

Simulation de gestion à l'aide d'un ordinateur électronique

Autor(en): **Wegmüller, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales**

Band (Jahr): **19 (1961)**

Heft 4

PDF erstellt am: **31.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-135346>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Simulation de gestion à l'aide d'un ordinateur électronique¹

Walter Wegmüller

Professeur à l'Université de Berne

1 INTRODUCTION

Le choix du sujet de mon exposé m'a été dicté par deux raisons essentielles :

- la première découle de l'actualité du *modèle dynamique de gestion*, et notamment de son utilité pour trouver la solution de problèmes relevant des sciences économiques, qui est unanimement reconnue;
- la deuxième raison est que l'Institut des mathématiques appliquées de l'Université de Berne possède depuis trois ans un ensemble électronique. Nous avons simulé, au moyen de ce ordinateur, différentes gestions d'entreprises et nous disposons donc déjà d'une certaine expérience en la matière.

Ce prodigieux instrument de travail qu'est le *ordinateur électronique* a considérablement développé la *recherche opérationnelle*. Celle-ci comporte de nombreux secteurs, parmi lesquels nous mentionnerons : la *programmation linéaire*, la *théorie des jeux*, la *théorie des décisions statistiques* et la *théorie des phénomènes d'attente*.

La théorie des jeux, notamment celle qui est exposée dans l'ouvrage de J. von Neumann et O. Morgenstern intitulé *Theory of Games and Economic Behaviour*, constitue la base de ce qu'on appelle les *management games* ou *jeux d'entreprises*, qui ont suscité récemment un grand intérêt.

Jusqu'ici, seuls les physiciens, les biologistes et les chimistes avaient la possibilité de sonder la nature et d'en dévoiler les secrets à l'aide d'expériences. Cette méthode d'investigation échappait totalement à l'économiste. L'économie dans son ensemble, pas plus d'ailleurs que l'entreprise, ne fournissait des champs d'application appropriés. Ce n'est que récemment que furent réalisées les premières *simulations de gestion*. Il s'agit de modèles dans lesquels les réalités économiques sont simulées d'une manière simplifiée. Des règles de jeu ont été fixées qui permettent de représenter et de suivre dans le temps la marche des affaires d'un certain nombre d'entreprises en concurrence sur le marché. Le moyen technique utilisé est précisément le ordinateur électronique.

Les premiers jeux d'entreprises sont apparus en 1956 avec les réalisations de l'*American Management Association*. Ces jeux, destinés à l'entraînement des cadres de direction, étaient

¹ Rapport présenté le 22 juin 1961 lors du Cinquantenaire de l'Ecole des hautes études commerciales de l'Université de Lausanne.

d'une structure assez simple ; ils comportaient un très petit nombre de décisions et les calculs étaient effectués à la main. Toutefois, de nouvelles réalisations virent le jour deux ans plus tard. L'*Université de Californie*, à Los Angeles, l'*International Business Machines, Burroughs* et d'autres institutions élaborèrent des jeux plus complets, notamment en ce qui concerne les aspects financiers, comptables, et la gestion industrielle. Parallèlement, la Division des recherches économiques du *Massachusetts Institute of Technology* créait un jeu destiné à l'enseignement et au perfectionnement. De son côté, l'Armée de l'air et la Marine des Etats-Unis s'adressaient aux Universités et aux consultants spécialisés pour mettre au point une simulation à très grande échelle d'un système de défense. On notera que la récente évolution est orientée vers la construction de nouveaux modèles dynamiques, suffisamment fidèles pour être acceptés à la fois par les économistes et les industriels. Il existe actuellement une cinquantaine de modèles connus, exigeant pour la plupart les services d'un calculateur électronique.

Après ces quelques considérations préliminaires, il convient d'examiner un modèle de simulation de gestion. Nous nous référons à celui que nous possédons au centre de calcul de l'Université de Berne. La Compagnie des machines Bull à Paris a réalisé non seulement l'ensemble électronique, mais également le jeu de gestion que nous allons analyser. L'exposé comportera deux parties ; nous donnerons tout d'abord une description générale de la constitution organique et du fonctionnement du calculateur électronique GAMMA-AET pour parler ensuite de l'organisation, des ressources et possibilités de la simulation de gestion.

2 CALCULATEUR ÉLECTRONIQUE

21 Constitution organique

Quelles sont les exigences minima auxquelles doit satisfaire un ensemble électronique puissant ? Nous mentionnerons ici quatre caractéristiques principales, à savoir :

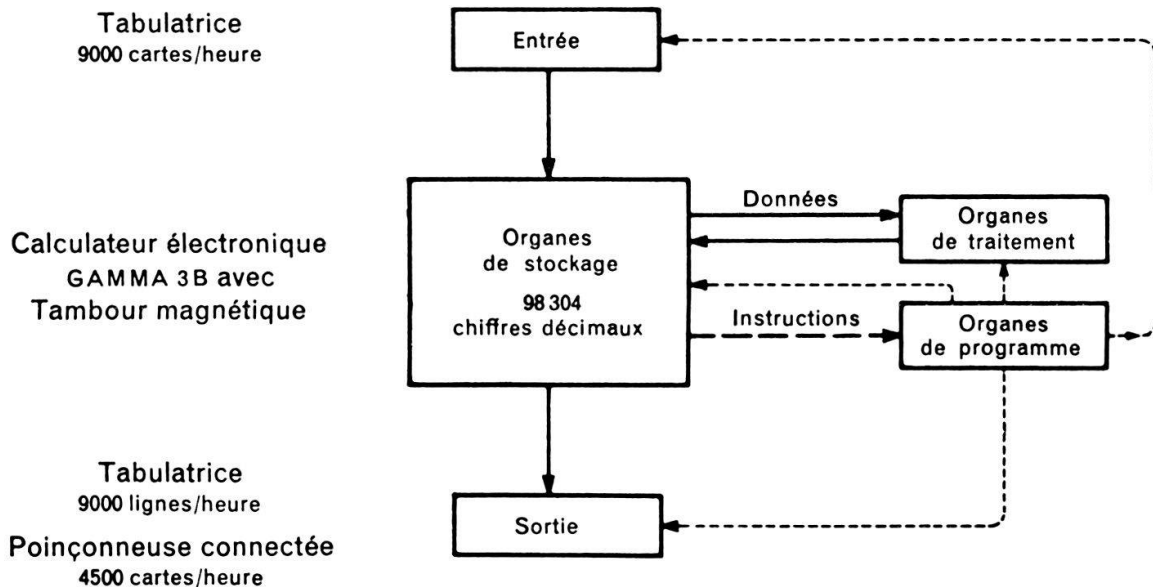
1. Une grande *vitesse de calcul*.
2. Une grande *capacité de mémoires*, grâce à laquelle de très longs programmes ou de nombreuses données et résultats peuvent être enregistrés.
3. Une *exécution automatique* d'un long processus de calcul jusqu'à l'extraction numérique des résultats. A cet effet, un programme contenant en détail les instructions codées d'un plan de travail est indispensable.
4. Outre les opérations arithmétiques proprement dites, un ensemble puissant doit pouvoir interpréter aussi des *instructions logiques*. Ce fait est très important et permet de déterminer les variations de programme en fonction de l'évolution. La machine jugera d'une manière autonome si, en fonction d'une éventualité systématique ou conditionnée, une séquence de programme doit être parcourue plusieurs fois (itération) ou si le programme doit sauter sur une ligne déterminée et ordonner à la machine une séquence plutôt qu'une autre (variante), en assurant ainsi une ventilation.

