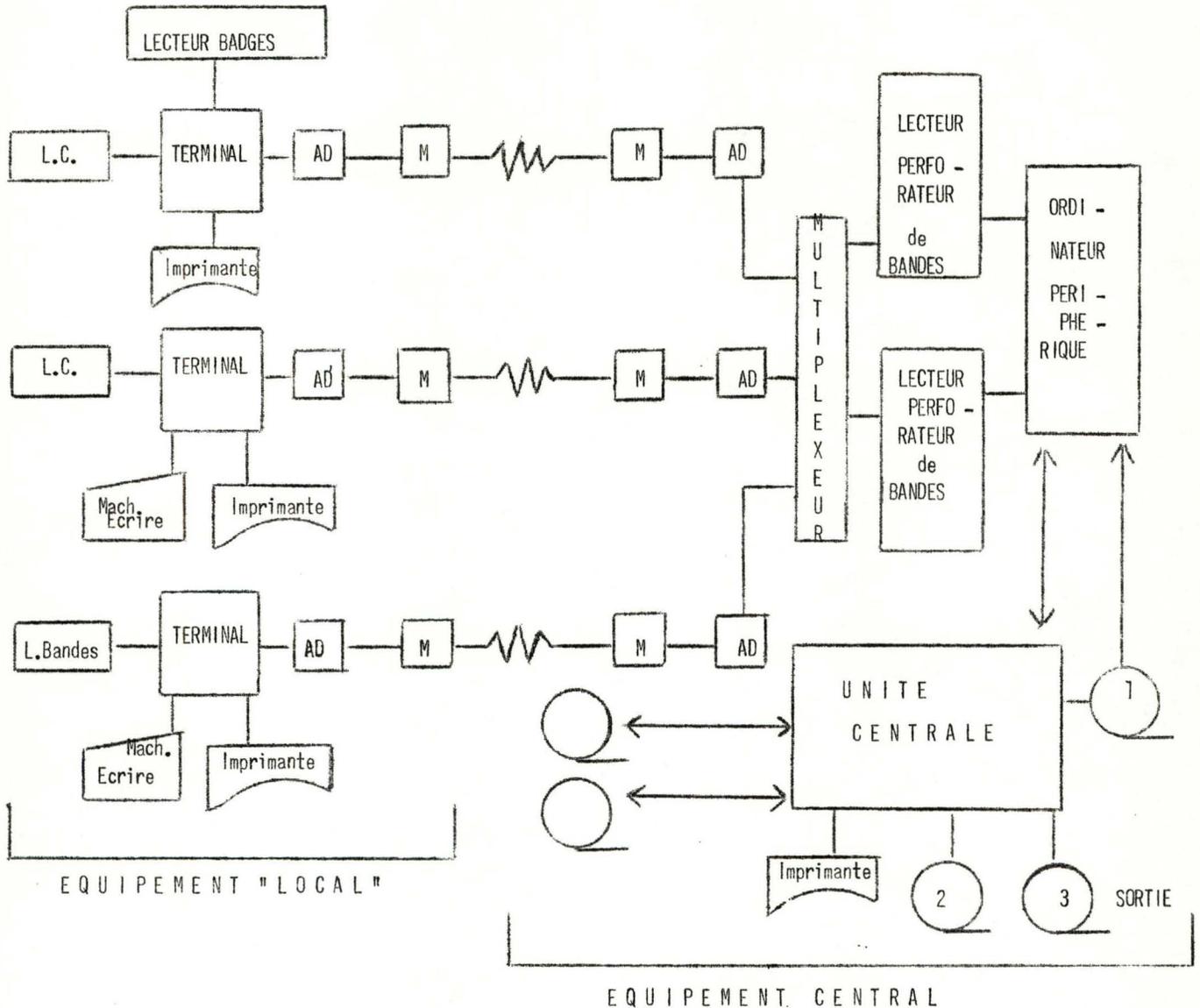


Fig. 3.5. Configuration de télétraitement en off-line : système complexe.

Lorsqu'on considère les systèmes de traitement de l'information en off-line et télétraitement, plusieurs remarques s'imposent à propos de la structure même de ces systèmes. Entre le sous-système de collecte des données, qui est fondamentalement le même que dans un système en off-line local, et l'unité centrale, les unités d'entrée (surtout) prennent une sérieuse extension; l'entrée est fragmentée en plusieurs étapes : le terminal, la transmission

des données, l'unité enregistreuse en réception, et l'unité d'entrée proprement dite; le sous-système d'entrée s'est ainsi dédoublé en deux sous-systèmes partiels, l'un géré par le multiplexeur, l'autre par l'unité centrale, par l'intermédiaire du canal multiple. La non-automaticité des liaisons entre équipements de saisie et d'entrée/sortie d'une part, et l'unité centrale de traitement de l'autre, demeure; cela entraîne, comme dans le système off-line local, une réponse différée du système, due au traitement séquentiel des données. Plusieurs contraintes pèsent ici sur le temps de réponse (1) : la lenteur des procédés de saisie des données; les limitations des vitesses de transmission sur les lignes : même les lignes téléphoniques sont encore relativement lentes (de l'ordre de 2400 bauds); la non-simultanéité de l'enregistrement sur unités périphériques et de l'entrée en unité centrale. C'est ici que les tampons d'entrée/sortie prennent toute leur importance au point de vue harmonisation des débits.

Au point de vue fiabilité du système, des problèmes spécifiques se posent, du fait des difficultés pouvant survenir dans la transmission des données (2).

Le contrôle (3) peut s'exercer de plusieurs manières. D'une part, il peut y avoir mise en évidence de perturbations

- 
- (1) L'on peut entendre ici par temps de réponse : "the time that elapses between the completion signal of a terminal entry and a "response" signal indicating that posting is completed or that a desired answer has been received." : MARGOPOULOS, W.P. and WILLIAMS, R.J. : "On teleprocessing system design. Part 1 : Characteristic Problems.", in "IBM Systems Journal", Vol. 5, n° 3, 1966, P. 136.
- (2) Voir James A. BURNETT : "La transmission des informations. Ses possibilités, ses contingences.", in "Revue de la Mécanographie", n° 222, mai 1966, PP. 347-350.
- (3) KUHRT, GIESECKE et MAURER traitent ce problème en détail : PP. 72-122; voir également BAUVIN : PP. 91-94.

parasitaires à l'aide d'une ligne supplémentaire de détection ou par la mesure des distorsions des signaux transmis : si elles dépassent un certain seuil, il y a réémission des données transmises durant ce laps de temps. D'autre part, un code-contrôle, par adjonction d'un élément de contrôle aux données à transmettre, permet de vérifier la présence d'erreurs de transmission (contrôle de parité). On peut aussi utiliser le collationnement, c'est-à-dire la répétition systématique, en retour, du message reçu, pour comparaison avec le message émis. Cela limite le débit, mais assure une très grande sécurité.

Par rapport au système de traitement en off-line local, le système de télétraitement en off-line ne présente pas de différences réellement fondamentales quand on l'applique à la gestion des stocks. La principale différence réside dans le mode de transfert des données : au transfert manuel s'est substituée la transmission par lignes téléphoniques ou télégraphiques. Les différents magasins disposent de terminaux permettant la transmission des demandes, des entrées et sorties de stocks, selon une certaine périodicité. Un ordonnancement judicieux des travaux à effectuer permet de réguler la charge du système, en vue d'optimiser son efficacité. A l'aide de ce système de traitement, on pourra centraliser très fortement la gestion des stocks. A partir de l'information obtenue en output, le gestionnaire pourra décider des approvisionnements à effectuer pour l'ensemble des sièges ou départements, après élaboration de règles de gestion aussi homogènes que possible. Il reste cependant que la réponse du système n'est pas spécifiquement adaptée au problème, en ce sens que c'est à partir de l'analyse des résultats que l'on pourra décider des quantités à commander, le système n'indiquant pas automatiquement les articles pour lesquels l'approvisionnement doit être effectué. Cela risque en fait d'empêcher le décideur de se consacrer davantage à des problèmes de prévision des demandes, d'analyse de la conjoncture, ainsi qu'au traitement des cas exceptionnels.

### 3.3 LES SYSTEMES EN ON - LINE.

Si nous présentons dans cette troisième section, consacrée aux systèmes de traitement en on-line, un exemple de traitement en mode séquentiel indirect, ce n'est pas là le seul type de système en on-line. En effet, les systèmes en partage de temps et en temps réel constituent des modalités particulières de systèmes en on-line. Toutefois, en raison de leur importance propre et pour ne pas alourdir excessivement cette section, nous préférons exposer ces systèmes dans des sections distinctes.

#### 3.3.1 Caractéristiques générales.

La connexion directe entre l'unité centrale et l'ensemble ou une partie des unités périphériques caractérise les systèmes en on-line : les données sont en général directement enregistrées sur des mémoires secondaires du système. Cette connexion directe implique télétraitement et donc automatisation du processus de collecte et d'entrée-sortie des données; le télétraitement peut s'effectuer soit à partir des différents départements de l'entreprise, soit à partir de consoles extérieures, situées dans les différents sièges d'exploitation. On n'aura toutefois pas un système totalement en on-line, une partie des données étant destinée à transiter par des entrées-sorties en off-line, ceci en fonction de l'importance des différents postes et des priorités à affecter selon l'urgence des travaux. Le mode de traitement est double : on peut opérer en traitement direct, c'est-à-dire traiter la file d'attente des données au fur et à mesure de leur arrivée en mémoire secondaire, ou bien en traitement séquentiel après réarrangement des données, de façon à traiter en une fois un groupe de données homogènes.

Enfin, au niveau du hardware, un système on-line a certaines exigences :

1°) la capacité de la mémoire centrale doit être plus développée que

dans les systèmes précédents (un minimum de 32 K mots, vu le grand nombre d'opérations à effectuer et la complexité croissante des programmes);

- 2°) rapidité et accès direct pour les mémoires secondaires, ce qui signifie qu'il faut recourir à des tambours, des disques ou des feuillets magnétiques; on doit en effet pouvoir d'une part y enregistrer directement toutes les données collectées et d'autre part assurer soit un traitement continu de ces données, soit un accès à n'importe quel moment à l'une quelconque des données ou informations qu'elles contiennent.

Ce type de système mène à une centralisation du traitement des données, mais de soi il est neutre par rapport au problème de la décentralisation de la prise de décision; dans la mesure où la gestion est intégrée, le pouvoir de décision peut être centralisé aux niveaux supérieurs de gestion (on y dispose de l'ensemble des informations requises pour une gestion globale efficace). En fait, on assiste dans l'entreprise au phénomène d'organisation suivant :

"... on centralise les divisions fonctionnelles des problèmes de gestion (personnel, finance, production, marketing) et on décentralise par niveaux d'activités de gestion (planning stratégique, programmation des activités, définition des types d'activités, affectation des ressources, politique de diffusion des produits et exécution de celle-ci)." (1)

### 3.3.2 Système on-line avec traitement en mode séquentiel indirect ("Remote batch processing").

Le sous-système d'entrées-sorties comprend, dans ce type de systèmes, un ensemble de terminaux on-line, c'est-à-dire reliés directement à une mémoire secondaire (par exemple un tambour

---

(1) BODART-GUILLAUME, P. 69.

magnétique) et un terminal off-line connecté avec un lecteur-perforateur de bandes. Dans l'exemple que nous proposons ici, les données sont stockées - pour les entrées et sorties on-line - sur une mémoire à accès direct rapide connectée directement à l'unité centrale; l'information est retransmise à partir de cette mémoire secondaire. Une des consoles à distance peut être munie d'une sortie visuelle (écran cathodique). Pour le terminal off-line, les entrées-sorties se font par l'intermédiaire du lecteur-perforateur de bandes. Les problèmes propres à la transmission à distance sont évidemment les mêmes que ceux évoqués en traitant des systèmes de télétraitement off-line. En sortie, on dispose également d'une imprimante locale. Enfin, en entrée, un lecteur de cartes peut se charger de l'introduction de certains travaux et surtout des cartes de commande provoquant l'enchaînement des programmes.

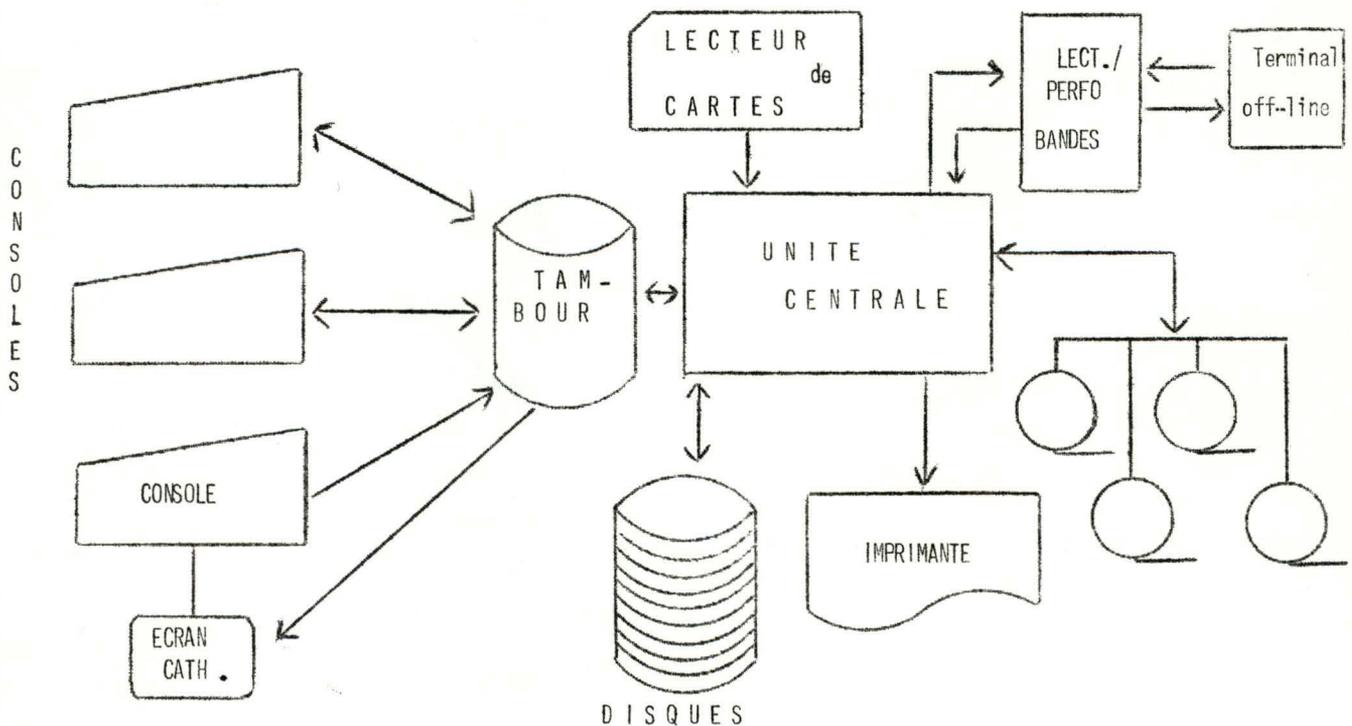


Fig. 3.6. Configuration d'un système en on-line et "remote batch processing".

Le sous-système des mémoires secondaires comprend, outre la mémoire intermédiaire ou d'instance (où se trouvent les programmes en attente de traitement) que constitue sur le schéma le tambour, une mémoire-archive (ici l'unité de disques), contenant la bibliothèque des programmes; les fichiers des utilisateurs peuvent être stockés soit sur disques, soit sur tambour. La capacité de ces mémoires est relativement considérable (1). La mémoire centrale est normalement d'une capacité supérieure à 32K; elle doit en effet pouvoir contenir, outre le programme superviseur, le programme de gestion des entrées-sorties et le programme utilisateur.

On pourra se faire une idée plus précise de ce que requiert effectivement une telle configuration, par la description de deux types d'équipement Bull-GE, permettant, il est vrai, plusieurs modes d'exploitation.

Une configuration minimale, pour la série GE-600, en vue d'effectuer la collecte des données en on-line, du time-sharing et du "remote batch processing" comprend : une mémoire centrale de 64K mots, une unité de disques de 23 millions de caractères, 1 tambour de 750.000 mots, un lecteur-perforateur de cartes, 1 imprimante et 6 dérouleurs de bandes (d'une densité de 800 bits/inch).

Un type de GE-400 pouvant fonctionner en time-sharing, télétraitement et "remote batch processing" (avec comme contraintes, pour le time-sharing, un maximum de 30 utilisateurs et un partage de temps ne pouvant s'effectuer qu'à des heures déterminées), comprend une unité centrale de 48K mots, une unité de disques de 30 millions de caractères et un matériel périphérique semblable à celui de la configuration précédente. Certains problèmes peuvent se poser au point

-----

(1) Parmi les tambours, le Fastrand II (Univac) a une capacité de 132 millions de caractères, et une unité de disques du type 1302/2 (IMB 360) a une capacité de 176 millions de caractères.

de vue software, pour les différents types de systèmes travaillant en on-line : les questions de compatibilité entre périphériques et unité centrale sont pensées et résolues différemment selon les constructeurs, ce qui engendre un manque d'homogénéité qui peut donner parfois lieu à des difficultés pratiques.

Dans la configuration on-line que nous examinons au cours de cette section, le traitement des données est donc séquentiel, en mode indirect (1). Cela signifie que préalablement au traitement, il y a regroupement des données sur le tambour, de façon à pouvoir traiter des lots de données homogènes (aux points de vue des travaux ou des utilisateurs) et successifs.

L'enchaînement des travaux à effectuer est réalisé automatiquement par un système superviseur (2), dont il nous faut préciser le fonctionnement : un dispositif de priorité automatique interrompt (3) le traitement dès qu'une des unités périphériques est inoccupée; à ce moment, la situation est analysée par un sous-programme du superviseur, la routine de priorité qui, une fois examinée l'origine de l'interruption, provoque un saut vers la routine asynchrone convenant à l'interruption; dès la fin de ce traitement il y a renvoi automatique à la routine de priorité. Lorsqu'on aura traité toutes les interruptions en attente, la routine de priorité effectuera la reprise du programme utilisateur là où il avait été interrompu.

En outre, en vue de dégager le traitement du fonctionnement cyclique des unités d'entrée-sortie, on prévoit, par fichier,

- :
- (1) Un traitement direct est également possible : cf. les systèmes en partage de temps et en temps réel.
  - (2) Appelé par BERNARD "moniteur résident" : PP. 397-404.
  - (3) Cette interruption est asynchrone, car indépendante du déroulement du programme utilisateur. Voir BERNARD, id. Pour les routines synchrones, voir surtout PP. 400-402.

deux zones de lecture en mémoire, l'une étant en traitement pendant que l'autre reçoit des données : quand le contenu d'une zone a été traité par le programme utilisateur, la zone est considérée comme vide; à chaque interruption, une routine de priorité parcourt la chaîne des zones vides et la première dont le périphérique est inoccupé sera mise en lecture; en fin de lecture, la routine de priorité rattachera la zone à la chaîne des zones pleines du fichier en question, avant que l'on ne passe au traitement. La routine de priorité vise ainsi au maintien du plus grand nombre possible de zones de lecture garnies, en attente de traitement, ce qui évitera toute attente quand le traitement réclamera un nouvel enregistrement.

Enfin, entre deux programmes, un "moniteur de transition" (1) est chargé en mémoire par le superviseur pour lire les cartes de commande (établissant une correspondance entre les fichiers du programme et les unités périphériques disponibles), les interpréter et localiser dans la bibliothèque les programmes appelés.

Signalons aussi brièvement les caractéristiques propres aux mémoires à accès direct utilisées dans ce système: les tambours et disques magnétiques. Leur grand avantage est la possibilité d'accéder directement n'importe quand à toute partie d'un fichier. Une exploitation efficace requiert cependant un choix judicieux parmi les différents procédés possibles (2), ce qui n'est pas toujours aisé; en outre, un fichier sur disques risque une dégradation accidentelle (incidents mécaniques, erreurs de programmes); le temps d'accès est relativement long : 35 ms. pour le Fastrand II et 165 ms. pour le 1302/2. Le maintien d'un fichier en ordre est malaisé sur disques, quand il s'agit de lui adjoindre des articles. En fait, bien qu'il permette d'éviter de nombreuses opérations de tri et d'interclasse-

-----  
 (1) BERNARD : P. 404-406.

(2) BERNARD examine différentes méthodes : PP. 226-285.

ment, l'accès direct peut être remplacé en partie par une suite d'accès séquentiels.

Au point de vue modalités de réaction du système, le temps de réponse dans un système en on-line fonctionnant en traitement séquentiel en mode indirect est généralement de l'ordre de l'heure : l'ensemble des travaux à réaliser est découpé en tranches ou "trains moniteur" (1) dont l'exécution peut demander une (ou plusieurs) heure(s)-machine, et les résultats ne sont diffusés qu'à la fin du train de traitement. Il y a toutefois suppression des temps morts dus aux changements de programmes en monoprogrammation en mode direct (2).

On peut donc dire que le type de système décrit ici se situe entre un traitement en off-line et les procédures plus évoluées en partage de temps et en temps réel. En effet, étant donné la liaison directe de la périphérie à l'unité centrale, on supprime les délais, souvent relativement longs, existant entre la saisie et le traitement des données; toutefois, l'obtention des résultats n'est pas immédiate, mais différée, étant donné qu'il faut attendre la fin du traitement d'un groupe de travaux avant d'obtenir la réponse.

Outre les contrôles habituels des unités d'entrée-sortie, il y a le contrôle des mémoires à fichiers permanents (disques) : si l'on utilise un contrôle de parité, l'erreur se détecte à la première lecture de l'information consécutive à cette erreur; or, dans les fichiers permanents, cette lecture ne survient qu'après un certain délai et il peut devenir difficile de corriger une information erronée. C'est pourquoi la lecture, sur disques, se fait au moyen de la

-----

- (1) BOLLIET, L. : "Utilisation des ordinateurs à distance en temps réel et en temps partagé", Dunod, Paris, 1967, P. 3.
- (2) Dans ce mode, chaque utilisateur occupe l'ordinateur à tour de rôle réalisant lui-même la mise au point et l'exécution de ses programmes.

tête d'écriture.

On peut insérer dans le programme une séquence de réparation automatique des incidents par positionnement d'un signal que le programme doit tester à chaque recopie dès qu'il y a détection d'erreur et par déroulement du sous-programme correspondant. Le contrôle sur disques concerne aussi les erreurs de programme à la suite desquelles une recopie est faite à une fausse adresse : le programme risque alors d'implanter l'information au milieu des articles d'un fichier permanent, ce qui détruit des enregistrements très difficiles à reconstituer.

Etant à tout moment disponible, le fichier peut toujours être victime d'une telle erreur de programmation. Il faut dès lors mettre en place des verrous garantissant l'intégrité des fichiers pendant les travaux qui ne les concernent pas. La méthode la plus simple consiste à réserver, en une même place dans tous les enregistrements, un code fichier identifiant le numéro du fichier auquel appartient l'article, ce qui implique :

- a) lecture, avant toute recopie vers les disques, de l'emplacement vers où se fera la recopie;
- b) vérification de l'affectation de l'emplacement au fichier sur lequel on travaille;
- c) arrêt de la machine si le résultat est négatif;
- d) écriture sur disques uniquement si le résultat est positif.

Une autre méthode, la clé d'adresse, consiste à recopier dans chaque enregistrement le reste de la division de l'adresse par le code fichier; la valeur de cette clé dépend donc à la fois de l'adresse de l'enregistrement et du numéro du fichier auquel il appartient. On contrôle ainsi d'une part l'existence d'erreurs dans le programme et, d'autre part, la correction du positionnement du mécanisme de lecture de la machine.

Appliqué à la gestion des stocks, ce type de système on-line réalise certaines améliorations au point de vue temps de réponse et donc fréquence possible de traitement. A partir des différents magasins de l'entreprise ou des sièges des filiales, les données concernant les demandes des clients et les mouvements des stocks sont transmises (1) au centre de traitement et enregistrées, dans l'ordre de leur arrivée, sur une mémoire secondaire à accès direct (par exemple un tambour magnétique); on détermine alors par programmation un groupe de traitements; l'ensemble des informations au sujet du niveau des stocks, des commandes à effectuer, etc ... est, en fin de traitement, diffusé vers les différents magasins, où les décisions correspondantes devront être prises.

Cette centralisation du traitement comprend donc un enchaînement plus rapide de l'ensemble du processus de traitement, avec suppression des délais dus soit au défaut d'automaticité des liaisons entre unités de saisie et d'entrée-sortie et l'unité centrale, soit aux opérations préalables au traitement (tri, interclassement), grâce aux mémoires à accès direct.

En effet, étant donné qu'il y a accès direct, "... l'opération de tri n'est plus indispensable et ... à l'enregistrement à modifier vient se substituer, à la même place, le nouvel enregistrement modifié. Enfin, l'accès direct permet d'éviter la lecture systématique de tous les enregistrements. Mais la différence pour l'utilisateur n'est pas essentielle tant que la mise à jour reste périodique, c'est-à-dire que l'on continue à travailler par lots."(2) Il est également possible dans ce type de système d'extraire, à la demande, les différentes informations qu'on désire obtenir; mais puisque le traitement s'effectue encore de façon périodique, l'information voulue risque de ne pas être parfaitement à jour, vu que des

(1) Par exemple à heure fixe, tous les deux jours.

(2) BAUVIN, G. : PP. 147-148.

variations ont pu se produire entre deux traitement consécutifs.

Cependant, la fréquence accrue de traitement permet déjà une prise de décision plus appropriée, car on suit déjà de plus près (par exemple de 2 jours en 2 jours) l'état des stocks en chaque magasin; ainsi, à la centralisation du traitement correspond une décentralisation de la gestion, celle-ci étant aux mains des responsables locaux.

#### 3.4 LES SYSTEMES EN PARTAGE DE TEMPS.

En nous plaçant au point de vue des liaisons entre les utilisateurs et le système de traitement électronique de l'information, nous pouvons distinguer essentiellement quatre types principaux de systèmes en partage de temps (1), que nous étudions dans les sections qui suivent (2). Dans la description de chaque système, nous insisterons sur telle ou telle particularité technique ou élément du "software", qui apparaît plus important pour ce système que pour les autres.

- 
- (1) Techniquement, le "partage de temps" est déterminé par une horloge, mesurant les quanta de temps accordés à chaque programme utilisateur; une fois le quantum épuisé, le contrôle est automatiquement passé à un autre programme.
- (2) Nous ne reviendront pas, dans ces sections, sur les problèmes de contrôles d'erreur pour les bandes magnétiques, mémoires à accès direct et systèmes de transmission, déjà traités auparavant. En outre, les trois premiers systèmes sont à processeur unique, le dernier étant un système multiprocesseur.

### 3.4.1 Exploitation par fournées.

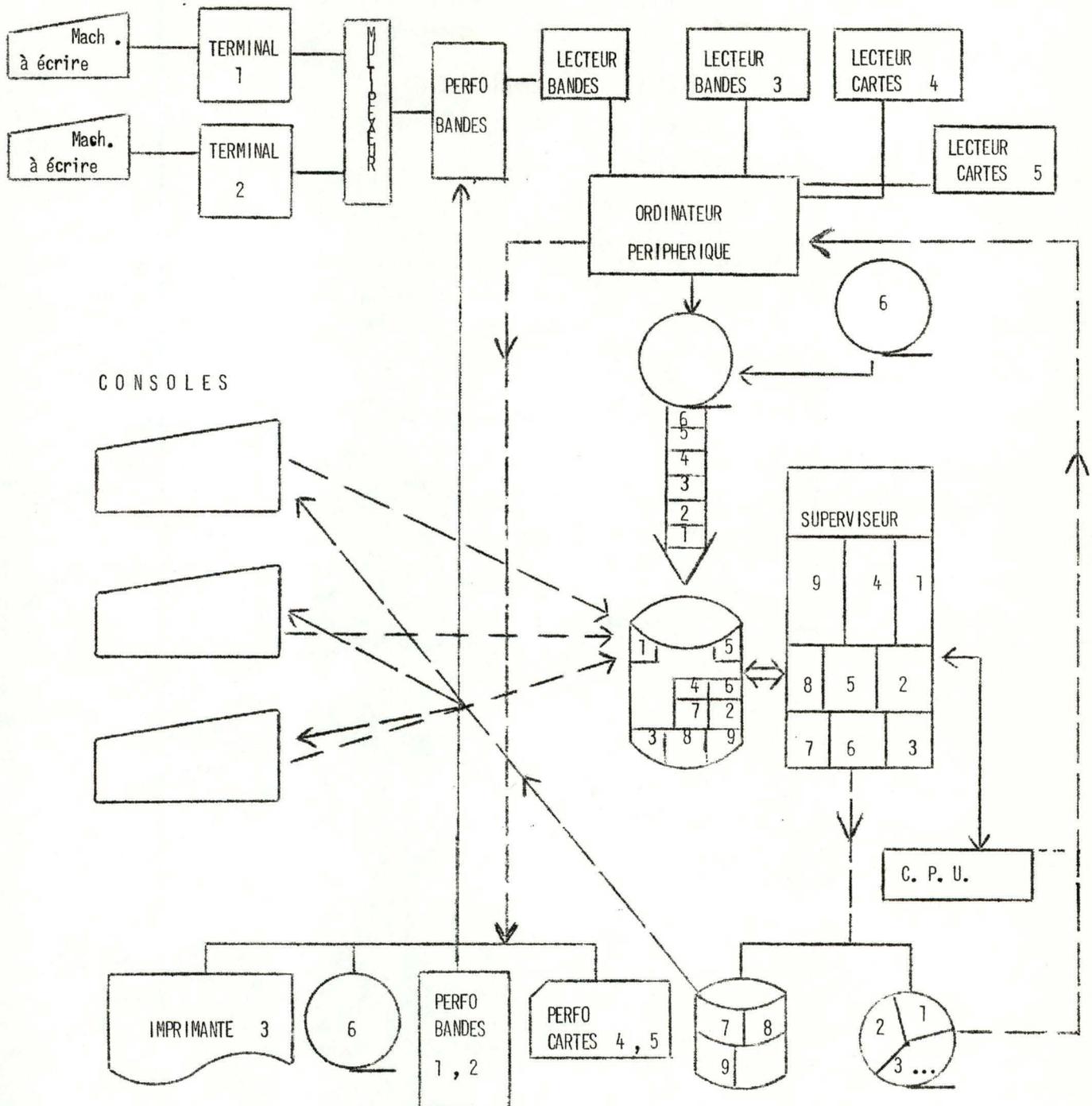


Fig. 3.7. Système en partage de temps, type "exploitation par fournées."

Le sous-système d'entrée-sortie comprend essentiellement deux types d'éléments dans ce système. D'une part, ceux qui ne

donnent pas d'accès direct à l'unité centrale et font partie du "batch processing" classique (1) : leur fonctionnement est géré par un petit ordinateur périphérique; les unités d'entrée y sont diverses: lecteurs de cartes et bandes perforées, bande magnétique et terminaux à distance; l'ensemble des travaux en entrée est chargé à heure fixe, par fournées, sur une bande magnétique qui constitue l'entrée directe dans le système et est vidée sur une mémoire secondaire (disques) en attente de traitement. D'autre part, des consoles à distance permettent une entrée directe dans le système, avec enregistrement sur disques magnétiques (2).

En accord avec ces deux types d'entrées, l'une en off-line, l'autre en on-line, nous avons deux types de sorties :

- L'un en off-line, pour le "batch processing" classique, comprend l'enregistrement des résultats sur bande magnétique; à la fin du traitement de la fournée de programmes, l'ordinateur périphérique se charge de la répartition de l'information sur bande perforée, bande magnétique, imprimante ou carte perforée, avec retransmission éventuelle à distance.
- La sortie on-line se fait par retransmission directe des résultats à partir d'une mémoire à accès direct fonctionnant comme mémoire auxiliaire de sortie (3).

- 
- (1) C'est cette forme de multiprogrammation où les programmes sont traités l'un après l'autre, avec passage de contrôle d'un programme non encore terminé au suivant uniquement en cas d'interruption naturelle.
  - (2) Bien que ne figurant pas dans notre schéma, les canaux jouent un rôle important en time-sharing : canaux d'entrée-sortie, de mémoires secondaires; ils servent à compenser les différences de vitesse des équipements et à permettre les opérations asynchrones: cf. ZIEGLER, PP.105, 130-131.
  - (3) La gestion de la file d'attente des E/S se fait ici selon le principe FIFO (first input, first output), corrigé par la priorité associée aux traitements des E/S on-line, qui l'emportent sur les traitements en "batch-processing" classique, bien qu'entre eux ils soient soumis au FIFO.

Il nous faut évoquer brièvement ici ce que l'on entend par "système d'exploitation" ("operating system"). Le système d'exploitation qui recouvre, pour les ordinateurs de la troisième génération, le "software" traditionnel, comprend : la gestion des données, la gestion des travaux, les langages, les programmes de service et les programmes de l'utilisateur. Le noyau du système d'exploitation est constitué par " ... l'ensemble des informations de programme qui doivent demeurer en permanence dans la mémoire centrale" (1); les programmes d'exploitation étant souvent trop vastes, leurs segments non directement utilisés se trouvent en attente sur mémoire secondaire.

Le système superviseur, déjà évoqué plus haut (2) est un élément fondamental du système d'exploitation. On lui reconnaît quatre fonctions essentielles : la gestion des interruptions, la prise des dispositions requises suite à l'analyse des interruptions, la prise en charge des entrées-sorties, la distribution des tâches en multiprogrammation. Finalement : "Le superviseur apparaît comme un sous-programme de programme utilisateur sans lequel il aurait fallu rédiger entièrement toutes les routines qu'il convient" (3).

Le sous-système constitué par l'unité de traitement elle-même comprend en mémoire centrale, outre le superviseur, les différents travaux effectués en multiprogrammation. Il en découle plusieurs exigences techniques (4). Le cycle moyen de la mémoire centrale est est de l'ordre de 2 à 5  $\mu$  secondes et sa capacité supérieure

---

(1) BAUVIN, G. : P. 106.

(2) Voir P. 57

(3) BAUVIN, P. 110; voir PP. 108-114 le fonctionnement détaillé du superviseur.

(4) Les caractéristiques sont reprises de BERTIN, RITOUT, ROUGIER : PP. 25-27.

à 32K (1). Les mémoires secondaires sont surtout de deux types (2) aux caractéristiques légèrement différentes :

- a) tambour magnétique : temps d'accès moyen : 7 à 17  $\mu$  secondes; débit : 30 à 500K caractères/seconde; capacité : de 500 à 2000K caractères;
- b) disque magnétique : temps d'accès moyen : 50 à 200  $\mu$  secondes, débit : de 20 à 50K caractères/seconde; capacité : 50 millions à 200 millions de caractères.

On trouve généralement, en mémoire centrale, outre le programme en cours de traitement, le programme superviseur, noyau du système d'exploitation (3) On répartit alors :

- a) dans une mémoire secondaire à débit rapide (un tambour ou des disques rapides) les programmes des utilisateurs ayant un travail en cours, mais momentanément non traité, la bibliothèque des programmes généraux et les parties du programme d'exploitation non utilisées;
- b) dans une mémoire secondaire à très grande capacité (disques ou feuillets) les bibliothèques propres des utilisateurs et les programmes généraux les moins utilisés. Il est donc indispensable d'avoir des mémoires secondaires de grande capacité (car on doit également pouvoir y stocker fichiers et données) et à accès aisé et relativement rapide, étant donné le danger de constitution de goulots d'étranglement.

- 
- (1) Selon ZIEGLER, les exigences à poser au sujet des mémoires dépendent de 4 facteurs : volume d'information à stocker, niveau d'emploi de cette information stockée, vitesse de la mémoire et coût de l'équipement, surtout par rapport aux performances : ZIEGLER, P. 119.
  - (2) Les bandes magnétiques servent rarement de mémoire d'instance, sauf pour des programmes et données dont l'activité est faible, mais surtout comme accumulateurs de données et programmes en E/S.
  - (3) Dans le système de type "question-réponse", la mémoire centrale contient également le dernier message reçu de chaque utilisateur et la réponse à transmettre.

Par ailleurs, le fait de la multiprogrammation pose plusieurs problèmes au niveau de la mémoire centrale. Il s'agit d'une part d'appliquer un procédé de protection mémoire visant à empêcher les différents programmes d'empiéter les uns sur les autres, au risque de se détruire mutuellement. On peut employer une protection par clé (1) : la mémoire centrale est divisée en blocs de 2048 octets associés chacun à une clé de mémoire de 4 bits; chaque fois qu'une instruction comporte une mise en mémoire centrale, la clé de protection figurant dans le mot d'état de programme (2) est comparée à la clé de mémoire du bloc intéressé; s'il y a incompatibilité, l'opération de traitement n'est pas exécutée et une interruption vient modifier le déroulement du programme, en laissant inchangé le contenu de la position de mémoire protégée.

En outre, dans ce système de traitement par fournées, le rôle des interruptions et des priorités est très important. Les interruptions principales sont :

- les interruptions d'entrée-sortie : interruption de traitement dès qu'une unité d'entrée-sortie est disponible pour commande d'une nouvelle opération, où dès qu'un programme requiert un recours à des données ou sous-programmes se trouvant en mémoire secondaire, en vue de commander leur recherche et transfert;
- l'interruption horloge : elle interrompt le traitement d'un programme pour passer le contrôle à un autre programme, à intervalles fixes;
- l'interruption opérateur : interruption manuelle à partir du pupitre de commande du système;

-----

(1) Tel est le cas dans la série IBM 360. Cf. BLAAUW, G.A. and BROOKS, F.P. : "The Structure of System / 360. Part I. Outline of the logical Structure", in "IBM Systems Journal", Vol. 3, n° 2, 1964, P. 131.

(2) Il s'agit d'un double mot de 64 bits contenant les informations requises pour la bonne exécution d'un programme donné.

- l'interruption erreur.

On associe aux interruptions la notion de priorité programmée (1), par groupage des interruptions en "classes", chacune ayant un sous-programme de traitement spécifique et recevant un bit dans un registre RC et un registre masque RM modifiable par programme; à chaque origine possible d'interruption est affecté un bit d'un registre RI. Ceci vise à rendre certaines classes d'interruption inopérantes par positionnement du superviseur, grâce au registre masque. On empêche ainsi que le déroulement du sous-programme d'une certaine classe d'interruption soit lui-même interrompu. Dès lors, quand, inversement, une classe i peut interrompre le sous-programme d'une classe j (et non vice-versa), i est prioritaire par rapport à j. Si, dans notre système, on privilégie les traitements en on-line, on programme une priorité associée à la classe d'interruption des entrées-sorties on-line, de sorte que celle-ci puisse interrompre le déroulement des autres classes d'entrées-sorties et être traitée avant elles.

Au point de vue fiabilité du système, on peut compter sur les différentes procédures de contrôle propres à chaque unité et sur les interruptions générées par les erreurs; en outre, pour éviter des surcharges, un compteur de blocs disponibles en mémoire centrale provoque le blocage des entrées et des lignes de transmission s'il y a risque de dépassement de capacité; un système de régulation des lignes de transmission limite le nombre de messages que le processeur aura à traiter à la fois. Le nombre restreint de manipulations manuelles réduit très fortement les possibilités d'erreurs. Enfin, si le "batch processing" classique n'assure qu'à heures fixes l'entrée des

-----  
 (1) Ce type de priorité, souple parce que modifiable par programmation, est associé aux différents systèmes de traitement de l'information en partage de temps. Voir BERTIN, RITOUT, ROUGIER : PP. 46-47.

données et la sortie des informations, la priorité accordée aux consoles on-line fournit assez rapidement les informations voulues à ce type d'utilisateurs.

### 3.4.2 Système question - réponse.

Dans ce type de systèmes, il y a également deux genres d'entrées-sorties : d'une part, des consoles à distance connectées directement à une mémoire secondaire à accès direct qui constitue une mémoire d'instance regroupant l'ensemble des questions en attente de traitement; d'autre part, il y a une bande magnétique collectant des tâches de routine non urgentes, formant le "travail de fond" de l'ordinateur, selon le procédé de "batch processing" classique.

ENTREES A DISTANCE :

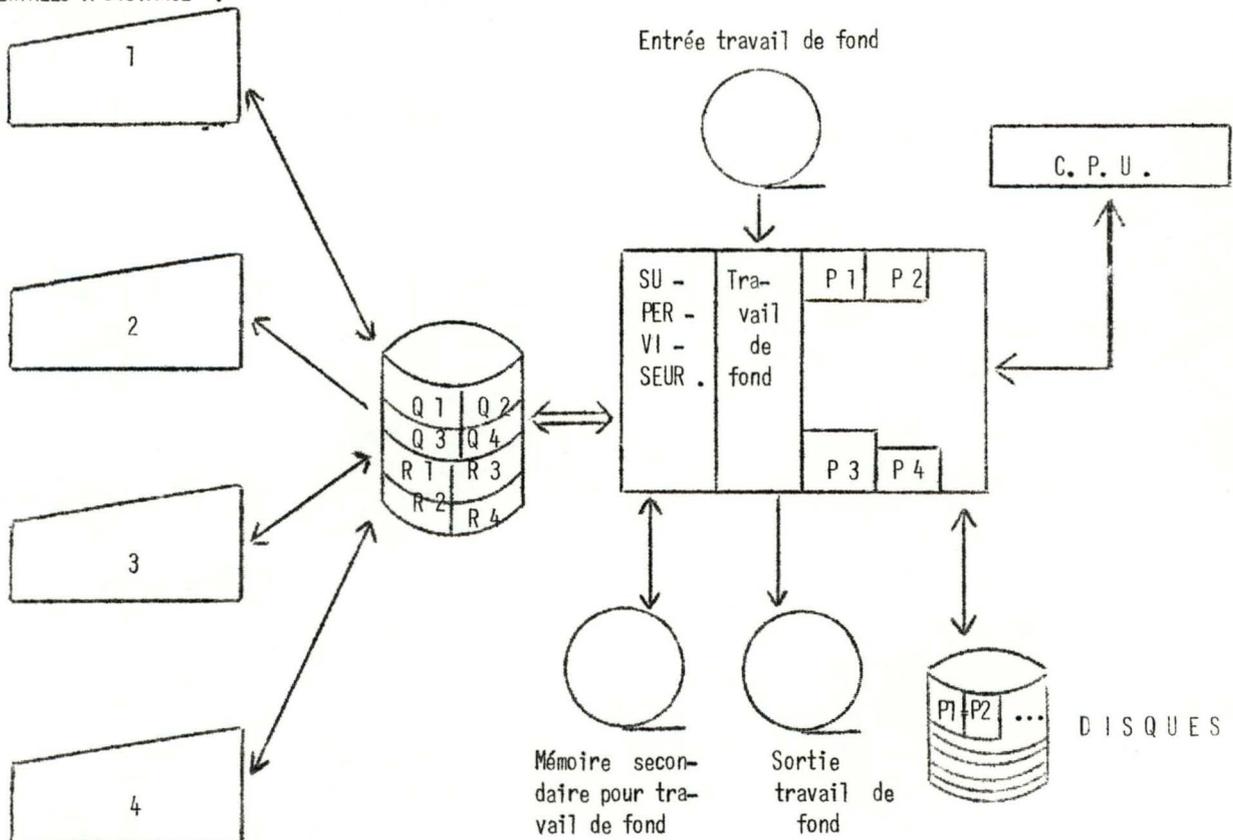


Fig. 3.8. Système en partage de temps, type "question - réponse".

L'unité de traitement effectue normalement les travaux de routine, mais le système de priorité est programmé de façon à engendrer une interruption dès l'arrivée d'un message à distance : le contrôle est passé à ce message -une question codée Qi- auquel correspondent des programmes particuliers stockés sous forme de bibliothèque de programmes sur une mémoire secondaire à disques, généralement utilisée dans les autres systèmes pour conserver pendant un certain temps les fichiers des utilisateurs. Or, ici, par opposition au premier système, l'utilisateur n'élabore pas lui-même ses programmes : il se contente d'interroger l'ordinateur, qui dispose de l'ensemble de programmes rigoureusement déterminés, dont nous venons de parler, et que l'utilisateur ne peut modifier. Il faudra généralement un certain temps de recherche sur disques pour trouver le programme-réponse : pendant ce temps, le travail de fond peut être continué ; une fois la recherche terminée, une nouvelle interruption provoquera l'exécution du programme voulu et la réponse sera retransmise vers les consoles par l'intermédiaire de la mémoire d'instance. Si la capacité de la mémoire de travail n'est pas suffisante, tout ou partie du travail de fond peut être stocké sur bande magnétique pendant le traitement de la réponse. Pour éviter des passages trop fréquents ou trop rares au travail de fond, on peut lui accorder un quantum de temps minimum pendant lequel il ne pourra être interrompu par la réponse à une question, de façon à assurer une gestion relativement efficace du système.

### 3.4.3. Système en mode conversationnel.

Dans ce système, un nombre restreint d'utilisateurs ont un accès direct à la machine à partir de consoles, à distance ou non. Ce mode de temps partagé implique de fréquents arrêts de programme, le système étant chaque fois en attente de réponse ou de décision de la part de l'utilisateur ; il y a donc un grand nombre d'opérations en sortie sur le poste utilisateur, avec réponses subséquentes permettant de reprendre le programme suspendu. Les fichiers des utilisateurs

sont stockés sur des mémoires secondaires à accès direct (disques, tambours), avec possibilité d'appel par le nom de l'utilisateur; la séparation des fichiers est assurée par des protections. Les utilisateurs disposent d'un langage conversationnel, c'est-à-dire compilable instruction par instruction et permettant la lecture et l'écriture des messages sur la console.

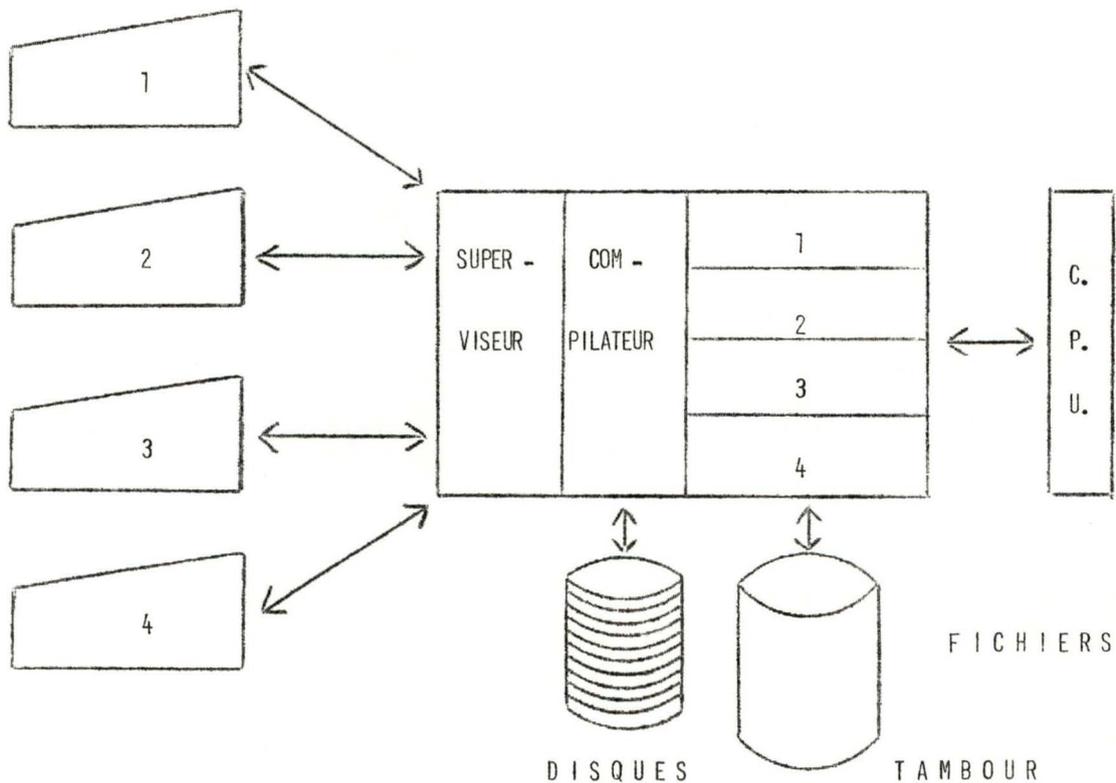


Fig. 3.9. Système en partage de temps, type "conversationnel".

Le langage conversationnel permet :

- 1) l'exécution contrôlée d'un programme, c'est-à-dire que l'utilisateur peut faire exécuter la partie déjà écrite de son programme, pour contrôler sa correction;
- 2) de suivre l'évolution d'une variable en commandant son impression systématique;

3) la détection des erreurs-programme, signalée aussitôt sur la console;

4) une correction aisée et immédiate des programmes (1).

En vue d'obtenir un temps de réponse suffisamment faible pour permettre la conversation, compilateur et programmes des utilisateurs restent en permanence en mémoire, où des zones leur sont attribuées (2).

Il n'est cependant pas toujours possible d'avoir simultanément en mémoire les programmes de tous les utilisateurs : on peut, à ce moment, translater (3) les programmes, c'est-à-dire transférer le nouveau programme d'une mémoire secondaire vers sa zone d'implantation en mémoire centrale et placer le programme qui s'y trouvait en mémoire secondaire, ce qui est un système rigide et coûteux; on peut lui préférer une relocation visant à permettre le déroulement du programme, quel que soit son emplacement en mémoire centrale, grâce à un programme faisant partie du chargeur et tenant compte des zones libres de la mémoire. En outre, une régulation des échanges entre mémoire centrale et mémoires secondaires est particulièrement importante, car des échanges trop fréquents peuvent nuire au rendement global du système. Si l'on veut éviter que des programmes coûteux en temps d'échange ne soient fréquemment manipulés, on peut leur allouer

- 
- (1) Ce langage conversationnel comprend à la fois un langage de base (instructions en Fortran ou Algol) et un langage de commande servant au dialogue proprement dit et permettant la commande des opérations que nous venons de citer.
  - (2) Au sujet des programmes conversationnels, voir ARSAC, J. : "Les systèmes de conduite des ordinateurs", Dunod, Paris, 1968, PP. 240-244.
  - (3) Plus généralement, la translation (ou "swapping" en anglais) est l'appel en mémoire centrale, par le programme en exécution, d'autres programmes ou sous-programmes stockés dans les mémoires périphériques; après emploi, ces programmes seront renvoyés en mémoire secondaire. Voir à ce sujet ZIEGLER, P. 104. Pour une description des différents états des programmes (inactifs, en attente, en suspension, courants) et des transitions possibles entre ces états, voir ARSAC, J. : PP. 219-225.

des quanta de temps plus élevés, avec le risque de les voir bloqués sur une attente de transfert de mémoire secondaire ou d'entrée-sortie.

La relocation est intéressante, car elle permet l'utilisation optimale de la capacité de la mémoire centrale; on peut aussi exécuter un fragment de programme, sans que les autres ne se trouvent en mémoire centrale : une interruption "fragment manquant" provoquera un appel au superviseur qui chargera le fragment et reprendra le programme interrompu. Une autre possibilité est que tout appel de la part du fragment traité à un autre fragment provoque une interruption de violation de la protection mémoire : le sous-programme correspondant devra vérifier si la zone mémoire concernée peut être adressée, et l'on traitera l'interruption comme une interruption "fragment manquant".

