L'Actualité économique

La théorie des systèmes et l'analyse des dépenses publiques

Alain Haurie

Volume 49, numéro 1, janvier–mars 1973

URI : https://id.erudit.org/iderudit/802980ar
DOI : https://doi.org/10.7202/802980ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)
1710-3991 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Haurie, A. (1973). La théorie des systèmes et l'analyse des dépenses publiques. *L'Actualité économique*, *49*(1), 68–92. https://doi.org/10.7202/802980ar

LA THÉORIE DES SYSTÈMES ET L'ANALYSE DES DÉPENSES PUBLIQUES *

1. Introduction

La rationalisation des choix budgétaires (R.C.B.) est une approche pour traiter du problème de l'organisation et de l'analyse des dépenses et des politiques publiques. Les éléments essentiels de cette approche [1] sont :

(i) l'explicitation des objectifs

(ii) la pondération soigneuse des conséquences des diverses options possibles

(iii) l'établissement d'un processus systématique de prise et d'analyse des décisions

On a pu voir dans cette approche une adaptation à la prise de décision dans le secteur public d'une théorie générale des systèmes, elle-même conçue comme une méthodologie unifiée de conceptualisation des phénomènes complexes d'interdépendance. Issue de la considération des structures physiques complexes, liées par exemple au second principe de la thermo-dynamique, ainsi que de la biologie, en particulier l'étude des phénomènes permettant le maintien de l'organisation de la vie, la théorie générale des systèmes devint adaptable à une gamme immense de problèmes quand elle fut résumée par un ensemble de modèles mathématiques représentant ses structures fondamentales.

A. Rapoport déclare [2] : « *In my view, the most fundamental feature which distinguishes a system from other aggregates or from an arbitrarily circumscribed portion of the world is the possibility of describing it in purely structural terms... A system, roughly speaking, is a bundle of relations.* »

---

* Ce travail s'inscrit en partie dans le cadre d'une recherche subventionnée par le ministère des Affaires sociales et intitulée : « Étude analytique et empirique des structures d'information dans le système hospitalier. » (N° R.S. 129).

1. « Évolution de l'analyse systématique dans le secteur public », *L'État et la prise des décisions*, 8ème exposé annuel, Conseil Économique du Canada, chap. 4, sept. 1971.

2. « Systems Analysis : General Systems Theory », International Encyclopedia of Social Sciences, 1968, pp. 452-458.

Dans ces quelques pages nous ferons un tour d'horizon des principales structures de la théorie des systèmes applicables à la R.C.B.

Comme nous l'avons indiqué au début de cette introduction, ces structures servent à conceptualiser tantôt des phénomènes organisationnels, tels que la coordination et la décentralisation de la prise de décision, tantôt des cadres d'analyse des politiques publiques. Les mots clés dans la description de ces structures sont :

(i) *l'interdépendance* et la *hiérarchie* des composantes du système

(ii) la *dynamique* des choix budgétaires

(iii) *l'incertitude* caractéristique du contexte de la prise de décision

Ces différentes structures ont un prolongement dans des techniques qui sont apparues pour la première fois dans des domaines fort différents des sciences appliquées et portent des noms liés à leur première utilisation. Nous présenterons principalement les techniques suivantes :

(i) les techniques de *programmation mathématique*

(ii) les techniques de *décomposition des programmes*

(iii) les techniques de *contrôle* (ou commande) *optimal*

(iv) les techniques de *décision en équipe*

et nous verrons alors que le tout peut être conçu comme une « économique de l'information », selon la voie tracée par J. Marshak et R. Radner [3].

Dans le cadre de la R.C.B. ces structures sont pertinentes ; elles permettent des développements rigoureux à propos des problèmes fondamentaux soulevés par cette approche. Cependant, comme c'est toujours le cas dans les sciences sociales et humaines, la description réaliste des phénomènes est en conflit avec la capacité de traitement opérationnel des modèles qui en dérivent. La théorie des systèmes ne peut ainsi servir que de guide à l'action et non de panacée.

Le plan général que nous suivrons dans cet exposé sera le suivant. D'abord, nous résumerons les notions de base de l'analyse des dépenses publiques. Nous passerons alors à une réflexion sur la notion de modèle et sur le processus de modélisation ; les premiers modèles que nous exposerons seront ceux qui sont rattachés aux techniques de programmation mathématiques et aux techniques de décomposition. Puis, nous passerons aux modèles dynamiques inspirés de la théorie de la commande optimale des systèmes. Enfin, nous aborderons les modèles de décision en équipe en tenant compte à la fois de l'incertitude et des aspects organisationnels de la prise de décision, et nous conclurons par un rapide exposé

3. L'économique de l'information est une généralisation de notions déjà largement utilisées en théorie de la décision dans l'incertitude, en théorie de la décision en équipe, et plus récemment, dans l'analyse des systèmes informationnels de gestion. Voir les références [1] à [6] à la fin du texte.

des notions de base de l'analyse économique des structures d'information.

Le cadre général de référence que nous utiliserons pour indiquer les applications de ces diverses techniques sera le problème d'allocation des ressources dans le système de la santé.

2. Notions de base dans l'analyse des dépenses publiques [4]

Le thème central dans l'analyse des dépenses publiques est la recherche de l'efficacité économique à l'aide d'analyses coûts-bénéfices ou coûts-réalisation (*cost effectiveness*). On présume, par exemple, que l'efficacité est atteinte si pour un *ensemble de ressources donné* la « valeur » de ce qui est produit *excède le plus possible* la valeur des ressources utilisées ou aussi, de façon symétrique, pour un *produit donné la valeur des ressources utilisées est la plus faible* possible. La première formulation correspond à la comparaison des coûts et des bénéfices, cependant que la seconde correspond à la comparaison des coûts et des réalisations. Cette seconde approche est particulièrement adaptée à l'analyse des dépenses publiques engendrant un produit dont la valeur est impossible à mesurer ; par exemple, les dépenses de la défense nationale, mais aussi un grand nombre de dépenses dans les secteurs de l'éducation et de la santé.

Pour l'instant considérons la première formulation (coûts-bénéfices). Cette analyse comprend quatre phases.

1) On isole l'ensemble des conséquences favorables et défavorables d'un programme de dépense projeté.

2) On attache une valeur ou un prix à chacune de ces conséquences.

3) On adopte un critère d'évaluation du programme ; par exemple, dans les analyses coûts-bénéfices classiques il s'agit du bénéfice net, c'est-à-dire de l'excès des bénéfices relativement aux coûts.

4) Si plusieurs programmes sont concurrents, on choisira prioritairement celui qui maximise le critère d'évaluation.

En résumé, il semble s'agir d'un problème de maximisation des plus classiques. Cependant, un certain nombre de particularités rendent cette analyse très délicate. Il s'agit de la présence d'effets externes et d'effets secondaires dont il faut tenir compte lors de l'évaluation des conséquences ; il s'agit aussi de la nécessité de définir un taux d'actualisation si les effets du programme vont se répercuter sur une longue période ; il s'agit, enfin, de la prise en compte d'objectifs multiples pouvant conduire à la pondération des bénéfices.

---

4. Cette section est fortement inspirée d'un article de R.H. Havemann : « Public Expenditures and Policy Analysis : an Overview », constituant l'introduction de la référence [7].