Analysons maintenant, d'un point de vue très général, la structure d'un ensemble électronique tel qu'il apparaît dans le tableau suivant :

Tableau 1

Structure générale d'un ensemble électronique

Réalisation à
l'Institut des
Mathématiques appliquées,
Berne



Cet ensemble comporte quatre parties essentielles :

1. Les organes de traitement

Les organes de traitement effectuent les calculs. En plus des opérations arithmétiques de base (addition, soustraction, multiplication, division), ces organes réalisent des fonctions diverses, notamment des transferts, des comparaisons, des décalages et des calculs sur les instructions.

2. Les organes de programme

Les organes de programme représentent la centrale de l'ensemble électronique. Ils analysent les instructions de programme qui leur sont transmises successivement, valident les circuits d'exécution et déterminent les opérations élémentaires dans les parties correspondantes de l'ensemble.

3. Les organes de stockage

Les organes de stockage constituent un ensemble de mémoires dans lesquelles sont stockées les instructions de programme, les données et les résultats des calculs.

Les mémoires fournissent aux organes de programme les instructions à suivre ; elles échangent avec les organes de traitement des données et reçoivent d'eux des résultats.

4. Les organes d'entrée et de sortie

Les organes périphériques opèrent la liaison entre la machine et l'extérieur. Les organes d'entrée et de sortie les plus importants sont des appareils de lecture et de perforation de cartes ou de bandes perforées, des bandes magnétiques ainsi que des machines électriques d'impression.

L'équipement du centre de calcul universitaire de Berne est un ensemble électronique d'une puissance moyenne. Examinons maintenant de plus près les différentes parties du calculateur GAMMA-AET (tableau 1, partie gauche).

1. La piste de lecture d'une *tabulatrice* sert d'organe d'entrée. Les perforations de cartes sont lues et transmises sous forme d'impulsions brèves aux organes qui suivent. La tabulatrice peut lire 9000 cartes par heure.

2. Le *calculateur électronique GAMMA 3B* comporte les organes de traitement et les organes de programme.

Les organes de traitement comprennent essentiellement la mémoire-opérateur et les mémoires banales. La *mémoire-opérateur*, qui a une capacité de douze chiffres décimaux, constitue le centre arithmétique de la machine. C'est elle qui effectue les quatre opérations arithmétiques: addition, soustraction, multiplication et division. Les *mémoires banales*, au nombre de six, ayant chacune une capacité de douze chiffres décimaux, ont pour fonction de collaborer, avec la mémoire-opérateur, à l'exécution des calculs. Elles sont continuellement en liaison avec les canaux « données » et « résultats », prêtes soit à fournir les éléments d'une opération, soit à recevoir les résultats. Les mémoires banales constituent pour ainsi dire des mémoires de manœuvre et leur contenu évolue très souvent.

Ces mémoires sont réalisées par des circuits en boucle, constitués eux-mêmes par des selfs et des capacités. Le temps d'accès des boucles-mémoires est de 0,173 ms (millièmes de seconde), qui est aussi le temps nécessaire au transfert d'un nombre d'une mémoire à une autre.

Les organes de programme comprennent essentiellement deux sortes d'éléments: les *mémoires-programme*, d'une part, et les *mémoires auxiliaires* (numéro de ligne, signe, décalage, comparateur de cadrage, comparateur général, dispositif de filtrage), d'autre part.

Les mémoires-programme, au nombre de quatre, sont destinées à enregistrer les quatre éléments qui définissent une opération élémentaire et qui constituent une « instruction de programme », à savoir:

- le *type de l'opération* ;
- l'*adresse de la mémoire*, qui contient le facteur de l'opération;
- la position du facteur dans cette mémoire en donnant le rang de son premier chiffre (*ordre Début*) et de son dernier chiffre (*ordre Fin*).

3. Aux éléments fondamentaux du calculateur s'ajoutent deux types d'organes de stockage: le tambour magnétique et les mémoires rapides.

Tambour magnétique

Le tambour magnétique est un cylindre métallique vertical — de 16 cm. de hauteur et de 20 cm. de diamètre — qui tourne autour de son axe à raison de 2750 t/min. et qui effectue par conséquent 1 tour en 21,8 ms. La surface cylindrique est recouverte d'une mince pellicule à base de ferrite, substance à cycle d'hystérésis rectangulaire. Le long d'une génératrice du cylindre sont disposées 64 « têtes » d'écriture et de lecture. Ces têtes fixes explorent chacune un grand cercle du cylindre, nommé « piste ».

Chaque tête est constituée par un électro-aimant. Une impulsion électrique crée un champ magnétique qui provoque sur la piste un état magnétique (dipôle), lequel témoigne de l'émission de l'impulsion. Ce témoin est permanent; pour le supprimer, il faut donner l'ordre de l'effacer, ce qui a lieu automatiquement, lors de chaque enregistrement, pour faire place à la nouvelle donnée ou au nouveau résultat. L'enregistrement magnétique permanent est une particularité du tambour; lors d'une panne, aucune information n'est perdue.

La lecture du tambour s'effectue également au moyen de l'électro-aimant. Lors de l'arrivée d'un dipôle magnétique devant une tête, la brusque variation du champ magnétique qui en résulte induit dans la bobine une impulsion brève qui témoigne de la présence de l'état magnétique.

La capacité¹ du tambour est de 98.304 chiffres décimaux. Le tambour est utilisé pour l'enregistrement simultané d'instructions et de chiffres décimaux et binaires représentant aussi bien des données que des résultats de calculs.

Mémoires rapides

Il y a 64 mémoires rapides, réparties en 4 groupes de 16 mémoires. Ces mémoires sont réalisées par des lignes à retard à magnéto-striction.

¹ Capacité du tambour magnétique:	Pistes	=	64
	Blocs	(64 × 8) =	512
	Mots	(512 × 16) =	8.192
	Positions décimales.	(8192 × 12) =	98.304
	Positions binaires	(98.304 × 4) =	393.216

Les mémoires rapides s'insèrent entre le calculateur GAMMA et le tambour. Elles se comportent exactement de la même manière que les mémoires banales du GAMMA et présentent, comme celles-ci, douze positions décimales et enregistrent ou émettent leur contenu total dans le même temps, soit 0,173 ms.

Les mémoires rapides jouent un rôle multiple de liaison entre les organes de traitement, les organes de programme, le tambour et les organes d'entrée et de sortie. Elles servent de « tampon » de régularisation.

4. Les organes de sortie comportent une *tabulatrice* avec une *poinçonneuse connectée*.

Les résultats sont donc transférés à ces organes qui les expriment, soit imprimés sur une liste, si nous avons la tabulatrice, soit perforés sur des cartes, si nous avons la poinçonneuse connectée.

La tabulatrice imprime 9000 lignes par heure et la poinçonneuse perfore 4500 cartes dans le même temps.

D'autres machines classiques à cartes perforées complètent l'ensemble électronique, à savoir: une poinçonneuse à clavier numérique et dactylographique, une traductrice (3600 cartes par heure) et une trieuse électronique (42.000 cartes par heure).