L'avantage de ce système est évidemment de permettre un véritable dialogue homme-machine, avec réponse différée; deux modes sont possibles : le mode "maître" où l'homme a l'initiative du dialogue (en faisant par exemple varier les paramètres d'une réponse), et le mode "esclave" où l'initiative revient à la machine (les données en provenance de l'utilisateur n'étant par exemple que des réponses à des demandes formulées par la machine). Cette procédure permet une très grande souplesse dans la relation entre l'utilisateur et le système de traitement de l'information.

#### 3.4.4. Système de type universel à deux processeurs.

Le système travaille en multiprocessing avec deux processeurs interconnectés (1).

-----  
 (1) Ici les deux processeurs disposent chacun d'une mémoire centrale; mais, par la connexion entre les deux systèmes, les mémoires deviennent en fait communes aux deux processeurs.

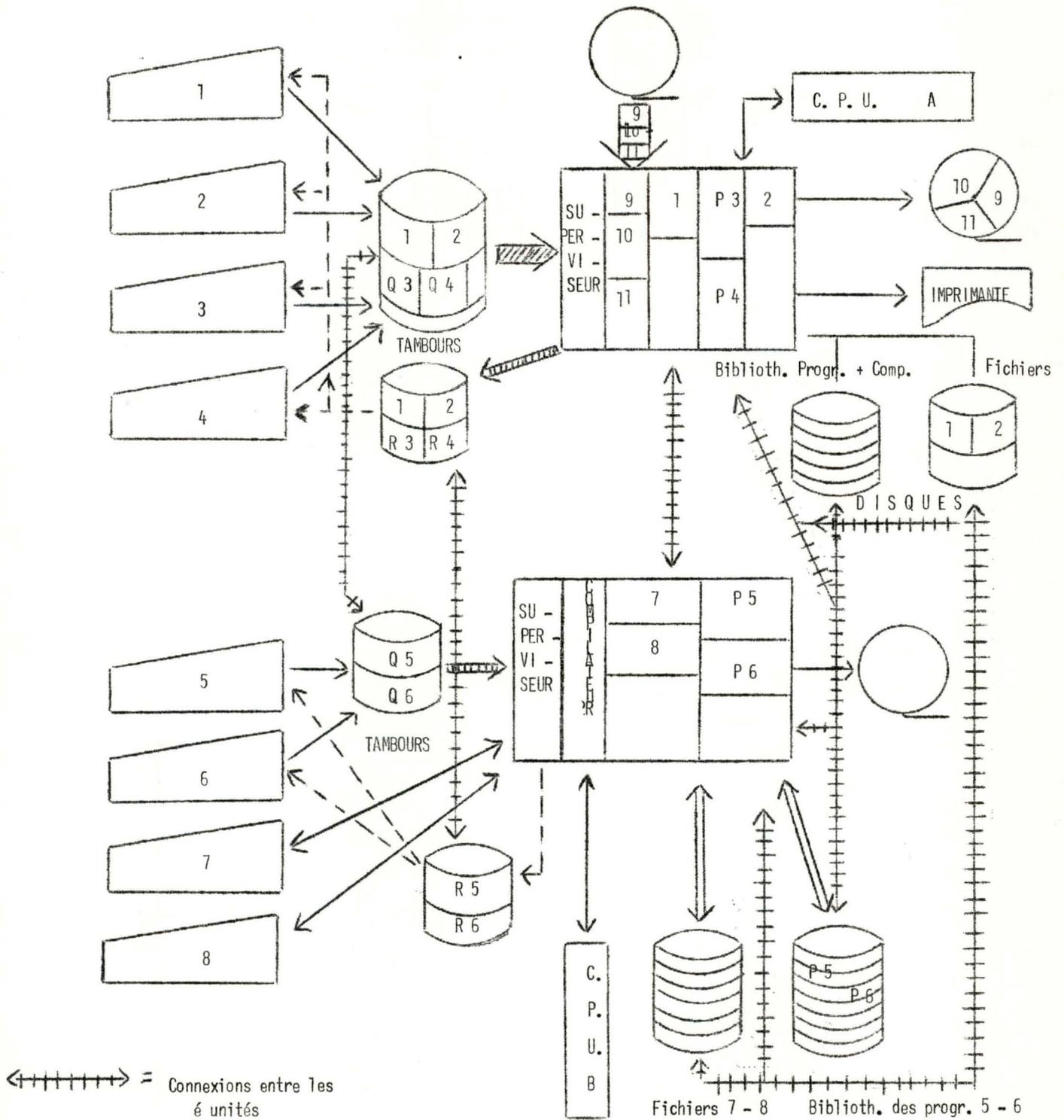


Fig. 3.10. Système en partage de temps, de type "universel".

L'unité A traite dans le cas présent des travaux de fond en off-line (9, 10, 11), des travaux en "remote batch processing" (1, 2) et du type question-réponse (3, 4). Les priorités sont programmées de façon à assurer l'ordre préférentiel de traitement suivant :

- 1°) problèmes du type question-réponse
- 2°) travaux en "remote batch processing"
- 3°) travaux de fond.

Les entrées sont assurées par tambour et bande magnétique, les sorties effectuées sur tambour, bande magnétique, imprimante. En outre, les unités de disques font office de mémoire d'instance; la bibliothèque des programmes-réponse, le compilateur "standby" et les fichiers des utilisateurs (1, 2) sont stockés sur disques magnétiques.

L'unité B traite en mode question-réponse (5,6) et conversationnel (7, 8) à distance, avec superviseur et compilateur en permanence en mémoire centrale; les priorités sont programmées en faveur des travaux en mode conversationnel. Les entrées, à partir des consoles à distance, sont soit directes (7, 8), soit enregistrées sur tambour (5, 6) fonctionnant comme mémoire d'instance. La sortie est directe ou s'effectue par disques avec, en réserve, une sortie sur bande magnétique. Enfin, des mémoires périphériques à accès direct contiennent les fichiers et la bibliothèque des programmes-réponse. Les connexions sont doublées de façon à permettre à chaque unité de fonctionner en liaison avec l'ensemble des utilisateurs en cas de panne de l'autre unité. Aucun élément n'est plus indispensable, ce qui assure la grande sécurité de ce système et son avantage incontestable sur les systèmes mono-processeurs en cas de panne-machine. En outre, s'il y a goulot d'étranglement sur un processeur, les travaux en attente peuvent être exécutés sur l'autre (si la charge de celui-ci est plus faible), ce qui permet une meilleure régulation du fonctionnement de l'ensemble du système.

Etant donné la complexité du système fonctionnant en

mode universel, les techniques de pagination et de segmentation peuvent s'y appliquer le mieux.

La pagination consiste à diviser les mémoires (secondaires et centrale) en blocs, par exemple de 256 ou 1024 mots, appelés "pages", à chacune desquelles est affecté un numéro, ce qui met à la disposition de chaque utilisateur un certain potentiel de mémoire, la "mémoire virtuelle" (1). Le superviseur veille au découpage des programmes en pages et à la gestion de ces pages en vue d'une utilisation optimale des possibilités du système. Dès lors, chaque instruction d'un programme a deux adresses : l'une, contenue dans le programme et faisant partie de l'espace adresse de l'utilisateur, l'autre étant l'adresse physique où se trouve l'instruction; ce sont des dispositifs techniques de pagination qui effectuent, en vue du bon déroulement du programme, la conversion de la première en la deuxième adresse. (2)

La segmentation permet le repérage des données et instructions par rapport à l'origine d'un segment (3) : l'ensemble du numéro du segment et de l'adresse au sein du segment constitue l'adresse virtuelle des données ou instructions; on pourra passer de cette adresse virtuelle à l'adresse réelle. A cet effet, une clé est affectée à chaque segment du programme, leur ensemble formant une

- 
- (1) La mémoire virtuelle est constituée de segments divisés en pages; il y correspond physiquement un ensemble hétérogène d'emplacements dans les différents niveaux de la mémoire, centrale et secondaire. On appelle espace d'adresse d'un utilisateur l'ensemble des adresses correspondant à la mémoire virtuelle dont dispose l'utilisateur. Pour la pagination et la segmentation, on peut consulter ARSAC, J. : PP. 256-262.
  - (2) Pour la pagination à un ou plusieurs niveaux, voir BERTIN, RITOUT, ROUGIER : PP. 59-62.
  - (3) Le segment est un "ensemble de données ou de programmes situés dans l'espace d'adresse, pagé ou non pagé, affecté à un utilisateur", BERTIN, RITOUT, ROUGIER : P. 62.

table des segments grâce à laquelle il est possible de passer d'un type d'adresse à l'autre (1).

Un autre problème qui se pose ici de façon plus aigüe est celui de l'ordonnancement des travaux : il s'agit en effet d'optimiser le rendement du système de façon que chaque utilisateur ait l'impression d'être seul à travailler sur la machine. Ainsi, au début de chaque période de temps allouée aux différents travaux, la tâche du programme d'ordonnancement est d'examiner les nouvelles demandes, de déterminer pour chaque travail le moment et l'unité de traitement pour l'exécution (2), ainsi que le traitement à effectuer pendant la période suivante. On a pu établir une formule déterminant le niveau de priorité  $l$  :  $l = \left[ \log_2 \left( \frac{W_p}{W_q} + 1 \right) \right]$  (3), avec :

$W_p$  = nombre de mots du programme

$W_q$  = nombre de mots qu'on peut échanger entre mémoire centrale et mémoires secondaires pendant un quantum de temps  $q$ , le temps maximum de traitement  $T$  étant alors :  $T = (q \times 2^l)$  millisecondes ; en définitive, on fait remarquer (4) que  $T$  ne dépend que de  $W_p$ , ce qui apparaît comme une simplification du problème.

Il est en outre évident que dans un système relativement vaste comme celui-ci, le problème de la protection des fichiers doit

- 
- (1) Pour éviter un passage trop fréquent par les tables de segments ou de pages, on utilise des registres associatifs où l'on stocke les numéros des pages ou segments utilisés au cours du déroulement du programme, et l'on insère à côté des numéros l'adresse physique réelle des pages ou segments : on obtient ainsi directement cette adresse physique lors d'une opération de conversion d'adresses.
  - (2) Ceci en fonction des caractéristiques de chaque travail : encombrement en mémoire centrale, volume total, fréquence des entrées-sorties, de façon à calculer un temps estimé pouvant servir à déterminer la classe de priorité du travail.
  - (3) Cf. BERTIN, RITOUT, ROUGIER : PP. 112-113.
  - (4) BERTIN, RITOUT, ROUGIER : PP. 113.

retenir l'attention. On peut d'une part instaurer un système de contrôle en vue de réserver l'utilisation des différents fichiers à un ou plusieurs utilisateurs déterminés; d'autre part, pour les fichiers on-line (disques non amovibles, tambours), on peut instaurer une procédure de sauvegarde :

- a) journalière (on stocke sur bande magnétique tous les fichiers modifiés par l'utilisateur au cours de sa session console)
- b) hebdomadaire, consistant à sortir chaque semaine sur bande magnétique les fichiers-système (superviseur, compilateur) et les fichiers-utilisateurs, employés pendant les x dernières semaines.

Dès lors, s'il y a destruction des fichiers on-line, on peut les restituer en rechargeant les deux types de bandes que nous venons d'évoquer; en cas de simple panne de machine, on peut préférer à cette procédure coûteuse un programme de restitution des fichiers, essayant de détecter les erreurs et, si possible, de les réparer.

Enfin, un ensemble comme celui-ci, à plus d'un processeur, offre des possibilités d'extension, dans la mesure où il possède une structure modulaire (1), c'est-à-dire où il permet l'adjonction d'unités centrales, de blocs de mémoire ou de périphériques sans qu'il y ait à restructurer le système. Il faudra simplement veiller, dans ce cas, à garder un rapport équilibré entre ces différents éléments.

-----

(1) "... the next thing is to make the system as modular as possible. Then, faulty devices are more easily isolated for repair or replacement ... Modularity also has other advantages. Coupled with asynchronous operation, it makes a system much more flexible and adaptable to changing needs or availability. Thus, it becomes fairly simple to add new, higher-speed or special-purpose hardware into the system, without disrupting the basic operation or requiring extensive modifications in other associated equipment."  
 ZIEGLER : P. 106. Pour la modularité, voir aussi BLAAUW, G.A. : "The Structure of System/360. Part V - Multisystem organisation", in "IBM Systems Journal", Vol. 3, n° 2, 1964, PP. 185-186.

En conclusion, on peut émettre quelques remarques concernant d'une part les propriétés principales des systèmes en partage de temps, d'autre part, leur intérêt pour la gestion, notamment la gestion des stocks. Nous noterons tout d'abord la création d'une liaison directe entre utilisateur et système; les systèmes en partage de temps se différencient quant aux modalités de cette liaison et celle-ci apparaît le mieux dans le type conversationnel. Toutefois, si le processus présente une continuité au niveau de l'entrée dans le système, la réponse reste cependant différée et ne permet pas de feedback immédiat, si le système ne fonctionne pas en temps réel. On vise cependant à adapter le mieux possible - e.a. par un système souple de priorités programmées - le délai de réponse aux besoins de chaque utilisateur, de façon à atteindre une simultanété apparente donnant à chacun l'impression qu'il est seul à utiliser la machine. On distingue en outre, en fonction des utilisateurs, les systèmes en temps partagé internes à l'entreprise, ou différents services se partagent le temps de traitement de l'unité centrale, et les systèmes en partage de temps comprenant des utilisateurs appartenant à différentes entreprises, exploitant un système qui leur est étranger.

L'automatisation poussée de la procédure de traitement accroît la fiabilité du système, ce qui permet la diffusion d'une information précise (par détection et élimination des erreurs) dans un délai approprié à la prise de décision. Cet élément de contrôle d'erreur est important et intervient au niveau d'une analyse coût - efficacité du système : le calcul du décideur consiste à estimer si, compte tenu du coût des procédures de contrôle envisagées, le degré de précision atteint par l'information doit ou non être amélioré.

En outre, alors que les systèmes de traitement séquentiel diffusent une information statique - concernant essentiellement des états récapitulatifs, fixés à un moment déterminé du passé -, les systèmes en partage de temps sont susceptibles de fournir une

information nettement plus dynamique, c'est-à-dire suivant de plus près le processus de décision auquel elle est utile. De plus, il devient possible de se détacher de la gestion des tâches de routine, dans la mesure où celles-ci sont assurées entièrement par le système, pour se préoccuper davantage de prévisions et de gestion par exceptions (1).

Au point de vue de la gestion des stocks, il devient possible d'obtenir une information qui soit à la fois plus détaillée et plus synthétique.

Plus détaillée, en ce sens qu'il devient possible de connaître rapidement l'état de tel stock particulier ou l'évolution d'un paramètre précis de la demande.

Plus synthétique : la gestion de stocks peut s'intégrer ainsi dans la politique de production et de ventes de l'entreprise et l'on connaît ses répercussions sur la gestion financière, la trésorerie, la facturation. Il est vrai qu'il n'y a pas encore de sélection directe de l'information immédiatement utile à la prise de décision telle qu'elle est rendue possible dans un système en temps réel. Cependant, l'entreprise peut réagir rapidement à des modifications de conjoncture ou de délais de livraison, en adaptant ses approvisionnements, son point de commande pour les différents articles, etc...

En outre, à condition d'avoir des terminaux, situés là où naissent les mouvements à enregistrer (par exemple dans les différents magasins), qui communiquent aussitôt les données de base au système, on peut réaliser un inventaire - ou mise à jour - permanent. Dans ce cas, on obtient en un laps de temps réduit (l'idéal est à cet égard le temps réel), toute information requise, en étant certain

---

(1) Sans compter l'importance et l'intérêt que présente le dialogue homme-machine dans les processus de décision heuristiques par exemple.

qu'elle n'est pas déjà dépassée. Il n'y a donc plus d'obligation de grouper l'ensemble des traitements relatifs à la gestion des stocks à des périodes bien déterminées, d'où une gestion beaucoup plus souple. Enfin, le système en partage de temps permet de faire alterner avec la gestion des stocks un certain nombre d'autres traitements, ce qui permet à l'utilisateur de combiner ses programmes de la façon qui lui convient le mieux.

A cet égard, il nous paraît intéressant de résumer ici les grandes lignes de l'étude et de la mise en place d'un système de gestion des stocks dans une grande entreprise de distribution (une chaîne de magasins populaires), présentée par MELESE (1). Les caractéristiques du problème sont les suivantes : une analyse mensuelle de 3 millions de postes de commande, soit 12.000 articles dans les 250 magasins de la chaîne, l'importance fondamentale des prévisions de vente, étant donné la brève durée de vie des articles (de 2 à 3 ans) et leur sujétion à d'importantes variations saisonnières et conjoncturelles.

Le système global de gestion est composé de trois sous-systèmes :

- 1) Le sous-système "Commande automatique" : L'ordinateur y traite de façon automatique un certain nombre de modèles programmés, à savoir : le calcul des ventes du mois (en fonction du stock et des réceptions en magasins) et le disponible (stocks et commandes en cours); un filtrage des prévisions et commandes en vue des traitements ultérieurs; les prévisions de ventes à dix mois, ce qui permet le contrôle de la trésorerie à six mois; le calcul des stocks de sécurité; l'établissement des commandes à effectuer dans le

---

(1) MELESE, J. : "La Pratique de la Recherche Opérationnelle. Cinq cas de gestion.", Dunod, Paris, 1967, PP. 197-266 (Sigle : R.O.)

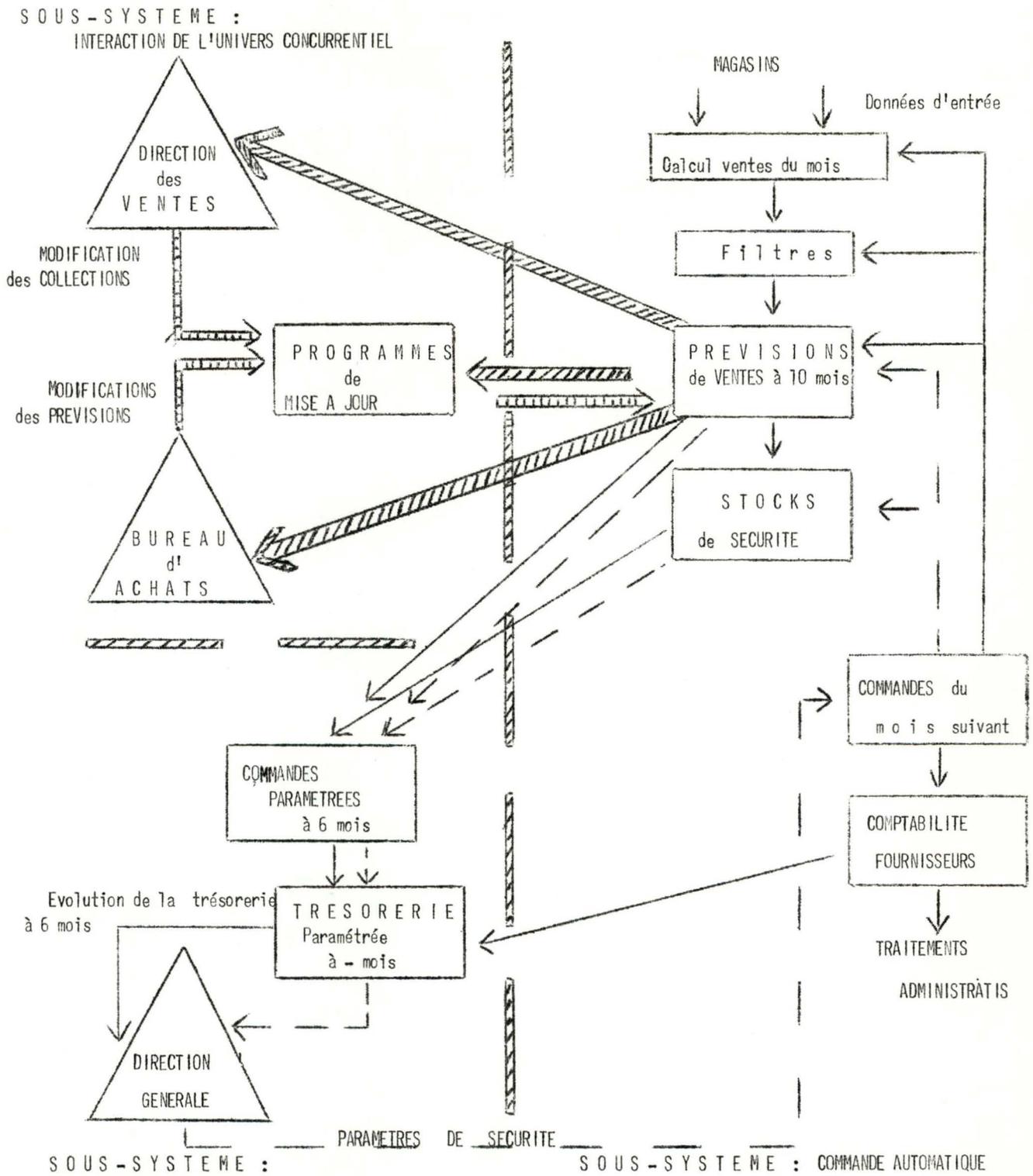


Fig. 3.11. Le système global de gestion. (1)

(1) MELESE (R.O.) : P. 260 présente le schéma complet du système de gestion global.

courant du mois suivant et enfin la tenue de la comptabilité - fournisseurs.

- 2) Le sous-système "Interaction de l'univers concurrentiel" prend en considération l'impact de l'univers concurrentiel des ventes et achats et vise une mise à jour permanente des prévisions de vente (en fonction de l'influence des clients, concurrents et fournisseurs et de la nécessité d'adaptation constante de la gamme d'articles par créations et suppressions). Les unités de décision du sous-système, c'est-à-dire le Bureau d'achats et la Direction des ventes reçoivent du premier sous-système une information de synthèse sur l'état des ventes et des prévisions; ils la confrontent avec leurs informations reçues de l'environnement concurrentiel et ils déduisent :
- les modifications des prévisions de vente d'un groupe d'articles par exemple, ou de la part relative des articles dans ce groupe, etc., et cela "par l'introduction d'un pourcentage global, réduisant ou accroissant l'élément visé dans une proportion unique quel que soit le magasin" (1);
  - les modifications de la collection d'articles par suppression de références (arrêt des achats) ou leur création.
- 3) Le sous-système "Contrôle de trésorerie" : il fait entrer en ligne de compte la conjoncture financière et la politique de la Direction générale, dont l'influence se marque par des ordres de contraction ou d'accroissement des stocks disponibles en magasin. Chaque mois, la Direction reçoit les prévisions d'évolution de la trésorerie à six mois et fixe en conséquence le sens de l'évolution qu'elle souhaite, avec la valeur des paramètres de réduction ou d'accroissement à appliquer dans le calcul des stocks de sécurité du mois suivant. Cela implique le paramétrage des commandes prévisionnelles

-----  
(1) MELESE (R.O.) : P. 263.

et des prévisions de trésorerie à six mois.

Les résultats de l'ensemble du processus, qui s'est étendu sur trois ans, depuis le diagnostic initial jusqu'au fonctionnement effectif, peuvent se résumer comme suit :

- amélioration de la qualité de service (aux environs de 96 %), sans accroissement des stocks;
- absorption d'une extension de la collection d'articles de l'ordre de 50 % en trois ans;
- adaptation fidèle aux diverses variations grâce à la synthèse entre les traitements automatisés et les décisions de gestion prises sur base des éléments fournis par le système de traitement de l'information.

Cet exemple peut nous donner une idée des exigences posées au système de traitement de l'information, dans la mesure où l'on essaie d'intégrer dans la gestion des stocks les éléments appropriés de la concurrence et de la trésorerie. Grâce à ses capacités techniques, un système en partage de temps peut répondre aux diverses exigences issues de la structuration d'un système comme celui-ci; on insistera sur l'importance primordiale dans ce système d'un dialogue et d'une coopération entre "homme" et "machine", ce qui fournit à l'homme la possibilité de connaître le cadre au sein duquel s'insèrent ses décisions et d'en prévoir sans retard les conséquences.

### 3.5 LES SYSTEMES EN TEMPS REEL.

Comme nous l'avons déjà souligné antérieurement (1), la notion de temps réel n'est pas dénuée d'ambiguïtés. Ce qui caractérise toutefois un système en temps réel, c'est un fonctionnement

---

(1) Voir P. 27.

on-line, une certaine continuité (1) entre l'enregistrement des données, leur traitement et la production des résultats, de façon à pouvoir agir, par feedback, sur le phénomène qui était à l'origine du traitement. C'est dans ce sens que s'oriente CARROLL : "The following is advanced as a working definition of an on-line, real-time system. Remotely located transaction-origination stations are connected directly ("on-line") to the control processor; and transactions are processed immediately upon origination ("real-time"), subject only to delays resulting from the processing of the transaction itself and from queuing behind transactions of earlier origination or otherwise higher priority." (2). Nous décrivons ici brièvement deux types de systèmes de traitement électronique de l'information en temps réel : un système à un seul processeur et un système en multiprocessing (3).

### 3.5.1. Système en temps réel à processeur unique.

Le système est connecté à un certain nombre de consoles à distance, soit directement (4, 5) soit par l'intermédiaire d'une mémoire d'instance à accès rapide (par exemple le tambour). Les fichiers se trouvent sur des mémoires secondaires rapides à accès direct, de préférence disques ou tambours. La capacité de la mémoire centrale doit être grande (64 ou 128 K), de façon à éviter une grande fréquence d'échanges entre mémoire centrale et mémoires secondaires. Des multiplexeurs d'entrée-sortie et de fichiers déchargent l'unité

- 
- (1) Continuité avec une certaine marge de tolérance : on peut enregistrer une partie des demandes, non prioritaires, sur mémoire secondaire à accès direct rapide, en attente de traitement, tout en limitant la taille de la file et le délai de traitement.
  - (2) CARROLL, Donald C. : "Implications of on-line, real-time systems for managerial decision-making", in MYERS, Ch. : "The impact of computers on management", The M.I.T. Press, Cambridge (Mass.), 1967, P. 143.
  - (3) Pour une classification plus détaillée, voir HEAD : PP. 12-16.

centrale de la gestion des entrées-sorties et de la relation aux mémoires secondaires, la rendant davantage disponible pour le seul traitement. La fiabilité du système est très grande, étant donné l'automatisation de l'ensemble du processus; en outre, la structure modulaire permet à la fois d'isoler et de remplacer les unités défectueuses et l'extension du système par adjonction de nouveaux équipements sans qu'il faille pour cela une modification structurelle.

Le système de priorités est ici câblé dans la machine : il y a regroupement des interruptions en classes jouissant d'un niveau de priorité bien déterminé, une interruption de niveau plus élevée pouvant toujours l'emporter sur le déroulement de programmes de niveau de priorité plus faible. Nous avons donc affaire à un système rigide de priorités absolues, qu'il n'est plus possible de modifier aisément.

Etant donné l'arrivée aléatoire des messages, on ne peut prévoir le nombre de messages présents en mémoire centrale à un moment donné. C'est pourquoi l'on a établi des "list structures" (1), groupes de blocs de mémoire, de dimension fixe, chaînés ensemble (le premier mot de chaque bloc contient l'adresse en mémoire centrale du bloc suivant, etc.), ce qui permet une répartition à travers la mémoire selon les zones disponibles. Un mot de base, à place fixe en mémoire, contient l'adresse du premier bloc de la liste, et la manipulation des "list structures" se fait par des sous-programmes spéciaux. Comme en outre le système fonctionne en multiprogrammation, on recourt, comme en partage de temps, aux dispositifs de protection mémoire, de protection des fichiers, de relocation et de fragmentation.

---

(1) Voir à ce sujet DESMONDE, PP. 33-45.

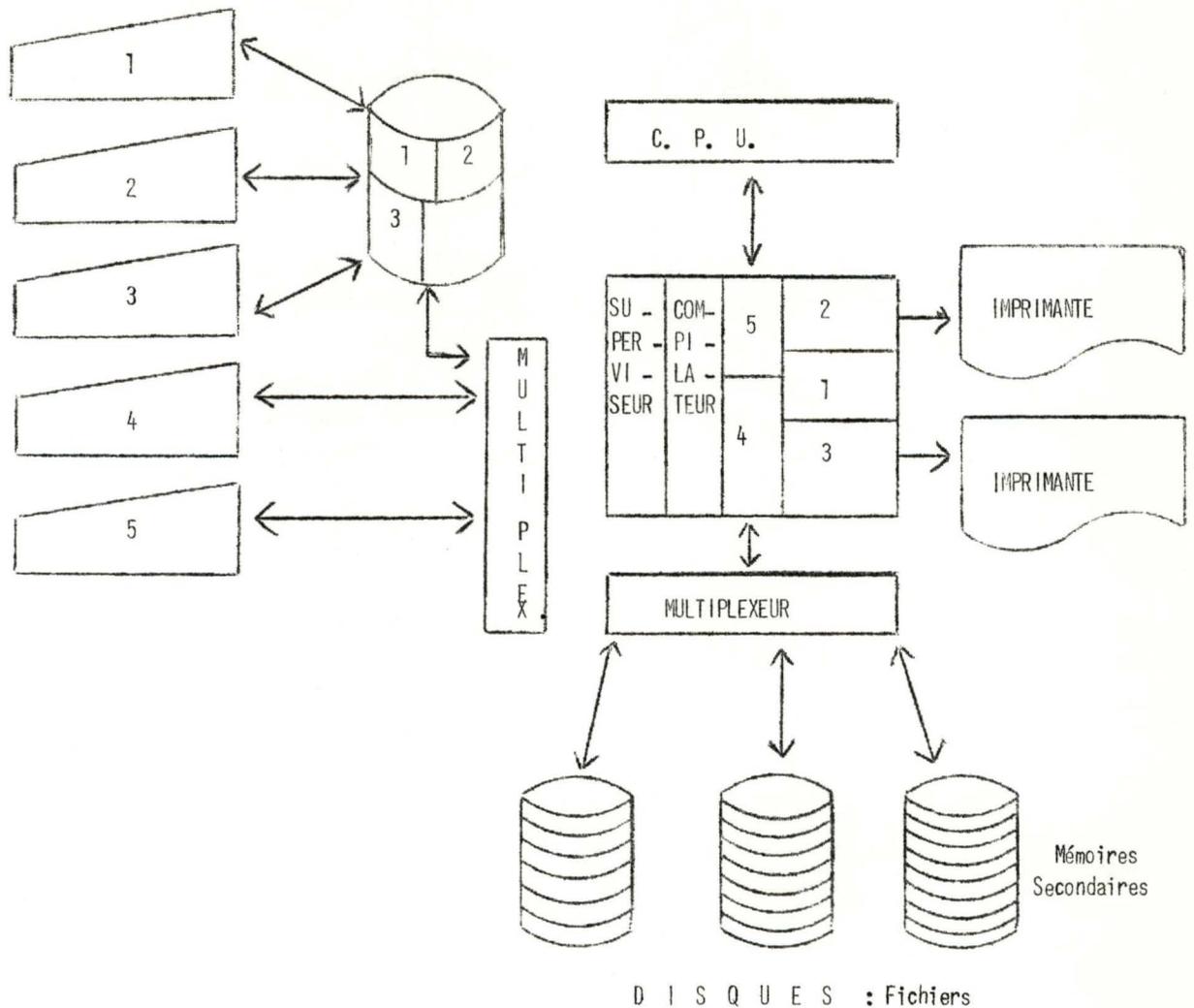


Fig. 3.12. Système en temps réel à processeur unique.

### 3.5.2. Système en temps réel et multiprocessing.

Le système comprend deux processeurs se partageant deux mémoires centrales communes interconnectées. Le sous-système d'entrée-sortie est géré par deux canaux temps réel, la gestion des lignes étant assurée par un système de multiplexeurs. Une sortie locale est prévue dans chaque unité (bande, imprimante, cartes perforées). Le sous-système des mémoires secondaires, géré par des canaux rapides comprend plusieurs unités de grande capacité et d'accès rapide :

disques et tambours interconnectés.

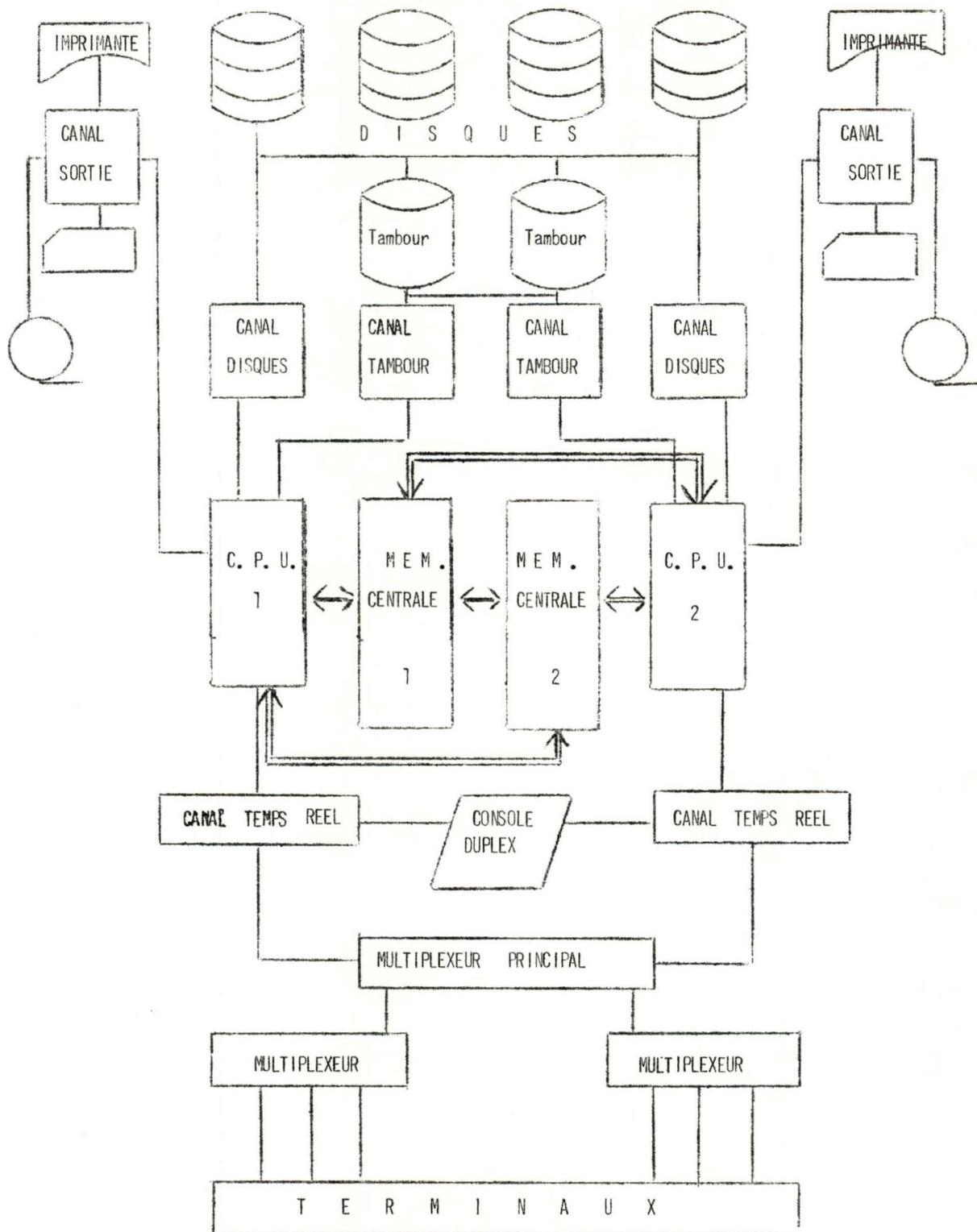


Fig. 3.13. Système en temps réel et multiprocesseur.

La structure de l'ensemble du système est modulaire, avec les avantages que l'on sait. Le système doit ainsi traiter un grand nombre d'entrées au hasard, requérant pour la plupart une réponse immédiate vers le terminal qui les a générées. Pendant le traitement d'un message, il est souvent nécessaire de consulter ou de mettre à jour des fichiers contenus dans les mémoires secondaires. Seuls les sous-programmes les plus fréquemment utilisés peuvent être compris en mémoire centrale; il faut appliquer les techniques de pagination et de segmentation, tout en essayant de limiter le volume des échanges entre unité centrale et mémoire secondaire et d'optimiser le rendement de l'ensemble du système. Il est inutile de souligner que la gestion des interruptions et les protections mémoire et fichiers sont d'une très grande importance dans ce type de systèmes. Les fonctions du programme-superviseur sont dès lors multiples (1).

Les deux processeurs peuvent soit être utilisés de façon indifférenciée, soit se spécialiser dans différents types de traitements. De toute façon, en cas de panne de l'un, l'autre peut reprendre au moins une partie des tâches assumées par le premier.

L'effet d'un système de traitement de l'information en temps réel au niveau de la gestion des stocks est de permettre, du fait de la continuité du processus et du feedback qui y est associé, une réaction quasi-automatique du système pour tous les cas de routine : ainsi, un ordre de commande normal provoque, s'il fait descendre les stocks au-dessous du point de commande, l'émission d'un ordre d'approvisionnement précis. Dans la mesure où l'on dispose ainsi d'une information exactement adaptée au problème de la gestion des stocks

-----

- (1) "Control of input and output with respect to the remote terminal devices and the files. Allocation of working storage in core to messages in process. Maintenance of queues of work in process. Control of program branching and of program read-in. Dynamic control of file storage. Monitoring the communications network." GINZBERG, M.G. : "Notes on testing real-time system programs", in "IBM Systems Journal", Vol. 4, n° 1, 1965, P. 60.

et immédiatement utile, la gestion en est grandement améliorée : tenue à jour constante des stocks, lancement approprié de commandes en réapprovisionnement.

Pour se faire une idée de ce que peut effectuer, au point de vue gestion des stocks, un ordinateur travaillant en temps réel, on reprendra ici brièvement un exemple d'application du Télé-Computer de Westinghouse (1), où la gestion des stocks est intégrée dans toute une suite de traitements. Ainsi, une commande émanant d'un client et comprenant entre autres la quantité demandée et le lieu de livraison, donnera lieu à une réponse en temps réel. Le traitement qui détermine la réponse comprend : la consultation, dans les fichiers, des informations relatives au client (e.a. son crédit); le repérage des adresses de facturation et de livraison de la commande; la définition des spécifications du produit et la détermination de l'entrepôt le plus proche du lieu de livraison; l'examen des stocks de l'entrepôt. En cas de rupture de stocks en cet endroit, le même processus d'examen des stocks se déroulera pour l'entrepôt suivant, etc. Si aucun entrepôt ne peut fournir la commande, le stock de l'usine sera examiné. Ensuite, le bordereau d'expédition sera transmis sur le terminal de l'entrepôt ou du magasin de l'usine. Il y a, enfin, préparation des éléments requis pour la facturation et envoi de la réponse au client (avec notification éventuelle du délai de fourniture si le produit n'est momentanément plus en stock).

Dans des types de systèmes en temps réel comme celui-là, le gestionnaire peut, si le problème en vaut la peine et si la gestion le justifie, se livrer à des estimations de la demande future, de l'évolution des prix et des délais de livraison; en outre, il pourra analyser les cas où se manifeste une déviation par rapport aux

-----  
 (1) Voir NEMRY, M.C. : "Exemples d'application en "Temps réel" : le projet "Interloc" de Lockheed et le "Tele-Computer Center" de Westinghouse", in "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", PP. 141-144.

normes fixées : "The execution phase of the inventory management system provides management with feedback control as well as providing current records on the inventory of each component part." (1).

L'appréciation de l'efficacité d'un système de gestion des stocks en temps réel est une question de cas d'espèce. En effet, un tel système s'avère très utile, voire même indispensable, dans de grandes entreprises de distribution (par exemple "La Redoute" à Roubaix), sans que la gestion soit nécessairement basée sur une intégration des autres traitements. Par contre, dans un certain nombre d'autres cas, le système de gestion des stocks en temps réel requiert, pour être efficace, une intégration préalable des différents fichiers de l'entreprise, c'est-à-dire la recherche d'une "... gestion des informations telle que, à partir d'un fait, à partir de l'enregistrement unique de ce fait, on tire la totalité des conséquences qui en découlent" (2). Cela implique également que la structure de l'entreprise soit effectivement modifiée, de sorte que puissent apparaître plus clairement les différents flux d'informations qui y circulent.

En conclusion, il nous faut encore revenir quelque peu sur ce qui caractérise essentiellement les systèmes de traitement électronique de l'information en temps réel. CARROLL (3) estime que leur fonction de base consiste d'une part à maintenir une base de données globales courante, comprenant l'enregistrement de l'état de toutes les entités intéressantes de l'environnement du "decision-maker", et d'autre part à utiliser la puissance de l'ordinateur en l'appliquant à des problèmes de décision, en temps réel, précisément, c'est-à-dire au moment même de la décision. Tel serait surtout, selon lui,

- 
- (1) McCARTHY, E.J. and McCARTHY, J.A. : "Integrated Data Processing Systems", J. Wiley, New York, 1966, P. 499.
- (2) CARTERON, J. : "L'apport des techniques de traitement de l'information en temps réel au fonctionnement et à la gestion des entreprises" in "La préparation des décisions dans les entreprises", Colloque SOGESCI, 1967, P. 32.
- (3) CARROLL, PP. 144-146.

l'objet de ce qu'il appelle des systèmes de contrôle; en outre, des systèmes en temps réel et en partage de temps permettront le maintien d'une liaison constante homme-machine pendant la durée du processus du traitement. Il nous paraît très important d'insister sur la continuité qui préside à l'ensemble du processus. S'il est vrai que les modalités de réponse du système sont optimales au point de vue temps de réponse, elles le sont aussi au point de vue nature de la réponse fournie au décisionnaire. On pourrait dire, à propos de ce dernier point, que le système effectue une remarquable réduction de la variété de l'information existant à l'entrée du système. Il y a d'une part des procédures d'élimination des erreurs formelles et des erreurs de contenu et, d'autre part, la suppression des informations non essentielles, soit par la seule transmission des informations expressément demandées par le décideur, soit par communication des seuls éléments déviant par rapport aux normes préalablement établies (gestion par exceptions). En définitive, le système en temps réel fournit à la fois une information précise, récente, synthétique et utile, la plus appropriée à la prise de décisions correctes dans le cadre de l'entreprise.

Au terme de cette typologie, nous pouvons reprendre succinctement les principaux éléments caractéristiques des différents types de systèmes de traitement électronique de l'information.

Dans les systèmes en off-line, nous avons remarqué :

- qu'il n'y a pas de connexion directe entre les unités périphériques de saisie, de collecte et de transmission des données et l'unité centrale;
- que le traitement-séquentiel-ne peut s'effectuer efficacement que s'il y a eu réarrangement et regroupement préalables des données;
- qu'il y a un certain nombre de sources d'erreurs, auxquelles le système de contrôle peut remédier plus ou moins adéquatement en fonction de son degré d'élaboration.

Pour les systèmes en on-line, on peut constater :

- la connexion directe entre unité centrale et organes périphériques, ce qui implique le télétraitement et une automatisation des processus de collecte et d'entrée-sortie des données;
- un développement du hardware, essentiellement au point de vue capacité et performances de la mémoire centrale et par l'introduction de mémoires secondaires à accès direct, de grande capacité;
- une complexité plus grande de l'"operating system" et du software en général.

Les systèmes en partage de temps et en temps réel sont des modalités particulières de systèmes fonctionnant en on-line. Dans le système en partage de temps, on insiste davantage sur l'accès rapide à la machine pour un grand nombre d'utilisateurs et sur les possibilités de dialogue homme-machine. Un système exploité en temps réel assure une continuité dans le processus de saisie, collecte, transmission et traitement des données ainsi que la possibilité de contrôler le phénomène étudié au cours même de son déroulement et d'effectuer au moment voulu les corrections nécessaires.

Cette typologie doit cependant être complétée par la considération économique des coûts associés à ces différents types de traitement, qu'il faudra confronter à la valeur que représente l'information pour le gestionnaire. Il s'impose donc que nous traitions du problème posé par la valeur nette de l'information ce que nous ferons dans la seconde partie de ce travail. En outre, il apparaît que le système de traitement électronique de l'information est un outil au service de la gestion, et, en tant que tel, il doit permettre l'élaboration d'un "système informatique de gestion", au service d'une gestion intégrée de l'entreprise. C'est de ce type de problèmes que nous voulons d'abord traiter dans un quatrième chapitre, avant d'aborder l'étude des problèmes posés par l'estimation de la valeur de l'information.

## CHAPITRE 4.

SYSTEME INFORMATIQUE DE GESTION ET GESTION INTEGREE.  
-----

La description des systèmes de traitement électronique de l'information a pu donner un aperçu du potentiel énorme que représentent les ordinateurs. Toutefois, cette description a été menée sans référence directe ni explicite à l'environnement immédiat avec lequel le système de traitement de l'information est en interaction. Or, pour pouvoir saisir dans quelle mesure la puissance de calcul et la vitesse de traitement de l'ordinateur peuvent se révéler efficaces, il faut situer l'ordinateur dans le système global que constitue l'entreprise. L'intégration de l'ordinateur dans les structures de l'entreprise pose maints problèmes délicats et complexes. Nous voudrions examiner dans ce chapitre à quelles conditions et selon quelles modalités cette intégration peut modifier les modes de gestion et devenir un facteur primordial de progrès pour l'entreprise.

Pour ce faire, il nous faut d'abord déterminer le cadre de cette analyse; c'est pourquoi une première section fournira une approche de l'entreprise selon la théorie des systèmes. A partir de là, nous examinerons les divers aspects de l'intégration des traitements grâce à l'ordinateur, avant d'esquisser le développement d'un système informatique de gestion. La synthèse de l'intégration des traitements et de différents modèles de gestion nous permettra de définir un système de gestion intégrée de l'entreprise. Enfin, la conclusion fera mieux saisir l'influence de l'introduction de l'ordinateur sur l'organisation globale de l'entreprise.

#### 4.1 L'ANALYSE DES SYSTEMES APPLIQUEE A L'ENTREPRISE (1).

Dans le premier chapitre (2), nous avons évoqué les concepts fondamentaux mis en oeuvre dans l'analyse des systèmes et signalé la nécessité d'étendre cette analyse à l'ensemble que constitue l'entreprise.

La structure générale de l'entreprise peut se représenter comme un réseau de sous-systèmes interconnectés, articulés selon plusieurs niveaux; les rapports entre niveaux (de haut en bas de la hiérarchie) sont du type système opérateur-système opéré (c'est-à-dire soit de contrôle à régulateur, soit de régulateur à système physique), en fonction d'un ensemble d'objectifs visant à atteindre la finalité du système global "entreprise".

Le réseau est formé, au niveau du système global, d'un ensemble d'interactions (flux d'informations, de matières, de capitaux, de personnes) entre les différents sous-systèmes (3); au sein de chaque sous-système, nous retrouvons une structure de relations analogue entre éléments appelés blocs. La finesse de l'analyse, en fonction des objectifs fixés, du degré de contrôle voulu et du type de transformations à opérer, peut mener à des décompositions encore plus poussées. Par ailleurs, la hiérarchie des niveaux comprend, outre le système physique à gouverner, quatre éléments essentiels : exploitation, gestion, évolution et mutation.

Le système physique qu'il s'agit de gérer comprend essentiellement les ressources de production (matières, équipement),

-----  
 (1) Nous nous inspirons de MELESE : PP. 49-63.

(2) Voir PP. 4 à 12.

(3) Les interactions sont soit des liaisons informatiques (orales, écrites, par télétransmission), soit des liaisons physiques (transport de matériel, lignes téléphoniques, etc.). A ce niveau, se posent les problèmes propres à toute communication (fiabilité, "bruits", capacités des moyens de transmission).

les ressources humaines, financières et commerciales.: il constitue le noyau du système.

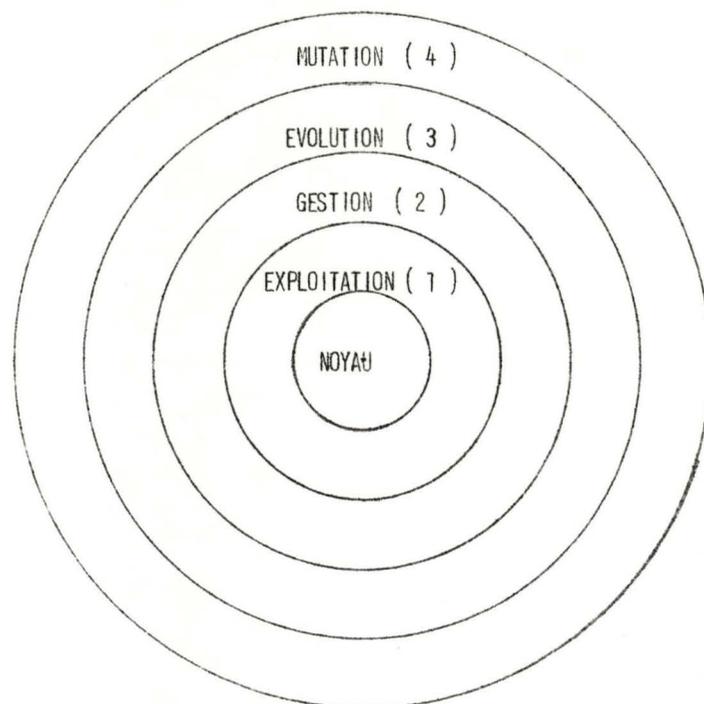


Fig. 4.1. Les différents niveaux d'un système (1).

Le rôle du premier niveau, l'Exploitation, est d'assurer le fonctionnement régulier des facteurs constitutifs du système physique en vue d'accomplir les tâches que lui a assignées la gestion. Le système fonctionne au même rythme que les phénomènes dont il contrôle le déroulement, ce qui implique e.a. comme fonctions : les approvisionnements et le planning d'atelier par exemple.

Le niveau de Gestion fixe à l'Exploitation des objectifs compatibles avec ses capacités et en contrôle la bonne exécution. Si l'Exploitation ne peut faire face aux perturbations qui surviennent, la Gestion devra adapter les objectifs aux nouvelles conditions ainsi

-----  
 (1) Voir MELESE P. 55.

créées. (1) La fréquence des interventions du niveau de Gestion est de l'ordre du mois ou davantage et cette activité comprend par exemple les prévisions de vente ou la détermination du volume des stocks.

La fonction du niveau Evolution est celle de "management" : fixation des objectifs à long terme, décision concernant les investissements à engager, modification éventuelle des deux niveaux inférieurs. Cela implique un rythme d'intervention relativement lent, pour leur laisser le temps de s'adapter aux directives de l'Evolution et prouver l'efficacité de leur fonctionnement. Les tâches assumées ici concernent par exemple la conception et l'étude de nouveaux produits, le planning à long terme.