Pour saisir la complexité de ce problème d'allocation de ressources, considérons-le dans le contexte du système de santé [5].

La diversité des éléments suivant lesquels on procède à ces allocations est déjà considérable :

— on procède à une allocation des ressources suivant les institutions : hôpitaux, C.L.S.C., maisons de convalescence, instituts de recherche, etc.
— on alloue les ressources suivant les classes de population : rurale, défavorisée, handicapée, etc.
— on alloue les ressources suivant les professions : spécialités de médecine, infirmières, aides sociaux, professeurs, etc.
— l'allocation se fait aussi dans le temps : la formation d'un médecin, l'investissement dans la construction d'un hôpital ou l'acquisition de services courants.

Les conséquences d'une allocation sont aussi très variées. En particulier, elles peuvent signifier la vie ou la mort d'un patient s'il s'agit d'un équipement disponible ou non, ou bien une amélioration dans un service hospitalier donné de la qualité des soins, traduite par une perte d'efficacité dans un autre secteur [6]. En fait, de façon très globale, les programmes de santé engendrent des changements dans les taux de morbidité, de mortalité, dans la qualité des services offerts, etc., avec, en général, une répartition de ces effets sur les différentes couches d'âges et catégories de la population.

Les effets secondaires sont importants et peuvent prendre la forme d'effets de retour (*feedback*) engendrés par le comportement de la population affectée par une modification des niveaux d'activité, ou par les progrès dus aux activités de recherche, d'enseignement et de formation de cadres, etc.

Devant cette accumulation de difficultés, le seul espoir de voir enrayer la croissance des dépenses personnelles et publiques consacrées à la santé, est la possibilité de parvenir à une planification quantitative utilisant les méthodes de la recherche opérationnelle pour procéder à l'allocation des ressources et rationaliser les choix budgétaires.

Avant tout, il va s'agir de structurer le système de santé. On peut procéder ainsi :

5. Dans cet exemple nous utiliserons principalement les idées développées par R.N. Grosse dans « Problems of Resource Allocation in Health », chap. 22 de [7].

6. Considérons ainsi la répartition des lits d'un hôpital entre différents services. Il s'agit là d'une ressource commune ; de plus, de l'utilisation de cette ressource et de son allocation aux différents services, peuvent résulter différentes contraintes de production pour des services tels que les laboratoires ou la radiologie, qui ne sont peut-être pas l'objet d'une allocation. Il s'agira alors d'une interdépendance assez complexe entre les différents services utilisant cette ressource commune pouvant engendrer toute une gamme d'effets externes.

1) on identifie les problèmes, c'est-à-dire les situations nécessitant une amélioration, et pour lesquelles on peut envisager une intervention ;
2) on identifie les activités pouvant avoir une influence sur ces situations;
3) on identifie les quantités des différentes ressources et des différents équipements nécessaires à ces activités ;
4) on doit étudier la possibilité de financer l'acquisition de ces ressources et les effets de ce financement sur l'accessibilité du service ;
5) il faut évaluer les réalisations possibles des programmes proposés.

Finalement, on obtient un ensemble de relations d'interdépendance, un « *bundle of relations* », c'est-à-dire, un système qui, à l'aide de quelques hypothèses simplificatrices, deviendra un modèle mathématique.

3. Modèles et modélisation

C.W. Churchman et R.L. Ackoff [7], aux tout débuts de la recherche opérationnelle, définissaient ainsi un modèle : « *representation of the system under study which lends itself to use in predicting the effect on the system's effectiveness of possible changes in the system* ». D'après les remarques faites en section 2 il paraît donc que l'utilisation de modèles est la voie privilégiée dans les techniques d'analyse des dépenses publiques.

La première étape lors de la construction d'un modèle est franchie quand on a effectué les tâches suivantes [8] :

(i) détermination des bornes du système
(ii) détermination de l'environnement du système
(iii) description des objets constituant le système
(iv) choix des attributs des différents objets, c'est-à-dire aussi des variables d'état du système
(v) mise en évidence des effets de boucle fermée ou d'asservissement (*feedback*)
(vi) considération des événements pouvant affecter la structure du système

Une fois cette étape franchie on aborde celle de la synthèse du modèle. Il s'agit alors d'avoir une structure qui soit une quasi-réplique du système étudié ; elle peut être matérielle (maquette, statue, photos) ou symbolique (charte ou constitution d'un Etat, ou aussi ensemble de relations sous forme mathématique). Nous parlons de quasi-réplique dans le cas où tous les attributs des objets constituant un système n'apparais-

7. Voir référence [8] qui fut un des ouvrages de précurseurs en recherche opérationnelle.
8. Nous utilisons ici certaines idées développées par G.A. Mihran dans [9].

sent pas dans le modèle. Dans cette étude nous ne nous intéresserons qu'à des modèles symboliques sous forme mathématique.

Cette structure étant obtenue, la seconde phase de la synthèse est la critique et l'adaptation, en vue de la prise de décision, de la réplique ainsi construite ; ce que les anglo-saxons appellent *implementation.*

Evidemment, il aura fallu exécuter au préalable des opérations de vérification de la structure logique du système, et une étude de sensibilité à des variations marginales de la structure.

Finalement, on obtient un ensemble de relations mathématiques pouvant donner lieu soit à une simulation sur ordinateur, soit à une analyse selon des théories bien développées des mathématiques appliquées (optimisation, analyse des phénomènes d'attente et processus stochastiques, etc.).

Pour illustrer ce que nous venons d'énoncer, considérons un modèle du système de santé construit par R. Zemach [10]. Reprenons donc, à partir de cet exemple, les différents points de la première étape de la construction du modèle.

(i) *Détermination des bornes du système.* — Cette détermination dépend des problèmes auxquels nous voulons faire face. Ici, il s'agit de considérer simultanément toutes les composantes d'un système de santé régional en vue d'établir une planification de l'utilisation des services de santé par la population de la région concernée, via l'allocation des ressources matérielles ou humaines aux différentes activités et services possibles.

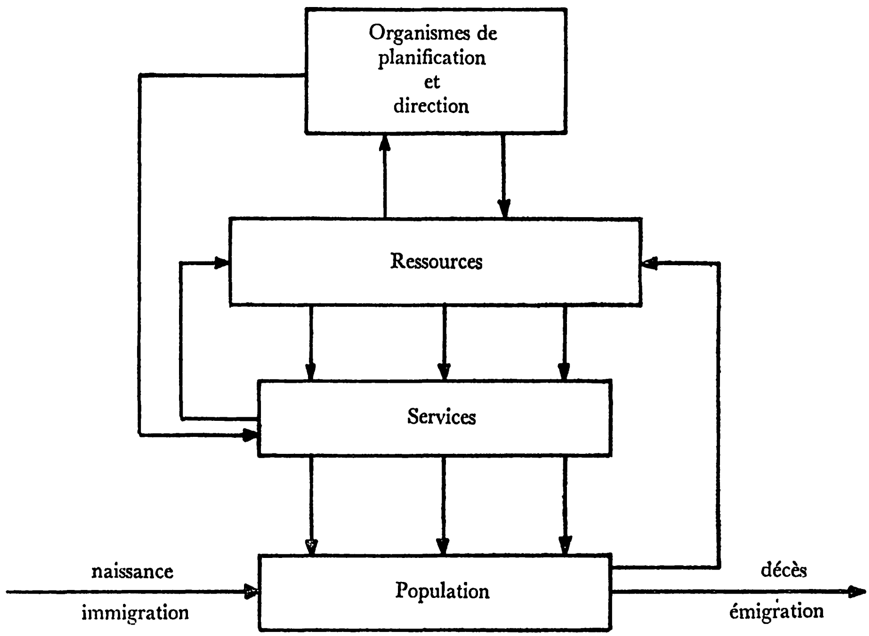
Le modèle doit donc incorporer dans sa structure une description de la façon dont les ressources sont allouées aux organismes dispensant les services de santé ainsi que de la façon dont la population utilise et demande ces services.