22 Fonctionnement

Connaissant les éléments de construction de l'ensemble électronique, rappelons brièvement quelques particularités du fonctionnement. Pour de plus amples détails, nous renvoyons aux deux publications mentionnées en note ¹.

Des liaisons réciproques existent entre les organes de programme, les organes de traitement et les organes de stockage du calculateur électronique GAMMA-AET. Tout échange d'informations entre les différents éléments de mémoires s'effectue de la manière suivante: on commence par les registres ayant les plus courts temps d'accès (0,173 ms, mémoires banales et mémoires rapides), pour remonter ensuite aux éléments de plus grande capacité ayant un temps d'accès plus long (tambour magnétique). Le rôle essentiel des mémoires rapides est apparent; elles servent de « tampon » de régularisation et permettent d'élaborer les données immédiatement. L'*organisation des mémoires* visant à une utilisation rationnelle du calculateur revêt une importance toute particulière. Les canaux de transfert sont empruntés fréquemment aussi bien pour des transmissions de données et de résultats que pour des transmissions d'instructions. Pour obtenir un rendement optimum, il importe que les mémoires soient utilisées de manière adéquate.

Le *système décimal* usité ne se prête guère à la *représentation des nombres*. Ce mode d'écriture de nombre utilise, outre les dix symboles 0, 1, . . . , 9, des puissances de base 10 déterminant le rang des positions. En pratique, on se sert toutefois d'une autre représentation des nombres. Le *système binaire* ² est souvent utilisé; seuls deux symboles (0,1) sont employés et les ordres d'unité sont des puissances de base 2. Il importe de noter que la machine exécute automatiquement le transcodage décimal — binaire et vice versa. L'écriture des nombres décimaux codés binaires est exclusivement une affaire interne de la machine.

Le calculateur effectue les calculs en *virgule fixe* aussi bien qu'en *virgule flottante*. Grâce à des instructions correspondantes, la transformation d'un nombre écrit en virgule fixe en un nombre écrit en virgule flottante et vice versa est toujours possible.

¹ Compagnie des machines BULL: *Calculateur électronique Gamma 3B à tambour magnétique*, Journées d'information 1956; et W. WEGMÜLLER: « Constitution organique et fonctionnement du calculateur électronique BULL GAMMA-AET, *Bulletin de l'Association des actuaires suisses*, vol. 61, 1961.

² Dans le calculateur électronique Gamma 3B, les nombres peuvent aussi être représentés d'après un système modifié, à savoir le *système semi-binaire*.

Pour mettre en action le calculateur, on s'en tient aux directives concernant le genre et l'ordre des opérations à effectuer. C'est précisément l'ensemble de ces instructions qu'on appelle *programme*. Celui-ci étant connu, des séquences de calculs les plus compliqués peuvent être exécutées sans autre manipulation de l'opérateur.

La programmation se rapporte donc aux relations fondamentales entre la machine et son utilisateur. Après avoir énoncé le problème, représenté le plus souvent par un pur symbolisme mathématique, il s'agit de l'interpréter et d'obtenir une rédaction entièrement codée au moyen des seules instructions que la machine sache identifier et exécuter. Il faut avoir soin de bien préciser au calculateur notamment la nature des informations à traiter, leur importance relative, les modes de traitement choisis et leurs interdépendances.

Dans la pratique, on fait usage de deux genres de programmation: la programmation directe d'une part et la programmation indirecte d'autre part.

La *programmation directe* est un procédé qui commande directement la machine. On distingue seize types d'opération différents, qui, selon leur nature, représentent des opérations élémentaires, arithmétiques ou logiques. Avec ces seize instructions, la machine est à même d'élaborer tous les processus de travail et de calcul, tout en exploitant entièrement les finesses techniques de l'ensemble électronique (vitesse de calcul, capacités de mémoires, déroulement simultané de différents procédés).

Par la *programmation indirecte*, la machine est commandée indirectement. La programmation indirecte a pour but de simplifier les travaux de programmation (procédé abrégé, emploi de symboles, automaticité très poussée). En principe, on élabore un programme simplifié en se servant d'un pseudo-code, à charge pour le calculateur électronique d'opérer automatiquement la transformation en langage-machine.

3 SIMULATION DE GESTION

Connaissant les ressources et les possibilités d'un calculateur électronique, nous pouvons dès lors revenir à la simulation de gestion. Voyons tout d'abord quel en est l'aspect général ?

Différentes équipes, composées de personnes compétentes, gèrent des entreprises fictives et prennent des décisions qui concourent à la vie de ces firmes imaginaires. Suivons de plus près l'activité d'une de ces équipes. Une discussion animée, passionnée même, réunit autour d'une grande table un certain nombre d'hommes encore jeunes. Devant chacun d'eux, une étiquette: président, directeur commercial, directeur de la production, directeur des finances, etc. Le sort d'une entreprise est en jeu, de graves décisions sont élaborées. Doit-on augmenter légèrement les prix pour combler le déficit qui paraît s'amorcer ? N'est-il pas raisonnable d'entreprendre la construction d'une usine dans tel nouveau secteur en pleine expansion ? Comment éviter l'insuffisance des stocks de matières premières ? Quelles sommes faut-il consacrer à des études et recherches pour trouver tel produit nouveau qui assurerait à l'entreprise une situation plus favorable face à la concurrence ? Tels sont les problèmes qui ne laissent pas de préoccuper les personnes formant les cadres supérieurs d'une entreprise.

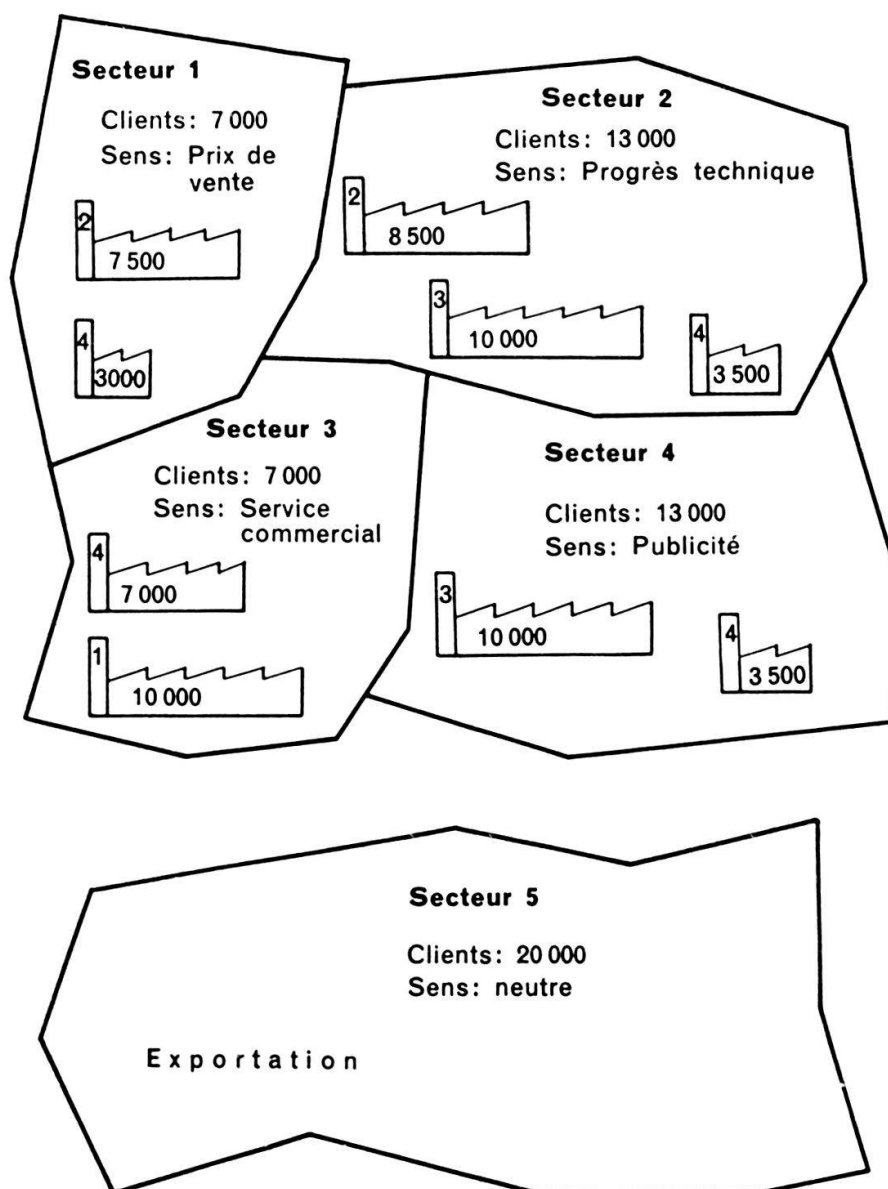
Le modèle dynamique de simulation de gestion, dont nous parlerons plus loin, a été établi et mis au point par un groupe d'études comprenant des professeurs de l'Université de Grenoble, du Centre d'études et de perfectionnement industriel de Lille, ainsi que des ingénieurs de la Compagnie des machines BULL à Paris.