Le dernier niveau, la Mutation, s'attache aux relations entre l'entreprise et son environnement, ainsi qu'aux transformations essentielles affectant l'entreprise : fusion, absorption, changements dans la composition du "management", liquidation. Ce niveau concerne donc la protection de l'entreprise contre les perturbations économiques de forte intensité.

Ainsi, les quatre niveaux sont interconnectés par une relation de pilotage (2) : l'entreprise suit en effet une trajectoire et il s'agit, pour ses dirigeants, d'arriver à déterminer son orientation en lui fixant des objectifs, en commandant la mise en oeuvre de moyens adéquats, en procédant à la révision des objectifs sur base des écarts des variables essentielles et de l'information reçue. Cette possibilité de pilotage se révélera plus ou moins effective selon le degré d'organisation et de correction du fonctionnement des deux niveaux inférieurs.

---

(1) La fig. 1.2, P. 8 représente le fonctionnement du "pilotage" correspondant à ces deux niveaux.

(2) Pour le terme "pilotage", on peut faire remarquer qu'étymologiquement, le mot "cybernétique" renvoie à κυβερνητης, "pilote".

Une approche complémentaire, plus formalisée, permettra de mieux saisir les implications de la relation entre l'entreprise et son environnement (1). On peut décrire, à un moment, l'état du système - entreprise E par un vecteur d'état  $x(t)$  intégrant : l'équipement, la production, le capital, les stocks, la main-d'oeuvre et les autres ressources dont dispose l'entreprise; la transition à l'état  $x(t+1)$  dépend de  $x(t)$  et des vecteurs contrôlés  $y_t$  ( $y_t \in Y_t$ , ensemble des variables d'action du système) dont une suite  $y_1, y_2, \dots, y_n$  détermine une politique pour E. L'objectif du système est de mettre en oeuvre une politique optimale  $y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0$  en tenant compte des perturbations  $a_t$  ( $t = 1 \dots n$ ) issues de l'environnement et en supprimant la liaison stricte entre  $x(t+1)$  et  $[x(t), y_t]$ , soit :

$$x(t+1) = T [x(t), y_t, a_t] \quad (2).$$

L'objectif fixé à E sera finalement un programme représentant, sous forme de la suite  $x(1'), x(2') \dots x(n')$ , "l'évolution désirée du système" (3) que le pilotage a pour mission d'assurer.

L'évolution du système global est déterminée par les modalités de réaction aux perturbations en provenance de l'environnement et constituant une menace aux différents niveaux du système. Le pilotage pourra s'effectuer grâce aux possibilités de contrôle, parmi lesquelles on peut distinguer :

- a) Les contrôles automatiques, par exemple au niveau d'un système de production confronté à des variations aléatoires de la demande. On pourra soit détecter les perturbations avec déclenchement

-----

(1) Voir DESCAMPS, René : "Pour une Dynamique de la Gestion", in "Journal de la SOFRO", n° 28, 1964, PP. 215-236.

(2) T est une transformation univoque relative à la propriété d'homomorphisme, qui concerne une représentation simplifiée d'un système complexe réalisée par "a many-one transformation", BEER, : "Cybernetics and Management", P. 42. La perturbation  $a_t$  peut être aléatoire ou incertaine; dans ce dernier cas, on ne connaît que la forme de sa distribution de probabilités, avec possibilité d'estimer ses paramètres à partir des données du passé.

(3) DESCAMPS, P. 221.

automatique des mécanismes de correction voulus; soit effectuer le contrôle par feedback à partir des écarts entre les objectifs et les variables essentielles dans leurs valeurs réelles.

- b) Les contrôles adaptifs : dans les problèmes de décision heuristique, où le lien avec les variables essentielles est mal connu, l'information disponible comprend les réponses, présentes ou passées, de parties du système à des décisions prises en diverses circonstances; le contrôle consistera dès lors à adapter E en réponse à des écarts significatifs des variables essentielles par rapport aux normes fixées.
- c) Les contrôles de structure : étant donné qu'un système complexe ne peut atteindre rapidement un comportement stable en face de perturbations, son organisation devra être assouplie par détermination :
- 1) des sous-systèmes dont la dimension (parties et variables essentielles) conditionne la réactivité de l'ensemble et doit être adaptée à l'échelle temporelle des perturbations;
  - 2) des flux d'information entre sous-systèmes;
  - 3) de la répartition des fonctions et responsabilités, pour retrouver aussitôt, en cas de perturbations répétitives, les adaptations antérieurement réalisées.

A titre d'exemple, on peut reprendre le schéma de MELESE, appliquant le pilotage aux différents niveaux d'un système de production (1) :

(1) MELESE, P. 63.

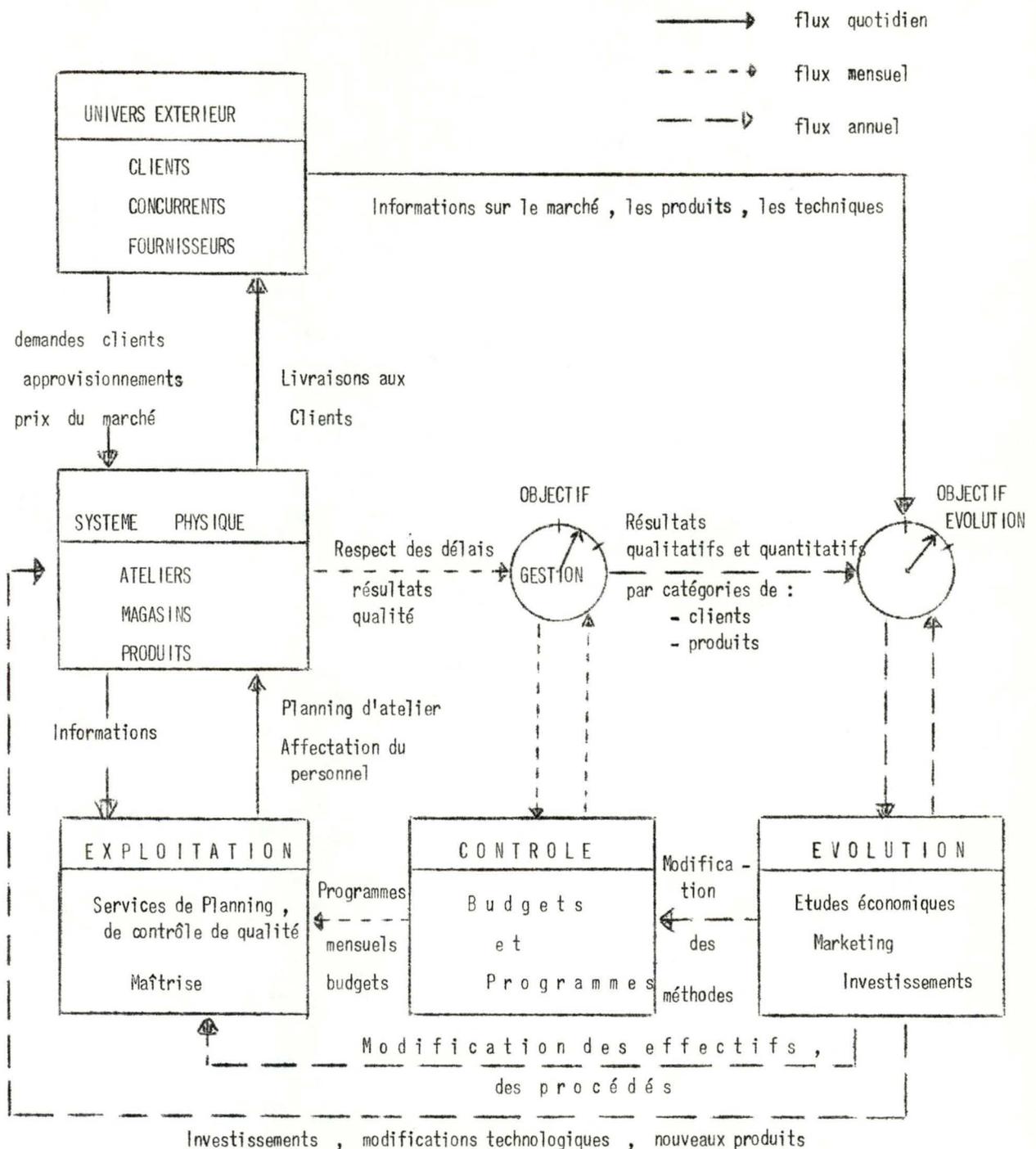


Fig. 4.2. Application du modèle de pilotage à la Production.

En conclusion, il nous paraît que les cinq propriétés d'un système mises en évidence par JENKINS et YOULE dans leur "systems approach" de l'entreprise résument parfaitement notre analyse :

" A system has five important properties :

- (a) It is a grouping, possibly complex, of human beings and machines
- (b) It can be broken down into sub-systems which interact with each other
- (c) The system being studied will usually form part of a hierarchy of such systems
- (d) To function at all, a system must have an objective, no matter how vaguely defined
- (e) To function at maximum efficiency a system must be designed in such a way that it is capable of achieving its overall objective in the best way possible." (1)

#### 4.2 L'INTEGRATION DES TRAITEMENTS ET LES BASES D'UN SYSTEME INFORMATIQUE DE GESTION.

---

##### 4.2.1 Introduction.

Dans le système global que constitue l'entreprise, le système de traitement électronique de l'information forme un sous-système dont nous allons tenter de déterminer, en plusieurs étapes, l'influence sur les autres sous-systèmes et sur la gestion de l'entreprise dans son ensemble. Cette influence se marque, en effet, à plusieurs niveaux :

- a) de par ses caractéristiques techniques (puissance de calcul et vitesse de traitement) et la capacité de stockage des mémoires périphériques, l'ordinateur permet d'accéder à l'intégration des traitements administratifs, à partir de laquelle l'on peut former une banque d'information;
  - b) par la production et le stockage d'information, l'ordinateur fournit au décideur-gestionnaire les éléments permettant la prise de
- 

- (1) JENKINS, J.M. and YOULE, P.V. : "A Systems Approach to Management" in "Operational Research Quarterly", Vol. 19, Special Issue, 1968, PP. 6-7.

décision et met à son service la capacité de simulation des décisions dont il dispose;

- c) l'ordinateur apparaît dès lors comme un puissant outil de gestion, dans la mesure où il concourt à l'élaboration de règles de gestion destinées à assurer l'automatisation de certains processus de décision.

L'analyse de ces trois étapes nous permettra de dégager ainsi les conditions de base du développement d'un système informatique de gestion, support d'une véritable gestion intégrée de l'entreprise, que nous étudierons dans la section suivante.

#### 4.2.2 L'Intégration des Traitements.

Une rapide évocation des procédures manuelle et mécanographique de traitement (1) nous fera mieux saisir quelles perspectives ouvre le système de traitement électronique de l'information dans le domaine de l'intégration des traitements administratifs.:

- d'une part, la procédure manuelle se caractérise par sa lenteur, sa simplicité, avec spécialisation des rôles et des tâches, sa faible fiabilité, ce qui implique une multiplication des contrôles d'erreurs;
- d'autre part, la procédure mécanographique utilise un équipement spécialisé, limité à des opérations simples (trieuse, interclassieuse, tabulatrice, calculateur) et rend possible la mécanisation des tâches sans favoriser leur intégration. Elle permet de supprimer la reproduction des documents de base, de réduire la durée de traitement de travaux simples, volumineux et répétitifs et les contrôles associés au traitement, de fournir en sous-produit du traitement des informations statistiques récapitulatives.

-----  
 (1) Voir BODART - GUILLAUME, PP. 50-52.

Par rapport à ces deux procédures, le système de traitement électronique de l'information est non spécialisé, ce qui permet d'organiser les traitements administratifs en fonction de leur logique propre et non à partir des caractéristiques du système de traitement; en outre, il rend possible l'automatisation globale du processus administratif, depuis la saisie des données jusqu'à la production de l'information, avec intégration de l'ensemble des traitements à effectuer.

Cette "intégration administrative" (1) peut se réaliser selon deux modalités. L'intégration peut être verticale : elle consiste à enregistrer une seule fois sur support-ordinateur les données, si possible au moment et sur le lieu de leur naissance, et à les exploiter de façon automatique pour mettre à jour tous les fichiers concernés par ces données. On vise donc surtout à améliorer et à automatiser l'ensemble du processus de saisie, collecte et transmission des données vers le système de traitement, supposé fonctionner en "on-line" et disposer de mémoires secondaires à accès direct.

On peut avoir une intégration horizontale, où l'on considère les interdépendances entre travaux administratifs et travaux de gestion. Son objectif est d'assurer la liaison entre les différents domaines d'application des traitements administratifs, soit qu'une même donnée serve à mettre à jour plusieurs fichiers, soit que le résultat d'une application serve d'entrée pour d'autres applications, soit qu'on assure l'accès simultané aux résultats des différentes applications lors du traitement élaborant les données de gestion; la gestion est d'autant plus efficace qu'elle peut disposer d'éléments décisionnels élaborés sur base du plus grand nombre possible de facteurs en interdépendance (2).

Quel que soit le mode de traitement intégré,  
-----

(1) BAUVIN, P. 159.

(2) Voir BAUVIN, PP. 161 - 163.

intégrés, il suppose un ensemble de fichiers intégrés (1) : cela implique le regroupement en un article des données concernant un objet, en les caractérisant en fonction de leurs différentes utilisations.

On peut donc dire en général qu'il y aura traitement intégré des données "... si toutes les données d'origine ne sont transférées qu'une fois dans le système informatique, qu'on les emploie et les stocke en mémoire pour toutes les exploitations requises. Seuls les résultats nécessaires seront émis" (2). En un seul processus de traitement il est possible d'intégrer ainsi l'administration des commandes, des approvisionnements, du compte débiteurs et de la facturation. L'intégration accroît l'efficacité du traitement (élimination de doubles emplois, réduction du taux d'erreurs, fichiers intégrés), fait ressortir les liaisons entre les départements de l'entreprise et simplifie l'organisation administrative : "Bij geïntegreerde dataprocessing behoort sprake te zijn van integratie van procedures met als gevolg daarvan een vereenvoudiging van de administratieve organisatie" (3).

Ainsi, dans la mesure où cette intégration se réalise progressivement au niveau des différents sous-systèmes de l'entreprise (planning, recherche, développement, production, vente, marketing) on pourra aboutir à un véritable système intégré des traitements;

-----

- (1) Pour les caractéristiques techniques relatives à l'organisation de ces fichiers, voir STENGEL, J. : "Les systèmes informatiques de programmation économique", Dunod, Collection "Monographies d'Informatique" n° 3, Paris, 1968, PP. 32-53.
- (2) "... wenn alle Ursprungsdaten nur einmal in die Anlage eingelesen und für alle benötigten Auswertungen benutzt und gespeichert werden." KALSCHUEER, Hans-Dieter : "Integrierte Datenverarbeitungssysteme für die Unternehmensführung", de Gruyter und Co, Berlin, 1967, P. 28.
- (3) ZOUTENDIJK, G. : "Beslissen met computers", in "Informatie", 10e année, 1968, P. 239.

ceci peut en fait prélude à l'élaboration d'une vaste "banque d'informations" (1), support d'un système informatique de gestion.

#### 4.2.3 Les Bases d'un Système Informatique de Gestion.

Par l'expression "système informatique de gestion", on entend "la représentation de l'entreprise et de son fonctionnement procurée par l'ensemble électronique de gestion" (2). Outre son apport dans la réalisation de traitements administratifs intégrés, le système de traitement de l'information intervient dans l'élaboration d'éléments de décision et l'automatisation de processus administratifs et de gestion : l'ensemble de ces fonctions assumées par l'ordinateur constitue la base du système informatique de gestion que nous venons de définir et dont nous étudions le développement dans la section suivante.

L'image globale de l'entreprise fournie par le système de traitement électronique de l'information fonctionnant comme système intégré de traitement est contenue dans l'ensemble des fichiers intégrés qui constitue une véritable banque d'informations. Les différents services fournissent à la banque les données qu'ils sont le mieux à même de saisir, contrôler et transmettre et peuvent lui demander les informations requises pour la gestion. Pour ce faire, la représentation informatique de l'entreprise doit répondre à plusieurs exigences :

a) fournir une image précise, avec un décalage temporel minimum, de la réalité mouvante qu'est l'entreprise; cela implique une mise à jour permanente des fichiers, réalisée par l'automatisation des processus de collecte, transmission et traitement des données, un système fonctionnant en temps réel ou partagé et pourvu de vastes

-----  
 (1) BAUVIN, P. 166.

(2) BODART - GUILLAUME; P. 53.

mémoires à accès direct;

- b) être disponible en permanence soit pour l'extraction d'information de gestion, soit pour la simulation ou la régulation du système;
- c) être accessible dans sa totalité : un travail doit pouvoir s'effectuer en simultanéité sur plusieurs fichiers.

A ce niveau, le système de traitement de l'information fournit donc un ensemble d'informations brutes à la gestion; la fonction administrative se caractérise en effet comme : "... het systematisch vastleggen, verwerken en verstrekken van informatie ten behoeve van het besturen en doen functioneren van een huishouding ..." (1). Rien ne garantit cependant une optimisation de la gestion, sur la seule base de cette information administrative. Il nous faut donc examiner comment le système de traitement de l'information peut contribuer à l'amélioration des décisions de gestion. Cette participation se fait essentiellement à deux niveaux : d'une part l'élaboration des éléments de décision, la mise au point de règles de gestion et la simulation; d'autre part, l'automatisation de certains processus de décision.

Au premier stade, l'ordinateur peut élaborer les éléments de décision, dans la mesure où il est programmé pour dégager des renseignements bruts qu'il stocke, une information de gestion; le système permet alors de déterminer les cas où une décision s'impose, en développant les alternatives possibles et leurs conséquences (2). Pour ce faire, l'information de gestion doit être :

-----

- (1) SCHALKWIJK, W.F. en PLUG, E. : "Computers en beslissingen", in GROOSMAN, L.E. : "Managementaspecten van de automatisering", Het Spectrum, Marka-Boeken, Utrecht, 1965, P. 422.
- (2) Cf. SIMON, H.A. : "The Corporation : Will It be Managed by Machines ?", in ANSHEN, M. and BACH, G.L. (eds.) : "Management and Corporations 1985", McGraw - Hill, New York, 1960, P. 39.  
On trouve ici le principe de la gestion par exceptions : le gestionnaire ne prend en considération que les cas où une décision, de contrôle correctif par exemple, s'impose, sans s'occuper des autres.

- a) précise : la mécanisation de l'ensemble du processus de traitement élimine les erreurs formelles, sauf à l'entrée, où un système en on-line non séquentiel peut les détecter et effectuer aussitôt la correction requise;
- b) opportune : il s'agit de fournir une information dans les délais requis par le type de décision à prendre (1);
- c) spécifique : c'est-à-dire adaptée aux éléments de la décision à prendre; il y a enregistrement en mémoire de l'information non immédiatement utile et traitement, en temps réel par exemple, de l'information requise pour la régulation du phénomène pendant son déroulement.

En outre, l'ordinateur peut fournir au responsable des règles de gestion mises au point en vue d'assurer une gestion optimale, et cela de deux façons :

- indirectement, en assemblant comme sous-produit du traitement administratif, les données statistiques requises pour comprendre et étudier le phénomène à gérer;
- directement, comme outil de calcul permettant la mise au point de méthodes modernes de gestion (2) (par programmation linéaire ou lissage exponentiel par exemple).

Cette mise au point peut se faire par la simulation de processus de décision. Le décideur peut utiliser les capacités de mémorisation et de calcul du système pour étudier les différentes alternatives en un laps de temps restreint et décider sur base de résultats qui ne seront tangibles que dans plusieurs années (3).

-----

- (1) Il s'agit donc d'un mode d'information dynamique, c'est-à-dire dont la diffusion est conditionnée par le processus de décision où elle s'insère.
- (2) Une méthode de gestion "fixe la manière de mettre en oeuvre les divers éléments pour atteindre un certain objectif en respectant certaines contraintes", BAUVIN, P. 180.
- (3) Voir EUWE, M. : "De toepassingsgebieden van de digitale rekenautomaat", in GROOSMAN, P. 444.

Sur base d'un modèle mathématique, on se livre à une analyse de sensibilité du système aux variations des paramètres pour fixer une décision optimale par simulations réitérées : "Having run a simulation and procured a set of results, it is possible to postulate influences which were not originally taken into account - and to run the simulation again." (1). Toutefois, en univers incertain, on devra se contenter, faute d'optimum, d'améliorer les décisions (2). L'utilisation systématique et coordonnée de modèles de simulation dans les différents domaines de la gestion de l'entreprise devrait ainsi permettre d'établir de proche en proche un simulateur de l'ensemble de l'entreprise. Ceci présuppose cependant l'élaboration d'un schéma général cybernétique de l'entreprise, mettant en valeur les relations fonctionnelles entre sous-systèmes.

Au second stade, dans la mesure où il existe des règles logiques programmées pour des cas de routine (processus répétitifs), l'ordinateur peut assurer la totalité du processus de gestion. La programmation suppose l'analyse et la représentation du problème sous forme de modèle, la détermination quantitative des objectifs de l'entreprise et un calcul d'optimisation en fonction de ces objectifs, des données d'entrée et des informations disponibles.

Un exemple est fourni par la gestion des stocks avec réapprovisionnement automatique : il y a émission de commandes aux fournisseurs sur base de l'état des stocks inscrit en mémoire, en fonction de règles de réapprovisionnement programmées. On prévoit en outre que le système puisse s'adapter aux variations de la demande et du délai de livraison : "... dans un modèle de réapprovisionnement

-----  
 (1) BEER, Stafford : "Decision and Control", Wiley, London, 1966, P. 234.

(2) Cf. ALBACH, H. : "Entscheidungsprozess und Informationsfluss" in SCHNAUFER - AGTHE (éd.) : "Organisation", Berlin, 1961, P. 399.

des stocks, du type à point de commande, il ne s'agit pas seulement de fixer la quantité économique et le seuil de réapprovisionnement, mais d'incorporer au modèle les règles d'évolution de ces paramètres en fonction des fluctuations significatives de la demande et du délai d'approvisionnement" (1).

Toutefois, dans le cas de problèmes heuristiques, où la quantification est partielle, les facteurs fondamentaux mal identifiés ou leurs relations peu connues, la simulation joue un rôle important. Le décideur s'adaptera en fonction de l'information additionnelle obtenue par simulation et dans un dialogue constant homme-machine. L'homme aide alors la machine à faire face à des situations non programmées et programme les modifications de programme requises pour l'adaptation; la machine contrôle le processus et l'évolution des paramètres lorsque les éléments de contrôle et de décision sont connus et accumule de l'"expérience" en mémoire.

En définitive, le traitement intégré des données, la préparation des éléments de décision et la gestion automatisée de certains processus de décision constituent la base du système informatique de gestion plus global, support d'une gestion intégrée : "Un "système intégré" est un système informatique de décision qui considère une entreprise comme un tout et vise, par l'application de moyens modernes, organisationnels et techniques, une optimisation et une automation poussée de la prise de décision." (2).

---

(1) BOURGEOIS, Marcel : "Applications actuelles et potentielles de l'ordinateur comme outil de gestion", in "L'ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", P. 103.

(2) "Ein "integriertes System" ist ein Informations- und Entscheidungssystem, das eine Unternehmung als ein Ganzes betrachtet und durch die Verwendung moderner organisatorischer und technischer Hilfsmittel eine Optimierung und weitgehende Automation der Entscheidungsfindung anstrebt.", KALSCHUEER, P. 13.

### 4.3 LA GESTION INTEGREE.

#### 4.3.1 Définition et conditions d'une gestion intégrée.

On pourrait définir la "gestion intégrée" (1) comme un mode de gestion qui, à l'aide d'un système informatique de gestion, utilise des dispositifs de régulation et de contrôle en vue de soumettre l'entreprise aux objectifs à long terme que la direction lui a définis. Ce type de gestion tient compte d'une double interdépendance entre les sous-systèmes de décision dans l'entreprise et à l'égard de son environnement :

- 1) Interdépendance spatiale : sous cet angle, la fonction de la gestion apparaît "comme étant d'assurer la cohésion organique d'une institution socio-économique située dans un milieu qui la conditionne de toutes parts et avec lequel elle ne cesse d'échanger"(2). La gestion tient donc compte non seulement des relations entre centres de décision liés aux divisions fonctionnelles de l'entreprise, mais également du jeu complexe d'interrelations avec l'environnement socio-économique où est située l'entreprise.
- 2) Interdépendance temporelle : la gestion consiste à appliquer dans le moyen et le court terme les orientations fixées à long terme par la direction à l'entreprise (par exemple au niveau des stratégies). A moyen terme, les ressources et marchés de l'entreprise étant donnés, la gestion aura pour tâche d'en optimiser l'exploitation; à court terme, le problème se pose d'optimiser la réponse à apporter à une demande de biens et services donnée, à l'aide de ressources de nature et de capacités fixées. A ces différents niveaux temporels, la gestion consiste à rechercher un état stable ou même

---

(1) La gestion intégrée existe cependant dans des entreprises simples, de type artisanal par exemple. Cette notion n'est donc pas neuve.

(2) BOURGEOIS, P. 105.

ultrastable (1) pour l'ensemble du système.

Un certain nombre de conditions sont requises pour pouvoir réaliser une gestion intégrée. Il y a d'abord l'intégration des enregistrements, des traitements et des fichiers (2); cette condition est primordiale et absolument indispensable, car ce type d'intégration fournit la base d'informations sans laquelle une gestion intégrée est impossible. Il faut ensuite un système fonctionnant en partage de temps (mode universel) ou en temps réel (la spécification se faisant en fonction du type de problèmes à traiter). Ce système doit en effet permettre l'automatisation des procédures de saisie, collecte et transmission de données, être doté de vastes mémoires à accès direct et d'une grande puissance de calcul et de simulation; il peut en outre mettre en oeuvre les contrôles automatiques, dans les cas de déviation, en un temps de réponse approprié à l'évolution du phénomène à réguler. Lors du traitement de problèmes heuristiques, le système peut fournir l'information requise pour l'application des contrôles adaptatifs, grâce entre autres à la simulation de l'environnement et des différents types de solution possibles (3). Une troisième condition concerne l'adaptabilité des structures d'organisation : nous

- 
- (1) La stabilité, en termes cybernétiques, se définit comme : "Eigenschaft eines Systems, nach einer Störung den ursprünglichen Zustand wieder einzunehmen" ("Propriété d'un système de pouvoir reprendre, après perturbation, son état initial") MULLER, A. (ed.) "Lexikon der Kybernetik", Schnelle, Quickborn, 1964, P. 157. De même, pour l'ultrastabilité : "Erweiterung des Prinzips der Homeostase, demzufolge ein System von Rückkopplungswegen solange geändert wird, bis die geforderte Regulation erreicht ist" ("Extension du principe de l'homéostasie, selon lequel un système de voies de feedback est modifié jusqu'à l'obtention de la régulation voulue"), id. P. 173.
- (2) On notera que la spécification de ces fichiers se fait en dépendance à la fois des caractéristiques du système de traitement de l'information et "de l'organisation des structures administratives et de gestion", BODART-GUILLAUME, P. 63.
- (3) Voir à cet égard HARTMANN, Bernhard : "Total Business Systems" in "Gegenwartsfragen der Unternehmensführung", Herne, Berlin, 1966, PP. 180-182. De même, CARROLL, PP. 153-155.

examinerons en conclusion de ce chapitre l'impact du système informatique sur la structure d'organisation de l'entreprise.

#### 4.3.2 Les étapes dans le développement d'un système informatique de gestion (1)

---

Avant de décrire les différentes étapes méthodologiques à suivre dans le développement d'un système informatique de gestion, il nous paraît utile de présenter un schéma (2) des principales relations informatiques au sein de l'entreprise. L'accent y est mis sur les flux d'information circulant entre les organes de direction et d'exécution.

---

(1) La méthodologie d'une expérience intéressante d'introduction d'un système informatique appliqué à la gestion d'un système de production, est exposée par AKOS, G. : "Het ontwerpen en invoeren van een informatiesysteem t.b.v. de bedrijfsbesturing bij de koninklijke machinefabriek Stork", in "Informatie", 11e année, 1969, PP. 70-77.

(2) Schéma adapté de HARTMANN, P. 170.

S C H E M A :

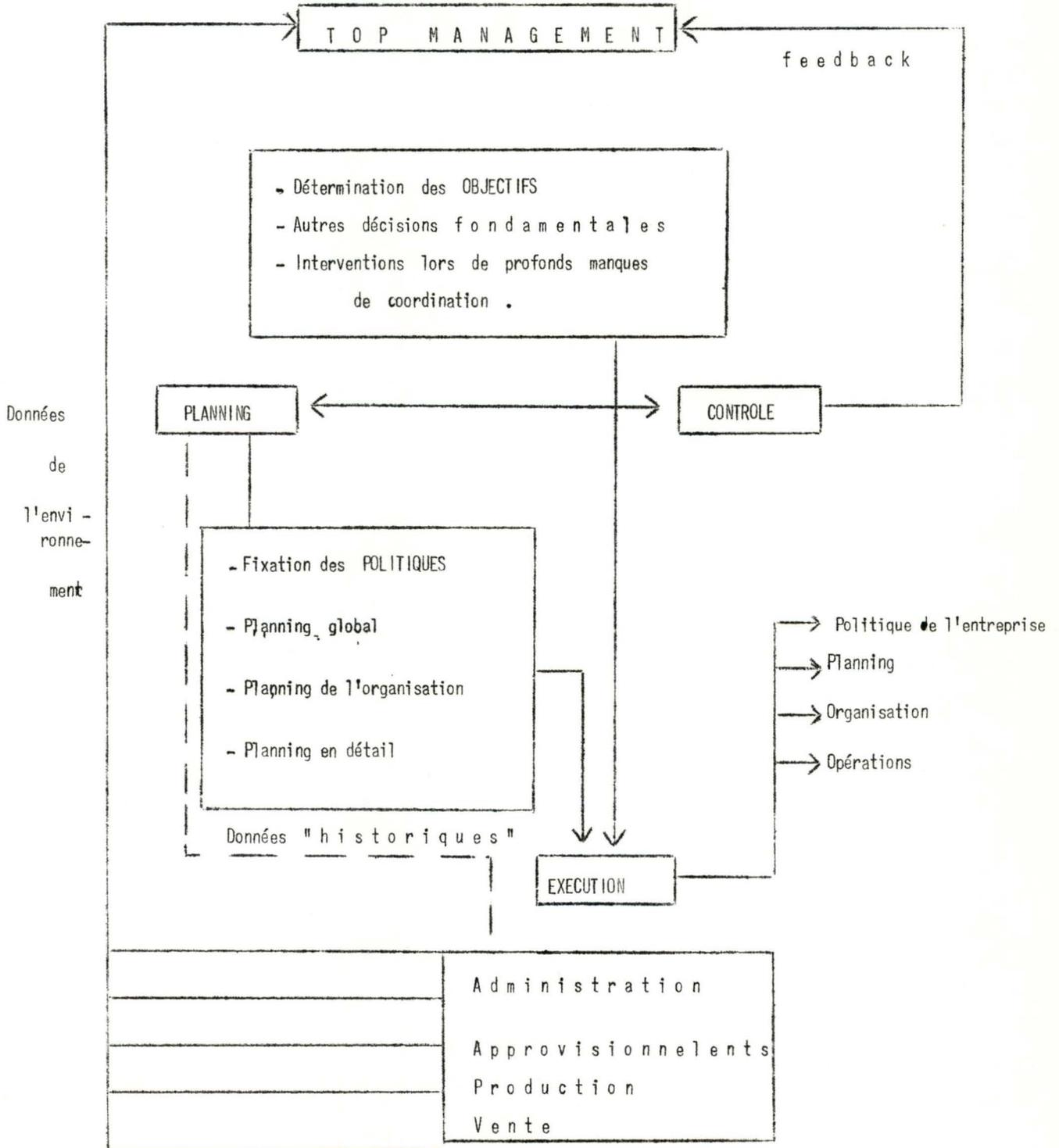


Fig. 4.3. Le système des relations informatiques dans l'entreprise.

1° Analyse des objectifs de l'entreprise.

Selon CHAMBERS et HAIN (1), on peut structurer comme suit cette analyse des fonctions majeures de l'entreprise (production, marketing, recherche, engineering, personnel, etc.) : détermination des objectifs de base de l'entreprise; définition des objectifs opérationnels de chaque fonction majeure; définition des activités fondamentales requises pour réaliser ces objectifs, ainsi que de leurs interdépendances; indication des types d'information indispensables à l'exécution de ces activités et des modes selon lesquels le "management" veut disposer de ces informations (leurs délais, formes, etc.); appréciation de la valeur relative de chaque fonction majeure et des activités au sein de ces fonctions.

Sous un angle plus organisationnel, KALSCHUEUR (2) a développé un schéma explicitant la hiérarchie des objectifs dans l'entreprise, compte tenu des exigences propres au système informatique.

---

(1) CHAMBERS, John C. and HAIN, Robert C. : "The Design of a Management Information System", Paper presented at the 13th Meeting of the Institute of Management Science, Philadelphia, sept. 1966, Stenc. : PP. 7-8.

(2) KALSCHUEUR, P. 15.

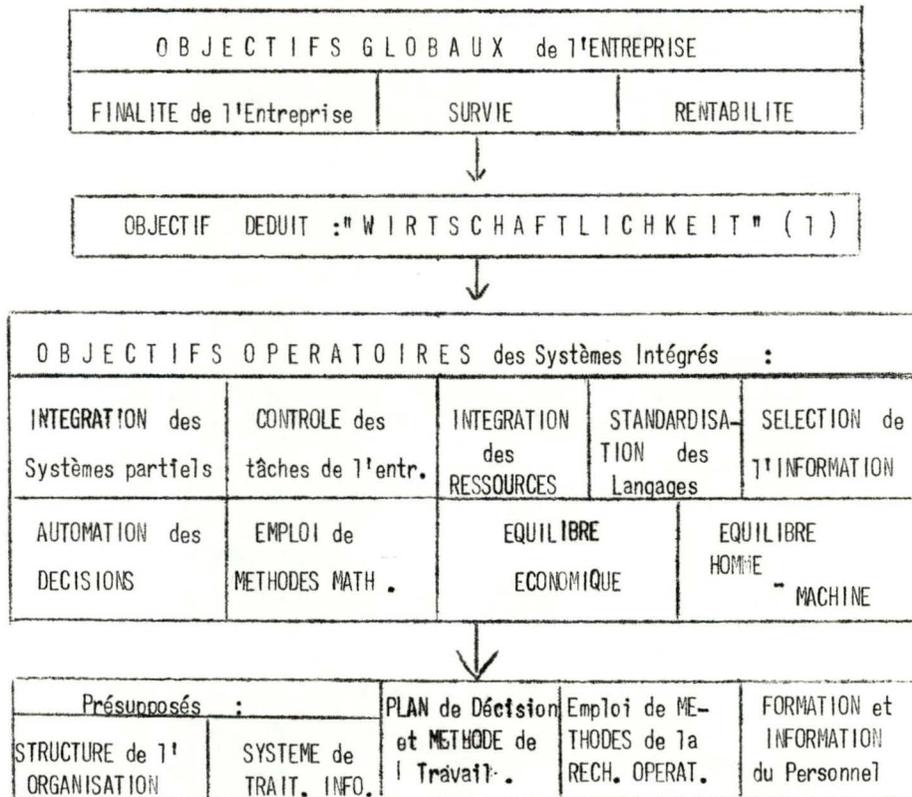


Fig. 4.4. Hiérarchie des objectifs dans l'entreprise.

- 
- (1) En allemand, les termes "Wirtschaftlichkeit" et "Rentabilität" doivent être distingués en ce sens que le premier indique plutôt un critère, une catégorie logique et que le second exprime la mesure mathématique de ce critère :
- "Wirtschaftlichkeit. Kriterium einer erfolgreichen, wirtschaftlichen Tätigkeit, bei der der Ertrag höher ist als der Aufwand. Die Wirtschaftlichkeit findet ihren messbaren Ausdruck vor allem in der Rentabilität. " : "Okonomisches Lexikon". Verlag Die Wirtschaft, Berlin, 1967, Vol. 2, P. 1140.
- "Rentabilität ist der durch das Verhältnis des Reingewinns zum Kapital gemessene Erfolg einer Unternehmung." BULOW, Friedrich und LANGEN, Heinz : "Wörterbuch der Wirtschaft", Kröner, Stuttgart 1967, (5e ed.), P. 450.
- "Economie. Critère d'une activité économique fructueuse, où les recettes sont plus élevées que les dépenses. L'économie trouve avant tout son expression mesurable dans la rentabilité."
- "La rentabilité exprime le succès d'une entreprise, mesuré par le rapport entre le profit net et le capital investi".

Il nous paraît intéressant de commenter ce schéma et de tenter d'en appliquer au moins certains points à un système déterminé. La direction générale fixe les objectifs globaux de l'entreprise : "survie" et "rentabilité", concrétisés dans l'objectif déduit : "Wirtschaftlichkeit", critère du succès de l'activité économique d'ensemble du système. En fonction de ce critère, les objectifs opératoires sont proposés à chaque type de système intégré : nous appliquerons ces différents objectifs à un système intégré de gestion de la production, représenté dans le schéma de la page suivante (1) et dont il nous faut auparavant expliciter brièvement les points caractéristiques.

Le planning à long terme concerne l'expansion de l'entreprise, les décisions d'investissement, d'acquisition d'équipement et de personnel. Le planning principal ("master scheduling") exerce une double fonction : veiller à l'exécution et à la livraison à temps des commandes et intégrer ces commandes dans les plans de capacités. Le planning à court terme assure le fonctionnement harmonieux entre les ateliers et des ateliers avec la fonction d'approvisionnement. Le planning de capacités à court terme détermine avec précision les taux de charge des capacités, avec spécification des besoins en capacités. Le contrôle d'atelier règle l'ordonnancement des tâches sur les machines, avec fixation des dates de début et fin de traitement et des règles de priorité. Le planning des stocks détermine les quantités d'approvisionnement et les stocks de sécurité requis par le rythme de production

-----

(1) Adaptation à partir de HOLSTEIN, W.K. : "Production Planning and Control Integrated", in "Harvard Business Review", Vol. 46, 1968, P. 139.



Nous pouvons en revenir maintenant aux différents objectifs opératoires mis en évidence dans le Schéma de KALSCHUEBER :

- (a) Intégration des systèmes partiels : les flux d'information entre les différents sous-systèmes (planning à long et court terme, stocks, contrôle d'atelier) est synthétisé dans les fichiers centraux du système de traitement de l'information qui comprennent l'ensemble des informations issues des sous-systèmes et mettent à leur disposition les informations de gestion dont ils ont besoin.
- (b) Contrôle des tâches : il s'agit en fait d'effectuer, pour les besoins de contrôle, une comparaison continue entre les valeurs effectives des variables essentielles (par exemple la charge des ateliers, les différés, les délais) et les normes fixées par le niveau supérieur, et cela pour chaque sous-système.
- (c) Intégration des ressources : elle consiste à assurer au niveau de chaque atelier une répartition optimale des tâches entre l'équipement et le personnel disponibles.
- (d) Standardisation des langages : On vise essentiellement à standardiser les procédures de saisie, collecte, transmission et traitement des données, ainsi que les langages de programmation utilisés.
- (e) Sélection de l'information : les informations relatives au système de production ne seront soumises au "management" que si elles indiquent des écarts des variables essentielles par rapport aux normes fixées dans les sous-systèmes : c'est une application du principe de gestion par exception.
- (f) Automation des décisions : programmation de règles de gestion standardisées pour les prévisions, la gestion des stocks, la régulation de la production dans les ateliers, de façon à permettre une gestion automatisée par le système de traitement de l'information. Les décisions non programmables restent du ressort du "management".

- (g) Emploi de méthodes mathématiques : application des techniques de la Recherche Opérationnelle de façon à améliorer (et éventuellement optimiser) les différents types de décisions à prendre tant dans les domaines du planning que de la gestion des stocks.
- (h) Les équilibres : l'équilibre économique est assuré par l'emploi optimal, au niveau global du système de production et au niveau de chaque sous-système, des différents facteurs mis en oeuvre. On veillera en particulier à assurer la répartition équilibrée des tâches en fonction des équipements et des capacités du personnel disponible.

Comme on peut encore le remarquer sur le schéma de KALSCHEUER, l'élaboration d'un tel système intégré de gestion présuppose un certain nombre de réalisations : une structure d'organisation adaptée, un système de traitement de l'information disposant des caractéristiques techniques suffisantes (vitesse de calcul et de traitement, périphériques et mémoires à accès direct, automatisation des entrées-sorties), une planification de l'ensemble des décisions à prendre, la pratique des méthodes modernes de gestion et des techniques de la Recherche Opérationnelle, la formation et l'information continues du personnel.

## 2° Structuration en activités et simulation du système.

On peut réaliser cette structuration en graphes d'activités, de façon à exprimer leurs relations fonctionnelles (1). Pour chaque sommet de graphe, on pourrait déterminer : les opérations élémentaires composant chaque activité, avec leur durée, volume et fréquence; la spécification des informations requises pour effectuer

-----

(1) Dans cette optique, CHAMBERS et HAIN, P. 9, proposent d'associer une matrice input-output à l'ensemble des activités.

les opérations et activités concernées (1); le flux d'opérations à traiter par unité de temps, en associant au graphe une échelle temporelle. A partir de tels graphes, on pourra déduire les principaux éléments du réseau de communication à établir dans l'entreprise, ainsi que la structure d'organisation souhaitable.

En outre, à partir du graphe ainsi temporalisé, on peut procéder à l'étude du système considéré comme un réseau de files d'attente, chaque sommet du graphe étant l'équivalent d'une station de service et les opérations à effectuer constituant les arrivées en ce point. Cela permet de localiser les goulots d'étranglement, d'estimer la longueur moyenne de chaque file, les temps moyens d'exécution et l'âge moyen de l'information utilisée, sur base de simulations réitérées du système ainsi constitué. Une fois les résultats des simulations connus, ainsi que les coûts nets des solutions respectives (coûts d'équipement, programmation, personnel, économies de main-d'oeuvre et de ressources, etc.), on disposera d'une base pour un choix économique d'un système informatique de gestion.

### 3° Le système intégré de gestion : une synthèse.

En guise de conclusion de cette section, on peut dire que le système intégré de gestion apparaît comme la synthèse d'un système intégré de traitement et d'un modèle de gestion. En effet, le système informatique seul améliore l'administration sans pour cela optimiser la gestion, tandis que le modèle de gestion doit être conçu en tenant compte de l'environnement informatique et ne peut devenir, en fait,

-----

(1) Pour mieux préciser les informations requises, KALSCHUEER, PP. 47-50, développe une procédure d'analyse des décisions avec recours aux tables de décision ("Decision Tables" ... offer the system analyst the means to ensure that he has considered all possible decision rules that can arise in a problem definition and they help him to eliminate inconsistencies and redundancies in his system design" DENOLF, Henri : "Decision Tables - An annotated Bibliography", C.E.T.A.I., Stenc., 1968, Introduction.

opératoire sans lui. Ainsi : "Un système intégré de gestion n'est autre qu'un système intégré de traitement dans lequel ont été inclus sans hiatus les modèles de gestion et les règles correspondantes (1).

#### 4.4 L'IMPACT SUR L'ORGANISATION DE L'ENTREPRISE.

Nous avons déjà signalé qu'il ne sert à rien de vouloir insérer un système informatique de gestion dans le cadre d'une structure organisationnelle préétablie (2). L'adaptation de cette structure est d'autant plus nécessaire que le degré d'automation du système informatique est plus grand et que ce système assume davantage d'"activités de direction" traditionnelles. Plus précisément la mécanisation et le traitement intégré des tâches administratives, ainsi que l'automation de certaines décisions de gestion (3) contribuent :

- à simplifier la hiérarchie dans l'organisation et à réduire la multiplicité des spécialisations au bas de la hiérarchie;
- à affaiblir le principe d'unité de commandement, en ce sens qu'il y aura création de liaisons directes entre unités non adjacentes de la pyramide tâches-activités; du fait même de l'intégration du traitement des données et de la création de fichiers intégrés, il y aura accès commun aux mêmes informations pour les différentes unités;
- à accroître l'importance des services fonctionnels (service informatique, étude des systèmes, etc.) sur une base interdisciplinaire et à favoriser leur liaison avec le "top management". Ce dernier

-----  
 (1) BAUVIN, P. 205.

(2) HARTMANN : "Man würde auf halbem Weg stehen bleiben, wenn man das vereinheitlichte System der Datenverarbeitungsorganisation dann in einer grundsätzlich unveränderten Organisationsstruktur verwirklichen wollte", P. 182. ("On en resterait à mi-chemin, si l'on voulait réaliser le système standardisé de l'organisation du traitement de l'information au sein d'une structure d'organisation fondamentalement inchangée").

(3) Ces deux niveaux correspondent à ce que JENKINS et YOULE qualifient de "lower" et "middle management decisions", P. 13.

doit se voir davantage comme suscitant et mettant en oeuvre les systèmes; le spécialiste des systèmes, lui : "... is not a mere advisor : he helps, executively, to set up new and improved systems." (1).

Finalement se pose le problème de savoir dans quelle mesure le système informatique de gestion contribue à la centralisation des décisions dans l'entreprise. A la suite de STENGEL et de WHISLER (2), nous développerons quelques considérations générales à ce sujet, avant d'examiner brièvement l'influence des différents types de systèmes électroniques de traitement de l'information à cet égard.

Pour WHISLER, l'effet centralisateur se fera surtout sentir dans les sections accomplissant des tâches répétitives sous une forte contrainte temporelle, là où les tâches étaient auparavant hautement spécialisées. STENGEL entend par centralisation la remise à un centre unique de la responsabilité de décisions appartenant habituellement à des autorités distinctes. En se plaçant dans le cas d'un système informatique, image d'un système réel géographiquement dispersé, des conditions particulières sont requises pour que l'autorité centrale dispose à temps de l'information utile :

- + plus ces données changent vite, plus leur transmission doit être rapide;
- + il faut pouvoir identifier au préalable ces informations et les codifier aisément;
- + l'estimation de leur valeur numérique ne doit pas laisser de place à une appréciation personnelle.

Etant donné toutefois que ces conditions ne sont jamais parfaitement remplies, l'unité centrale doit contrôler le flux d'informations qui

-----

(1) JENKINS - YOULE : P. 16.

(2) STENGEL : PP. 26-29; WHISLER, Thomas L. : "The Impact of Information Technology on Organisational Control", in MYERS, Ch. A. : PP. 27-37.

lui parvient. Il faut également marquer une limite fonctionnelle à cette tendance centralisatrice: on peut en effet distinguer les fonctions selon leur déroulement dans le temps : fonctions de planification à long, moyen ou court terme (elles se rapportent respectivement aux décisions stratégiques, aux opérations d'adaptation de l'appareil productif, à l'élaboration des plans de fabrication) et fonction de régulation à très court terme (ordonnancement des opérations). Selon ces différents types de fonctions, il convient de déconnecter, au moins partiellement, les systèmes informatiques qui les concernent, étant donné que les méthodes de traitement sont différentes.

Il faut également distinguer entre les différents types de systèmes électroniques de traitement de l'information :

- a) Un système de traitement séquentiel ne permet, du fait de la périodicité des traitements, qu'une intégration limitée des traitements administratifs; en outre, étant "off-line", il favorisera une centralisation du contrôle et de la prise de décision, vu les risques de délais d'obtention de l'information trop importants, surtout dans le cas d'entreprises géographiquement décentralisées.
- b) Un système "on-line, real-time", qui est le plus approprié à une intégration de la gestion, favorise la centralisation des prises de décision au niveau du "top management"; plus précisément, il y a centralisation des divisions fonctionnelles des problèmes de gestion (finances, production, marketing, personnel) et décentralisation selon le déroulement temporel des fonctions cité par STENGEL. Enfin, au point de vue contrôle, la centralisation ne doit effectivement s'appliquer qu'aux contrôles de structure (1).

Il reste cependant, à la fin de cette analyse des systèmes informatiques de gestion une double question que nous n'avons fait qu'effleurer jusqu'ici :

-----  
 (1) Voir p. 99.

- a) selon quels critères objectifs est-il possible d'estimer que la mise en service d'un tel "système" en vaut la peine ?
- b) dans quelle mesure peut-on estimer la valeur d'informations additionnelles que le système est susceptible de fournir ? Sur base de cette estimation, le "manager" devra en effet décider s'il faut, oui ou non, engager un coût de traitement d'information supplémentaire pour améliorer la prise de décision et la gestion. Cette estimation paraît assez problématique à KALSCHEUER : "D'une part, il est très difficile d'évaluer l'utilité, ou mieux, le rendement de nouvelles informations et, d'autre part, une comparaison des processus, qui seule pourrait donner des résultats utilisables, est très problématique étant donné l'avenir incertain" (1).

+  
+ +  
+

---

(1) "... einmal kann des Nutzen bzw. Ertrag von neuen Informationen nur schwer abgeschätzt werden und zum andern sind die Verfahrensvergleiche, die allein brauchbare Ergebnisse liefern können, durch die unsicheren Zukunfterwartungen recht fragwürdig." KALSCHEUER, P. 95.

## DEUXIEME PARTIE.

LA VALEUR DES SYSTEMES DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE  
L'INFORMATION ET LES PROBLEMES POSES PAR L'ESTIMATION  
DE LA VALEUR DE L'INFORMATION.

=====

## I N T R O D U C T I O N.

-----

Nous venons de décrire dans la première partie plusieurs types de systèmes de traitement électronique de l'information. Cette description nous a conduit à mesurer le rôle imparti à l'ordinateur dans l'élaboration de systèmes de gestion globaux, au niveau de l'entreprise. Par la puissance de calcul, la vitesse de traitement, la souplesse et les grandes capacités de stockage de l'information qu'il offre, l'ensemble de traitement électronique de l'information est un outil de gestion précieux. Mais gérer un ensemble signifie en assurer le contrôle, ce qui implique des prises de décision.

Le problème auquel nous nous attachons dans la seconde partie de ce travail, concerne la valeur que présente un système de traitement électronique de l'information pour le décideur. Cette valeur se détermine par rapport à la réalisation de l'objectif fixé au système. La direction de l'entreprise demande au système de traitement électronique de l'information de lui fournir une bonne information. C'est par l'intermédiaire de la qualité de l'information qu'il produit et diffuse que le système électronique est efficient et présente donc une valeur pour le décideur.

Il est dès lors logique que nous commençons par une estimation de la valeur de l'information elle-même. Des qualités de précision, d'âge, de pertinence et de fréquence que nous examinons dans un premier chapitre, caractérisent une "bonne" information.

La seconde approche de la valeur de l'information est de caractère quantitatif et se base sur la théorie mathématique de l'information et la théorie de l'utilité. Elle permet de déterminer la valeur brute et la valeur nette d'un système muni d'une certaine structure d'information.

Cette approche ne nous paraît cependant pas opératoire, et ce pour plusieurs raisons évoquées à la fin du second chapitre.