Le modèle doit aussi incorporer dans sa structure une description des coûts associés à l'utilisation des diverses ressources.

(ii) *Détermination de l'environnement du système.* — Il s'agit, évidemment, de tenir compte des lois régionales régissant le système de santé, de l'influence des régions voisines (immigration, etc.) et éventuellement aussi de l'influence sur le système de santé d'autres systèmes sociaux et économiques (éducation, répartition du revenu, etc.).

On peut alors tracer grossièrement un schéma représentant les bornes du modèle, c'est-à-dire les catégories d'objets qui devraient y être représentés.

(iii) *Description des objets constituant le système.* — On a quatre grandes catégories d'objets : la population, les services, les ressources disponibles, les organismes de planification, direction et développement. On peut même déjà relier ces grands groupes d'objets entre eux (voir le schéma).



Ce schéma montre brièvement le type d'interdépendance que devra illustrer prioritairement le modèle : la population demande des services qui exigent l'utilisation de ressources. Ces ressources sont disponibles en quantités limitées ; elles peuvent dépendre des services (recherche et enseignement) de la population (propension à embrasser une carrière dans le système de la santé) mais elles sont surtout contrôlées [9] par un organisme de direction et planification. Cet organisme peut agir aussi sur les types d'activité fournissant les services à la population grâce aux choix budgétaires.

(iv) *Choix de variables d'état.* — Tout d'abord, puisqu'il s'agit de planification, la variable temps va jouer un rôle primordial. Nous allons construire un modèle dynamique. La dynamique est essentiellement due aux transformations dans la composition de la population. (Population rurale tendant à devenir urbaine, vieillissement ou rajeunissement, variation du niveau d'éducation, etc.).

9. Ceci est surtout vrai au Québec, tandis qu'aux États-Unis par exemple, R. Zemach soulignait que l'investissement était extrêmement décentralisé puisque souvent il s'agissait d'initiatives privées.

Le choix des attributs est le suivant.

attributs des objets décrivant l'aspect « ressource ».	n	= période de temps
	$p(n)$	= vecteur des ressources en personnel disponible en période n
	$b(n)$	= vecteur des ressources en immeubles disponibles en période n
	$t(n)$	= vecteur des équipements techniques disponibles en période n
	$m(n)$	= vecteur des autres ressources disponibles en n

A chacun de ces vecteurs est associé un vecteur de même dimension, $\hat{c}(n)$, $\hat{b}(n)$, $\hat{t}(n)$, $\hat{m}(n)$, représentant les coûts unitaires de chaque ressource pour chaque période.

attributs des objets décrivant l'aspect « services ».	$s(n)$	= vecteur des niveaux d'activité dans les différents secteurs de distribution des services de santé, en période n.

Considérons maintenant les différentes catégories de population que nous désirons faire intervenir dans le modèle et formons le vecteur :

attributs des objets décrivant l'aspect « population ».	$c(n)$	= vecteur de répartition de la population par catégories, en période n
	$e(n)$	= vecteur de répartition de la population immigrante en période n.

Pour l'instant oublions l'organisme de planification et direction, nous y reviendrons plus tard, et passons tout de suite à la cinquième phase.

(v) *Mise en évidence des effets de boucle fermée.* — On entrevoit un important effet de *feedback* dû à la formation de personnel médical et infirmier. En effet, les activités d'enseignement vont nécessiter une mobilisation de ressources (locaux, professeurs, équipements, etc.). De plus, la formation d'une infirmière licenciée ou d'un médecin prend plusieurs années, il s'agit donc d'un investissement. Remarquons aussi un autre phénomène du même type, mais en quelque sorte symétrique, provenant du fait que les étudiants en médecine, en particulier les résidents, constituent eux-mêmes une ressource.

Un autre effet de *feedback* pourrait être la réaction de la population aux services dispensés, mais on ne le considérera pas.

(vi) *Considération des événements pouvant affecter la structure du système.* — Comme c'est souvent le cas, le premier modèle construit pour analyser un système complexe fait abstraction des nombreux événements aléatoires qui vont, en fait, affecter la structure du système. La première utilisation d'un modèle est une exploration des comportements possibles de tout le système, en particulier de ceux qui peuvent aller à l'encontre de l'intuition [10]. Donc, pour l'instant, ce modèle sera déterministe. Ce qu'on pourra faire, cependant, sera de simuler les « réponses » du système à différentes variations possibles de l'environnement.

La première étape est franchie, nous devons maintenant « synthétiser » le modèle, c'est-à-dire, représenter sa structure à l'aide d'un ensemble de relations mathématiques. R. Zemach propose l'ensemble de relations suivant :

$$\begin{bmatrix} p(n) \\ b(n) \\ t(n) \\ m(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(n) \\ B(n) \\ C(n) \\ D(n) \end{bmatrix} s(n) \qquad (3.1)$$

$$s(n) = E(n)\ c(n) \qquad (3.2)$$

$$c(n+1) = P(n)\ c(n) + X(n)\ c(n)\ +\ c(n) \qquad (3.3)$$

$A(n)$, $B(n)$, $C(n)$, $D(n)$ sont des matrices de coefficients techniques décrivant la façon dont les ressources sont utilisées dans les différentes activités.

$E(n)$ est une matrice transformant le vecteur de composition de la population ($c(n)$) en un vecteur de services de santé demandés (niveaux d'activités $s(n)$).

$P(n)$ est une matrice décrivant le passage d'une catégorie à l'autre des différents éléments de la population (il s'agit évidemment d'une relation définie « en moyenne »). $X(n)$ est une matrice décrivant le taux de natalité dans chaque catégorie et $e(n)$ représente l'immigration.

Remarquons que dans cette formulation R. Zemach n'a pas explicité les effets de *feedback* mentionnés plus haut.

Nous allons tenter de représenter l'effet de certaines activités sur l'accumulation de ressources de personnel. Nous proposons pour cela une relation du type suivant [11] :

$$s_e\ (n+1) = T(n)\ s_e(n) + a(n)\ u(n) \qquad (3.4)$$

$$p(n+1) - p(n) = F(n)\ s_e(n) + g(n) \qquad (3.5)$$

---

10. J. Forrester a souvent insisté (réf. [11] - [14]) sur la possibilité d'observer des comportements non intuitifs pour des systèmes socio-économiques complexes.

11. Ces relations sont inspirées d'un autre modèle proposé par R. Zemach, mais à propos du système universitaire [15].

$s_e(n)$ est le vecteur des activités d'éducation et de formation du personnel médical et infirmier en période n ; $T(n)$ est la matrice de transition résultant du fait que plusieurs programmes de formation durent plusieurs années ; $u(n)$ est le nombre de personnes entrant dans le système de formation en période n et $a(n)$ est la répartition suivant les programmes de formation de ces nouveaux candidats.