31 Structure du modèle

Le modèle de simulation se joue à quatre sociétés, représentées par leur conseil de direction. Le champ d'action commercial des entreprises agissant concurremment s'étend sur cinq secteurs de vente. Le produit vendu est unique; il s'agit d'un certain type de machines-outils.

Tableau 2

Structure du modèle



Au début de la simulation, il importe de ne pas oublier que chaque société a un passé; les positions commerciales, les capacités de production, les trésoreries ne sont donc pas identiques. Le tableau suivant permet de localiser les différentes sociétés et d'en préciser l'importance.

Sociétés et unités de production

Société	Unité de production		
	Secteur d'implantation	Capacité initiale	Valeur initiale Mio Fr.
1	3	10.000	110
2	1	7.500	85
	2	8.500	95
3	2	10.000	110
	4	10.000	110
4	1	3.000	35
	2	3.500	40
	3	7.000	78
	4	3.500	40

La société 1, par exemple, a été créée avec un capital initial relativement faible, inférieur à celui des entreprises concurrentes. Elle cherche à pratiquer une politique opportuniste ayant pour but d'obtenir le maximum de bénéfices, avec comme objectif lointain l'autofinancement de la société. Compte tenu du privilège local, la société 1 a implanté son usine dans le secteur 3, qui se révèle avantageux du point de vue du coût des transports intersecteurs de produits finis. La capacité de production de l'usine est de 10.000 unités; pour cette capacité optimum, le coût variable unitaire de production est minimum, ce qui permet de réaliser des bénéfices bruts relativement élevés (17 à 25 % du chiffre d'affaires). La société 4, en revanche, a voulu implanter une usine dans chaque secteur. Il fallait par conséquent construire des usines à capacité restreinte. Seule l'usine de 7000 unités dans le secteur 3 est destinée à ravitailler en même temps le secteur d'exportation 5. Or, pour de si petites unités, les coûts de production sont assez élevés. Afin d'utiliser pleinement la capacité de production de toutes ses usines, la société est tenue d'engager d'énormes capitaux dans son activité commerciale (publicité, service commercial, progrès technique), ce qui pourrait à la longue entraîner des difficultés de trésorerie.

Pendant le jeu, une société peut construire une nouvelle usine ou vendre une unité de production non rentable. Les usines peuvent être implantées dans n'importe lequel des secteurs de vente à l'exclusion du secteur 5, réservé à l'exportation. Dans les secteurs non producteurs, les sociétés disposent d'entrepôts comprenant des stocks de produits finis.

Le marché est divisé en cinq secteurs présentant chacun initialement un nombre différent de clients. Ce marché potentiel varie au cours de la simulation. Pour un indice de conjoncture égal à 100, les valeurs moyennes sont les suivantes:

	<i>Valeur potentielle du marché</i> (nombre de clients)
Secteur 1.	7.000
Secteur 2.	13.000
Secteur 3.	7.000
Secteur 4.	13.000
Secteur 5.	20.000

Chaque secteur est particulièrement sensible à un facteur d'influence.

Réceptivité dominante de la clientèle

Secteur 1.	Prix de vente
Secteur 2.	Progrès technique (amélioration de la qualité, de la présentation du produit)
Secteur 3.	Service commercial (frais de représentation, service après vente)
Secteur 4.	Publicité
Secteur 5.	Sensible à tous les facteurs d'influence

Pour gérer sa société, chaque équipe de direction doit prendre des décisions :

- pour l'approvisionnement en matières premières;
- pour produire;
- pour vendre ses produits finis.

La gestion complète de la société entraîne donc à chaque période, l'examen approfondi :

- de l'état des ventes (commandes à terme et vente sur stocks);
- de la gestion des stocks (transports inter-secteurs de produits finis);
- de la situation financière.

32 Décisions

Dans la pratique, les décisions sont prises à des intervalles irréguliers, en principe dès qu'elles s'imposent ou dès qu'il paraît judicieux de les mettre en œuvre. Une pareille simulation stratégique étant très difficile à réaliser, on se contente de demander aux équipes d'élaborer leurs décisions phase par phase. Ces décisions sont donc séquentielles et toutes doivent être prises en même temps. Une de ces périodes représentera, par exemple, trois mois de gestion et le temps accordé aux équipes pour arrêter leurs décisions sera d'une heure et demie. Il importe en effet de laisser aux participants le temps de réfléchir et de calculer.

La *feuille de décisions* (tableau 3) énumère, chapitre par chapitre, les décisions à prendre dans chaque période. Celles-ci se rapportent essentiellement à la politique commerciale, à la politique de production, à la construction d'usines, aux transports inter-secteurs de produits finis et aux finances (emprunts et dividendes).

Chaque équipe prend ses décisions conformément à la *stratégie* qu'elle a choisie. La feuille de décisions comporte au maximum septante-huit décisions; citons-en quelques-unes :

Production : La quantité que chaque société veut produire est analysée en fonction du plan de production général et des stocks de produits finis qu'elle entend constituer.

Dès la mise en production de l'unité, l'entreprise est tenue de faire des investissements destinés au renouvellement du matériel pour conserver à l'usine sa capacité de production.

Approvisionnement en matières premières : Pour fabriquer des produits finis, on doit s'approvisionner en matières premières. L'importance de la demande dépend non seulement de la quantité à produire mais encore de l'évolution des stocks de matières premières. Précisons que la matière première achetée dans une période ne peut être mise en fabrication au cours de la période suivante. Un manque de matières premières entraîne de graves inconvénients, notamment l'inactivité d'une usine; il importe donc d'être particulièrement prudent dans l'approvisionnement.