Ayant essayé de cerner le problème posé par l'estimation de la valeur de l'information, nous procédons dans le troisième chapitre à une analyse plus pragmatique de la valeur économique d'un système de traitement électronique de l'information. L'analyse coût-efficience nous permet, à cet égard, de déterminer d'une part les éléments de coût associés au système dans les différentes phases de sa vie économique; d'autre part, de dégager plusieurs critères (mesurables ou non) d'efficience du système dans la réalisation de l'objectif qui lui est assigné.

Un dernier chapitre examine les lignes méthodologiques d'une application de l'analyse coût-efficience à un problème de tenue et de gestion des stocks à l'aide d'un système de traitement électronique de l'information. Cette analyse tend à dégager comment on peut déterminer la valeur économique d'un ensemble électronique au niveau d'une application de gestion particulière.

CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES :  
 LES ELEMENTS DU PROBLEME DE DECISION.

-----

Nous pourrions définir, d'une façon générale, le problème de décision (1) comme suit : le décideur - individu ou organisation - développant une stratégie en fonction de ses préférences et de ses prévisions concernant l'état de l'environnement, cherche à obtenir un résultat selon un ou plusieurs critères de décision. Ainsi,  $\{x_i\}$  est le vecteur-stratégie (2) du décideur, i.e. l'ensemble des variables qu'il contrôle;  $\{y_j\}$  le vecteur d'"états de nature" (3) comprenant l'environnement du système et formé des éléments incontrôlables ou partiellement contrôlables par le décideur :  $r_{ij}$ , le résultat atteint par la combinaison d'un  $x_i$  et d'un  $y_j$ , d'où :

$$[R_{ij}] = f(x_i, y_j) \quad \text{qui forme une matrice des résultats établie sur base de l'information dont dispose le décideur;}$$
 $p_j$  exprime la probabilité avec laquelle  $y_j$  se présentera (la capacité de prévision au sujet de  $y_j$  dépend "du niveau de connaissance du

- 
- (1) Comme introduction à la théorie de la décision, on peut consulter entre autres :
- FISHBURN, P.C. : "Decision and Value Theory", Wiley, New York, 1964, 451 PP.
- MILLER D.W. and STARR M.K. : "The structure of human decisions", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1967, 174 PP,
- HADLEY, G. : "Introduction to Probability and Statistical Decision Theory", Holden-Day, San Francisco, 1967, 576 PP.
- BIERMAN, BONINI, FOURAKER, JAEDICKE : "Quantitative Analysis for Business Decisions", Irwin, Homewood, 1965 (rev.ed.) 447 PP.
- SCHLAIFER R. : "Probability and Statistics for Business Decisions" McGraw Hill, New York; 1959, 732 PP.
- (2) "... a strategy is a plan or program of action that may be adopted by the decision maker and implemented by him and/or by other persons working with or responsible to the decision maker", FISHBURN, P. 21.
- (3) Cela peut comprendre également l'ensemble des stratégies des concurrents.

systeme de facteurs non contrôlables" (1); enfin, les critères de décision sont les règles de base pour le choix d'une stratégie optimale parmi un ensemble de stratégies alternatives. Si l'on calcule la valeur espérée de  $R_i$  :  $E(R_i) = p_1 R_{i1} + p_2 R_{i2} + \dots + p_j R_{ij} = \sum_j p_j R_{ij}$ ,

le critère de décision fera par exemple choisir la stratégie  $i$  telle que :  $\text{Max } E(R_i) = \text{Max } \sum_j p_j R_{ij}$ , en supposant que le critère appliqué soit réaliste.

On distingue habituellement trois types de situations de décision : certitude, risque, incertitude. Il nous est possible de les interpréter en termes d'information. Nous admettons que le problème d'information concerne uniquement la prévision plus ou moins adéquate des états de nature; en effet, même s'il ne conçoit pas toutes les stratégies possibles, le décideur est supposé disposer d'une série de stratégies alternatives. Nous distinguons dès lors :

- 1) la prise de décision avec information complète : le décideur connaît soit l'état de nature futur et donc le résultat spécifique de chaque stratégie (certitude), soit la distribution de probabilités réelle des états de nature déterminant la survenance des différents résultats associés à chaque décision (risque).
- 2) la prise de décision avec information partielle : dans ce cas, le décideur dispose à tout le moins d'une certaine idée concernant les états de nature susceptibles de se produire (premier type d'incertitude) (2). Cette situation peut être assimilée à celle du risque, par une double démarche :
  - a) attribution aux états de nature de probabilités "subjectives" a

---

(1) STARR, M.K. : "Les décisions des entrepreneurs", in BLOCH-LAINE F. et PERROUX F., "L'entreprise et l'économie du XXe siècle", Vol. 2: "La formation des décisions et l'entreprise", PUF, Paris, 1966, P. 360.

(2) Il peut, au mieux, disposer d'informations incomplètes concernant les caractéristiques de la distribution de probabilités des états de nature.

priori exprimant numériquement : "... le degré de vraisemblance accordé personnellement par le centre de décision aux états de la nature" (1),

b) le recours à une information supplémentaire, sur base d'expérimentation ou d'observations sur échantillon, ce qui mènera à une transformation des probabilités a priori en probabilités a posteriori tenant compte de l'information supplémentaire; on veut ainsi "transformer les conceptions a priori fondées sur l'intuition ou sur l'expérience antérieure en une interprétation a posteriori fondée sur l'observation expérimentale des faits" (2). Ici intervient le calcul économique, étant donné qu'il s'agit pour le décideur d'équilibrer la valeur que représente pour lui l'information supplémentaire et les coûts requis pour son acquisition.

3) La prise de décision avec information nulle : le décideur est supposé se trouver dans une ignorance totale au sujet de la fréquence de survenance possible des états de nature futurs (3). C'est l'hypothèse sous-jacente aux critères de décision "objectifs" de Wald, Hurwicz, Laplace, Savage, où l'on s'attache uniquement aux conséquences des décisions en faisant abstraction du degré de vraisemblance des états de nature. La validité de ces critères a été contestée, tant au point de vue de leur caractère objectif

---

(1) LAMBIN, J-J. : "La Décision Commerciale face à l'Incertain", Dunod, Paris, 1965, P. 174.

(2) LAMBIN, P. 197.

(3) Dans ce second type d'incertitude, le décideur est toutefois supposé capable de distinguer entre eux les différents états de nature intéressant la décision. Si ce n'était pas le cas, il lui faudrait énumérer les états de nature possibles et leur attribuer une probabilité d'apparition estimée en fonction de chaque stratégie utilisée.

qu'à celui de leur cohérence logique (1).

Nous nous intéressons ici aux deux derniers types de situations de décision et surtout à la situation d'information partielle. Il est évident qu'en fonction de l'information et de la structure d'information (où s'insère le système de traitement de l'information) dont dispose le décideur, l'information supplémentaire aura pour lui une valeur propre.

+  
+  
+

---

(1) Voir à ce sujet : LUCE R.D. et RAIFFA H. : "Games and Decisions", Wiley, New York, 1967, 510 PP. et MILNOR, J. : "Games against Nature", in THRALL, COOMBS, DAVIS : "Decision Processes", Wiley, New York, 1954, PP. 49-59. Pour un exposé des idées de MILNOR, Voir MORLAT, G. : "Un article de M. J-L. Milnor. Les jeux contre la nature.", in "Economie Appliquée", t. XIII, 1960, PP. 27-36.

## CHAPITRE 1.

ANALYSE QUALITATIVE DE LA VALEUR DE L'INFORMATION.  
-----

Nous employons l'expression "analyse qualitative" pour désigner un ensemble de réflexions qui ne sont pas basées sur la théorie mathématique de l'information. Ce point de vue "qualitatif" est celui d'un certain nombre d'études dans le domaine de l'analyse économique : elles prennent explicitement en considération le rôle de l'information dans divers secteurs : la théorie de l'équilibre général (1), le mécanisme de la formation des prix sur le marché (2), la théorie de la firme (3). Cependant, le cadre de ces études dépasse largement notre propos. Nous nous centrons sur la valeur de l'information comme telle, sans en étendre directement l'application à tel ou tel problème de théorie économique. C'est ainsi que nous exposons dans ce chapitre deux genres d'approches centrées sur l'information :

- a) une analyse de la valeur de l'information à partir de certaines de ses propriétés;
- b) une analyse relative à l'information conçue comme mesure de la valeur d'un message pour le décideur affronté à un problème particulier.

Il nous paraît intéressant d'insérer cette double approche dans le contexte plus général constitué par le cycle d'information que nous commençons par définir brièvement.

-----

- (1) RICHARDSON, G.B. : "Equilibrium, Expectations and Information", in "The Economic Journal", Tome LXIX, PP. 223-237, et RADNER, R. : "Competitive Equilibrium under Uncertainty", in "Econometrica", Vol. 36, n° 1, 1968, PP. 31-58.
- (2) STIGLER, G. : "The Economics of Information", in "Journal of Political Economy", Vol. 69, 1961, PP. 213-225.
- (3) MALMGREN, H.B. : "Information, Expectations and the Theory of the Firm", in "The Quarterly Journal of Economics", 1961, PP. 399-421.

### 1.1 LE CYCLE D'INFORMATION.

On peut représenter schématiquement (Fig. 1.1) le cycle d'information dans lequel est intégré l'ensemble des considérations concernant la qualité de l'information (1).

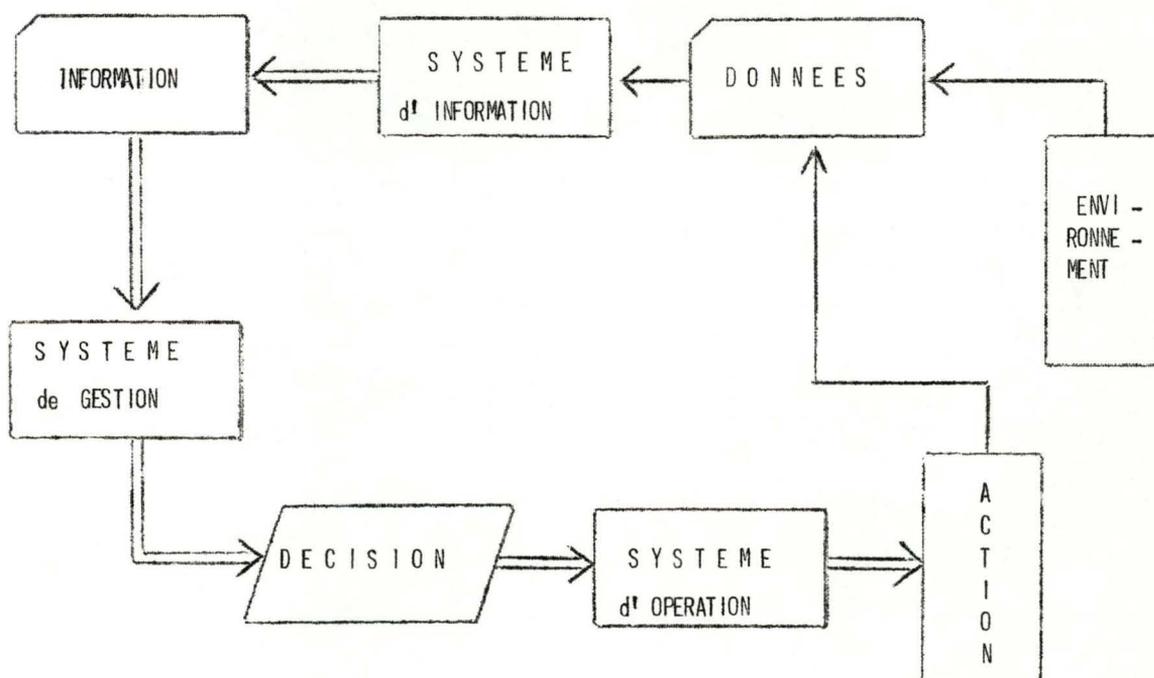


Fig. 1.1 Le cycle d'information.

Le système opérationnel caractérise les activités de l'entreprise, le système de gestion permet la prise de décision et le système informationnel collecte et traite les données de façon à permettre à la gestion d'utiliser le plus efficacement possible le potentiel opératoire de l'entreprise.

(1) L'information recouvre ici l'ensemble des éléments se rapportant à l'exécution d'une fonction de gestion dans l'entreprise. Pour l'ensemble de cette section, on peut se référer à : "Institut National de Gestion Prévisionnelle et de Contrôle de Gestion (I.C.G.) : "Etude sur les Conditions d'utilisation de l'Informatique", T. II, stencillé, Paris, 1968, surtout les PP. 19-52.

On peut distinguer deux étapes dans ce cycle : le temps d'élaboration de l'information (1) et le temps de réaction (2).

- Le temps d'élaboration se décompose en plusieurs phases : temps de saisie des données, de transmission, de traitement, de diffusion de l'information, avec un temps de contrôle associé à chaque phase de ce processus.
- Le temps de réaction peut, lui, se décomposer comme suit : temps d'enregistrement de l'information par le système de Gestion, temps de conception et de transmission de la décision au système Opérationnel, contraintes temporelles d'environnement (exemple : délais de livraison).

Les systèmes de traitement électronique de l'information influent considérablement sur le temps global d'élaboration, surtout au niveau traitement; simultanément on vise à moderniser et à accélérer les procédures de saisie et transmission (télétraitement).

Une information générée par le système d'information est dite de "bonne qualité" lorsqu'elle est "adaptée aux besoins du système de Gestion et du système d'Opération " (3). Cette qualité peut se vérifier en fonction de différents critères (précision, âge, etc.) que nous exposons dans la section suivante.

## 1.2. ANALYSE A PARTIR DE CERTAINES PROPRIETES DE L'INFORMATION.

Dans les sections qui suivent, nous nous proposons

-----

- (1) "...temps qui s'écoule entre le moment où sont saisies les données et le moment où les informations sont transmises au système de Gestion", I.C.G., T. II, P. 34.
- (2) "...temps qui s'écoule entre le moment où l'information arrive au "système gestion" et le moment où le système d'opération est capable de réagir à la décision correspondante", ibid.
- (3) I.C.G., T. II, P. 37.

d'étudier brièvement les relations - formalisées par certains auteurs - entre la valeur brute ou nette de l'information et certaines de ses propriétés. Cette introduction nous permettra d'une part de déceler les ambiguïtés du terme "valeur" et d'autre part d'exposer quelques manières de considérer la valeur de l'information et enfin de déterminer à partir de là les caractéristiques d'une "bonne" information.

FISHBURN (1) nous permet de distinguer trois façons d'employer le terme "valeur" :

- a) Pour décrire les différentes formes que peut prendre une variable; en ce sens l'expression "valeurs d'une variable" équivaut à "éléments d'un ensemble". Le cas des valeurs-nombres est un cas particulier.
- b) Comme expression qualitative de l'importance ou du caractère désirable d'une action ou d'un objet pour un individu (2).
- c) Pour indiquer la quantification du concept sous b) : c'est dans ce sens que l'on peut parler de "fonction de valeur" ou de "valeur relative".

Le problème auquel nous nous attachons se situe exactement à la charnière des deux derniers sens : il s'agit bien, en effet, de déterminer dans quelle mesure et sur quelle base une quantification rigoureuse de la valeur est possible. A cet égard, GREGORY-VAN HORN (3) distinguent trois types de théories de la valeur de l'information :

-----

- (1) FISHBURN, P. 10, en note. L'auteur propose en fait quatre manières, mais la première ne présente qu'un cas particulier de la seconde.
- (2) "To denote a qualitative impression or expression of worth, importance or desirability.", id. P. 10. Pour GREGORY-VAN HORN : "la "valeur" est la propriété qui fait estimer quelque chose, le rend désirable ou utile ou encore le degré auquel la chose possède de cette propriété." T. 1, P. 183.
- (3) GREGORY - VAN HORN, T. 1, PP. 183-184.

- d'une part, la "théorie des intangibles" considère les perfectionnements issus d'un système fournissant une "meilleure" information pour la prise de décision comme des facteurs supplémentaires intangibles auxquels on n'attribue aucune valeur propre quantifiable (ce qui est une façon d'escamoter le problème);
- d'autre part, dans la "théorie des dépenses", on considère que la valeur de l'information équivaut à la dépense faite pour l'obtenir. C'est une façon de cerner la valeur d'une information par la dépense maximale qu'on est prêt à consentir pour son acquisition. On pourrait dire en ce sens qu'un système de traitement de l'information plus coûteux qu'un autre est censé produire une information plus valable. La faiblesse de cette théorie apparaît cependant lorsqu'on la confronte avec le cas où un même volume d'information est obtenu à frais réduits; en outre, elle ne fournit pas de base, indépendante des coûts, pour l'estimation de la valeur et rend donc impossible tout calcul de valeur nette ou de rentabilité.
- Enfin, une troisième théorie considère les effets de l'information sur les opérations dans l'entreprise ou les bénéfices qui en résultent. Elle veut déterminer indirectement la valeur de l'information fournie par un document en vérifiant l'influence de la modification ou de l'omission du document sur les activités ou les bénéfices correspondants (1). Il reste toutefois que cette évaluation est très difficile à effectuer.

Des trois théories que nous venons d'évoquer brièvement, seule la dernière nous paraît pouvoir fournir un point de départ valable pour une analyse de la valeur de l'information à partir de certaines de ses propriétés. On peut distinguer plusieurs propriétés d'une "bonne" information - c'est-à-dire d'une information permettant la prise de décisions aussi correctes que possible - : précision,

-----

(1) C'est sur base de cette théorie que l'on peut développer une étude des différents facteurs relatifs à l'efficience d'un système.

âge, prévisibilité et pertinence.

### 1.2.1. La précision de l'information.

Une information précise est celle dont la marge d'erreur est suffisamment faible pour ne pas exercer une influence néfaste sur la décision à laquelle elle se rapporte; cette marge est essentiellement relative au décideur et aux conditions d'environnement. La relation entre valeur de l'information (1) et coût de son obtention, au point de vue précision, peut s'exprimer graphiquement (voir Fig. 1.2) On remarque à cet égard que la valeur croît proportionnellement de moins en moins à mesure que la précision augmente. Dès lors, la précision optimale s'obtient au point où la différence entre la valeur et le coût d'obtention est maximale. Manque et excès de précision peuvent se révéler également nuisibles : "Building a system to obtain more accuracy may encounter additional costs with questionable improvements in value"(2). Il n'est en outre pas possible dans nombre de

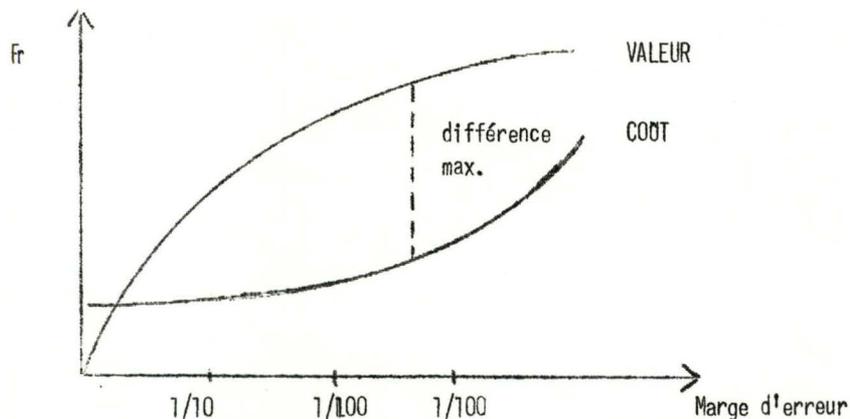


Fig. 1.2 (3) Valeur et coût d'obtention de l'information en fonction de sa précision .

- 
- (1) Cette valeur de l'information est exprimée ici en montant de bénéfices.
- (2) BRENNER, J.R. : "Toward a Value Theory of Information", in FRIE-LINK, A.B. (ed) : "Economics of Automatic Data Procession", North Holland, Amsterdam, 1965, P. 26
- (3) Voir GREGORY - VAN HORN : T. 1, P. 185.

cas d'estimer la valeur sur base des bénéfices réalisés grâce à un accroissement de précision.

MALONE (1) a poussé plus loin l'analyse de l'impact de la précision de l'information, à l'aide de l'analyse marginale. Pour cet auteur, "précision" se réfère à la dispersion d'une série de mesures exprimée par la variance, tandis que "accuracy" se réfère au biais d'une moyenne d'une série de mesures par rapport à la véritable moyenne. Le point de départ de l'analyse est un processus de production, pour lequel on désire savoir à quel taux de production le profit sera maximal, ou le coût minimal. L'information sera d'autant plus utile que la décision sera meilleure : "The better the decision, the more effective the optimization of the system." (2)

Dans cette perspective, MALONE vise à déterminer la valeur nette (= valeur brute - coûts) de l'information, au point de vue précision. Le coût de l'information est le coût d'obtention d'estimateurs des variables du modèle se référant au système à optimiser; la valeur brute de l'information est son utilité mesurée par la valeur attendue de l'efficience du système. Cette efficience est représentée par une quantité qu'il s'agit tantôt de maximiser (profits), tantôt de minimiser (coûts). La précision globale de l'information est déterminée à partir de la précision de chaque estimateur des variables non contrôlables, obtenu à partir de l'observation du système réel et de son environnement. En supposant que l'écart-type  $\sigma$  de la moyenne d'une variable exprime notre degré de croyance que la moyenne est représentative de la valeur réelle de la variable, la valeur de l'estimateur croît en raison inverse de  $\sigma$ ; dès lors, une mesure adéquate de la valeur de cet estimateur est la réciproque de  $\sigma^2$ ,

- 
- (1) MALONE, J.D. : "An analysis of the cost and value of improvable information for quantitative decisions", Ph. D., University of Pennsylvania, stencilé, 1964, surtout PP. 46-66.
- (2) MALONE, P. 53.
- (3) MALONE, P. 57.

appelée "precision" (1).

Il s'en suit que la relation entre le coût d'estimation de chaque variable et sa précision est du type  $C_D = f_d \left( \frac{1}{\sigma_c^2} \right)$  (2); cette fonction de précision est obtenue comme suit. On suppose le coût d'observation proportionnel à la taille  $n$  de l'échantillon (3), en fonction de laquelle évolue la précision de l'information. Ensuite, on combine les fonctions de précision individuelles pour obtenir un coût global des fonctions de précision. A ce moment, la règle est de répartir les frais de dépenses d'observation entre les différentes variables à estimer, de façon à minimiser la  $\sigma_c^2$  globale.

Si l'on considère que le modèle à optimiser consiste à minimiser une courbe de coûts en  $\cup$  (4), l'"expected value" du coût minimum va tendre à diminuer à mesure que l'on accroît la précision :

$$C_E = f_E \left( \frac{1}{\sigma_c^2} \right) \quad \text{A partir de là, la combinaison de ces}$$

deux courbes de coût ( $C_D$  reflétant le coût d'obtention de l'information et  $C_E$  l'évolution du coût à mesure que croît la précision de l'information) :

$$\begin{aligned} CT &= C_D + C_E \\ &= f_d \left( \frac{1}{\sigma_c^2} \right) + f_e \left( \frac{1}{\sigma_c^2} \right) \end{aligned}$$

doit être minimée et la valeur optimale de précision requise nous sera donnée au point de coût global minimum.

-----  
(1) MALONE, P. 57.

(2) Les indices D et d se réfèrent au coût de l'information, E et e à la valeur de l'information et C à l'efficience du système.

(3) Le point critique consiste à identifier le type de fonction reliant le coût d'observation et la taille de l'échantillon.

(4) Dans le cas de profit à maximiser, le modèle de MALONE est analogue au Graphique de la P. 136.

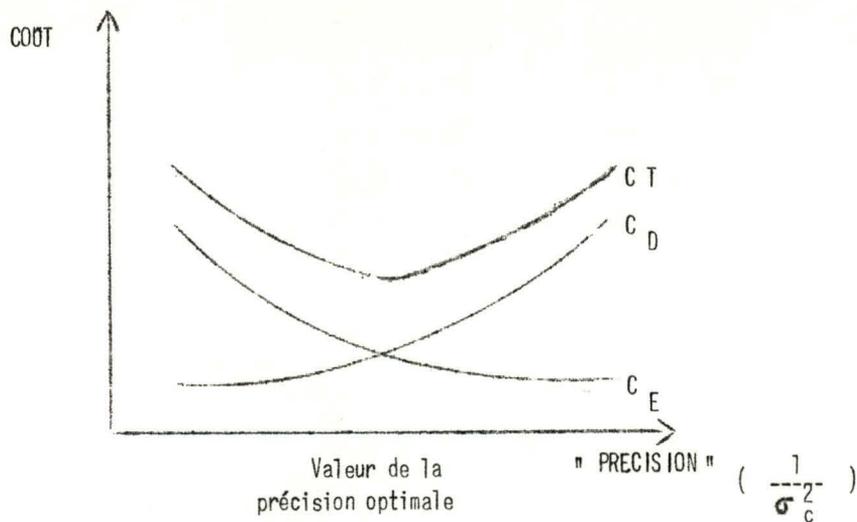


Fig. 1.3. Valeur de la précision de l'information en fonction du coût total .

### 1.2.2 L'âge de l'information.

Un des problèmes cruciaux rencontrés par le décideur - et que l'introduction de systèmes de traitement électronique de l'information aide à résoudre - est celui d'obtenir à temps l'information dont il a besoin et d'éviter ainsi son obsolescence. Ici encore, la contrainte temporelle varie très fort selon les circonstances. On distingue généralement l'âge de l'information d'état et l'âge de l'information opérationnelle.

#### 1.2.2.1 L'âge de l'information d'état.

L'âge de l'information d'état s'exprime par la différence entre le moment présent et la date d'origine du rapport d'état. L'information d'état concerne l'état d'une variable à un moment déterminé; son âge minimal est égal au délai, c'est-à-dire à la période comprise entre la fin d'un intervalle (1) et l'instant où l'information

(1) L'intervalle est défini comme : "... la période qui s'écoule entre la préparation de deux rapports consécutifs (une semaine, un mois, un trimestre, un an)", GREGORY - VAN HORN, T. 1, P. 177.

devient utilisable (cette période couvre donc le temps requis pour traiter les données, réparer et diffuser les rapports). Par ailleurs, l'âge moyen équivaut au délai plus la moitié de l'intervalle et l'âge maximal comprend le délai plus l'intervalle. Généralement, on accorde plus d'importance à la réduction du délai qu'à celle de l'intervalle et là le système de traitement électronique de l'information s'avère extrêmement précieux. Mais si l'intervalle est très grand par rapport au délai, la question se pose d'examiner s'il n'est pas plus profitable de réduire l'intervalle : un accroissement de la fréquence des rapports peut être bénéfique, mais seulement dans une certaine mesure. En effet, des rapports trop fréquents peuvent affecter négativement la décision, surtout en restreignant excessivement l'horizon de décision, sans compter la charge accrue qui en résulte, et pour le système de traitement, et pour le décideur. Toutefois, une information produite en temps réel et intégrant l'apport de l'information antérieure (par exemple par lissage exponentiel) peut être pleinement valable.

#### 1.2.2.2. L'âge de l'information opérationnelle.

Cet âge est exprimé par la différence entre le moment présent et la moitié de la période couverte par le rapport opérationnel. Ainsi, l'information opérationnelle concernant les ventes du mois aura comme âge inhérent  $1/2$  mois et, pour pouvoir en disposer, il faut y ajouter le délai requis pour sa production : tel est son âge minimal. L'âge moyen (maximal) est égal à  $1/2$  intervalle (1 intervalle), augmenté de la moitié de la période rapportée et des délais de traitement.

#### 1.2.2.3. Problème de l'intervalle optimum.

Le problème de la détermination précise de la dimension optimale de l'intervalle ou période rapportée, ainsi que du délai, n'est pas simple. On peut toutefois exprimer la valeur d'information comme une fonction décroissante du délai :

en effet, chaque fois que l'on accroît le délai d'une unité, la perte de valeur devient de plus en plus considérable;

on a  $\frac{\Delta V}{\Delta D} < 0$  et  $\left| \frac{\Delta V}{\Delta D} \right| < \left| \frac{\Delta V'}{\Delta D'} \right|$  avec:  $D < D'$

Dans la même hypothèse, la baisse des coûts s'amenuise progressivement :

$$\frac{\Delta C}{\Delta D} < 0 \quad \text{et} \quad \left| \frac{\Delta C}{\Delta D} \right| > \left| \frac{\Delta C'}{\Delta D'} \right|$$

Le délai optimum correspond à la différence maximale:  $\text{Max } f(\mathcal{E}) - f(V)$  .

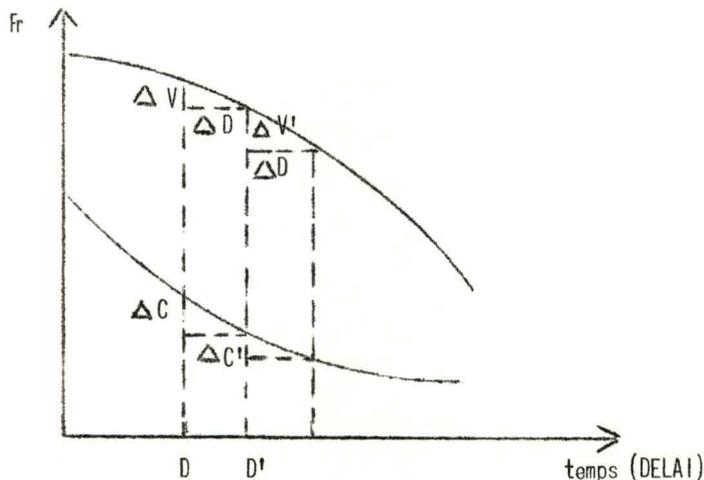


Fig. 1.4 Valeur de l'information en fonction du délai .

Dans le cas de l'intervalle, si la fonction de coût reste du même type, la valeur croît d'abord en fonction du délai, passe par un maximum, puis décroît.

La détermination de l'optimum se fait de la même manière que dans le cas du délai.

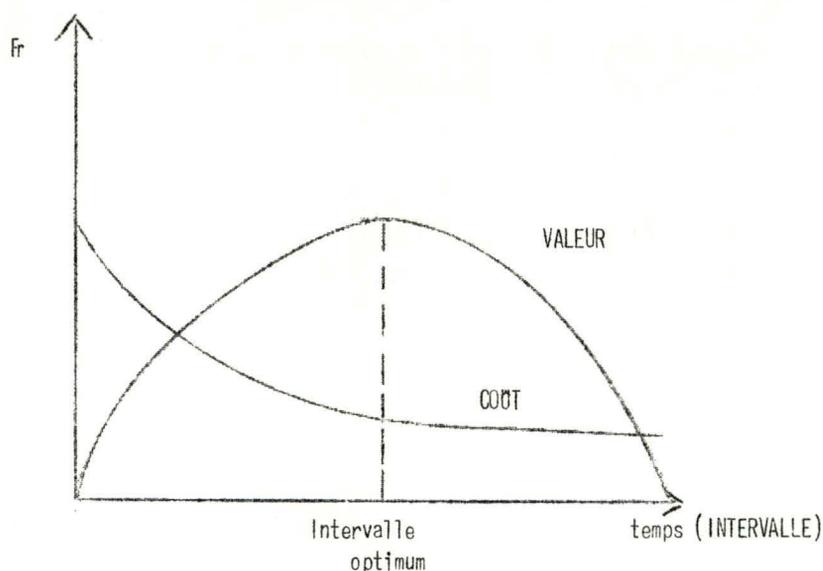


Fig. 1.5 Valeur de l'information en fonction de l'intervalle .

Une information périmée fausse l'estimation des conditions d'environnement et mène à des décisions erronées. Cependant, ce sont les caractéristiques propres à chaque problème de décision qui déterminent le moment d'obsolescence d'une information. Ici encore, la base d'estimation de la valeur de l'information est constituée par l'accroissement en bénéfices résultant des variations dans le délai ou l'intervalle. A cet égard, il faut remarquer que, d'une part des périodes ou intervalles courts risquent d'accorder trop d'importance à des événements accidentels recouvrant alors le "trend" normal, sauf s'il y a intégration des informations antérieures; que d'autre part des périodes ou intervalles longs neutralisent l'incidence des événements anormaux. Finalement, ce n'est que par des corrections adaptées qu'il est possible d'atteindre à des dimensions temporelles adaptées au problème à traiter. Le problème de l'âge de l'information peut être également abordé sous l'angle de la fréquence, que nous traitons dans les paragraphes suivants.

### 1.2.3 La fréquence de l'information ( $f_i$ )

L'introduction des systèmes de traitement électronique de l'information permet d'accroître considérablement la fréquence de diffusion de l'information. En général, la qualité croît avec la fréquence et le système en temps réel permet d'atteindre la meilleure qualité, à condition que l'information ainsi produite soit reliée (par exemple par lissage exponentiel) aux informations de même type qui la précèdent : on a :  $f_a = f_d = f_i$ . Toutefois, la relation qualité-fréquence est soumise à deux contraintes : d'une part le temps d'élaboration de l'information, d'autre part la fréquence de décision et le temps de réaction des systèmes Gestion et Opération.

La relation entre la période (qui est l'inverse de la fréquence) d'une information et son temps d'élaboration peut être envisagée comme suit. On a, à l'optimum :  $P_a = P_d = P_i$ , avec  $P_a$  la période d'action,  $P_d$  celle de décision et  $P_i$  celle de l'information. Le cycle d'information est le suivant : une action  $A_1$  engendre une information  $I_1$ , qui produit une décision  $D_2$  suivie d'une action  $A_2$ , qui engendre une information  $I_2$  et ainsi de suite (1). Si dès lors, le temps d'élaboration  $T_e > P_i$ , la décision  $D_2$  ne pourra pas se prendre avec l'information correspondante  $I_1$ , qui n'est pas encore élaborée, mais uniquement à l'aide de l'information  $I_0$  représentant l'action  $A_0$  : on prend ainsi la décision  $D_2$  sans connaître les effets de  $D_1$ , ce qui risque d'être très néfaste. C'est pourquoi le déroulement normal du cycle d'information postule que le temps d'élaboration d'une information soit inférieur à sa période. Schématiquement :

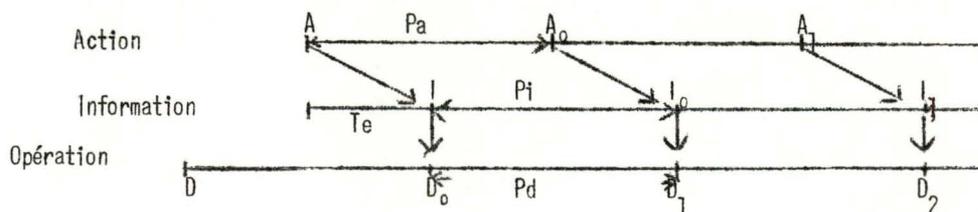
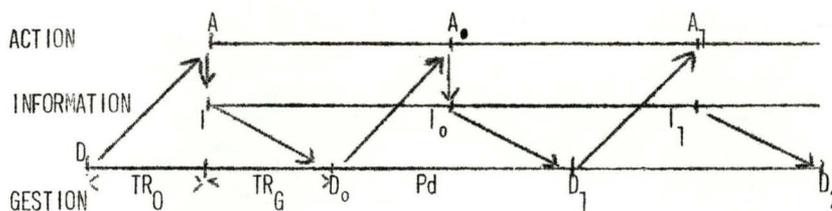


Fig 1.6. Temps d'élaboration de l'information et période .

(1) Avec les périodes  $P_a = A_1 - A_2$ ,  $P_d = D_1 - D_2$ ,  $P_i = I_1 - I_2$

Par ailleurs, la fréquence des décisions est déterminée par les temps de réaction des systèmes de Gestion et d'Opération. D'une part, on peut dire que le temps de réaction du système de Gestion ne peut être supérieur à la période des décisions :  $TR_G \leq P_d$ ; d'autre part, en général, le temps de réaction du système Opération ne peut être supérieur à la période de l'action :  $TR_O \leq P_a$ ; or  $P_d \geq P_a$ , d'où  $P_d \geq TR_O$ . Par ailleurs, si  $TR_O + TR_G > P_d$ , on en arriverait à prendre la décision  $D_1$  sans que l'action  $A_0$ , issue de la décision  $D_0$  soit connue. Dès lors, le déroulement normal exige que :  $P_d \geq TR_O + TR_G$  (1).

Schématiquement :



La relation entre période de décision et temps de réaction des Systèmes de Gestion et d'Opération .

Fig. 1.7 (2).

En outre, comme  $f_i \leq f_d$ ,  $P_i \geq P_d$ , d'où  $P_i \geq P_d \geq TR_O + TR_G$ , c'est-à-dire que "... la période de l'information doit être supérieure ou égale au temps de réaction global du Système de Gestion et du Système d'Opération" (3). Finalement, on détermine que la période de l'information doit être supérieure ou égale non seulement au temps d'élaboration, mais aussi au temps de réaction.

(1) Voir I.C.G., P. 51a.

(2) Les fig. 1.6 et 1.7 se réfèrent à I.C.G., PP. 48a et 51a.

(3) I.C.G., P. 52.

#### 2.1.4 Prévisibilité et Pertinence.

"La valeur de l'information dépend de la difficulté que présente la prévision de ce qui va se passer" (1). En univers certain, la valeur d'une information supplémentaire est nulle, étant donné que l'on sait ce qui va se passer; par contre, en univers incertain, cette valeur sera d'autant plus grande qu'elle contribuera à réduire l'incertitude en facilitant la prévision des variables non contrôlables par le décideur.

Enfin, une information aura beau être précise, c'est-à-dire exempte d'erreurs, sa valeur sera nulle si elle n'est pas pertinente, i.e. si elle ne se rapporte pas au problème décisionnel à traiter. Cette dernière caractéristique est en définitive la plus fondamentale, en ce qu'elle se rapporte uniquement au contenu même du message informatif. Il est dès lors clair que seule une analyse approfondie et préalable du problème de décision peut déterminer le type et les caractéristiques de l'information requise.

### 1.3 L'INFORMATION COMME MESURE DE LA VALEUR D'UN MESSAGE POUR LE DECIDEUR.

Dans son analyse de la microéconomie de l'information, A.M. McDONOUGH considère toute approche d'un problème comme un schéma permettant d'une part une première identification de sa structure et d'autre part l'allocation de valeurs aux composantes de cette structure.

#### 1.3.1 Conditions générales.

Pour McDONOUGH (2), l'entreprise ("business") peut se

(1) GREGORY - VAN HORN, T. 1, P. 192.

(2) McDONOUGH, PP. 121-145.

comprendre comme un ensemble de problèmes à résoudre. Les conditions préalables à l'attribution d'une valeur à un message informatif sont de deux ordres. D'une part, elles concernent la spécification du problème à résoudre. Cette spécification suppose que l'on établisse une classification des différents types de problèmes, situe le problème par rapport à l'ensemble dans lequel il s'insère et attribue aux différentes variables une pondération selon leur importance. D'autre part, une fois le problème spécifié, l'organisation a pour tâche d'assigner sa résolution à l'individu ou au groupe le plus qualifié (1), c'est-à-dire à celui qui aura besoin du moins d'information pour prendre la meilleure décision.

Dans cette conception de l'"Information Economics" - qui comprend la reconnaissance et la solution d'un problème, ainsi que la mise en application de cette solution - la place première est faite au décideur. La formation d'information ne se réalise que là où le décideur voit le lien entre des données particulières et des problèmes spécifiques. Il est dès lors concevable que : "Information is the measure of the value (worth) of a message to a decision maker in a specific situation" (2). L'attribution d'une valeur à un message comprend, dans cette optique, plusieurs étapes : identification de l'aire de valeurs propre au problème considéré (par exemple le profit, la vitesse de traitement); détermination d'une "opportunity-hazard scale" (3), où l'on tient compte des occasions futures à saisir et des hasards à affronter; inventaire des connaissances disponibles; estimation de l'effort à effectuer pour atteindre un certain niveau dans l'"opportunity-hazard scale". Cette dernière estimation pourra alors fournir le cadre d'évaluation d'un message particulier, que

-----  
 (1) Ce type de décideur est supposé connaître le problème, les données disponibles pour le traiter et les éléments inconnus ("decision gap").

(2) McDONOUGH, P. 122.

(3) McDONOUGH, P. 138.

l'on peut considérer comme un cadre d'offre et de demande d'information. Nous considérons que :

- a) le marché d'information est incomplet, en ce sens qu'au long de l'étude, offre et demande sont sujettes à ajustement;
- b) une étude particulière a pour fonction d'identifier offre et demande concernant un problème déterminé (1);
- c) en fonction des progrès de l'étude, il peut y avoir expansion ou contraction du marché : on peut par exemple se rendre compte que la demande initiale d'information est irréaliste, en considérant les coûts d'obtention de l'offre d'information correspondante;
- d) une fois l'étude terminée, il est possible de déterminer exactement les besoins en information non encore satisfaits, ainsi que le lieu et les coûts d'obtention éventuels rendant valable l'application de la solution.

### 1.3.2 Processus d'estimation de la valeur de l'information.

Ainsi, selon McDONOUGH, on ne peut parler de valeur de l'information que dans la mesure où l'on est capable d'estimer a priori l'impact des résultats d'une décision, ce qui suppose l'identification de l'environnement dans lequel ils vont se déployer (2). En général, l'étude d'un problème de décision doit permettre une définition formelle du problème et la détermination des informations disponibles avec, à la limite du temps d'étude consacré au problème, la définition de l'"information or decision gap" (3).

- 
- (1) Il s'agit de déterminer les besoins en information, de localiser les sources d'information (hommes, fichiers, environnement, etc.) disponibles pour spécifier la structuration du problème, les pondérations à accorder aux variables, les relations à identifier.
  - (2) Ces considérations s'intègrent dans l'analyse coût-efficience dont nous traitons dans le chapitre 3.
  - (3) McDONOUGH, P. 81, qui y présente également le graphique Fig.I.8

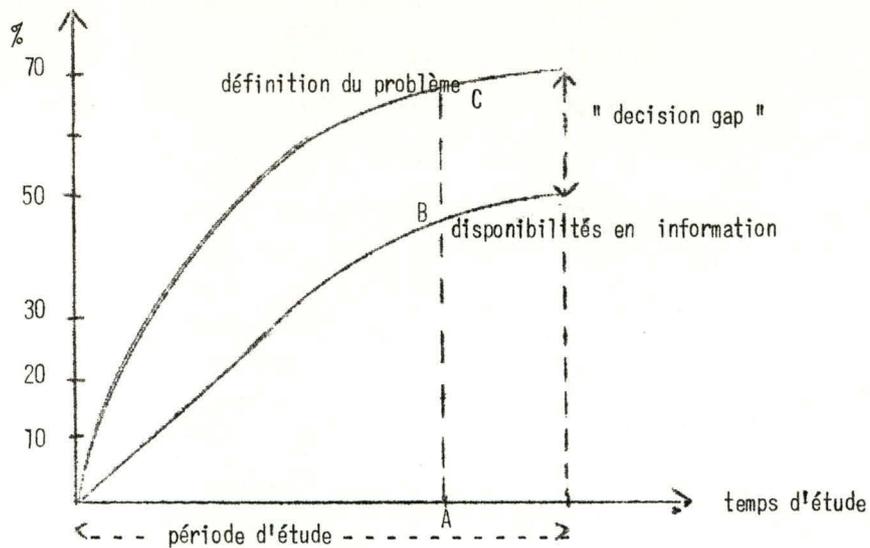


Fig. 1.8 Détermination du "decision gap" en fonction du temps d'étude .

Ceci se traduit sur la fig. 1.8, où l'ordonnée représente les progrès relatifs (en %) dans la structuration du problème et l'obtention de l'information, en fonction du temps d'étude représenté en abscisse. En un moment  $t_i$  de l'étude, il est possible de faire le point pour se demander :

- a) de quelles données on dispose (AB) pour satisfaire la définition du problème telle qu'elle a été identifiée jusqu'à présent, et
- b) quelle est la dimension de l'"information gap", c'est-à-dire des données requises mais non disponibles.

A partir de ce premier graphique, on peut développer, au moment  $t_i$ , deux types d'estimation, l'un portant sur la durée restante de la période d'étude, l'autre sur le rendement ("payoff") des résultats de la décision issue de l'étude.

Sur la Fig. 1.9, nous avons en ordonnée la grandeur relative de la valeur actuelle (AB) de l'étude (i.e. l'information disponible en  $t_i$ ) et la valeur potentielle (BC) nette de l'étude (i.e. l'information supplémentaire requise) AC représente la valeur totale

estimée de l'étude effectuée (1) ("total reflected value").

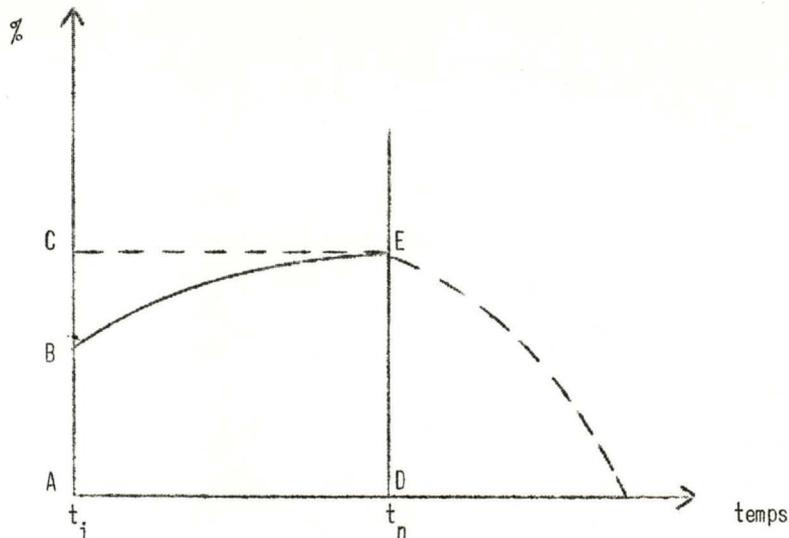


Fig. 1.9. Rendement total estimé de l'étude dans la période post-décisionnelle .

DE = AC correspond au rendement total estimé au cours de la période post-décisionnelle et l'aire DEF exprime une estimation de la valeur actualisée de ces rendements au cours du temps.

En définitive, on pourra estimer la valeur nette d'un message (2) pour un individu, par rapport à un problème particulier, comme étant : "... the sum of the values reflected from improvements in problem definition, information available, and decision-gap recognition. These values in turn are derived from the pressures on the individual because of the complexity of the problem, the importance of the problem on his opportunity - hazard scale, and the relative significance of the level of his job position" (3).

- 
- (1) "It is the reflected total value obtained through anticipation that gives us the initial basis for selecting among alternative possible study areas." McDONOUGH, PP. 110-111.
- (2) McDONOUGH évoque brièvement le problème des coûts, PP. 113-114.
- (3) McDONOUGH, P. 138.

## CHAPITRE 2.

## L'APPROCHE QUANTITATIVE DE LA VALEUR DE L'INFORMATION.

2.1 INTRODUCTION.

L'approche traitée dans ce chapitre peut être appelée quantitative pour une double raison : d'une part, elle s'appuie sur la théorie des probabilités, d'autre part certains de ses concepts proviennent de la théorie mathématique de l'information (1). A cet égard, nous supposons connus les principaux éléments du calcul des probabilités (2), ainsi que les concepts de base de la théorie mathématique de l'information.(3)

La conjonction de ces deux outils a mené certains auteurs à élaborer les fondements d'une théorie économique de l'information. Nous nous proposons d'analyser les contributions de certains d'entre

- 
- (1) "La théorie de l'information s'occupe des problèmes mathématiques soulevés par la conservation, la transformation et la transmission de l'information." RENYI, A. : "Calcul des Probabilités. Avec un Appendice sur la Théorie de l'Information.", Dunod, Paris, 1966, P. 496. Une des questions traitées par la théorie de l'information concerne la mesure de l'information associée à un message.
- (2) On peut consulter :
- FELLER, W. : "An Introduction to Probability Theory and its Applications", 2 vol. Wiley, New York, 1968 (3e ed.);
- PARZEN, E. : "Modern Probability Theory and its Applications", Wiley, New York, 1960;
- RENYI, A., op. cit.
- (3) Voir à cet égard : IAGLOM, A. M. et IAGLOM, I. M. : "Probabilité et Information", Dunod, Paris, 1959;
- ASH, R.B. : "Information Theory", Wiley, New York, 1967 (3e ed.), 334 PP.
- ABRAMSON, N. : "Information Theory and Coding", McGraw - Hill, New York, 1963;
- GUIASU, S. et THEODORESCU, R. : "La théorie mathématique de l'information", Dunod, Paris, 1968, 221 PP.
- sans oublier l'ouvrage fondamental de SHANNON C. et WEAVER W.

eux, devenues essentielles en cette matière. Il s'agit surtout des recherches de J. MARSCHAK (1), J. EMERY (2) et C. YING (3).

Dans le type d'approche que nous développons, nous nous limitons aux problèmes relatifs à la microéconomie de l'information : "The microeconomics of information, an extension of the usual theory of the firm, a household or a government agency, considers a single decider with tastes, beliefs and resources. It is concerned with the choice of an optimal information system under these fixed conditions" (4). En outre, la nature même du sujet à traiter - à savoir la valeur de l'information additionnelle - implique de soi l'hypothèse de prise de décision avec information partielle (ou nulle), qui peut être améliorée. Les problèmes traités se réfèrent donc constamment à une situation d'incertitude.

Nous commençons par évoquer, dans ce chapitre, les

- 
- (1) MARSCHAK, Jacob : (2) "Towards an Economic Theory of Organization and Information", in THRALL, COOMBS, DAVIS (ed.) : "Decision Processes", Wiley, New York, 1954 : PP. 187-220.  
MARSCHAK, J. : (3) "Remarks on the Economics of Information", in "Contributions to Scientific Research in Management", University of California, Los Angeles, 1959 : PP. 79-100.  
MARSCHAK, J. : (4) "The Payoff-relevant Description of States and Acts", in "Econometrica" vol. 31, n° 4 (oct. 1963), PP. 719-726.  
MARSCHAK, J. : (5) "Problems in Information Economics", in BONINI, JAEDICKE, WAGNER : "Management Controls", McGraw-Hill, New York, 1964, P. 38-74.
- (2) EMERY, James C. : "The Value of Information as a Function of the Structure and Reliability of the Information System", University of Pennsylvania, Philadelphia, 1966, 39 PP. stenc.
- (3) YING, Charles C. : "Learning by Doing. An adaptive Approach to multi-period Decisions", in "Operations Research", sept-oct. 1967, PP. 797-812.
- (4) MARSCHAK, J. (5), P. 38.

différents éléments constitutifs d'un système d'information. Dans une section suivante est examinée la question de la capacité informative d'un système d'information, c'est-à-dire de son aptitude à transmettre plus ou moins fidèlement des messages provenant d'informations concernant les états de nature; cela nous permet d'aborder ensuite la détermination de la valeur (brute et nette) d'un système d'information. Toutefois, l'ensemble de l'analyse est encore limité, à ce moment, aux seuls problèmes posés dans un cadre purement statique, sans prise en considération explicite du temps. Il est dès lors nécessaire d'envisager quelque peu les problèmes posés par un système d'information engagé dans un processus dynamique multipériode. Enfin, une appréciation critique clôt le chapitre.