$F(n)$ est une matrice transformant les niveaux d'activité actuels en nouveau personnel fourni, tandis que $g(n)$ est un vecteur décrivant l'acquisition nette de nouveau personnel via l'immigration et l'émigration.

Evidemment, ces relations augmentent de façon importante la complexité du modèle.

Revenons donc aux relations (3.1) — (3.2). Elles expriment toutes des conditions d'équilibre entre des flux (de ressource, de services, de patients). On peut très facilement leur adjoindre les relations correspondantes en termes de coûts. On obtient (le symbole ^{T} signifie « transposée ») :

$$\hat{s}(n) = \left[A^T(n),\, B^T(n),\, C^T(n),\, D^T(n) \right] \begin{bmatrix} \hat{p}\,(n) \\ \hat{b}\,(n) \\ \hat{t}\,(n) \\ \hat{m}\,(n) \end{bmatrix} \qquad (3.7)$$

$$\hat{c}(n) = E^T(n)\,\hat{s}(n) \qquad (3.6)$$

où $\hat{s}(n)$ est le vecteur des coûts unitaires des activités de distribution du service de santé et $c(n)$ est le vecteur des coûts unitaires des services de santé par catégorie de population. Nous avons donc obtenu un modèle faisant apparaître l'ensemble des points importants dans un problème de planification d'un système régional de santé.

La phase finale de la construction du modèle est maintenant sa mise en œuvre (*implementation*). C'est souvent un des aspects les plus délicats de la modélisation. Il s'agit d'adapter le modèle aux données disponibles en vue de permettre l'estimation des paramètres, puis de tester la valeur prédictive ou explicative du modèle.

À ce moment le modèle peut servir de guide à la prise de décision. Si on dispose d'un critère de performance du système, le problème se ramène à celui de la programmation mathématique avec, en général, une dimension des variables considérable.

4. Coordination, décentralisation et décomposition des programmes mathématiques

G.B. Dantzig et P. Wolfe ont développé, au début des années soixante, une technique de résolution de problèmes de programmation mathématique de grande dimension, appelée « méthode de décomposition » [16] - [17]. Cette méthode, basée sur les principes de dualité de la théorie de l'optimisation, eut comme effet secondaire la clarification d'un certain nombre de concepts économiques fondamentaux dans l'étude des effets externes engendrés par le partage d'une ressource commune entre plusieurs unités d'une même organisation.

Dans cette section, nous décrirons de façon extrêmement brève la technique de décomposition, puis nous verrons comment elle peut s'appliquer à l'analyse coûts-bénéfices et à la coordination des programmes.

4.1 *Schéma de la méthode de décomposition*

Considérons une organisation comprenant m secteurs et un organisme coordinateur central. Chaque secteur $j = 1, 2, ..., m$ dispose de ressources propres formant le vecteur $x^j \triangleq (x^j_1, x^j_2, ..., x^j_{k_j})$ et ses coefficients techniques relativement à ses ressources, forment la matrice A_j.

Le bénéfice net engendré par les activités de ce secteur pour l'ensemble de l'organisation est représenté par une fonction à valeurs réelles :

$$U_j\ (.)\ :\ x^j \rightarrow U_j\ (x^j) \tag{4.1}$$

Le bénéfice total net de l'organisation est alors la somme de chacun des bénéfices. Soit $x \triangle (x^1, x^2, ..., x^m)$ le vecteur des niveaux d'activité de tous les secteurs, le bénéfice net pour l'organisation est représenté par la fonction :

$$\begin{aligned} U\ (.)\ : x \rightarrow U\ (.)\ : x \rightarrow U(x) \triangleq U_1\ (x^1) + U_2\ (x^2) \\ + ... + U_m\ (x^m) \end{aligned} \tag{4.2}$$

Le problème de l'allocation optimale des ressources se complique du fait que les différents secteurs demandent aussi comme input des ressources communes et rares. Soit A_0 la matrice des coefficients techniques relativement à ces ressources de l'ensemble de toutes les activités des m secteurs de l'organisation ; soit b_0 le vecteur des ressources communes disponibles.

Le problème de l'allocation optimale des ressources dans l'organisation devient alors :

$$\text{Max}\ U\ (x) = U_1\ (x^1) + U_2\ (x^2) + ... + U_m\ (x^m) \tag{4.3}$$

sous les contraintes :

rareté des ressources communes $\qquad A_0\, x \leqq b_0 \qquad$ (4.4) rareté des ressources du secteur 1 $A_1\, x^1 \leqq b_1$ (4.5)

" " " "

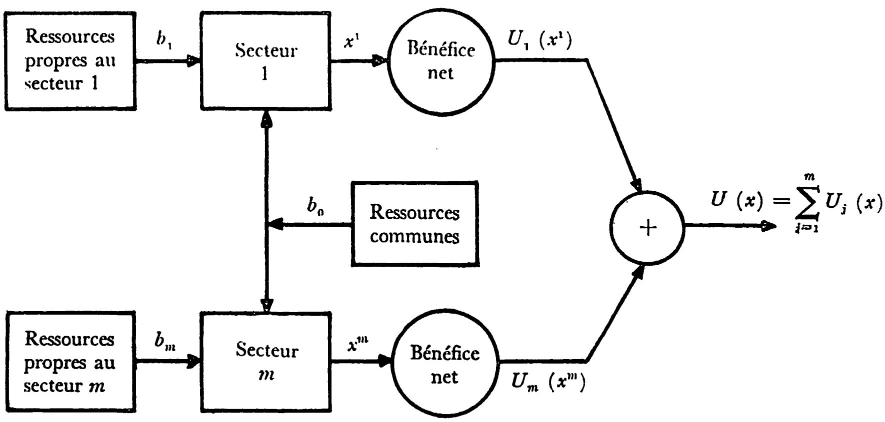
" " " "

" " " "

rareté des ressources du secteur m $A_m\, x^m \leqq b_m$ (4.6)

$$x^1 \geqq 0,\ x^2 \geqq 0,\ \ldots,\ x^m \geqq 0$$

Schématiquement, nous avons :



La technique de décomposition [12] est basée sur les étapes suivantes.

(i) Chaque secteur j résoud le problème local :

$$\text{Max } \hat{U}_j\ (x^j) \qquad (4.7)$$
$$A_j x^j \leqq b_j$$
$$x^j \geqq 0$$

où à la première étape, $\hat{U}_j\ (.) = U_j\ (.)$. Chaque secteur soumet alors à l'organisme de coordination les niveaux d'activité « optimaux localement » [13] $\hat{X}^j$. En général, le vecteur $\hat{x} \triangleq (\hat{x}^1, \ldots, \hat{x}^m)$ ne sera même pas compatible avec la contrainte de rareté des ressources communes (4.4), et en tout cas, non optimale globalement.

(ii) L'organisme de coordination évalue les coûts (ou bénéfices) implicites que chacune de ces « propositions » crée pour les autres secteurs.

(iii) L'organisme de coordination informe chaque secteur qu'il doit modifier son critère de performance en retranchant du bénéfice net

12. Nous renvoyons le lecteur à un excellent article de W.J. Baumol et T. Fabian [18] pour une interprétation détaillée et en profondeur de cette technique.