Etudes et recherches : Chaque société peut investir des sommes dans des recherches pour découvrir un produit nouveau. Le succès est cependant aléatoire; la courbe de probabilité correspondante est une des données du modèle. La sortie d'un produit nouveau est intéressante à la fois du point de vue commercial et du point de vue de la fabrication (abaissement du coût de production).

Activités commerciales : Par ses activités commerciales — publicité, prix de vente, service commercial, progrès technique — l'entreprise peut influencer la clientèle. Les investissements y relatifs déterminent les parts du marché de chaque société.

Emprunts, découverts : Les équipes ont la possibilité de faire des emprunts. Au vu des bilans, un prêt est accordé à la société qui en fait la demande. Un banquier, adjoint à la direction du jeu, fixe le taux et les modalités de remboursement. C'est lui également qui détermine le taux variable des découverts en banque, qui sont consentis sans formalité jusqu'à concurrence d'un certain montant.

Dividendes : Périodiquement des dividendes sont versés aux actionnaires.

33 Réalités économiques

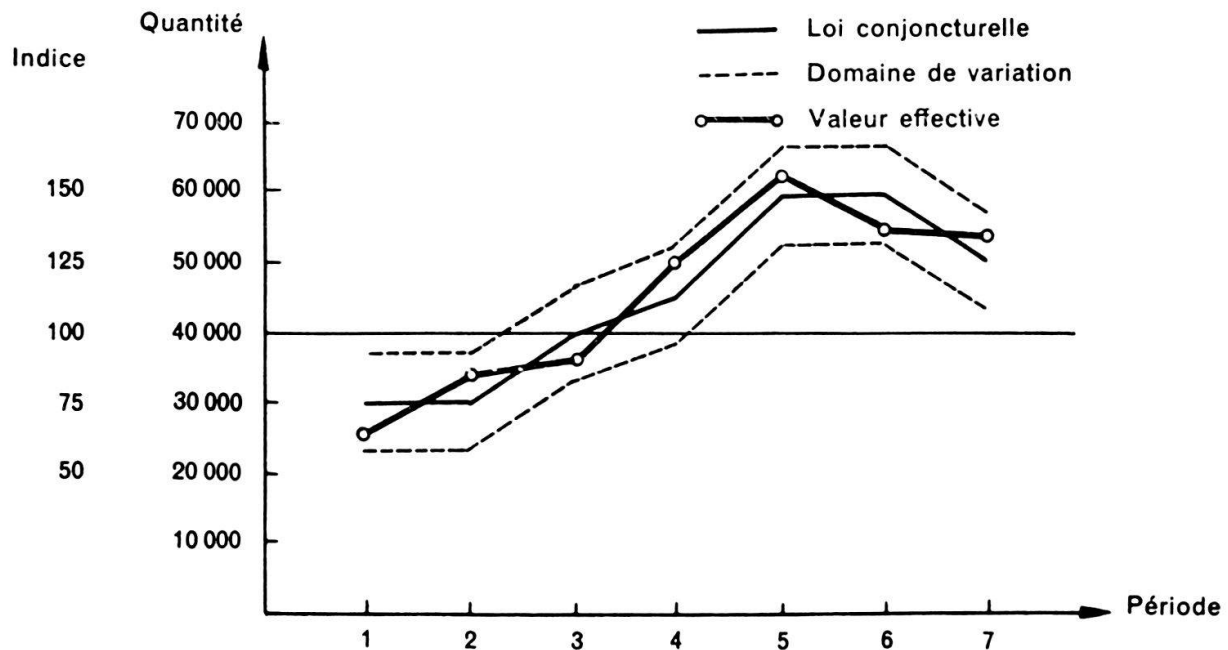
L'idée centrale du jeu de gestion est l'approche de la réalité. Il va de soi que l'on a reconstitué, dans le modèle mathématique, les principales relations de cause à effet qui interviennent dans un ensemble de firmes en concurrence sur divers marchés. Toutefois, pour donner au modèle toute la souplesse désirable, il est nécessaire que certains paramètres économiques ne fassent pas partie intégrante des relations économiques programmées sur le calculateur, mais restent soumis à un arbitrage extérieur. De plus, pour parer à des lois trop déterministes, il est intéressant de considérer aussi les *effets aléatoires*. Passons en revue quelques aspects économiques du jeu de gestion.

331 APPROVISIONNEMENT EN MATIÈRES PREMIÈRES

La *quantité offerte* sur le marché varie d'une période à l'autre. Cette variation fait intervenir deux facteurs: une *loi conjoncturelle* et une *fluctuation aléatoire* (tableau 4).

Tableau 4

Offre de matières premières



La *loi conjoncturelle* est définie par l'arbitre. Elle peut être établie à priori et représenter une évolution économique donnée, ou bien être précisée au fur et à mesure du déroulement de la simulation pour tenir compte du comportement des sociétés. Dans le cas présent, un indice de conjoncture égal à 100 correspond à une valeur moyenne de 40.000 t. de matières premières.

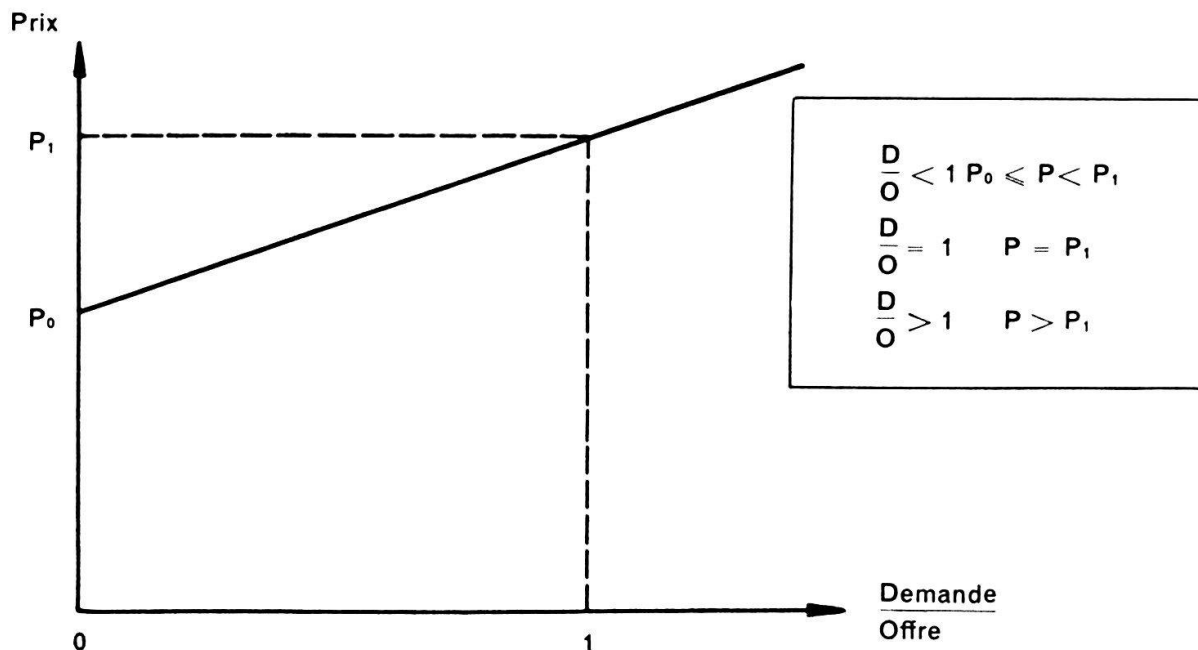
L'offre ainsi définie par la loi conjoncturelle est soumise à une *variation aléatoire* afin de tenir compte des phénomènes économiques extérieurs au modèle. Cette variation est représentée par une loi gaussienne d'une moyenne et d'un coefficient de variation donnés. De la superposition des deux tendances, conjoncturelle et aléatoire, résulte la valeur effective de l'offre. La répartition de l'offre de matières premières entre les sociétés se fait selon les demandes exprimées par chacune d'elles.