## 2.2 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN SYSTEME D'INFORMATION.

MARSCHAK (1) définit comme suit un système d'information:  
"An information system may be a simple instrument for collecting observations of the environment, or a complex work (an "organization") of men and machines who make observations, process them, and send messages to each other and finally to those who perform actions impinging, and thus yielding a payoff" (1).

---

(1) MARSCHAK (5), P. 38.

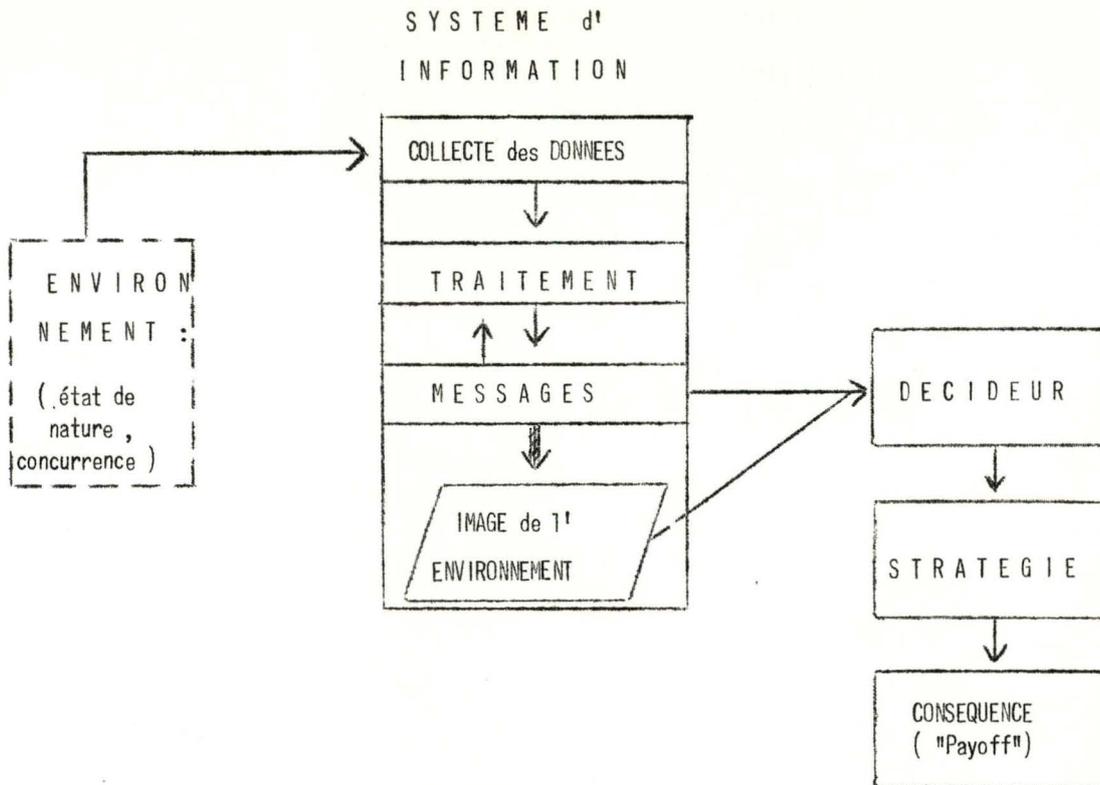


Fig. 2.1 Un système d'information.

En simplifiant, on pourrait dire que le système d'information transmet au décideur une certaine image de l'environnement, en fonction de laquelle est adoptée une stratégie déterminée. Le critère de validité de la stratégie est le gain ("payoff"). Selon que ce critère est plus ou moins bien satisfait, la possibilité demeure pour le décideur, soit de rechercher une information supplémentaire (par exemple par de nouvelles observations), soit de vérifier le degré de fidélité du système d'information transmetteur. Il y a donc en fait deux problèmes économiques qui se posent dans cette perspective :

- a) d'une part, le problème posé par le coût d'amélioration du système d'information (collecte, traitement, transmission), comparé au degré d'amélioration de la décision résultante : détermination de la valeur nette d'un système d'information. Il s'agit, dans le calcul économique, d'arriver à un système d'information optimal, dont la valeur nette soit donc la plus grande possible;
- b) d'autre part, le second problème est celui de l'équilibre à

réaliser entre le coût d'obtention de l'information supplémentaire et le degré d'amélioration de la décision résultante, ce qui devrait permettre de déterminer la valeur nette de l'information supplémentaire. Dans cette section, nous examinerons les différents éléments permettant une première approche du problème de la détermination d'un système d'information optimal.

On peut représenter de façon formelle les quatre éléments essentiels du problème de décision : états de nature, stratégies, canaux (1), conséquences.

- Soit  $E = \{e\} = \{e_1 \dots e_n\}$  l'ensemble des états de nature (2) possibles. Ceci implique deux hypothèses : d'une part que le monde réel puisse être décrit en termes d'états de nature distincts (3) et mutuellement exclusifs, d'autre part que l'on fasse ici abstraction d'une forme d'environnement, à savoir celle de la concurrence, qui est plus spécifiquement du ressort de la théorie des jeux.

- Soient en outre  $A = \{a\}$  l'ensemble des stratégies possibles du décideur, et  $C = \{c\}$  l'ensemble des canaux dont le décideur peut disposer, chaque canal comprenant un ensemble  $Y^c = \{y^c\}$  de messages décrivant les états de nature (4). Enfin, l'on détermine

$\Theta = \{\theta\}$  comme étant l'ensemble des conséquences que l'on peut associer aux différentes stratégies, un état de nature étant donné.

(1) "... we shall designate all information systems simply as "channels"" MARSCHAK, (5), P. 38.

(2) On entend par "état de nature" ou "état d'environnement" ... an underlying state of affairs that can be represented by a set of conditional probabilities, for each possible act taken, of realizing various consequences (the term consequence is used instead of outcome, because outcome can be easily confused with outcome of an experiment)", YING, PP. 798-799.

(3) EMERY, P. 2.

(4) Ceci implique que  $Y^c$  est un sous-ensemble de  $E$ , étant donné que l'on connaît les états de nature par les messages que communique le système d'information.

On peut alors désigner par  $e_i$  un état de nature parmi les  $m$  états "reconnus" (1) et par  $a_k$  une stratégie parmi les  $s$  stratégies reconnues (2). On suppose que le décideur est capable d'assigner à chaque couple  $(a_k, e_i)$  un gain ("payoff") ou utilité  $u_{ki}$ . La représentation se fait sous forme d'une matrice de gains

$$\omega [u_{ki}] \quad (3).$$

$$\begin{array}{c} a_1 \\ \vdots \\ a_s \end{array} \begin{bmatrix} e_1 & \dots & e_m \\ u_{11} & \dots & u_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ u_{s1} & \dots & u_{sm} \end{bmatrix}$$

La dernière hypothèse qui vient d'être formulée - et qui est liée au modèle de comportement rationnel (4) - demande à être quelque peu précisée. Il est donc supposé que le décideur a une certaine fonction d'utilité jointe aux valeurs monétaires représentant les gains associés à chaque combinaison stratégie-état. On peut, avec MARSCHAK (5) et à la suite de von NEUMANN et MORGENSTERN (6),

- 
- (1) On entend par là l'ensemble des états explicitement identifiés comme pouvant se produire durant la période de temps se rapportant à une décision donnée. Chaque vecteur  $e_i$  représente un ensemble de variables plus ou moins détaillées : voir EMERY, P. 2.
- (2)  $a_k$  est un vecteur décrivant toutes les actions entreprises dans le cadre de la  $k$ ème stratégie.
- (3) "Payoff matrix" : EMERY, P. 4.
- (4) Voir à ce sujet HADLEY, PP. 105-106.
- (5) MARSCHAK, J. (2), PP. 193-196.
- (6) VON NEUMANN J. and MORGENSTERN, O. : "Theory of Games and Economic Behavior", Princeton University Press, Princeton, 1953 (3e ed.), PP. 15-29.  
Voir aussi LAMBIN, PP. 135-139.

explicitement comme suit l'établissement d'une telle fonction d'utilité : le décideur a une certaine image de l'environnement, sous forme d'une distribution de probabilités  $F(e)$ ; à chacune de ses décisions est attachée une conséquence (que MARSCHAK appelle "prospect" (1))  $z \in Z$ ; le décideur est supposé pouvoir toujours préférer une stratégie à une autre à moins qu'elles ne lui soient indifférentes (la même chose valant pour les conséquences).

Le processus d'élaboration d'une fonction numérique d'utilité se déroule en deux étapes :

- a) le décideur détermine les deux conséquences extrêmes possibles, pour lui : la meilleure,  $z_1$ , et la pire  $z_0$ , auxquelles il associe les nombres d'utilité  $U(z_0) = 0$  et  $U(z_1) = 1$ ;
  - b) l'extension aux autres conséquences se fait par l'intermédiaire des probabilités; si une conséquence prend la forme  $z_1$  avec une probabilité  $\pi$ , et la forme  $z_0$  avec une probabilité  $1-\pi$ , son nombre d'utilité sera :  $U(z_1, z_0; \pi, 1-\pi) = \psi$ ;
- si, par ailleurs, une autre conséquence  $z_n$  se présente, le décideur peut lui attacher une utilité estimée par rapport aux extrêmes et aux autres conséquences déjà classées. Ainsi, de proche en proche, il lui est possible de préciser sa propre fonction d'utilité.

---

(1) MARSCHAK, J. (2), P. 193.

Antérieurement, MARSCHAK avait défini avec plus de précision la notion de "prospect". Il envisage en effet  $\tau$  intervalles de temps futurs, suite à une décision : "The amounts of each commodity consumed during each interval and the stocks of various kinds available at the horizon point define one of the mutually exclusive "future histories"  $x \dots$ . We call a prospect  $\underline{a}$  the vector (the distributions) of the probabilities  $a_0 \dots a_v$  assigned respectively to all the mutually exclusive histories  $x^{(0)} \dots x^{(v)}$ " et plus loin : "We call a prospect the probability distribution of the time sequences of all combinations of commodities (or, in fact, of many kinds of events)" : MARSCHAK, J. (1) : "Rational Behavior, Uncertain Prospects, and Measurable Utility", in "Econometrica", vol. 18, 1950 : PP. 113-114, 134.

La transition de l'utilité au gain monétaire s'effectue dans la mesure où l'on peut établir une relation entre les différentes conséquences probables et leur expression en certitude sous forme de montants monétaires ou vice-versa. Toutefois, pour supposer ainsi "... that payoffs have been transformed into the utilities  $u_{ki}$  that reflect risk preferences" (1), il est nécessaire que la fonction d'utilité de la monnaie soit linéaire (2).

Finalement, on peut citer une remarque de MORLAT (3), au sujet de l'ordre entre actes (ou stratégies) et entre conséquences: "On observera que l'ordre choisi entre les actes (ordre de préférence) induit un ordre entre les conséquences (ordre d'utilité). Car il existe - du moins cette théorie (4) l'admet dans la définition même des actes, qui sont des applications arbitraires - des actes qui permettent d'obtenir à coup sûr une conséquence donnée." Sans nous attarder davantage sur ce point pour le moment, il nous paraît cependant important de revenir en fin de chapitre sur l'ensemble de cette théorie de l'utilité qui est, comme nous le verrons, une des bases de la théorie de la valeur.

Il nous faut maintenant traiter quelque peu des états de nature : l'état de nature  $e_i$ , qui prévaudra pendant la période où s'exerce une stratégie  $a_k$ , n'est pas connu, par hypothèse, de façon certaine. Ce que l'on observe, ce sont, d'une part, les conséquences

---

(1) EMERY, P. 10.

(2) MARSCHAK, J. (5) souligne ceci dans une note dont nous reparlerons plus loin.

(3) MORLAT, G. : "L'incertitude et les probabilités", in "Economie Appliquée", t. XIII, n° 1, 1960, P. 45.

(4) Il s'agit de la théorie de SAVAGE, exposée dans "The Foundations of Statistics", Wiley, New York, 1954, et condensée dans l'exposé de MORLAT.

(1) issues des stratégies employées, d'autre part des nouvelles sources d'information concernant l'état de nature. Il ne faut en effet pas oublier que l'état de nature présent et les signes de son évolution sont perçus par l'intermédiaire d'un système d'information sujet à erreurs.

Si l'on suppose cependant que l'état  $e_i$  prévaut ( $i = 1 \dots m$ ), on peut représenter la relation stratégie - conséquence par une matrice de probabilités conditionnelles :

$$\begin{array}{c}
 a_1 \\
 \vdots \\
 a_k \\
 \vdots \\
 a_s
 \end{array}
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 \begin{array}{ccc}
 \theta_1 & \dots & \theta_l & \dots & \theta_z \\
 \hline
 p_{11}^i & \dots & p_{1l}^i & \dots & p_{1z}^i \\
 \hline
 p_{k1}^i & \dots & p_{kl}^i & \dots & p_{kz}^i \\
 \hline
 p_{s1}^i & \dots & p_{sl}^i & \dots & p_{sz}^i \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 \quad (2)$$

avec :

$a_k$  ( $k = 1 \dots s$ ), la  $k$ ème stratégie du décideur,

$\theta_l$  ( $l = 1 \dots z$ ), la  $l$ ème conséquence

$p_{kl}^i$ , la probabilité conditionnelle de réaliser la  $l$ ème conséquence, si l'on applique  $a_k$  et que le  $i$ ème état de nature prévaut, en supposant, en outre que :

$$\sum_{l=1}^z p_{kl}^i = 1$$

(1) Il est à noter que la différence essentielle entre conséquences et états de nature provient de ce que la distribution de probabilités des états de nature est indépendante d'une stratégie, alors que les probabilités de réalisation des conséquences dépendent des stratégies.

(2) Voir YING, P. 799.

On peut également adjoindre à chaque paire stratégie-conséquence un indice d'utilité  $v_{ij}$  :

	$\theta_1$	.....	$\theta_z$
$a_1$	$v_{11}$	.....	$v_{1z}$
⋮			
$a_s$	$v_{s1}$	.....	$v_{sz}$

En définitive, l'information dont dispose le décideur pour la connaissance de l'état de nature présent et la prévision des états futurs dépend de la structure du système d'information. Cette structure est définie en termes de la probabilité  $q_{ij}$  que le message  $y_j$  soit reçu, si c'est l'état de nature  $e_i$  qui prévaut :

$q_{ij} = \Pr ( y_j \mid e_i )$ . L'ensemble peut se représenter par la matrice

$[Q]$  :

	$y_1$	.....	$y_j$	.....	$y_n$
$e_1$	$q_{11}$	.....	$q_{1j}$	.....	$q_{1n}$
⋮					
$e_i$	$q_{i1}$	.....	$q_{ij}$	.....	$q_{in}$
⋮					
$e_m$	$q_{m1}$	.....	$q_{mj}$	.....	$q_{mn}$

La structure la plus parfaite (1) est celle établissant

- 
- (1) Le problème consiste, à ce niveau, à obtenir une structure à la fois suffisamment fine et suffisamment grossière ("sufficiently fine and sufficiently coarse") MARSCHAK (4), P. 722), c'est-à-dire telle qu'elle restreigne la description de l'ensemble des paires état-stratégie aux seules paires pertinentes ("the reduction of descriptions of states and acts to the relevant ones", id. (4), P. 719). Il s'agit donc d'obtenir un message aussi détaillé que nécessaire, ni plus ni moins. Ce problème fait l'objet de l'ensemble de l'article de MARSCHAK (4).

une identité entre l'état de nature "reconnu"  $e_i$  et le message  $y_j$  qui l'exprime; l'on aura alors une matrice-unité. Une structure peut être imparfaite pour deux séries de raisons :

- a) à cause de la présence d'erreurs aléatoires dans la transmission du message, ce qui a pour effet de diminuer la confiance que peut avoir le décideur en ce message (1);
- b) la seconde source d'erreurs se rapporte à la différenciation des états de nature. Si l'on partitionne l'ensemble des  $m$  états de nature en  $n$  sous-ensembles et qu'on associe une stratégie  $a_k$  ( $k = 1 \dots s$ ) au sous-ensemble  $e_{m_{j-1} + 1} \dots e_{m_j}$ , il s'agit de voir si la structure est appropriée ("relevant") ou non par rapport à ce partitionnement.

Soit la matrice  $\omega \begin{bmatrix} u_{ki} \end{bmatrix}$  :

$$\begin{array}{cccccccc}
 & e_1 & \dots & e_{m_1} & e_{m_1+1} & \dots & e_{m_2} & e_{m_2+1} & \dots & e_{m_3} & \dots & e_{m_n} \\
 a_1 & u_{11} & \dots & u_{1m_1} & u_{1m_1+1} & \dots & u_{1m_2} & u_{1m_2+1} & \dots & u_{1m_3} & \dots & u_{1m_n} \\
 \vdots & & & & & & & & & & & \\
 a_k & u_{k1} & \dots & u_{km_1} & u_{km_1+1} & \dots & u_{km_2} & u_{km_2+1} & \dots & u_{km_3} & \dots & u_{km_n} \\
 \vdots & & & & & & & & & & & \\
 a_s & u_{s1} & \dots & u_{sm_1} & u_{sm_1+1} & \dots & u_{sm_2} & u_{sm_2+1} & \dots & u_{sm_3} & \dots & u_{sm_n}
 \end{array}$$

avec  $m_0 = 0$ ,  $k = 1 \dots s$ ,  $i = 1 \dots m$

Dès lors, si l'on a, pour cette matrice :

- a)  $u_{ki} = u_{km_j}$ , pour tout  $m_{j-1} < i \leq m_j$ , et  $u_{ki} \neq u_{km_j}$ , dans les

---

(1) A cet égard, le contrôle d'erreurs dans les systèmes de traitement électronique de l'information prend toute son importance.

autres cas, il y a correspondance entre le partitionnement de l'ensemble des états de nature et la répartition, en gains, des effets des stratégies; dans ce cas, la structure est dite "payoff relevant with respect to the partitioning of the states of nature" (1);

- b)  $u_{ki} = u_{km}$ , pour  $i \leq m_{j-1}$  ou  $i > m_j$ , le partitionnement des états de nature - et partant de la structure - est trop fin, étant donné que l'on établit des distinctions non pertinentes entre deux états (2);
- c)  $u_{ki} \neq u_{km}$ , pour tout  $m_{j-1} < i \leq m_j$ , la structure est trop grossière, vu qu'elle ne distingue pas des états de nature réellement différents (3).

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que si, en fonction de la structure dont il dispose, le décideur arrive à partitionner plus ou moins correctement l'ensemble des états de nature, il ne possède au mieux, à partir de son état d'information initial, que des estimations au sujet de la probabilité d'occurrence des divers états. De telles estimations constituent les probabilités subjectives a priori qu'attribue le décideur aux états de nature (4). Si donc

(1) EMERY, P. 7.

(2) Le partitionnement devrait donc être plus large, de façon à englober dans l'espace  $m_{j-1}$ ,  $m_j$  tous les  $u_{ki} = u_{km_j}$ .

(3) Il faut partitionner davantage de manière à regrouper exclusivement, comme en (2), les  $u_{ki} = u_{km_j}$ , en un même partitionnement.

(4) "La probabilité attribuée à un état E par un individu I disposant d'un ensemble d'information K est un coefficient rendant quantitative la notion qualitative de vraisemblance de E pour I, K étant donné", MASSE, P. : "Le choix des investissements", Dunod, Paris, 1964, (2e ed.) P. 214.

$P = \{p_1 \dots p_m\}$  est le vecteur de probabilités a priori,  $p_i = \text{pr}(e_i)$  est la probabilité a priori que l'état  $e_i$  prévaille : elle n'est autre que l'expression du degré de vraisemblance accordé à  $e_i$  en fonction du jugement, de l'information et de l'optique propres au décideur.

Il est toutefois bien clair que la probabilité a priori n'est que le point de départ du processus d'identification des probabilités réelles attachées aux états de nature. A partir de cette base, on peut évaluer la valeur d'une information supplémentaire et décider s'il faut procéder à des enquêtes ou expérimentations vis nt à "... transformer les conceptions a priori fondées sur l'intuition ou sur l'expérience antérieure, en une interprétation a posteriori fondée sur l'observation expérimentale des faits" (1) : telle est la démarche de l'analyse bayésienne. Ainsi, le message  $y_j$  reçu au sujet de  $e_i$  amènera le décideur à revoir ses estimations a priori, à les convertir en probabilités a posteriori, plus proches de la réalité.

Soit  $\bar{p}_{ij} = \text{pr}(e_i | y_j)$  cette probabilité a posteriori; elle vaut,

selon la règle de Bayes :

$$\bar{p}_{ij} = \frac{p_i a_{ij}}{\sum_i p_i a_{ij}} \quad (2)$$

Après avoir ainsi considéré plus particulièrement la

(1) LAMBIN, J-J. : P. 197.

(2) En effet, si l'on a deux ensembles d'éléments mutuellement exclusifs, définis sur  $E = \{e_1 \dots e_m\}$  et  $Y = \{y_1 \dots y_n\}$ , et que l'on sait que :

$$1) \text{pr}(y_j | e_i) = \frac{\text{pr}(e_i \cap y_j)}{\text{pr}(e_i)} \quad \text{ou: } \text{pr}(e_i \cap y_j) = \text{pr}(e_i) \text{pr}(y_j | e_i)$$

$$2) \text{pr}(y_j) = \text{pr}(y_j | e_1) \text{pr}(e_1) + \text{pr}(y_j | e_2) \text{pr}(e_2) + \dots + \text{pr}(y_j | e_m) \text{pr}(e_m) = \sum_{i=1}^m \text{pr}(y_j | e_i) \text{pr}(e_i) \quad , \quad \text{on a :}$$

$$\text{pr}(e_i | y_j) = \frac{\text{pr}(e_i \cap y_j)}{\text{pr}(y_j)} = \frac{\text{pr}(e_i) \text{pr}(y_j | e_i)}{\text{pr}(e_i) \text{pr}(y_j | e_i)} \quad :$$

il suffit de poser  $p_i = \text{pr}(e_i)$  et  $a_{ij} = \text{pr}(y_j | e_i)$  .

Voir PARZEN, F. : PP. 60 - 62 et 117 - 119 .

structure d'un système d'information comme telle et déterminé son importance par rapport à une approche portant sur le système lui-même, il nous faut maintenant examiner la capacité informative d'un tel système. En d'autres mots, il s'agit de voir de quelle façon le système d'information fonctionne en tant que transmetteur vers le décideur des messages relatifs aux états de nature.

### 2.3 LA CAPACITE INFORMATIVE D'UN SYSTEME D'INFORMATION.

On peut dire d'une façon globale que, selon MARSCHAK (1), la capacité informative d'un système se mesure par l'information relative. En effet, ce que MARSCHAK appelle "transmission rate" n'est autre que la "diminution d'indétermination" (2) concernant un état  $E_2$ , diminution provenant de la connaissance d'un état  $E_1$ , ce qui constitue, en théorie de l'information, la définition de l'information relative. Si nous transposons la formalisation de MARSCHAK dans notre terminologie, nous obtenons - pour  $E$ , l'ensemble des états de nature et  $Y$  l'ensemble des messages possibles - les formules suivantes :

$$\text{incertitude a priori : } H(E) = - \sum p(e) \log_2 p(e) \quad 2.3.1 (3)$$

incertitude a posteriori :

$$H(E|Y) = - \sum_i \sum_j p(e_i|y_j) \log p(e_i|y_j) \quad 2.3.2. (4)$$

---

(1) MARSCHAK (5), P. 62, en note est en réalité plus précis : "If  $x_1 \dots x_n$  is considered the input, and  $y_m^* = \delta \left( \sum_1^m x_i \right)$  the output of the channel  $h_m^*$ , the minimum required capacity of  $h_m^*$  is defined as the difference between  $U_0$  ("uncertainty at source") and  $U_1$  ("uncertainty retained") ... The difference  $U_0 - U_1$  is called the "transmission rate" associated with  $(x, y_m^*)$ ".

(2) RENYI, P. 513.

(3) C'est la formule de l'entropie, appelée aussi formule de SHANNON.

(4) C'est la formule de l'entropie conditionnelle.

information transmise ou information relative :

$$I [E, Y] = H(E) - H(E|Y) \quad 2.3.3.$$

Cette notion d'information relative mesure en fait le degré de fidélité de la "traduction", par le système d'information, de la survenance d'états de nature, dont on connaît les probabilités de réalisation a priori. Si l'on considère toutefois que la capacité informative d'un système consiste à révéler les véritables "propensions à l'existence" (1) des états de nature, l'information relative ne peut être retenue comme mesure de cette capacité, vu que les probabilités a priori ne constituent jamais qu'une approximation des véritables probabilités. Etant donné que dans l'analyse bayésienne les probabilités a posteriori ont pour fonction d'exprimer un raffinement de cette approximation, il paraît plus opportun de mesurer la capacité informative d'un système au "gain d'information" (2) qu'il engendre. Le gain d'information se définit comme :

$$I (\bar{P} \| P) = \sum_i p_{ij} \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i} \quad 2.3.4 (3)$$

Dès lors, un système d'information C, déterminant une distribution a posteriori  $\bar{P}$ , sera plus informatif qu'un système C' déterminant  $\bar{P}'$  si et seulement si :  $I(\bar{P} \| P) > I(\bar{P}' \| P)$  2.3.5

Ce critère nous permet de classer un ensemble de systèmes d'information selon leur capacité informative. A partir de là, le problème qui se pose à l'économiste peut maintenant se formuler comme suit : la valeur économique d'un système d'information peut-elle s'exprimer comme une fonction du gain d'information ?

-----  
 (1) BODART, F. : "Contribution à la théorie de la gestion des stocks : Analyse adaptive des approvisionnements en horizon de gestion court" Thèse, Université de Liège, 1968, Stenc., P. 102.

(2) RENYI, P. 516.

(3) Avec P, la distribution a priori de E, ( $p_i \in P$ ), et  $\bar{P}$  la distribution a posteriori de E sur base de Y ( $p_{ij} \in \bar{P}$ ).

## 2.4. DETERMINATION DE LA VALEUR D'UN SYSTEME D'INFORMATION.

### 2.4.1 La valeur brute.

Considérons  $U = [u_{ki}]$ , la matrice des gains, avec  $u_{ki}$ , la valeur de la fonction d'utilité (1) associée à la stratégie  $a_k$  du décideur, si l'état  $e_i$  prévaut.

Il est possible de déterminer l'utilité optimale moyenne d'un système d'information, d'une part pour une structure d'information  $Q_1$  impliquant une information additionnelle provenant d'un message  $y$  et, d'autre part, pour une structure  $Q_0$  limitée à la seule information a priori. On a :

a) utilité optimale moyenne avec structure  $Q_1$  (2) :

$$\bar{U}(a^0; Q_1) = E_{q_{ij}} \left\{ \max_k E_{e_i} [u(a_k, e_i) | y_j] \right\} \quad 2.4.1$$

avec  $a^0$ , la stratégie optimale, et

$$E_{e_i} [u(a_k, e_i) | y_j] = \sum_{i=1}^m p_{ij} u_{ki} \quad (3)$$

(1) Comme on l'a souligné p. 157, référence est faite à une fonction d'utilité mesurée en unité monétaire, en supposant l'utilité de la monnaie linéaire : "An unpublished paper by K. Arrow prompts the following important remark. To define the net payoff of an action as a difference between two utility amounts and to define, accordingly, the net payoff of a channel ... as a difference between two utility amounts is justified in the case when the outcomes of actions and the cost of messages are expressed in money, but only if the utility function of money is linear", MARSCHAK (5), P.52, note.

(2) Dans ce cadre,  $q_{ij}$  mesure la probabilité de réception du message  $y_j$ , si l'état  $e_i$  prévaut. Les espérances mathématiques sont prises par rapport aux distributions de probabilité des  $q_{ij}$  et des  $e_i$ .

(3) EMBRY (P. 10) formule de façon analogue la valeur attendue par le décideur de sa  $k$ ième stratégie, après réception du message  $y_j$  :  $u(a_k, y_j) = U_{kj} = \bar{p}_{ij} u_{ki}$  (avec  $\bar{p}_{ij}$  probabilité a posteriori).  
Le comportement du décideur consiste à employer sa stratégie optimale pour chaque message reçu, de façon à maximiser l'utilité attendue basée sur l'information disponible.

b) utilité optimale moyenne avec structure  $Q_0$ , c'est-à-dire sans information additionnelle provenant d'un message  $y_j$  :

$$\bar{U}(a^0; Q_0) = \max_k E_{e_i} \left[ u(a'_k, e_i) \right] \quad 2.4.2.$$

avec  $E_{e_i} \left[ u(a'_k, e_i) \right] = \sum_{i=1}^m p_i u_{ki}$

Dès lors, la valeur brute d'un système d'information à structure d'information  $Q_1$  se mesure par la différence entre l'utilité attendue dans cette structure  $Q_1$  et celle attendue en l'absence d'information additionnelle ( $Q_0$ ) :

$$V(a^0; Q_1) = \bar{U}(a^0; Q_1) - \bar{U}(a^0; Q_0) \quad 2.4.3.$$

Ce premier développement appelle cependant un certain nombre de précisions. On peut, en effet, considérer chaque structure d'information comme une fonction  $Q$  transférant chaque état de nature  $e_i$  (dans la mesure où il est susceptible de se produire) en un message  $y_j$  :  $y_j = Q(e_i)$ . Si l'on considère  $P$  comme la distribution de probabilités a priori de l'ensemble des états de nature et  $\alpha$  comme étant une règle stratégique, c'est-à-dire une fonction associant un  $y_j$  à une stratégie  $a_k$  et enfin  $U$  comme l'utilité et  $\omega$  comme une fonction d'utilité, on obtient :

$$y_j = Q(e_i); a_k = \alpha(y_j)$$

$$u = \omega(e_i, a_k) = \omega \left[ e_i, \alpha(y_j) \right] = \omega \left\{ e_i, \alpha \left[ Q(e_i) \right] \right\} \quad 2.4.4.$$

L'utilité moyenne (1) s'obtient :

$$\bar{U} = E_{e_i} u = E_{e_i} \omega \left\{ e_i, \alpha \left[ Q(e_i) \right] \right\} \quad 2.4.5.$$

Dès lors,  $\bar{U} = U(\alpha, Q, \omega, P)$  : l'utilité moyenne est

---

(1) Appelée "expected payoff" (MARSCHAK (2), P. 87).

une fonction, d'une part, de la règle stratégique  $\alpha$  et de la structure d'information  $Q$  que le décideur peut choisir, d'autre part de la fonction d'utilité  $\omega$  et de la distribution de probabilités a priori  $P$  des états de nature, qu'il ne peut pas choisir, mais seulement estimer.

Il faut dès lors faire remarquer (1) que l'utilité réelle attendue ("the real expected payoff") dépend :

1° de la fonction réelle d'utilité  $\omega'$  (inconnue), ayant même structure que  $\omega$ , mais basée sur l'utilité réelle  $u'_{ki}$ , obtenue par l'emploi de la stratégie  $a_k$  lorsque l'état  $e'_i$  prévaut ;

2° des probabilités d'état de nature  $P'$ .

Dans cette perspective, la valeur réelle attendue du système d'information, à probabilité  $P'$  et structure  $Q$ , vaut :

$$\begin{aligned} V'(P', Q) &= \sum_i \text{pr}(e'_i) \sum_j \text{pr}(y_j | e'_i) \omega'(a_k, e'_i) \\ &= \sum_i p'_i \sum_j q'_{ij} u'_{ki} \end{aligned} \quad 2.4.6.$$

L'accroissement de la valeur réelle du système d'information (2) est dès lors égale à la différence entre  $V'(P', Q)$  et la valeur réelle attendue en l'absence d'une structure fournissant de l'information additionnelle :

$$\Delta V' = V'(P', Q) - V'(P'_0, Q_0) \quad 2.4.7.$$

Finalement, il y a, dans la perspective d'EMERY (3), deux façons pour l'information d'accroître l'utilité et d'avoir une valeur

-----  
(1) EMERY, P. 12.

(2) "The real incremental value of information", EMERY, ibid.

(3) EMERY, P. 12.

positive (1) : d'une part, elle peut mener à améliorer la stratégie dans le cadre d'une fonction d'utilité perçue et de probabilités a priori estimées; d'autre part, elle permet de reconnaître des états de nature additionnels, d'engendrer de meilleures stratégies, de développer une fonction d'utilité plus réaliste et de mieux estimer les probabilités a priori.

Il est important de remarquer, en effet, que pour EMERY (2), l'information n'a de valeur que si elle modifie la représentation de l'environnement contenue dans la base des données d'une organisation (fichiers, procédés, modèles), si les décisions sont sensibles à cette modification et si l'utilité dérivée de la décision est accrue. Ces différents éléments sont à prendre en considération dans l'analyse coût-efficience des systèmes de traitement électronique de l'information.

#### 2.4.2. La valeur nette.

La valeur nette d'un système d'information se définit comme la différence entre la valeur économique brute du système et son coût. Ce dernier peut se définir comme étant l'ensemble des frais provenant de l'observation de l'environnement, du codage, de la transmission et du traitement des données, ainsi que de la diffusion de l'information (3). Cet ensemble de coûts comprend donc d'une part la charge (directe et indirecte) associée à l'équipement effectuant les tâches énumérées ci-dessus et, d'autre part, les coûts attachés au délai s'écoulant entre la réalisation d'un état de nature et la transmission de l'information qui y est associée.

-----  
 (1) EMERY, P.12 n'exclut pas cependant la possibilité d'une valeur négative au cas où l'information postérieure est moins précise que l'information a priori.

(2) EMERY, P. 2.

(3) Voir MARSCHAK, (5), P. 61.

On peut donc considérer les coûts comme étant fonction de l'équipement (et du personnel), du fonctionnement et de la capacité (au point de vue délai) du système, ainsi que des caractéristiques des états de nature. Si l'on pose  $C_o$  = le coût associé à une structure  $Q$ , le coût de l'information additionnelle  $C_o(I^+)$ , équivaut à la différence entre le coût d'une structure initiale  $Q_o$  et celui d'une structure  $Q_1$  plus informative :

$$C_o(I_1^+) = C_o(Q_1) - C_o(Q_o) \quad 2.4.8.$$

A partir de 2.4.3 et de 2.4.8, on obtient la valeur nette du système d'information à structure  $Q_1$ , à savoir  $V_n(a^o; Q_1)$  Elle vaut :

$$V_n(a^o; Q_1) = V(a^o; Q_1) - C_o(I_1^+) \quad 2.4.9.$$

De 2.4.3., 2.4.1 et 2.4.9, on déduit que la valeur économique brute  $V$  d'un système d'information à structure donnée  $Q$  - et partant sa valeur nette  $V_n$ , compte tenu des coûts - est fonction non seulement de la distribution de probabilités des états de nature, mais également de la stratégie et de la fonction d'utilité du décideur. Le gain d'information par contre, dépend uniquement de la distribution de probabilité des états de nature. D'où il suit que, si le gain d'information constitue une condition nécessaire (1), il n'est pas une mesure suffisante permettant de distinguer différents systèmes d'information au point de vue de leur valeur économique.

## 2.5 LE SYSTEME D'INFORMATION DANS UN PROCESSUS SEQUENTIEL.

Nous nous sommes contenté, jusqu'à présent, d'envisager la valeur d'un système d'information dans un cadre statique; or il

(1) Pour qu'un système A ait une valeur supérieure à celle d'un système B, il faut que l'indétermination associée à A soit inférieure à celle de B, mais cela ne suffit pas : le type de stratégie et la fonction d'utilité du décideur ont à y jouer un rôle indispensable.

est nécessaire d'étendre l'analyse à des processus de décision s'étendant sur plusieurs périodes, puisque tel est le cas dans les processus économiques concrets (1). Ce problème fait l'objet de l'article de YING, qui fait remarquer : "The value of information depends on not only (a) the uncertainty of the environment, (b) the nature of the information, and (c) how the uncertainty affects our decision, but also (d) how fast we learn over time ... For instance, if we expect to learn rather rapidly about our environment as we proceed, then a given information system may be highly valuable to us initially, but its value will soon decline as time goes on."(2).

### 2.5.1. Processus de décision multipériode sans information.

Supposons que le processus s'étende sur deux périodes et appelons  $p_1(e_i)$  la probabilité a priori associée au  $i^o$  état de nature en début de première période. Si nous définissons en outre

$r_{kl}(1) = \sum_{i=1}^m p_1(e_i) p_{kl}^i$  (3) comme étant la probabilité que la stratégie  $a_k$  mène à la conséquence  $\theta_l$ , en tenant compte des probabilités de survenance des états  $e_i$ , on peut établir la matrice suivante:

$$\begin{array}{c}
 \theta_1 \quad \dots \quad \theta_1 \quad \dots \quad \theta_z \\
 \begin{array}{l}
 a_1 \\
 \vdots \\
 a_k \\
 \vdots \\
 a_s
 \end{array}
 \begin{array}{|c}
 r_{11}(1) \quad \dots \quad r_{11}(1) \quad \dots \quad r_{1z}(1) \\
 r_{k1}(1) \quad \dots \quad r_{kl}(1) \quad \dots \quad r_{kz}(1) \\
 r_{s1}(1) \quad \dots \quad r_{sl}(1) \quad \dots \quad r_{sz}(1)
 \end{array}
 \end{array}$$

(1) Voir par exemple MALINVAUD, E. : "De la décision unique à la décision séquentielle", in "Economie Appliquée", T. XIII, n° 1, 1960, PP. 81-109 et

MURPHY, R. : "Adaptive Processes in Economic Systems", Academic Press, New York, 1965, 209 PP.

(2) YING, P. 808.

(3) Nous restons en cela fidèle à la terminologie adoptée P. 158.

Comme il y aura, en fin de période, une conséquence (1), on peut déterminer par exemple la probabilité à posteriori associée à l'état de nature  $e_i$  après application de la stratégie  $a_k$  et la réalisation de la conséquence  $\theta_1 = p_1(e_i | a_k, \theta_1)$

ou, selon la règle de Bayes :

$$p_1(e_i | a_k, \theta_1) = \frac{p_1(e_i) r_{kl}^i}{\sum_{i=1}^m p_1(e_i) r_{kl}^i} = \frac{p_1(e_i) p_{kl}^i}{r_{kl}(1)} \quad 2.5.1.$$

Or, en fait, la distribution de probabilités a priori des états de nature dont dispose le décideur en début de période 2 est identiquement la distribution de probabilités a posteriori des états en fin de période 1. On a donc :  $p_2(e_i) = p_1(e_i | a_k, \theta_1)$  2.5.2

Il y a en outre en période 2 une matrice analogue à celle établie en période 1, avec :  $r_{kl}(2) = \sum_{i=1}^m p_2(e_i) p_{kl}^i$

indiquant la probabilité que, pour un état  $e_i$ , une stratégie  $a_k$  engendre une conséquence  $\theta_l$ .

Comme il est possible d'associer à chaque paire stratégie-conséquence un indice d'utilité (et supposons, pour simplifier, que cela puisse se faire de la même façon dans les périodes 1 et 2), on définit  $W_2(a_k) = \sum_{l=1}^2 r_{kl}(2) v_{kl}$  2.5.3.

comme l'utilité attendue associée à la  $k^o$  stratégie en début de période 2. Comme on est supposé chercher une utilité attendue maximum,

$$\text{on a } W_2 [a^*(2;2)] = \max_i W_2(a_k) \quad 2.5.4. (2)$$

qui est bien : "the maximum expected utility payoff from period

-----

- (1) La période 2 est par hypothèse la période ultime du processus et la maximisation s'effectue en dernière période.
- (2) Avec  $a^*(2;2)$ , la stratégie optimale pour la période 2 dans un processus de décision à 2 périodes.

2" (1), mais dépend de  $a_k$  et de  $\theta_l$  réalisés en période 1; dès lors,  $W_2 [a^* (2;2)]$  peut s'écrire  $W [a_k, \theta_l]$  et l'on y associe une matrice d'"utility payoff" :

$$\begin{array}{c}
 \theta_1 \quad \dots \quad \theta_z \\
 \begin{array}{c} a_1 \\ \vdots \\ a_s \end{array} \begin{array}{|c|} \hline w_{11} \quad \dots \quad w_{1z} \\ \hline \vdots \\ \hline w_{s1} \quad \dots \quad w_{sz} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

avec  $w_{kl} = W [a_k, \theta_l]$ ,  $k = 1 \dots s$ ,  
 $l = 1 \dots z$ ,

qui constitue l'utilité maximum attendue en période 2, si l'on a effectué  $a_k$  et réalisé  $\theta_l$  en période 1.

On peut maintenant calculer le gain d'utilité cumulé sur l'ensemble des deux périodes; il sera fonction de  $v_{kl}$  (utilité en période 1) et  $w_{kl}$  :  $\Psi(v_{kl}, w_{kl})$ . Dès lors, on obtient :

$$Z_1(a_k) = \sum_{l=1}^z r_{kl} (1) \Psi(v_{kl}, w_{kl}) \quad 2.5.5.,$$

qui exprime le gain d'utilité total attendu du processus de décision - associé à la mise en pratique de la  $k^o$  stratégie en période 1 - tel qu'on le perçoit en début de période 1 (2).

### 2.5.2. Processus de décision multipériode avec système d'information.

On suppose que le même processus se déroule en deux

-----  
 (1) YING, P. 801.

(2) On peut maximiser  $Z_1(a_k)$  : il suffit de choisir en période 1 une stratégie  $a^*(1;2)$  telle que :  $Z_1[a^*(1;2)] = \max_k Z_1(a_k)$ .

périodes, mais qu'il implique cette fois un système d'information caractérisé par une structure  $Q$ . On détermine :  $p_1(e_i)$  la probabilité a priori associée à l'état de nature  $e_i$  en période 1;  $y_j$  le message reçu en période 1 (1);  $p_1(e_i | y_j)$  la probabilité a posteriori associée en période 1 à l'état  $e_i$  après réception de  $y_j$  :

$$p_1(e_i | y_j) = \frac{p_1(e_i) q_{ij}}{\sum_{i=1}^m p_1(e_i) q_{ij}} \quad 2.5.6 (2)$$

Si l'on tient en outre compte du fait qu'après la réception, on effectue  $a_k$  et réalise  $\theta_1$ , la probabilité a posteriori de l'état  $e_q$  ( $q=1\dots m$ ), en fin de période 1, s'écrit :

$$p_1(e_q | y_j; a_k, \theta_1) = \frac{p_1(e_q | y_j) p_{kl}^q}{\sum_{q=1}^m p_1(e_q | y_j) p_{kl}^q} \quad 2.5.7.$$

Soit en intégrant 2.5.6. dans 2.5.7. :

$$\begin{aligned} p_1(e_q | y_j; a_k, \theta_1) &= \frac{\frac{p_1(e_q) q_{ij} p_{kl}^q}{\sum_{q=1}^m p_1(e_q) q_{iq}}}{\sum_{q=1}^m p_1(e_q | y_j) p_{kl}^q} \\ &= \frac{p_1(e_q) q_{iq} p_{kl}^q \sum_{q=1}^m p_1(e_q | y_j) p_{kl}^q}{\sum_{q=1}^m p_1(e_q) q_{iq}} \quad 2.5.8. \end{aligned}$$

Par ailleurs, en période 2 on a :

$$p_2(e_q) = p_1(e_q | y_j; a_k, \theta_1)$$

qui constitue la probabilité a priori associée au  $q^0$  état de nature en début de période 2, en dépendance du message reçu, de la stratégie appliquée et de la conséquence réalisée en période 1. En période 2, cependant, le décideur reçoit un message  $y_h$  qui le mène à associer au

-----

(1) Par hypothèse, un seul message est reçu en chaque période.

(2) On a  $q_{ij} = p_1(y_j | e_i)$ .

$q^0$  état une probabilité a posteriori

$$p_2 (e_q | y_h) = \frac{p_2 (e_q) q_{hq}}{\sum_{q=1}^m p_2 (e_q) q_{hq}} \quad 2.5.9.$$

Soit  $W_2 (a_k | y_h)$  l'utilité attendue associée en période 2 à la stratégie  $a_k$  après réception de  $y_h$ , on a :

$$W_2 (a_k | y_h) = \sum_{l=1}^z r_{kl} (2 | y_h) v_{kl} \quad 2.5.10$$

où :  $r_{k_1} (2 | y_h) = \sum_{q=1}^m p_2 (e_q | y_h) p_{kl}^q$

Dans le cadre de ce processus à 2 périodes, il est possible, selon YING, de sélectionner - pour chaque message  $y$  reçu en période 2 - selon la règle de décision bayésienne (1), la stratégie

$a = \alpha_2^* (y; 2 | y_j, a_k, \theta_1) \quad (2)$ , telle que :

$$W_2 \left[ \alpha_2^* (y; 2 | y_j, a_k, \theta_1) \mid y \right] = \max_a W_2 (a | y)$$

Si en outre, on admet que  $q_2 (y_r)$  exprime la probabilité de réception du message  $y_r$  en début de période 2, alors on a :

$$q_2 (y_r) = \sum_{i=1}^m p_2 (e_i) q_{ri}$$

Soit a)  $v_{kl} (y_j) = \sum_{r=1}^n q_2 (y_r) W_2 \left[ \alpha_2^* (y_r; 2 | y_j, a_k, \theta_1) \mid y_r \right] \quad 2.5.11$

que l'on peut appeler la valeur attendue de  $v_{kl}$  si l'on reçoit

(1) Dans la formulation de YING, la règle de décision bayésienne se définit : "A decision rule that selects for each message  $y$  the act  $a = \alpha^* (y)$  for which

will be called a Bayesian decision rule." P. 803

(2) On tient donc compte de la réalisation de  $a_k$  et  $\theta_1$ , en période 1, après la réception du message  $y_j$ .

le message  $y_j$  en période 1;

$$b) \quad r_{kl} ( 1 | y_j ) = \sum_{q=1}^m p_1 ( e_q | y_j ) p_{kl}^q$$

la probabilité de  $a_k$  entraîne  $\theta_1$ , après réception de  $y_j$  en période 1. A ce moment, l'utilité attendue cumulée pour l'ensemble du processus de décision associé à la prise de  $a_k$  en période 1, et telle que cette utilité est perçue en 1 après réception de  $y_j$ , vaut :

$$Z_1 ( a_k | y_j ) = \sum_{l=1}^Z r_{kl} ( 1 | y_j ) \Psi \left[ \overline{v_{kl}}, v_{kl} ( y_j ) \right]$$

A partir de là, il nous faut choisir une stratégie maximant  $Z_1 ( a | y_j )$ . On sélectionnera dès lors pour chaque message  $y$  reçu en période 1 l'acte  $a = \alpha_1^* ( y ; 2 )$  pour lequel

$$Z_1 \left[ \alpha_1^* ( y ; 2 ) | y \right] = \max_a Z_1 ( a | y ) \quad 2.5.12$$

En définitive, si l'on détermine  $q_1 ( y_j )$  comme étant la probabilité de  $j^o$  message en début de période 1, on a

$$q_1 ( y_j ) = \sum_{q=1}^m p_1 ( e_q ) q_{jq}$$

D'où il suit que, si  $B_1 ( Q ; 2 )$  est la valeur associée au système d'information à structure  $Q$ , telle qu'elle est perçue en début de période 1, dans un processus à 2 périodes, on obtient :

$$B_1 ( Q ; 2 ) = \sum_{j=1}^n q_1 ( y_j ) Z \left[ \alpha_1^* ( y_j ; 2 ) | y_j \right] \quad 2.5.13$$

## 2.6 EXEMPLE.

En guise d'illustration de cette théorie, YING (1)

propose un exemple de prise de décision séquentielle portant sur deux périodes, avec deux états de nature  $e_1$  et  $e_2$ , deux actes  $a_1$  et  $a_2$ , deux conséquences  $\theta_1$  et  $\theta_2$  et deux messages  $y_1$  et  $y_2$  ( $i=k=l=j=1,2$ ). Nous avons repris cet exemple, en modifiant quelque peu les données.

### 2.6.1. Données de Base.

		<u>CAS I</u>		<u>Cas exposé par YING</u>	
$p_{k1}^1$	$a_1$	$\theta_1$ 0,3	$\theta_2$ 0,7	$p_{ij}^1$	$\begin{bmatrix} 0,2 & 0,8 \\ 0,6 & 0,4 \end{bmatrix}$
	$a_2$	0,9	0,1		
$p_{k1}^2$	$a_1$	$\theta_1$ 0,6	$\theta_2$ 0,4	$p_{ij}^2$	$\begin{bmatrix} 0,9 & 0,1 \\ 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}$
	$a_2$	0,2	0,8		
$p_1(e_1)$	=	0,6		$p_1(x_1)$	= 0,5
$p_1(e_2)$	=	0,4		$p_1(x_2)$	= 0,5
$v_{k1}$	$a_1$	$\theta_1$ 3	$\theta_2$ 2	$u_{ij}$	$\begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 1 & 5 \end{bmatrix}$
	$a_2$	1	4		
$q_{ij}$	$e_1$	$y_1$ 0,35	$y_2$ 0,65	$q_{ij}$	$\begin{bmatrix} 0,55 & 0,45 \\ 0,45 & 0,55 \end{bmatrix}$
	$e_2$	0,65	0,35		

Les différentes formules utilisées sont celles définies dans la section 3.5 A partir des données de base, nous avons procédé,

pour les cas II, IIIA et IIIB (1), à certaines variations, afin d'examiner leur impact possible sur la solution. Chaque fois, on a envisagé la solution à deux niveaux :

- a) Pour une seule période, sans et avec un système d'information, de façon à dégager la valeur du système d'information à ce premier niveau; cette valeur est donnée par  $B(Q;1) - B(Q_0;1)$ , avec :

$$B(Q;1) = \sum_{j=1}^2 q_1(y_j) W_1 \left[ \alpha_1^* (y_j; 1) \right]$$

$$\text{où : } q_1(y_j) = \sum_{i=1}^2 p_1(e_i) q_{ji}$$

- b) Pour les deux périodes du processus, sans et avec système d'information, la valeur du système est donnée par la différence :

$$B(Q;2) - B(Q_0;2), \text{ où } B(Q;2) = \sum_{j=1}^2 q_1(y_j) Z \left[ \alpha_1^*(y_j;2) \mid y_j \right]$$

Enfin, le dernier résultat obtenu concerne l'accroissement en valeur fourni par le système d'information, de la période 1 à la période 2; on calcule cet accroissement par :

$$\left[ B(Q;2) - B(Q_0;2) \right] - \left[ B(Q;1) - B(Q_0;1) \right]$$

ce qui nous permet de vérifier si le système d'information présente encore la même valeur pour le décideur en période 2 qu'en période 1.

### 2.6.2. Procédure de calcul.

La procédure employée était la suivante :

- a) Une période, sans information :

Calcul de :

$$1) r_{kl}(1) = \sum_{i=1}^2 p_1(e_i) p_{kl}^i, \text{ d'où l'on obtient une matrice}$$

-----  
(1) Voir tableau des résultats, P. 182.