13. Nous entendons par cela l'optimalité pour le problème (4.7) défini pour chaque secteur.

$U_j(x^j)$ le « coût implicite » des ressources communes utilisées. Le calcul de ces coûts implicites repose sur un principe de dualité dans les programmes mathématiques.

(iv) Chaque secteur j révise ses plans en fonction de ce nouveau critère de performance $\hat{U}_j(.)$ et renvoie à l'organisme de coordination une nouvelle proposition x_j.

(v) Le processus est alors répété jusqu'au moment où le *gain potentiel net pour l'ensemble de l'organisation provenant de l'introduction d'une nouvelle proposition* par un secteur quelconque n'est plus supérieur au *rendement marginal de l'affectation d'une proportion plus grande des ressources communes* à ce secteur qui les utiliserait suivant une combinaison linéaire de ses anciennes propositions [14].

(vi) Une fois que le processus a pris fin, l'organisme de coordination informe chaque secteur du programme qu'il doit suivre, qui est une combinaison linéaire de certaines des propositions qu'il a faites au cours du processus.

Cette méthode, qui est mathématiquement bien développée (surtout dans le cas de la programmation linéaire), est évidemment directement applicable à des problèmes d'affectation de ressources entre plusieurs programmes concurrents.

Les résultats d'une telle approche sont :

— la possibilité d'atteindre l'optimum sans qu'il y ait information parfaite pour l'organisme coordonnateur en ce qui concerne les contraintes propres à chaque secteur (4.5). En effet, chaque secteur ne révèle qu'un certain nombre de ses programmes possibles ;

— la possibilité de calculer effectivement un système de pénalités et et de bonus permettant d'éliminer les déséconomies externes et de profiter des économies externes entraînées par le partage de ressources communes ; de plus, on a un critère permettant d'affirmer que l'on a résolu le problème de la coordination.

Ce que cette approche ne permet pas, cependant, c'est la décentralisation des décisions. En effet, les programmes optimaux sont communiqués à chaque secteur par l'organisme centralisateur et ne sont pas le résultat d'une décision de ce secteur. En général, les programmes optimaux pour l'ensemble de l'organisation ne seront pas optimaux au niveau de chaque secteur, même compte tenu des pénalités et bonus [15].

14. Évidemment, à première lecture, ceci paraîtra flou. Le lecteur intéressé trouvera en [18] une interprétation beaucoup plus détaillée de ce critère d'optimalité. Notre propos n'étant pas d'expliquer la méthode de décomposition nous en resterons là.

15. Cela provient du fait que la dernière proposition de chaque secteur (optimale pour ce secteur) est combinée aux propositions précédentes par l'organisme de coordination pour constituer un programme optimal globalement.

4.2 *Application à l'analyse coûts-bénéfices*

Cette approche est extrêmement souple et adaptable à grand nombre de situations pour lesquelles on a une bonne évaluation des coefficients techniques des activités possibles dans chaque secteur d'une organisation.

Considérons un hôpital général avec comme secteurs les différents services médicaux, comme ressources communes, les lits, le personnel infirmier, les laboratoires, le service de radiologie, la cuisine, la buanderie, etc. [16] et enfin, comme organisme de coordination, la direction générale et le bureau médical.

Chaque secteur a des contraintes propres provenant de l'équipement disponible, du personnel médical disponible, du nombre minimal de patients qu'il faut traiter par an, etc. Ses activités possibles sont les différentes façons de dispenser les soins dans les différentes unités de soins qui composent un secteur. Les coefficients techniques de ces activités sont en partie liés à la pratique médicale dans ce secteur.

Finalement, chaque activité comporte un coût qui peut être calculé à partir de la valeur sur le marché des différentes ressources qu'elle utilise. Cependant, nous ne considérons pas uniquement l'aspect coût, mais aussi les avantages pour la communauté liés au développement de certaines activités.

C'est-à-dire que nous définirons pour chaque secteur J un critère de performance :

$$U_j\ (x^j) = G_j\ (x^j) + P_j\ (x^j) \tag{4.8}$$

où $G_j(.)$ est une fonction de gain et $P_j(.)$ une fonction de perte.

Au niveau de la direction générale on considère le critère global :

$$\begin{aligned} U\ (x) &= U_1\ (x^1) + \dots + U_m\ (x^m) \\ &= \sum_{j=1}^{m} G_j\ (x^j) \quad + \sum_{j=1}^{m} P_j\ (x^j) \\ &\triangleq G\ (x) - P\ (x) \end{aligned} \tag{4.9}$$

La procédure de décomposition peut être entreprise alors, le directeur général et le bureau médical informant chaque secteur de son critère de performance et lui demandant de lui renvoyer une proposition maximisant ce critère, etc.

---

16. Nous n'avons pas la prétention d'être ici ni exhaustif ni très descriptif de la réalité. Il ne s'agit que d'un exemple.

4.3) *De la nécessité de coordination s'il y a échange d'information ou de la désirabilité possible de l'inefficacité dans les communications et la prise de décision*

Nous reprendrons ici un argument de R.L. Ackoff [19] - [20] basé sur la constatation que l'on n'a pas en général, pour la fonction (4.9),

$$\underset{x}{\text{Max}} \{G(x) - P(x)\} = \underset{y}{\text{Max}}\, G(y, z) - \underset{z}{\text{Min}}\, P(y, z) \tag{4.10}$$

où $x \triangleq (y, z)$

Si nous sommes dans le cas où deux centres de décision différents contrôlent respectivement y et z alors que le premier se sent responsable des valeurs prises par la fonction de gain $G(.)$ cependant que l'autre se sent responsable des valeurs prises par la fonction de perte $P(.)$ et s'il n'y a pas un organisme de coordination ayant suffisamment d'autorité pour imposer les valeurs optimales de y et z, l'échange d'information peut amplifier l'inefficacité.

Illustrons ceci à partir d'un exemple simpliste. Imaginons deux tendances au sein de la direction d'un hôpital : la tendance « médicale » contrôle certaines activités (y) et se sent responsable plus particulièrement de la qualité du service médical fourni à la communauté formant une composante importante de la fonction de gain $G(.)$; la tendance « administrative » contrôle d'autres activités (z) et se sent responsable plus particulièrement des coûts, c'est-à-dire de la fonction $P(.)$.

La tendance « médicale » décide de prescrire de nouveaux traitements utilisant plus de moyens techniques (y), la tendance « administrative qui veut profiter de l'opportunité de réduire les coûts de personnel répond en modifiant la composition des équipes de façon à employer moins de personnel infirmier hautement qualifié (z) ; la tendance « médicale » riposte alors en essayant de compenser la diminution probable de la qualité du personnel par une augmentation des moyens techniques perfectionnés qu'elle voudrait voir utiliser et ainsi de suite. Des positions extrêmes et certainement inefficaces peuvent être atteintes à la limite.

Evidemment, s'il n'y a pas d'excellentes communications entre ces deux tendances une certaine stabilité est atteinte quand chacune a fait une prévision de l'attitude de sa partenaire.

Finalement, s'il y a d'excellentes communications entre ces deux tendances et une unité de vue, c'est-à-dire une conscience d'être responsable à la fois des gains et des pertes, alors on a un organisme de coordination efficace pouvant conduire à l'optimum l'ensemble de l'organisation.