Mentionnons que le *marché potentiel* des clients est défini pareillement dans chacun des cinq secteurs. Les lois conjoncturelles et les fluctuations aléatoires définissent à chaque phase le nombre des clients. Ces résultats sont ensuite corrigés par un facteur tenant compte des efforts commerciaux conjugués de toutes les sociétés en concurrence.

Le *prix des matières premières* dépend linéairement du rapport de l'offre et de la demande globale de matières premières.

Tableau 5

Prix des matières premières



Si l'offre est égale à la demande, la matière est payée au prix P_1 . Quand la demande est différente de l'offre, le prix unitaire augmente ou diminue à partir de cette valeur P_1 proportionnellement au rapport demande/offre. Au cours de la simulation, l'arbitre fait varier l'inclinaison de la droite en changeant les paramètres (P_0 , P_1).

Citons, sans trop entrer dans les détails, d'autres lois économiques qui régissent la simulation de gestion.

La *capacité initiale de production* C_0 est une fonction quadratique de l'investissement initial I_0 , soit $C_0 = a I_0^2 + b I_0$.

A partir de la mise en production de l'usine, les investissements s'amortissent et, parallèlement, la capacité de production décroît. Il est nécessaire d'effectuer des investissements de renouvellement qui déterminent à chaque période une valeur actualisée et une capacité actualisée de l'unité.

La valeur actualisée de l'unité est

$$I_a(t) = (1 - \varepsilon) I_a(t-1) + I_r(t),$$

ε étant le taux d'amortissement et I_r l'investissement de renouvellement.

La *capacité actualisée* de son côté est définie comme une fonction homographique de la valeur actualisée. Elle s'établit de la façon suivante:

$$C_a(t) = \frac{I_a(t)}{c I_a(t) + d}$$

$$\text{avec les valeurs } d = \frac{I_0}{C_0} \left(1 - \frac{1}{k}\right) \text{ et } c = \frac{1}{k C_0}.$$

Le paramètre k est donné lors de la définition d'un modèle.

Les *coûts de production* comprennent des coûts fixes (frais d'achat de terrains, frais généraux et administratifs) et des coûts variables. Les derniers dépendent de la capacité initiale de production et suivent une courbe en U, bien connue dans la théorie des coûts. Ce coût variable unitaire est minimum pour une usine de capacité optimum; une variation de capacité autour de l'optimum entraîne une augmentation du coût. Dans notre modèle, la capacité optimale est de 10.000 unités et le coût variable unitaire correspondant de 3000 francs. Le tableau suivant précise la relation existant entre la capacité de production d'une part et les coûts fixes et le coût variable unitaire d'autre part.

Capacités et coûts de production

Capacité de production	Coûts fixes Mio Fr.	Coût variable unitaire Fr.
3.000	1,30	3.580
3.500	1,35	3.490
6.000	1,60	3.170
7.000	1,70	3.106
7.500	1,75	3.074
8.500	1,85	3.026
10.000	2,00	3.000
15.000	2,50	3.350

En cours de simulation, le coût variable unitaire est encore corrigé compte tenu :

- de la capacité actualisée de l'unité;
- des investissements consacrés au progrès technique;
- du succès des études et recherches (sortie d'un produit nouveau);
- du taux de production (rapport existant entre la production effective et la capacité actualisée de production).

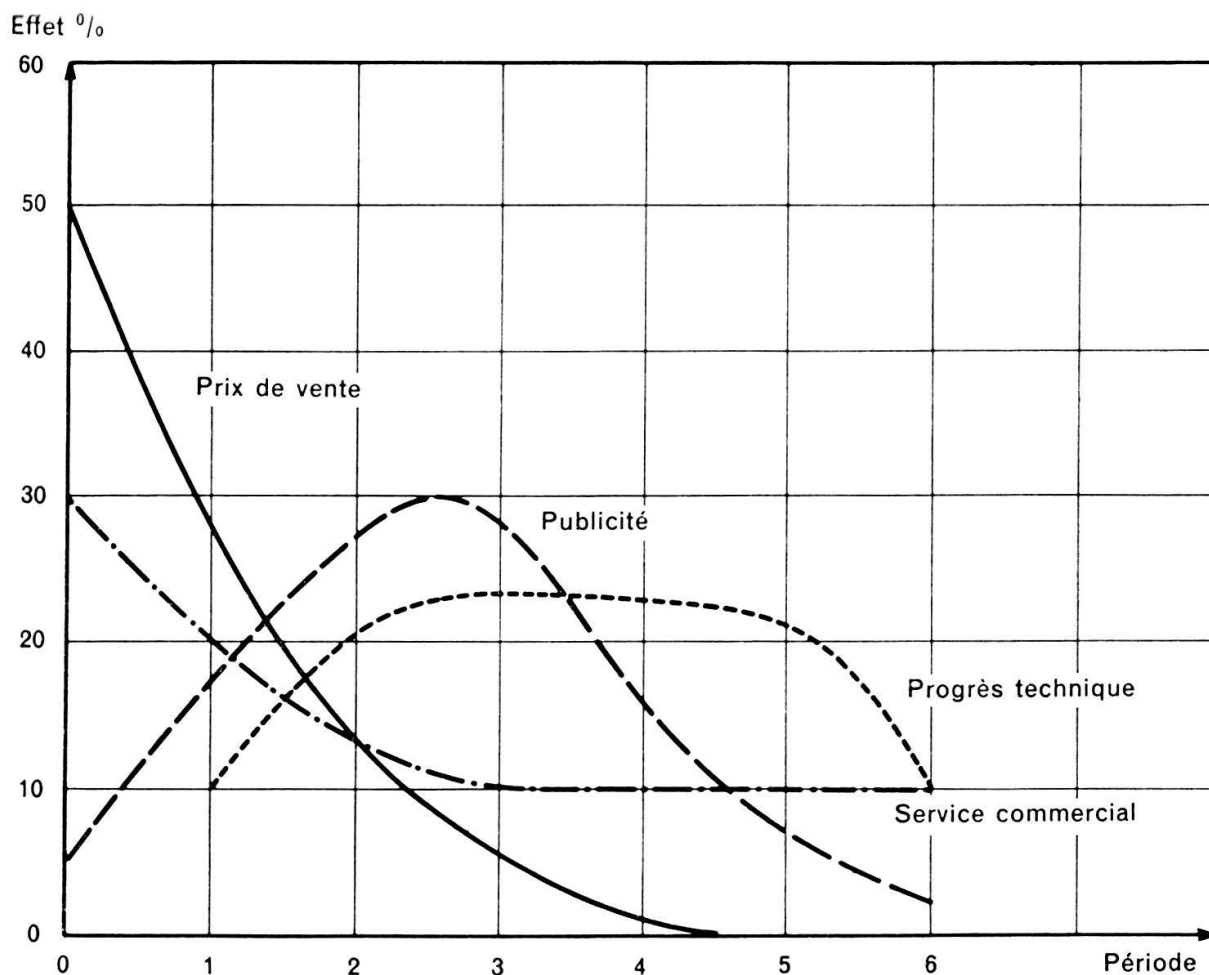
333 ACTIVITÉS COMMERCIALES

Pour chacun des secteurs de vente, l'entreprise détermine la politique commerciale qui se traduit par des décisions d'investissement relatives à la publicité, au service commercial, au progrès technique et par la fixation des prix de vente.