$\boxed{r_{kl}(1)}$  exprimant la probabilité qu'un acte  $a_k$  ( $k = 1, 2$ ) ait une conséquence  $\theta_l$  ( $l = 1, 2$ );

$$2) W_1(a_k) = \sum_{l=1}^2 r_{kl}(1) v_{kl} \quad \text{avec détermination de :}$$

$$W_1 \left[ \boxed{a^*(1;1)} \right] = \max W_1(a_k)$$

le gain en utilité espéré de la stratégie optimale  $a^*(1;1)$ ;  
 finalement  $W_1 \left[ \boxed{a^*(1;1)} \right] = B(Q_0; 1)$

b) Une période, avec système d'information :

Calcul de :

$$1) p_1(e_i | y_j) = \frac{p_1(e_i) a_{ij}}{\sum_{i=1}^2 p_1(e_i) a_{ij}}$$

$$2) r_{kl}(1 | y_j) = \sum_{i=1}^2 p_1(e_i | y_j) p_{kl}^i$$

$$3) W_1(a_k | y_j) = \sum_{l=1}^2 r_{kl}(1 | y_j) v_{kl}$$

qui nous donne les gains en utilité espérés de la combinaison des stratégies  $a_k$  et des messages  $y_j$ .

$$4) B(Q; 1) = \sum_{j=1}^2 a_1(y_j) W_1 \left[ \boxed{\alpha_1^*(y_j; 1)} \right]$$

avec  $\alpha^*$  = les stratégies optimales en cas de réception de  
 de a)  $y_1$  et b)  $y_2$ .

c) Deux Périodes, sans système d'information :

1° on a choisi  $a_1$  en période 1 : on calcule alors :

-----  
 (1) Voir Tableau des Résultats, P.

1)  $p_1(e_i | a_1, \theta_1)$  donnant les valeurs de  $p_2(e_i)$   
pour  $a_1, \theta_1$

2)  $r_{kl}(2) = \sum_{i=1}^2 p_2(e_i) p_{kl}^i$  nous donnant deux matrices  
 $\boxed{r_{kl}(2)}$  pour  $a_1, \theta_1$

3)  $w_2(a_k) = \sum_{l=1}^2 r_{kl}(2) v_{kl}$  avec détermination des deux  
stratégies optimales pour  $a_1, \theta_1$  et  $a_1, \theta_2$  choisis en période  
de 1.

2° On a choisi  $a_2$  en période 1 : on calcule :

1)  $p_1(e_i | a_2, \theta_1)$   
2)  $r_{kl}(2)$   
3)  $w_2(a_k)$  , mutatis mutandis selon les formules  
sub. 1°.

L'ensemble des quatre stratégies optimales  $\{a^*\}$  nous  
donne la matrice  $\boxed{w_{kl}}$  exprimant les utilités maximales espérées  
en période 2, sur base du choix des paires  $a_k, \theta_1$  en période 1.

Pour calculer le gain cumulatif en utilité, à la fin des  
deux périodes, on peut poser pour simplifier :

$$\Psi(v_{kl}, w_{kl}) = \Psi(v_{kl} + w_{kl})$$

Un fois  $\Psi$  obtenu, on calcule  $Z_1(a_k)$ , dont le maximum  $Z_1 \boxed{a^*(1;2)}$   
(1) représente  $B(Q;2)$ , la valeur de la décision prise, sur deux  
périodes, avec système d'information nul.

---

(1) On le voit, la démarche d'optimisation suivie à chaque phase du  
processus de calcul applique le principe de la programmation  
dynamique.

d) Deux périodes, avec système d'information :

1° Si l'on a reçu le message  $y_1$  en première période : on calcule :

$$1) \quad p_1(e_i | y_1) = \frac{p_1(e_i) q_{i1}}{\sum_{i=1}^2 p_1(e_i) q_{i1}}$$

$$2) \quad p_1(e_i | y_1, a_k, \theta_1) = \frac{p_1(e_i | y_1) p_{kl}^i}{\sum_{i=1}^2 p_1(e_i | y_1) p_{kl}^i} = p_2(e_i)$$

$$3) \quad p_2(e_i | y_1) = \frac{p_2(e_i) q_{i1}}{\sum_{i=1}^2 p_2(e_i) q_{i1}}$$

$$4) \quad r_{kl}(2 | y_1) = \sum_{i=1}^2 p_2(e_i | y_1) p_{kl}^i$$

$$5) \quad w_2(a_k | y_1) = \sum_{i=1}^2 r_{kl}(2 | y_1) v_{kl}^i$$

qui nous permet d'obtenir la matrice  $\boxed{w_{kl}(y_1)}$  exprimant les utilités maximales espérées (pour les 4 combinaisons  $a_1, \theta_1$  ;  $a_1, \theta_2$  ;  $a_2, \theta_1$  ;  $a_2, \theta_2$ )

en période 2, sur base de la survenance du message  $y_1$  en période 1. Le gain cumulatif en utilité à la fin de la période 2,

$\Psi \boxed{v_{kl}, w_{kl}(y_1)}$  est calculé selon la procédure simplificatrice signalée ci-dessus :  $\Psi = \Psi \boxed{v_{kl} + w_{kl}(y_1)}$

2° Si l'on a reçu le message  $y_2$  en première période : la procédure de calcul est la même que sub 1° en remplaçant  $y_1$  par  $y_2$ ; elle mène à l'obtention de  $\boxed{w_{kl}(y_2)}$  et  $\Psi \boxed{v_{kl} + w_{kl}(y_2)}$

A partir des matrices de gain  $\boxed{w_{kl}(y_j)}$ , on obtient les valeurs de

$$Z_1(a_k | y_j) = \sum_{l=1}^2 r_{kl}(1 | y_j) \Psi \boxed{v_{kl}, w_{kl}(y_j)}$$

dont les valeurs maximales entrent dans le calcul de la valeur de la décision prise par le décideur, avec un système d'information de structure

$$\boxed{Q} = \boxed{q_{ij}}$$

### 2.6.3. Les cas envisagés.

Les cas II, IIIA et IIIB représentent des variantes du cas I. Dans le cas II, nous avons modifié la structure d'information  $\boxed{Q}$ , qui prend les valeurs suivantes :

$$q_{ij} = \begin{bmatrix} 0,45 & 0,55 \\ 0,55 & 0,45 \end{bmatrix}$$

Dans le cas IIIA, nous avons attribué d'autres probabilités de survenance pour les états de nature  $e_1$  et  $e_2$  :

$p_1(e_1) = 0,3$  et  $p_1(e_2) = 0,7$ . Enfin, dans le cas IIIB, nous avons supposé l'équiprobabilité de la survenance de  $e_1$  et  $e_2$  :

$$p_1(e_1) = p_1(e_2) = 0,5.$$

## 2.6.4. Tableau des résultats.

	C		A S		III A	III B	Y I N G
	I		II				
UNE PERIODE							
$w_1 ( a_1 )$	2,42		2,42		2,51	2,45	2,9
$w_1 ( a_2 )$	2,14		2,14		2,77	2,35	3
$w_1 ( a_1   y_1 )$	2,4662		2,4344		2,5437	2,492	2,97
$w_1 ( a_2   y_1 )$	2,460		2,2432		3,00625	2,665	2,96
$w_1 ( a_1   y_2 )$	2,3795		2,4059		2,467	2,405	2,83
$w_1 ( a_2   y_1 )$	1,8531		2,0413		2,4694	2,035	3,04
$B ( Q_0 ; 1 )$	2,42		2,42		2,77	2,45	3
$B ( Q ; 1 )$	2,42021		2,419865		2,770036	2,535	3,0050
$( \alpha ) = B ( Q ; 1 ) - B ( Q_0 ; 1 )$	0,00021		- 0,000135		0,000036	0,085	0,0050
$w_{kl}$	2,4991 2,3828 2,3307 3,0682		2,4991 2,3828 2,3307 3,0682		3,0304 2,5012 2,4026 3,2740	2,7007 2,4092 2,3546 3,1669	3,256 3,446 3,040 3,080
$Z_1 ( a_1 )$	4,8516		4,8516		5,2811	4,99040	6,2415
$Z_1 ( a_2 )$	4,7509		4,7509		5,6866	5,07010	6,0600
$w_{kl} ( y_1 )$	3,0262 2,4949 2,3957 3,1203		2,6986 2,3831 2,339 3,1669		3,2782 2,9822 2,9482 3,3664	3,1333 2,6944 2,4302 3,3265	3,22 3,48 2,94 3,40
$w_{kl} ( y_2 )$	2,381 2,33 2,3123 2,5789		2,5012 2,3612 2,327 3,0703		2,5075 2,3837 2,339 3,2101	2,4104 2,3426 2,3183 2,7679	VALEUR non mentionnée
$Z_1 ( a_1   y_1 )$	5,2087		4,9535		5,6869	5,40665	6,3160
$Z_1 ( a_2   y_1 )$	5,2133		4,9252		6,2341	5,59264	6,0340
$Z_1 ( a_1   y_2 )$	4,7288		4,8239		4,9085	4,77500	6,1810
$Z_1 ( a_2   y_2 )$	4,2390		4,6263		5,23518	4,50840	6,1097
$B ( Q_0 ; 2 )$	4,8516		4,8516		5,6866	5,07010	6,2415
$B ( Q ; 2 )$	4,9564		4,8879		5,7046	5,15929	6,2485
$( \beta ) = B ( Q ; 2 ) - B ( Q_0 ; 2 )$	0,1048		0,0363		0,018	0,08919	0,0070
$( \beta ) - ( \alpha )$	0,10459		0,03645		0,017964	0,00419	0,0020

### 2.6.5. Analyse des Résultats.

L'ensemble des calculs effectués visait à obtenir trois types de résultats :

- a) la valeur d'un système d'information pour une seule période de décision;
- b) la valeur d'un système d'information pour une décision s'étendant sur deux périodes;
- c) la valeur additionnelle du système d'information, de la période 1 à la période 2.

Dans l'hypothèse d'une période de décision unique, seul le cas II présente l'anomalie d'une valeur négative du système d'information : le décideur prend, dans ce cas, une meilleure décision sans information qu'avec l'aide d'un système d'information! Ceci ne peut s'expliquer, semble-t-il, qu'en relation avec la modification de la structure d'information, faussant le partitionnement des états de nature et fournissant ainsi au décideur une information erronée menant à une mauvaise décision. On peut remarquer, en outre, à propos de cette première question, que la valeur du système d'information est maximale dans le cas IIIB, c'est-à-dire si l'on estime qu'il y a autant de chances que ce soit  $e_1$  ou  $e_2$  qui survienne.

Pour la décision s'étendant sur les deux périodes, les valeurs du système d'information sont supérieures dans tous les cas aux valeurs pour la seule première période, ce qui est normal si l'on se place dans l'optique de "dynamic learning effect", sur laquelle YING a basé son article (1). Il n'y a en fait de problèmes que lors de la lecture des résultats concernant la valeur additionnelle du système d'information, d'une période à l'autre. A cet égard, la position de YING serait plutôt de dire que, normalement, le système d'information aura pour le décideur une moins grande valeur en période 2

---

(1) P. 808.

qu'en période 1, ce qui est "a common phenomenon of diminishing marginal expected value of information" (1) et est corroboré par la solution de l'exemple qu'il a choisi. Nous-même n'observons de résultat de ce type que dans le cas IIIB; dans les autres cas, la valeur du système d'information, en période 2, est (très) supérieure à ce qu'elle est en période 1, ce qui laisserait supposer un décideur "lent", qui ne commence à "apprendre" qu'à la seconde période (pour vérifier ceci, il faudrait étendre l'analyse à 3 périodes et plus; il est clair, à cet égard, que dans la détermination de la stratégie optimale, l'horizon de temps joue un rôle important); il est également plausible que l'estimation "équiprobable" de la survenance de  $e_1$  et  $e_2$  intervient de façon non négligeable (les moins bons résultats - au sujet de la valeur additionnelle - sont ceux du cas IIIA, où  $p_1(e_1) = 0,3$  et  $p_1(e_2) = 0,7$ ).

Il reste que le point "fragile" de tout l'exemple est constitué par la détermination de la fonction d'utilité initiale. C'est pourquoi il nous paraît nécessaire de souligner critiqueusement les limites auxquelles se heurtent les efforts visant à établir une fonction d'utilité numérique du décideur.

## 2.7 Eléments d'appréciation.

Trois points principaux viennent limiter, à notre sens, la portée opératoire de cette approche quantitative de la valeur de l'information : la théorie de l'utilité et du décideur "rationnel", l'application des probabilités subjectives, l'introduction de l'entropie dans le calcul économique. Nous voudrions résumer ici l'essentiel de ces critiques.

---

(1) YING, P. 811.

### 2.7.1. La théorie du comportement rationnel et l'utilité.

L'ensemble des études évoquées dans les sections précédentes repose sur un modèle de comportement rationnel du décideur (1), c'est-à-dire sur un ensemble d'axiomes ou de postulats qu'il est censé respecter. On attribue au décideur rationnel une fonction d'utilité qui lui fait effectuer un choix conforme à ses préférences réelles, lorsqu'il choisit l'action maximisant son utilité attendue. La critique incisive d'ALLAIS (2) porte sur la définition même du comportement rationnel; pour ALLAIS, un homme est rationnel si :

- "(a) il poursuit des fins cohérentes avec elles-mêmes,
- (b) il emploie les moyens appropriés aux fins poursuivies" (3).

D'autres critiques concernent la linéarité de la fonction d'utilité (4), et la négligence de l'importance, pour le décideur, de la dispersion des "valeurs psychologiques".

En outre, on parle de "fonction d'utilité du décideur", mais elle varie très fort selon le type de décideur : directeur général, cadre supérieur, responsable de département ou d'atelier. Leurs objectifs, le goût du risque, l'importance que revêt à leurs yeux une information additionnelle sont difficilement comparables. Dès lors,

-----

- (1) Les points principaux de cette théorie sont exposés dans MARSCHAK, J. (1) et LUCE et RAIFFA, op. cit., repris par HADLEY, PP. 108-119
- (2) ALLAIS, M. : "Le comportement de l'homme rationnel devant le risque : Critique des postulats et axiomes de l'école américaine", Econometrica, Vol. 21, 1953, PP. 503-545.
- (3) ALLAIS, P. 518, qui propose une autre définition basée sur l'observation du comportement d'hommes dont on peut penser par ailleurs qu'ils se conduisent rationnellement : PP. 524-533.
- (4) YING fait remarquer par exemple la valeur marginale décroissante d'un système d'information d'une période à l'autre, dans un processus séquentiel : "... our information system is less valuable to us in period 2 than in period 1, a common phenomenon of diminishing marginal expected value of information", P. 811.

"la" fonction d'utilité "du" décideur constitue une forte schématisation du problème.

### 2.7.2. Les possibilités d'application des probabilités subjectives.

Nous avons vu P. 161 qu'en état d'incertitude, le décideur pouvait, au mieux, effectuer des estimations de la probabilité de survenance des états de nature, sous forme d'une distribution de probabilités subjectives (1).

Nous signalons un certain nombre de limitations du caractère opérationnel des probabilités subjectives. Les estimations que fait le décideur sont fonction de plusieurs éléments : le caractère unique ou répétitif de la décision, le niveau d'information initial du décideur, son expérience, le goût du risque dont il fait preuve. En outre, l'estimation peut être biaisée par l'influence des conséquences envisagées : le décideur peut être tenté de surestimer la probabilité des survenances d'états impliquant des conséquences favorables, au détriment d'autres états. Par ailleurs, une telle estimation suppose un bon partitionnement des états de nature; or il se peut que l'on ne connaisse pas tous les états importants ou qu'on ne puisse les distinguer adéquatement, étant donné leur nombre ou leur complexité.

Dans une décision "multi-stade", comprenant un nombre considérable de variables d'environnement, on voit mal la possibilité d'appliquer valablement des estimations de probabilités subjectives. C'est ce qui explique d'ailleurs, à notre sens, l'extrême difficulté

(1) On entend par "probabilité subjective" : "... a number that represents the degree to which an individual believes that a given event is likely"; TAYLOR, D.W. : "Decision Making and Problem Solving", in MARCH, J.G. (ed.) : "Handbook of Organizations", Rand McNally, Chicago, 1965, P. 64.

d'une estimation correcte de la valeur de l'information supplémentaire, celle-ci étant normalement mesurée par la différence entre estimations de probabilités (subjectives) a priori et a posteriori.

DREZE s'attache, lui, (1) au type d'évènements (2) auquel ce genre d'estimations pourrait s'appliquer. Pour cet auteur, on ne peut définir de mesure de probabilité subjective numérique sur l'ensemble des états pour chaque classe d'actes impliquant des comportements analogues du décideur, que si chacun des évènements possibles est, du moins en partie, sous l'influence de ce dernier. Mais si ces évènements échappent à l'influence du décideur, on aura affaire à des mesures dont le degré d'arbitraire peut être précisé. Selon DREZE, on ne peut donc attacher une quelconque signification objective aux probabilités subjectives qu'à des évènements du premier type : "... à mon décès dans un accident de roulage ou à ma présence à l'Opéra ce soir - mais pas à la probabilité subjective que j'attache à un rayon de soleil demain ou à l'obtention d'un chiffre pair à l'occasion d'un jet de dé!" (3).

### 2.7.3. La valeur de l'information et l'entropie.

Nous ne nous attarderons pas aux considérations relatives

- 
- (1) DREZE, J.-H. : "Les probabilités "subjectives" ont-elles une signification objective ?", in Economie Appliquée, t. XIII, 1960, PP. 55-70.
- (2) DREZE distingue : a) les évènements : "... circonstances quelconques dont peuvent dépendre des conséquences" et b) les états qui "sont obtenus par une partition de l'ensemble des évènements plus fine que toutes les autres : ce sont des évènements indivisibles", P. 64.
- (3) DREZE, P. 67.

au caractère positif de la valeur de l'information (1). Notre attention se portera sur un essai d'intégration du concept d'entropie, repris de la théorie mathématique de l'information, dans le problème de la détermination de la valeur de l'information. MURPHY (2) ne conçoit de problèmes qu'en relation avec la connaissance de la distribution de probabilités des états de nature. Dans un processus de décision séquentiel, il définit la "self information" comme le montant d'information donné par la connaissance du résultat de la période actuelle, sans que l'on sache l'évènement qui va se réaliser à l'étape ultérieure; on connaît cependant la distribution de probabilités. Il est possible de calculer l'espérance mathématique de l'information à la période suivante, qui n'est autre que l'entropie.

En effet, dans la perspective de MURPHY, l'entropie étant la mesure de l'incertitude d'un phénomène, donne par là même la mesure de l'information attendue destinée à éliminer cette incertitude. Plus l'incertitude est grande, plus l'information représente de valeur pour le décideur; l'entropie est maximale en cas d'équiprobabilité des évènements. A partir de là, si le décideur effectue des estimations de la probabilité d'occurrence réelle des états de nature sous forme de probabilités subjectives, on peut corrélativement développer un concept d'entropie subjective (3).

- 
- (1) Voir à ce sujet l'argumentation de MARSCHAK, J. (2) : PP. 200-205. L'hypothèse d'invariabilité de la fonction d'utilité du décideur et de l'espace des stratégies au cours du processus d'acquisition d'information supplémentaire, permettant des comparaisons entre utilités, ne va pas de soi : cf. BODART, F. (1) : PP. 108-109, 112 et DREZE, J-H. : "Le paradoxe de l'information", in Economie Appliquée, t. XIII, 1960, PP. 71-80.
- (2) MURPHY, R. : PP. 71-85.
- (3) Pour les questions relatives à ce concept, voir MURPHY, surtout P. 81-84.

Il nous paraît cependant que cette tentative d'intégrer le concept d'entropie dans une approche quantitative de la valeur de l'information est vouée à l'échec (1) parce que le problème est posé de façon trop restrictive. En ne considérant que l'incertitude relative à la survenance des états de nature, on ne considère qu'une partie de la réalité. En effet, comme le fait d'ailleurs remarquer MARSCHAK (2), la valeur de l'information ne dépend pas uniquement des probabilités de survenance des états de nature, mais aussi de la fonction d'utilité du décideur et du type de stratégie adoptée. On conçoit que la solution adoptée par MURPHY soit séduisante, mais elle ne peut nous satisfaire, étant donné qu'elle simplifie trop et que les problèmes réels posés au décideur sont complexes. S'il est vrai qu'un modèle peut l'aider à mieux discerner les variables-clés ou à saisir la structure d'une situation, il ne lui fournit jamais une solution toute faite où il n'y aurait qu'à faire entrer les données pour que la décision à prendre surgisse automatiquement.

La détermination de la valeur de l'information doit en effet se faire sur une base plus large que celle où se situe MURPHY : cette valeur a une influence à trois niveaux, comme nous l'avons signalé plus haut (3) :

- au niveau de la représentation de l'environnement dans la base des données de l'entreprise;
- au niveau des décisions, dans la mesure où celles-ci sont sensibles aux modifications dans la représentation de l'environnement introduites par une information additionnelle issue de messages  $y_j$  et obtenue, à un certain coût, par le décideur;
- enfin, au niveau de l'utilité associée à ces décisions : une information additionnelle accroît normalement cette utilité (4).

(1) Ce problème a déjà été évoqué plus haut : voir PP. 164 et 169.

(2) MARSCHAK, J. (2), P. 205.

(3) Voir P. 167 les remarques faites par EMERY.

(4) L'utilité marginale est cependant décroissante .

En définitive, dans l'état actuel des recherches en ce domaine, l'approche présentée dans ce second chapitre n'est pas opératoire. Outre les critiques que nous venons de citer, nous tenons à souligner quelques caractéristiques de l'approche quantitative de la valeur des systèmes de traitement électronique de l'information.

D'une part, dans la théorie de MARSCHAK, le "système d'information" est indifférencié : il peut être aussi bien une procédure de traitement manuel des données qu'un système de traitement électronique de l'information fonctionnant en temps réel. Or, en fonction des systèmes appliqués, les problèmes sont tout de même fort différents et la théorie ne rend pas suffisamment compte de ces différences.

D'autre part, la théorie insiste surtout sur la valeur brute des systèmes d'information (1) et l'analyse des coûts y est très sommaire. Dans la mesure où l'un des deux aspects est développé ainsi au détriment de l'autre, les interprétations de MARSCHAK, EMERY et YING restent insatisfaisantes, parce que partielles.

Il nous paraît indispensable d'englober dans une analyse de la valeur économique de systèmes de traitement de l'information tant l'aspect "valeur" que l'aspect "coûts". Cela nous mène à développer, de façon plus pragmatique, une analyse "coût-efficience" d'un système de traitement électronique de l'information en vue de déterminer sa valeur économique.

+  
+ +  
+

---

(1) Thomas MARSCHAK souligne cette caractéristique et critique le peu de place attribué aux coûts dans la théorie sous sa forme actuelle : "Economic Theory and Management Control", in BONINI, JAEDICKE, WAGNER : PP. 81-87.

## CHAPITRE 3.

 DETERMINATION DE LA VALEUR NETTE D'UN SYSTEME  
 DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION  
 -----
3.1 INTRODUCTION.

Après cette longue analyse des approches et méthodes d'estimation de la valeur de l'information et d'un système d'information, nous pouvons envisager le second volet du problème évoqué dans l'introduction de cette seconde partie. Il s'agit en effet d'essayer de déterminer la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information. Nous avons fait saisir - en indiquant l'influence que peut exercer l'introduction d'un tel système dans l'ensemble de l'entreprise (1) - l'importance que revêt cette question aux yeux de la direction de l'entreprise (2).

Notre démarche comporte trois étapes dans l'étude de ce problème :

- a) l'examen des différents types de coûts associés à un système de traitement électronique de l'information;
  - b) la détermination des éléments d'efficacité (mesurable ou non) de ce type de systèmes;
  - c) une analyse coût-efficacité ("cost-effectiveness analysis") appliquée aux systèmes de traitement décrits dans la première partie.
- 

(1) Voir le chapitre 4 de la première partie.

(2) Ou plus précisément, l'importance que devrait revêtir cette question. Que l'on ne soit pas encore très avancé dans ce domaine, une réflexion de STEL en témoigne : "S'il est difficile de déterminer le coût de l'information, on est pratiquement dans l'ignorance quant à sa valeur. Jusqu'à présent, les chances d'un projet de système semblent être principalement fonction des sommes mises à la disposition des analystes." STEL, J.A. : "Plan d'intégration des ensembles électroniques dans les structures de décision : le cas d'une entreprise de production." in "L'ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", P. 151.

Le choix de cette méthode requiert cependant quelques explications. En effet, la détermination quantitative de la valeur nette aurait pu se faire, à première vue, de plusieurs manières. D'une part, on aurait pu se baser sur une analyse coûts-bénéfices (1). Cependant, la mesure, en termes monétaires, des bénéfices issus d'un système de traitement électronique de l'information s'avère très difficile, non seulement au point de vue de leur identification, mais aussi parce que l'impact du système dans l'entreprise dépasse de loin les seuls bénéfices directs (résultant par exemple d'économies réalisées) que l'on pourrait en espérer. C'est pourquoi : "... the temptation to measure performance through cost-savings analysis alone must be avoided" (2). Nous n'en voulons pour preuve que les résultats d'une enquête effectuée aux Etats-Unis en 1965 auprès de sociétés employant depuis plus de 7 années des systèmes de traitement électronique de l'information (3). Il en ressort que la mesure des performances de l'ordinateur sur base du seul rapport entre les dépenses monétaires et les réductions de coûts peut prêter le flanc à la critique : d'une part, la rentabilité effective des dépenses

-----

- (1) "Cost-Benefit Analysis", qu'on peut définir comme : "... a practical way of assessing the desirability of projects, where it is important to take a long view (in the sense of looking at repercussions in the further, as well as the nearer, future) and a wide view (in the sense of allowing for side-effects of many kinds on many persons, industries, regions, etc.), i.e. it implies the enumeration and evaluation of all the relevant costs and benefits" PREST, A.R. and TURVEY, R. : "Cost-Benefit Analysis : A Survey", in "Surveys of Economic Theory", T. III "Resource Allocation", McMillan, London, 1966 : P. 155. Cette analyse est généralement appliquée à de grands projets gouvernementaux (barrages, routes, éducation, santé publique).
- (2) FIOCK, L.R. : "Seven Deadly Dangers in EDP", in "Harvard Business Review" Vol. 40, n° 3, 1962, P. 95.
- (3) Voir TAYLOR, James W. and DEAN, Neal J. : "Managing to Manage the Computer", in "Harvard Business Review", Vol. 44, n° 5, 1966 : PP.98-110. Les résultats d'une enquête antérieure sont analysés dans GARRITY, J.T. : "Top Management and Computer Profits", in "Harvard Business Review", Vol. 41, n° 4, 1963 : PP. 6-13.

effectuées par une entreprise pour un système de traitement de l'information, aux niveaux du hardware, du software et du fonctionnement, n'apparaît pas immédiatement; d'autre part, cette approche "comptable" pouvait éventuellement se justifier alors que l'ordinateur était appliqué uniquement à la mécanisation de processus administratifs; toutefois, même dans ce cas, les réductions de personnel ne se réalisent que progressivement et l'établissement d'un bilan comptable coûts-bénéfices n'est pas possible, des éléments de "valeur" demeurant insaisissables. Etant donné l'extension actuelle des applications aux différents secteurs de l'entreprise, des facteurs tels que l'efficacité dans la production, le service à la clientèle, le niveau des stocks, etc. interviennent et compliquent notablement le calcul économique.

Une seconde possibilité consisterait à reprendre l'approche quantitative définie dans le chapitre précédent et à l'appliquer au calcul de la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information. Le calcul de la valeur se baserait, dans cette hypothèse, essentiellement sur une différence d'utilité pour le "décideur" entre deux ou plusieurs systèmes de traitement (1). Or, outre la difficulté d'effectuer des comparaisons valables, cette méthode rencontrerait les objections à l'encontre de la fonction d'utilité, auxquelles nous avons fait allusion précédemment (2). Par ailleurs, nous avons souligné le caractère peu opératoire, du moins à l'heure actuelle, de ce type d'approche. Enfin, on n'y tiendrait pas suffisamment compte des aspects qualitatifs, importants à notre point de vue, pour la détermination de l'objectif de production de "bonne" information par le système.

---

(1) Par exemple, entre un système de traitement mécanique et un système de traitement électronique, ou entre divers systèmes de traitement électronique.

(2) Voir PP. 184 - 185.

Il nous paraît, en définitive, qu'une analyse du type "coût-efficience", insistant à la fois sur le détail des coûts et l'évaluation des performances (chiffrables ou non) du système de traitement électronique de l'information, est capable de nous fournir une solution satisfaisante. C'est pourquoi nous déterminons en une première étape l'ensemble des coûts à considérer dans l'élaboration d'un modèle de coûts applicable aux différents types de systèmes.

### 3.2 LES COÛTS ASSOCIÉS AU SYSTÈME DE TRAITEMENT ÉLECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

---

#### 3.2.1 Considérations préliminaires relatives au choix d'un ordinateur.

---

Nous envisageons l'analyse des coûts de l'ordinateur, depuis l'étude préalable jusqu'à son fonctionnement effectif, en passant par la phase d'installation. C'est pourquoi quelques considérations relatives aux éléments intervenant dans le choix du système de traitement de l'information nous paraissent indispensables.

Préalablement à l'examen des différents facteurs de coût, il est important :

- d'une part, d'avoir défini le système des relations informatiques dans l'entreprise et de s'être fixé les objectifs à atteindre;
- d'autre part, de tenir compte des contraintes techniques du système.

Au point de vue exigences découlant de l'analyse des systèmes, plusieurs éléments essentiels sont à retenir. Il y a d'une part les objectifs globaux de l'entreprise (croissance, profit, etc.); d'autre part, en fonction de ces objectifs, on détermine les éléments faisant partie du cahier des charges :

- a) la nature des problèmes à résoudre (par exemple dans les domaines de la production, de la recherche et du développement, du marketing,

- de la gestion financière);
- b) les types d'applications à réaliser sur ordinateur (travaux administratifs, contrôle de production, fonctions de gestion, simulations diverses, ...);
- c) les différentes contraintes : budgétaires, temporelles (fréquence des traitements, délais), de personnel, physiques (estimations des volumes de fichiers à traiter, de leur fréquence de consultation, des quantités de calculs à effectuer) (1). Ceci doit pouvoir introduire à la considération des facteurs techniques qui vont restreindre le champ de choix des équipements.

Au niveau des facteurs techniques (2), il faut prendre en considération :

a) pour le hardware :

- les temps d'accès des différentes unités;
- la vitesse de traitement et les capacités des mémoires interne et secondaires;

- 
- (1) Il est souhaitable que les caractéristiques des besoins soient établies dans le détail, par exemple en consignnant sur une liste aussi complète que possible et pour chaque type d'information désiré : le relevé détaillé des données de base à collecter et à traiter pour la production de cette information, les contraintes de délai, de temps d'accès, de cadence propres à la collecte des données et à la production de l'information. Le degré de détail et de précision dans la formulation de ces besoins varie en fonction de la qualité du personnel d'étude et du montant du budget disponible à cet effet. Voir VAN DIJK, Marcel : "Quelques conditions de l'introduction efficace d'un ordinateur dans la gestion de l'entreprise", in "Reflets et Perspectives de la vie économique", T. VII, n° 5, 1968 : PP. 394-407.
- (2) Voir BUISSERET, M. : "Du Choix d'un Equipement Electronique de Gestion", in "Annales des Sciences Economiques Appliquées", 25e Année, n° 4, 1967, PP. 417-435, et une énumération détaillée chez DUYNE, U.K.G. : "Facteurs et Critères dans le Choix d'un Ordinateur", CETAI, 12 PP., Offset, (traduction d'un article paru dans "Informatie", 28e année, n° 2, 1966). Il est utile de faire remarquer ici que nous excluons les considérations relatives aux problèmes spécifiques des constructeurs, par exemple les questions du service d'entretien, du service après-vente, de mise au point de la machine.

- la nature des dispositifs de connexion entre les différents organes;
- les possibilités de simultanéité et de modularité qu'offre le système.

b) Pour le software :

- l'"operating system", qui influe sur les performances du système et assure l'enchaînement des programmes;
- les langages de programmation, avec leurs compilateurs et traducteurs;
- la bibliothèque des programmes (avec des programmes standards pour interclassement, tri, des problèmes tels que la programmation linéaire, le PERT);
- la modularité des programmes.

A ce moment de l'étude préliminaire, le choix est probablement limité à quelques constructeurs et à un ou deux types de configurations. Les considérations de coût prennent alors une importance primordiale et sont déterminantes pour le choix, encore que la qualité du matériel et la réputation du constructeur aient un rôle à jouer. Généralement, on se livre à ce moment à une analyse prix/performance, à partir des prix offerts par les constructeurs et des éléments dégagés ci-dessus.

### 3.2.2. Analyse des différents types de coûts.

Au niveau de l'étude préalable à l'introduction d'un système de traitement de l'information dans l'entreprise, on peut déterminer les éléments de coût suivants :

- 1) le coût du personnel qui a effectué l'étude : analystes, programmeurs, techniciens, ingénieurs (que ce staff soit propre à l'entreprise ou étranger) :  $a_1$ ;
- 2) le coût de formation initiale des futurs opérateurs du système (programmeurs par exemple) :  $a_2$  ;

3) le coût d'opportunité attaché au délai (temps d'étude) :  $a_3$ .

En effet, le retard, dans ce domaine, par rapport à la concurrence, peut constituer une sérieuse pénalité, mais l'estimation risque d'en être très difficile.

Nous obtenons ainsi un premier vecteur de coûts :  $A = \{ a_1, a_2, a_3 \}$ .

Une fois les résultats de l'étude préalable connus, la direction décide du choix d'un matériel. On distingue deux étapes dans cette phase d'introduction de l'ordinateur :

A) l'acquisition du système : à ce stade interviennent essentiellement quatre types de coûts :

- 1) le coût de location de l'équipement central et périphérique ou éventuellement le prix d'achat (réparti sur une base de 5 ans par exemple) : ce coût de location mensuel porte donc sur tout l'équipement (1) et englobe également les frais d'entretien; notons-le  $b_1$ ;
- 2) le coût du software, qui comprend le prix d'achat de programmes élaborés soit par des utilisateurs, soit par les constructeurs, dans la mesure où ceux-ci louent ou vendent séparément hardware et software (2) :  $b_2$ ;
- 3) le coût du délai de livraison, qui est également un coût d'opportunité, dans le sens défini ci-dessus :  $b_3$ ;
- 4) les frais de versement initial, effectué une fois pour toutes et équivalant à environ quatre mois de loyer; ces frais sont destinés à couvrir entre autres les frais d'importation :  $b_4$ .

B) L'installation du système : à ce niveau, on tient essentiellement compte des coûts de l'aménagement matériel et de la mise au point de l'ensemble du système. On fait intervenir les coûts suivants :

-----

- (1) Cet équipement comprend : unité centrale, unités d'entrée-sortie, de collecte et transmission des données, mémoires secondaires.
- (2) Depuis juin 1969, IBM vend son software à part du hardware.

- les frais d'aménagement des locaux : faux plancher, mobilier, installation électrique, climatisation, dépoussiérage :  $b_5$ ;
- le coût de mise au point du hardware : travaux d'essais, dans le but de vérifier et de tester le fonctionnement du système :  $b_6$ ;
- le coût de mise au point des programmes (plusieurs passages, avec les corrections requises) :  $b_7$ ;
- le coût du délai de mise au point : le temps perdu dans ce type d'opérations pénalise le système :  $b_8$ ;
- le coût du personnel travaillant à des opérations de mise au point :  $b_9$ ;
- le coût de conception et d'établissement des fichiers de base (dans une entreprise commercialisant quelque 20.000 produits, l'établissement d'un tel fichier de base demanda 4 ans de travail à 6 personnes) :  $b_{10}$ ;

Pour cette seconde phase, le vecteur de coûts peut s'écrire :

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_i\}, \text{ avec } i = 1 \text{ à } 10.$$

Dès que le système et les programmes sont mis au point et qu'on dispose du personnel qualifié, on peut normalement commencer l'exécution des travaux sur l'ordinateur. Nous nous trouvons alors dans la phase d'exploitation du système, où l'on peut dénombrer les coûts suivants :

a) Au point de vue rémunération du personnel :

- le coût du personnel d'exploitation :  $c_1$ ;
- le coût de conception et d'étude des différentes applications :  $c_2$ ;
- le coût du personnel collectant les données :  $c_3$  (1);
- le coût de formation permanente du personnel d'exploitation et des utilisateurs du système :  $c_4$ .

---

(1) Pour la comparaison entre les systèmes, il faut aller aussi loin qu'il peut y avoir de différences entre eux; c'est pourquoi nous incluons ici le personnel assurant la collecte des données.

b) Au point de vue des coûts associés au hardware :

- les coûts d'énergie (électricité, climatisation, dépoussiérage) :  $c_5$ ;
- les coûts de saisie et de transmission des données (par exemple le coût des lignes téléphoniques) :  $c_6$ ;
- les coûts de consommation pour les différents supports : cartes ou bandes perforées, bandes magnétiques, imprimés, papier pour l'imprimante :  $c_7$ ;
- les coûts de nettoyage :  $c_8$ ;
- les coûts de panne :  $c_9$ ;
- le coût des retards encourus suite à l'entretien :  $c_{10}$ ;

c) Au point de vue des coûts associés au software :

Outre le personnel, on considère :

- les coûts de programmation (conversion des programmes, programmes à corriger et à repasser) :  $c_{11}$ ;
- le coût de maintenance des programmes (la mise à jour de la bibliothèque des programmes, qui peut être requise pour diverses raisons, par exemple : changements dans la fiscalité, dans les lois sociales, dans les besoins de gestion, etc.) :  $c_{12}$ ;
- les coûts d'organisation (une pénalité peut être encourue du fait de la mauvaise organisation ou de la non-adaptation de la structure existante au système de traitement de l'information : il se peut en effet que la charge de la machine soit alors trop faible ou mal répartie) :  $c_{13}$ ;
- le coût de renouvellement des fichiers (surtout sur bandes magnétiques) :  $c_{14}$ ;
- les coûts de remplacement (en fonction de l'usure progressive du matériel) :  $c_{15}$ ;

Le troisième vecteur de coûts peut s'écrire comme suit :

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}, \text{ avec } j = 1 \dots 15.$$

Cette énumération nous fournit l'ensemble des principaux

coûts intervenant aux différentes étapes de l'introduction d'un système de traitement électronique de l'information dans l'entreprise. En une première approximation il devrait être possible de mettre en évidence, pour les différents types de systèmes de traitement (off-line local et à distance, on-line "remote batch", partage de temps et temps réel), quels sont les coûts qui pèsent le plus sur chaque système. Tel est le sens que devrait avoir le tableau 3.1, destiné à indiquer la répartition de l'importance des coûts par système de traitement de l'information. Tel quel, ce tableau n'est qu'un modèle qu'il s'agirait de rendre opératoire en le garnissant de données chiffrées (1).

C'est surtout dans les deux premières phases que le montant absolu des frais a son importance, étant donné qu'il s'agit de frais fixes (2) impliqués nécessairement par l'acquisition d'un certain type de configuration. Il est indispensable, à cet égard, d'actualiser ces coûts de lancement sur la durée de vie économique du système. Il reste, à ce niveau, un choix à effectuer en fonction des contraintes budgétaires de l'entreprise d'une part et du rapport prix-performance propres aux divers constructeurs d'autre part. Il nous paraît important d'obtenir, pour les différents systèmes, une

- 
- (1) Les réponses fournies, à cet égard, par les spécialistes, sont partielles; une longue étude critique serait requise pour aboutir à une vue synthétique ... En outre, les comparaisons s'avèrent extrêmement difficiles à réaliser valablement.
  - (2) Si nous parlons ici de coûts fixes, cela n'exclut pas qu'il puisse y avoir des variations dans ce type de coûts, par exemple en fonction de la durée plus ou moins longue de la phase d'étude, en fonction de la qualification et du nombre du personnel travaillant à cette étude, etc. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que ces coûts ne sont pas fixes d'un système à l'autre : on peut avoir des systèmes à coût de lancement élevé et coût d'exploitation relativement faible, et des systèmes à faible coût de lancement et coût d'exploitation relativement élevé. Cependant, ces coûts, une fois consentis, ne se représentent plus pendant la durée de vie de l'appareil et apparaissent dès lors comme un montant fixé une fois pour toutes.

TABLEAU 3.I.

COUTS PA

COUTS SYSTEMES	OFF-LINE LOCAL (cartes et bandes magnétiques) (I)	OFF-LINE A (I)
1. PHASE A : Etude préalable - personnel - formation - délai	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	
2. PHASE B : Introduction - location (coûts minima)  - software - délai livraison - frais de versement initial - aménagement - mise au point hardware - mise au point programmes - délai mise au point - personnel - fichiers	b <sub>1</sub>  b <sub>2</sub> b <sub>3</sub> b <sub>4</sub> b <sub>5</sub> b <sub>6</sub> b <sub>7</sub> b <sub>8</sub> b <sub>9</sub> b <sub>10</sub>	100.000 F/mois  150.000  ± 400.000 F.  ± 600.0
3. PHASE C : Exploitation - personnel expl. - applications - personnel collecte - formation - énergie - saisie - transmission - consommation - nettoyage - panne - délais entretien - programmation - maintenance - organisation - renouvellement fichiers - remplacement	c <sub>1</sub> c <sub>2</sub> c <sub>3</sub> c <sub>4</sub> c <sub>5</sub> c <sub>6</sub> c <sub>7</sub> c <sub>8</sub> c <sub>9</sub> c <sub>10</sub> c <sub>11</sub> c <sub>12</sub> c <sub>13</sub> c <sub>14</sub> c <sub>15</sub>	

A DISTANCE (II)	ON-LINE ("remote batch processing" et multiprogrammation) (III)	PARTAGE DE TEMPS (conversationnel) (IV)	TEMPS REEL (équipement double) (V)
0 F/mois  000 F.	400.000 F/mois  ± 1.600.000 F.	700.000 F.mois  ± 2.800.000 F.	2 x 600.000 = 1.200.000 F/mois  ± 4.800.000 F.

base commune de coûts, permettant des comparaisons valables. C'est dans ce sens qu'un effort statistique portant sur l'enregistrement et l'analyse des différents types de coûts devrait être fait.

Cette base commune peut s'obtenir, au niveau de la troisième phase (l'exploitation du système) par l'établissement d'un coût par heure-machine, qui prend tout son sens en relation avec l'efficience du système. On peut en effet arriver à intégrer l'ensemble des coûts du type C dans le calcul de cette unité de coût. Ainsi, si l'on achète l'ordinateur, on fixe une durée de vie économique de 5 ans, de façon à pouvoir effectuer la comparaison avec le coût de location, par calcul de la charge d'amortissement mensuelle. D'autre part, on sait que le coût de location couvre un emploi moyen de 180 heures/machine par mois, auquel il faut ajouter le coût des heures supplémentaires. Quant aux autres coûts, il est également possible de les ramener à la base de l'heure/machine.

Certains coûts varient directement en fonction des heures d'utilisation de la machine : coûts d'énergie, de consommation, de nettoyage, de renouvellement des fichiers, de remplacement (1).  
 Soit :  $c_5 = \eta(z)$ ,  $c_7 = \theta(z)$ ,  $c_8 = \lambda(z)$ ,  $c_{14} = \mu(z)$ ,  $c_{15} = \nu(z)$ ,  
 avec  $z$  = le nombre d'heures de fonctionnement effectif du système par mois. Une série d'autres coûts ont une influence sur la valeur de  $z$  :  
 - les coûts de saisie, collecte et transmission des données (plus ce coût est élevé en montant absolu, plus il y a de données transmises, plus l'équipement aura normalement à fonctionner) :  $z = \psi_1(c_6)$ ;  
 - les coûts de panne :  $z = \psi_2(c_9)$  (2);  
 -----

- (1) Il faut cependant déterminer, par analyse marginale, le sens de ces variations : un accroissement du nombre d'heures de fonctionnement peut provoquer un accroissement comparativement égal, supérieur, ou moindre, selon chaque type de coût envisagé ici.
- (2) La relation n'est toutefois pas à sens unique : s'il est vrai qu'une panne limite le temps de fonctionnement du système, plus le nombre d'heures/machine est élevé, plus la probabilité de panne s'accroît. Il faudrait en conséquence parler ici : "de pertes de temps provoquées par les réparations suite à une panne".

- le coût des retards encourus du fait de l'entretien :  $z = \Psi_3 (c_{10})$ ;
  - les coûts de programmation (chaque programme à repasser implique un temps de fonctionnement supplémentaire) :  $z = \Psi_4 (c_{11})$ ;
  - les coûts d'organisation :  $z = \Psi_5 (c_{13})$ .
- L'incidence des coûts sur le nombre d'heures de fonctionnement peut globalement s'exprimer par :  $z = \Psi (c_6, c_9, c_{10}, c_{11}, c_{13})$ .

La charge du système - en nombre d'heures de fonctionnement par mois - est cependant en majeure partie déterminée par :

- la nature N, des applications à effectuer;
- le volume V, des données à traiter;
- les performances, P, du système (vitesse de traitement, temps d'accès, capacités des mémoires secondaires, utilisation de la bibliothèque des programmes);
- les capacités, K, du personnel (1);
- les exigences, E, de la direction au point de vue des informations à produire.

On obtient alors l'équation fonctionnelle suivante :

$$z = f (E ; K ; N ; P ; V ), \quad \Psi (c_6, c_9, c_{10}, c_{11}, c_{13}).$$

Les autres frais de la troisième phase sont normalement indépendants du critère heures-machine choisi; toutefois, en cas de charge de travail accrue, les frais d'heures supplémentaires viennent s'ajouter à la répartition constante des salaires mensuels par heure-machine.

Si l'on se place au point de vue de la structure des

---

(1) A propos de ces deux derniers points, on peut faire remarquer que, dans une entreprise sidérurgique utilisant un ordinateur de 16K mots et 7 dérouleurs de bandes, on parvient à réaliser des traitements que, dans d'autres entreprises plus importantes, utilisant par exemple 2 ordinateurs d'une mémoire centrale de 32K mots, des disques et des dérouleurs de bandes, on ne parvient pas à effectuer.

différents systèmes repris dans le tableau 3.1, on peut mettre en évidence certaines caractéristiques plus propres à chaque système.

Dans un système en off-line local (I), les frais du personnel par rapport au coût de location sont plus élevés que dans les autres systèmes, étant donné :

- les dimensions assez restreintes de l'équipement
- les applications qu'on peut réaliser : l'intégration y est relativement limitée et on ne pousse pas très loin les problèmes de gestion.

Pour le système en off-line à distance (II) : la structure des coûts ne varie guère par rapport au système précédent, les frais de transmission étant compensés par des réductions de personnel.

Quant au système en on-line (III), on remarque les points suivants :

- étant donné l'extension des périphériques, les coûts de location sont sensiblement accrus;
- les possibilités offertes par la multiprogrammation et la simultanéité dans ce type de systèmes contribuent à accroître le coût du software;
- les frais de personnel hautement spécialisé augmentent à la fois au niveau du hardware et au niveau du software.

Il ne faut cependant pas oublier que ce système permet des traitements beaucoup plus complexes et que les capacités de la mémoire centrale et des mémoires secondaires sont considérablement accrues.

Pour le système en partage de temps (IV), l'ensemble des coûts traditionnels est accru par rapport au système en on-line; le coût des terminaux (surtout pour le type conversationnel) devient assez important (1). En outre, il faut remarquer que l'installation

-----

(1) Il ne faut pas oublier cependant les possibilités appréciables de ce système par rapport aux autres.

de ce type de système dans l'entreprise suppose une organisation très poussée.

Enfin, dans un système fonctionnant en temps réel (V), une charge importante provient du principe d'équipement double (système "back up"), ce qui implique un coût de location double et cela pour des raisons de sécurité, en vue de permettre le fonctionnement du système en cas de panne d'un des équipements. Les frais de software sont plus importants qu'auparavant, étant donné que le software du système est très développé; enfin, le personnel étant très qualifié, les salaires vont croître également.

Toutefois, la structure des coûts que l'on peut dégager de cette analyse ne devient réellement intéressante que dans la mesure où l'on aura pu mettre en évidence les caractéristiques d'efficacité des différents systèmes de traitement de l'information.

Mais avant de traiter des facteurs intervenant dans l'estimation de l'efficacité, il nous paraît intéressant d'examiner les résultats d'une recherche dans le domaine des coûts de programmation.

### 3.2.3. Une Recherche relative aux Coûts de Programmation.

En général, l'étude des coûts associés aux systèmes de traitement électronique de l'information ne semble pas, du moins jusqu'à présent, occuper une place importante dans les ouvrages consacrés aux problèmes posés par l'information dans la vie de l'entreprise.

Pour notre part, nous avons eu connaissance d'une seule série de publications relatives à l'estimation des coûts de

programmation de systèmes de traitement électronique de l'information (1). Il vaut la peine de situer assez brièvement les lignes de force de ces études, car elles sont un premier pas vers une analyse plus standardisée des différents types de coûts associés aux systèmes de traitement de l'information.

L'ensemble de ces études se rapportent aux résultats d'enquêtes effectuées aux U.S.A. entre 1964 et 1966 sous l'impulsion de la SDC (2). NELSON définit comme suit leur objectif global :

"... the estimation of the costs in terms of resources required in the computer programming process and the organisation of these cost

-----

(1) Voir :

- 1) WEINWURM, G.F. and ZAGORSKI, H.J. : "Research into the Management of Computer Programming : A Transitional Analysis of Cost Estimation Techniques", System Development Corporation (SDC), Santa Monica, Nov. 1965, 203 PP.
- 2) LABOLLE, V. : "Development of Equations for Estimating the Cost of Computer Program Production", SDC, Santa Monica, June 1966, 49 PP.
- 3) FLEISHMAN, T. : "Current Results from the Analysis of Cost Data for Computer Programming", SDC, Santa Monica, Aug. 1966, 97 PP.
- 4) WEINWURM, G.F. : "Data Elements for a Cost Reporting System for Computer Program Development", SDC, Santa Monica, Aug. 1966 83 PP.
- 5) NELSON, E.A. : "Management Handbook for the Estimation of Computer Programming Costs", SDC, Santa Monica, March 1967, 141 PP.

(2) Dans le premier cycle, un questionnaire portant sur 93 facteurs et 15 mesures de coût était destiné à assembler des données concernant 27 réalisations de programmes sur ordinateur effectuées à la SDC. Le second cycle étendit la collecte des données à 74 processus de programmation, dans des organisations militaires et industrielles, appliqués de façon plus diversifiée et sur base d'un questionnaire amélioré. Le troisième cycle portait sur 169 développements de programmes et visait à l'amélioration statistique des équations déjà établies et au test des hypothèses concernant les langages de programmation. Voir LABOLLE, PP. 7-9; FLEISHMAN, P. 3.

estimates for management review." (1) Plus précisément, à partir des résultats obtenus pour les échantillons dans les trois enquêtes, on a identifié les facteurs de coût et établi une série d'équations d'estimations de coûts (1e et 2e enquête); l'estimation a été ensuite affinée et améliorée sur base de "subsamples" plus homogènes (3e enquête).