5. La commande optimale des systèmes

« La description d'un organisme par l'approche système met l'accent sur les *changements* qui s'y produisent. Le management, la direction par objectif, le contrôle de gestion, les M.I.S., les réformes de structure, etc., toutes ces démarches ou interventions sont des processus finalisés ayant pour trait commun la recherche de *réponses* satisfaisantes de l'entreprise en termes de croissance, de rentabilité, d'utilité sociale, etc. » [17].

Cet aspect dynamique a été illustré à la section 2 où l'accumulation de ressources humaines qualifiées pour le système de santé était le résultat d'activité d'enseignement et de recherche, elles-mêmes consommatrices de ressources, etc.

De façon générale le problème de l'allocation des ressources se double du problème de l'acquisition ou de l'accumulation des ressources [18], et on ne peut résoudre l'un de ces problèmes sans avoir en même temps une solution pour l'autre. Un cadre méthodologique séduisant pour construire des modèles dynamiques de systèmes d'allocation et d'accumulation des ressources est celui de la théorie de la commande optimale des processus [19].

Dans cette section nous présenterons, d'abord, les aspects généraux de cette théorie et nous l'appliquerons, ensuite, au problème du calcul du taux d'actualisation.

5.1) *Accumulation et allocation optimales des ressources*

Nous considérons que les ressources constituent des stocks, cependant que les activités des différents secteurs d'un organisme déterminent les flux modifiant les stocks de ressource. Les activités possibles sont soumises à des contraintes du fait du stock existant de ressources. Finalement, une utilité sociale résulte des niveaux d'activité et des stocks disponibles.

Toutes ces notions sont parfaitement illustrées par la formation de personnel médical ou infirmier dans le système de santé. Chaque année, il y a un stock de médecins de diverses spécialités, d'infirmières licenciées, d'aides, de gardes-malades, etc. Il existe un taux d'élimination naturelle : retraite, décès, changement de carrière, immigration, etc. D'autre part, il y a des variations dans ce stock dues à l'apport des programmes de formation du personnel ; ces programmes de formation utilisent comme professeurs, moniteurs ou administrateurs, une partie des ressources humaines actuellement disponibles.

---

17. ... déclare J. Mélèse dans un récent ouvrage *L'analyse modulaire des systèmes de gestion* [21].
18. Ou aussi de la conservation des ressources (cf. les problèmes de protection de l'environnement).
19. *Optimal control* [22] - [23].

Finalement, l'utilité sociale dépend de la disponibilité des ressources humaines pour dispenser des services de santé à une population donnée, mais aussi du caractère de « biens collectifs » des activités de recherche et d'enseignement améliorant l'état général des connaissances de la communauté.

Formalisons ceci :

x est le vecteur décrivant le stock de ressources humaines disponibles. On considère en particulier parmi ces ressources, les étudiants à divers niveaux de formation.

u est le vecteur décrivant les activités d'enseignement, de formation et de perfectionnement du personnel. Evidemment, u est soumis à des contraintes du fait de la continuité des programmes et de l'utilisation des ressources qui y est faite.

La dynamique du système peut être schématisée par une équation différentielle :

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu \tag{5.1}$$

qui est une forme généralisée et en temps continu de l'équation (3.4) proposée précédemment dans le cadre du modèle de R. Zemach. Les activités de formation et de perfectionnement utilisent des ressources d'une façon décrite par une matrice de coefficients techniques C. On a donc des contraintes du type :

$$\begin{gathered} u \geqq 0,\ x \geqq 0 \\ Cu \leqq x \end{gathered} \tag{5.2}$$

D'autre part, les étudiants actuellement en cours de formation vont requérir une continuité dans les activités d'enseignement, ce que nous représenterons par une contrainte du type :

$$u \geqq Dx \tag{5.3}$$

Maintenant, appelons $\hat{y}$ le stock désiré de ressources (en fonction du temps) pour dispenser des services de santé adéquats.

L'efficacité d'un programme de formation du personnel sur une période de planification de T années sera d'autant plus grande que la somme des écarts quadratiques :

$$\int_0^T (y - \hat{y})^2 \, dt \tag{5.4}$$

où :

$$y \triangleq x - C\,u \tag{5.5}$$

sera plus faible.

Supposons que la valeur du bien collectif représenté par les activités d'éducation et de recherche soit approximativement donnée par une fonction :

$$\gamma\ (x,\ u) \tag{5.6}$$

Nous pouvons alors poser, en des termes propres à la théorie de la commande optimale des processus, le problème de planification sur l'horizon T des activités de formation du personnel. Il s'agira de résoudre le problème d'optimisation suivant :

$$\text{Max } J = \int_0^T \left[\gamma\ (x,\ u) - (y - \hat{y})^2\right] dt \tag{5.7}$$

$$= \int_0^T \left[\gamma\ (x,\ u) - (x - C\,u - \hat{y})^2\right] dt$$

sous les contraintes :

stock initial $\qquad x(0) = x^0 \qquad (5.8)$

équation de flux $\qquad \frac{dx}{dt} = Ax + Bu \qquad (5.1)$

utilisation des ressources $\qquad C\,u \leqq x,\ u \geqq 0,\ x \geqq 0 \qquad (5.2)$

continuité des programmes $\qquad u \geqq D\,x \qquad (5.3)$

Les théoriciens du contrôle appelleraient u la variable de commande et x la variable d'état, cependant que l'équation (5.1) avec les contraintes (5.2) et (5.3) constitueraient les équations d'état du système. Nous avons ainsi ramené le problème de planification à un problème de pilotage d'un système dynamique [20] en vue de réaliser une régulation de sa réponse, c'est-à-dire, de minimiser les écrits par rapport à une évolution désirée.

4.2) *Application à la détermination d'un taux d'actualisation*

De façon assez vague définissons le facteur d'actualisation comme le rapport de l'utilité marginale d'une consommation future sur l'utilité marginale d'une consommation présente. Nous définirons alors le taux d'actualisation comme le taux de variation dans le temps du facteur

---

20. L'utilisation de modèles basés sur la théorie de la commande optimale pour étudier les problèmes fondamentaux de la planification économique a été largement développée surtout en théorie de la croissance économique optimale [22] - [25].

d'actualisation, c'est-à-dire aussi le taux de variation de l'utilité marginale de la consommation [21].

Revenons au modèle décrit par les relations (5.1) - (5.8). En un instant t de l'intervalle $[0, T]$ l'utilité de la consommation courante est, en particulier, représentée par une augmentation de $\gamma(x, u) - (y(t) - \hat{y}(t))^2$. Evidemment, du fait des contraintes (5.1) — (5.3) on doit réaliser un arbitrage entre l'augmentation du critère en t et la possibilité de l'augmenter en un instant $t' > t$, c'est-à-dire entre la consommation en t et la consommation en $t' > t$.

Supposons le problème d'optimisation résolu ; alors il existera un vecteur de multiplicateurs de Lagrange $\lambda(t)$ associé à chaque instant t à la contrainte (5.1) définie par l'équation d'état du modèle.