Tableau 6

Activités commerciales

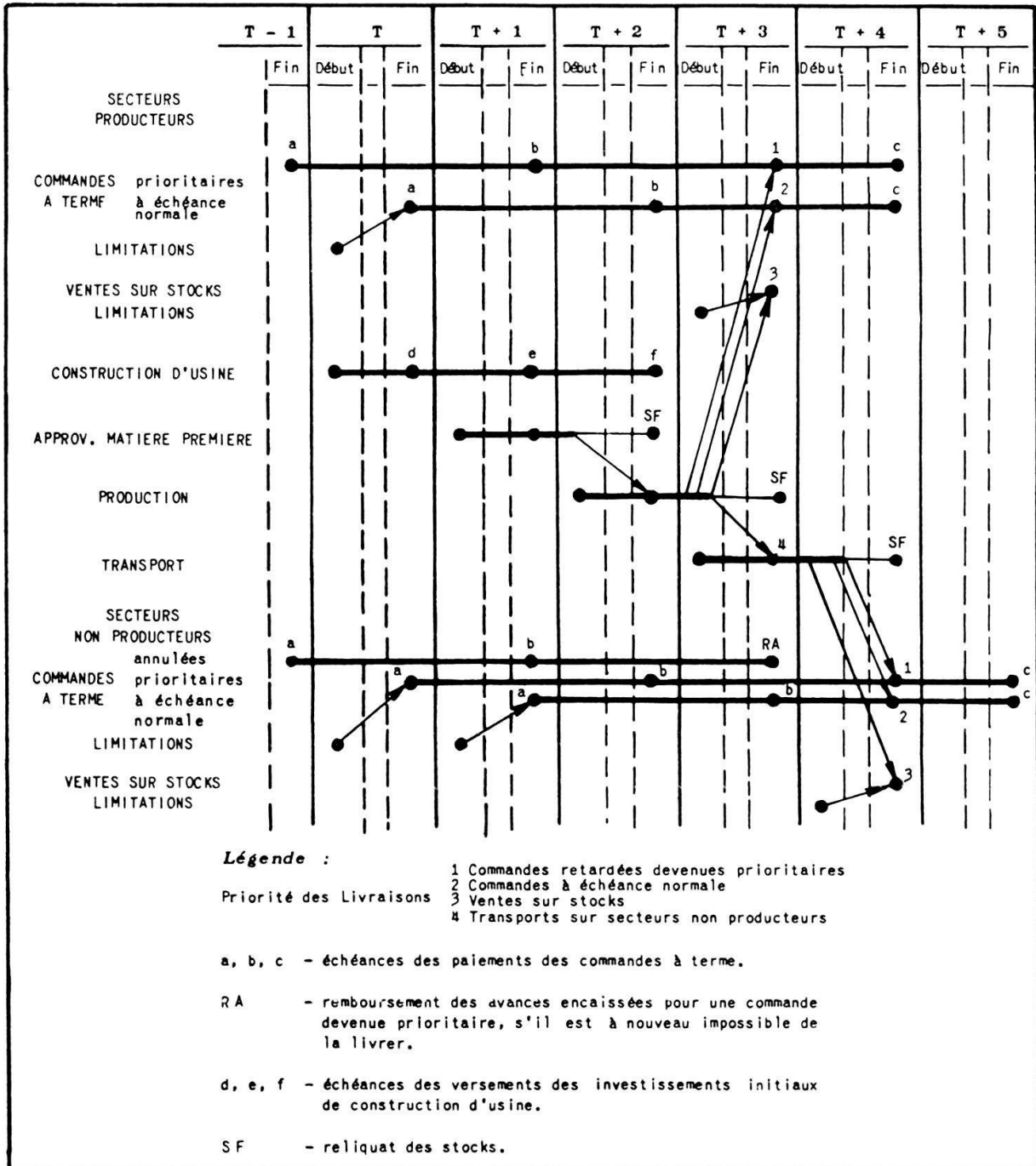
Hystérésis



Une décision peut prendre effet immédiatement (prix de vente, service commercial) ou avec un certain retard (progrès technique). En outre, l'effet se poursuit pendant un certain

Tableau 7

Chronologie de la production, des livraisons et des transports



temps (publicité, progrès technique). On est donc amené à définir, pour chaque type de décision, une *hystérésis* dont les paramètres de retard et de persistance sont réglables dans certaines limites. L'introduction dans le modèle de l'hystérésis et, de ce fait, le maintien des décisions antérieures permet de tenir compte du passé des sociétés.

L'influence des activités commerciales sur la clientèle est déterminée par des *courbes d'attractivité*, permettant finalement de définir un privilège local pour certaines sociétés dans certains secteurs. Le privilège local se traduira par exemple de la manière suivante: un même investissement pondéré en publicité aura, pour deux sociétés différentes, plus d'influence sur telle clientèle dans tel secteur que sur un autre type de clientèle dans un autre secteur de vente.

334 PHASES DE GESTION

L'évolution dynamique du jeu est assurée par le fait que l'entreprise doit tout à la fois s'approvisionner en matières premières, produire, organiser ses transports, gérer ses stocks et satisfaire à ses livraisons. Le tableau 7 fait apparaître, de façon succincte, l'échelonnement dans le temps des différentes phases de la gestion.

Construction d'usine : Une unité de production se construit en trois périodes (t , $t + 1$ et $t + 2$) et l'investissement initial est payable en trois tranches par fractions égales (d , e et f).

Approvisionnement, production : La matière première achetée à la période ($t + 1$) ne peut être mise en fabrication qu'à la période suivante ($t + 2$).

Vente : Dans les *secteurs producteurs*, les produits fabriqués à la période ($t + 2$) sont immédiatement disponibles à la période ($t + 3$) pour les ventes. Ces dernières sont partagées en commandes à terme (1 et 2) enregistrées antérieurement et en vente sur stocks livrables immédiatement (3).

Pour les secteurs *non producteurs*, la vente ne s'effectue qu'avec une période de retard ($t + 4$), car les produits finis doivent auparavant (période $t + 3$) être transportés des secteurs producteurs vers les secteurs non producteurs (transport inter-secteur 4). Les demandes de transport sont faites en fonction des besoins qui peuvent être calculés d'après le relevé des commandes à terme et l'évaluation des ventes sur stocks d'après les demandes antérieures et la politique suivie.

Le présent schéma relève l'interaction des différentes phases de la gestion. Notons également que des incidents ultérieurs se répercutent sur des décisions qui, en réalité, doivent être prises antérieurement.