Le "computer programming process", pour lequel les facteurs de coût ont été identifiés, comprend les 6 phases suivantes :

1. Planning préliminaire et évaluation des coûts : sur base des besoins de l'utilisateur, on estime le personnel ("manpower"), l'emploi de l'ordinateur, le délai de réalisation ("elapsed time") et les autres ressources requises pour le projet (2). A partir de là, on élabore un plan de projet et une comparaison coûts-bénéfices.
2. Analyse et développement du système de traitement de l'information: Il s'agit de déterminer les problèmes de traitement de l'information à résoudre et d'élaborer les programmes d'application des solutions proposées, en tenant compte des contraintes de ressources.
3. Détermination, codage et test des programmes : cette activité vise à assurer la validité et la fiabilité techniques de l'ensemble des programmes élaborés.
4. Test d'intégration dans un système de traitement de l'information : on teste les performances du programme dans le cadre d'un système-type réel.

---

(1) NELSON, P. 4.

(2) Pour chaque phase, les principaux facteurs de coût (NELSON en distingue une centaine pour l'ensemble du processus ! : PP. 119-131) sont énumérés, avec une estimation de leur impact sur les ressources utilisées. Pour celles-ci, on a déterminé comme bases : pour le personnel, les mois par homme ("man months"); pour l'emploi de l'ordinateur, les heures d'emploi; pour la durée d'une phase, les mois; pour les autres ressources (fournitures, etc.), leur équivalent monétaire.

5. Installation et fonctionnement du système : à ce moment, l'utilisateur peut s'assurer que ses programmes se déroulent comme prévu, avec l'aide du personnel qui a conçu et inséré auparavant ces programmes dans le système-type.
6. Maintenance des programmes : on entend par là l'activité de révision et correction périodique des programmes, pendant la "durée de vie" du système.

Nous n'insisterons pas ici sur les méthodes statistiques mises en oeuvre dans la collecte des données, l'analyse et l'interprétation des résultats (1), pour étudier brièvement la structure des équations d'estimation de coûts obtenues. Ces équations n'ont été calculées que pour la phase de détermination, test et codage des programmes (phase 4). Elles expriment la prévision des coûts primaires (personnel, heures/machine, délais) à partir d'une combinaison linéaire des différents facteurs de coût intervenant dans cette phase. En une première étape, ces équations étaient obtenues à partir des données de l'ensemble de l'échantillon. Dans une seconde étape, on obtient des équations améliorées sur base de sous-échantillons plus homogènes (sélectionnés par exemple selon les types d'application des programmes, le langage de programmation, les dimensions des ordinateurs) (2). Pour obtenir des équations relativement maniables, les différents facteurs de coût peuvent être regroupés en 4 catégories principales, appelées indices de tâches ("task indices") (3), selon le type d'influence exercé sur les coûts de programmation : indices d'unicité ( $X_1$ ), de difficulté de travail ( $X_2$ ), d'environnement ( $X_3$ ) et de type de travail ( $X_4$ ), avec pondération selon leur importance respective. On obtient ainsi des équations du type suivant :

-----  
 (1) Voir à ce sujet : WEINWURM - ZAGORSKI : PP. 17-21; LABOLLE, PP. 11-18, FLEISHMAN, PP. 15-19, 31-33.

(2) Voir FLEISHMAN, PP. 10-14.

(3) Cf. WEINWURM - ZAGORSKI : PP. 51-67.

$$\log_{10} Y_1 = 0,23 X_1 + 0,08 X_2 + 0,21 X_3 + 0,36 X_4 + 1,56$$

$$\log_{10} Y_2 = 0,28 X_1 + 0,12 X_2 + 0,19 X_3 + 0,25 X_4 + 1,69$$

$$\log_{10} Y_3 = 0,11 X_1 + 0,06 X_2 + 0,05 X_3 + 0,12 X_4 + 0,60$$

$$\log_{10} Y_4 = 0,29 X_1 + 0,08 X_2 + 0,13 X_3 + 0,32 X_4 + 3,31$$

avec  $Y_1 =$  "Total Man Months";  $Y_2 =$  "Total Computer Hours";

$Y_3 =$  "Months Elapsed" et  $Y_4 =$  "New Instructions (Machine)" (1)

Que peut-on conclure de ces analyses, basées sur un travail statistique considérable ?

La difficulté principale rencontrée par les auteurs se trouve, semble-t-il, surtout dans la mesure de la production, au niveau du manque d'homogénéité des données, du manque de normes d'évaluation communes, de l'absence d'une terminologie commune : "There is very little comparable and reliable experience-data available from computer program developments that managers can use for immediate decision-making, or as a basis for research to improve their decision-making in the future. In effect, the lack of common terms, measures and standards hinders the collection of comparable experience-data, which, in turn, makes it more difficult to develop common terms, measures and standards." (2). Pour pallier ces difficultés, WEINWURM développe une liste de coûts standards, directs et indirects, ainsi qu'un ensemble de points relatifs aux performances des systèmes de traitement électronique de l'information (3).

-----  
 (1) Cf. WEINWURM - ZAGORSKI, P. 67; PP. 186 sv. Un système d'équations plus élaboré se trouve chez NELSON : PP. 77-89, avec une comparaison entre les valeurs réelles et les valeurs estimées résultant des équations.

(2) WEINWURM, P. 6.

(3) WEINWURM, PP. 18-27.

Les procédures d'estimation des coûts développées dans ces études devraient être appliquées à d'autres types de coûts. Ainsi, l'estimation d'équations exprimant les coûts de fonctionnement du système (c'est-à-dire coûts d'énergie, de saisie et transmission des données, de consommation, de nettoyage et de panne, que l'on peut d'ailleurs également considérer de façon séparée), en fonction de différents facteurs tels que :

- la charge du système (charge effective et charge possible)
- le volume des données à traiter
- les types d'applications effectués et leur degré de complexité.

De même, pour l'estimation des coûts de personnel (personnel d'exploitation et personnel de collecte des données), on pourrait développer des estimations en fonction de :

- la complexité des tâches à traiter (coûts d'étude, programmation, contrôle)
- les difficultés de programmation du système (complexité des programmes, mise au point, nécessité de formation permanente du personnel)
- la charge du système (et le problème des heures supplémentaires)
- l'efficacité dans l'organisation du traitement de l'information (mais aussi dans les relations avec les autres services de l'entreprise).

Ayant déterminé les différents coûts auxquels il fallait se référer lors d'une analyse coût-efficacité des systèmes de traitement électronique de l'information, nous pouvons maintenant procéder à une recherche relative aux différents éléments entrant dans la détermination de l'efficacité de ces systèmes.

### 3.3 LES COMPOSANTES DE L'EFFICACITE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

---

On peut définir l'efficacité d'un système comme représentant : "... le service rendu, c'est-à-dire le degré de réalisation des

objectifs" (1). On peut distinguer ici, comme on pourrait le faire pour les coûts, l'efficacité du système physique et celle du système de gestion.

Nous examinons deux types d'efficacité : efficacité mesurable et efficacité qualitative.

- L'efficacité mesurable est représentée par une évaluation quantitative du degré de réalisation des objectifs propres au système, par exemple pour un système de traitement électronique de l'information, ce sera le pourcentage d'informations de gestion produites dans les délais fixés, le pourcentage de phénomènes de production correctement contrôlés, le taux de charge du système et sa fiabilité.
- En ce qui concerne l'efficacité qualitative du système, elle résulte d'une évaluation non mesurable des propriétés fondamentales de l'ensemble formé par le système physique et par le système de gestion : telles sont le degré de contrôle, les capacités d'adaptation et d'apprentissage. On peut ainsi avoir comme critères : la réduction du temps de réponse du système à des variations d'objectifs ou à des phénomènes imprévus; les possibilités d'extension de la partie programmée, les capacités d'adaptation du personnel, la souplesse dans le fonctionnement du système.

Plus concrètement, il nous faut déterminer maintenant les principales composantes permettant une évaluation de l'efficacité d'un système de traitement électronique de l'information. Il faut cependant insister sur la difficulté d'effectuer une comparaison valable entre les différentes configurations dans la mesure où l'on ne se limite pas à un type d'application précis (par exemple facturation, marketing, gestion de la production, gestion des stocks). En effet, les applications possibles sont très diversifiées, ce qui implique

-----

(1) MELESE, P. 121, qui parle à ce propos d'"efficacité".

une grande dispersion des objectifs fixés aux systèmes physiques et rend impossible une évaluation de l'efficacité relative de chaque type de systèmes.

L'objectif global d'un système de traitement électronique de l'information est de transformer des données collectées dans ou hors de l'entreprise en informations permettant d'assurer les différentes fonctions de gestion et de prendre des décisions dans les multiples domaines d'activité de l'entreprise.

Les principales composantes de l'évaluation de l'efficacité sont :

1. Pour l'efficacité mesurable :

a) Pour le système physique :

- la fiabilité des entrées
- le respect des délais fixés
- le respect des priorités de traitement
- le taux de charge de l'équipement
- la fiabilité de l'équipement.

b) Pour le système de gestion :

- la fiabilité de la régulation du système physique.

2. Pour l'efficacité qualitative :

- le degré de pertinence des sorties du système
- la facilité d'adaptation aux variations de la demande de traitements
- la qualité du contrôle dans le système
- la qualité des communications avec les autres systèmes dans l'entreprise
- les possibilités d'extension de la partie programmée du système.

Ces différentes composantes requièrent un certain nombre d'explications :

1. Au point de vue de l'efficience mesurable :

- La fiabilité des entrées dans le système physique : Elle dépend du personnel et de l'équipement de saisie, collecte et transmission des données; il est possible de vérifier le pourcentage d'erreurs se glissant dans ces diverses opérations; normalement, plus il y a d'intermédiaires humains (ce qui vaut surtout pour les systèmes en off-line), plus le risque d'erreurs est grand.
- Le respect des délais fixés : Une comparaison, à cet égard, entre les différents systèmes est malaisée, car elle dépend essentiellement des objectifs fixés par le système de gestion. Il se peut en effet que les délais soient parfaitement respectés dans un système en off-line, dans la mesure où la nature des applications ne requiert qu'un traitement mensuel; par contre, il est possible qu'un système en partage de temps ne puisse pas toujours respecter les contraintes temporelles sévères qui lui sont imposées. On pourra évaluer le pourcentage des traitements effectués dans les délais, mais l'attention devra se reporter - si l'on veut apprécier correctement la signification de ce critère d'efficience - sur la validité des objectifs fixés par le système de gestion.
- Le respect des priorités de traitement : on observe dans quelle mesure il a été possible de respecter la hiérarchie des priorités établie entre les différents types de traitements.
- Le taux de charge de l'équipement : On peut l'estimer de plusieurs manières : d'une part en fonction de la régularité de la répartition de la charge dans le temps (y a-t-il des périodes "creuses" ?), d'autre part, en fonction de la possibilité d'assumer des traitements supplémentaires (il faut éviter à la fois un taux trop élevé : il introduit un élément de rigidité dans le système, celui-ci devenant incapable de réagir en face de variations imprévues; et éviter également un taux trop faible menaçant la rentabilité de l'exploitation du système).

- La fiabilité de l'équipement : Elle concerne essentiellement l'absence de pannes et de connexions ou communications défectueuses entre les sous-systèmes physiques, ainsi que le degré d'usure du matériel.
- La fiabilité de la régulation du système physique : Cette mesure exprime le pourcentage de programmes corrects (absence d'erreurs) ainsi que l'adéquation des procédures de régulation aux exigences du contrôle (par exemple la mesure dans laquelle une action corrective est communiquée sans erreur au système physique).

2. Au point de vue de l'efficacité qualitative :

- Le degré de pertinence des sorties du système : Ce point exprime l'adéquation de l'information produite au problème à traiter; l'estimation qui en est faite se base sur le jugement du responsable chargé de la résolution du problème.
- La facilité d'adaptation aux variations de la demande de traitements : Il peut s'agir de variations dans le volume des données à traiter, dans le temps-machine à allouer pour un traitement (en raison de spécifications particulières), dans la fréquence des traitements, dans les délais de traitement. Selon la souplesse de sa structure, le système pourra répondre plus ou moins adéquatement aux variations issues de son environnement.
- La qualité du contrôle dans le système : Ce point englobe l'ensemble du fonctionnement du système de gestion. Il concerne donc d'une part l'efficacité du contrôle et de la régulation, au point de vue aptitude des organes régulateurs et contrôleurs à discerner les actions correctives à entreprendre et à les faire exécuter; d'autre part l'efficacité des objectifs eux-mêmes, c'est-à-dire leur capacité à fournir une solution acceptable d'un problème : il se peut par exemple qu'un objectif de mise à jour mensuelle du fichier stocks s'avère insuffisant dans la pratique eu égard aux exigences d'une gestion économique des stocks.

Or un tel type d'objectif a pu jouer dans la détermination de la configuration du système et il se peut que la rigidité de ce dernier rende une adaptation (par exemple à un traitement bimensuel) impossible par suite d'un défaut dans les prévisions relatives aux exigences de la gestion des stocks lors de l'étude préalable du système.

- La qualité des communications avec les autres systèmes dans l'entreprise : Sous cette rubrique nous paraissent devoir entrer non seulement les réseaux de communication des données et de l'information entre le système et son environnement dans l'entreprise, mais surtout les relations humaines, la coopération existant entre le personnel du système de traitement de l'information et le personnel des autres systèmes de l'entreprise (1); il est capital, pour l'efficience du système de traitement de l'information, que l'organisation de l'entreprise soit telle qu'elle exclue l'esprit de méfiance, voire d'hostilité à l'égard de la "machine", sinon tous les résultats, si parfaits soient-ils, risquent d'être inutiles ou mal appliqués.
- Les possibilités d'extension de la partie programmée du système : Il s'agit de déterminer si l'on peut accroître le degré de programmation et d'automatisation d'un certain nombre de processus de traitement, par exemple la programmation complète des tâches de routine, de processus de contrôle de production, de certaines fonctions de gestion, ce qui peut aider considérablement les responsables dans leur travail.

-----

(1) Pour se faire une idée des problèmes de personnel et d'emploi posés par l'introduction d'un système de traitement électronique de l'information, dans l'entreprise, on peut consulter par exemple ROUSSEAU, L. et QUENON, J. : "Automation et gestion de l'entreprise. Problèmes administratifs et humains"., Université Libre de Bruxelles, Institut de Sociologie, 1967, surtout les PP. 53-92.

### 3.4 L'ANALYSE COUT-EFFICIENCE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

---

#### 3.4.1. Généralités sur l'analyse coût-efficience.

Ce type d'analyse peut se définir comme suit : "... an analytical technique for evaluating the broad management and economic implications of alternative courses of actions with the objective of assisting in the identification of the preferred choice." (1). La démarche de cette technique consiste à examiner les systèmes et leurs sous-systèmes, à partir d'un modèle faisant entrer en ligne de compte les objectifs de la direction, les coûts et l'efficience de chaque alternative dans la réalisation des objectifs proposés (2).

Cette estimation de la valeur du rapport coûts-efficience peut se faire :

- a) a priori, par exemple en cas de choix à effectuer entre plusieurs types de systèmes concurrents en vue d'installer un nouveau système;

---

(1) HEUSTON, M.C. and OGAWA, G. : "Observations on the Theoretical Basis of Cost-Effectiveness", in "Operations Research", Vol. 14, 1966, P. 244.

Une définition plus complète est donnée par QUADE, E.S. : "Each such analysis involves as one stage a comparison of alternatives courses of action in terms of their costs and their effectiveness in attaining some specific objective. Usually it consists of an attempt to minimize dollar cost subject to some mission requirement (which may not be measurable in dollar terms) or, conversely, to maximize some physical measure of output subject to a budget constraint", : "Introduction and Overview", in GOLDMAN, T.A. (ed.) "Cost-Effectiveness Analysis. New approaches in Decision Making", Praeger, New York, 1967, PP. 1-2.

- (2) Voir QUADE, PP. 3-6. HATRY, H.P. distingue plusieurs types d'analyses coût-efficience :
- une étude de configuration de système : recherche du système dont les caractéristiques fournissent un coût minimum, en fonction de différents niveaux de performance;
  - une étude de comparaison de systèmes par rapport à une même tâche;
  - une étude de "force structure" appliquée aux systèmes militaires "The Use of Cost Estimates", in GOLDMAN, PP. 45-53.

b) a posteriori sur base des données concernant les coûts et l'efficacité de systèmes effectivement exploités (1). Bien que cette analyse coût-efficacité semble surtout appliquée à des systèmes militaires ou à des systèmes aérospatiaux (2), nous pensons qu'elle peut aider utilement à estimer la valeur relative de différents types de systèmes de traitement électronique de l'information.

#### 3.4.2. Application de l'analyse coût-efficacité.

Il s'agit, dans l'analyse qui suit, d'affecter des indices de coûts et d'efficacité au système physique et au système de gestion (3) des types de systèmes de traitement de l'information que nous étudions.

- 
- (1) Pour les différents cas possibles, en certitude ou en régime incertain, voir FOX, P.D. : "A Theory of Cost-Effectiveness for Military Systems Analysis" in "Operations Research", Vol. 13, 1965, PP. 191-201.
- (2) Une application a été faite aux problèmes de la santé publique : voir PACKER, A.H. : "Applying Cost-Effectiveness Concepts to the Community Health System", in "Operations Research", Vol. 16, 1968, PP. 227-253.  
De même, cette analyse a été utilisée pour l'évaluation de programmes gouvernementaux : cf. CAPRON, W.M. : "Cost-Effectiveness Analysis for Government Domestic Programs", in GOLDMAN, PP. 131-139.
- (3) Voir à ce sujet MELESE, PP. 124-126. Des éléments d'appréciation des coûts et de l'efficacité de systèmes de traitement de l'information sont donnés dans PARKHILL, D.F. " The Challenge of the Computer Utility", Addison Wesley, Reading, 1966, PP. 125-138.

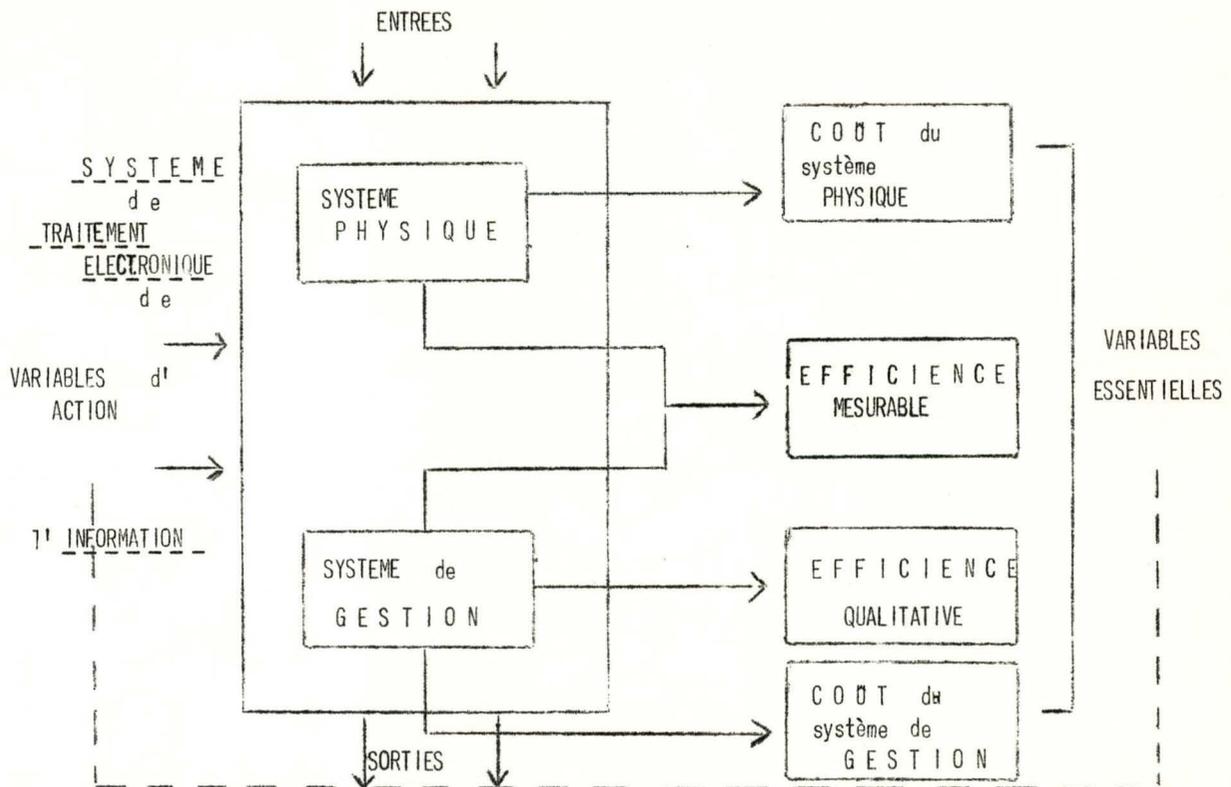
Schéma général :

Fig. 3.1. Les indices coût-efficacité intégrés dans les systèmes.

En fonction de l'approche des systèmes définie par MELESE, on peut établir la relation entre coûts et efficacité sur base du degré de programmation (et complémentirement du degré de décision) propre aux différents types de systèmes (1). Il s'agit d'examiner dans quelle mesure un système est constitué d'actions programmées (2), ensemble d'instructions explicitées dans les programmes d'ordinateur et, corrélativement, quelle est la place laissée aux décisions régulatrices qui, ne disposant pas d'un ensemble complet de règles, impliquent des choix. Cette répartition est susceptible d'influer assez considérablement sur le rapport coût - efficacité.

(1) Cf. MELESE, PP. 73-76 et 127-130.

(2) "Les actions programmées correspondent à l'application de règles explicites telles qu'à toute situation corresponde une "réponse"", MELESE, P. 73.

Nous présentons en page 220 un tableau 3.2 et le graphique (Fig. 3.2) en page 222 : nous voudrions donner quelques précisions à leur propos. Les données chiffrées, qui sont des ordres de grandeur relative, ne reposent pas sur une base statistique. Nous ne tenons donc absolument pas à les interpréter comme des données réelles. Il s'agit en fait d'estimations des coûts et efficencies relatifs de différents types de systèmes de traitement électronique de l'information.

Etant donné qu'il n'existe pas, du moins dans notre pays et à notre connaissance, de base statistique permettant de former un tableau synthétique comparant les principaux éléments de coût et d'efficience, nous nous sommes vu contraint de procéder sur base d'approximations grossières. Notre but est simplement de susciter la réflexion et d'appeler des précisions basées sur l'expérience : nous considérons en effet ce tableau et ce graphique comme un point de départ, une hypothèse de travail en quelque sorte, qui demande à être vérifiée, critiquée et corrigée. Nous avons élaboré ce tableau, parce que nous sommes persuadé qu'il peut fournir une piste de recherche et éventuellement un début de solution au problème de la détermination de la valeur nette de plusieurs types de systèmes de traitement électronique de l'information. Une fois ces réserves faites en vue d'éviter toute ambiguïté dans l'interprétation, il nous est possible d'examiner les différents éléments constitutifs de l'analyse coûts-efficience, tels qu'ils sont représentés dans le tableau 3.2 et dans le graphique (Fig. 3.2).

Ce tableau peut donc nous donner une idée des coûts et de l'efficience relatifs des différents types de systèmes. Nous avons effectué un regroupement des coûts, sur base de l'heure-machine, sous trois rubriques :

- le coût d'exploitation du système physique reprend les coûts de location, d'énergie, de saisie et de transmission des données, de consommation, d'entretien, de panne et de délais;

TABLEAU 3.2.

COUTS et EFFICIENCE DE DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES  
DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE DE L'INFORMATION.

SYSTEME	OFF-LINE LOCAL	OFF-LINE A DISTANCE	ON-LINE ("remote batch processing")	PARTAGE DE TEMPS ("fournées")	TEMPS REEL	
COUTS-EFFICIENCE						
COUTS :						
- coût d'exploitation du système physique	x	1,5 x	3 x	5,5 x	8 x	
- coût du système de gestion :						
- partie programmée	y	1,5 y	4 y	6 y	9 y	
- partie décisionnelle	z	0,9 z	1,5 z	2 z	2,5 z	
EFFICIENCE						
a) MESURABLE :						
- fréquence moyenne mensuel- le des traitements admin.	2 %	a valeur relative	1,5 0,75a % v.r.	5 5a % v.r.	15 15a % v.r.	20 20a % v.r.
- respect des délais	75	b	70 0,93b	85 1,13b	90 1,2b	90 1,2b
- fiabilité des entrées	60	c	50 0,83c	75 1,25c	85 1,4c	90 1,5c
- taux de charge et fiabilité équipement	70	d	75 1,07d	85 1,2 d	90 1,3d	90 1,3d
- fiabilité de régulation	70	e	75 1,07e	80 1,14e	90 1,3e	95 1,35e
b) QUALITATIVE :						
- degré de pertinence de l'information	+		+	++	+++	+++
- facilité d'adaptation	-		-	+	++	+++
- qualité du contrôle	o		-	++	+++	+++

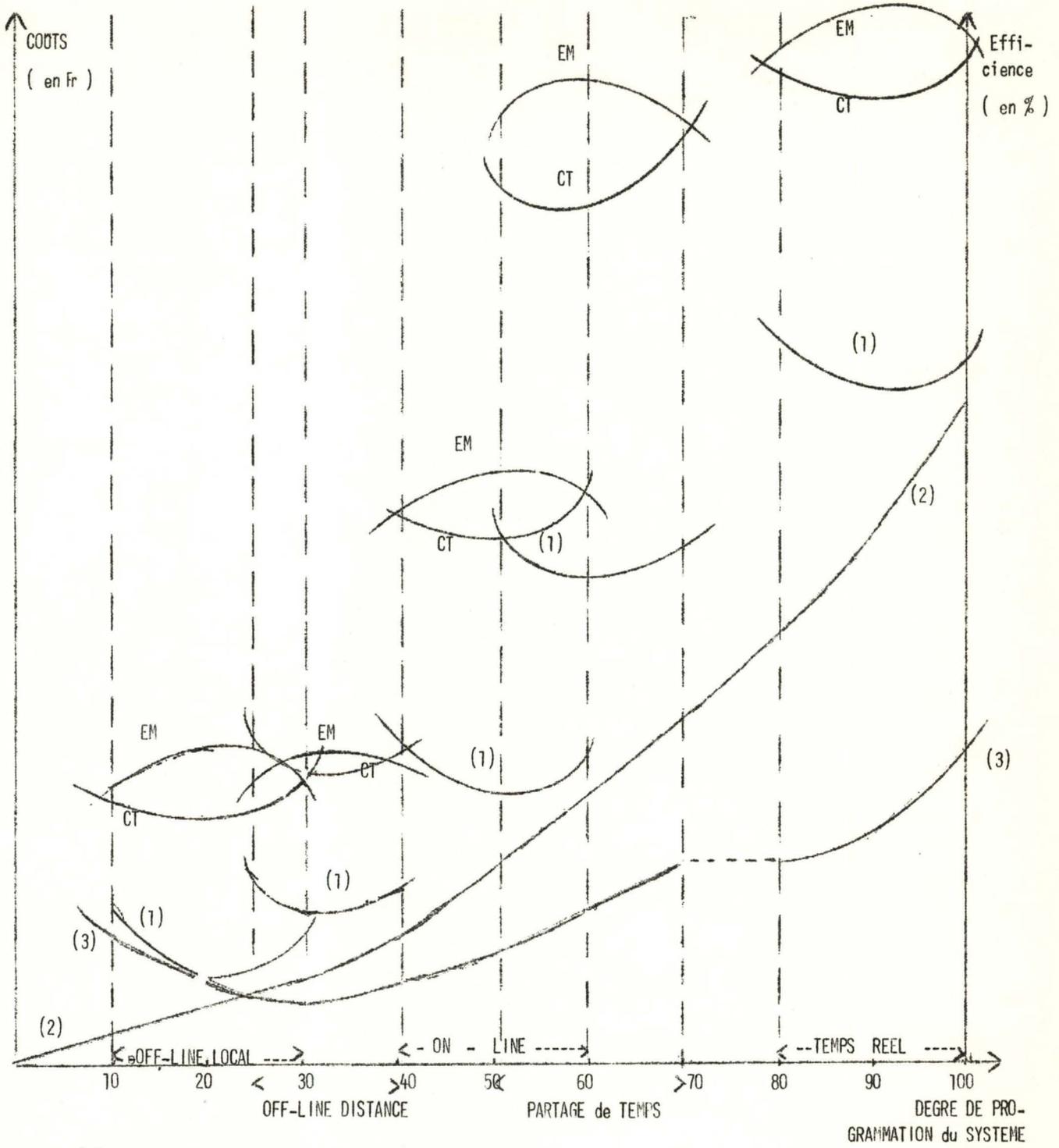
- le coût de la partie programmée du système de gestion comprend les coûts de programmation, de maintenance des programmes et de renouvellement des fichiers;
- le coût de la partie décisionnelle reprend les différents coûts de personnel et les coûts d'organisation.

Les coûts sont estimés par rapport au premier système (en off-line local) pris comme référence : par exemple 1,5 X indique que le coût d'exploitation du système en off-line à distance est 1,5 fois supérieur à celui de système en off-line local et ainsi de suite.

Pour l'efficience, nous avons repris les critères qui nous paraissaient les plus importants. Toutefois, il nous faut expliciter quelque peu l'intitulé "fréquence moyenne mensuelle des traitements administratifs" : même si l'intitulé l'exprime mal, il s'agit d'un indice des performances techniques du système physique (vitesse de traitement de l'unité centrale, agencement et capacités des périphériques); on suppose toutes choses égales par ailleurs et on estime la fréquence que peut atteindre un même traitement standard, en tenant compte d'une certaine charge du système, pour un horizon de fonctionnement d'un mois. Par ailleurs, les degrés de l'efficience qualitative signifient respectivement : -- = "efficience très faible"; - = "faible"; o = "efficience moyenne"; + = "efficience assez bonne"; ++ = "bonne efficience"; +++ = "efficience élevée".

Enfin, en ce qui concerne les parts respectives de la "programmation et de la décision" dans les différents systèmes, nous avons pris les intervalles suivants :

	off-line local	off-line à distance	on-line	partage de temps	temps réel
programmation	de 10 à 30	25 - 40	40 - 60	50 - 70	80 - 100
décision	de 90 à 70	75 - 60	70 - 50	40 - 20	30 - 15



- (1) COUT d'EXPLOITATION du SYSTEME PHYSIQUE
- (2) COUT du SYSTEME de GESTION : PROGRAMMATION
- (3) COUT du SYSTEME de GESTION : DECISION

CT = Coût Total  
 EM = Efficience mesurable

G R A P H I Q U E      F I G 3. 2.

On peut faire plusieurs remarques au sujet du tableau et du graphique. Les coûts peuvent varier assez considérablement en fonction des systèmes, surtout les coûts d'exploitation et les coûts de la partie programmée du système de gestion. En fait, plus un système est programmé, plus il coûte cher : les coûts du hardware et du software global apparaissent comme une fonction croissante du degré de programmation du système. Sur le graphique, les différents types de coûts figurent en fonction de leur importance présumée au sein de chaque système.

Par ailleurs, au point de vue de l'efficacité mesurable, on peut observer normalement une croissance en fonction de la puissance des systèmes. Ici également, dans la détermination d'une courbe d'efficacité mesurable, on a essayé de tenir compte de l'importance relative des critères entrant en jeu. Il nous semble qu'au-delà de certaines limites (représentées ici par des "intervalles de programmation" alloués à chaque système, compte tenu de ses caractéristiques propres), la différence entre le coût total et l'efficacité mesurable décroît rapidement : ou bien le système est insuffisamment programmé pour que le pourcentage, par exemple de respect des délais et de taux de charge soient satisfaisants; ou bien il est trop programmé et à un accroissement d'efficacité correspond un accroissement plus que proportionnel du coût total.

Au sein de chaque "intervalle", il est possible d'obtenir une solution "optimale", où la différence entre efficacité mesurable et coût total soit maximale pour une combinaison donnée des actions programmées et des décisions régulatrices. A partir de cette différence entre coût total et efficacité mesurable on peut établir un rapport coût/efficacité pour chacun des systèmes. Il n'est cependant pas possible d'en tirer immédiatement des conclusions quant à la plus ou moins grande adéquation de tel ou tel système aux exigences qui lui sont posées, "in abstracto". Toutefois, on pourrait caractériser chaque système par rapport au "cahier des charges" établi en début d'étude.

Le rapport coût/efficience peut être un indice précieux dans la mesure où il est confronté d'une part aux besoins concrets de traitement (avec définition de : nature, fréquence, détail des applications prévues) et d'autre part aux contraintes financières et humaines (budget et personnel disponibles) de l'entreprise. Une comparaison pourrait déjà s'instaurer par rapport à une application particulière bien définie et à l'aide d'un ensemble d'hypothèses cohérent, donc dans des limites assez restreintes. C'est ce que nous essayons de réaliser dans le chapitre suivant, en étudiant les grandes lignes d'une application à la tenue et à la gestion des stocks. Ceci n'exclut cependant pas la possibilité de comparaisons entre systèmes par rapport à divers types d'applications.

Enfin, et ce point n'est pas le moins important, il s'agit de tenir compte des facteurs d'efficience qualitative. A ce propos, il est d'une importance primordiale, pour le système de traitement électronique de l'information que l'organisation et la structure même de l'entreprise aient été conçues (ou repensées) en fonction de ce système; par ailleurs, le système lui-même doit être prévu en fonction de l'organisation existante : il y a donc un phénomène d'adaptation réciproque. Cette adaptation se fera à des degrés divers selon les objectifs poursuivis par la direction lors de l'acquisition de l'ordinateur. C'est dans ce contexte que l'élaboration et la mise en place d'un système informatique de gestion, ainsi que l'application de la gestion intégrée peuvent avoir une influence déterminante sur l'efficience globale et partant sur la rentabilité du système de traitement de l'information et influencer dans une mesure non négligeable l'appréciation de sa valeur nette.

## CHAPITRE 4.

APPLICATION A LA GESTION DES STOCKS DE L'ANALYSE  
 COUT - EFFICIENCE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT ELECTRONIQUE  
 DE L'INFORMATION.

---

Nous avons déjà signalé dans le chapitre précédent la grande difficulté qu'il y avait à comparer différents types de systèmes de traitement électronique de l'information au point de vue de la valeur nette; cette difficulté tient principalement à la variété et à la disparité des éléments à prendre en considération. En nous limitant ici à un type d'application des ordinateurs, à savoir à la gestion des stocks, nous ne visons pas à effectuer une analyse coût-efficacité qui permettrait de comparer les différents types de systèmes : cet objectif dépasserait de loin le cadre d'un chapitre et donnerait lieu, à lui seul, à un travail d'une ampleur considérable.

Notre propos est plus modeste : il s'agit de dégager, par l'analyse coût-efficacité, les éléments déterminants de la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information (1) appliqué à la fonction particulière de gestion des stocks.

Nous tenons d'emblée à préciser le cadre de notre analyse : elle concerne la gestion des stocks de produits finis dans une entreprise de distribution de grosses unités (2). Par ailleurs, nous ne nous limitons pas à la seule gestion des stocks au sens strict. En effet, nous envisageons :

- d'une part la tenue des stocks, impliquant les opérations de mise à jour des fichiers stocks, clients, fournisseurs, ainsi que la facturation;
- 

- (1) Nous dégageons ainsi une méthode d'analyse applicable à n'importe quel type de système de traitement électronique de l'information.
- (2) Par exemple : mobilier, gros électro-ménager, sanitaire. Ceci permet de simplifier quelque peu les données de notre problème.

- d'autre part, la gestion proprement dite, qui comprend essentiellement les prévisions relatives à la demande et au délai de livraison, avec détermination d'une politique d'approvisionnement.

Avant d'appliquer notre analyse à ces deux aspects du problème des stocks, il nous paraît utile de dégager brièvement les éléments essentiels du problème des stocks (1), ainsi que les relations entre le stock physique et son système de gestion, à partir des concepts cybernétiques utilisés antérieurement.

#### 4.1 LE STOCK PHYSIQUE ET SON SYSTEME DE GESTION.

Les stocks ont pour une entreprise de distribution une valeur économique unique étant donné qu'ils constituent une partie très importante de ses actifs. L'objectif premier de la direction est donc de veiller à ce que la gestion de l'approvisionnement de ces stocks s'effectue dans les meilleures conditions possibles. Cette gestion des approvisionnements (ou "gestion des stocks") (2) peut se définir comme la régulation appropriée d'un approvisionnement ou d'une production au moyen d'un stock pour assurer la réponse à une demande de produits.

- 
- (1) Il existe de nombreux ouvrages consacrés à la gestion des stocks. Pour un exposé des différents modèles de gestion des stocks, on peut se référer par exemple à :  
 STARR et MILLER : PP. 20-175,  
 HADLEY, G. and WHITIN, T. : "Analysis of Inventory Systems",  
 Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1963, PP. 29-399;  
 BUCHAN, J. and KOENIGSBERG, E. : "Scientific Inventory Management"  
 Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1963, PP. 279-505;  
 NADDOR, E. : "Inventory Systems", Wiley, New York, 1966,  
 PP. 45-312.
  - (2) L'expression "gestion des stocks" n'est, en effet, pas appropriée :  
 "... ce n'est pas le stock qu'il convient de gérer, mais son ali-  
 mentation" : ROY, B. : "Physionomie des problèmes d'alimentation",  
 in "Economie Appliquée", tome XIII, 1960, P. 128. Nous employons  
 cependant cette expression étant donné qu'elle est consacrée par  
 l'usage.

Le fonctionnement de l'ensemble formé par le stock physique et son système de gestion est représenté dans un schéma (Fig. 4.1) élaboré sur base des concepts cybernétiques exposés au début de ce travail.

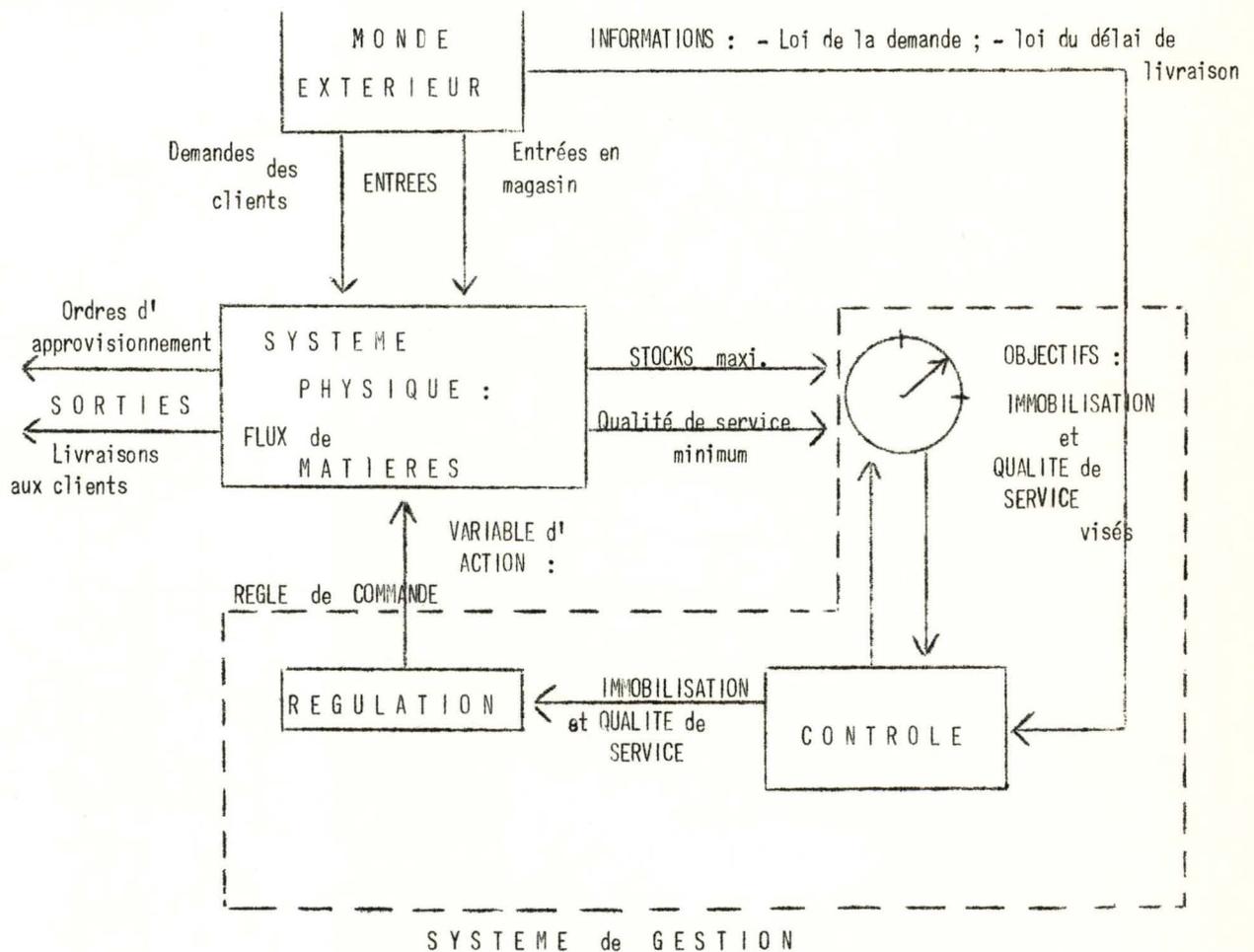


Fig. 4.1. Système physique et système de gestion des stocks.

- Le "monde extérieur" engendre deux types d'entrées :
- les demandes des clients et les entrées physiques en magasin, qui provoquent le mouvement des flux de matières constituant le système du stock physique;
  - les lois (c'est-à-dire les distributions de probabilité) de la demande et du délai de livraison, qui constituent avec les objectifs

les flux d'information pour le contrôle.

Les objectifs fixés au système global des stocks sont des normes relatives au montant des immobilisations et au niveau des services. A partir du moment où les variables essentielles - le stock maximum en magasin et la qualité de service minimale observée - dévient de ces normes, le contrôle peut réagir; il le fera soit :

- 1°) en fixant des nouvelles valeurs aux paramètres de la régulation; cela permet d'agir en conséquence sur la variable d'action que constitue la règle de commande.
- 2°) par adaptation des objectifs.

Enfin, les sorties du système comprennent l'ensemble des ordres d'approvisionnement ainsi que les livraisons effectuées aux clients.

L'impact du contrôle des stocks au niveau de l'entreprise (1) dans son ensemble se marque très fort dans ce cas-ci. Citons l'importance primordiale que revêt la possibilité de réduction de l'immobilisation financière engagée dans les stocks; en outre, par son aspect prévisionnel, la gestion des stocks permet une répartition des dépenses à affecter aux différents articles; cela signifie une possibilité de réguler les engagements financiers liés aux entrées en stock, sur base de prévisions relatives à ces engagements.

#### 4.2 LE SYSTEME DE TENUE DES STOCKS.

Etant entendu que l'entreprise de distribution qui nous

-----

- (1) Il est en général utile de considérer la gestion des stocks dans ses relations avec les autres sous-systèmes de l'entreprise : "Inventory control is not a separate entity, but, rather, a pervasive factor that runs through any production planning and control system" : HOLSTEIN, P. 127; cf. également AKOS, P. 75.

intéresse utilise un système de traitement de l'information (quel qu'en soit le type, répétons-le), pour la mise à jour de ses fichiers et la gestion de ses stocks, nous supposons qu'elle comprend une série d'entrepôts ou de magasins regroupés en un même lieu. On n'envisage donc pas ici le problème des entrepôts dispersés dans une région ou sur l'étendue de l'ensemble d'un pays (1). Avant de déterminer cependant les principaux facteurs à prendre en considération dans l'analyse coût-efficacité au niveau de la tenue des stocks, il est nécessaire de décrire schématiquement l'ensemble du processus de tenue des stocks avec les mises à jour qui en découlent.

#### 4.2.1. L'enchaînement des opérations.

Les processus de mise à jour des différents fichiers (stocks, clients, fournisseurs, etc.) concernant la saisie, la collecte et le traitement d'un ensemble de données qui concernent :

- les commandes effectuées par les clients
- les entrées d'approvisionnement (2) en stock
- les livraisons aux clients et les commandes en attente
- les ordres d'approvisionnement lancés
- les factures établies et reçues
- les règlements effectués par les clients à l'entreprise et par l'entreprise à ses fournisseurs.

Nous pouvons résumer comme suit l'enchaînement des différentes opérations administratives auxquelles donne lieu le

-----

(1) Pour les problèmes posés dans cette dernière hypothèse, on peut consulter : HUPP, B.W. : "Inventory Control for Warehousing and Distribution", in "APICS Annual Conference : Proceedings of the 1964 National Technical Conference", APICS, Chicago, 1965, PP. 248-260 et DAVIS, H.W. : "Inventory Control and Physical Distribution", ibid. PP. 264-274.

(2) Le terme "approvisionnement" signifie ici toute commande effectuée par l'entreprise auprès de ses fournisseurs.

traitement de l'ensemble de ces données sur ordinateur (voir Fig.4.2):  
l'enregistrement d'une carte de commande entraîne (1) :

- 1) la mise à jour du fichier "commandes".
- 2) La consultation du fichier "stocks" ;
  - a) si le produit est en stock, la séquence des traitements est la suivante :
    - la mise à jour d'un fichier "stocks",
    - l'établissement d'un bon de commande (2) envoyé au magasin où l'on rédige le bordereau d'expédition lors de la sortie,
    - le lancement d'un ordre d'approvisionnement éventuel (par exemple lorsque le seuil de commande est atteint),
    - la facturation,
    - la mise à jour du fichier "clients".
  - b) si le produit n'est pas disponible, on a :
    - la mise à jour du fichier "commandes en attente",
    - la consultation du fichier "approvisionnements commandés",
    - le lancement d'un ordre d'approvisionnement.

Par ailleurs, toute entrée en stock donne lieu à la mise à jour des fichiers "stocks", "approvisionnements commandés", "commandes en attente" et "fournisseurs". La facturation et les règlements des clients donnent lieu à la mise à jour du fichier "clients", tandis que la réception de factures-fournisseurs et leur règlement viennent modifier le fichier "fournisseurs".

- 
- (1) La saisie des données peut se faire de multiples manières, par exemple sur cartes ou bandes perforées ou par des procédés de mark-sensing ou de magnéto-lecture (pour ce dernier procédé, cf. POULAIN, T. 2, PP. 164-167).
  - (2) L'établissement des bons de commande, ordres d'approvisionnement, factures peut se faire par emploi de liasses carbonées : voir POULAIN, T. 2, P. 177.

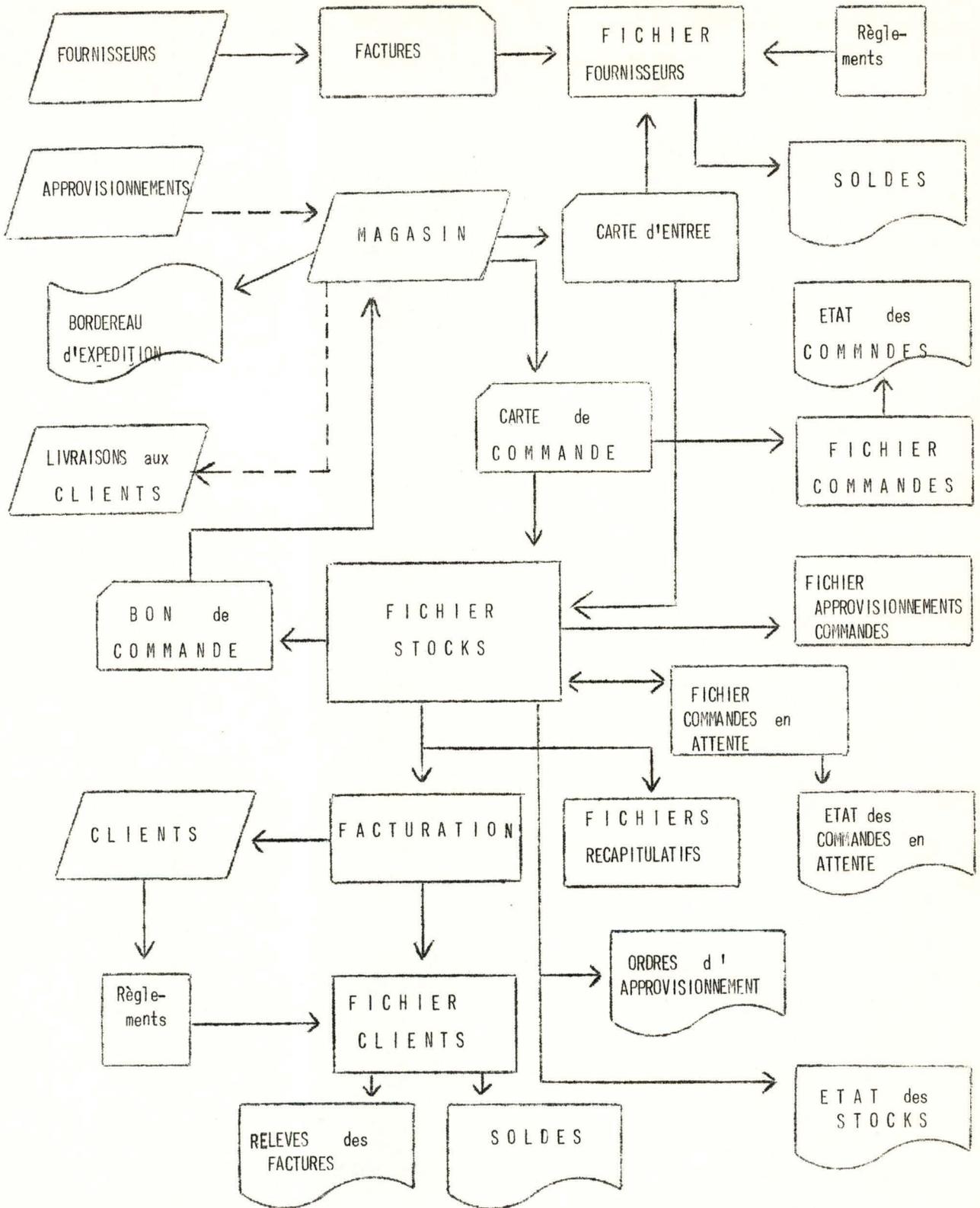


Fig. 4.2. Les différentes opérations de mise à jour des fichiers.

Note : " COMMANDE " = Demande des clients

" APPROVISIONNEMENT " = Demande de l'entreprise aux fournisseurs

-----> = flux physiques

—————> = flux informatiques

C'est ainsi que l'on peut schématiser l'ensemble des traitements sur ordinateur auxquels donnent lieu les entrées et sorties informatiques, physiques et monétaires du système de tenue des stocks. Toutefois, outre ces mises à jour et la facturation, on obtient à l'issue du traitement un certain nombre de documents contenant des informations d'état :

état des stocks, ordres d'approvisionnement, état des commandes, état des commandes en attente, état des comptes clients et fournisseurs ("soldes"), relevés des factures. Ces différents documents donnent lieu à l'établissement des bases statistiques à partir desquelles s'élabore la gestion des stocks. Parallèlement à la facturation, on édite des fichiers récapitulatifs employés pour établir les statistiques d'exploitation commerciale et assurer la tenue de la comptabilité générale et analytique.