L'interprétation économique de ce multiplicateur est évidemment la suivante :

« $\lambda_i(t)$ représente la variation marginale du critère d'utilité J associé à une variation infinitésimale unitaire de la $i^{\text{ème}}$ composante x_i de la variable d'état $x(t)$ »,

Il s'agit en quelque sorte du « prix maximal » en termes d'utilité que l'on serait prêt à « payer » pour obtenir une unité de plus de x_i en $x(t)$, ou aussi de ce que l'on perd en utilité si on consomme une unité de x_i plutôt que de s'en servir pour accumuler d'autres ressources. C'est donc l'utilité marginale de la consommation de la ressource x_i en $x(t)$.

Refaisons cette évaluation en $t + dt$, nous obtenons le multiplicateur de Lagrange

$$\lambda_i(t + dt)$$

et formons le rapport :

$$\frac{\lambda_i(t + dt) - \lambda_i(t)}{\lambda_i(t)\,dt} \tag{5.9}$$

Nous voyons que le numérateur décrit en termes de variations marginales du critère d'utilité J l'opération consistant à se priver d'une unité de x_i en $x(t)$ pour récupérer une unité de x_i en $x(t + dt)$. A la limite, quand $dt \to 0$ le rapport (5.9) devient :

$$\rho_i(t) = \frac{\dot{\lambda}_i(t)}{\lambda_i(t)} \qquad \text{où : } \dot{\lambda}_i \triangleq \frac{d}{dt}\lambda_i \tag{5.10}$$

21. Pour une discussion plus profonde de ces concepts et une présentation très précise de l'utilisation des techniques d'optimisation dynamique pour l'analyse des investissements publics, nous référons le lecteur à l'ouvrage de K.J. Arrow et M. Kurz [25].

c'est-à-dire le taux de la variation de l'utilité marginale de la consommation de la ressource x_i en $x(t)$, $\rho_i(t)$ est alors un taux d'actualisation calculé au temps t pour la ressource x_i.

Nous arrêterons là ces développements sur le taux d'actualisation ; nous voulions seulement rappeler que la solution de problèmes d'optimisation fournit toujours, grâce à l'interprétation des variables duales qui y apparaissent, un éclairage plus précis des phénomènes économiques représentés.

6. L'INCERTITUDE ET L'ALLOCATION D'UNE RESSOURCE DANS UNE ÉQUIPE

Dans les sections précédentes nous avons présenté uniquement des modèles déterministes d'allocation de ressources, soit entre plusieurs secteurs d'une même organisation, soit de façon intertemporelle.

En réalité, l'allocation de ressources se fait sous des conditions d'incertitude quant aux conditions de production et quant à la quantité globale de ressources disponibles.

Prenons de nouveau un exemple hypothétique dans le système de santé. Supposons que la ressource rare soit le nombre de lits supplémentaires que le gouvernement est disposé à fournir à l'ensemble des hôpitaux généraux. Par lit nous entendons évidemment l'ensemble des services associés à l'occupation d'un lit d'hôpital. Chaque hôpital a sa propre planification et ne peut changer abruptement sa façon de dispenser des soins, ce que nous appellerons sa fonction de production. Evidemment, de nombreux aléas affectent cette production, en particulier ceux qui sont créés par les fluctuations de la demande de soins. Donc, on peut concevoir qu'un hôpital fasse simultanément une demande pour avoir des lits supplémentaires et décide d'une certaine forme de production des services de santé sans savoir exactement si sa demande sera acceptée ou rejetée.

D'autre part, la quantité totale de lits supplémentaires pour la province est une variable aléatoire pouvant être affectée par un certain nombre d'aléas budgétaires. Nous supposons donc qu'il y a incertitude à deux niveaux : la quantité totale de ressources disponibles et les aléas de la production.

L'allocation de la ressource commune relève du ministère et le choix des procédés de production relève de la direction de chaque hôpital. Il s'agit donc d'un problème de « décision en équipe » [22].

22. *Team decision theory.* Cette théorie a été initiée par J. Marshack et R. Radner [6]. Dans cette section nous utiliserons plus particulièrement les travaux de T. Groves et Radner [27].

Il y a incertitude puisque le ministère ne sait pas exactement quelle est la situation dans chaque hôpital qui, lui, ne connaît ni la situation de l'hôpital voisin, ni la quantité totale de ressources disponibles.

Mais il y a aussi possibilité de communiquer de l'information ; en général l'échange d'information est coûteux et très souvent n'intervient qu'une seule fois. Nous considérons ici le cas où cet échange ne peut avoir lieu qu'entre le ministère et chaque hôpital :

Schéma des échanges d'information

Enfin, nous supposons que l'équipe dans son ensemble poursuit un but commun qui est de maximiser l'utilité sociale espérée de l'ensemble qu'elle contrôle. Cette situation peut se formaliser à l'aide d'un modèle proposé par T. Groves et R. Radner [25].

$j = 1, ..., m$ repère les hôpitaux

K_j est la quantité de ressources allouées à l'hôpital j.

L_j est la décision prise par la direction de l'hôpital concernant le choix d'un procédé de production.

γ est la quantité totale de ressources disponibles (quantité aléatoire).

μ_j est l'aléa de production de l'hôpital j.

La fonction de production d'un hôpital j est de la forme :

$$F_j\ (K_j, L_j, \mu_j) \tag{6.1}$$

et il y a une contrainte de rareté :

$$K_1 + K_2 + ... + K_m = \gamma \tag{6.2}$$

Nous supposons que chaque hôpital observe la réalisation de la variable aléatoire μ_j et que le ministère observe γ. Finalement nous supposons que le critère d'utilité sociale est obtenu par la pondération des fonctions de production de chaque hôpital :

$$J = \sum_{j=1}^{n} w_j\ F_j\ (L_j,\ K_j,\ \mu_j) \tag{6.3}$$

Maintenant considérons les différentes façons d'utiliser les moyens de communication possibles.

(i) Aucune information n'est échangée.

(ii) On fournit à chaque hôpital et au ministère toute l'information sur les aléas concernant chaque centre de décision [23].

(iii) On échange une seule fois de l'information de la façon suivante :
- le ministère indique la rareté globale de la ressource sous forme d'un « prix d'ordre ».
- chaque hôpital riposte par une demande maximisant la valeur nette de sa production.

(iv) On échange une seule fois, avec le ministère, toute l'information disponible.

Evidemment, les deux premiers cas sont extrêmes ; ils définissent la borne inférieure et la borne supérieure des valeurs acceptables pour l'espérance mathématique du critère.

L'originalité de la troisième structure d'information réside, non pas dans le type d'information échangée, mais dans le fait que l'échange n'a lieu qu'une seule fois. D'où le nom donné par Radner à cet échange : « *The One-Stage Lange-Lerner information structure* ». (O.S.L.L.)

La quatrième structure diffère de la troisième par le volume de l'information échangée. Par exemple, un hôpital communiquerait le détail de la demande de soins par services au lieu de faire simplement une demande de « tant de lits ».

Les résultats obtenus par T. Groves et R. Radner sont les suivants [24] :
- la troisième structure d'information, (O.S.L.L.) est aussi efficace que la quatrième ;
- quand le nombre d'hôpitaux tend à augmenter, la structure de type O.S.L.L. tend à devenir aussi efficace que la seconde, c'est-à-dire celle où chaque décideur a toute l'information.

Evidemment l'importance pratique de ces résultats peut être immense. En effet, le coût de la cueillette des données, de la transmission et de la transformation de l'information en décision peut être considérable.