34 Résultats

A un moment donné, les *feuilles de décisions* sont collectées. Les décisions de chacune des équipes sont ensuite perforées sur des cartes et introduites dans le calculateur. Dans ce dernier, on a préalablement stocké le programme, qui contient, sous forme codée, toutes les instructions concernant les relations mathématiques, économiques et comptables du modèle de simulation, ainsi que toutes les données permanentes nécessaires. Le programme comporte un peu plus de 8000 instructions; il est organisé par séquences, et certaines de celles-ci doivent se dérouler plusieurs fois. En réalité, environ 120.000 instructions de programme se déroulent pour traiter une phase de simulation. Le temps total de calcul, pour une période, est de 2 minutes environ. L'imprimante présente les résultats sous forme de « feuilles de résultats » (tableau 8).

- Chaque équipe reçoit pour chaque période ses propres résultats. Ceux-ci se rapportent :
- au marché (indication par secteur des ventes sur stocks, des ventes avec délai et des stocks de produits finis);
 - à la production (information par unité: capacité initiale et actualisée, valeur actualisée, production accordée, coût unitaire de production);
 - à l'approvisionnement en matières premières (entrées, sorties, stocks).

Pour lui permettre de suivre l'évolution de sa gestion, la société dispose en outre de tous les éléments comptables, à savoir :

- le compte d'exploitation, qui fait apparaître l'ensemble des éléments relatifs à l'activité de l'entreprise pendant l'exercice écoulé;
- le bilan, qui traduit et résume l'activité de la société tout au long de la simulation.

La « feuille de résultats » comporte un maximum de 187 données, dont certaines n'apparaissent que contre paiement.

35 Informations

Les informations jouent un rôle essentiel dans la vie commerciale. Il en est de même dans la simulation de gestion. On distingue deux sortes d'informations: les informations gratuites d'une part et les informations payantes d'autre part.

Les *informations gratuites* sont accessibles à tous. Chaque société est renseignée par la feuille de résultats sur les prix de vente pratiqués par les diverses sociétés dans les différents secteurs et sur la sortie d'un produit nouveau par ses concurrents. De plus, l'arbitre indique les constructions de nouvelles usines ainsi que les ventes d'usines existantes. Enfin, toutes les quatre périodes, les bilans des sociétés concurrentes sont communiqués à chaque société avec un retard d'une période, comme dans la réalité.

Moyennant le paiement d'une étude de marché, des renseignements supplémentaires peuvent être demandés (*informations payantes*). Sur la feuille de résultats apparaissent: 1. les parts de marché des concurrents dans tous les secteurs; 2. la conjoncture de l'offre et la tendance des prix de matières premières pour les deux périodes à venir ($t + 1$ et $t + 2$). En outre, des informations complémentaires sont disponibles toutes les deux périodes; 3. la conjoncture des marchés de produits finis, par secteur, pour les deux périodes à venir ($t + 1$ et $t + 2$); 4. les effectifs réels des clients, par secteur, pour les deux périodes passées ($t - 2$ et $t - 1$).

4 CONSIDÉRATIONS FINALES

Une séance de critique, enfin, couronne la session d'entraînement. Au cours de cette dernière assemblée, les différentes équipes ont pour la première fois une vue d'ensemble des résultats, présentés sous la forme de graphiques et de tableaux permettant des comparaisons. Les participants entendent un exposé général, préparé par le directeur de jeu, lequel anime ensuite une discussion entre les porte-parole des équipes, chacun défendant sa politique et sa stratégie.

Quelques mots, pour terminer, concernant l'importance des jeux d'entreprises. Le degré de perfection que l'on peut atteindre actuellement permet de serrer de plus près les réalités économiques. Il est en effet possible, désormais, de simuler la gestion d'une entreprise en traitant nombre de problèmes concrets. Le développement du jeu de gestion prend donc une importance toute particulière, aussi bien pour *l'enseignement* que pour la *recherche pure*.

Grâce à la simulation de gestion, il est possible de suivre et de contrôler le travail d'une équipe responsable de la bonne marche d'une entreprise. Le but essentiel du jeu est naturellement l'instruction des participants. De telles simulations leur permettent en effet de prendre les décisions réciproques avec une plus grande sûreté, tout en développant l'esprit critique, tant en ce qui touche la situation interne de l'entreprise que les phénomènes économiques extérieurs.

Au surplus, la simulation permet d'analyser les lois inhérentes à certaines formes de marché et de mettre aussi les différentes stratégies à l'épreuve et d'en déterminer les répercussions. Etant donné la diversité des paramètres internes du modèle — il y en a près de cinq cents — la simulation peut s'adapter à de nombreuses situations.

Ainsi conçu, le jeu de l'entreprise se présente sous le même aspect que les expériences faites dans le domaine des sciences naturelles, notamment sous l'aspect d'une méthode d'enseignement et de recherche.

Bibliographie

- American Management Association: *Operations Research : A basic approach*, 1956; *New uses and extensions*, 1957.
- G. R. ANDLINGER: « Business Games — Play One », *Harvard Business Review*, n° 2, 1958.
- R. BELLMANN: *Dynamic programming*, Princeton University Press, 1957.
- C. BERGE: « Théorie générale des jeux à n personnes », *Mémorial des Sciences mathématiques*, Gauthier-Villars, 1957.
- D. N. CHORAFAS: *Operations Research for industrial management*, Reynold, 1958.
- Communications du VI^e Congrès international du TIMS (notamment, celles de MM. Rosenstiehl, Geisler, El Maghraby, Le Garff, Renard, Aubert et autres, Agersnap et Johnsen, Rivett, Jackson et Feeney), Ed. Pergamon Press.
- Compagnie des machines BULL: *Simulations de gestions à l'aide de modèles dynamiques d'entreprises*, 1960.
- G. B. DANTZIG: *Application of the simplex method to a transportation problem*, John Wiley & Sons, New York, 1951.
- J. W. FORRESTER: « Industrial Dynamics, a major breakthrough for decision makers », *Harvard Business Review*, n° 4, 1958.
- G.-Th. GUILBAUD: *Leçons sur les éléments principaux de la théorie mathématique des jeux*, Ed. du CNRS, 1954.
- A. KAUFMANN, R. FAURE et A. LE GARFF: *Les Jeux d'Entreprises*, Paris, Presses Universitaires de France, 1960.
- H. W. KUHN et A. W. TUCKER: *Contributions to the theory of games*, I et II, Princeton University Press, 1950 et 1953.
- R. D. LUCE et H. RAIFFA: *Games and decisions*, John Wiley & Sons, New York, 1957.
- J. C. C. MCKINSEY: *Introduction to the theory of games*, McGraw Hill, 1952.
- J. F. NASH: *Equilibrium points in n person games*, Proc. Nat. Ac. Sc., 36, 1950.
- M. SHUBIK: *Strategy and market structure*, John Wiley & Sons, New York, 1959.
- H. N. SHYCON et R. B. MAFFEI: « Simulation — Tool for Better Distribution », *Harvard Business Review*, n° 6, 1960.
- J. VON NEUMANN et O. MORGENSTERN: *Theory of games and economic behaviour*, Princeton University Press, 1944.
- A. WALD.: *Statistical decision functions*, John Wiley & Sons, New York, 1950.
- J. D. WILLIAM: *The complete strategyst*, McGraw Hill, 1954.