Il est indispensable que l'on ait étudié soigneusement l'enchaînement et les relations existant au sein de l'ensemble de ce processus. A partir de là et en fonction des volumes de données à traiter par jour, on peut fixer les objectifs de périodicité des traitements : certains traitements seront journaliers, d'autres hebdomadaires, bimensuels ou mensuels. Seule une étude, à la fois synthétique et détaillée, de l'activité de l'entreprise de distribution permet de fixer correctement les délais de traitement à respecter; c'est d'autant plus important dans le cas de la distribution, où tout est axé sur la qualité du service à la clientèle qui est le critère premier d'efficacité pour une entreprise de ce type.

#### 4.2.2. Les facteurs de l'analyse coût-efficience.

Il est évident que les éléments que nous mettons en évidence dans cette section ne peuvent être séparés de ceux qui seront mis en évidence dans l'analyse coût-efficience appliquée à la gestion proprement dite : nous ne distinguons que pour les besoins de

l'analyse. C'est en effet l'ensemble des deux relations coûts / efficacité qui va déterminer la valeur nette du système de traitement électronique de l'information dans ce contexte-ci.

Les principaux éléments de coûts intervenant dans cette analyse appliquée à la tenue des stocks sont :

- a) les coûts d'exploitation du système physique de traitement : ils comprennent, sous forme de coût par heure-machine :
- le coût de location de l'équipement (y compris la location de la bibliothèque des programmes et les frais d'entretien). Ce coût est à détailler en fonction :
    - de l'importance du volume d'articles en stock
    - du volume de mouvements à traiter
    - de l'ampleur des contrôles à effectuer.
- Ces éléments influent sur le choix des supports d'enregistrement (cartes et bandes perforées, bandes magnétiques... )
- les coûts d'énergie consommée
  - les coûts de consommation (fournitures)
  - un pourcentage des coûts de : nettoyage, panne, transmission (téléphone, etc.).
- b) les coûts du système de gestion :
- les frais de personnel :
    - le personnel de saisie et de collecte (marquage, perforation dans les différents magasins ou entrepôts)
    - le personnel d'exploitation : programmeurs, opérateurs
  - un pourcentage des frais généraux du département informatique
  - les frais de la partie programmée du système de traitement :
    - les coûts de programmation (coûts importants en cas d'automatisation de l'ensemble du processus)
    - les frais de contrôle d'erreur.

Quant aux éléments d'appréciation de l'efficacité du

système dans ces traitements, on peut surtout y comprendre (1) :

- a) au niveau de la conception des traitements : une évaluation du pourcentage des commandes non satisfaites, ce qui est un test de validité pour les normes fixées au point de vue service à la clientèle;
- b) au niveau de l'exploitation :
  - le degré de fiabilité des entrées (pourcentage d'erreurs)
  - le respect de la périodicité des traitements

Un élément d'efficacité non mesurable est constitué par le degré d'adaptabilité du système à des variations dans les volumes à traiter et, par là même, la répartition équilibrée de la charge du système.

Il nous faut insister ici sur le fait que la qualification, la compétence et le savoir-faire des analystes et programmeurs interviennent de façon souvent décisive dans le fonctionnement efficace du système de traitement électronique de l'information. On peut obtenir, toutes choses égales d'ailleurs, des résultats parfois plus efficaces avec un ensemble petit ou moyen qu'avec un système, puissant peut-être, mais mal utilisé (2).

En relation avec l'optimisation de la gestion des stocks, on peut déjà faire remarquer ici que l'analyse coût-efficacité a pour but d'accroître la valeur nette du système de deux façons :

- ou bien l'efficacité est jugée suffisante et il s'agit alors d'obtenir ou de garder ce niveau d'efficacité au coût minimum;
- ou bien l'on cherchera, sans accroître les coûts, à améliorer l'efficacité du système.

- 
- (1) Il faut cependant aussi tenir compte des caractères de l'ensemble contrôlé : organisation des magasins, méthodes d'entreposage, etc.
  - (2) Des réflexions intéressantes à cet égard sont émises par DIEBOLD, J. : "Bad Decisions on Computer Use", in "Harvard Business Review", Vol. 47, 1969, PP. 14-16, 21-28, 176.

Enfin, il est essentiel que les possibilités de contrôle du système permettent d'adapter les objectifs fixés (par exemple au point de vue périodicité des traitements), dans la mesure où les résultats de la gestion tendraient à prouver leur relative inefficacité.

#### 4.3 LE SYSTEME DE GESTION DES STOCKS.

Pour mieux comprendre les caractéristiques propres à la gestion des stocks, il est utile de grouper en un schéma (fig. 4.3) les principales composantes du problème : les entrées et sorties physiques et informatiques, les variables essentielles et les variables d'action, ainsi que les différents types de coûts associés à ces grandeurs : ils forment ensemble le système de stock physique à l'approvisionnement duquel s'applique la gestion.

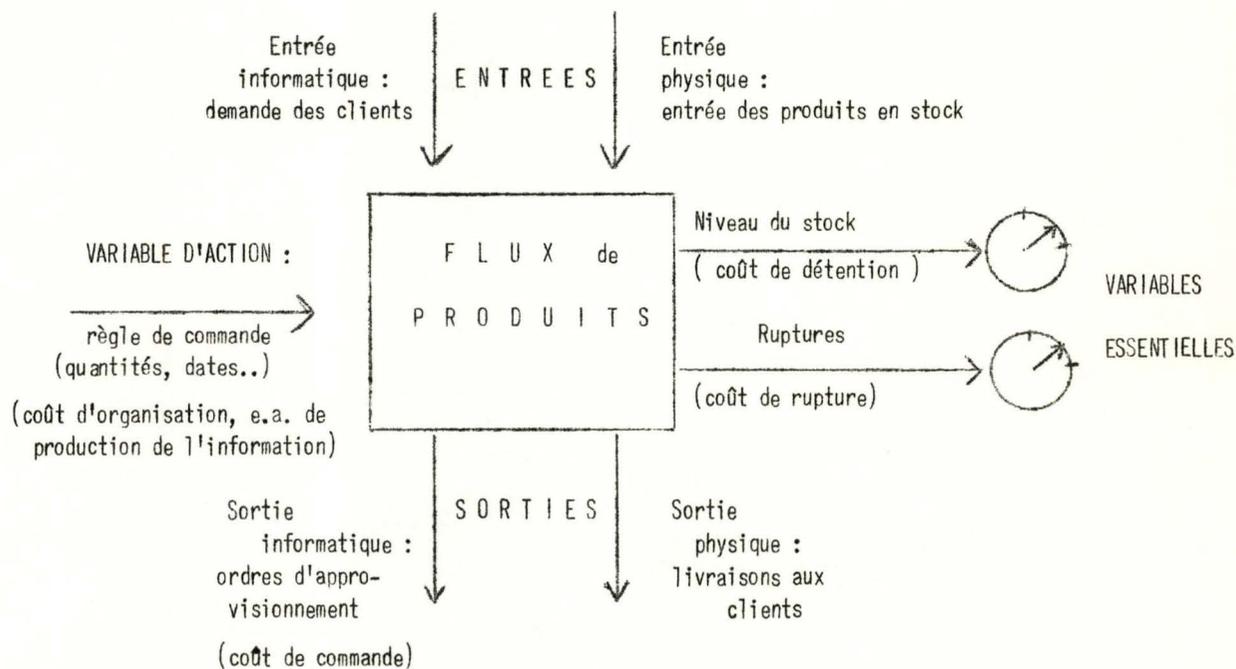


Fig. 4.3. Le système de stock physique (1)

(1) Voir MELESE : P. 87.

#### 4.3.1. Les objectifs de la gestion des stocks et l'ordinateur.

La précision, la pertinence et l'adaptabilité des objectifs fixés par la direction pour la gestion des stocks sont d'une importance vitale pour une entreprise de distribution. Ces objectifs sont essentiellement de deux ordres :

- d'une part, la minimisation du coût total associé aux stocks : il s'agit principalement d'équilibrer des coûts antagonistes pour assurer une immobilisation financière minimale;
- d'autre part, le maintien ou l'accroissement du niveau de service à la clientèle. Deux graphiques nous permettent de mieux saisir le sens de ces objectifs.

Pour les coûts, considérons, pour simplifier, un modèle déterministe (où demande et délai de livraison sont connus), portant sur un horizon de gestion d'un an; en y intégrant les coûts de rupture, on obtient une équation du type :

$$\text{coût total : } CT = C_1 \frac{D}{Q} + C_u I \frac{M^2}{2Q} + r \frac{(Q - M)^2}{2Q}$$

avec  $C_1$  = coût fixe de commande;

$C_u$  = coût unitaire d'approvisionnement;

$Q$  = quantité réapprovisionnée;

$I$  = coût unitaire de détention;

$D$  = demande pendant l'horizon de gestion;

$r$  = coût unitaire de rupture;

$M$  = niveau maximum du stock.

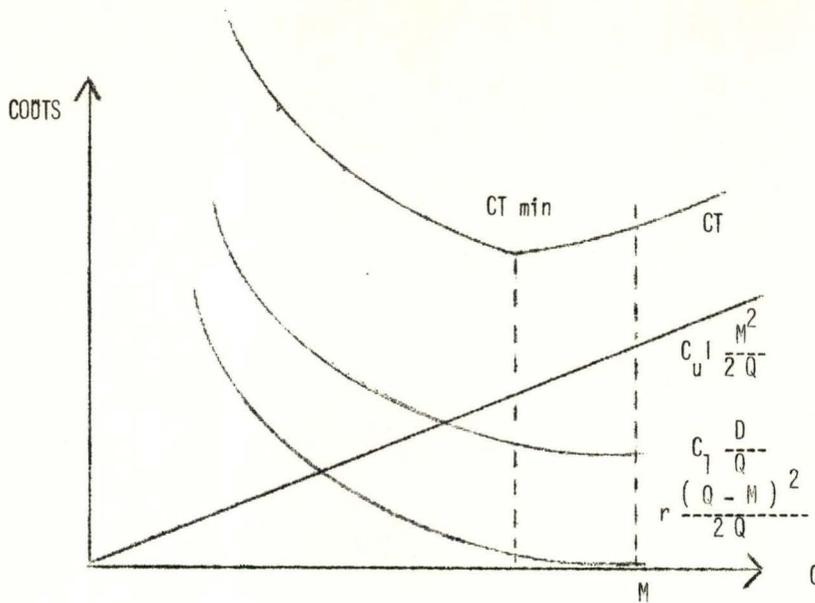


Fig. 4.4. Evolution des coûts en fonction des quantités réapprovisionnées.

Par ailleurs, on peut exprimer graphiquement comme suit la relation globale entre la qualité de service et les coûts (ensemble de l'immobilisation financière) (1) :

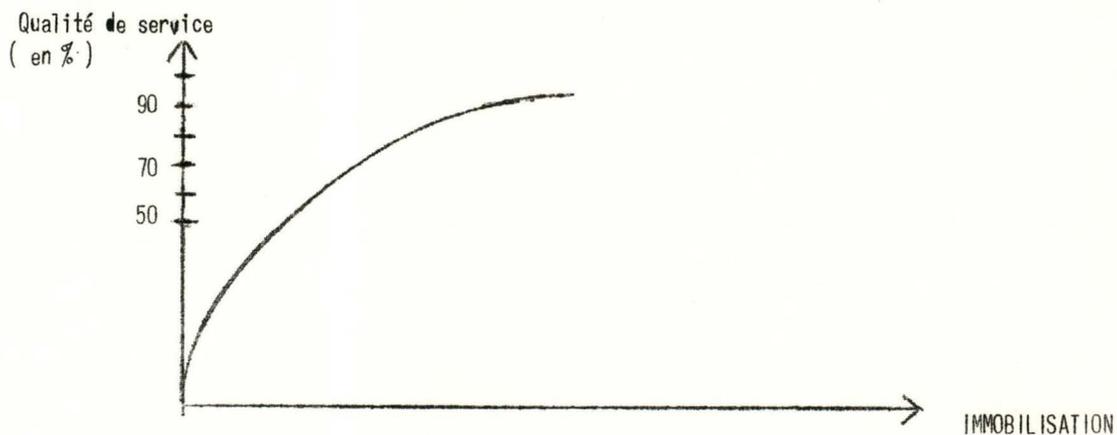


Fig. 4.5. Courbe qualité-coûts.

Toutefois, ce dernier graphique n'a de sens que dans la mesure où l'on a préalablement :

(1) Voir MELESE (R.O.), P. 8.

- regroupé les différents articles selon leur nature (1) (la tendance et les variations saisonnières qui les affectent)
- déterminé l'importance relative de chacun de ces lots,
  - en % du stock physique global;
  - en % du capital immobilisé.

On peut ainsi dégager quels sont les biens stockés dont l'approvisionnement constitue un point critique pour l'entreprise de distribution, eu égard à leur valeur monétaire et à l'importance de la demande. C'est à partir des caractéristiques de l'ensemble de ces lots que l'on peut chercher à atteindre une relation satisfaisante (ou optimale) entre la qualité du service à la clientèle et l'immobilisation financière qu'elle engage.

On cherche généralement à atteindre les objectifs ainsi fixés au moyen de techniques mathématiques portant sur la prévision des deux variables indépendantes (2) : la demande et le délai de livraison. Ces prévisions se déterminent sur base de données statistiques récapitulant par exemple les  $x$  derniers mois. A partir des estimations ainsi réalisées, on peut mettre au point des règles d'approvisionnement mettant en oeuvre telle ou telle politique, ainsi que les stocks de sécurité correspondants.

Dans le cas d'une entreprise de distribution, dont les stocks comprennent une grande quantité d'articles très diversifiés, l'ordinateur est de toute évidence un outil très précieux (3), tant

-----

- (1) A cet égard, la politique d'approvisionnement en biens périssables sera différente de celle relative aux biens durables.
- (2) On emploie assez fréquemment la méthode de lissage exponentiel.
- (3) La complexité de la mise au point des méthodes de prévision et de commande et les difficultés de leur exécution sont illustrées dans les cas étudiés par MELESE (R.O.) : par exemple la mise en place d'un système de gestion dans une chaîne de magasins populaires, que nous avons déjà cité antérieurement : surtout les PP. 202-226 et 232-257.

par sa puissance et sa vitesse de traitement que par les possibilités de programmation qu'il offre (1). On peut ainsi utiliser des programmes de routine pour le calcul des prévisions mensuelles à partir :

- a) des données relatives : aux ventes du(des) dernier(s) mois, par article, lot, magasin, aux mises à jour des différents fichiers, aux mises à jour des adaptations éventuelles des prévisions;
- b) des caractéristiques des prévisions élaborées au cours des mois précédents.

La gestion des approvisionnements proprement dite peut alors s'élaborer à partir de ces prévisions : programmes de calcul ou d'adaptation des quantités à commander par article, lot et magasin, ainsi que des stocks de sécurité à modifier éventuellement. Le processus de gestion des approvisionnements n'est donc pas indépendant d'autres facteurs, qu'il s'agisse de la politique de la direction, des contraintes financières ou de l'évolution de la conjoncture au niveau de la demande (clients) ou des délais de livraison (fournisseurs) : il faut l'intégrer dans cet ensemble (2).

#### 4.3.2. Les éléments de l'analyse coût-efficience au niveau de la gestion.

---

Ayant ainsi défini les contours du problème de gestion et déterminé les opérations qu'elle implique, nous pouvons dégager les facteurs de coût et d'efficience qui apparaissent à ce niveau.

---

- (1) Il existe plusieurs programmes de gestion des stocks sur ordinateur, tels IMPACT et MINCOS : On peut consulter à ce sujet : "Retail IMPACT. Inventory Management Program and Control Techniques. Application Description.", IBM, New York, 1965, 104 PP.  
van der GAAG, P.C. : "De Programma's van het "Impact" Systeem voor wetenschappelijk voorraadbeheer bij de groothandel", in "Informatie", 10e année, 1968, PP. 137-143.  
"MINCOS. Programme modulaire pour le contrôle et l'approvisionnement des stocks industriels", IBM-France, 1967, 35 PP.
- (2) Nous renvoyons ici à un organigramme, déjà mentionné, représenté dans MELESE (R.O.), P. 260.

Au point de vue du traitement par ordinateur, nous faisons entrer en ligne de compte les mêmes éléments déjà évoqués dans l'opération de tenue des stocks, tant pour les coûts que pour l'efficacité. Il faut cependant remarquer que, étant donné la complexité des problèmes à traiter et des calculs à effectuer, le coût de programmation est plus développé que lors du premier traitement. C'est d'autant plus vrai que l'on aura poussé plus avant l'automatisation de la gestion elle-même, avec le contrôle et la régulation automatiques des variables d'action lors de déviations significatives des variables essentielles par rapport aux normes établies.

Au point de vue de la gestion des stocks, le coût du traitement par ordinateur s'insère dans les "coûts d'organisation" du système de gestion des stocks. Nous avons, en fait, à tenir compte de quatre types de coût dans notre analyse coût-efficacité :

- les coûts de détention ou de stockage,
- les coûts de commande,
- les coûts de rupture,
- les coûts d'organisation.

Par ailleurs, les éléments d'efficacité du système de gestion des stocks sont essentiellement constitués par :

- a) le niveau ou la qualité du service à la clientèle, que l'on peut mesurer par :
  - le % de rupture de stock enregistré
  - le % de commandes de clients non immédiatement satisfaites
- b) le niveau de l'immobilisation financière par rapport à la qualité des services assurées.

C'est précisément au niveau de l'efficacité du système de gestion des stocks que l'on saisit l'importance primordiale de la détermination correcte des objectifs. En effet, si ceux-ci sont mal adaptés à la nature des problèmes à traiter, le système de traitement

de l'information, quelle que soit son efficacité, ne pourra produire au moment voulu l'information apte à assurer une gestion correcte des stocks. La relation est cependant réciproque, le système de traitement de l'information pouvant aider la direction à déterminer des objectifs valables pour la gestion des stocks.

Si par ailleurs les objectifs sont adaptés, mais le système de traitement peu efficient, les résultats de la gestion s'en ressentiront. Le rôle joué par l'efficience du système de traitement électronique de l'information dans l'évolution de l'efficience du système global de gestion des stocks est donc très important. On estime communément que l'emploi d'un ordinateur adapté à la nature des problèmes et aux volumes de données à traiter et fournissant une bonne information, permet les améliorations suivantes : un taux de service qui peut aller jusqu'au-delà de 90 % et une réduction de l'immobilisé de l'ordre de 20 à 25 %.

#### 4.3.3. La synthèse : une double gestion de stocks.

A l'issue de cette analyse portant à la fois sur la tenue et sur la gestion des stocks dans une entreprise de distribution, on peut synthétiser comme suit les éléments mis en évidence. Il est possible de représenter la gestion de stocks au moyen d'un système de traitement électronique de l'information sous forme d'une gestion double : gestion de l'approvisionnement du stock physique et gestion de l'approvisionnement du stock informatique (1).

L'analyse coût-efficience porte alors simultanément sur la gestion des stocks et sur la gestion de l'information relative aux

---

(1) Une étude dans ce sens a été entreprise par M. VANDENBULCKE, J. : "Ekonomische Calculus bij de integratie van het informatiebeheer in de voorraadproblematiek", CORE, Louvain, 1968, stenc., 32 PP.

stocks, comme le montrent les deux tableaux suivants. On y reprend les principaux éléments de coût et d'efficacité. Il est à noter que le tableau II est normalement intégré dans le tableau I (dans les "coûts d'organisation"; on a distingué ici pour indiquer plus clairement le parallélisme des deux gestions).

## TABLEAU I :

Gestion de l'approvisionnement du stock physique :

<u>C O U T S</u>	<u>E F F I C I E N C E</u>
1. <u>Coûts de commande</u> :	1. <u>Niveau du service à la clientèle</u> (ou probabilité de rupture de stocks)
- coût fixe par commande : frais administratifs de commande, coûts de transport	
- coût variable avec la quantité : prix d'achat du produit	2. <u>Montant de l'immobilisation financière en stocks.</u>
2. <u>Coût de détention</u> :	
- charge financière du capital immobilisé	
- frais d'entrepôt : frais d'entrée et sortie de stock, frais d'énergie et d'entretien	
- frais d'entretien et taxes	
- coût de dépréciation des produits	
3. <u>Coût de rupture</u> :	
- coût des demandes différées	
- coût des ventes perdues	

C O U T SE F F I C I E N C E4. Coût d'organisation :

- frais d'inventaire; à l'exclusion des coûts de collecte et traitement de l'information.

## TABLEAU II :

Gestion de l'approvisionnement du stock informatique :

C O U T SE F F I C I E N C E1. Coût de commande :

- coûts d'exploitation du système physique de traitement :
- coût de location de l'équipement
- coûts d'énergie
- coûts de nettoyage, panne, transmission
- frais de personnel (collecte, exploitation)
- coûts de programmation
- coûts de contrôle d'erreurs

1. Degré de fiabilité de l'entrée en stock : % d'erreurs2. Respect de la périodicité des traitements de l'information; absence de files d'attente dues à la surcharge du système.3. Capacité de réaction à des variations dans la demande d'information.4. Degré de pertinence de l'information stockée.2. Coût de détention :

- coût de consommation (supports d'information)
- coût d'obsolescence de l'information
- coûts d'assurance du stock informatique.

C O U T SE F F I C I E N C E3. Coût de rupture :

- coût de non-respect des  
délais de livraison de l'in-  
formation
- coût de surcharge du système.

La détermination de la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information appliqué à la gestion des stocks est inséparable de cette gestion elle-même. L'analyse coût-  
efficience qui permet l'estimation de cette valeur nette mène ainsi à une optimisation double : celle de la gestion des stocks et celle de la gestion de l'information produite par le système de traitement électronique. Ceci suppose à la fois une étude précise des différents types de coûts impliqués et une estimation aussi serrée que possible des éléments d'efficience, de façon à dégager le mode de fonctionnement optimal du système de gestion des stocks à l'aide d'un ensemble électronique.

Il faudrait mener cette étude pour chacun des types de systèmes de traitement électronique de l'information décrits dans la première partie de ce travail, pour pouvoir les comparer quant à leur valeur nette respective. Appliquée à un problème de gestion des stocks, cette étude prolongerait la recherche de M. VANDENBULCKE dans deux directions. M. VANDENBULCKE élabore deux modèles d'optimisation, l'un pour une gestion des stocks en temps réel, l'autre pour un traitement différé, sans tenir compte explicitement de l'efficience. Il nous paraît intéressant d'une part d'intégrer les éléments d'efficience dans l'analyse et, d'autre part, de diversifier davantage les types de systèmes de traitement utilisés. Il faut toutefois remarquer qu'une telle analyse ne prend tout son sens que dans la mesure où l'on intègre le sous-système de stocks dans un ou des systèmes plus vastes (production, commercialisation).

Il apparaît donc possible d'estimer la valeur économique d'un système de traitement électronique de l'information appliqué à un problème de gestion particulier. A partir de la valeur ainsi obtenue, le calcul économique tendrait à atteindre l'optimum de cette valeur nette par minimisation des coûts et maximation de l'efficience.

+ +  
+ +  
+ +

C O N C L U S I O N .  
-----

Au terme de ce travail, nous avons le sentiment, non pas d'avoir "bouclé" le sujet, mais au contraire de nous trouver au seuil d'un vaste domaine de recherches. En effet, la mise en évidence, par l'analyse, des facteurs de coût et d'efficacité entrant dans le calcul économique ne constitue, en fait, qu'une première étape, indispensable, il est vrai.

Le système que l'on désire analyser doit, en fait, avoir été conçu en fonction des problèmes à étudier dans l'entreprise (et repris dans le "cahier des charges"); il est à mettre en oeuvre en tenant compte du matériel disponible d'une part, et des contraintes de budget, de personnel, etc. Une analyse coût-efficacité est essentielle mais elle ne suffit pas.

La seconde étape implique la constitution de données statistiques relatives aux éléments de coût et d'efficacité, de manière à donner un contenu au cadre méthodologique que nous avons esquissé. A partir des statistiques, on peut établir quelle est la valeur économique du système et si, oui ou non, il est susceptible d'être amélioré. Cette étude doit être menée d'abord au niveau de chaque application administrative et de gestion, avant qu'on ne puisse envisager un modèle global d'optimisation de la valeur économique de l'ordinateur pour l'entreprise.

Nous nous sommes attaché, dans ce travail, à l'estimation de la valeur nette d'un système de traitement électronique de l'information. En effet, étant donné l'accroissement vertigineux du nombre d'ordinateurs sur le marché et le peu d'importance explicitement accordé jusqu'ici à la valeur de l'information dans la théorie économique, il y a là un terrain d'investigation intéressant. Même si une

recherche fondamentale n'aboutit pas immédiatement, elle n'est pas nécessairement dénuée de valeur pour autant.

La première partie de notre travail est relativement technique, mais il nous semble indispensable que l'on ait une compréhension des différents systèmes de traitement, avant d'aborder effectivement le problème de la détermination de la valeur économique

Pour toute entreprise utilisant un système de traitement de l'information, un calcul empirique de la valeur du système s'impose, eu égard à l'impact énorme de l'ensemble électronique sur les structures et l'organisation globales de l'entreprise.

Judicieusement employé, l'ordinateur est un facteur de dynamisme, de croissance et de prospérité pour l'entreprise. Il lui permet non seulement d'enregistrer une masse considérable de données traitées de manière à fournir rapidement une information que le décideur utilisera pour améliorer ses décisions et le gestionnaire sa gestion, mais peut également assumer certaines fonctions de gestion.

Si, par contre, on n'a pas effectué d'études préalables des applications possibles du système de traitement sur base de l'activité et de la structure spécifiques de l'entreprise (ou du moins après introduction des modifications organisationnelles qui s'imposent), sans programmation de la gestion, l'ordinateur devient un fléau : " Dans une entreprise où n'existe pas de gestion programmée et où, dès lors, il n'est pas possible de mesurer avec exactitude l'impact de l'ordinateur sur les coûts, on risque, faute de voir diminuer l'emploi, de condamner l'ordinateur, ce qui risque aussi de condamner l'entreprise." (1)

-----  
 (1) DERWA, L. : "A quelles conditions l'emploi des ordinateurs peut-il être rentable ?", in "Reflets et Perspectives de la vie économique", t. VII, 1968, P. 394.

Finalement, quel que soit le type d'analyse qu'on lui applique, la valeur économique d'un système de traitement électronique de l'information dépend en dernière instance, des hommes qui l'utilisent. Leur qualification, leurs vues sur l'intégration de l'ordinateur dans l'entreprise, sur les types d'applications à effectuer, etc., sont souvent déterminantes dans le succès ou l'échec de l'introduction d'un ordinateur dans l'entreprise.

+  
+ +  
+

## B I B L I O G R A P H I E

-----

Ouvrages et articles consultés.

- ABRAMSON, N. " Information Theory and Coding ",  
McGraw Hill, New York, 1963.
- AKOS, G. " Het ontwerpen en invoeren van een informa-  
tiesysteem t.b.v. de bedrijfsbesturing bij  
de koninklijke machinefabriek Stork ",  
Informatie, 11e année, 1969, PP. 70-77.
- ALBACH, H. " Entscheidungsprozess und Informationsfluss ",  
in SCHNAUFER - AGTHE.
- ALLAIS, M. " Le comportement de l'homme rationnel devant  
le risque : Critique des postulats et  
axiomes de l'école américaine ",  
Econometrica, Vol. 21, 1953,  
PP. 503-545.
- ANSHEN, M. BACH, G.L. " Management and Corporations 1985 ",  
McGraw Hill, New York, 1960, 253 PP.
- APICS Annual Conference " Proceedings of the 1964 National Technical  
Conference ",  
APICS, Chicago, 1965, 274 PP.
- ARSAC, J. " Les systèmes de conduite des ordinateurs ",  
Dunod, Paris, 1968, 270 PP.
- ASH, R.B. " Information Theory ",  
Wiley, New York, 1967 (3e ed.), 334 PP.
- ASHBY, W.R. " Introduction à la Cybernétique ",  
Dunod, Paris, 1958, 346 PP.
- " Design for a Brain ",  
Chapman and Hall, London, 1960, 282 PP.
- A.W.V. " Grundlagen der elektronischen Datenverar-  
beitung ",  
Agenor, Frankfurt, 1964, 414 PP.
- BAUVIN, G. " L'Informatique de Gestion "  
Hommes et Techniques, Puteaux, 1968,  
346 PP.

- BEER, S. " Cybernetics and Management ",  
The English Universities Press, London,  
1967 (2e ed.), 237 PP.
- " Decision and Control ",  
Wiley, London, 1966, 550 PP.
- BENAY, J. " Equipements de transmission de l'informa-  
tion ",  
C.F.R.O., Paris, 44 P., stenc.
- BERNARD, J. " Comprendre et organiser le traitement  
automatique de l'information ",  
Dunod, Paris, 1968 (3e éd.), 482 PP.
- BERTIN, J., RITOUT, M., ROUGIER, J-C. " L'exploitation partagée des calculateurs ",  
Dunod, Paris, 1967, 198 PP.
- BIERMAN, BONINI, FOURAKER, JAEDICKE. " Quantitative Analysis for Business Deci-  
sions ",  
Irwin, Homewood, 1965 (rev. ed.),  
447 PP.
- BLAAUW, G.A. " The Structure of System/360. Part I :  
Outline of the Logical Structure ",  
BROOKS, F.P. IBM Systems Journal, vol. 3, n° 2,  
1964, PP. 119-135.
- BLAAUW, G.A. " The Structure of System/360. Part V :  
Multisystem Organization ",  
IBM Systems Journal, vol. 3, n° 2,  
1964, PP. 181-195.
- BLOCH-LAINE, F. et PERROUX, F. " L'entreprise et l'économie du XXe siècle.  
Vol. 2 : La formation des décisions et  
l'entreprise ",  
PUF, Paris, 1966, PP. 333-679.
- BODART, F. (1) " Contribution à la théorie de la gestion des  
stocks. Analyse adaptative des approvisionne-  
ments en horizon de gestion court. ",  
Thèse, Université de Liège, 1968 ,  
274 PP., stenc.
- (2) " Les Systèmes Informatiques de Gestion ",  
Reflets et Perspectives de la vie  
économique, t. VII, n° 5, 1968,  
PP. 371-386.

- BODART, F. - GUILLAUME, M.  
 " Rapport de Base ",  
 in "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", PP. 23-80.
- BOLLIET, L.  
 " Utilisation des ordinateurs à distance en temps réel et en temps partagé ",  
 Dunod, Paris, 1967, 288 PP.
- BONINI, C.P., JAEDICKE, R.K., WAGNER, H.M.  
 " Management Controls ",  
 McGraw Hill, New York, 1964, 342 PP.
- BORCH, H.K.  
 " The Economics of Uncertainty ",  
 Princeton University Press, Princeton, 1968, 224 PP.
- BOURGEOIS, M.  
 " Applications actuelles et potentielles de l'ordinateur comme outil de gestion ",  
 in "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", PP. 99-119.
- BRENNER, J.R.  
 " Toward a Value Theory of Information ",  
 in FRIELINK, A.B., PP. 22-32
- BRIGHTMAN, R.W., LUSKIN, B.J., TILTON, T.  
 " Data Processing for Decision-Making ",  
 McMillan, New York, 1968, 460 PP.
- BUCHAN, J. - KOENIGSBERG, E.  
 " Scientific Inventory Management ",  
 Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1963, 505 PP.
- BUISSERET, M.  
 " Du choix d'un équipement électronique de gestion ",  
Annales des Sciences Economiques Appliquées, 25e année, 1967, PP. 417-435.
- BULOW, F. - LANGEN, H.  
 " Wörterbuch der Wirtschaft ",  
 Kröner, Stuttgart, 1967 (5e éd.), 635 PP.
- BURNETT, J.A.  
 " La transmission des informations. Ses possibilités, ses contingences ",  
Revue de la Mécanographie, n° 222, 1966, PP. 347-350.
- CAPRON, W.M.  
 " Cost Effectiveness-Analysis for Government Domestic Programs ",  
 in GOLDMAN, T.A., PP. 131-139.

- CARROLL, D.C. " Implications of on-line, real-time systems for managerial Decision-Making ",  
in MYERS, C.A., PP. 140-173.
- CARTERON, J. " L'apport des techniques de traitement de l'information en temps réel au fonctionnement et à la gestion des entreprises ",  
in SOGESCI, PP. 27-43.
- CHAMBERS, J.C. - HAIN, R.C. " The Design of a Management Information System ",  
Paper presented at the 13th Meeting of the Institute of Management Science, Philadelphia, 1966, 32 PP., stenc.
- CLASON, W.E. " Dictionary of Automation, Computers, Control and Measuring. In six languages ",  
Elsevier, Amsterdam, 1961, 848 PP.
- " Contributions of Scientific Research in Management "  
University of California, Los Angeles, 1959, 172 PP.
- DAVIS, H.W. " Inventory Control and Physical Distribution ",  
APICS Annual Conference, 1964,  
PP. 264-274.
- DEARDEN, J. " Myth of real-time management information ",  
Harvard Business Review, vol. 44,  
1966, PP. 123-132.
- DENOLF, H. " Decision Tables - An annotated bibliography ",  
CETAI, 1968, 25 PP. Stenc.
- DERWA, L. " A quelles conditions l'emploi des ordinateurs peut-il être rentable ? "  
Reflets et Perspectives de la vie économique, t. VII, 1968, PP. 387-394.
- DESCAMPS, R. " Pour une dynamique de la gestion ",  
Journal de la SOFRO, n° 28, 1964,  
PP. 215-236.
- DESMONDE, W.H. " Real-time Data Processing Systems. Introductory Concepts ",  
Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1964,  
186 PP.

- DIEBOLD, J. " Bad Decisions on Computer Use ",  
Harvard Business Review, vol. 47, 1969,  
PP. 14-16, 21-28, 176.
- DOMERIER, M. " Beurteilungskriterien formeller Kommunika-  
tionssysteme ",  
Diss., Köln, 1966, 216 PP., stenc.
- DREZE, J.-H. " Les probabilités "subjectives" ont-elles  
une signification objective ? ",  
Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
PP. 55-70.
- " Le paradoxe de l'information ",  
Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
PP. 71-80.
- DUYNE, U.K.G. " Facteurs et Critères dans le Choix d'un  
Ordinateur ",  
CETAI, 12 PP., offset (art. paru dans  
Informatie, 8e année, n° 2, 1966)
- EMERY, J.C. " The Value of Information as a Function of  
the Structure and Reliability of the  
Information System ",  
University of Pennsylvania, Philadel-  
phia, 1966, 39 PP., stenc.
- EUWE, M. " De toepassingsgebieden van de digitale  
rekenautomat ",  
in GROOSMAN, PP. 439-453.
- FELLER, W. " An Introduction to Probability Theory and  
Its Applications ",  
Wiley, New York, 1968 (3e éd.), Vol. 1,  
498 PP.
- FIOCK, L.R. " Seven Deadly Dangers in EDP ",  
Harvard Business Review, vol. 40, 1962,
- FISHBURN, P.C. " Decision and Value Theory ",  
Wiley, New York, 1964, 451 PP.
- FLEISHMAN, T. " Current Results from the Analysis of Cost  
Data for Computer Programming ",  
SDC, Santa Monica, 1966, 97 PP.

- FOX, P.D. " A Theory of Cost-Effectiveness for Military Systems Analysis ",  
Operations Research, vol. 13, 1965,  
PP. 191-201.
- FRIELINK, A.B. (ed.) " Economics of Automatic Data Processing ",  
North Holland, Amsterdam, 1965, 384 PP.
- FUTH, H. " Elektronische Datenverarbeitungsanlagen.  
Bd. II : Organisation der Datenverarbeitung ",  
Oldenbourg, München, 1965, 156 PP.
- GARRITY, J.T. " Top Management and Computer Profits ",  
Harvard Business Review, vol. 41, 1965,  
PP. 6-12, 172-174.
- "Gegenwartsfragen der Unternehmensführung." Festschrift zum 65. Geburtstag von Wilhelm Hasenack,  
Herne, Berlin, 1966, 538 PP.
- GINZBERG, M.G. " Notes on Testing Real-Time Systems Programs ",  
IBM Systems Journal, vol. 4, 1965,  
PP. 58-72.
- GOLDMAN, T.A. " Cost-Effectiveness Analysis. New Approaches in Decision-Making ",  
Praeger, New York, 1967, 231 PP.
- GREGORY, R.H. - VAN HORN, R.L. " Le traitement de l'information dans l'entreprise.  
T. 1 Principes et Méthodes.  
T. 2 La Programmation. ",  
Dunod, Paris, 1966, 312 et 414 PP.
- GROOSMAN, L.E. e.a. " Managementaspecten van de Automatisering ",  
Marka-Boeken, Utrecht, 1965, 526 PP.
- GUIASU, S. - THEODORESCU, R. " La théorie mathématique de l'information ",  
Dunod, Paris, 1968, 221 PP.
- HADLEY, G. " Introduction to Probability and Statistical Decision Theory ",  
Holden - Day, San Francisco, 1967,  
576 PP.

- HARTMANN, B. " Total Business Systems ",  
in "Gegenwartsfragen der Unternehmens-  
führung", PP. 167-185.
- HATRY, H.P. " The Use of Cost Estimates ",  
in GOLDMAN, T.A., PP. 44-68.
- HEAD, R.V. " Real-time Business Systems ",  
Holt, Rinehart and Winston, New York,  
1964, 359 PP.
- HEUSTON, M.C. - OGAWA, G. " Observations on the Theoretical Basis of  
Cost-Effectiveness ",  
Operations Research, vol. 14,  
PP. 242-266.
- HOLSTEIN, W.K. " Production Planning and Control Integrated",  
Harvard Business Review, vol. 46, 1968,  
PP. 121-140.
- HOLTGREWE, K.G. " Automation und Entscheidung ",  
Gabler, Wiesbaden, 1968, 131 PP.
- HUPP, B.W. " Inventory Control for Warehousing and  
Distribution ",  
APICS Annual Conference 1964,  
PP. 248-260.
- IAGLON, A.M. - IAGLON, I.M. " Probabilité et Information ",  
Dunod, Paris, 1959.
- "IBM - Télétraitement. Les systèmes de transmission IBM.",  
IBM - France, 1966, 104 PP.
- "IFIP-ICC Vocabulary of Information Processing",  
North Holland, Amsterdam, 1966, 208 PP.
- "Retail IMPACT. Inventory Management Program and Control Techniques.  
Application Description ",  
IBM, New York, 1965, 104 PP.
- I.C.G. (Institut National de Gestion Prévisionnelle et de Contrôle de  
Gestion) " Etude sur les Conditions d'Utilisation de  
l'Informatique ",  
Paris, 1968, 3 tomes, stenc.

- JENKINS, J.M. - YOULE, P.V.  
 " A Systems Approach to Management ",  
Operational Research Quarterly,  
 vol. 19, Special Issue, 1968, PP. 5-21.
- JOHNSON, R.A. - KAST, F.E. - ROSENZWEIG, J.E.  
 " The Theory and Management of Systems ",  
 McGraw Hill, New York, 1963.
- KALSCHUEER, H.D.  
 " Integrierte Datenverarbeitungssysteme für  
 die Unternehmensführung ",  
 de Gruyter und Co, Berlin, 1967,  
 121 PP.
- KRIEBEL, C.A.  
 " La place de l'ordinateur dans les stratégies  
 des firmes ",  
Economies et Sociétés, Cahier de  
 l'ISEA, t. II, 1968, PP. 653-667.
- KUHRT, P.F., GIESECKE, R., MAURER, V.  
 " Datenfernübertragung ",  
 Westdeutscher Verlag, Köln, 1966,  
 178 PP.
- LABOLLE, V.  
 " Development of Equations for Estimating  
 the Cost of Computer Program Production ",  
 SDC, Santa Monica, 1966, 49 PP.
- LAMBIN, J.-J.  
 " La Décision Commerciale face à l'Incertain ",  
 Dunod, Paris, 1965, 415 PP.
- LAURET, A.  
 " Principes de programmation des ordinateurs",  
 Masson et Cie, Paris, 1967, 166 PP.
- LEBRATY, J.  
 " Profit, Décision et Incertitude ",  
 Cujas, Paris, 1967, 281 PP.
- LUCE, R.D. - RAIFFA, H. " Games and Decisions ",  
 Wiley, New York, 1967, 532 PP.
- MCCARTHY, E.J. - MCCARTHY, J.A.  
 " Integrated Data Processing Systems ",  
 Wiley, New York, 1966, 565 PP.
- MCCRACKEN, D.  
 " Programmation des calculatrices ",  
 Dunod, Paris, 1960, 255 PP.
- MCDONOUGH, A.M.  
 " Information Economics and Management Systems ",  
 McGraw Hill, New York, 1963, 314 PP.

- McMILLAN, C. - GONZALEZ, R.F.  
 " Systems Analysis : A Computer Approach to Decision Models ",  
 Irwin, Homewood, 1965, 333 PP.
- MALINVAUD, E.  
 " De la décision unique à la décision séquentielle ", Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
 PP. 81 - 109.
- MALMGREN, H.B.  
 " Information, Expectations and the Theory of the Firm ",  
The Quarterly Journal of Economics,  
 1961, PP. 399-421.
- MALONE, J.D.  
 " An Analysis of the Cost and Value of Improvable Information for Quantitative Decisions ",  
 Ph. D., University of Pennsylvania,  
 1964, 182 PP. stenc.
- MARCH, J.G. (ed.)  
 " Handbook of Organizations ",  
 Rand McNally, Chicago, 1965, 1248 PP.
- MARGOPOULOS, W.P. - WILLIAMS, R.J.  
 " On Teleprocessing System Design. Part 1 : Characteristic Problems ",  
IBM Systems Journal, vol. 5, 1966,  
 PP. 134-141.
- MARSCHAK, J.           (1) " Rational Behavior, Uncertain Prospects and Measurable Utility ",  
Econometrica, vol. 18, 1950,  
 PP. 111-141.
- (2) " Towards an Economic Theory of Organization and Information ",  
 in THRALL, COOMBS, DAVIS, PP. 187-220.
- (3) " Remarks on the Economics of Information ",  
 in "Contributions to Scientific Research in Management", PP. 79-100.
- (4) " The Payoff-Relevant Description of States and Acts ",  
Econometrica, vol. 31, 1963,  
 PP. 719-726.
- (5) " Problems in Information Economics ",  
 in BONINI, JAEDICKE, WAGNER, PP. 38-74.

- MARSCHAK, T.A. " Economic Theory and Management Control ",  
in BONINI, JAEDICKE, WAGNER, PP. 81-87
- MARTIN, E.W. " Electronic Data Processing. An Introduction ",  
Irwin, Homewood, 1965 (rev.ed.) 554 PP.
- MARTIN, J. " Programming Real-Time Computers Systems ",  
Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1965
- MASSE, P. " Le choix des investissements ",  
Dunod, Paris, 1964 (2e ed.), 494 PP.
- MELESE, J. (R.O.) " La Pratique de la Recherche Opérationnelle. Cinq cas de Gestion ",  
Dunod, Paris, 1967, 324 PP.
- " La Gestion par les Systèmes ",  
Hommes et Techniques, Puteaux, 1968,  
235 PP.
- MILLER, D.W. - STARR, M.K. " The structure of human decisions ",  
Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1967,  
174 PP.
- MILNOR, J. " Games against Nature ",  
in THRALL, COOMBS, DAVIS, PP. 49-59.
- " MINCOS. Programme modulaire pour le contrôle et l'approvisionnement des stocks industriels ",  
IBM - France, 1967, 35 PP.
- MORLAT, G. " Un article de M. J-L. Milnor. Les jeux contre la nature ",  
Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
PP. 27-36.
- " L'incertitude et les probabilités ",  
Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
PP. 37-53.
- MULLER, A. (ed.) " Lexikon der Kybernetik ",  
Schnelle, Quickborn, 1964, 220 PP.
- MURPHY, R. " Adaptive Processes in Economic Systems ",  
Academic Press, New York, 1965, 209 PP.
- MYERS, C.A. (ed.) " The Impact of Computers on Management ",  
M.I.T. Press, Cambridge (Mass.), 1967,  
302 PP.

- NADDOR, E. " Inventory Systems ",  
Wiley, New York, 1966, 342 PP.
- NELSON, E.A. " Management Handbook for the Estimation of  
Computer Programming Costs ",  
SDC, Santa Monica, 1967, 141 PP.
- NEMRY, M.C. " Exemples d'application en "Temps réel" :  
le projet "Interloc" de Lockheed et le  
"Tele-Computer Center" de Westinghouse ",  
in "L'Ordinateur, son avenir, son  
utilisation en Belgique", PP. 129-147.
- von NEUMANN, J. - MORGENSTERN, O.  
" Theory of Games and Economic Behavior ",  
Princeton University Press, Princeton,  
1953 (3e ed.), 632 P.
- "Okonomisches Lexikon"  
Verlag die Wirtschaft, Berlin, 1967,  
vol. 2, 1227 PP.
- "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique"  
Actes du Colloque sur "L'intégration  
des ensembles électroniques dans les  
structures de décision de l'entreprise"  
(Namur, 24-25 nov. 1966),  
Duculot, Gembloux, 1969, 344 PP.
- PACKER, A.H. " Applying Cost-Effectiveness Concepts to  
the Community Health System ",  
Operations Research, vol. 16, 1968,  
PP. 227-253.
- PARKHILL, D.F. " The Challenge of the Computer Utility ",  
Addison-Wesley, Reading, 1966, 200 PP.
- PARZEN, E. " Modern Probability Theory and Its Applica-  
tions ",  
Wiley, New York, 1960, 457 PP.
- POULAIN, P. " Eléments fondamentaux de l'informatique.  
T. 2. Les ordinateurs ",  
Dunod, Paris, 1967, 240 PP.
- PREST, A.R. - TURVEY, R. " Cost-Benefit Analysis : A Survey ",  
in "Surveys of Economic Theory", T.III,  
PP. 155-207.

- QUADE, E.S. " Introduction and Overview ",  
in GOLDMAN, T.A., PP. 1-16.
- RADNER, R. " Competitive Equilibrium under Uncertainty ",  
Econometrica, vol. 36; 1968,  
PP. 31-58.
- RENYI, A. " Calcul des probabilités. Avec un appendice  
sur la Théorie de l'Information ",  
Dunod, Paris, 1966, 611 PP.
- RICHARDSON, G.B. " Equilibrium Expectations and Information ",  
The Economic Journal, t. LXIX, 1959,  
PP. 223-237.
- ROSOVE, P.E. " Developing Computers-Based Information  
Systems ",  
Wiley, New York, 1967, 384 PP.
- ROUSSEAU, L. - QUENON, J. " Automation et gestion de l'entreprise.  
Problèmes administratifs et humains ",  
Université Libre de Bruxelles, Institut  
de Sociologie, 1967, 102 PP.
- ROY, B. " Physionomie des problèmes d'alimentation ",  
Economie Appliquée, t. XIII, 1960,  
PP. 127-148.
- SAVAGE, L. " The Foundations of Statistics ",  
Wiley, New York, 1954.
- SCHALKWIJK, W.F. - PLUG, E. " Computers en Beslissingen ",  
in GROOSMAN, PP. 421-436.
- SCHLAIFER, R. " Probability and Statistics for Business  
Decisions ",  
McGraw Hill, New York, 1959, 732 PP.
- SCHNAUFER, E. - AGTHE, K. " Organisation ",  
Berlin, 1961.
- SHANNON, C. - WEAVER, W. " The mathematical theory of communication ",  
Illinois University Press, Urbana, 1967  
(11e ed.), 125 PP.
- SIMON, H.A. " The New Science of Management Decision ",  
Harper and Row, New York, 1960, 50 PP.

- SIMON, H.A. " The Corporation : Will It be Managed by Machines ? ",  
in ANSHEN - BACH, PP. 17-55.
- SOGESCI " La préparation des décisions dans les entreprises ",  
Colloque International des 26-27/1,  
1967
- STARR, M.K. " Les décisions des entrepreneurs ",  
in BLOCH-LAINE - FERROUX, PP. 351-391.
- STARR, M.K. - MILLER, D.W. " La gestion des stocks. Théorie et Pratique ",  
Dunod, Paris, 1966, 361 PP.
- STEL, J.A. " Plan d'intégration des ensembles électroniques dans les structures de décision : le cas d'une entreprise de production ",  
in "L'Ordinateur, son avenir, son utilisation en Belgique", PP. 149-161.
- STENGEL, J. " Les systèmes informatiques de programmation économiques ",  
Dunod, Paris, 1968, 168 PP.
- STIGLER, G. " The Economics of Information ",  
Journal of Political Economy, vol. 69,  
1961, PP. 213-225.
- "Surveys of Economic Theory" : T. III "Resource Allocation",  
McMillan, London, 1966, 207 PP.
- TAYLOR, D.W. " Decision Making and Problem Solving ",  
in MARCH, PP. 48-86.
- TAYLOR, J.W. - DEAN, N.J. " Managing to manage the computer ",  
Harvard Business Review, vol. 44, 1966,  
PP. 98-110.
- THRALL, R.M., COOMBS, C.H., DAVIS, R.L. " Decision Processes ",  
Wiley, New York, 1954, 332 PP.
- THURING, B. " Logique de la programmation sur les ensembles électroniques ",  
Dunod, Paris, 1963, 230 PP.

- TOMLINSON, R.C. " Decision-making, Operational Research and the Systems Approach ",  
Operational Research Quarterly, vol. 19,  
1968, PP. 1-4.
- VAN COURT HARE, Jr. " Systems Analysis : a Diagnostic Approach ",  
Harcourt, Brace and World, New York,  
1967, 533 PP.
- VANDENBULCKE, J. " Ekonomische Calculus bij de integratie van het informatiebeheer in de voorraadproblematiek ",  
CORE, Heverlee, 1968, 31 PP. stenc.
- van der GAAG, P.C. " De Programma's van het "Impact" Systeem voor wetenschappelijk voorraadbeheer bij de groothandel ",  
Informatie, 10e année, 1968,  
PP. 137-143.
- VAN DIJK, M. " Quelques conditions de l'introduction efficace d'un ordinateur dans la gestion de l'entreprise ",  
Reflets et Perspectives de la vie économique, t. III, 1968, PP. 394-407.
- VAN PEURSEN, C.A. - BERTELS, S.C.D. - NAUTA, S.C. " Informatie, Een interdisciplinaire studie ",  
Aula-Boeken, Utrecht, 1968, 237 PP.
- van STEEN, L. " Informatie en informatieverwerking ",  
Informatie, 10e année, 1968;  
PP. 358-363.
- WEINWURM, G.F. - ZAGORSKI, H.J. " Research into the Management of Computer Programming : A Transition Analysis of Cost Estimation Techniques ",  
SDC, Santa Monica, 1965, 203 PP.
- WEINWURM, G.F. " Data Elements for a Cost Reporting System for Computer Program Development ",  
SDC, Santa Monica, 1966, 83 PP.
- WHISLER, T.L. " The Impact of Information Technology on Organizational Control ",  
in MYERS, C.A., PP. 16-60.