Une structure ne nécessitant qu'un seul échange de signaux faciles à décoder et à transformer en actions est certainement privilégiée si elle permet d'atteindre la quasi optimalité des allocations.

---

23. Cela est possible même avec la structure de communication schématisée puisque le ministère peut agir comme distributeur d'information.

24. Ces résultats sont très dépendants d'hypothèses mathématiques assez restrictives, en particulier ils supposent que les fonctions de production sont quadratiques. (Ceci est compatible avec une perspective de régulation).

7. Conclusion

Les différentes techniques présentées jusqu'ici ont surtout mis en évidence l'aspect décisionnel présent dans la R.C.B. Etant donné un système associé à un service public, le problème était de choisir de façon optimale, les valeurs données à certaines variables contrôlées par les agences gouvernementales.

Cependant, en deux occasions nous avons abordé l'importante question de la structure d'information : à propos du principe de décomposition des programmes mathématiques, nous avons cru qu'une suite d'échanges de « signaux » portant sur des programmes et des prix pouvait mener à une utilisation rationnelle de ressources communes ; à propos d'allocation de ressources dans une équipe, nous avons vu que l'on peut éventuellement intégrer la structure d'information aux choix économiques. Cette dernière approche ouvre d'immenses horizons qui ne sont pas cependant dépourvus d'écueils.

En effet, suivant Marschak [5] on doit distinguer entre la prise de décision et l'activité située à un plan supérieur, consistant à choisir ceux qui devraient fournir au système les services suivants :

— obtention des données

— codage et transmission des données

— prise de décision.

Le problème prend alors une dimension organisationnelle ; il s'agit d'allouer un grand nombre de tâches consistant en des transformations physiques (traitement d'un patient) ou des manipulations de symboles (production de données statistiques) à un ensemble d'agents, humains ou inertes (ordinateurs), organisés en un réseau complexe mais cependant efficaces (au sens de Pareto, évidemment).

De l'état du système et des décisions prises résulte un bénéfice. Cependant, l'obtention d'informations concernant l'état réclame la cueillette de données, le codage et la transmission de signaux vers différents centres et, enfin, l'établissement de règles de décision pour chaque centre de décision de façon à transformer en actions l'information contenue dans les signaux reçus. Tous les éléments de cette chaîne de transformations de l'état en décision comportent un coût. L'organisation efficace d'un tel système pose donc elle-même un problème d'analyse coûts-bénéfices qui transcende ceux rencontrés au niveau de la prise de décision seulement.

Dans cette optique on devrait analyser toute technique de gestion du type M.I.S. ou P.P.B.S. comme des problèmes économiques liés à la structure d'information et de décision et soumis à certaines contraintes institutionnelles.

Cependant, nous ne sommes qu'aux débuts d'une théorie économique de l'information et de la décision, alors qu'on estime, aux Etats-Unis, que plus de 40 p.c. du P.N.B. sont représentés par la production de l'industrie du « savoir », c'est-à-dire de la production de données, de leur transformation et de leur conversion en actions. La solution efficace de ces problèmes organisationnels laisse présager un long avenir à « l'approche système » !

Alain HAURIE,
École des Hautes Études commerciales (Montréal).

BIBLIOGRAPHIE

[1] MARSCHAK, J., « Towards an Economic Theory of Organization and Information », chap. XIV, *Decision Process,* Thrall, David and Coombs, éd., Wiley, N.Y., 1954.

[2] RADNER, R., « The Evaluation of Information in Organizations », *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability,* J. Neyman, éd., University of California Press, Berkeley, 1961.

[3] MARSCHAK, J., « Problems in Information Economics », chap. 2, *Management Controls : New Directions in Basic Research,* C.P. Bonini, R.K. Jaedicke et H.M. Wagner, éd., McGraw-Hill, 1964.

[4] MARSCHAK, J., et MIYASAWA, K., « Economic Comparability of Information Systems », *International Economic Review,* vol. 9, 1968, pp. 137-174

[5] MARSCHAK, J., « Economics of Inquiring, Communicating, Deciding », *American Economic Review,* vol. 58, 1968, pp. 1-18.

[6] MARSCHAK, J., « Economics of Information Systems », *Journal of American Statistical Association,* mars 1971, pp. 192-219.

[7] HAVEMAN, P.H., et MARGOLIS, J., *Public Expenditures and Policy Analysis,* Markham, Chicago, 1970.

[8] CHURCHMAN, C.W., ACKOFF, R.L., ARNOFF, E.L., *Introduction to Operations Research,* Wiley, New York, 1957.

[9] MIHRAM, G.A., « The Modeling Process », *I.E.E.E. Transactions on Systems, Man, and Cybernetics,* nov. 1972, pp. 621-629.

[10] ZEMACH, R., « A Model of Health-Service Utilization and Resource Allocation », *Operations Research,* 1970, pp. 1071-1086.

[11] FORRESTER, J.W., *Principles of Systems,* Wright-Allen Press, 1968.

[12] FORRESTER, J.W., « Industrial Dynamics After the First Decade », *Management Science,* vol. 14, n° 9, 1968, pp. 398-415.

[13] FORRESTER, J.W., *Urban Dynamics,* M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1969.

[14] FORRESTER, J.W., « Systems Analysis as a Tool for Urban Planning », *I.E.E.E. Transactions on Systems Science and Cybernetics*, vol. 6, nº 4, 1970.

[15] ZEMACH, R., « A State Pace Model for Resource Allocation in Higher Education », *I.E.E.E. Transactions on Systems Science and Cybernetics*, vol. 4, nº 2, 1968, pp. 108-118.

[16] DANTZIG, G.B., et WOLFE, P., « Decomposition Principle for Linear Programming », *Operations Research*, vol. 8, 1960.

[17] DANTZIG, G.B., *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, 1963.

[18] BAUMOL, W.J., et FABIAN, T., « Decomposition, Pricing for Decentralization and External Economies », *Management Science*, vol. 11, nº 1, 1964, pp. 1-32.

[19] SENGUPTA, S.S., et ACKOFF, R.L., « Systems Theory from an Operations Research Point of View », *I.E.E.E. Transactions on Systems Science and Cybernetics*, vol. 1, nº 1, 1965, pp. 9-13.

[20] ACKOFF, R.L., « Management Misinformation Systems », *Management Science*, décembre 1967, pp. 147-156.

[21] MÉLÈSE, J., *L'analyse modulaire des systèmes*, 1972.

[22] KENDRICK, D., « Control Theory in Economic Models : a Survey », Paper No. W7-1, I.E.E.E. conference on decision and control, 1971.

[23] BRYSON, A.E., « *Applied Optimal Control* », Blaisdell, Waltham, mars 1969.

[24] ARROW, K.J., « Applications of Control Theory to Economic Growth », *Mathematics of the Decision Sciences*, G.B. Dantzig et A.F. Veinott, éd., A.M.S., 1968.

[25] ARROW, K.J., et KURZ, M., *Public Investment, the Rate of Return, and Optimal Fiscal Policy*, The Johns Hopkins Press, 1970.

[26] MARSCHAK, J., et RADNER, R., *Economic Theory of Teams*, Yale University Press, 1972.

[27] GROVES, T., et RADNER, R., « Allocations of Resources in a Team », *Journal of Economic Theory*, vol. 4, 1972, pp. 415-441.